



**Avaliação de Ferramentas Tecnológicas para o Ensino de
Ergonomia, Saúde e Segurança**

Joana Barbosa

UMinho | 2023

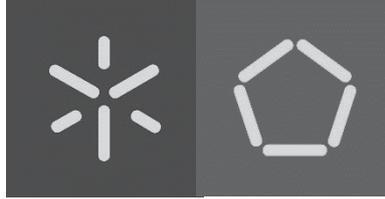


Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Joana Pinto Barbosa

**Avaliação de Ferramentas Tecnológicas
para o Ensino de Ergonomia, Saúde e
Segurança**

outubro de 2023



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Joana Pinto Barbosa

**Avaliação de Ferramentas Tecnológicas
para o Ensino de Ergonomia, Saúde e
Segurança**

Dissertação de Mestrado

Mestrado em Engenharia Humana

Trabalho realizado sob a orientação do/a

**Professor Doutor Nélon Bruno Martins Marques da
Costa**

Professora Doutora Susana Raquel Pinto da Costa

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

CC BY

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

AGRADECIMENTOS

Um trabalho desta envergadura é, de facto, uma obra que requer empenho, determinação, resiliência e sobretudo um conjunto de pessoas que remam connosco para que o mar que velejamos seja mais fácil de atravessar mesmo quando a barca não é feita de tecnologia de ponta.

Durante este percurso contei com a ajuda imprescindível de algumas pessoas, de entre as quais se destaca o Professor Doutor Nélson Costa, determinante nesta jornada pelo seu pragmatismo e pela forma humorística como enfrenta as adversidades que surgem, e sobretudo, por me ter inculcido o gosto pela investigação!

Por vários motivos gostaria de agradecer também à Professora Doutora Susana Costa por ter sido meticulosa durante todo o processo de escrita e especialmente pela sua disponibilidade e celeridade que a tornam uma profissional distinta em todos os aspetos.

Ao João Pedro, pela força, compreensão, carinho e sobretudo por estar sempre presente como companheiro que é.

Ao pai João, à mãe Cristina, ao irmão João Paulo, à avó Palmira, ao avô Zé, ao resto dos meus queridos tios e primos que estão longe, mas sempre perto e família agradeço do fundo do coração por todo o suporte durante toda a minha formação.

Não posso esquecer o meu melhor amigo José Barbosa por me ter dado a conhecer esta área maravilhosa da Ergonomia e Fatores Humanos, território desconhecido até ele ter despoletado em mim a fé de poder desbravar novos universos sem medo e com convicção.

Aos amigos que permanecem, aqueles que foram chegando e aos demais, uma muito obrigada também.

A Deus e ao universo, que a fé em nós nunca se desvaneça.

Quem quis, sempre pôde.

Luís Vaz de Camões.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

RESUMO

AVALIAÇÃO DE FERRAMENTAS TECNOLÓGICAS PARA O ENSINO DE ERGONOMIA, SAÚDE E SEGURANÇA

A presente dissertação realizada no âmbito do Mestrado em Engenharia Humana tem como temática a utilização de ferramentas tecnológicas no Ensino Superior de Ergonomia, Saúde e Segurança para a promoção da utilização destas ferramentas no processo de ensino-aprendizagem nesta área científica. Inicialmente, foi apresentado o estado da arte associado aos conceitos que têm uma relação direta com a temática- Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) e a sua caracterização e utilização no Ensino em Portugal e no contexto de Engenharia; *Active Learning* e *Smart Learning Environments (E-learning, B-learning e M-learning)* e por fim, ferramentas e tecnologias educativas e os recursos associados à área de SST. Esta pesquisa alicerçou-se na recolha de ferramentas TIC e na materialização do uso destas ferramentas, tendo sido feita uma recolha exaustiva destes recursos ao longo do percurso de pesquisa. Salientou-se uma dificuldade na recolha de ferramentas associadas aos Ambientes Virtuais (Realidade Aumentada/Realidade Virtual) e gamificação, assim como ferramentas de Laboratórios Virtuais e Simulação. Foram realizadas duas Revisões Sistemáticas de Literatura (SLR) com base no método PRISMA para reunir as ferramentas supracitadas, com o intuito de colmatar a dificuldade na acessibilidade a esta tipologia de TIC.

Como proposto nos objetivos específicos, foi criada uma plataforma que inclui todas as ferramentas recolhidas de acordo com as categorias de risco segundo a CCOSH assim como, algumas características associadas à categorização e avaliação das mesmas como os subprocessos de gestão de risco, as categorias de aplicação, grau de complexidade, tempo de utilização e por fim, tipologia de recurso.

Conclui-se desta análise que existe um número reduzido ou inexistente em determinadas tipologias de ferramentas como RA/RV e Laboratórios Virtuais e Simulação, sendo que, as ferramentas recolhidas são maioritariamente materializadas para o contexto laboral e limitadas/reduzidas a determinadas áreas laborais (e.g., construção e contaminação química), restringindo este tipo de ferramentas a determinados nichos de categorias de risco. As limitações associadas a este trabalho prenderam-se essencialmente com questões temporais, terminologias/conceitualização e associadas à natureza da metodologia de investigação. O trabalho realizado constitui uma vasta base de dados de ferramentas que podem ser utilizadas no contexto educativo de forma a fomentar a aprendizagem ativa no âmbito de uma sala de aula contemporânea e digital, preparada para formar de forma efetiva os profissionais da área.

PALAVRAS-CHAVE: SST, Ensino à Distância, TIC, Ambientes Virtuais (RA/RV), Simulação, OSHDigit

ABSTRACT

EVALUATION OF TECHNOLOGICAL TOOLS FOR TEACHING ERGONOMICS, HEALTH AND SAFETY

This dissertation, carried out within the scope of the master's in Human Engineering has as its theme the use of technological tools in Higher Education in Ergonomics, Health and Safety to promote it in the teaching-learning process of this scientific area.

Initially, was presented the state of the art, that is associated with the concepts that have a direct relationship with the ICT theme and its characterization and use in Teaching in Portugal and in the context of Engineering; Active Learning and Smart Learning Environments (*E-learning, B-learning and M-learning*) and finally, educational tools, technologies and the websites associated to the OSH area.

This research was based on the collection of ICT tools and the materialization of the use of these tools, with an exhaustive collection of these resources being made throughout the research path. However, the difficulty in collecting tools associated with Virtual Environments (Augmented Reality/Virtual Reality) and as well as Virtual Laboratory/Simulation tools was prematurely highlighted. Therefore, two Systematic Literature Reviews (SLR) were carried out based on the PRISMA method to bring together the most recently mentioned tools with the aim of filling the lack of difficulty in accessibility to this type of ICT.

As proposed in the specific objectives, a platform that included all the tools was created for collection according to the risk categories, suggested by CCOSH, as well as some characteristics associated with their categorization and evaluation, such as risk management subprocesses, application categories, degree of complexity, time of use and finally, type of resource.

It was concluded that there is a reduced or non-existent number of certain types of tools such as AR/VR and Virtual Laboratory/Simulation, being that the tools collected are mostly materialized for the work context and limited/reduced to certain work areas (e.g., construction and chemical contamination), limiting this type of tools to certain niches of risk categories. The limitations associated with this work were essentially due to temporal issues, terminologies/conceptualization and associated with the nature of the research methodology. However, the work conducted constitutes a database of tools that can be used in the educational context to encourage active learning with the aim of a contemporary and digital classroom, prepared to effectively train professionals in the area.

KEYWORDS: OSH, Distance Learning, ICT, AR/VR, Simulation, OSHDigit

ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vi
Índice.....	vii
Índice de Figuras.....	ix
Índice de Tabelas	x
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos	xi
1. Introdução.....	1
2. Motivação para a escrita	2
2.1 Objetivo geral	2
2.2 Objetivos específicos.....	3
2.3 Estrutura da Dissertação.....	3
3. Enquadramento Teórico.....	6
3.1 Caracterização e utilização das Tecnologias de Informação e Comunicação.....	6
3.1.1 Evolução da inclusão das TIC em Portugal no contexto de sala de aula.....	10
3.1.2 TIC no âmbito do Ensino Superior em Engenharia	12
3.2 Active Learning e Smart Learning Environments.....	16
3.2.1 Electronic-learning (E-learning)	21
3.2.2 Blended learning (B-Learning)	26
3.2.3 Mobile Learning (M-learning).....	28
3.3 Tecnologias Educativas no processo de ensino-aprendizagem	30
3.4 Principais plataformas existentes na área de Saúde e Segurança no Trabalho	36
3.4.1 Cursos à Distância.....	44

4. Metodologias de Investigação e Intervenção	46
4.1 Metodologia de investigação	46
4.2 Procedimentos de recolha e agrupamento das ferramentas tecnológicas	48
4.3 Ferramentas recolhidas segundo o método PRISMA.....	51
4.3.1 Ferramentas de Ambientes virtuais (RA/RV) e Gamificação	53
4.3.2 Laboratórios virtuais e Simulação.....	55
5. Resultados e Discussão	56
5.1 Ferramentas de Ambientes virtuais (RA/RV) e Gamificação	57
5.2 Ferramentas de Laboratórios virtuais e Simulação.....	79
5.3 Plataforma OSHDigit.....	88
6. Conclusões.....	97
6.1 Conclusões da investigação	97
6.2 Limitações associadas à investigação.....	99
6.3 Recomendações para futuras investigações	100
Referências Bibliográficas	102
Anexos	128
1. Excel das Ferramentas TIC recolhidas.....	128

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:Uso das ferramentas TIC nos diferentes contextos de ensino e de aprendizagem (adaptado de Lavrentieva et al., 2019a).....	31
Figura 2: Plataforma HSE.....	37
Figura 3: Plataforma CCOHS.....	38
Figura 4: Plataforma CPWR.....	38
Figura 5: Plataforma ILO.....	39
Figura 6: Plataforma EPM.....	40
Figura 7: Plataforma EU-OSHA.....	40
Figura 8: Plataformas IOSH (A) e IOSH magazine (B).....	41
Figura 9: Plataforma CIPD.....	42
Figura 10: Plataforma WORKSAFE.....	43
Figura 11: Plataforma CDC.....	43
Figura 12: Plataforma WorkSafe.....	44
Figura 13: Visualização do mapa de sobreposição de palavras-chave ao longo dos últimos três anos (Barbosa et al., 2023).....	49
Figura 14: Fluxograma PRISMA dos artigos selecionados para recolha de ferramentas de Ambientes Virtuais (RA/RV).....	54
Figura 15: Fluxograma PRISMA dos artigos selecionados para recolha de ferramentas de Laboratórios Virtuais e Simulação.....	56
Figura 16: Mapa das 109 palavras-chave associadas a Ambientes Virtuais dos artigos selecionados através do PRIMA.....	73
Figura 17: Density Visualization das keywords associados a RA/RV.....	77
Figura 18: Relação estabelecida entre as palavras-chave dos autores dos artigos selecionados no PRIMA de laboratórios virtuais.....	87
Figura 19: Página inicial da plataforma/site OSHDigit.....	90
Figura 20: Filtro disponível na "E-platform".....	92

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Vantagens e desvantagens do uso de TIC (adaptado de Coppi et al. 2022).....	9
Tabela 2: Paradigmas associados à Educação (adaptado de Litto & Formiga, 2009).....	22
Tabela 3: Análise das ferramentas de Ambiente Virtuais (RA/RV) e Gamificação selecionados no PRISMA.	57
Tabela 4: Análise dos artigos de Laboratórios Virtuais e de Simulação selecionados do PRISMA.....	79

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

AR/VR - *Augmented Reality/Virtual Reality*

CCOSH - *Canadian Centre for Occupational Health and Safety*

OSH - *Occupational Safety and Health*

OMS - Organização Mundial da Saúde

DC - *Digital Competence*

DT - *Digital Twin*

EaD - Educação à Distância

IES - Instituições de Ensino Superior

LCMS - *Learning Content Management Systems*

LMS - *Learning Management Systems*

MMC - Movimentação Manual de Cargas

MSD - *Musculoskeletal Disorders*

PBL - *Project-based Learning*

PDF - *Portable Document Format*

PT - Posto de Trabalho

PRISMA - *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*

RA/RV - Realidade Aumentada e Realidade Virtual

SST - Saúde e Segurança no Trabalho

TI- Tecnologias da Informação

TIC - Tecnologias de Informação e Comunicação

1. INTRODUÇÃO

A tecnologia afeta o quotidiano de maior parte da sociedade no século XXI, tendo sido a sua presença disseminada também no contexto escolar, facto verificável devido à implementação de recursos digitais (*hardware* e *software*), mas também na inclusão de mudanças e metodologias que despoletaram inovações educacionais apoiadas em tecnologia (Ayyildiz & Gumus, 2021; García-Tudela et al., 2020).

A crescente consciencialização para a necessidade de inovação tecnológica constitui agora também uma prioridade para a engenharia, sendo que a aquisição de conhecimento e desenvolvimento de competências torna-se mais dinâmica através de diversificados métodos educacionais, sendo já menos ineficientes na sociedade atual as abordagens tradicionais (Mayer, 2003).

Atualmente, as Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) são vistas como meio que inclui em si ferramentas e recursos que são usados no âmbito educacional e social com o objetivo de manipular e conectar/transmitir informação, tendo um papel preponderante a nível educacional, trazendo formas de conhecimento e literacia atuais e eficientes, interagindo dinamicamente com diferentes meios (Sumaimi & Susilawati, 2021).

Por sua vez, as TIC são incluídas numa nova configuração de ensino e sala de aula. *Active Learning* e *Smart Learning Environments* tornam-se imprescindíveis à configuração atual da sala de aula que estabelecem, por sua vez, uma relação com *Smart Learning* ou *Technology Enhanced Learning* (aprendizagem aprimorada por tecnologia) que, tal como o nome indica, o conteúdo de aprendizagem é proveniente ou articulado com ferramentas e/ou tecnologias interativas.

O potencial das tecnologias digitais distingue-se pelo estímulo cognitivo proporcionado aos estudantes (Batyrrkhanov et al., 2022), podendo constituir conteúdo de aprendizagem, investigação, comunicação, colaboração, construção, expressão e até avaliação (Zhu et al., 2016).

Portanto, neste sentido deve ser realizado um estudo para perceber-se quais as ferramentas que podem ser utilizadas no âmbito da Engenharia Humana mais concretamente nas áreas de Ergonomia, Saúde e Segurança no Trabalho. Para isso, será considerada a realidade do Ensino Superior, sendo que a metodologia/estratégia de investigação (pesquisa exploratória ou mistura entre métodos quantitativos e qualitativos) é alicerçada numa abordagem dedutiva para obter-se as ferramentas que, posteriormente serão apresentadas e descritas segundo a sua utilidade e aplicação (Saunders et al., 2007). Este trabalho contribuirá para a configuração da sala de aula desejada assim como para a educação mais eficiente e efetiva pretendida nos dias de hoje.

2. MOTIVAÇÃO PARA A ESCRITA

O avanço tecnológico contínuo, as novas necessidades educativas e os desafios apresentados pela evolução dos mercados de trabalho e pelos ambientes de vida sofisticados, tornaram necessária a expansão e promoção da qualidade e versatilidade da aprendizagem e do ensino, assim como, tornou vital a otimização dos seus sistemas de gestão (Cheng, 2002). Vários sistemas de gestão educativa de diferentes países têm concretizado o esforço para incluir as TIC no contexto educativo, uma vez que as mesmas têm potencial para promover desenvolvimento, eficácia e eficiência no processo de ensino-aprendizagem (Cheng, 2002; McFarlane & Sakellariou, 2002). No ensino das ciências, as TIC têm demonstrado ser instrumento facilitador de compreensão de conceitos, tornando-os mais perceptíveis, mais visuais e compreensíveis, na perspetiva dos alunos (Reis et al., 2018). Para tal, é necessário reconhecer o papel crítico e ativo desempenhado pelo professor, que deve apresentar as condições necessárias para utilizar as TIC, através de uma devida seleção e avaliação dos recursos tecnológicos e posteriormente, projetando e sequenciando um conjunto de atividades de aprendizagem (Osborne & Hennessy, 2006).

A motivação que despoletou interesse pelo estudo da relação das ferramentas tecnológicas existentes e a sua utilização e acessibilidade por parte dos utilizadores, quer professores quer alunos, é decorrente da observação de que, no Ensino Superior, ainda é comum encontrar uma abordagem metodológica mais tradicionalista. As ferramentas desenvolvidas até à altura pandémica, de Covid-19, eram na sua grande maioria mal instrumentalizadas ou exploradas, devido em parte à marginalização do uso das TIC. Devido à Covid-19, à consequente adoção do Ensino à Distância (EaD) e ao crescente desenvolvimento de metodologias de ensino neste âmbito (e.g., *Blended Learning*), desenvolveu-se uma maior e crescente necessidade de integrar estas ferramentas no âmbito curricular. Torna-se, portanto, imperativo (para uma maior inclusão e uso das mesmas), que estas ferramentas sejam recolhidas e devidamente organizadas e catalogadas para que seja um processo mais apelativo para o utilizador, mas também para que seja possível enquadrar as mesmas devidamente no contexto educativo. Para além disto, é necessário perceber até que ponto as mesmas podem ser integradas no âmbito da educação ativa e podem ser utilizadas no contexto dos ambientes interativos necessários à configuração atual da sala de aula.

2.1 Objetivo geral

O objetivo geral desta dissertação é contribuir para a configuração de uma aprendizagem dinâmica e integradora à distância, com base na descrição das ferramentas desenvolvidas por *websites* creditados, encontradas e descritas em artigos científicos atuais, referentes à área da engenharia com enfoque especial nas áreas de Ergonomia, Saúde e Segurança no trabalho.

Trata-se, portanto, de recolher, catalogar e apresentar as ferramentas utilizadas no âmbito desta área científica para a criação de uma plataforma onde serão disponibilizadas para o contexto do Ensino Superior.

Estas ferramentas são apresentadas de acordo com a sua área de risco, as suas subcategorias de riscos, a sua tipologia e outras características.

Como produto final desta investigação é apresentada uma plataforma para armazenamento de ferramentas de apoio à tomada da decisão que, podem ser incluídas nas diferentes tipologias de ensino ativo e processos de ensino-aprendizagem. O objetivo principal desta plataforma de repositório de dados é permitir que os utilizadores possam incorporar estas ferramentas no âmbito de atividades interativas nos diferentes tipos de dispositivos eletrónicos e modelos de ensino/aprendizagem à distância assim como, melhorar o ensino e sobretudo tornar a aprendizagem mais prática e efetiva, isto é, fazer com que os alunos compreendam e absorvam melhor os conteúdos programáticos.

2.2 Objetivos específicos

Os objetivos propostos no âmbito desta dissertação são:

- Caracterizar as tecnologias digitais relevantes para a formação em Ergonomia e SST no Ensino Superior;
- Avaliar as principais tecnologias digitais e interativas disponíveis para a formação em SST no ensino superior;
- Elaborar uma ferramenta de apoio à decisão, no uso de ferramentas digitais no âmbito dos diferentes conteúdos programáticos abordados em SST.

2.3 Estrutura da Dissertação

A presente dissertação é estruturada em seis capítulos que se encontram de acordo com a seguinte ordem: “Introdução”, “Motivação para a escrita”, “Enquadramento teórico”, “Metodologias de investigação e intervenção”, “Resultados e Discussão” e “Conclusões”.

No primeiro capítulo, mais concretamente na Introdução, encontra-se uma abordagem generalista às temáticas que envolvem esta dissertação assim como, de acordo com a investigação preliminar, se podem verificar como motivações para o estudo e a importância que o mesmo têm para o desenvolvimento deste contexto (Ensino Superior de SST) em particular.

No segundo capítulo, é apresentada a Motivação para a Escrita da dissertação, onde se explica mais concretamente a motivação primordial associada ao desenvolvimento desta pesquisa e, posteriormente, são apresentados os objetivos gerais e específicos desta dissertação.

O Enquadramento Teórico corresponde à revisão da bibliografia existente e materiais relevantes para a temática e atualidade da mesma. Neste capítulo é apresentada a caracterização e utilização das TIC ao longo do tempo e no quotidiano e posteriormente a evolução da inclusão das TIC no contexto educativo português e no âmbito do Ensino Superior de Engenharia. De seguida, encontram-se os conceitos adjacentes à temática central (TIC) como o *Active Learning* e *Smart Learning Environments* assim como as modalidades de ensino da atualidade que incluem as ferramentas tecnológicas educativas. Posteriormente, faz-se referência às tecnologias e ferramentas educativas utilizadas na generalidade no ensino atual, assim como, aos websites desenvolvidos no âmbito de SST.

No capítulo das Metodologias de Investigação e Intervenção, é exposta a metodologia de investigação e procedimentos tomados na recolha e agrupamento de TIC, é apresentada a fundamentação das metodologias aplicadas e conseqüentemente, a motivação que levam à adoção do método PRISMA para a recolha de ferramentas tecnológica nos campos de Ambientes Virtuais (RA/RV) e Gamificação e também, Laboratórios Virtuais e Simulação.

Nos Resultados e Discussão, são apresentadas, inicialmente, as ferramentas recolhidas aquando da aplicação do método PRISMA. Posteriormente, através da utilização do método VOSViewer, são expostas as principais conclusões acerca das ferramentas educativas obtidas através da leitura dos artigos científicos recolhidos do método PRISMA, aplicado em cada um dos grupos conceptuais e supramencionados, e inclusivamente, é clarificado o foco de pesquisa em que são desenvolvidas as ferramentas nos últimos três anos, o peso associado às áreas de atividade profissional mencionadas, conteúdos programáticos/áreas de risco e conceitos/características.

São ainda analisados os recursos recolhidos e é contabilizado e observado o peso/foco em que houve uma maior acessibilidade de recursos.

Na Conclusão, são apresentadas as conclusões referentes ao trabalho desenvolvido, assim como, um conjunto de limitações associadas à investigação e que se foram verificando no decorrer da escrita da presente dissertação e, por fim, recomendações úteis para futuras investigações deste género ou nesta área científica.

3. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

Neste capítulo expõem-se a revisão bibliográfica realizada no contexto do presente trabalho, que explora as seguintes temáticas: TIC e o âmbito em que estes recursos são utilizados; a evolução da inclusão de ferramentas TIC no contexto português e também no âmbito do Ensino Superior de Engenharia; *Active Learning* e *Smart Learning Environments*; e por fim, as ferramentas tecnológicas educativas existentes bem como as plataformas existentes na área de Saúde e Segurança no Trabalho.

3.1 Caracterização e utilização das Tecnologias de Informação e Comunicação

Competências digitais, literacia digital, literacia de informação e computação, competências/capacidades para a utilização da internet, competências de TIC e até mesmo competências do séc. XXI são palavras-chave relacionadas e direcionadas para a digitalização (Ainley et al., 2016; Hatlevik & Christophersen, 2013; van Laar et al., 2017).

Apesar das inúmeras definições de TIC e variados conceitos envolvidos nesta definição, estes acabam por convergir entre si, evidenciando que os mesmos estão relacionados com a recolha e tratamento de dados, produção de conhecimento e comunicação digitais (Siddiq et al., 2016). Na realidade, foram desenvolvidos diversos conceitos para descrever os processos de adquirir, usar e aprender com tecnologias. O primeiro modelo de ensino à distância surgiu em 1840 com o pedagogo Isaac Pitman com o chamado estudo por correspondência, e desde então que o Reino Unido é considerado líder neste tipo de ensino (Hejase et al., 2002).

Os primeiros recursos pedagógicos, com configurações idênticas às atuais, mas mais rudimentares, começaram a ser introduzidos no meio social por volta dos anos 30 do século XX, através de ferramentas tidas como inovadoras no quotidiano desta geração em particular, como é o caso do rádio, a televisão e os vídeos (Rurato & Gouveia, 2004).

Nos anos 60 do mesmo século, começou a desenvolver-se um dos primeiros conceitos ligados a este tipo de aprendizagem denominado de *multimedia learning* (aprendizagem multimédia) ou *computer learning* (aprendizagem por computador) que permitiam, através de um ambiente dinâmico (caracterizado pela utilização de texto/narração e ilustração/animação) fomentar a aprendizagem baseada num sistema de processamento (audição/visão). Esta aprendizagem era centrada no aluno, sendo que, na essência do processo educativo estava implícita uma aprendizagem cognitiva ativa, isto

é, potencializada por recursos tecnológicos que contribuíam para uma aprendizagem mais eficiente (Mayer, 2014). A revolução tecnológica educativa deu-se inicialmente com o uso da imagem, áudio e vídeo, tendo estes recursos assumido uma posição prestigiada entre os elementos-chave de aprendizagem ativa nesta altura (Fletcher, 2019).

Nos anos 70, as TIC incluem dispositivos como os computadores em contexto escolar, sendo que estes dispositivos já representavam uma primeira manifestação da importância destes recursos para o contexto educativo (Fauville et al., 2014).

Durante os anos 90 as TIC ou *Information and Communication Technologies* (ICT), eram descritas como formas de potencializar o ensino à distância, em qualquer momento e em qualquer lugar (Collis, 1996).

A definição de TIC sofre várias mutações ao longo dos tempos, tendo esta conceitualização sido inicialmente simples devido ao facto de incluir uma rede menos complexa de recursos. Atualmente será necessário encontrar uma definição tendo por base uma revisão literária atual e que potencie a maior equidade com a realidade da mesma. De acordo com uma abordagem mais holística, Sumaimi e Susilawati (2021, pág.2), referem TIC como:

“(...) combinação de recursos e dispositivos tecnológicos que são utilizados para manipular e conectar informação. As TIC desempenham atualmente um grande papel no sistema educativo, desenvolvendo formas de conhecimento e literacia, intercetando locais de estudo, casas, escolas, locais de trabalho e comunidades”.

Devido à materialização das TIC para o âmbito educativo, e do percurso da definição deste conceito ser irregular, começou a incluir-se na mesma a definição das competências para a utilização destas tecnologias, disseminando-se uma definição que incluía as duas realidades: TIC e competências/literacia para o seu uso. De acordo com o *Educational Testing Service* (ETS; 2002), literacia em TIC é ter a capacidade de recorrer a tecnologia digital, ferramentas de comunicação e/ou redes para aceder, gerir, integrar, avaliar e criar informações para permitir o funcionamento de uma sociedade do conhecimento digital.

Uma definição mais recente de literacia em TIC, conceito envolvido na definição de TIC, é proposta pelo *International Computer and Information Literacy Study* (ICILS) e afirma que literacia em TIC é a

“capacidade individual de usar computadores para investigar, criar e comunicar a fim de participar efetivamente em casa, na escola, no local de trabalho e na sociedade” (Fraillon et al., 2013, p.17).

Ainda no âmbito da literacia em TIC e no que diz respeito à construção de competências neste âmbito, Ferrari (2013) explica que *Digital Competence* (DC) é um requisito e direito dos cidadãos de se quererem integrar de forma funcional na sociedade o quotidiano. A autora identifica sete áreas de desenvolvimento de competências essenciais: gestão de informação; colaboração, comunicação e partilha; criação de conteúdo e conhecimento; ética e responsabilidade; avaliação e resolução de problemas e operações técnicas.

No decorrer desta diversificada rotulagem, das mudanças recorrentes entre conceitos envolventes e similares, observando o conceito e a sua evolução percebe-se que, as suas definições e operacionalização são semelhantes. Portanto, pode verificar-se que existe uma agregação entre os conceitos de competências digitais e literacia em TIC, uma vez que, se trata de características e competências essenciais na educação do séc. XXI.

As principais características do conceito atual de TIC estão relacionadas com o facto de que, estes recursos enfatizam a recuperação e processamento de informação, isto é, permitem armazenar recursos e materiais de ensino-aprendizagem por parte das entidades formativas (escolas) e dos formandos (alunos) e, nomeadamente, permitem ter acesso a novos recursos. Neste sentido, considera-se a produção de conhecimento importante e também, reforça-se o uso responsável e ético das TIC. Na utilização de recursos para partilha de conhecimento deve-se ter em consideração a utilização devida dos mesmos, permitindo o uso e transmissão destes apenas para finalidades estritamente construtivas no sentido educativo.

Por fim, este conceito de TIC inclui a comunicação que, segundo uma leitura global e de acordo com as diferentes conceitualizações apresentadas, é identificada uma descrição comum a este conceito, que inclui a noção do uso e benefício retirado das ferramentas digitais (Fraillon et al., 2013).

Neste sentido, é determinante compreender que existem vantagens no uso destas ferramentas, mas também algumas desvantagens como se pode observar na Tabela 1.

Tabela 1: Vantagens e desvantagens do uso de TIC (adaptado de Coppi et al. 2022).

Vantagens	Desvantagens
Melhoria do ambiente escolar	Falta de conhecimento
Aumento do conhecimento	Dificuldades técnicas de utilização associada à complexidade no funcionamento das plataformas ou falha técnica de construção da mesma
Apoio ao estudo	Sistemas informáticos obsoletos
Relação pedagógica mais interativa	Insuficiências relacionadas com os equipamentos necessários para assistir remotamente às aulas como câmara ou microfone que possam comprometer o envolvimento do aluno
Acompanhamento regular do estudo	Necessidade de acesso à internet
Melhoria da comunicação entre professor - aluno	Falta de apoio tecnológico
Promoção da autonomia no estudo	
Contributo para a modernização e configuração atual da educação	
Simplificação do acesso a informação escolar, quer do ponto de vista de gestão do currículo quer em termos de materiais em sala de aula, e também dos recursos necessários para o estudo no âmbito das unidades curriculares	

Na Educação à distância (EaD), Masalimova et al. (2022) destacam também um conjunto de vantagens e desafios sentidos, especialmente, durante e após a pandemia Covid-19.

Coppi et al. (2022), os alunos têm também acesso a recursos como o vídeo e outros formatos mais atrativos que permitem os mesmos fazerem uma revisão sobre os conteúdos estudados. Collis (1996),

sublinha a vantagem deste tipo de ensino e inclusivamente os recursos, estarem disponíveis a qualquer altura e em qualquer lado, evitando-se custos de transportes e outros, tendo, ainda, outras repercussões positivas tais como a segurança e por exemplo, a diminuição de stresse. Outros autores destacam a sua capacidade de motivar e aumentar a criatividade dos alunos que contactam com estas ferramentas (Shanmugam et al., 2019).

Relativamente às desvantagens, na perspetiva de Masalimova et al. (2022), em alguns modelos de ensino que usam TIC, não é possível garantir que haja uma aprendizagem efetiva, sendo que nesta tipologia de ensino (EaD) é constatado que, os alunos ficam descontentes com o número acrescido de tarefas, trabalhos e de tempo de estudo terem de estudar mais, podendo tornar esta abordagem não tão efetiva quanto o ensino presencial (Altun et al., 2021). Além disto e durante longos períodos, como foi o caso da pandemia do Covid-19, mostrou-se desafiante trabalhar em grupo, prejudicou-se a socialização, conduzindo à falta de comunicação, à falta de interação presencial assim conduz à falta do balanço entre estudo e lazer/vida pessoal (Lamanauskas & Makarskaitė-Petkevičienė, 2021). Outra perceção recolhida e identificada neste âmbito é o da saúde física e psicológica, sendo que este formato de ensino-aprendizagem pode ter repercussões no âmbito psicológico como depressão e ansiedade (Lischer et al., 2022), assim como a nível físico, como por exemplo, na visão Zhang et al. (2020), despoletando até, dores musculares a nível de corpo inteiro e também localizadas como no pescoço, ombros e região lombar (Ramane, 2021). O uso do monitor, sendo contínuo, ou por muito tempo, também conduz a problemas de concentração. A conexão à internet e problemas técnicos são também dificuldades comumente apresentadas que prejudicam e dificultam a implementação das metodologias associadas ao ensino à distância e ao uso e implementação das TIC. Existem outras desvantagens, responsáveis por um impacto negativo implícito na aprendizagem, como é o caso do ambiente e configuração do espaço desadequados, assim como, a falta de competências e conhecimento sobre como usar devidamente as ferramentas tecnológicas por parte dos alunos (Sumaimi & Susilawati, 2021).

3.1.1 Evolução da inclusão das TIC em Portugal no contexto de sala de aula

No século XX, Paiva et al. 2010 (citado por Freire, 2022) verificam que, houve uma efetiva adoção da EaD, tendo sido dada uma maior atenção a metodologias de ensino desenvolvidas para este âmbito, melhorando a realidade do ensino-aprendizagem à distância no contexto do Ensino Superior.

Devido às necessidades da sociedade atual, da necessidade de inclusão de recursos tecnológicos e novos modelos educativos, o Ensino Superior deixa de ter o papel de mero mediador de conhecimentos teóricos

e científicos, passando a ter uma função determinante na profissionalização e preparação dos estudantes para os diversos contextos profissionais, especialmente no desenvolvimento de diversificadas competências (e.g., pensamento crítico, trabalho em grupo, autonomia entre outros) que lhes permite ter um papel ativo e construtivo na aprendizagem (Flores & Simão, 2006).

Assim, a Universidade necessita de disponibilizar meios de comunicação à distância para incluir o máximo de alunos, despoletando também o progresso das capacidades e competências digitais para aprendizagem em qualquer circunstância e na forma em que for mais conveniente (Moran, 2007).

Consequentemente, são desenvolvidas modalidades de ensino como o *E-learning*, *B-learning* e *M-learning* para enriquecer o contexto de sala de aula interativa, constituindo configurações de aplicação de instrumentos de ensino que permitiram a alteração do funcionamento da creditação e da gestão institucional. Vários autores salientam a importância das TIC no contexto das Universidades, para complementar a evolução dos desafios do mercado educativo, através de modelos diversificados e atuais que permitem uma maior flexibilidade no que diz respeito aos momentos, ritmos, percursos e espaços de aprendizagem, (Gomes 2004; Carvalho 2003 citado por Monteiro & Gomes, 2009).

Além da preocupação política manifestada por esta temática em Portugal, a importância das TIC na educação, particularmente no Ensino Superior, ainda não está devidamente considerada nos planos de ação das Instituições do Ensino Superior (IES), sendo isto constatado através de uma regulação incipiente ou insuficiente do regime de *E-learning* face a outros países da União Europeia, isto também porque os dispositivos reguladores existentes baseiam-se nos modelos de ensino presencial, não refletindo a especificidade da EaD (Dias et al., 2013).

Contudo, é de notar o esforço para a inclusão das TIC no Ensino Português, podendo afirmar-se que, no que diz respeito à utilização e adoção de práticas de cariz digital na educação, Portugal sempre defendeu e reforçou a importância de projetos que abarquem conteúdos digitais despoletando então o desenvolvimento, especialmente durante a época de Covid-19, das modalidades de ensino à distância, afirmando que:

“Institui-se um modelo pedagógico assente na utilização das TIC e em ambientes virtuais de aprendizagem, flexível, personalizado e inclusivo, em que todos e cada um dos alunos, independentemente da sua situação pessoal e social, encontram respostas que lhes garantam o acesso à educação e ao cumprimento da escolaridade obrigatória.” (Portaria n. 207-B/20194 de 8 de outubro, 2014, pág.17).

Laurillard (2014) identifica múltiplos obstáculos no que concerne ao uso da tecnologia no Ensino Superior, tais como: falta de recursos e de apoio aos professores na integração das TIC nas práticas regulares; falta de orientação a nível estratégico e falta de reconhecimento dessas práticas como inovadoras e desejáveis.

Porém, as Universidades devem constituir e incluir projetos inovadores e ajustados às qualificações profissionais, e as competências e habilidades exigências não só do mercado de trabalho, mas do quotidiano da sociedade atual (Moran, 2012).

Todavia, a má ou insuficiente implementação de políticas para uma devida integração das TIC na EaD foi moderada pela pandemia de Covid-19, que propiciou uma tendência crescente de integração e adoção destes dispositivos/ferramentas nas práticas educativas aquando do início da época pandémica. Ainda assim, há ainda divisão entre reações positivas e negativas à adaptação à EaD, podendo ter sido consequência da mudança abrupta para o ensino *online* sendo que, de entre os motivos, destacam-se:

- Motivos internos - competências sociais e emocionais (reconhecimento e a gestão das próprias emoções, definição de objetivos positivos e de tomar decisões que sejam adequadas face a esses objetivos); abordagem à aprendizagem (requer autonomia no processo de aprendizagem);
- Motivos externos - resposta da instituição e docentes assim como as dificuldades em organizar e promover a educação e também a avaliação (Flores et al., 2021).

Portanto, torna-se vital a adoção efetiva da tecnologia na educação para alicerçar o ensino e aprendizagem, assim como é necessária a formação de professores segundo uma visão abrangente da pedagogia para o contexto *online*, visando sempre a eficiência da metodologia de ensino, interação pedagógica e avaliação neste âmbito, considerando também fatores internos e externos que possam afetar a motivação e devida adoção da aprendizagem *online* por parte dos estudantes (Carrillo & Flores, 2020).

3.1.2 TIC no âmbito do Ensino Superior em Engenharia

A indústria 4.0 obriga à adoção de novos e inovadores modelos de ensino-aprendizagem, que conciliem recursos físicos e virtuais e que tragam plasticidade no tempo e lugar (Coşkun et al., 2019).

Os avanços tecnológicos em sistemas de sensores, a automatização, assim como TIC para a indústria

de manufatura, desempenham um papel de relevo na evolução tornando-se sinónimos de indústria 4.0. A base desta conceitualização é constituída por múltiplas tecnologias (*Flexible Automation, Wireless Sensor Systems, Cyber-Physical Systems, Artificial Intelligence, (Big) Data Analysis, Internet of Things e Cyber Physical Man*) que necessitam de ser incluídas no currículo.

É necessário que os futuros engenheiros tenham a capacidades de analisar e inovar, assim como devem desenvolver capacidades de adaptação e inclusivamente, devem ser ágeis no contexto de resolução de problemas e de implementação de soluções e também, desenvolverem a capacidade de lidar com as tecnologias incluídas na indústria 4.0 necessitando, portanto, de uma educação mais personalizada (Sackey & Bester, 2016; Tvenge & Martinsen, 2018).

As competências associadas à indústria contemporânea são muitas vezes organizadas ou caracterizadas em 3 categorias: literacia fundamental, competências e qualidades associadas ao carácter; sendo possível a agregação destas categorias em 4 grupos principais de competências: técnicas, metodológicas, sociais e competências pessoais (Benešová & Tupa, 2017).

De acordo com Hernandez-De-Menendez et al. (2008), são necessárias determinadas competências, ferramentas e métodos para solucionar eficazmente determinados problemas e para tal os alunos devem compreender em si as capacidades de:

- Aplicar conhecimentos relacionados com matemática, ciência e engenharia;
- Idealizar e desenvolver experiências;
- Analisar e interpretar dados;
- Perceber e idealizar sistemas de design ou de processos que considerem as variáveis económicas, ambientais, políticas, éticas, saúde e segurança, capacidade de produção/fabricação e constrangimentos relativos a sustentabilidade;
- Identificar, formular e resolver problemas do âmbito da engenharia;
- Perceber o impacto das soluções de engenharia ao nível global, económico, ambiental e nos contextos sociais;
- Incluir as técnicas, habilidades e ferramentas de engenharia mais atuais e necessárias para a prática de engenharia.

Para além de conhecimentos teóricos, os alunos devem adquirir conhecimentos técnicos relacionados com as diferentes unidades curriculares em que estão envolvidos, contribuindo também para o

desenvolvimento de um conjunto de competências mais abrangentes que vão ser úteis para trabalhar no futuro mercado laboral com sucesso. Segundo Alves et al. (2020), determinadas metodologias de ensino ativas, nomeadamente o PBL, desenvolvem as seguintes competências:

- Competências de Gestão de Projetos: 1. Capacidade de investigação; 2. Capacidade de decisão; 3. Capacidade da organização; 4. Capacidade de gestão do tempo.
- Competências de Desenvolvimento Pessoal: 1. Criatividade; Originalidade; 2. Espírito crítico; 3. Autoavaliação; 4. Autorregulação.
- Competências de trabalho em equipa: 1. Autonomia; 2. Iniciativa; 3. Responsabilidade; 4. Liderança; 5. Solucionador de problemas; 6. Relacionamento interpessoal; 7. Motivação; 8. Gestão de Conflitos.
- Competências de Comunicação: 1. Escrita e comunicação; 2. Comunicação oral; 3. Capacidade de apresentação em público.

O perfil de aluno contemporâneo necessita de compreender em si a capacidade de lidar com mudanças abruptas, nomeadamente nos processos produtivos e, para garantir que o mesmo seja possível, estes devem estar habilitados a interpretar e desenvolver novas tecnologias, compreendendo neste perfil também a sua capacidade para desempenhar um papel ativo no meio organizacional e também no meio social, fomentando-se uma sinergia nos diferentes aspetos da esfera laboral (Jeganathan et al., 2019). Portanto, o modelo de ensino deve incluir dispositivos novos e inovadores, bem como estratégias pedagógicas inovadoras, como *project-based*, *problem-based*, *challenge-based*, *experiential* e *collaborative learning*. Desta forma, os alunos tornam-se agentes ativos participando na elaboração do seu próprio currículo abrindo caminho para a figura do mentor ao invés do tradicional professor (Fernandes et al., 2010).

Relativamente ao processo de ensino, de acordo com Mogos et al. (2018), é imperativo incluir determinadas características tais como:

- Diversidade no tempo e no espaço;
- Flexibilidade relativa ao processo de aprendizagem (incluir diferentes dispositivos, programas e técnicas que lhes sejam mais convenientes);
- Aprendizagem personalizada e individualizada;
- Acompanhamento pela figura do mentor:

- Aplicação prática e interação com instituições;
- Pensamento baseado em projetos, aprendizagem e trabalho (organização temporal colaborativa e organizacional em curtos espaços de tempo e em situações diversas);
- Apropriação do seu currículo e pensamento crítico (sobre o seu trabalho e dos colegas assim como dos conteúdos lecionados);
- Avaliação em vez de teste/exame (práticas associadas ao PBL e a outras metodologias ativas);
- Interpretação de dados, com base no raciocínio humano (perceber e interpretar reais tendências de dados).

A formação e envolvimento dos professores é também determinante, assim como a adoção de estratégias pedagógicas apropriadas, reforçando a importância do seu papel como mentores que facilitam o ensino e acompanham e monitorizam sistematicamente o desenvolvimento da aprendizagem. O contacto dos docentes com as empresas para obter percepções ou até aproximar a indústria da prática educativa, através de projetos práticos incluídos no currículo, permite otimizar o processo de ensino-aprendizagem (Lima et al., 2009).

Relativamente aos conteúdos programáticos das unidades curriculares, existem alguns que são essenciais atualmente e que devem ser incluídos no currículo tais como: Programação, Métodos estatísticos e análise de dados, Sistemas de banco de dados, Mapas auto-organizados, Segurança em Tecnologias da Informação (TI), Tecnologia de materiais, Tecnologia de produção, Robótica industrial, *Machine learning*, *Deep learning*, Ciber-segurança, Inteligência artificial, Criptologia, Processamento de sinal e Produção virtual de produtos (Coşkun et al., 2019).

As práticas multidisciplinares são essenciais para o ensino académico superior, assim como uma oferta diversificada de cursos não-técnicos que trabalhem competências transversais (e.g., inteligência emocional, liderança). A aprendizagem contínua, que é o foco do processo educativo, deve ser aproveitada e melhorada com a experiência de trabalho (PwC, 2019).

A função das TIC na educação e indústria 4.0 tem um lugar estabelecido e preponderante na criação e promoção de conhecimento, desenvolvendo-se grande expectativas em relação ao seu uso futuro, nomeadamente, para uma inclusão cada vez mais eficiente das mesmas no processo educativo. De entre as vantagens associadas ao seu uso destacam-se o aumento da aprendizagem devido a um maior acesso a dados e conhecimento, assim como otimização da aprendizagem tornando-a mais eficiente e que, nomeadamente, inclui atividades de aprendizagem centradas na individualidade das necessidades e

capacidades do aluno. Ao mesmo tempo, desenvolve-se uma menor dependência da figura do professor, constroem-se novos ambientes de aprendizagem com maior grau de colaboração/cooperação e por fim, mais oportunidades para pensamento crítico e abordagens analíticas (Fauville et al., 2014).

A literatura evidencia que, face a outros tipos de aprendizagens mais tradicionais, a aprendizagem alicerçada em TIC é mais proveitosa, benéfica e eficiente (Pouexevara et al., 2014).

Os alunos identificam que as TIC têm efeitos positivos na aprendizagem, predisposição e motivação para o processo de aprendizagem sendo que, quando existe uma multiutilização de recursos os benefícios se intensificam, por exemplo, quando são utilizados recursos multimédia aliados a atividades práticas e apresentações orais (Grez et al., 2009). As ferramentas educativas são também utilizadas como meio avaliativo e de monitorização, assim como para a apresentação de trabalhos ou documentos avaliativos/projetos. O ambiente virtual de aprendizagem tem inúmeros benefícios para os alunos, permitindo-lhes estar atualizados face à gestão do processo de aprendizagem, oferecendo-lhes uma maior flexibilidade espacial e temporal para obtenção de materiais/recursos para terem acesso à multiplicidade de informações relativas ao curso (Kirkwood & Price, 2005).

3.2 Active Learning e Smart Learning Environments

A Aprendizagem Ativa ou *Active Learning* é definida por Prince (2004) como “a adoção de práticas instrucionais que envolvem os alunos no processo de aprendizagem”. Existem múltiplos métodos implementados no âmbito da aprendizagem ativa com o objetivo de alcançar uma aprendizagem dinâmica e eficaz que proporcione uma maior assimilação do conhecimento, tornando esta abordagem mais eficiente do que a tradicional, melhorando significativamente o processo de ensino-aprendizagem.

Na aprendizagem ativa, os alunos consideram-se mediadores e intervenientes no processo educativo e inclusive, cooperam dinamicamente com os seus colegas destacando-se ainda outros fatores despoletados por esta abordagem como é o caso da criatividade, colaboração interculturalidade, consciencialização das responsabilidades sociais, expressão ética, produção de conteúdo inovador e desenvolvimento da originalidade nas ideias e ações (Singhal et al., 2021).

Felder et al. (2000), propõem oito métodos que devem ser adotados pelo corpo docente, relacionados com a metodologia ativa e que permitem uma melhor aprendizagem no âmbito da engenharia: usar objetivos claros de lecionação, mostrar a relevância do material usado para aprender os conteúdos, ensinar indutivamente, equilibrar informações concretas e abstratas, usar aprendizagem ativa, usar

aprendizagem cooperativa em grupo, tornar a avaliação justa e desafiadora e mostrar preocupação com a aprendizagem de cada um dos alunos.

A aprendizagem ativa envolve diferentes metodologias (e.g., *flipped classes*, *cooperative group learning*, *panels*, *debates*, *quiz shows*, *service learning* e PBL), contudo, para a sua devida aplicação, é necessária a inclusão de tecnologias, especialmente no quotidiano e com a configuração da sala de aula real.

Atualmente, a educação tem um espaço, e inclusivamente, uma configuração diferente que incorpora necessariamente dispositivos eletrónicos ou tecnologias ainda que, em alguns casos sejam mais rudimentares. Estes dispositivos permitem uma maior interação em contexto de aula e também uma maior interação aluno-professor (Mikulecký, 2012). Esta configuração, além de permitir um maior envolvimento por parte dos professores e alunos, tornando a aprendizagem mais dinâmica, permite também um maior contacto com o sistema educativo, equipas de apoio e de especialistas técnicos, possibilitando o desenvolvimento de uma cultura de sala de aula, curso, instituição e comunidade (Spector, 2014).

O conceito de aprendizagem ativa torna-se sinónimo de *Smart Learning*, isto porque, na aproximação de conceitos, ao último, é lhe apenas acrescentado o uso efetivo de tecnologias educativas, sendo que a aprendizagem ativa atual incorpora já o seu uso.

Smart geralmente, segundo os modelos de aprendizagem comuns, significa algo/dimensão adaptativa, personalizada e inteligente (Huang et al., 2020).

Zhu et al. (2016) acreditam que não existe uma definição concisa deste conceito, contudo, afirmam que vários investigadores acreditam que esta aprendizagem é caracterizada por ser omnipresente e consciente face ao seu contexto. Segundo o autor, o Ministério Coreano da Educação, Ciência e Tecnologia, afirma que, além disto, esta abordagem e metodologia de aprendizagem é focada no aluno e no conteúdo incluído mais do que meramente no dispositivo, tornando-se assim eficaz, inteligente e personalizada e baseada num sistema de TI avançado e que, a tecnologia está de facto articulada e presente no processo educacional.

As TIC têm um papel preponderante para o desenvolvimento da aprendizagem ativa, contudo, Kim et al. (2013) esclarecem que deve ser considerada a importância da aprendizagem social e individual sendo que Middleton (2015), acrescenta que assim, os alunos aumentam a sua independência de forma mais dinâmica e enriquecedora. Desta forma, a configuração deste modelo de aprendizagem caracteriza-se essencialmente por ser personalizado, adaptativo, rico em recursos e inclusive em termos tecnológicos incluindo também a aprendizagem formal e informal, social e colaborativa e direcionada para

aprendizagem na aplicação dos conteúdos programáticos que permitem efetivamente, adquirir conhecimentos profundos e competências relativamente aos mesmos (Lee et al., 2014).

O *Smart Learning* favorece o desenvolvimento de outros conceitos, como é o caso de *Smart Classroom*, incluindo na sua configuração o acesso às tecnologias, flexibilidade no espaço e no tempo. Providencia também uma aprendizagem guiada com ferramentas de suporte (*supportive tools*) e sugestões ou dicas no tempo e lugar certo, formalizadas e assertivas/informadas. O *Smart Learning* proporciona uma aprendizagem efetivamente eficiente e promissora que gera competências para além de conhecimento teórico. Consequentemente, permite constatar em tempo real, os progressos e aprendizagem continua e a adaptação que o aluno apresenta de um contexto para outro (Kinshuk et al., 2016).

Segundo Chen e Hwang, (2015) existem 3 características que definem *Smart Learning Environments*:

- Consciente face ao contexto: o sistema deve conseguir fornecer suporte no percurso educativo tendo em consideração o contexto online, mas também real e pessoal dos alunos;
- Suporte adaptativo: o sistema deve colmatar as necessidades em tempo real e instantâneo, adaptando-se às necessidades e características pessoais e ter em consideração o contexto verdadeiro e real onde estão os indivíduos se integram;
- Interface adaptável: o utilizador deve ter adaptado a si o *interface* (e.g., smartphone, tablet entre outros) e às suas necessidades e capacidades.

Este tipo de ensino pretende também obter conhecimento de uma forma que os alunos não obtêm através das aulas ou ferramentas mais tradicionais. As necessidades individuais são palco de abordagens individualizadas, preferindo as necessidades e dificuldades dos estudantes tendo também em consideração a sua motivação, criando competências práticas e úteis para o contexto laboral que incluem um *feedback* e monitorização contínuos para garantir que o processo e objetivos educativos são de facto alcançados, preparando futuros membros ativos da sociedade e profissionais (Spector, 2014).

Relativamente ao *Smart Learning* e à adoção da *Smart Classroom* durante a pandemia do Covid-19, estes conceitos foram ainda mais estabelecidos e desenvolvidos assim como os instrumentos e ferramentas a esta prática associados, contudo, as mudanças foram abruptas e rápidas marcadas por severas dificuldades de adaptação, notadas no sistema educativo e na sua gestão (Moser et al., 2021). Grande parte dos alunos foram obrigados a deixar o ensino presencial e a assistir, devido ao isolamento, às aulas à distância. Inicialmente, foram adotadas ferramentas ou plataformas que, através de ligação áudio e vídeo, permitiam os alunos frequentar as aulas como é o caso Google Meet, CISCO, WebEx,

Zoom, Microsoft Teams e também foram adotados sistemas de gestão do processo educativo como Blackboard, Edmodo e Moodle (Unesco Global Education Coalition, 2023).

Segundo a literatura, foram apontadas diversas repercussões positivas provocadas por este método de ensino nos estudantes, achando esta abordagem de ensino benéfica e enriquecedora, esclarecendo a possibilidade da sua adoção assim como a sua contínua utilização e adaptação, mesmo em cursos de caráter mais prático e até posteriormente à pandemia (Chiou, 2020).

Neste formato de ensino os alunos podem aprender de forma personalizada, progredindo e aprendendo no seu ritmo e considerando as variáveis pessoais de cada um na sua individualidade/singularidade e também de forma mais prática e dinâmica devido à forma como os conteúdos são apresentados provocando satisfação, motivação e uma aprendizagem mais construtiva desenvolvendo também capacidades intelectuais, de autogestão e autonomia de aprendizagem (Almusharraf & Khahro, 2020). Para as aulas assíncronas é aconselhado a utilização de vídeos curtos ou materiais e aplicações sediadas na internet ou para telemóveis (*M-learning*). A literatura recomenda o uso de tecnologia como visitas virtuais de salas/espacos, inteligência artificial, realidade aumentada e até robôs para apoiar os alunos no âmbito dos ambientes de *Smart Learning* (Parekh et al., 2020; Serban & Todericiuaa, 2020). Outra vantagem identificada são as várias plataformas de ensino que incluem múltiplas ferramentas incorporadas nas mesmas que, apoiam na gestão das diferentes tipologias de tarefas, fases de ensino e nomeadamente ajudam a suprimir as dúvidas dos alunos (Engelbrecht et al., 2020).

Em contrapartida, o formato de ensino *Smart Learning* apresenta também desafios. Alguns dos desafios identificados na altura da pandemia e no uso de *Smart Learning Environments* são referentes a aspetos como o momento de avaliação e a gestão do processo de aprendizagem (Alqurshi, 2020). Além de uma rápida adaptação dos alunos para este meio de ensino, ainda assim, muitos preferem uma abordagem mista principalmente para aulas que exigem executar exercícios práticos, sendo quase impossível adotar este método de ensino em contexto de estágio, por exemplo, ou noutros contextos em que seja estritamente necessário a presença do aluno no local de realização das atividades (Özçelik et al., 2020).

Outro fator negativo está relacionado com a adoção de algumas ferramentas, como por exemplo, o YouTube, que podem diminuir a interação aluno-professor, sendo necessário, até no ponto de vista de manutenção de aspetos sociais e linguísticos, o ensino síncrono, que é fundamental para a manutenção destes aspetos (Moser et al., 2021). Desai et al. (2020) constatam que os alunos neste ensino são mais influenciados por fatores externos e, por vezes, até eventos aleatórios, provocando um distanciamento e desinteresse pela figura do professor. Outro fator negativo identificado, que tem um grande impacto na

adoção deste ensino, é a conectividade e a falta de internet assim como a dificuldade sentida relativamente a este aspeto por parte de alunos que residem em zonas remotas encontrando ainda mais obstáculos relativamente a esta questão.

No que diz respeito a questões de Saúde e Segurança no contexto de ensino são identificadas, na sua maioria, questões ergonómicas e físicas associadas a várias e severas repercussões na aprendizagem do aluno (Soltaninejad et al., 2021).

No âmbito de identificação de riscos ergonómicos, é de salientar a propensão para a origem de problemas musculoesqueléticos no que diz respeito à adoção da EaD, isto porque, os problemas desta natureza estão associados à utilização ativa do computador, do rato e de outros equipamentos deste género e também, devido às pobres posturas adotadas e ao espaço disponível ser limitado e por vezes mal configurado (Realyvásquez-Vargas et al., 2020).

A má qualidade de ar (falta de ar renovado e fresco) são também motivo de desconcentração de acordo com Zhong et al. (2019). A iluminação está associada também aos fatores de risco para a saúde uma vez que, a exposição continuada a dispositivos eletrónicos tem severas implicações na visão (Sleegers et al., 2013), sendo que, de acordo com Singh et al. (2020), o nível de luminosidade deve ser estipulado entre os 250 lux e 500 lux para uma melhor aprendizagem.

O ruído também é identificado como um risco associado à adoção da EaD pois, para além de ser prejudicial para a audição, em determinados níveis, é um elemento de distração podendo mesmo dificultar a execução de tarefas mais cognitivas e adicionalmente, pode dificultar tarefas como a audição da aula, dificultar a capacidade de concentração no momento de leitura sendo que, em ambientes de poluição sonora o ruído torna-se profundamente perturbador para a aprendizagem e assimilação de conhecimento (Braat-Eggen et al., 2017).

A temperatura é um fator notado também no âmbito da aprendizagem remota, que compromete também a performance dos alunos sendo preferido um ambiente neutro ao invés dos extremos frios ou quente, idealmente com temperaturas compreendidas entre os 20°C e 24°C e uma humidade relativa de 50% como sendo níveis aceitáveis (Earthman, 2002).

Outros fatores preponderantes e pejorativos identificados, no que diz respeito à adoção desta tipologia de ensino e associados a possíveis doenças ocupacionais, e que têm implicações mais severas são, por exemplo, o stress, ansiedade e cansaço intelectual (Fredericks et al., 2020). Durante a pandemia de Covid-19, desenvolveram-se ou agravaram-se patologias nos alunos associadas ao contexto da altura, devido essencialmente a estadia prolongada em casa e à falta de contacto humano, nomeadamente com

colegas de turma e amigos.

Catling et al. (2022) afirmam que houve um acréscimo de casos de doenças ocupacionais de natureza mental, sendo necessário colmatar as mesmas com serviços de apoio aos estudantes, enfatizando a necessidade de afastamento de ecrãs especialmente dos *smartphones* sublinhando a importância de dar real atenção a estes dados para evitar uma crise mental e de saúde pública.

3.2.1 Electronic-learning (E-learning)

Aprendizagem eletrónica ou *E-learning* consiste numa oferta institucional e educativa de aprendizagem à distância, baseada na utilização de equipamentos eletrónicos e de TIC, caracterizando-se geralmente pelo uso de uma plataforma de gestão do processo educativo que, apresenta ou serve de meio para apresentação das diferentes ferramentas necessárias no processo de ensino (Arkorful, 2014).

Vários conceitos foram empregues até aqui para denominar *Electronic Learning* (sinónimo de *E-learning*), como é o caso de *computer-based learning*, *technology-based training* assim como várias definições. De acordo com Horton (2006), *E-learning* é definido como “o uso de tecnologias de informação e digitais para criar experiências de aprendizagem” sendo que Piggott et al., (2009) alteram ligeiramente a definição para TIC afirmando que são usadas para apoiar e melhorar a aprendizagem dos alunos.

No passado e na origem deste tipo de ensino havia um foco e motivação da orientação do estudo para fatores de natureza socioeconómicos, isto porque, era necessária levar a educação a pessoas desfavorecidas da sociedade como idosos, mulheres, pessoas com deficiências e outros similares. Nesta altura eram utilizadas tecnologias e dispositivos ou modos de comunicação mais simples como é o caso do rádio, das cassetes áudio, do ensino por correspondência e posteriormente através das transmissões televisivas (Casey, 2008).

Contudo, do séc. XIX para o XX o cenário existente mudou substancialmente com a chegada das TIC contribuindo para um movimento de expansão e melhoria deste tipo de educação tornando-a mais próxima e integradora, surgindo diferentes formas de educação eletrónica criando-se até uma sinergia entre meios como é o caso do uso das redes sociais (Paiva 2010 citado por Freire, 2022).

Deste modo este tipo de ensino tem vindo a sofrer inúmeras mutações, uma vez que, se trata de um conceito em constante desenvolvimento. Na Tabela 2 é possível observar as características associadas a cada um dos paradigmas desta metodologia de ensino:

Tabela 2: Paradigmas associados à Educação (adaptado de Litto & Formiga, 2009).

Antigo Paradigma	Novo Paradigma
Instalações físicas (prédios escolares)	Ciberespaço
Frequência obrigatória e horário inflexível	Conveniência de local e hora
Ensinar	Aprender a aprender
Currículo: obrigatório e com pré-requisitos	Conteúdos significativos e flexíveis
Uni-disciplinaridade	Inter, Multi e Transdisciplinaridade
Pedagogia	Andragogia
Transmissão de conhecimento	Aprendizagem coletiva
Educação formal	Educação não formal
Formação com duração pré-fixada	Formação ao longo da vida
Educação expositiva e restritiva	Aprendizagem aberta e flexível
Economia de bens e serviço	Economia do conhecimento
Professor	Orientador da aprendizagem
Avaliação quantitativa	Avaliação qualitativa
Certificado de conclusão/ Diploma	Satisfação em aprender

Atualmente, a configuração desta tipologia de ensino inclui *software* e *hardware* assim como um computador pessoal em maior parte das vezes. A tecnologia é uma aliada ativa deste tipo de ensino e inicialmente a mesma serve para gerir o processo de ensino-aprendizagem, participar ou assistir a aulas até que atualmente inclui ferramentas mais complexas como plataformas de simulação, métodos de avaliação mais sofisticados, aulas interativas e afins (Pinheiro & Correia, 2014, pág.17).

Os Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA), que são intitulados de *Learning Management Systems* (LMS), de acordo com Adão e Serrote (2018, p. 27), são ambiente educativos eletrônicos (*E-Learning*) com uma ou várias combinações destas configurações:

1. *Cursos autônomos* - cursos frequentados por um aluno (individuais) sem interação com orientadores ou colegas de turma e que geralmente cobrem apenas um tópico ou área de ensino como é o caso de, por exemplo, plataformas para construção de Gantt Charts, “GALENA Slope Stability Analysis”, e “Vision and the Church”;
2. Cursos de salas virtuais - curso online que se assemelha ao contexto de sala de aula que pode ou não incluir aulas síncronas;
3. Jogos para a aprendizagem e simulações - Jogos e atividades de simulação que envolvem exploração e que levam a determinadas descobertas autonomamente;
4. *Embedded elearning* - E-learning incluído em outros sistemas como computadores ou um procedimento diagnóstico ou até, online;
5. *Blended learning* - Conjunto de formas ou metodologias de ensino-aprendizagem para alcançar determinado objetivo;
6. *Mobile learning* - Aprendizagem para qualquer circunstância sustentada em dispositivos móveis como telemóveis;
7. *Knowledge management* - uso mais amplo do *E-learning* com recurso a documentos online e dispositivos de multimédia para educar populações e/ou organizações de um único indivíduo (Horton, 2006).

O sistema de gestão de aprendizagem à distância deve, segundo Preece (2001), reunir as seguintes características:

- Pedagogia em primeiro lugar (não exclusivamente tecnologia);
- Ter consciência das cargas e padrões de trabalho no LMS;
- Balancear riscos e segurança de utilização do sistema;
- Estar ciente e equilibrar as obrigações e recompensas para utilizadores;
- Tratar a ética como prioridade em todas as ações;
- Modelar e fomentar as boas práticas académicas centradas nos alunos;

- Esclarecer as expectativas de estudo e acompanhar o cumprimento de metas;
- Favorecer a gestão de conteúdos em integração com padrões de qualidade;
- Estabelecer padrões e garantir a segurança online e quanto às normas de uso;
- Manter e garantir a existência de espaços disponíveis para as necessidades do estudante;
- Desenvolver e fazer uso dos protocolos a organização dos conteúdos;
- Seguir as normas relativamente à interoperabilidade e integração com outros sistemas;
- Ser analítico e crítico assim como possibilitar a autoria de dados e oferecer hipóteses de integração;
- Oferecer avaliações/testes assim como obter certificação e dispor aprovação de tutores ou responsáveis;
- Disponibilizar catálogos de cursos e incluir espaços de colaboração e ferramentas.

No que diz respeito às características tecnológicas são requeridas as seguintes características, segundo Watson e Lee Watson, (2007):

- Redistribuir, centralizar e automatizar a administração do sistema;
- Disponibilizar serviços de auto- atendimento e de auto-orientação do utilizador;
- Reunir, organizar e partilhar conteúdos de forma prática no sistema LMS;
- Configurar e oferecer as devidas interações entre os conteúdos online;
- Consolidar iniciativas de formação em carácter “escalável” (gradativo);
- Implementar e dar suporte a padronizações baseadas em normas;
- Personalizar conteúdos e habilitar a reutilização do conhecimento construído.

Entre os LMS mais utilizados destaca-se a Blackboard, Moodle, Docebo, Canvas e Dokeos. Neste género de ensino é necessário garantir, primeiramente, existe respeito pelo utilizador tendo consciência das suas limitações e repercussões advindas da interação com estes sistemas de forma a garantir uma enriquecedora e construtiva experiência.

Relativamente à utilização deste tipo de ensino no contexto universitário, é possível verificar que o mesmo traz inúmeros benefícios, de entre os principais se destaca a aprendizagem focada no aluno, mas ainda podem enumerar-se outros, tais como:

- Flexibilidade no tempo e espaço;
- Aumento da eficiência e qualificações uma vez que, proporciona inúmeras fontes de informação;
- Dissipação de barreiras de comunicação entre os alunos, particularmente se utilizarem os fóruns de discussão, proporcionando uma maior interação assim como, despoleta a troca de ideias e pontos de vista melhorando também a capacidade comunicativa e interpessoal. Isto também inclui o professor e a interação entre aluno-professor assim como o momento de desenvolvimento de trabalhos;
- É mais rentável e sustentável na medida em que não necessita de deslocação dos sujeitos e também porque permite que, um número infundável de alunos frequente o mesmo curso;
- Maior rentabilização dos docentes até no caso de insuficiência de técnicos específicos em determinados conceitos/áreas de ensino;
- Desaceleração do ritmo associado à vivência no quotidiano e aumento da satisfação por parte dos alunos uma vez que, podem estudar ao seu ritmo, especialmente no formato assíncrono, fazendo com que os mesmos não desmotivem nem desistam com tanta facilidade (Arkorful, 2014).

De acordo com Algahtani (2011), se devidamente aplicado, o *E-learning* traz mais benefícios e um maior impacto na aprendizagem comparativamente ao ensino tradicional sendo que, possibilita que os objetivos de aprendizagem sejam alcançáveis com maior facilidade, com menor tempo e esforço. A ligação vídeo permite estabelecer uma maior conexão com os alunos e fornecer-lhes feedback instantâneo, contudo, para a adoção deste tipo de ensino é necessário que os professores integrem a capacidade de interagir e incluir as diferentes TIC (Zhang et al., 2006).

No que toca a desvantagens relativas a este formato de ensino, Arkorful (2014), destaca a falta de interação e contacto com outros; o ensino simplificado e intuitivo quando comparado com a metodologia tradicional; a falta de desenvolvimento de capacidades de comunicação isto porque, devido ao formato, os alunos podem adquirir conhecimento teórico, mas não ter capacidade para o transmitir; a avaliação tem maior probabilidade de ser ilegítima isto porque, há a possibilidade de o aluno ser induzido em erro ou cometer plágio devido a uma maior facilidade de copiar e ter acesso às respostas dos colegas. De acordo com o mesmo autor (Arkorful, 2014), o *E-learning* pode deteriorar a socialização e o papel das instituições, assim como, é necessário ressaltar que os campos puramente científicos que envolvem a prática real de determinados conteúdos e habilidades práticas ficam mais comprometidos, e para além

disto, o uso intensivo de determinados *websites*, alguns com custo associados, trazendo uma despesa adicional e imprevista que resulta em gastos monetários e temporais. Dowling (2003) citado por Arkorful (2014), atesta que este tipo de ensino apenas favorece formas de avaliação coletiva. Miller et al., (2000), acreditam que se trate de um meio de apoio para os métodos de aprendizagem já existentes condenando a falta de contacto humano/presencial.

Esta pedagogia, como todas, inclui vantagens e desvantagens, contudo, diante de todos os fatores é possível concluir que efetivamente, possibilita o desenvolvimento de um conjunto de aspetos que contribui para a sustentação do ensino, melhorando *standards* académicos, mas requer, sempre, uma boa abordagem, implementação e inclusão dos diferentes sujeitos envolvidos (El-Sabagh, 2021).

3.2.2 Blended learning (B-Learning)

Blended learning ou *B-learning* é um tipo de ensino que envolve mais do que duas tipologias de práticas, que se podem alternar entre si, com o objetivo de garantir um processo de ensino-aprendizagem mais eficiente, tendo sido apelidado de ensino “misto”. Este é considerado uma forma de educação vocacional, isto porque, esta metodologia de ensino envolve uma forma de aprender através do fazer (“hands-on”), mais concretamente, aprendizagem prática (Oliver & Trigwell, 2005).

A aprendizagem de acordo com o *B-learning* é, portanto, a combinação da metodologia de *E-learning* e/ou aulas presenciais incluindo um conjunto de ferramentas tecnológicas e metodologias (Hrastinski, 2019a).

Driscoll (2002) acrescenta que este tipo de aprendizagem pode incluir contextos de ensino e pessoas exteriores ao corpo docente e que, não são necessariamente os pertencentes à sala de aula, como é o caso da família e outros, mas que contribuem indiretamente no processo de aprendizagem, ilustrando o potencial da diversidade que pode estar incluída neste modelo de ensino-aprendizagem.

As metodologias de ensino do séc. XXI são um pouco a mistura entre modelos tradicionais e novos de ensino atuais ou recentes, combinando-se as realidades de EaD com o conceito de ensino *online* (Gallou & Abrahams, 2018).

A aplicação do *Blended Learning* nas universidades geralmente consiste na inclusão de aulas de forma síncrona e assíncrona.

Uma vez que não seria suficiente o ensino online para uma tipologia de ensino mais prático, é necessário conseguir adquirir o conhecimento prático em alguns casos, segundo o ensino presencial, especialmente

em determinados momentos, mas mais ainda em conteúdos particulares, que carecem de aprendizagem estritamente prática. Esta pedagogia é sustentada pela combinação efetiva de modelos, métodos e tecnologias de aprendizagem, entre as diferentes partes envolvidas no processo educativo (Hrastinski, 2019b). O ensino cada vez mais é desenhado e pensado para a realidade de trabalho (Arifin et al., 2020), na esperança de que os alunos sejam bem-sucedidos e ágeis no mesmo. Isso só é possível através de uma aprendizagem efetiva e prática para além de teórica que atualmente e depois da crise pandémica, é possível obter ainda que, online e à distância. (Wrenn & Wrenn, 2009).

Pardede (2012), afirma que, as metodologias de ensino que incluem a EaD e o ensino presencial envolvem seis elementos: contacto presencial, aprendizagem independente, aplicação, tutoria, colaboração e avaliação. Neste caso, a antecipação do que está para vir tem de ser planeada porque, o *Blended Learning* requer uma aprendizagem consolidada através do resumo dos conhecimentos teóricos e a sua passagem para o modo prático de forma a proporcionar uma real educação vocacional (Widarto et al., 2020).

No que diz respeito à prática e à sua aplicação, o modelo mais comum de *B-learning* inclui o modo assíncrono que, envolve geralmente vídeos de palestras/aulas gravadas que estão disponíveis para uso flexível assim como, inclui também um sistema de gestão de aprendizagem. Geralmente de seguida, existe um momento de avaliação e então, seguem-se aulas presenciais que durante a época de Covid-19 e em caso de cursos à distância, são realizadas através de ferramentas de vídeo com recurso a internet como é o caso do *Microsoft teams* que leva a aprendizagem e avaliação a um patamar superior. No decorrer desta aplicação de metodologia de ensino, o tutor media apenas o processo educativo. Uma vez que os alunos sintetizam os conteúdos dos vídeos, resolvem problemas e posteriormente, tiram dúvidas. Os cursos multidisciplinares podem ser desenhados neste formato como é o caso do PBL onde os alunos desenvolvem produtos com base neste estilo de ensino-aprendizagem sendo que, com o Covid-19, os modelos físicos passaram essencialmente a modelos virtuais (Amashi et al., 2022).

É necessário que o Ensino para Engenharia seja modernizado e que, envolva projetos que permitam aos alunos aplicar conhecimento, competências e qualidades pessoais, mas que também desenvolvam noções relacionadas com a responsabilidade pessoal especialmente pelos resultados obtidos. Torna-se determinante, portanto, que sejam capazes de desenvolver novos produtos e que desenvolvam pesquisa criativa de acordo com o plano educativo, que sejam capazes de tomar decisões e que estabeleçam uma abordagem multidisciplinar entre as diferentes áreas que compreendem o currículo (Fernandes et al., 2010, pág.61).

O objeto final resultante desta aprendizagem combinada, que se debruça na resolução de problemas a nível educacional e profissional, é fruto da aplicação do *Blended Learning* neste domínio que proporciona a aquisição de competências para o contexto laboral, como a eficiência na assistência e capacidades de comunicação assim como, capacidade de seleção das fontes de dados, criatividade, habilidade para repensar informação existente, sintetizar ideias e encontrar soluções (Zydney et al., 2020).

As ferramentas tecnológicas aliadas a este tipo de ensino permitem melhorar a eficácia de formação/prática assim como contribui para desenvolver competências para projetos futuros de novos alunos (Galustyan et al., 2020).

Durante o séc. XIX foi documentada uma má combinação das novas metodologias e técnicas de aprendizagem e lecionação notando-se o mau ou ineficiente emprego das ferramentas digitais tendo sido identificado que este uso inadequado tem repercussões a nível da eficácia de aprendizagem ou suprimir mesmo da aquisição da própria aprendizagem (Grasha & Yangarber-Hicks, 2010; Koehler et al., 2009).

Devido aos receios sentidos na devida materialização destas metodologias de ensino, os professores precisam de fazer um uso devido e enquadrado das ferramentas tecnológicas, mantendo a atenção do aluno em torno do desenvolvimento de conhecimento ao invés de no uso desadequado destas ferramentas (Malwathumullage, 2015). Para alguns autores o problema reside, especialmente a nível do ensino superior, na capacidade de balancear o uso das ferramentas com o uso das abordagens mais tradicionais de lecionar, contudo, outros reconhecem que, as ferramentas tecnológicas são apenas meios para alcançar determinados objetivos de aprendizagem quer para o contexto de aprendizagem quer para o de ensino, para quem aprende e para quem leciona (Miller et al., 2000).

Ainda existe a possibilidade dos que consideram que a tecnologia devia ser uma competência ou estar na base de formação do professor para que o seu conhecimento sobre a mesma fosse mais abrangente. De qualquer das formas é necessário compreender que nenhum dispositivo eletrónico serve para substituir a figura do tutor, mas sim para apoiá-la e sobretudo, ajudar na concretização de objetivos educativos previamente estabelecidos (Koehler et al., 2007, 2013).

3.2.3 Mobile Learning (M-learning)

Mobile learning ou aprendizagem móvel, é um tipo de aprendizagem que inclui múltiplos contextos distintos e inclusivamente, destaca-se pela interação entre conteúdo e ambiente social, fazendo uso de

dispositivos pessoais e inclusivamente destaca-se pela capacidade de capturar o momento, ter acesso, partilhar e utilizar informação de forma instantânea (Crompton, 2013).

Surgiram, portanto, novos e multifacetados contexto de aprendizagem e formas de lecionar que levaram este tipo de aprendizagem a um novo patamar sendo que, esta evolução, é claramente um símbolo da evolução tecnológica quer da sua interação, mas também do envolvimento social neste processo evolutivo (Danish & Hmelo-Silver, 2020). A aprendizagem é geralmente facultada pelo uso de dispositivos móveis, proporcionado pela inclusão de um suporte digital de aprendizagem adaptativa, de cariz investigativa e comunicativa que possibilita a aprendizagem colaborativa e produtiva em qualquer lugar e de forma remota disponibilizando uma panóplia de contextos que o professor pode moldar à aprendizagem (Pachler, 2007). Existem evidências de que esta metodologia é benéfica com base em opiniões recolhidas junto de alunos e professores (Rhonda & Knezek, 2018).

Contudo, o *M-learning* levanta preocupações no que concerne à influência dos dispositivos móveis face à motivação e *performance*. De acordo com Hwang e Chang (2020), os alunos têm de ser vigiados pois, podem começar a surgir problemas de aplicação desta metodologia no contexto real isto, isto porque, aprender teoria neste formato pode desmotivá-los, assim como, devido a esta má adaptação juntamente com a falta de acompanhamento, pode surgir dificuldade na criação e desenvolvimento da uma rede ou mapa conceitual. Neste âmbito é notado também que as distrações e interrupções são fatores que interrompem a realização de tarefas por parte dos alunos, fatores que são mais propensos de acontecer aquando da utilização da metodologia de *M-learning* (Draxler et al., 2019).

Outra questão que também é notada neste sentido pejorativo é a conectividade e ainda, a dificuldade técnica para operar ou incluir estes dispositivos no contexto de aprendizagem, desenvolvendo uma descrença nesta metodologia (Vongkulluksn et al., 2018).

Para que esta metodologia seja bem-sucedida é necessário que cumpra os seguintes requisitos:

- Colaboração durante o processo de aprendizagem;
- Aprendizagem omnipresente no espaço e tempo;
- Design e configurações dos dispositivos ou softwares praticas;
- Eficiência e devido uso por parte dos professores;

Contudo, além de muitas vezes ser negligenciada, esta metodologia de ensino é muito utilizada pela facilidade como se integra no quotidiano das diferentes figuras envolventes no processo de ensino-aprendizagem (Camilleri & Camilleri, 2019), isto porque, quer professores quer alunos interagem com o

telemóvel regularmente, tendo sido verificado que, por exemplo, o WhatsApp e outras ferramentas de comunicação, facilitaram imenso o processo educativo e cooperativo na aprendizagem (So, 2016).

Para além disto, o maior benefício notado nesta metodologia de ensino, é de facto a sua capacidade de cobrir uma enorme distância e para além disso a sua capacidade motivacional nos alunos porque os mesmos tendem a gostar mais deste formato e das suas abordagens, como é o caso do uso da gamificação e também da visualização de vídeos/apresentações interativas nestes contextos, ajudando significativamente na construção desta visão positivista e promissora (Thomes, 2023).

A aceitação do uso deste tipo de dispositivos e desta metodologia é questionável e as opiniões sobre as suas utilizações ainda são muito divididas. Independentemente disto, é fulcral intender que com esta prática o acesso é mais imediato, flexível e dinâmico permitindo ainda assim, uma abordagem centrada no aluno e sobretudo, um ambiente de aprendizagem favorável ao seu desenvolvimento (Pachler, 2007).

3.3 Tecnologias Educativas no processo de ensino-aprendizagem

As TIC e outras ferramentas fazem parte do contexto educativo desde o séc. XX, tendo sido materializadas para o ensino desde então, com ferramentas como a televisão, as videoconferências, o rádio e afins. Nos anos 70, houve a introdução dos computadores nas escolas que arrastou um conjunto de ferramentas que vieram dar início a uma transformação imparável com impacto na construção do pensamento das pessoas (Papert, 1980). De entre as mudanças notadas destacam-se: aumento da comunicação entre partes; aumento da motivação do aluno; aumento e expansão dos recursos pedagógicos disponíveis; aumento da capacidade de pesquisa dos alunos; maior e mais profundo conhecimento; maior compreensão dos conceitos e redução da dependência do professor para a aprendizagem (Domingues, 2017).

Na última década, houve um aumento significativo da utilização de dispositivos móveis (e.g. *smartphones* e *tablets*), *wireless communication networks* (Wi-fi) ou *sensing technologies* (tecnologias de deteção como por exemplo, RFID, GPS e códigos QR) que contribuíram para os requisitos básicos de desenvolvimento de ambientes de aprendizagem inteligentes (Fauville et al., 2014).

A tecnologia torna-se essencial à necessidade atual de mudança e melhoria para que, oportunamente se acompanhe o desenvolvimento global através da adaptação da comunidade educativa. Assim, as instituições educativas devem responder às tendências e necessidade do quotidiano sendo uma delas a

aprendizagem espontânea no lugar e no tempo. A aquisição e uso de plataformas e ferramentas digitais tornam-se, assim, essenciais, por parte do professor e aluno, de forma a estes estimulem e incluam a aprendizagem colaborativa, não só necessariamente no espaço físico da sala de aula, mas também à distância. Estas ferramentas tornam-se instrumentos de avaliação que permitem ter conhecimento também do desempenho do aluno. Com a mudança do papel do professor que agora torna-se mais um tutor ou mentor, é imprescindível o entrosamento das tecnologias com a monitorização dos alunos (Alves et al., 2007).

As tecnologias educativas abarcam tecnologias que são efetivamente designadas para a natureza educativa, mas também aquelas que possam a se enquadrar neste contexto. O objetivo destas tecnologias é desenvolver e melhorar as experiências de aprendizagem, ensino e avaliação (Mackenzie; Knipe, 2017).

Contudo, segundo Lavrentieva et al. (2019), existe uma divisão lógica do uso destas tecnologias, quer no âmbito do ensino quer na aprendizagem individual e estudo, como podemos observar na Figura 1.

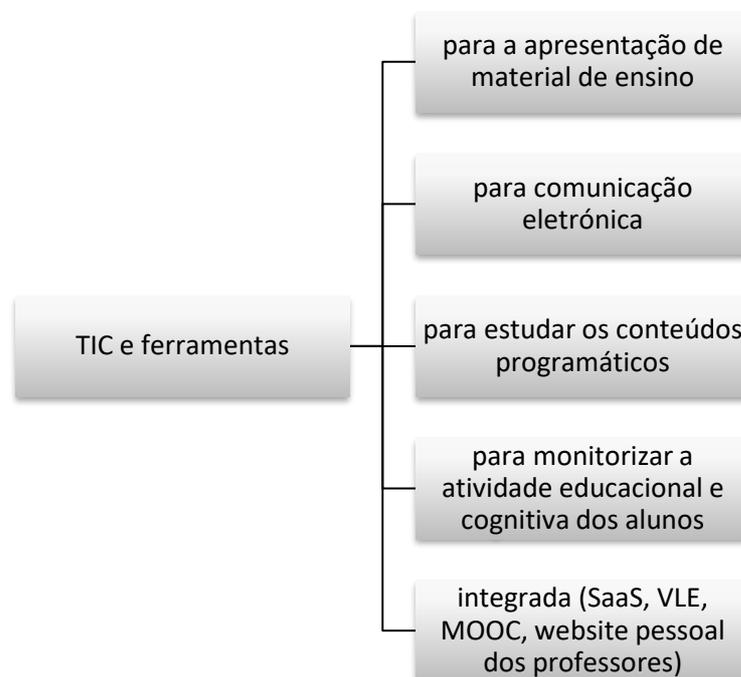


Figura 1: Uso das ferramentas TIC nos diferentes contextos de ensino e de aprendizagem (adaptado de Lavrentieva et al., 2019a).

Isto quer dizer que as ferramentas podem ser divididas em:

- **TIC e ferramentas de ensino:** Ferramentas de *software* e *hardware* que permitem criar ou apresentar conteúdos programáticos para cenários de ensino mais simples como apresentações

em aula, tornando estes momentos de aula mais interativos e permitindo um uso destas ferramentas e acesso a estes conteúdos de forma mais flexível e autónoma. Neste contexto, foram desenvolvidos também editores de texto e pacotes de ferramentas eletrónicas de edição, construção textual e numérica, que foram naturalmente incluídos nos computadores, e nomeadamente, auxiliam e tornam as apresentações mais dinâmicas. O mais popular é o PowerPoint, mas existem ferramentas como Algodoo, Sparkol VideoScribe, e PowToon que possibilitam apresentações em formato de desenho manual e ainda *cloud services*. Outra característica destas ferramentas é a possibilidade de elaborar conteúdos em tempo real por múltiplos utilizadores, promovendo o trabalho em equipa, como é o caso de GoAnimate, Prezi, Google Slides, Zoho Show, Haiku Deck e Visme. Os livros continuam a desempenhar um papel importante no contexto de ensino, salientando-se no quotidiano o uso de *e-books*, pelas suas configurações muito dinâmicas e suporte digital. Geralmente estão disponíveis em formatos HTML, CHM e PDF que suportam, inclusivamente, fala, animação, vídeo e simulação (e.g., SunRav BookOffice, E-Books Writer LITE, Help & Manual, Sophie, ExeBook, Maestro STANDARD, HTML Book Maker e Document X) e outro tipo de funcionalidades mais complexos, como é o caso do Adobe Captivate, que inclui atividades práticas, demonstrações e até cursos. No que diz respeito a ferramentas de ensino, também existem as plataformas de partilha de conteúdos, onde os professores conseguem descarregar os materiais, como é o caso da Dropbox, Google Drive, 4shared, Amazon S3, CloudMe e até mesmo bibliotecas online como é o caso da Usenet, Citrix e os repositórios de universidades, onde se encontra diferentes materiais desde dissertações a teses de doutoramento bem como, artigos publicados por membros da universidade (Minho, 2023). Os conteúdos pedagógicos, podem, ainda, ser selecionados de outras fontes da internet, como rádio, Internet-TV, coleções de vídeos ou de programas educativos. Existem outras formas que permitem ajudar a desenvolver e gerir o processo de ensino-aprendizagem e, que possibilitam inclusivamente uma disposição de conteúdo mais apelativa, como é o caso de canais temáticos do YouTube, apresentações do *Technology Entertainment Design* (TED), plataformas de vídeos curtos como a Khan Academy, bases de dados (e.g., Wolfram Alpha), redes sociais de apoio educativo (e.g., Podio, Yammer, Chatter, SocialCast, Bitrix24) e ferramentas de fácil utilização para criação de *websites* como WordPress, uCoz, Strikingly e Im Creator.

- **TIC e ferramentas eletrónicas de comunicação:** Estas ferramentas servem essencialmente para estabelecer contacto, planear e fazer reuniões ou para monitorização. São

exemplo das mesmas o Skype, Viber, WhatsApp, Google Talk, Facebook Messenger e iMessages (para além do e-mail e da chamada telefónica comuns). Existem ainda ferramentas para potenciar a organizar a comunicação sobre temas em específico como o BigBlueButton, V-Class, GoTo Meeting, iMind, WebEx e que podem ser úteis para apoiar conferências online. O Padlet é um quadro virtual também utilizado para a organização das atividades e estudo individual dos alunos. As redes sociais como o Facebook, Twitter, Instagram, podem também constituir ferramentas de comunicação (Mintii et al., 2020).

- **TIC e ferramentas para estudos dos conteúdos programáticos:** As TIC são das ferramentas preferidas no estudo autónomo dos alunos, uma vez que, a capacidade dos *hardwares* e *softwares* assim como a sua junção com ferramentas RA/RV conseguem efetivamente, nos diferentes níveis de aprendizagem, conferir a apreensão de competências como é o caso da utilização de laboratórios digitais (Antonelli et al., 2023). Estes laboratórios permitem verificar a resolução das diferentes tarefas, criar modelos de dispositivos/produtos, testar e verificar modelos, explorar diferentes ambientes, fenómenos e processos, diagnosticar e analisar resultados através de determinados softwares e ainda podem incorporar calculadoras eletrónicas, gráficos, tabelas de resumo, diagramas, modelos e afins. Neste contexto, podem também incluir-se as ferramentas de simulação. Exemplos de ferramentas para a criação de pesquisas virtual e laboratórios educativos são: *Software Tools for Academics and Researchers* (STAR), Virtual Lab, Algodoo, PhET e Wolfram Demonstrations Project. O MATLAB é uma plataforma de simulação numérica que pode ser usada para realizar análises estatísticas, fazendo referência estas estatísticas ao campo de estudo que inclui a recolha e análise de dados para obter conclusões de forma a tomar decisões informadas. Este género de ferramentas eletrónicas são determinantes para os campos da engenharia, design e tecnologia isto porque, permitem uma maior assimilação e aplicação de modelos automáticos de conceber e estruturar soluções e ações, não só no estudo, mas no contexto de sala de aula (Rosas & Fernández, 2022). O *Computer-aided design* (CAD) é uma ferramenta muito utilizada por potenciar o estudo de ideias e visualização de conceitos através da sua disposição de elementos realista, que permite perceber também o comportamento dos produtos no contexto do quotidiano. As ferramentas CAD mais comuns são: AutoCAD, NanoCAD, Compass 3D, FreeCAD, T-FLEX CAD, SolidWorks, Simulinkm, Maya, 3ds Max, Corel Draw, CorelCAD, University MD e Motion Bundle. Contudo, no contexto de projetos baseados em metodologia ativa, é necessário que seja estabelecido um sistema de gestão de projeto/aprendizagem. No âmbito das ferramentas de

estudo, destacam-se ferramentas para a organização temporal do aluno como é o caso do Microsoft Project, Casual, Bullet Journal, Evernote, Trello e SCIM.ru. A implementação de projetos para o ensino e metodologias que incluem a aprendizagem ativa devem basear-se em ferramentas desta tipologia, conduzem à interação entre alunos e entre grupos, que operam sistemas que potencializam o desenvolvimento de pesquisa autónoma tornando os alunos muitas vezes colaboradores, *bloggers* e escritores para o âmbito do trabalho que lhes é pedido sendo que neste sentido desenvolvem também autoestima, amplia horizontes, e capacidades de comunicação (Middleton, 2015).

- **TIC e ferramentas de monitorização da atividade educacional e cognitiva dos estudantes:** Estas ferramentas permitem saber o conhecimento que os alunos têm sobre eles mesmos assim como serve para entender de forma objetiva, imparcial e rápida a capacidade de assimilação da aprendizagem, portanto, constituem formas interativas de dispor e até avaliar/monitorizar o conteúdo a que o aluno teve acesso de forma a conseguir, quantitativamente, qualificar a sua aprendizagem. Enquadram-se também aqui os programas de estudo que servem para corrigir os erros dos alunos através da inclusão de um formulário em que assinala as respostas incorretas. MyTest, MiniTest-SL, ExeTest-SL, OpenTEST, Quick Exam, FreeXTest, Assistant, Test Designer são alguns dos exemplos. Existem também neste contexto *quizzes*¹ ou *cloud-based services* com base em gamificação como é o caso do Kahoot e Quizizz que são muito utilizados nos dispositivos móveis (Lavrentieva et al., 2019b).
- **Integração das TIC com as ferramentas:** Estas ferramentas estão associadas a sistemas de gestão educativa, isto é, *softwares* como servidores que permitem gerir e verificar o estudo, aprendizagem e atividades. Microsoft Office 365 Education, Google Apps for Education, Google Drive, Google Docs, Google Group, Google Calendar, Google Forms e Google Sites são ferramentas que se enquadram neste contexto e também no âmbito do *Learning Content Management Systems* (LCMS)² ou Sistemas de gestão dos conteúdos de aprendizagem e *Learning Management Systems* (LMS)³ ou Sistemas de gestão de aprendizagem.

¹ *Quizze* ou questionário são jogos que podem ser jogados individualmente ou em equipa que servem geralmente para conferir conhecimento acerca de um ou mais assuntos.

² *Learning Content Management System* (LCMS) ou Sistema de gestão de conteúdo de aprendizagem é um sistema que permite ter acesso a diferentes materiais em diferentes formatos disponibilizados pelos professores

³ *Learning Management System* (SLM) ou Sistema de gestão de aprendizagem é um sistema aplicado à educação à distância.

A aprendizagem e atividades realizadas exclusivamente através de dispositivos móveis pode ser perigosa no sentido em que, devido à extrema flexibilidade, os alunos podem estar em locomoção durante o período de aprendizagem podendo sofrer algum tipo de acidente (Wu et al., 2013). Contudo, ferramentas que incluem *augmented reality* (AR)⁴ ou *virtual reality* (VR)⁵ e *computer vision*⁶ e as ferramentas de reconhecimento por voz permitem um contacto mais fluido entre universos (real/virtual) tornando a aprendizagem ainda mais inteligente e dinâmica o que, de acordo com os investigadores, pode conferir um grande potencial para a aprendizagem e para suporte de ambientes de aprendizagem mais completos (Hartley & Zisserman, 2004; Kamarainen et al., 2013).

Durante a pandemia do Covid-19 houve algumas ferramentas que se destacaram pelas suas estruturas que incluem um conjunto de ferramentas, incluindo estas, a possibilidade de ser utilizadas para diferentes finalidades assim como, outras foram instrumentalizadas para diversas finalidades. É o caso do Google Cloud ou a utilização de, por exemplo, o *google forms* para questionários. Neste sentido, houve, para as diferentes finalidades, ferramentas educativas que se destacaram como é o caso do Moodle (avaliação e gestão do processo educativo), Google Classroom, WhatsApp e a o Edmodo (Mishra et al., 2020). O WhatsApp teve uma função preponderante nesta altura por ser a ferramenta de contexto mais social que inclui um funcionamento fácil para o utilizador sendo que, para além da comunicação informal foi também utilizado para a monitorização do momento de avaliação (Torro et al., 2021). Contudo, no âmbito de aula ou *E-learning*, em contexto universitário, não foi a mais utilizada. O Moodle foi uma ferramenta que obteve opiniões dispares, apontando-se-lhe a dificuldade em estabelecer comunicação online, contudo, segundo Molchanova et al. (2020), juntamente com o Youtube tornam-se bastante úteis isto porque, os vídeos ajudam os alunos a melhorar as capacidades cognitivas assim como as suas destrezas para além de obterem conhecimento dos mesmos. O Zoom foi também das plataformas mais utilizadas sendo que, segundo alguns investigadores, foi preferida ao Moodle e à Blackboard devido à facilidade de uso, tendo sido muito utilizada e valorizada no contexto online (Alkhowailed et al., 2020; Molchanova et al., 2020). Alguns sugerem que os professores preferem o Google Classroom por acharem esta plataforma mais simples, todavia, na realidade, esta é mais uma preferência dos alunos e não propriamente dos professores (Octaberlina & Muslimin, 2020).

⁴ *Augmented Reality* (AR) ou realidade aumentada é a sinergia entre o mundo real e virtual, isto é, cria uma realidade que é aprimorada e aumentada

⁵ *Virtual Reality* (VR) ou realidade virtual é uma tecnologia que cria um ambiente ou experiência simulada, imersiva e interativa através de imagens, sons gerados por computador e, às vezes, outros estímulos sensoriais, como *feedback* tátil (sensações de toque).

⁶ *Computer vision* ou visão computacional refere-se à tecnologia de aquisição e análise de imagens que posteriormente analisa e compreende o conteúdo inerente à imagem, como informações dos tipos numéricos e simbólicos, ou até objetos nas imagens.

As tecnologias educativas permitem aos alunos e corpo docente terem acesso a ferramentas que ajudam e colmatam necessidades específicas assim como uma maior acessibilidade a uma panóplia de recursos. As mesmas podem economizar tempo, energia e até automatizar operações comuns do dia-a-dia como monitorizar e rastrear o processo de aprendizagem. Usadas devidamente, podem mesmo ajudar os alunos a desenvolver autodisciplina e um conjunto infindável de competências. A sala de aula digital pode ser a resposta a um ensino mais eficiente e sobretudo, personalizado, que permite um maior crescimento do indivíduo tornando-o um profissional mais competente e completo (Haleem et al., 2022).

3.4 Principais plataformas existentes na área de Saúde e Segurança no Trabalho

As plataformas de Saúde e Segurança no Trabalho, são na sua maioria, desenvolvidas por entidades reguladoras das atividades de SST em variados países. Geralmente são portais de informação que incluem um vasto número de recursos que podem ser materializados para o contexto de ensino em Engenharia Humana.

O Health and Safety Executive (HSE) é um órgão regulador responsável pela saúde e segurança no trabalho no Reino Unido. O site desta entidade oferece diversos recursos e informação orientadora para as melhores práticas, leis e regulamentação, relatórios de pesquisas, estatísticas e ferramentas de gestão de segurança e avaliação de riscos e inclusivamente, fornece notícias e ajuda na comunicação de incidentes. No que diz respeito a recursos interativos mais concretamente, o site não inclui nada propriamente dinâmico, contudo, é um dos maiores contribuintes no âmbito da recolha de documentos PDF e guias de avaliação quer a nível de ergonomia, quer de segurança e higiene e inclusivamente disponibiliza *checklist* para quase todos os assuntos no âmbito da SST (HSE: Information about Health and Safety at Work, 2023).

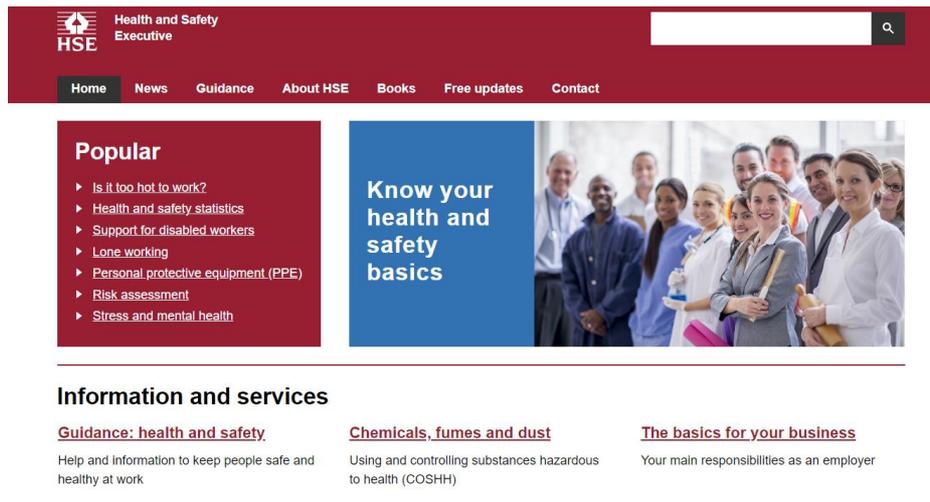


Figura 2: Plataforma HSE.

O website *Canadian Center for Occupational Health and Safety* (CCOHS) foi desenvolvido pelo Canadá para promover e suportar o bem-estar no trabalho fornecendo recursos, informação e formação aos trabalhadores. O *website* inclui temáticas como legislação, perigos (químicos, ergonómicos, saúde, físicos, psicossociais, segurança e do ambiente/gestão de trabalho), tipologia de trabalhador (trabalhadores novos, trabalhadores idosos e trabalhadores recém-incluídos em determinado ambiente laboral), saúde e bem-estar (prejuízo, saúde mental, promoção, desenvolvimento de programas, stress, violência, *bullying* e balanço entre vida pessoal e trabalho) e programas (gestão de SST) assim como inclui avaliações de risco e documentos de standardização e por fim, ferramentas práticas associadas a estas temáticas e materiais educativos. A plataforma proporciona cursos de E-learning, webinars, workshops e outros materiais de treinamento para ajudar indivíduos e organizações a desenvolver as habilidades e competências necessárias. A organização referente aos perigos foi considerada no âmbito da plataforma de recursos (*E-platform*) do site da OSHDigit (Canadian Center for Occupational Health and Safety, 2023).



Figura 3: Plataforma CCOHS.

*O The Center for Construction Research and Training (CPWR) é a plataforma online desenvolvida pelo centro de pesquisa e formação da área da construção dos Estados Unidos. É uma organização não lucrativa dedicada à adoção de bons princípios de SST na área supracitada. Inclui programas, webinars e materiais educativos e disponibiliza uma ferramenta intitulada de *toolbox talks* que consiste em reuniões de segurança e discussões orientadas em diversos assuntos relacionados com a construção. Esta ferramenta pode ser também materializada para outras realidades laborais, para explicar como lidar, como por exemplo, com perigos específicos, promovendo boas práticas de segurança e a outros níveis como a nível da saúde mental, mas, tendo como princípio sempre, a finalidade de promover e desenvolver cultura da segurança (CPWR | A World Leader in Construction Safety and Health Research and Training, 2023).*



Figura 4: Plataforma CPWR.

A International Labour Organization (ILO) é uma agência especializada dos Estados Unidos dedica a promover a justiça social e direito do trabalhista e que, inclusivamente, despoleta uma basta pesquisa

em SST e nomeadamente, produz estudos estatísticos. A nível de materiais que podem ser incluídos no contexto educativo a mesma inclui recursos de vídeo, podcasts, galerias de fotos e também artigos/publicações(Cabrera-Ormaza, 2018).



Figura 5: Plataforma ILO.

A *International Ergonomics School* (EPM) é uma página italiana desenvolvida com o objetivo de difundir o conhecimento mais avançado em ergonomia da postura e do movimento para prevenção e gestão de riscos relacionados com a sobrecarga biomecânica. Inclui um vasto conjunto de ficheiros Excel dos diferentes tipos de métodos de avaliação ergonómica e inclusivamente ferramentas próprias como é o caso do “MAPO method” e ainda, um Software em Excel que permite obter a avaliação de risco de sobrecarga biomecânica (EPM International Ergonomics School, 2023).



Figura 6: Plataforma EPM.

A European Agency for Safety and Health at work (EU-OSHA) é uma das páginas mais conhecidas no âmbito de SST que desenvolve e disponibiliza vários recursos e nomeadamente, alicerçou o desenvolvimento da categoria de risco “Risco Emergentes”. OSHwiki, Risk assessment tool (OiRA), Data visualization, Napo, Practical tools and guidance, OSH e-guides, Campaign toolkit, Infographics, Seminar reports, Multilingualism e Glossaries são as ferramentas disponibilizadas pela página, disponibilizando também artigos sobre ferramentas digitais, como é o caso do artigo sobre aplicações para telemóveis (E-Tools Seminar on MSDs Mobile Phone Apps | Safety and Health at Work EU-OSHA, 2023) e outros (EU-OAao, 2023).



Figura 7: Plataforma EU-OSHA.

A The Institution of Occupational Safety and Health (IOSH) desenvolveu um “Occupational Health Toolkit” que inclui ferramentas no âmbito da saúde ocupacional, ruído, saúde mental, regresso ao trabalho depois

de longos períodos em teletrabalho, riscos biológicos, distúrbios musculoesqueléticos, riscos psicossociais, riscos químicos e vibrações (IOSH, 2023). IOSH Magazine é uma revista online que inclui também um conjunto de artigos que vão sendo escritos consoantes as preocupações do quotidiano referentes às diferentes temáticas incluídas no âmbito de SST sendo que, esta página é organizada pelas áreas de risco e ainda inclui um separador referente à Covid-19. Trata-se de um banco de conhecimento que inclui exclusivamente materiais para formação (apresenta uma parte sobre definição e explicação de conceitos básicos e essenciais da área e inclui também infográficos, podcasts, livros, relatórios, webinars e vídeos) e uma área de produtos e serviços (IOSH Magazine - Safety, Health and Wellbeing in the World of Work, 2023).

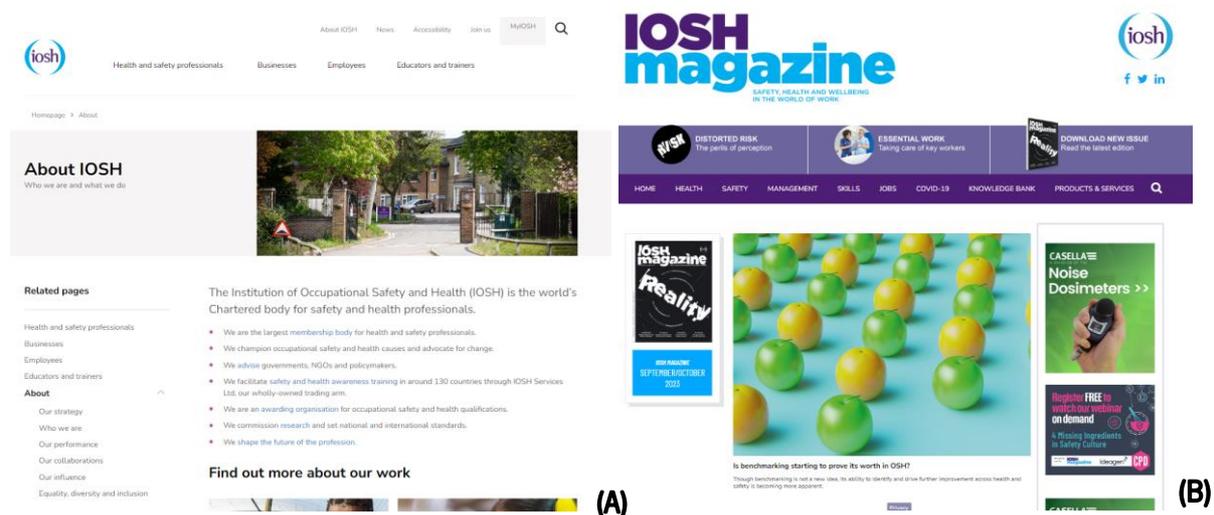


Figura 8: Plataformas IOSH (A) e IOSH magazine (B).

O *Chartered Institute of Personnel and Development* (CIPD) inclui um capítulo intitulado de “knowledge hub” que reúne uma panóplia de recursos divididos por área de utilizada/aplicação: fichas técnicas, (cerca de 100 fichas fornecendo visões gerais e informações sobre os principais tópicos), guias (fornecem recomendações e conselhos sobre como aplicar boas práticas no local de trabalho), relatórios (evidências recolhidas pelo CIPD sobre os temas que afetam o mundo do trabalho), legislação destinada aos empregadores (informações para abordar questões de direito trabalhista no trabalho, desde recrutamento a termos e condições e até maternidade), pesquisa contemporânea na área (visão geral regular da pesquisa atual, percepções inspiradoras e ideias que vão surgindo na atualidade em pequenos textos/posts), podcasts (sobre uma variedade de questões atuais acerca do mercado de trabalho, recursos humanos, legislação e direito), webinars (contêm informações e orientação sobre tópicos e questões preocupantes em diferentes contextos laborais), estudos de caso (organizações e estratégias

para otimizar e apoiar o desenvolvimento laboral), revisões de evidências (resumos práticos e científicos de pesquisas no âmbito do funcionamento da prática de recursos humanos, legislação e direito) e ferramenta tecnológicas (recursos práticos para usar no local de trabalho; CIPD Learning Hub: Courses & Training - CIPD | CIPD, 2023).

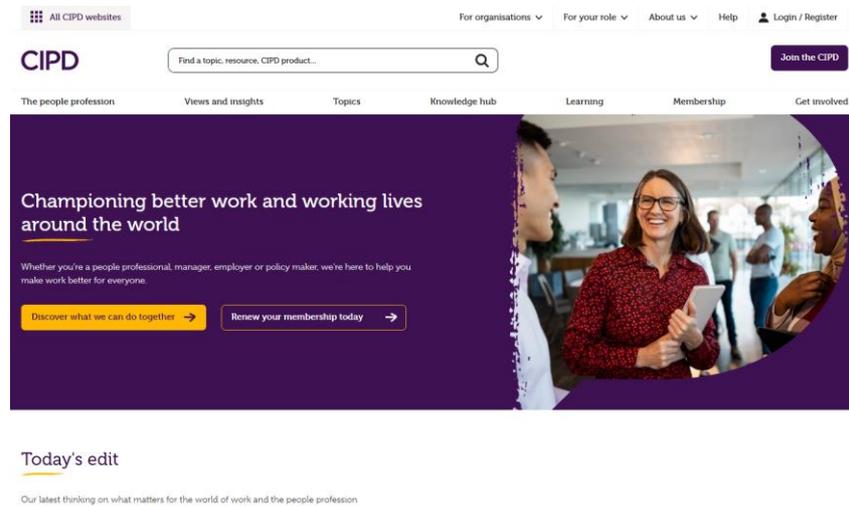


Figura 9: Plataforma CIPD.

A Worksafe (Mahi Haumarua Aotearoa) é outra página que inclui também um conjunto de recursos organizados por funcionalidades desde um glossário no âmbito da indústria, lei e regulamentação, publicações e recursos, notícias, multimédia e uma “toolshed” que inclui estudos de caso, registos e ferramentas para ajudar empresas e trabalhadores na gestão de SST, nomeadamente nos processos de revisão de direitos (WorkSafe, 2023).

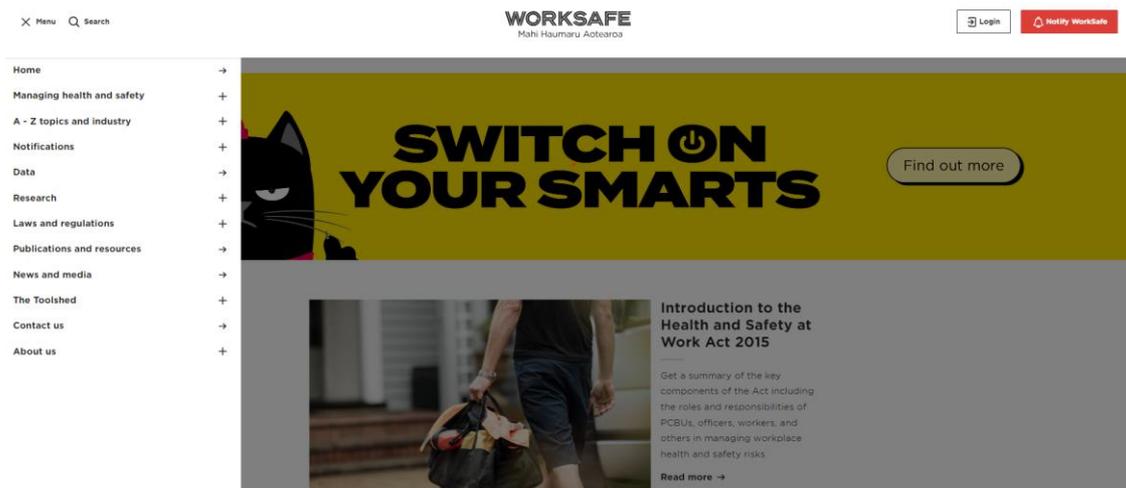


Figura 10: Plataforma WORKSAFE.

Centers for Disease Control and Prevention (CDC; - Centers for Disease Control and Prevention, 2023) inclui um menor número de ferramentas uma vez que, se trata de uma plataforma dedicada mais à área da saúde, destacando-se apenas o guia para a prevenção da perda auditiva. Recentemente surgiu um capítulo referente a lesões, violência e segurança que inclui manuais, artigos e documentos PDF explicativos para a prevenção e sensibilização na área de SST (Franks et al., 1996).

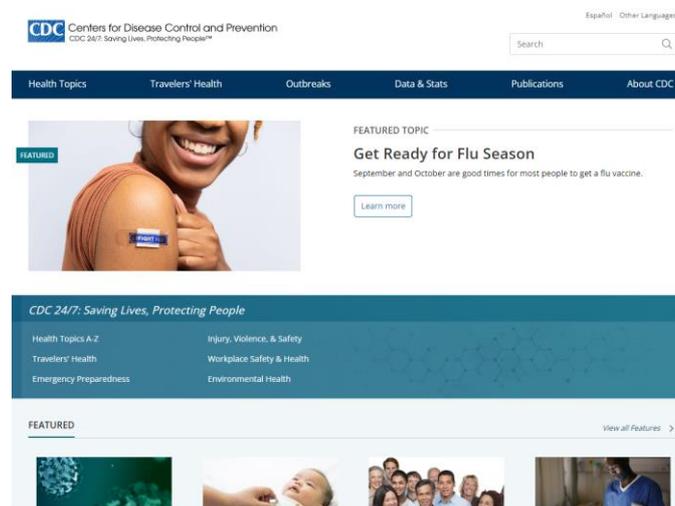


Figura 11: Plataforma CDC.

WorkSafe Saskatchewan é uma organização que disponibiliza uma plataforma online para promover a Saúde e Segurança no Trabalho no Canadá mais concretamente em Saskatchewan. Na realidade representa uma parceria entre o Conselho de Compensação dos Trabalhadores de Saskatchewan (WCB)

e o Ministério de Relações Trabalhistas e Segurança no Trabalho. A sua plataforma disponibiliza recursos em diferentes âmbitos desde jovens trabalhadores e empregadores, destacando-se por ser educativos e de prevenção e ainda, uma parte destinada a recursos interativos e online assim como, recursos de análise de dados estatísticos (WorkSafe Saskatchewan, 2023).



Figura 12: Plataforma WorkSafe.

3.4.1 Cursos à Distância

O CCOHS oferece cursos que incluem diversas ferramentas, nomeadamente simples instrumentos de avaliação, que podem ser aplicados em diferentes perspetivas, mais concretamente para jovens trabalhadores, professores, empregadores e pais (Disorders & Factors, 2015).

A Organização Mundial da Saúde (OMS) também oferece alguns cursos que se enquadram no âmbito da SST como é o caso dos cursos de agentes químicos e biológicos. Os mesmos estão disponíveis no separador “cursos” (World Health Organization, 2016).

A Coursera é uma plataforma de cursos e programas educacionais online que existe desde 2012 com o objetivo de fornecer acesso à sociedade em geral a educação de qualidade. A plataforma engloba uma parceria com múltiplas instituições e inclui recursos nas diferentes áreas científicas, sendo os recursos conhecidos pela sua interatividade e envolvimento do utilizador. Para além disto, o formato do curso é maioritariamente individualizado permitindo o estudante aprender ao seu ritmo. Neste contexto, inclui também possibilidades de obtenção de grau. No âmbito SST foram encontrados 38 cursos (Coursera, 2023).

O Riskman – *Building Competence in Risk Management of Future HSE Professionals*, outro projeto que incluí um conjunto de ferramentas tecnológicas interativas, foi um projeto de 36 meses, focado no desenvolvimento de competências no Ensino Superior. Neste sentido inclui 19 ferramentas em 5 categorias distintas para o ensino no âmbito de SST:

- Estudos de caso: exemplos de estudos de caso de empresas e da vida real em relação à gestão de riscos de HSE (1 – NSC: estudo de caso do projeto Windmill, 2 – casa de família: estudo de caso de incidente, 3 – estudos de caso sobre MSD e ergonomia incorporados ao pacote O2);
- Avaliações de risco: avaliações de risco modelo para riscos ocupacionais / de saúde e cenários de local de trabalho selecionados (4 – Análise de risco de fazer café em pote Moka, 5 – Análise de causa raiz, 6 – Avaliação de segurança química para o ambiente, 7 – Caracterização de risco de HSE em CHESAR);
- Ferramentas de avaliação de risco online: exemplos de uso de *softwares* e plataformas de avaliação de risco online disponíveis gratuitamente para o ensino (8 – OiRA Office, 9 – Ferramentas de avaliação de risco online HSE, 10 – Calculadora de ruído AUVA, 11 – Avaliação de risco para a saúde da exposição por inalação a produtos químicos com Stoffenmanager, 12 – Avaliação de risco associados à exposição a nanomateriais com Stoffenmanager Nano);
- Jogos de segurança: vários jogos sobre tópicos selecionados de SST, usando fotos e planos de situação de locais de trabalho reais/modelos e Jeopardy, dividido em tópicos de SST(13 – Quebra-cabeça químico, 14 – Hazard Hunt® da Graphito Prevention, 15 – Procedimento de laboratório seguro, 16 – WorkSafeBC: O que é errado com essa foto? 17 – Jogo Jeopardy);
- Jogos que usam realidade virtual: exemplo de formações em habilidades práticas de identificação de perigos via jogo com o uso de realidade virtual (18 – ferramenta de formação em identificação de perigos da OSHA, 19 – formação XVR).

As ferramentas estão na forma de guias para o aluno (atribuição de tarefas) e guia para o professor (atividade/plano de aula) na plataforma do projeto (RiskMan, 2023).

O YouTube permitiu também ter acesso a um conjunto alargado de vídeos, isto porque, existe uma vasta oferta de ferramentas de vídeo que são provenientes desta plataforma mesmo quando, associadas a *websites* de SST, que depois disponibilizam estes recursos no YouTube. Inclui materiais sobre as diferentes áreas e temáticas para o âmbito de ensino-aprendizagem de SST, tendo tido um contributo efetivo para as diferentes áreas de conhecimento envolventes (YouTube, 2023).

4. METODOLOGIAS DE INVESTIGAÇÃO E INTERVENÇÃO

A pesquisa científica inclui 3 dimensões básicas, sendo estas (1) a natureza (pura ou aplicada), (2) as finalidades/objetivos (exploratório, descritivo e explicativo) e (3) o método, i.e., o conjunto de atividades pré-estabelecidas com base racional e sistemática que, permite alcançar os objetivos, detetando possíveis falhas e auxiliando decisões do investigador (Alves-Mazzotti & Gewandsznajder, 1998).

A metodologia de investigação assume um lugar de destaque no que concerne ao desenrolar da investigação, uma vez que delimitará, previamente, a forma como a mesma deve ser conduzida. Neste contexto, cada método adotado inclui um conjunto de procedimentos, técnicas e instrumentos de investigação que darão rumo à pesquisa e consequentemente ao trabalho idealizado pelo investigador, levando o mesmo a abordar a sua própria prática de recolha de dados e informações. A natureza da análise dos resultados obtidos pode ser qualitativa e quantitativa (Sá et al., 2021).

4.1 Metodologia de investigação

Relativamente à informação recolhida e analisada, assim como as técnicas e procedimentos utilizados pode dizer-se, primeiramente que, esta pesquisa irá incluir uma combinação de métodos, ou seja, a abordagem irá incluir métodos qualitativos e quantitativos.

Relativamente à abordagem, a mesma que será integrada é a abordagem dedutiva uma vez que serão primeiramente recolhidas as ferramentas digitais criadas mais recentemente assim como a sua relevância face à área de risco a que estão associadas, sendo que, posteriormente, são catalogadas e classificadas (Tashakkori & Teddlie, 1998).

O propósito da pesquisa utilizado foi a exploratória tendo sido posteriormente considerada a estratégia/metodologia de pesquisa (*survey*), com a realização das Revisões Sistemáticas de Literatura incluídas e, inclusivamente, foi realizada ao longo da escrita da dissertação a pesquisa exaustiva para reunir ferramentas disponíveis na internet.

Relativamente ao propósito, o mesmo consegue perceber-se tendo por base o desenvolvimento de um fenómeno, isto é, perceber o que está a acontecer, recolher novas perceções, analisar, perguntar e avaliar determinado fenómeno de um novo ponto de vista ou partida (Stebbins, 2019). A abordagem no ponto de vista da utilização e estabelecimento desta tipologia de propósito pode ser útil para clarificar um problema, especialmente na eventualidade de não se perceber ou não se conseguir desmistificar a natureza desse mesmo problema. Existem três formas de conduzir uma pesquisa desta natureza: através

da literatura, através do contacto por entrevista ou outras vias como recorrer a especialistas no assunto ou criar entrevistas através de um *focus group*, ou até mesmo, tentar de alguma forma incluir materiais que sejam sugeridos por pedagogos associados ao âmbito da área temática que está a ser explorada. Esta pesquisa é comparada a outras atividades de carácter exploratório como viajar, destacando-se características como a flexibilidade e adaptabilidade, podendo aparecer novos aspetos ou conceitos relevantes nesta jornada (Saunders et al., 2007).

Adams e Schvaneveldt (1991) citado por Saunders et al. (2007), afirmam e alertam que além da pesquisa assumir um carácter exploratório, isso não significa que a direcção da mesma tenha ficado esquecida, mas sim que, o foco caracteriza-se numa primeira instância amplo e vai tornando-se progressivamente mais estreito e conciso à medida que a pesquisa progride. Neste contexto pode dizer-se que, efetivamente, numa altura inicial, foram explorados os conceitos-chave (enquadramento teórico) e que, posteriormente, depois de terem sido percebidos os conceitos-chave associados à temática e qual seria a relevância pretendida deste trabalho, foi escolhida a organização que seria mais lógica e coerente para a pesquisa, seleção, categorização/avaliação e partilha de ferramentas que são incluídas, mais concretamente, nos resultados apresentados no capítulo dos Resultados e Discussão. As ferramentas de recolha de dados (análise sistemática de artigo e recolha prolongada no tempo de ferramentas) ajudaram neste sentido, para que fosse possível verificar se a tipologia das ferramentas recolhidas eram as mais indicadas e se existe ainda alguma tipologia de ferramenta que não foi identificada ou explorada.

Relativamente à filosofia de investigação, acredita-se que a realidade é mutável, além de ser fruto da construção sociais e para além disto das suas necessidades e exigência, no quotidiano, estes fenómenos são cada vez mais abruptos. Esta filosofia parece ser a que melhor expressa a realidade do ensino contemporâneo e também no que diz respeito à tecnologia uma vez que o desenvolvimento e transformações tecnológicas são constantes e crescentes no tempo (Teixeira et al., 2014).

Relativamente à metodologia, esta permite-nos recolher um número grande de dados qualitativos, podendo ser utilizados vários métodos que depois permitem uma análise de forma quantitativa, isto é, através da leitura sistemática e da análise dos *websites* (onde foram recolhidas as ferramentas tecnológicas) é possível posteriormente, de acordo com a organização por áreas de risco e tendo em consideração a avaliação/categorização das ferramentas, padronizar, comparar e por fim, quantificar

⁷ *Focus group* ou grupo de foco é um método de pesquisa qualitativo e consiste na realização de uma entrevista a várias pessoas em simultâneo.

dados podendo depois inferir-se também, razões e relações com base na interpretação e interpolação desses dados. Para uma pesquisa mais viável é sugerido que a mesma seja bem organizada e pilotada, através de eficientes instrumentos de recolha de dados assim como através de uma recolha numerosa e uma análise de resultados concisa (Unwin, 2009). Portanto, no âmbito desta investigação em particular foi utilizado inicialmente o método *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA), mais concretamente, revisão sistemática de literatura e de meta análise para as ferramentas que merecem maior destaque na educação contemporânea (PRISMA; - Page et al., 2021). Depois, no capítulo de Discussão e Resultados, foram analisados os resultados obtidos da literatura incluída no PRISMA e posteriormente, foi utilizada a ferramenta de análise quantitativa VosViewer para alicerçar algumas conclusões retiradas sobre a análises desses mesmos artigos (van EckNeess & Waltman, 2019). Na fase final, vai ser exposta a ferramenta-modelo criada (E-platfom do *website* OSHDigit) que permitirá dar conhecimento dos diferentes tipos de materiais recolhidos e as suas respetivas funcionalidades e aplicabilidades. O desenvolvimento da ferramenta-modelo é baseado nas ferramentas de recolha de dados, tendo também sido consideradas ferramentas sugeridas por pedagogos da área de SST e envolvidos no projeto da OSHDigit, mais concretamente, entidades relevantes na comunidade académica e que poderão contribuir para a recolha dos materiais mais atuais. Considerar-se assim, a pesquisa como sendo um modelo-mistura de pesquisa (*mixed-model research*) entre as metodologias qualitativas e quantitativas com base numa abordagem dedutiva, ou seja, uma abordagem que parte de uma generalização para uma questão particularizada.

4.2 Procedimentos de recolha e agrupamento das ferramentas tecnológicas

Nos subcapítulos da Discussão e Resultados (5.1 e 5.2) serão apresentadas, por grupos conceituais, as ferramentas tecnológicas existentes e utilizados em contexto de ensino-aprendizagem ligadas à digitalização da educação no quotidiano, contudo, é necessário entender a organização em que os resultados obtidos através do método PRISMA serão apresentados.

O objetivo é recolher e agrupar ferramentas no âmbito do Ensino Superior de SST, percebendo a sua aplicabilidade no contexto de sala de aula, sem que, na eventualidade de terem sido idealizadas para o contexto laboral, serão apresentadas de acordo com os conteúdos programáticos ou finalidade para que as mesmas foram desenvolvidas assim como implicitamente, as vantagens que trazem para o processo de ensino-aprendizagem ou mercado de trabalho. Para um melhor entendimento sobre a utilização das

A Figura 13 demonstra que, os laboratórios virtuais têm uma forte presença nos anos mais atuais para além de estarem intrinsecamente ligados também à área da química, contudo, os autores evidenciam que este tipo de ferramenta também tem uma relação próxima com outras áreas como a engenharia elétrica, ambiental e de manutenção, áreas subjacentes e com as quais a área de SST desenvolve uma grande dinâmica no contexto laboral e até educativo (e.g., gestão de resíduos e contaminação química e segurança em máquinas). Portanto, considera-se que este tipo de recurso terá peso e importância no contexto de sala de aula atual.

“Adaptação” é uma palavra comumente utilizada não só no contexto das metodologias de ensino-aprendizagem, mas também das ferramentas, reação possivelmente desencadeada e associada à pandemia Covid-19 que, consoante a desenvoltura associada à tipologia de ferramentas desenvolvidas e recolhidas no âmbito dos artigos analisados no âmbito do PRISMA, se refere a Realidade Aumentada e Realidade Virtual (RA/RV), ou até no que diz respeito a uma temática mais recente e ainda em fase de exploração inicial - Inteligência Artificial (IA). Em contrapartida, “blended learning” e “moodle” são conceitos que começam a ser associados a uma faixa de tempo intermédia o que leva a querer que, eventualmente começam a ser repensados assim como, os sistemas de gestão educativos e as metodologias que estão em constante mutação. Mais recentemente destacam-se termos, ferramentas e metodologias de ensino como: “ensino online”, “gamificação” e “adaptação”, “backtracking” e os “laboratórios virtuais”, a “visualização”, associados assim, à configuração do desenvolvimento da aprendizagem ativa.

No decorrer desta investigação destacaram-se algumas TIC de entre as quais: *Virtual environments* (AR/VR) ou *Digital games/ Gamification* mais concretamente, Ambientes Virtuais (RA/RV) e Gamificação; e *Virtual Laboratories/ Simulation*, que diz respeito a Laboratórios virtuais e/ou Simulação.

No que diz respeito a ferramentas de *Web-based Platforms* e a *Online Teaching* estas ferramentas foram coletadas no âmbito do projeto OSHDigit e nomeadamente, despoletaram a criação da plataforma de recursos.

Para recolha de ferramentas no âmbito de Ambientes Virtuais (RA/RV) e Gamificação assim como de Laboratórios Virtuais e Simulação, temáticas que estavam sempre subjacentes ou implícitas e, devido à complexidade destas ferramentas, foi utilizado o método de PRISMA para estes dois contextos. Para tal, para cada uma das pesquisas foi utilizada uma *query* com base em palavras-chave associadas aos conceitos que, posteriormente, foi usada nas bases de dados “Scopus” e “Web of Science” tendo sido, por fim, aplicado o método (PRISMA; - Page et al., 2021). Estas ferramentas foram dissecadas de forma

a perceber quais os conteúdos e o contexto em que podem ser utilizadas para uma melhor seleção das mesmas no âmbito educativo pretendido - Ensino de Engenharia Humana no contexto do Ensino Superior.

4.3 Ferramentas recolhidas segundo o método PRISMA

As ferramentas de aprendizagem permitem que os alunos adquiram conhecimento técnico mais concretamente, competências inerentes a determinados conteúdos programáticos, isto é, capacitar os mesmos para a aplicação dos conteúdos no contexto prático ou até, laboral. Com a pandemia Covid-19, a população em geral viu-se na obrigatoriedade de moldar as suas atividades para ambientes virtuais, tornando o papel das TIC ainda mais preponderante para o âmbito educativo (Petchamé et al., 2021).

Várias medidas foram tomadas para adaptar o ensino ao longo do tempo, especialmente quando o mesmo se tornou particularmente à distância, tendo sido adotadas, nomeadamente, estratégias que incorporam dispositivos como câmaras e recursos interativos, de uso autónomo, constituindo estes recursos educativos abertos e de aprendizagem invertida (*flipped instruction*) incluindo também o uso de vídeos e a aprendizagem em grupo. De acordo com Huang et al. (2020), nos cursos online foram incluídos mais ativamente os sistemas de gestão de aprendizagem que integram meios e plataformas de conversação instantânea e ainda, desenvolveram-se mais webinars e/ou vídeos e sessões online. Este tipo de ensino confere flexibilidade no tempo e no espaço e pode até desencadear melhorias em alguns alunos e tornar o ensino mais individualizado (Arkorful, (2014). Contudo, a EaD apresenta também desafios sentidos como por exemplo, na avaliação, quer agora quer desde a altura em que a tipologia de ensino digital começou a ser adotado (Gaytan & McEwen, 2007). Relata-se a necessidade de melhoria e aquisição de conhecimentos e aceitação das tecnologias necessárias para a dinamização do processo de ensino, na eventualidade da configuração das mesmas não ser de fácil uso para o utilizador (Dumford & Miller, 2018) e, sublinha-se a preocupação com a participação dos alunos em aula (Hrastinski, 2009).

O ensino à distância pode, de facto, ser um desafio porque requer dos professores um conjunto de competências, entre as quais, a capacidade de adaptação (Bailey & Card, 2009), e, portanto, torna-se necessário a formação para a inclusão das TIC no contexto de sala de aula assim como, para a sua utilização em diferentes contextos e atividades para conferirem um carácter didático. Isto resultará implicitamente numa mudança de atitudes por parte dos professores relativamente à integração das TIC na sala de aula (Prestridge, 2017).

De acordo com Antón-Sancho e Sánchez-Calvo (2022), o uso de ferramentas interativas aumentou durante a pandemia na área da engenharia e, curiosamente, também no âmbito avaliativo.

O sistema educativo está em constante mudança e assim obrigada a que, quer professores quer alunos, acompanhem estas mudanças que também se refletem na sociedade em geral. Estas alterações incluem na sua maioria a utilização de TIC tendo estas repercussões no desenvolvimento do aluno como aprendiz, mas também profissional de um futuro ambiente laboral. As TIC conferem uma aprendizagem eficiente e são importantes no processo educativo e de aprendizagem, como já foi verificado no âmbito do Ensino Superior em engenharia por Pathak (2019), que afirma nomeadamente, que influencia também positivamente a *performance* dos alunos. A devida inclusão destas ferramentas afetará o desenvolvimento cognitivo e no contexto taxonómico, conferindo mais competências aos indivíduos, para além de uma mera assimilação teórica como acontece num ensino mais tradicional, permitirá também mais acesso a informação, moldando a sociedade e indústria 4.0 e também, as futuras (Flogie et al., 2018).

Para a aprendizagem online ser consistente devem ser considerados as seguintes boas práticas pedagógicas, de acordo com Chickering e Gamson, (1987):

1. Motivar o contacto entre alunos e professores dentro e fora das aulas;
2. Desenvolver reciprocidade e cooperação entre os alunos;
3. Encorajar a aprendizagem ativa;
4. Fornecer *feedback* apropriado;
5. Enfatizar a importância do tempo nas tarefas;
6. Comunicar expectativas mais altas;
7. Respeitar diferentes talentos e formas de aprendizagem.

Para Bailey e Card (2009) e de acordo com os resultados da sua pesquisa, as características que conferem um ensino online efetivo são: promoção das relações; sentido de compromisso; pontualidade e prontidão; comunicação; organização dos alunos; acesso aos respetivos materiais; tecnologia e variedade de recursos; flexibilidade de adaptabilidade mantendo uma mente aberta; capacidade de adaptação; uso e acesso a ferramentas e por fim, grandes expectativas, isto é, estabelecer objetivos de aprendizagem realistas e que mantenham os alunos motivados.

A figura do professor e o papel que o mesmo desempenha no processo de ensino-aprendizagem deve conferir a configuração atual em que o mesmo é visto como um facilitar/tutor para se focar na colaboração e ajuda dos alunos, guiando o conhecimento e recursos, promovendo motivação, desenvolvendo iniciativa própria e pensamento crítico (Alves et al., 2007).

4.3.1 Ferramentas de Ambientes virtuais (RA/RV) e Gamificação

Os Ambientes Virtuais são, geralmente, espaços 3D que servem para os alunos terem contacto entre si e também para interagirem com contextos mais próximos da realidade laboral e, desde que estas ferramentas começaram a surgir que as mesmas, foram potencializadas para a formação e exercícios de simulação. A mesma permite uma melhor percepção do ambiente em que o participante está envolvido devido à audição, visão, toque e até cheiro proporcionado (Han et al., 2022). No caso do Ensino Superior, acredita-se que esta tecnologia foi introduzida em 1990 com projetos como *Science Space*, *Safety World*, *Global Change*, *Virtual Gorilla Exhibit*, *Atom World* e *Cell Biology* (Merchant et al., 2014).

É importante no contexto de revisão literária distinguir a diferença entre simulação, gamificação e ambientes virtuais com recurso a gamificação ou simulação.

A simulação geralmente está associada a procedimentos utilizando cenários virtuais em que é promovida uma abordagem a um cenário fiel à realidade de determinado meio e/ou objeto. Com este método é possível garantir experiências mais fidedignas à realidade e, em simultâneo, é possível garantir uma formação eficiente. No âmbito da gamificação para o uso na educação, que pode também incluir o uso da simulação, é essencial assegurar que os alunos conseguem aprender autonomamente. Isto é possível através da interatividade conferida pelos jogos educativos (ferramentas baseadas em gamificação) contudo, os mesmos devem garantir, acompanhar e promover o desenvolvimento cognitivo e nomeadamente, devem ser jogos educativamente desafiadoras (Gee, 2004). Este tipo de ensino promove a aprendizagem ativa e motiva os estudantes sendo que, relativamente à situação de gamificação, a mesma deve proporcionar a oportunidade de desenvolver estratégias para tomar decisões, testar hipóteses e resolver problemas, sendo que, o jogo idealmente não deve ser demasiado simples nem demasiado complexo (Dondlinger, 2007). De acordo com Dickey (2005), o ambiente virtual deve incluir pelo menos as ilustrações do espaço (laboral ou outro que ilustre o ambiente que se pretende) em 3D, a possibilidade de construir e/ou interagir com este tipo de ambientes virtuais de aprendizagem e por fim, a possibilidade de contactar com outros alunos que estejam a utilizar esta ferramenta e especialmente, com os colegas de turma.

Relativamente à pesquisa realizada para esta tipologia de recursos, foi utilizada a seguinte *query*, de acordo com as palavras-chave selecionadas da revisão bibliográfica previamente realizada: TITLE-ABS-KEY (("virtual environment" OR "virtual reality") AND ("ar" or "vr") AND ("Safety" OR "Hygiene" OR "Health and Safety")) AND (LIMIT-TO (OA,"all")) AND (LIMIT-TO (PUBYEAR,2023) OR LIMIT-TO (PUBYEAR,2022) OR LIMIT-TO (PUBYEAR,2021)) nas bases de dados supramencionadas sendo que a pesquisa foi realizada a 15 de junho de 2023.

O número total de resultados obtidos nas diferentes fases do método PRISMA (Page et al., 2021), podem ser observados na Figura 14.

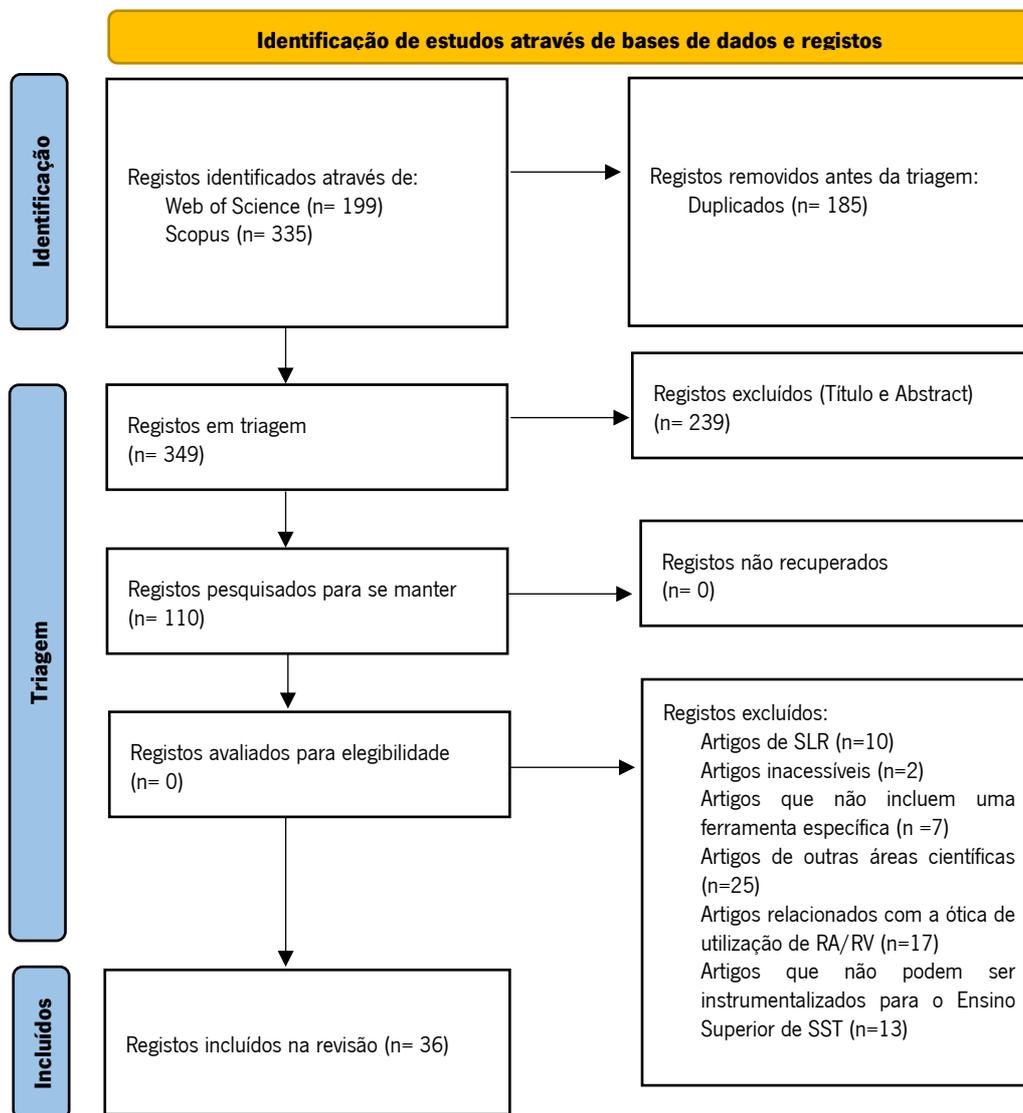


Figura 14: Fluxograma PRISMA dos artigos selecionados para recolha de ferramentas de Ambientes Virtuais (RA/RV).

4.3.2 Laboratórios virtuais e Simulação

Um laboratório virtual é definido pelo seu ambiente remoto, conduzido parcial ou totalmente à distância, através de um computador que inclui simulação e/ou animação local ou remotamente usando internet. O laboratório virtual permite conduzir e gerir um determinado ambiente de experiências. Neste contexto não é incluído qualquer tipo de *hardware* físico, mas ainda assim, possibilita que o utilizador observe o processo e o produto final através de animação, permitindo, muitas vezes, que o mesmo interfira e direcione o processo assim como o produto final através de variáveis controláveis incluídas no *software* (Chan & Fok, 2009).

A alta complexidade e o custo dos equipamentos de laboratório limitavam as universidades assim com os cursos práticos que envolviam a utilização destes espaços. Portanto, surgiram diferentes projetos como forma de colmatar esta necessidade como foi o caso do projeto europeu Lila, iLabs do MIT, VISIR, “RemoteLabore in Deutschland” e outros, com a finalidade de coordenar projetos em laboratórios reais, mas de acesso remoto. Assim, mediante estas configurações, é possível incluir um maior número de alunos (Rassudov & Korunets, 2022). Isto não quer dizer, contudo, que o mesmo tenha de substituir o laboratório físico, podendo apenas ser utilizado como um complemento do mesmo, porém, tem um impacto positivo na aprendizagem dos alunos, isto porque, permite-lhes prepararem-se para exames e até realizar exercícios feitos em aula, proporcionando-lhes uma maior preparação para situações muito idênticas às do mundo-real e do quotidiano laboral, especialmente para situações de insegurança e de um grau de dificuldade acrescido (Hasan et al., 2020).

No campo da educação são inúmeras as vantagens apontadas, nomeadamente, uma maior interação do aluno com as ferramentas de laboratório permitindo mesmo ter um conhecimento mais rápido e prático dos ambientes, sendo também considerados vantajosos devido ao baixo custo associado face a um laboratório físico e por fim, devido à atratividade que este género de recursos confere comparativamente com recursos mais tradicionais, isto é, na ótica do aluno (Hernández-Chávez et al., 2021).

Para a aplicação do método PRISMA foi aplicada a seguinte *query*, com base na seleção de palavras-chave escolhidas de acordo com a leitura sistemática de literatura na área, nas bases de dados: TITLE-ABS-KEY (“virtual laboratory*” OR “simulation” OR “remote labs*” OR “remote laboratories*” OR “Web-based learning”) AND (“Occupational Safety and Health” OR “Work health and safety”) AND PUBYEAR > 2020 AND PUBYEAR < 2024. Esta pesquisa for realizada a 21 de julho.

Pode-se conferir na Figura 15, os resultados obtidos em cada uma das fases de aplicação do método PRISMA (Page et al., 2021).

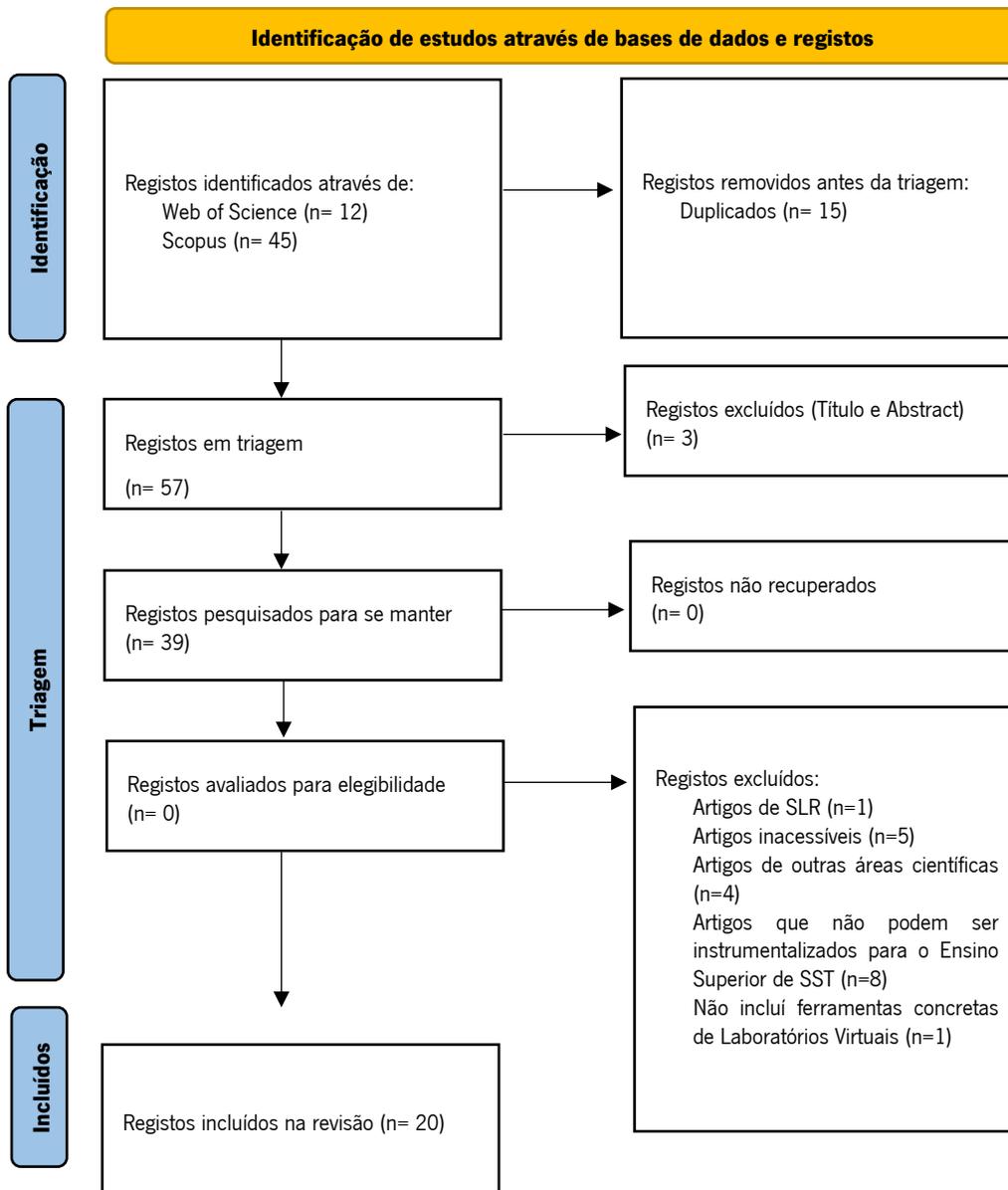


Figura 15: Fluxograma PRISMA dos artigos selecionados para recolha de ferramentas de Laboratórios Virtuais e Simulação.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo da dissertação pretende-se refletir sobre os resultados obtidos aquando da realização dos PRISMA e da recolha das ferramentas e consequente criação da plataforma OSHDigit assim como, clarificar e entender se os objetivos propostos no âmbito da escrita desta dissertação foram cumpridos.

Para conseguir caracterizar os focos de tecnologias educativas desenvolvidas no âmbito de SST e alicerçar as impressões retiradas da análise dos artigos selecionados no método PRISMA, os artigos incluídos foram posteriormente analisados, através da utilização do software VOSViewer.

O software permite perceber os *clusters* formados, isto é, as áreas ou conceitos em que houve um maior foco de escrita e conseqüente desenvolvimento de ferramentas. O software gera gráficos, que permitem analisar e visualizar os *clusters* identificados da co-ocorrência de palavras-chave. A análise feita no VOSViewer teve em consideração as palavras-chave dos autores dos artigos científicos selecionados.

No presente capítulo é apresentada a avaliação, classificação e catalogação das ferramentas recolhidas no âmbito da seleção e leitura dos artigos recolhidos do PRIMA.

Com o método VOsViewer será possível alicerçar os resultados obtidos da análise dos artigos (ferramentas) recolhidos, verificando-se o foco de desenvolvimento das ferramentas. classificando-as de forma mais crítica e extensiva levando-nos a perceber qual o peso que representam na panóplia geral de ferramentas reunidas e desenvolvidas para a área.

Relativamente à ferramenta de apoio, a mesma foi sendo desenvolvida e melhorada ao longo da escrita da dissertação e trata-se da plataforma OSHDigit que disponibiliza os recursos recolhidos até ao final da elaboração do presente trabalho.

5.1 Ferramentas de Ambientes virtuais (RA/RV) e Gamificação

A Tabela 3 sistematiza as diferentes ferramentas encontradas através da utilização do método PRISMA, incluindo uma breve descrição sobre a sua finalidade, objetivo educativo, identifica a área de risco e por fim, conteúdos programáticos para que podem ser materializadas.

Tabela 3: Análise das ferramentas de Ambientes Virtuais (RA/RV) e Gamificação selecionados no PRISMA.

Artigo	Ferramenta	Descrição
(Adami et al., 2021)	RV e uso de robô de demolição.	Utilização de VR na indústria da construção, mais concretamente no âmbito da Segurança para trabalhadores da construção, adaptando o contexto real para o contexto que envolve tecnologia e robótica para esta população,

Artigo	Ferramenta	Descrição
		<p>colocando os mesmo a operar um robô de demolição.</p> <p>Estes são expostos a condições de trabalho desafiadoras e perigosas (e.g., condições climáticas extremas, poeira, colapsos, contaminação por radioatividade) em tarefas de demolição.</p>
(Adami et al., 2022)	RV para melhoria da Interação Homem-Robô (<i>Human-Robot Interaction, HRI</i>)	Desenvolvida para âmbito da engenharia civil, contudo, inclui um módulo de aprendizagem na área de Segurança para robôs, mais concretamente, robôs de demolição. Os recursos de Segurança são introduzidos no módulo 2, inicialmente, consciencializa e explicita como operar remotamente o robô, fornecendo instruções de segurança (gestão de segurança elétrica como por exemplo a relação cabo e humidade/superfícies molhadas), também define/explicita as condições de contorno da zona de risco e inspeção do local de trabalho (e.g., controlar poeiras e pedras ou substâncias físicas que causem dano) para posteriormente serem eliminadas da área de trabalho onde se encontra o robô e por fim, explica o devido uso do sistema <i>lockout-tagout</i> através de uma aprendizagem dinâmica e interativa.
(Afzal & Shafiq, 2021a)	RV baseada em simulação 4-D tendo em consideração <i>Building Information Models (BIM)</i>	Utilizada no contexto da Segurança na área construção, esta ferramenta permite capacitar os trabalhadores oriundos de várias nacionalidades e contexto para: aumentar relação com a

Artigo	Ferramenta	Descrição
		segurança e capacitação/preparação e formação; melhorar a capacidade de detecção do perigo; melhorar a acessibilidade para informação sobre segurança; melhorar o fluxo de comunicação no que concerne a instruções/ameaças de segurança; melhorar a segurança geral e o processo de planeamento das atividades evitando quedas em altura quer de objetos quer de pessoas assim como o perigo de tropeçar, escorregar ou cair.
(Becker et al., 2023)	Monitor de Alertas (<i>Head-Up Displays</i> , HUDs) de Realidade Aumentada (RA)	Desenvolvida para simular e preparar indivíduos para futuras explorações lua, mais concretamente para a Engenharia Aeroespacial. Simula um cenário operacional idêntico ao cenário operacional lunar incluindo uma mesa-de-teste, explorando conteúdos da área da Segurança como as influências ambientais (e.g., luminosidade), distâncias de navegação e previsão de colisão para evitar riscos associados os potenciais perigos incluídos nestes âmbitos.
(Calandra et al., 2021a)	FrejusVR	<i>Serious game</i> para formação e avaliação do utilizador e das suas ações/forma de gerir e reagir perante determinado contexto podendo ser utilizada em diversos momentos do contexto laboral.
(Calandra et al., 2021b)	<i>Random Forest algorithm</i>	Desenvolvida no âmbito da Segurança contra incêndios, inclui <i>Machine learning</i> para discernir codificação e estados de recuperação em bombeiros durante o treino de resposta a

Artigo	Ferramenta	Descrição
		emergências num ambiente de RV. O objetivo desta ferramenta é perceber a resposta cognitiva dos indivíduos neste género de situações.
(Chan et al., 2021)	RV LaboSafe Game	<i>Serious Game</i> que utilizando RV no âmbito de formação para a consciencialização de segurança e comportamentos seguros em laboratórios químicos.
(Deighan et al., 2023)	Plataforma de <i>Social Virtual reality</i> (SVR) como apoio na questão de saúde mental e <i>well-being</i> – <i>VRChat</i>	Plataforma que incorpora gamificação para promover e melhorar a saúde mental e conexão social. Proporciona uma forma segura de socialização, preparando os intervenientes para este contexto no mundo real.
(Dianatfar et al., 2023)	RV para Segurança Colaborativa de atividades robô-humano	Ferramenta de Segurança em laboratórios. Possibilita experimentar ambientes totalmente imersos com detalhes realistas de cada componente do laboratório permitindo identificar os riscos de segurança e orientações necessárias a fornecer ao colaborador, como evitar ou reagir em caso de eventos perigosos. Esta abordagem orientará e explicará ao utilizador os potenciais eventos que podem acionar o sistema de segurança e levar à paragem do robô. O objetivo geral é reduzir as paragens por erro humano. Este caso acontece na linha piloto HRC de montagem de um motor a diesel com o robô industrial ABB IRB 4600.
(Fernández et al., 2023)	RV para Máquina de Perfuração para Prevenção de Risco	Desenvolvida no âmbito de Segurança e prevenção de risco durante a perfuração

Artigo	Ferramenta	Descrição
		<p>geotécnica e decorre em 4 fases diferentes (1 - identificar e observar problemas e motivações; 2 - definição do objetivo e potenciais soluções; 3 - Design e desenvolvimento; 4 - demonstração). O objetivo é garantir que, durante o trabalho de perfuração e extração de solo, são seguidas as instruções de acordo com as recomendações dadas pelo perfurador/supervisor (personagem virtual), permitindo ao trabalhador considerar diferentes aspetos de segurança e neste processo, o supervisor em caso de atos que representem risco e um potencial acidente, advirta o mesmo para o perigo das suas potenciais ações.</p>
(Hashimoto, 2023)	Ferramenta de RV para operar máquinas	<p>Trata o sistema de alarme para a Segurança física/máquinas que considera a posição do colaborador e a forma como a máquina está a ser operada. A máquina apresenta, durante a utilização, perigo para o colaborador e, portanto, é dada uma instrução de trabalho ao mesmo para que prossiga de determinada forma sendo que, através da monitorização corporal, e em conformidade com as ações do mesmo, aciona-se um alarme e é enviada uma mensagem de alerta. O cenário desta abordagem é constituído por um torno mecânico.</p>
(Huang et al., 2022)	RV com recurso a interface cérebro-computador de eletroencefalografia (EEG) e dados	<p>Ferramenta que contempla seis cenários que são propícios de causar danos/leões (elétrico, espaços confinados, impacto com objetos,</p>

Artigo	Ferramenta	Descrição
	fisiológicos (pressão sanguínea e frequência cardíaca)	quedas, colapso de fundação e perigo mecânico). A segunda e terceira experiência comparam a precisão, o tempo de formação e a taxa média de processamento entre a rede melhorada deles EEG-net e a Vanilla EEGnet nas duas bases de recolha de dados na ERN e P300.
(Hu-Au & Okita, 2021)	Laboratório de Química com base em RV	O estudo apresentado no âmbito do artigo tenta identificar diferenças na experiência de aprendizagem (RV e/ou laboratório físico) no que diz respeito aos conteúdos de química geral, compreensão de experiências e conhecimento e comportamentos de segurança no laboratório.
(Kamal et al., 2022)	HazHunt- Aplicação para substâncias perigosas e riscos associados	Aplicação que incorpora RA desenvolvida utilizando o software Vuforia tendo por base critérios de especialistas em SST. Inclui pictogramas associado a substâncias perigosas e <i>post-quiz</i> (18 perguntas sobre os tópicos abordados no curso, que incluem riscos de corrosão, explosão, incêndio, gerais, saúde, oxidantes e toxicidade).
(Kwegyir-Afful et al., 2022)	Realidade virtual imersiva (<i>immersive virtual reality- IVR</i>) para preparação e resposta de emergências relativas a incêndios (<i>emergency preparedness and response- EPR</i>) considerando uma planta tridimensional de uma	Considera o <i>standard</i> estabelecido para a preparação de resposta de emergência relativas a incêndios inclusivamente no que diz respeito a identificação de perigos como é o caso de avaliações de risco. No âmbito de práticas seguras foi considerada a ISO 45001:2018. Tem por base todos os planos de preparação para emergências, formação, previsão e avaliação contínuas do estado de Saúde e Segurança dos

Artigo	Ferramenta	Descrição
	central de gás (<i>three-dimensional gas power plant- GPP</i>)	colaboradores, empregadores e visitantes. O estudo realizado para o desenvolvimento desta ferramenta mostra que um ambiente de simulação pode ser seguro e ergonomicamente adequado para o contexto de emergência de incêndio.
(Kuts et al., 2022)	<i>Digital Twin</i> ⁸ como ferramenta de validação de manipulação por robôs	A ferramenta de <i>Digital Twin</i> (Dt) é mais relevante no contexto de sistemas automatizados colaborativos, onde a introdução de interfaces RV imersivas baseadas em DT de células de produção é utilizado com o intuito de fornecer uma solução para a integração dos fatores humanos nos cenários industriais modernos. Neste contexto são comparadas duas formas de aplicação (utilizadores controlam um sistema de robô industrial físico através da metodologia tradicional de ensino e a outra abordagem consiste num sistema que integra DT que utiliza uma interface que integra VR).
(Lee et al., 2021)	XR ⁹ para formação em suporte básico de vida	Ferramenta que usa <i>Extended Reality</i> ou Realidade Estendida (XR) ao invés da tradicional formação com manequins para execução das manobras de suporte básico de vida.

⁸ *Digital Twin* é uma representação virtual de um objeto ou sistema e inclusive, o seu ciclo de vida. É atualizado com base em dados obtidos em tempo real e usa simulação, *machine learning* e raciocínio para ajudar na tomada de decisões.

⁹ *Extended reality* ou realidade estendida é um conceito abrangente utilizado para referir realidade aumentada (RA), realidade virtual (RV) e realidade mista (MR). A tecnologia pretende transmitir e entrar em sinergia com o mundo físico.

Artigo	Ferramenta	Descrição
(Lovreglio et al., 2021)	Ferramenta de formação RV- <i>PASS</i>	Esta ferramenta foi desenhada e desenvolvida pela MAMMOTH VR. Inclui os passos do <i>Pull, Aim, Squeeze and Sweep</i> (<i>PASS</i>) que consiste em - Puxe, mire, aperte e varra, incluídos no uso de extintores de incêndio, promovendo a aprendizagem e interação eficiente com estes aparelhos. São projetados neste âmbito quatro cenários de incidentes em diferentes espaços como o armazém, parte elétrica, escritório e estaleiro.
(Manzoor et al., 2021)	BIM com tecnologias digitais emergentes, como fotogrametria, simulação, métodos de visão computacional, RA e RV, tecnologia de drones, GPS, RFID e técnicas de digitalização a laser	A aplicação do BIM em conjunto com a RA/RV serve para supervisão do edifício em construção e, portanto, pode também ser utilizado no âmbito de ferramenta de gestão de SST. A fotogrametria é utilizada no âmbito da inspeção de segurança. O <i>Laser scanning</i> é usado para capturar o erro humano, consciência e conhecimento de segurança. A simulação serve para melhoria na performance de segurança.
(Mystakidis et al., 2022)	FSCHOOL <i>Serious Game</i>	<i>Serious Game</i> de preparação para Segurança contra incêndio que decorre em um ambiente virtual automático de caverna (CAVE-VR) utilizando <i>Fire Dynamics Simulator</i> , um <i>plugin</i> que imita e permite visualizar de forma realística o fogo preparando os utilizados para cenários deste género assim como para tomar decisões de forma mais eficiente e segura possível, com base em procedimentos pré-estabelecidos.

Artigo	Ferramenta	Descrição
(Ometto, 2022)	<i>Danieli Intelligent Plant</i> (DIP) para supervisão de processos	O DIP trata-se de um modelo de controle e supervisão imersivo baseado em tecnologias de detecção e processamento de realidade aumentada, mista e virtual. Processos, máquinas e equipamentos são introduzidos de forma integrada/holística com operadores/responsáveis pela decisão usando abordagens baseadas em dados de IA e outros, incluído também Internet of Things (IoT). Este artigo aborda a questão do interface homem-máquina e da importância da otimização desta relação sobretudo em termos de segurança uma vez que esta ferramenta coloca o homem no centro da tomada de decisão.
(Paszkievicz et al., 2021)	Ferramenta que adota RV para problemáticas no âmbito da Indústria 4.0	Aborda uma metodologia multidisciplinar baseada em aplicação de RV para conferir competências para a indústria 4.0, neste caso, foi apresentado no artigo a aplicação no contexto de extinção de fogos. A abordagem inclui quatro fases sendo que inicialmente, a máquina de CNC falha e tem de ser acionado o botão de emergência (fase 1) de seguida, ativar a manual <i>call point</i> (fase 2) sendo que, posteriormente os participantes têm de selecionar o extintor correto (fase 3) para extinguir com sucesso o fogo.
(Pizzagalli et al., 2021)	DT para desenhar o Interface Homem-Máquina (<i>Human Machine Interface</i> - HMI)	Ferramenta de RA/RV como suporte para planeamento e avaliação de HMI na <i>Human-Robot Collaboration</i> (HRC) dentro de um método de design centrado no utilizador.

Artigo	Ferramenta	Descrição
		É baseado em interfaces de DT e inclusivamente RA/RV para conduzir a processos de produção mais eficientes, implantação de células industriais, avaliação de aspetos psicológicos, bem-estar fisiológico e fatores ergonómicos em interações humano-robô.
(Poyade et al., 2021)	Plataforma que inclui RV para Segurança	Plataforma implantada num ambiente perigoso de produção de produtos químicos. É utilizado um estudo de um processo específico, onde é introduzido um fluxo de trabalho transferível para realização de uma avaliação psicológica da ferramenta de formação avançada versus formação em segurança de acordo com uma abordagem tradicional.
(Rahouti et al., 2021)	RV para Segurança contra incêndios na Área da Saúde	Ferramenta de RV em formato de <i>Serious Game</i> para a formação de profissionais de saúde no contexto de Segurança contra incêndios. Foi feito um estudo para comparar esta abordagem e a abordagem mais tradicional por aulas sendo que, se percebeu que a abordagem de VR-SG é mais eficiente em termos de aquisição de conhecimento a longo prazo.
(Seo et al., 2021)	RV para procedimentos seguros e utilização de Equipamentos de Proteção Individual (EPI)	RV utilizada em ambiente educativo onde os intervenientes podem imergir nas práticas de segurança, neste caso, no âmbito da área elétrica no exterior. Com a RV foi possível estimular a educação cognitiva, afetiva e comportamental.

Artigo	Ferramenta	Descrição
(Shringi et al., 2023)	XR para formação em Segurança na Área de Construção (Riscos de queda)	<p>Esta ferramenta tem como objetivo capacitar e advertir os intervenientes no ambiente laboral para os diferentes riscos de queda na área da construção assim como capacitar os mesmos no âmbito do uso adequado de proteções para a gestão destes riscos em específico.</p> <p>Usando a técnica de intervalo fuzzy Delphi tipo 2 (IT2FD), foram identificados os critérios-chave com base na opinião de especialistas da área e assim como foram desenvolvidos diferentes componentes da formação e ambientes de RV e RA.</p>
(Simonetto et al., 2022)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Logistic 4.0 Lab at NTNU (workplace layout) 2. Siemens Jack™ (model the 3D environment). 3. Logistic 4.0 Lab 	<p>Ferramenta para o design de um posto de trabalho (PT) de sistema de montagem usando o <i>mocap capture system</i> e VRAS4.0 (primeiramente utilizou o sistema de Synertial, que considera 29 unidade de medida inercial (<i>Inertial Measurement Units</i> - IMUs).</p>
(Sonntag et al., 2023)	Plataforma de Realidade Virtual Imersiva para habilitação e avaliação de interações Homem-Robô para Gestão inteligente de ativos.	<p>A plataforma foi desenvolvida em Unity 3D e foi empregue usando os auriculares HTC Vive. Esta ferramenta avalia as interações que existem entre o colaborador e a máquina para otimizá-la e melhorar a eficiência de sistemas através de melhorias nas destrezas, precisão e também inteligência do robô tendo em consideração primeiramente a eficácia e segurança. Neste caso os PT explorados são relacionados com</p>

Artigo	Ferramenta	Descrição
		montagem manual e montagem manual colaborativa (robô incluído no processo).
(Sunesson et al., 2023)	PREDICTOR	<p><i>Cobot</i>¹⁰ que inclui uma plataforma flexível e controlada de riscos para simular o <i>Physical Human-Robot Collaboration</i> (PHRC)¹¹, que permite a avaliação de segurança e ergonomia nesse espaço.</p> <p>O PREDICTOR consiste num único ou duplo sistema de robô colaborativo com braço mecânico que inclui som e RV. Um operador humano usa um ou duas mãos para segurar uma ou duas alças reais montadas na extremidade do corpo mecânico dos robôs colaborativos, ou de 1 só, dependendo da tarefa manipulando posteriormente, objetos virtuais.</p>

¹⁰ Um cobot, ou robô colaborativo, foi desenvolvido para ter uma interação direta com o humano mais geralmente existe um espaço/mesa de trabalho ou ambiente partilhado em que ambos coexistem ou têm uma grande proximidade.

¹¹ Colaboração física humana-robô é o ato de ambos contribuírem para a realização de determinada ação num dado ambiente.

Artigo	Ferramenta	Descrição
(Tseng et al., 2023)	<i>FingerMapper</i> - RV para espaços confinados para melhorar interação de braços e mãos	Esta ferramenta de RV inclui duas funções de mapeamento (anexar e movimentar) para controlar o braço virtual usando movimentos dos dedos. Foram implementadas estas funcionalidades da ferramenta através do uso de um braço mecânico e RV para controlar os movimentos, como por exemplo, fletir e estender o dedo e agarrar objetos no contexto de espaços confinados onde os movimentos são mais restritivos. Como usar grandes gestos costuma ser desconfortável e impossível em espaços confinados, <i>FingerMapper</i> pode reduzir significativamente os movimentos físicos e conseqüentemente, a fadiga permitindo simultaneamente um elevado grau de semelhança e precisão face ao rastreamento manual aumentando o nível de segurança e diminuindo possíveis colisões.
(Valentine et al., 2021)	Uso de óculos (<i>Head mounted display</i> - HMD) na RV	Neste estudo, realizado com alunos da pós-graduação foi conciliado o uso de HMD com RV numa ferramenta para permitir entender os benefícios que a utilização desta abordagem traria face a uma mais tradicional nomeadamente, a tarefa abordada neste âmbito que foi a identificação de perigos. Esta abordagem foi pensada devido a incidentes que ocorreram com operação de guindastes de carregamento de veículos (<i>Vehicle Loading Cranes</i> - VLC) onde houve duas vítimas mortais

Artigo	Ferramenta	Descrição
		segundo Worksafe Queensland (2010). Acredita-se que o acidente ocorreu devido ao mau funcionamento do VLC sendo que o mesmo não funcionava segundo as instruções do fabricante. Neste sentido, foi desenvolvida uma abordagem tendo em consideração estes casos onde inicialmente é dada uma introdução aos alunos da problemática e posteriormente nas quatro fases os alunos utilização HMD RV para identificar perigos tendo em consideração o método CHAIR ¹² .
(Wahidi et al., 2022)	Formação de Segurança para estaleiros usando RV à distância	Formação para o uso de extintores portáteis, situações de incêndio e observação de riscos em espaços confinados.
(Wang et al., 2022)	RV para período Pré-evacuação	Ferramenta de verificação de procedimentos adotados no período de pré-evacuação. Os padrões de resultados do comportamento de evacuação, são obtidos após o utilizador receber informações da rececionista. Os participantes dirigiam-se à sala de reuniões e envolvem-se na atividade, podem também aguardar na área do sofá ou interagir com a máquina do <i>hall</i> de entrada do edifício. Após 5 segundos, o alarme aciona-se e são analisados os comportamentos no decorrer deste evento. São analisados cinco

¹² *Construction Hazard Assessment Implication Review Process* (CHAIR Process) é uma ferramenta de segurança desenvolvida para a área da construção que utiliza palavras-guia como um *prompt* para promover a discussão. É recomendado o uso de um facilitador para orientar o debate.

Artigo	Ferramenta	Descrição
		tipos de comportamento de evacuação verificados no âmbito deste estudo. Pretende-se, portanto, perceber de que forma é que procedem os utilizadores face à situação de emergência.
(Xu & Zheng, 2021)	Plataforma baseada em RV de treinamento para canteiros de obras	Ambiente imersivo para lecionar no âmbito da Segurança, mais concretamente, no que diz respeito a riscos/perigos e medidas a adotar no âmbito da construção civil. O estudo apresentado comprova que a memorização de conceitos e procedimentos através de jogo/formação virtual é mais eficiente que a produzida aquando da mera formação tradicional por aula.
(Zikas et al., 2022)	RV e Gamificação para formação em uso de EPI	uso de RV para que os alunos aprendam devidamente como higienizarem as suas mãos, usarem o seu EPI e ainda aprenderem a fazer espécime de esfregaço sofaringeo. No caso de SST o que é de facto retirado para o ensino da área são as denominações/conhecimento teórico e instruções usadas no âmbito dos EPIs.

A maior parte dos artigos encontrados no contexto de RA/RV conferem a configuração de gamificação ou jogos digitais, criando-se assim um laço implícito entre estes dois conceitos. Portanto, foi considerada e incluída esta realidade e categoria no âmbito de RA/RV como foi o caso de Fernández et al. (2023) e Zikas et al. (2022). O conceito de *Serious Game* ou jogo sério tornou-se determinante no âmbito da formação, especialmente no que diz respeito a segurança em indústrias críticas tendo sido identificadas várias repercussões positivas pela sua eficiência, conveniência e até respeito e preservação do meio ambiente (Saghafian et al., 2021).

No âmbito de RA/RV houve também um conjunto de ferramentas de simulação e realidade aumentada no âmbito da robótica colaborativa (Sunesson et al., 2023; Tseng et al., 2023).

O conceito do *Digital Twin*, ganha cada vez mais relevância para simular ações e intervenções de um robô real no ambiente laboral (Kuts et al., 2022; Pizzagalli et al., 2021).

No âmbito da Ergonomia, melhoria e simulação dos postos de trabalho, inclui-se a ferramenta desenvolvida por Simonetto et al. (2022).

Existem algumas ferramentas tecnológicas para o ensino/aprendizagem, contudo, não se encontram devidamente instrumentalizadas e potencializadas para esse âmbito. Aquando da aplicação do método PRISMA foi possível perceber que grande parte das ferramentas são desenvolvidas para o âmbito laboral e apenas testadas, alguma delas, inicialmente no contexto educativo, contudo, houve o cuidado de recolher apenas as que se encontram dentro das temáticas, conceitos e conteúdos programáticos da área.

Relativamente ao cariz formativo e instrumentalização para o contexto laboral, especialmente para a área da construção, o número considerável de ferramentas desenvolvidas é fruto de pesquisas que indicam que os trabalhadores aprendem mais eficientemente e efetivamente sobre como solucionar problemas através da aprendizagem interativa assim como através da reflexão sobre o ato de tomada de decisão, algo que é possível proporcionar com a RA/RV. Nesta mesma área acredita-se que os técnicos de construção identificam perigos e riscos com maior facilidade depois de obterem formação através da aprendizagem prática (Xu & Zheng, 2021).

No âmbito da recolha de recursos para a plataforma OSHDigit encontrou-se uma ferramenta de RA/RV desenvolvida pelo projeto (RiskMan (2023), para a identificação de perigos e ainda, *Serious Games* no âmbito da Segurança para diferentes ambientes laborais e também em contextos que envolvem questões de higiene, tais como: 13 – *Chemical puzzle*, 14 – *Hazard Hunt® by Graphito Prevention*, 15 – *Safe lab procedure*, 16 - *WorkSafeBC: What's wrong with this photo?* e 17 – *Jeopardy game*.

Para a análise dos resultados obtidos do PRISMA, foi utilizando o método VosViewer e foi considerado inicialmente um conjunto de 140 palavras-chave com uma ocorrência de 1 vezes. Do total (n=140) o software identificou que apenas 109 estabeleciam relações entre si e, portanto, foram apenas utilizadas as 109 palavras-chave.

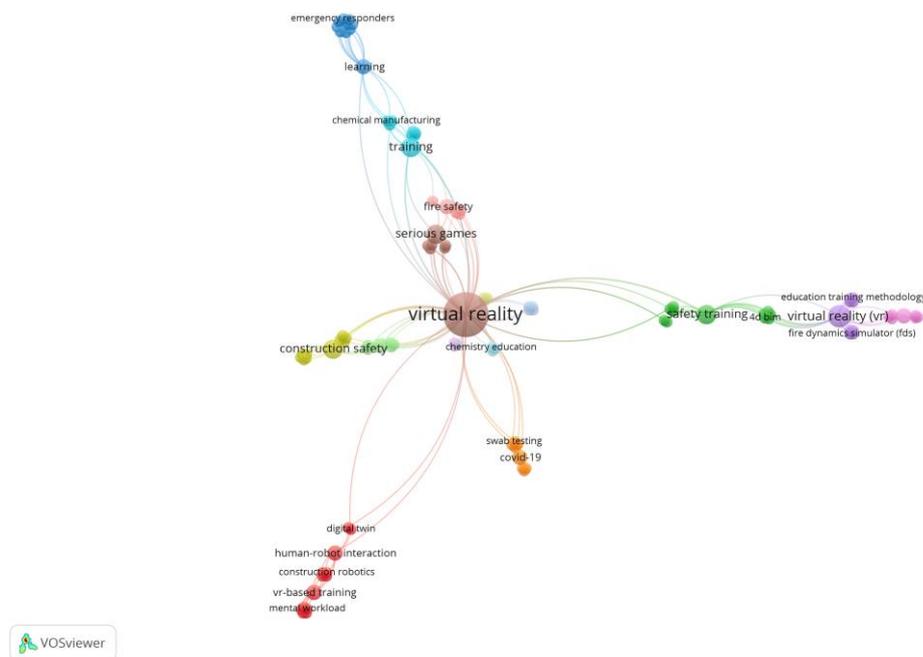


Figura 16: Mapa das 109 palavras-chave associadas a Ambientes Virtuais dos artigos selecionados através do PRIMA.

Quando se diminui o número de ocorrência para uma vez, observa-se a relação estabelecida entre todas (ou quase todas) as palavras-chave recolhidas dos artigos selecionados pelo método PRISMA. Assim, é possível identificar os *clusters* de desenvolvimento de artigos e consequentemente ferramentas tecnológicas de forma mais evidente.

Na Figura 16 podemos observar exatamente o resultado de 15 *clusters*, mais concretamente, 322 relações estabelecidas entre palavras-chave. No centro encontra-se o conceito principal da pesquisa - *virtual reality*.

Os clusters identificados foram:

- *Cluster 1* (13 itens) a vermelho, em baixo ligeiramente à esquerda, incluem-se termos como “construction robotics”, “digital twin”, “human-robot interaction”, “industrial robotics”, “operational skills”, “robot operation self-efficacy” e “vr-based training”;
- *Cluster 2* (11 itens) que se encontra à direita e a verde, destacam-se conceitos ligados à construção e à ferramenta BIM assim como à tipologia de ferramenta mais identificada nesta área “simulation”, tendo sido identificados itens como “4d bim”, “construction accidents”, “hazard perception”, “human-robot collaboration” e devido à diversidade identificada nesta área “multilingual work environment”;

- *Cluster 3* (11 itens) azul sendo caracteristicamente mais escura a cor, e que se encontra no topo inclui termos associados a uma outra área que se destaca com um número elevado de ferramentas desenvolvidas - segurança contra incêndios. Estão associados conceitos como “emergency responders”, “firefighters”, “neuroergonomics” e “stress”;
- *Cluster 4* (10 itens) à esquerda no topo a amarelo, destaca novamente termos ligados à construção sendo que, desta vez a área está relacionada com conceitos como “eeg neural network” e “geotechnical drilling”;
- *Cluster 5* (9 itens) roxo à direita, identifica termos que estão relacionados com a Gamificação - “serious game” e ainda com a indústria 4.0 inclusivamente com outros tipos de ensinos mais envolventes como é perceptível com a identificação do termo “immersive learning”;
- *Cluster 6* (8 itens) azul, próximo do cluster castanho, é identificada outra grande área de escrita e desenvolvimento de ferramentas - risco químico canalizando as ferramentas para os ambientes que mais necessitam de atenção “chemical manufacturing”. Curiosamente são aqui identificados termos como “physical emulator”¹³ e ainda “process safety” e “safety and ergonomics evaluation”, sendo que este âmbito trata também de ferramentas no âmbito de avaliação ergonómica e de segurança de processos;
- *Cluster 7* (8 itens) laranja, é possível identificar termos ligados à pandemia e à Área da Saúde, área que teve destaque no desenvolvimento de ferramentas nesta época. São identificados conceitos como “medical training”, “mental health” que estão relacionados com “social vr” e ainda, “swab testing”;
- *Cluster 8* (7 itens) castanho, podem-se encontrar os termos principais associados a esta pesquisa e aqui posteriormente, permitem ser identificadas as principais características tecnológicas associadas às ferramentas desenvolvidas para este âmbito: “cave automatic virtual environments”, “computer simulations”, “fire preparedness”, “game design”, “laboratory safety”, “serious games” e “virtual reality”;
- *Cluster 9* (7 itens) rosa, próximo do roxo, encontram-se termos associados ao âmbito educativo e à própria experiência educativa em si desde “experiential education”, “safety awareness”,

¹³ Uma emulação de uma máquina física é um programa de software que imita o comportamento de uma máquina física.

“safety engagement”, “skill training” destacando-se neste contexto ainda outra tipologia de realidade tecnológica - “mixed reality”.

- *Cluster* 10 (6 itens) vermelho em cima, próximo do castanho, encontram-se os conceitos relacionados com “self-efficacy” e consequentemente “intrinsic motivation”, que por sua vez, destacam-se em áreas associadas ao combate a incêndios “fire extinguishers” e conhecimento hospitalar “hospital knowledge”;
- *Cluster* 11 (6 itens) verde, ao lado do amarelo, destaca novamente conceitos associados à tipologia de ferramentas “augmented reality”, “extended reality” e ainda relativamente à visualização de dados como “type-2 fuzzy” e outros ligados à Área da Saúde como “basic life support” e “cardiopulmonary resuscitation”;
- *Cluster* 12 (4 itens) azul, imediatamente à direita, encontram-se novamente termos relacionados com os conceitos principais tais como “active learning”, “engineering education”, “safety in design” e “work-integrated learning” sendo este *cluster* muito importante, por ser o impulsionador do desenvolvimento de grande parte das ferramentas;
- *Cluster* 13 (3 itens) amarelo, está associado a uma subárea da segurança contra incêndios que tem alguma visibilidade - evacuação. Destacaram-se palavras-chave como “emergency evacuation”, “evacuation alarm” e “vr-based evaluation”;
- *Cluster* 14 (3 itens) roxo, abaixo ligeiramente à esquerda, onde sobressaem conceitos ligados aos colaboradores (“employees”) e um núcleo de atividades profissionais específicas, que requer maior atenção - “high-risk occupations”;
- *Cluster* 15 (3 itens) azul, em baixo à direita, o último, vem novamente destacar a área da química (“chemistry education”) e sobretudo, salientar a caracterização desta tipologia de ferramentas e consequentemente desta tipologia de ensino - “immersive learning environments”.

No que diz respeito ao primeiro *cluster* destacam-se artigos no âmbito do *digital twin* de autores como Kuts et al. (2022) e Pizzagalli et al. (2021), que demonstram a importância desta ferramenta para o funcionamento de interfaces com a RA/RV nos cenários de robótica colaborativa que, permitem criar uma realidade aumentada no PT, melhorando as condições de segurança e também, otimizando os processos.

No que diz respeito à construção (segundo *cluster*), a realidade virtual permite um desenvolvimento da aprendizagem prática especialmente, no caso das ferramentas para formação, suscitando mais

interesse-se nos formandos quando a mesma incorpora o formato de Gamificação (Xu & Zheng, 2021). Relativamente à preocupação por espaços de trabalho integradores na área da construção e da utilização do 4D-BIM destaca-se Afzal e Shafiq, (2021c), que promovem, segundo o uso de RV, a Segurança através da identificação e avaliação do risco existente em contexto laboral.

No caso da segurança contra incêndios e da neuroergonomia presentes no terceiro *cluster*, pretende-se sobretudo, formar as pessoas para que as mesma tomem as devidas atitudes e sigam os procedimentos corretos e por isso, autores como Wang et al. (2022) vão mais longe e investigam a questão da resposta e interação do humano com o ambiente pré-evacuatório, ainda assim, neste âmbito existem um grande conjunto de ferramentas sendo cada vez mais realista permitindo uma melhor preparação e apreensão de conhecimento sobre esta área em particular da evacuação (Mystakidis et al., 2022; Wahidi et al., 2022). Estes conceitos estão relacionados com o *cluster* 13. A eletroencefalografia (EEG) é uma ferramenta revolucionária devido ao uso do interface cérebro-computador, que vem promover a Área da Segurança e que prova ser um método eficiente também no que diz respeito à melhoria da saúde do colaborador (Huang et al., 2022). No âmbito do *cluster* 13, é incluída uma ferramenta mais específica relativa a perfuração geotécnica, que devido ao risco associado carece também de especial atenção (Fernández et al., 2023).

No que diz respeito ao *cluster* 5, a maior preocupação do mesmo é a indústria 4.0, a digitalização e formação de profissionais para esta realidade onde se começam a integrar, por exemplo, robôs colaborativos para controlar e avaliar riscos (Sunesson et al., 2023) ou para otimizar o processo na sua integra (Paszkiwicz et al., 2021).

No que toca à ergonomia, associada ao *cluster* 6 e 16, a preocupação é a avaliação e melhoria do PT onde se destaca o uso de ferramentas como Siemens Jack e Logistic 4.0 Lab (Simonetto et al., 2022). No que à área e risco dos químicos diz respeito, Hu-Au e Okita (2021) apresentam uma ferramenta para este âmbito, além de esta área não ser muito explorada neste PRISMA, devido a um número inferior de recursos obtidos.

Existe uma preocupação pela área da Saúde Física e Mental (*cluster* 7), especialmente depois da Covid-19, tendo resultado num conjunto de ferramentas neste âmbito (Deighan et al., 2023; J. Lee et al., 2014). O *cluster* 11 destaca-se também no âmbito da Saúde, mas no seu sentido mais lato com as ferramentas de primeiros socorros.

O *cluster* 8, faz referência ao conceito de Gamificação, associado à RA/RV, sendo que, o 9 faz referência à *mixed reality*. Verifica-se, dos resultados obtidos que, as ferramentas tendem a associar mais do que

uma realidade/tipologia de ferramenta, o que, proporciona uma experiência mais integradora e eficiente para o utilizador como é o caso da ferramenta para preparação de resposta de emergência de Kwegyir-Afful (2022) e o *Serious Game* de Rahouti et al. (2021).

O *cluster* 12 assume uma grande importância porque mostra os termos essenciais associados à investigação e à sua dimensão/relevância uma vez que, foram os termos que permitiram coletar de forma mais eficiente as ferramentas no âmbito do PRISMA e por isso, encontram-se na zona central do mapa conceitual, contudo, associados a termos novos que demonstram a importância da pesquisa nesta área como “work-integrated learning” e “safety in design”.

Por fim, sublinha-se a crescente preocupação pelos colaboradores das atividades de alto risco, nicho que compreende implicitamente e explicitamente um grande conjunto de ferramentas, especialmente na área da construção, como foi verificado ao longo da análise e é observável na Figura 16.

Desta forma, é possível perceber como é que estes conceitos se agregam entre si, mais generalizadamente, as áreas a que estavam associados os conceitos-chave, assim como as que ganhavam maior destaque, foi calculado novamente o mapa conceitual (com as mesmas palavras-chave selecionadas para a análise anterior), mas desta vez foi utilizado o número de co-ocorrência de 2 vezes, o que limitou o número de palavras-chave selecionadas para 13.

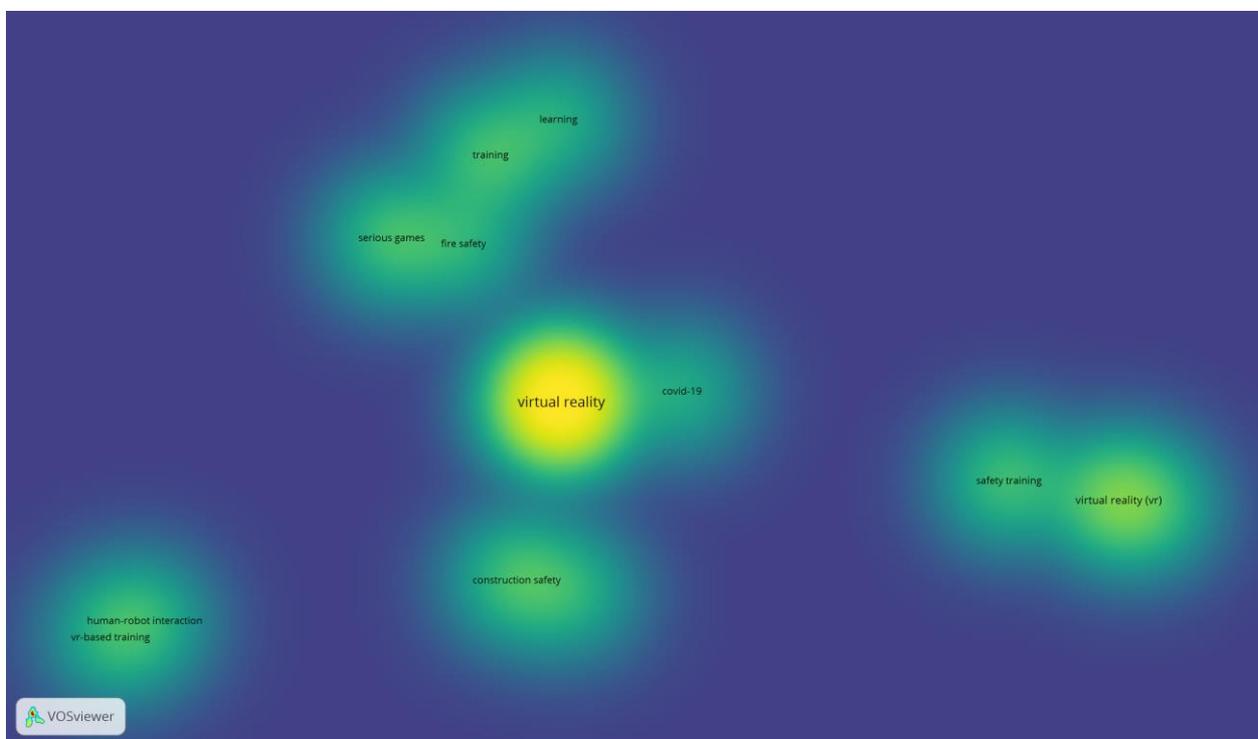


Figura 17: Density Visualization das keywords associados a RA/RV.

Através de um esquema de visualização de intensidade, é ainda mais perceptível o peso que cada conceito efetivamente tem em determinado contexto, como se observa na Figura 17. O conceito “virtual reality” surge tanto no centro como na extremidade direita (neste caso com a sua sigla), isto porque não houve qualquer tipo de alteração para tornar as palavras-chave originais semelhantes. Contudo, ainda assim, as mesmas estabelecem uma relação direta com “safety training” o que leva a deduzir que, neste âmbito, a Área da Higiene Ocupacional se encontra, tendencialmente negligenciada, apresentado uma menor e menos diversificada panóplia de ferramentas. Perto de “virtual reality” encontra-se “construction safety” isto porque, como se verifica pela revisão de literatura efetuada, grande parte das ferramentas são desenvolvidas com foco na Segurança, para a Área da Construção. Isto não quer dizer que, não podem ser usadas em outros contextos uma vez que, os riscos identificados nesta área podem estar associados a outros contextos laborais.

No âmbito do conceito de “construction safety” visível imediatamente abaixo do termo central – “virtual reality” - , e relacionado com “extended reality”, considera-se, tal como também foi verificado da análise dos artigos retirados do PRISMA que, há uma crescente utilização múltipla de recursos e sobretudo realidades, sendo utilizada a combinação das existentes - Realidade Aumentada (RA), Realidade Virtual (RV) e Realidade Mista (RM), entre outras, para se alcançar não só um ambiente mais realista possível mas uma realidade imersiva, determinantes na formação do aluno ou colaborador e que, lhes permitirá uma melhor e mais efetiva aquisição de competências e conhecimentos.

O termo “Covid-19”, presente na visualização de densidade da Figura 17, além do peso que teve no desenvolvimento de novas ferramentas digitais, foi também responsável por fazer despoletar a necessidade de criar novos ambientes educativos que, por sua vez, se repercutiu no desenvolvimento de novas tipologias de ferramentas como é o caso de “serious games”, isto porque para além de lecionar tornou-se necessário treinar, dar formação fazer adquirir conhecimento prático daí, no topo estarem presentes os conceitos “training” e “learning”. Como verificado, “fire safety” foi também uma área para a qual foram desenvolvidas diversas ferramentas.

Por fim, a interação Homem-Robô intensifica-se, assim como, a formação para a mesma, usando-se Realidade Virtual e DT para formar para esta interação cada vez mais comum no ambiente laboral. O rumo produtivo de ferramentas é perceptível e identificado da leitura dos artigos recolhidos do PRISMA, demonstrando-se assim, através desta literatura, uma preocupação crescente para a gestão da relação entre o homem e o robô assim como para a integração de formas mais simples para absorção de conteúdos programáticos.

5.2 Ferramentas de Laboratórios virtuais e Simulação

Na Tabela 4 são apresentadas as ferramentas tecnológicas mencionadas em cada um dos artigos selecionados através da utilização do método PRISMA, bem como a sua descrição que, permitirá de forma imediata perceber a finalidade ou objetivo educativo dos recursos educativos recolhidos.

Tabela 4: Análise dos artigos de Laboratórios Virtuais e de Simulação selecionados do PRISMA.

Artigo	Ferramenta	Descrição
(Afzal & Shafiq, 2021b)	4D BIM e RV	Identificação e comunicação de perigos na Área da Construção. É utilizado o 4D BIM e RV para instruções de segurança numa equipa de trabalho multilinguística. O exercício inclui a identificação de riscos com base numa avaliação de riscos onde a equipa participa e tenta encontrar lapsos nessa mesma avaliação e no que diz respeito também aos procedimentos de segurança, de forma a motivar os mesmos a agir proactivamente.
(Bellanca et al., 2023)	Simulação com base em vídeos de Eventos de Quase-acidente (<i>near-miss incident re-creation videos</i>)	Permite recriar eventos que decorrem no âmbito de incidentes para posterior análise e reflexão. Esta abordagem em vídeo foi fundamentada em entrevistas a colaboradores e no método <i>critical decision method</i> (CDM), que é distinguido pelo seu carácter de contagem de histórias/relatos de acontecimentos. É tido em conta o <i>mindset</i> pessoal no momento do incidente para análise de comportamentos/decisões, assim como é considerada a importância destes acontecimentos também para desenvolver conteúdos para formação, <i>design</i> e desenvolvimento de sistemas.

Artigo	Ferramenta	Descrição
(Bochkovskyi & Sapozhnikova, 2021)	SAOHSM system utilizando Discrete-event simulation (DES - simulação de eventos discretos)	Ferramenta automática de Gestão de Saúde e Segurança para sistemas homem-máquina com o objetivo de minimizar um vasto número de perigos e riscos assim como falhas latentes e ativas na indústria.
(Dehghani, Kamalinia, et al., 2021)	<i>Monte-Carlo</i> para avaliação de Riscos Químicos (isoflurano e sevoflurano)	Foi feita uma recolha e posterior análise química com base em simulação probabilística (<i>Monte-Carlo</i>) para perceber se estas substâncias anestésicas utilizadas no bloco operatório são de facto cancerígenas. Foi tido em consideração durante a avaliação o método US EPA e exposição limite delineada pela NIOSH (2ppm).
(Dehghani, Omid, et al., 2021)	<i>Monte Carlo</i> aplicada no âmbito da Contaminação Química (metais pesados)	Ferramenta utilizada numa unidade de fundição de aço, mais concretamente na usina siderúrgica ¹⁴ , onde se pretende perceber a exposição dos trabalhadores a metais pesados (Pb, Fe, Mn, Cu, and Zn) em 8 postos de trabalho. Foi considerado o método 7300 de NIOSH para a recolha de amostras e posteriormente foi calculada com base em simulação a possível exposição cancerígena a estes químicos. Neste processo foi considerado também o método US EPA.

¹⁴ Uma usina siderúrgica é um local onde a partir do aquecimento do minério de ferro bruto e outros materiais em caldeirões enormes se cria aço e ferro gusa, que podem assumir outras nomenclaturas, dependendo da etapa de produção. Este ferro é produzido através de grandes fornos e o aço através dos conversores.

Artigo	Ferramenta	Descrição
(Gasparello et al., 2022)	Simulador Multissensorial Imersivo (<i>Immersive Multisensory Simulador</i>)	Desenvolvida para o contexto de manuseamento de materiais/ máquinas de trabalho, contudo à data, apenas potencializada para interação com plataformas elevatórias. Inclui diferentes cenários/simulações de situações de trabalho de entre os quais um que inclui uma plataforma aérea e estação de simulação de computadores que controlam a simulação e que, em conjunto, são capazes de proporcionar reações multissensoriais.
(Khoshakhlagh et al., 2022)	<i>Monte-Carlo</i> para avaliação de Riscos Químicos (1,3-Butadieno e Estireno)	Verificação de contaminação em PT de máquinas dos acabamentos na produção de tapetes. Os produtos químicos que contêm compostos orgânicos voláteis (VOCs) são comuns neste tipo de indústria sendo que os químicos aqui analisados são os mais utilizadas na cola de carpinteiro, utilizada também em Portugal. Neste estudo pretende-se recolher dados sobre a exposição inalatória (através dos métodos 1024 e 1501 de NIOSH), percebendo posteriormente, com a ajuda de simulação (<i>Monte-Carlo</i> e análises de sensibilidade – ferramenta de <i>Crystal Ball</i> e incerteza, para deduzir a dimensão das implicações destas substâncias nos colaboradores. Este tipo de indústria é comum na Ásia e, portanto, torna-se fundamental advertir as comunidades industriais para esta realidade, prevenir e eliminar esta tipologia de riscos dos PT. Foi tido em consideração os valores limite da US EPA.

Artigo	Ferramenta	Descrição
(Khoshakhlagh, Chuang, et al., 2023)	<i>Monte Carlo</i> aplicada no âmbito da Contaminação Química (formaldeído)	Averiguação da exposição dos trabalhadores de uma indústria de manufatura de carpetes a metanal (formaldeído). Sendo este uma substância cancerígena, pretende-se determinar com base na exposição por inalação desta substância o risco carcinogénico ou não carcinogénico associado à mesma. No processo de recolha de amostras foi considerado o método 7300 de NIOSH e posteriormente, o método ESPA.
(Khoshakhlagh & Morais, 2022)	<i>Monte Carlo</i> para Contaminação Química (exposição a compostos orgânicos voláteis - VOCs)	Este estudo é realizado no contexto da indústria de tapeçarias para perceber a concentração de benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno (BTEX - grupo de hidrocarbonetos). A ferramenta <i>Monte-Carlo</i> é utilizada para realização do teste de sensibilidade para perceber o risco cancerígenos e não cancerígenos associado às substâncias. Foram considerados os métodos NIOSH (1501 - recolha de amostras), e os níveis de risco estabelecidos pelo USA EPA.
(Khoshakhlagh, Saberi, et al., 2023)	<i>Monte Carlo</i> para Exposição a químicos (exposição a acetato de vinila)	Este é um dos componentes que está incluído na composição da cola de carpinteiro. Esta avaliação tem em consideração o método de NIOSH 1453 e US EPA. As funções respiratórias foram determinadas pela análise das espirometrias.
(Leiden et al., 2022)	Abordagem de Simulação Sinérgica (multidisciplinar) com base em ferramentas externas -	Permite melhorar a eficiência energética e de recursos no contexto laboral mais concretamente nos processos de galvanização.

Artigo	Ferramenta	Descrição
	ART tool e EUSES tool (SST) e LCA BD, Cost BD... (gestão industrial)	<p>Durante a simulação são considerados aspetos no âmbito da gestão industrial e no que diz respeito a SST, é considerado a avaliação de contaminação química (e.g., trióxido de cromo).</p> <p>O <i>output</i> da simulação ajuda na tomada de decisão (análise integrada de riscos ambientais, ocupacionais e custos).</p>
(Meng et al., 2021)	EnergyPlus	Método dinâmico para identificar <i>wet bulb globe temperature</i> (WBGT) numa indústria, onde foi possível retirar a dinâmica do ar interno, as temperaturas de envelope do edifício e humidade relativa numa zona de costura. Mais concretamente é utilizado para prever o ambiente térmico da fábrica e perceber a exposição dos trabalhadores a ambientes térmicos desajustados.
(Natale et al., 2022a)	Técnicas laboratoriais para análise de Nanopartículas (NM) com recurso a Laboratório Virtual	Técnicas de simulação de laboratório foram instrumentalizadas para reproduzir uma atividade de trabalho crítica no contexto de ambiente controlado, para identificar perfis de emissão. Assim, posteriormente, é possível determinar e estudar a exposição durante o manuseio de NM (SiO ₂ e NP) no PT. Foi simulada a atividade de pesagem dentro de um <i>Globex-box</i> (caixa de luvas) isolada do ambiente externo e de quaisquer poluentes. Os instrumentos de medição foram usados em tempo real para calcular a concentração e distribuição de tamanho e área de superfície das partículas para identificar a pegada das mesmas enquanto, o laboratório virtual permite entender todos esses

Artigo	Ferramenta	Descrição
		fatores mencionados. É possível, portanto, avaliar e gerir a exposição e também planejar a monitorização e amostragem.
(Park et al., 2021)	Estudo de simulação para conferir Segurança no uso de EPIs na Área da Saúde	Este estudo foi realizado para perceber se o <i>loose-fitting powered air-purifying respirators</i> - PAPRs (respiradores purificadores de ar motorizado folgado) e se é eficiente e suficiente durante as compressões peitorais. É considerada a medição através de simulação com um manequim do fator de proteção sugerido pela OSH.
(Pourhassan et al., 2023)	<i>Monte Carlo e Crystal Ball tool</i>	Simulação de avaliação de riscos para substâncias perigosas que incorpora quatro modelos: Controle de Substâncias Perigosas à Saúde Essenciais (modelo COSHH), padrão chinês, OHRA (GBZ/T 298–2017) e método EPA e posteriormente para análise de dados é utilizado a ferramenta de simulação estatística Monte Carlo assim como a ferramenta que testa a sensibilidade - <i>Crystal Ball tool</i> .
(Skals et al., 2021)	AnyBody Modeling System	Simulação no processo de análise detalhada das forças dinâmicas de pico nas principais articulações (joelhos, ombros e coluna lombar) durante atividades de MMH com cargas variadas, assimetrias, diferentes inícios e localizações finais tendo por base, modelos musculoesqueléticos de última geração.
(Su et al., 2021)	FLAC3D	A ferramenta foi usada no âmbito da Segurança em mineração - <i>Longwall</i> , na produção de gás de xisto e

Artigo	Ferramenta	Descrição
		dos trabalhadores minérios. Permite perceber os revestimentos de produção permanecem intactos sob deformações e compressões induzidas por <i>longwall</i> , a mesma prevê, portanto, o risco de derrocada ou desabamento.
(Sweeney, 2021)	PBPK - Ferramenta de Estatística de Modelagem (exposição a Pb) e <i>Monte Carlo</i>	Pretende-se perceber se existe contaminação no sangue de metal pesado (pb) no âmbito das carreiras de tiro. A ferramenta foi utilizada tendo em consideração os controles de exposição limite (COELs stands) e considerando também, os resultados dos níveis de chumbo no sangue (BLLS).
(Valverde et al., 2022)	DHM DELMIA V-5 para desenho de PT	Redesenho do mobiliário para diminuição de altas taxas de absentismo através de avaliação (RULA, OCRA <i>Checklists</i> , NIOSH e TIS) e posteriormente, redimensionamento através do uso da antropometria, “economia” de movimentação de materiais e redesenho do <i>layout</i> . Esta intervenção acontece em áreas de laminação, de estampagem, inspeção e embalagem.
(Yu et al., 2022)	Sistema de correlação (SD-Ipt) baseado em <i>system dynamics</i> (SD) ¹⁵ , no âmbito de um sistema de correção de risco e de tomada de decisão.	Aplicada no âmbito da Segurança, permitindo com base no SD-IPT o índice de discriminação de intensidade, corrigir o comportamento inseguro nas minas de carvão através, nomeadamente, de orientações de segurança. Os planos de implementação são também moldados aos

¹⁵ System Dynamics é uma abordagem e metodologia desenvolvida por Jay Forrester para entender o comportamento de sistemas complexos ao longo do tempo.

Artigo	Ferramenta	Descrição
		resultados obtidos da estatística realizada. Esta simulação considera uma abordagem por parte dos colaboradores em grupo e não individualmente.

No âmbito da ergonomia e avaliação dos PT, ambiente laboral e inclusivamente para tratar a questão do absentismo destaca-se Valverde et al. (2022) assim como ferramentas associadas à Manipulação Manual de Cargas (MMC; Skals et al., 2021).

No âmbito contexto dos laboratórios virtuais a ferramenta de simulação que incluem a ferramenta *Monte Carlo*, pode afirmar-se que a mesma tem um peso significativo no âmbito da avaliação por contaminação química nos PT. No âmbito da contaminação química destaca-se a preocupação por parte dos investigadores por conferirem o carácter cancerígeno associado a estas substâncias, especialmente em países da Ásia e na Área da produção de Tapeçarias (Dehghani, Kamalinia, et al., 2021; Dehghani, Omid, et al., 2021; Khoshakhlagh, Chuang, et al., 2023; Khoshakhlagh et al., 2022; Khoshakhlagh, Saberi, et al., 2023; Khoshakhlagh & Morais, 2022; Pourhassan et al., 2023; Sweeney, 2021).

A simulação de quase-acidentes é realizada com ferramentas que incluem ambientes imersivos para apelar a estes momentos que se tornam cruciais na prevenção de acidentes (Bellanca et al., 2023; Gasparello et al., 2022) assim como na prevenção e identificação de risco, nomeadamente na área da construção (Afzal & Shafiq, 2021c).

Existem ferramentas contextos ou conceitos mais atuais como é o caso de Park et al. (2021), para o uso de EPI, como por exemplo, área da saúde durante a Covid-19 - *loose-fitting powered air-purifying respirators* (PAPRs), e ainda uma ferramenta relativa à exposição de nanopartículas (Natale et al., 2022b).

No âmbito das ferramentas de Laboratórios Virtuais e Simulação foi feita também uma análise com o apoio da ferramenta VOSViewer tendo em consideração, novamente, as palavras-chave dos autores dos artigos científicos selecionados. Foram, portanto, utilizadas 77 palavras-chave, um número bastante inferior relativamente à RA/RV. Isto porque também dois dos artigos selecionados não incluíam palavras-chave e o número de artigos selecionados é significativamente inferior aos selecionados no âmbito de Ambiente Virtuais (RA/RV) e Gamificação.

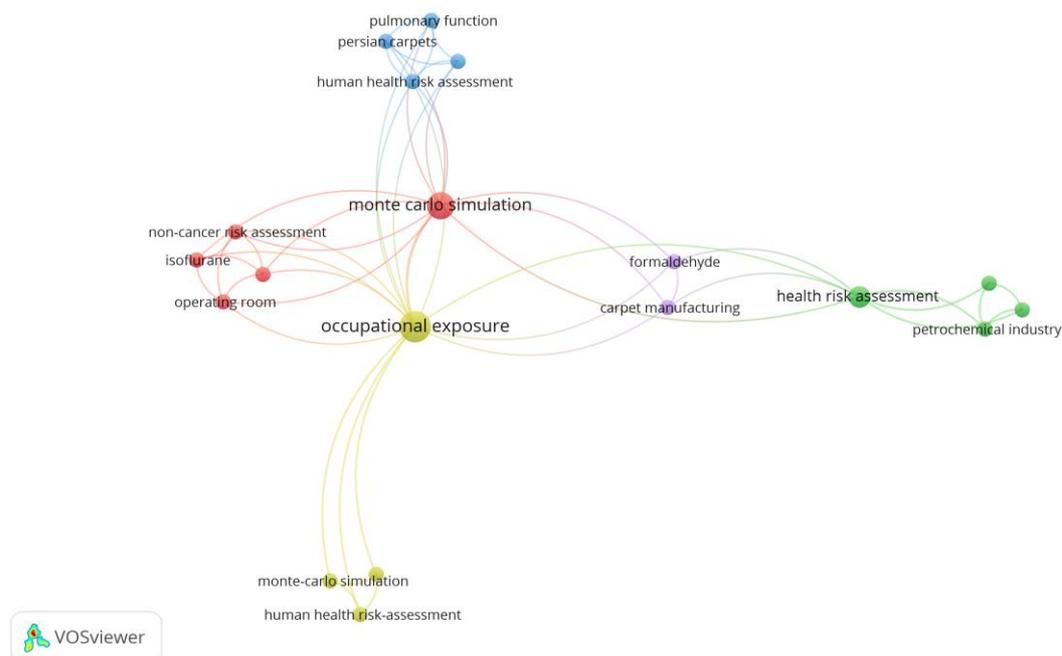


Figura 18: Relação estabelecida entre as palavras-chave dos autores dos artigos selecionados no PRIMA de laboratórios virtuais.

Pode-se observar na Figura 18 que existem termos predominantes referentes a laboratórios virtuais, de entre os quais, se destaca a ferramenta de simulação (Monte Carlo) assim como, devido à natureza desta ferramenta, a simulação por si só, isto porque a mesma acontece-se num ambiente de simulação que permite avaliar riscos e fazer previsões exatas de longo prazo, ou seja, neste caso é destacado o carácter de simulação que não implica necessariamente a estrutura de um laboratório virtual.

O “monte carlo simulation” apresenta-se separado nos *clusters* vermelho e amarelo devido ao facto de que, no primeiro (amarelo), está associado aos compostos orgânicos voláteis e à análise de risco em geral da Área dos Químicos (Khoshakhlagh, Saberi, et al., 2023; Khoshakhlagh & Morais, 2022).

No *cluster* vermelho, estão presentes substâncias químicas específicas (“isoflurane”) associada a “non-cancer risk assessment” e a “operating room” (Dehghani, Kamalinia, et al., 2021), mais concretamente, à Área da Saúde. Existe uma enorme preocupação, no geral, que associa o risco cancerígeno às substâncias químicas sendo que, na medição da exposição do colaborador a estas substâncias o que se pretende é obter sempre a presença ou ausência deste risco.

No *cluster* azul estão presentes a contaminação por inalação e o seu efeito disto na função pulmonar na indústria que se destaca neste PRISMA - indústria da manufatura de carpetes. Relacionado com o mesmo, no grupo roxo, é apresentada a substância “formadehyde” uma das substâncias com risco

cancerígeno acrescido e utilizada ainda no quotidiano de acordo com Khoshakhlagh et al. (2023) no âmbito da indústria petroquímica.

Deduz-se, portanto, desta análise que, maior parte dos laboratórios virtuais estão associados à simulação da possibilidade de risco cancerígeno e associados a químicos na indústria mais concretamente, na indústria de tapeçarias (Khoshakhlagh, Chuang, et al., 2023; Khoshakhlagh et al., 2022; Khoshakhlagh & Morais, 2022).

Contudo, além de não serem aqui associadas, foram desenvolvidas outras ferramentas que apresentam uma enorme utilidade como é o caso da ferramenta multidisciplinar desenvolvida por Leiden et al. (2022), que engloba Ergonomia e Gestão industrial e de processos e ferramentas para conteúdos que vão sendo objeto de maior estudo na atualidade como a ferramenta para análise de nanopartículas de Natale et al. (2022b). Curiosamente, verifica-se no âmbito de desenvolvimento desta tipologia de ferramentas, a preocupação pela área da Segurança, especialmente no que diz respeito à Segurança Mecânica como é o caso da ferramenta baseada em vídeos de Bellanca et al. (2023) e a ferramenta baseada num Simulador Multissensorial Imersivo para manuseamento de materiais e máquinas de Gasparello et al. (2022).

Por fim, é necessário sublinhar a importância da Ergonomia, quer no âmbito de ambientes virtuais quer neste âmbito de simulação, com ferramentas de simulação como *AnyBody Modeling System* (Skals et al., 2021) e DHM DELMIA V-5 (Valverde et al., 2022).

5.3 Plataforma OSHDigit

O projeto OSHDigit tem como finalidade fomentar o desenvolvimento das competências pedagógicas digitais dos professores universitários das disciplinas de SST e pretende estimular o uso e inclusão de ferramentas digitais no Ensino Superior, assim como, pretende fornecer-lhes orientação prática e formação.

O projeto com ID 2020-1-CZ01-KA226-HE-094463 teve início em junho de 2021 tendo terminado 24 meses depois. O mesmo contou com a contribuição da VŠB – Universidade técnica de Ostrava (Faculdade de Engenharia de Segurança), da AUVA- Allgemeine Unfallversicherungsanstalt de Áustria (Conselho de compensação de trabalhadores) tendo sido financiado pelo programa Erasmus+.

O projeto teve como objetivos específicos os seguintes:

OBJETIVO I: Melhorar as competências pedagógicas digitais dos professores universitários na disciplina de SST, orientando-os e formando-os.

OBJETIVO II: Equipar os professores com recursos eletrônicos e ferramentas de SST para utilização na aprendizagem digital.

OBJETIVO III: Promover o compartilhamento e a transferência de melhores práticas e abordagens inovadoras na aprendizagem digital de SST a nível universitário.

Neste contexto e no âmbito desta dissertação foram recolhidas diversas ferramentas tecnológicas. Inicialmente, a pesquisa foi feita tendo em conta um conjunto de plataformas associadas à área e conhecidas por disponibilizar recursos no âmbito de ensino e formação de trabalhadores (3.4) e depois, foi conduzida uma pesquisa para inclusão de plataformas dedicadas a cursos online sendo que, estas últimas não foram incluídas no âmbito do *website*, tendo sido apenas documentadas e reconhecidas para efeitos do ficheiro Excel (Anexo 1), inicialmente construído para reunir todos os recursos possíveis no âmbito de SST.

Foram também incluídas nas plataformas ferramentas que professores e investigadores destas três universidades acharam fundamentais e pertinentes no âmbito do Ensino Superior de SST.

As ferramentas recolhidas para a construção da plataforma do OSHDigit são ferramentas online e gratuitas para que todos possam ter acesso.

O site OSHDigit foi desenvolvida com a ferramenta *WordPress* e permite ao público aceder em primeiro lugar a informação relevante relacionada com o projeto e os seus parceiros e depois inclui também um *PBL-Guide* para ajudar os professores a implementar esta metodologia ativa e por fim, um conjunto de ferramentas para o ensino-aprendizagem no âmbito da Engenharia Humana que permite a ambas as partes (professores e alunos), ter acesso a materiais interativos relacionados com as diferentes temáticas no contexto do ensino e formação na área da Saúde e Segurança no Trabalho.



Figura 19: Página inicial da plataforma/site OSHDigit.

O desenho do projeto interdisciplinar (PBL) para a aprendizagem de SST consiste na aplicação de metodologias ativas de aprendizagem nos principais conteúdos das disciplinas da área. Para atingir a finalidade de construir uma aprendizagem multidisciplinar e para complementar esta prática à distância é necessário ter acesso a ferramentas interativas de ensino-aprendizagem para o suporte deste tipo de metodologias e processos de aprendizagem ativos. Relativamente ao guia de Aprendizagem Baseada em Projetos (*PBL-Guide*), o mesmo foi desenvolvido para apoiar o professor na implementação desta metodologia (PBL) centrada no aluno. Neste âmbito, em primeiro lugar, é importante explicar o objetivo desta metodologia. O PBL é uma abordagem educacional que se concentra no envolvimento dos alunos em projetos práticos do mundo real, para desenvolver a sua compreensão sobre conceitos académicos e aprimorar habilidades práticas importantes, além de desenvolver a aprendizagem ativa, o PBL promove a colaboração e o pensamento crítico. Esta abordagem caracteriza-se por envolver várias etapas, colaboração com os pares, um novo papel do professor e processo de ensino (*mentoring*), avaliação por pares e a produção de um produto como *output* (trabalho final). Neste caso particular, o Guia PBL desenvolvido e apresentado no OSHDigit inclui, para além das partes introdutória e explicativa, as seguintes secções e respetivos subcapítulos associados:

- Alunos;
- Equipa de coordenação do projeto;
- Papel do tutor;
- Descrição do projeto - Tópico e Descrição do objetivo do projeto;

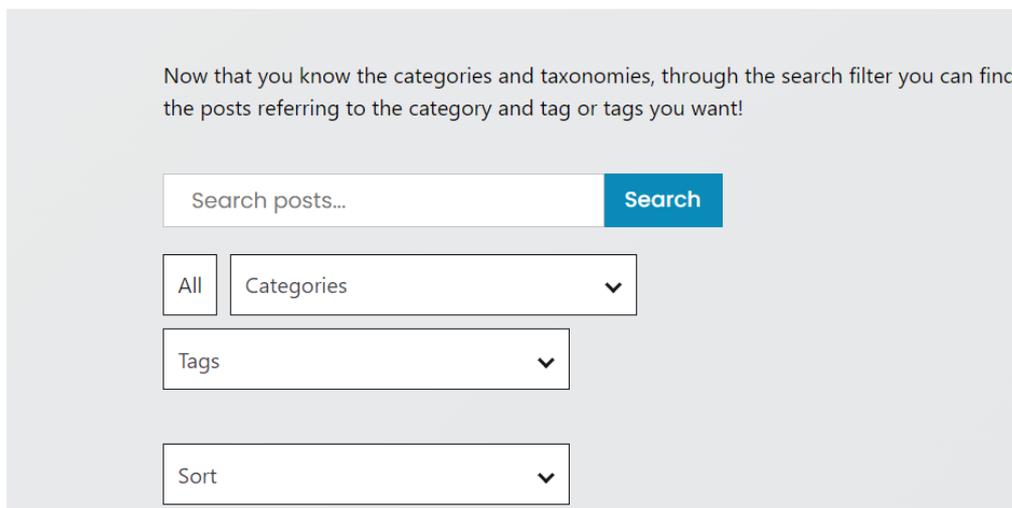
- Desenvolvimento de competências de pressupostos - Competências Transversais, Competências para SST; Competências específicas para cada área curricular;
- Organização do tempo - Organização da 1ª e 2ª semanas, Organização do ano letivo, Pontos de controlo;
- Avaliação;
- Avaliação pelos pares;
- Perceção e feedback dos alunos sobre a avaliação;
- Recursos;
- Bibliografia.

Este curso foi concebido para envolver as seguintes áreas: Ergonomia II; Higiene II; Segurança II; Análise e Estudo do Trabalho; Métodos e Técnicas de Análise em Ergonomia; Estatísticas Aplicadas à SST. Os diferentes tópicos contemplados no guia permitem aos professores aplicar esta metodologia de forma adequada, guiando-os por estes princípios e também, incluem instruções para lidar com os alunos, para a gestão do trabalho próprio e para a gestão do processo educativo, incluindo a avaliação. É importante e indispensável a utilização deste guia não só pelos diferentes professores envolvidos, mas também pelos alunos. Este guia ajudará os professores a implementar adequadamente esta metodologia e os alunos a obter conhecimentos reais para a integração no contexto laboral.

De forma complementar foi criado na plataforma o menu da “E-Platform” para equipar os docentes de ferramentas para utilizarem no contexto de EaD.

As ferramentas digitais encontram-se alocadas na secção “E-Platform”, o que permite aos docentes construir competências em digitalização e aos alunos aprofundar os seus conhecimentos práticos sobre as diferentes unidades curriculares relacionadas como a Ergonomia, a Saúde e a Segurança. Aqui podem encontrar-se diversas ferramentas interativas que permitem ensinar, desenvolver projetos práticos e recursos para proporcionar o estudo individual e a avaliação de conhecimentos.

Esta parte da página está organizada, inicialmente, em duas grandes partes: categorias de risco de acordo com o CCOSH e taxonomia por grupos. A primeira parte é composta pela Gestão de Riscos, Mecânicos (Segurança), Físicos, Biológicos, Químicos, Ergonômicos, Psicossociais e Riscos Emergentes. A seção de taxonomia é composta por quatro grupos que incluíram um conjunto de características relacionadas com os recursos: subprocesso de gestão de riscos (identificação de riscos, análise de riscos, avaliação de risco - 1ª fase tendo por base a ISO 31000-2018, avaliação de risco e tratamento de riscos), categoria (avaliação, quebra-gelo, cooperação em equipe, aprendizagem baseada em tempo real, atividade interativa, palestra, boa prática), nível de complexidade (elementar, abrangente), tempo necessário (curto (< 45m), longo (>= 45m) e tipo de recurso (vídeo, podcast (mp3), texto (PDF- *Portable Document Format*, word e infográfico), gamificação, simulação e ferramenta interativa (RA/RV).



Now that you know the categories and taxonomies, through the search filter you can find the posts referring to the category and tag or tags you want!

Search posts...

All Categories

Tags

Sort

Figura 20: Filtro disponível na "E-platform".

A E-plataforma inclui um filtro que permite um acesso rápido ao conteúdo pretendido. No entanto, é aconselhável fazer uma filtragem simples com uma categoria e uma *tag* para que, recursos diferentes não sejam exibidos, pois a pesquisa pode não ser tão eficaz e clara posteriormente, devido ao facto de a plataforma já possuir mais de 300 recursos o que dificulta o processo de filtragem. As ferramentas que incluem todas as categorias de risco de acordo com o CCOSH são classificadas como ferramentas de "Gestão Risco".

Este site e em particular a E-plataforma, dinamiza o ensino-aprendizagem ativo e permite desenvolver atividades à distância. No entanto, torna-se essencial desenvolver novas e mais sofisticadas ferramentas para uma abordagem mais próxima do contexto de trabalho, bem como desenvolver ferramentas para riscos emergentes e áreas deficitárias.

Grande parte das ferramentas recolhidas, do que é observado numa primeira instância, são documentos em formato PDF, vídeos, *Checklist* e ficheiros Excel, havendo um número inferior de ferramentas de RA/RV e de simulação ou gamificação.

É necessário, no âmbito dos objetivos específicos, perceber quais são os focos de desenvolvimento de ferramentas TIC para consequentemente, perceber o peso e importância dada a determinados conteúdos e assuntos da área. Isto é perceptível através da análise numérica da divisão das ferramentas tecnológicas recolhidas pelas diferentes áreas de risco. Pôde verificar-se que a categoria de risco (segundo a CCOSH) com o maior número de ferramentas (n=59) foi “Emerging Risk” (Risco Emergente). A explicação para este número pode prender-se com o facto de que esta categoria inclui riscos que começam, agora, a surgir e que têm sido atualmente um maior foco de pesquisa. Esta área de risco necessita, portanto, de especial atenção e, por conseguinte, de materiais e ferramentas para o estudo destas áreas ou risco a emergir. Destacam-se nesta área de risco, conteúdos correspondentes a nanomateriais, robótica colaborativa, inteligência artificial, stress, bem-estar, considerações sociais e éticas no trabalho e ainda, algumas ferramentas relacionadas com a Covid-19 e avaliação de medidas de contingência assim como, ferramentas referentes ao teletrabalho.

A segunda categoria de risco com maior número de ferramentas recolhidas (n=55) é a de “Risk Management” (Gestão de Risco) isto porque esta categoria inclui todas as tipologias de risco. Portanto, as ferramentas incluídas neste âmbito têm em consideração os diferentes riscos. Contudo, é importante referir que isto não significa que os materiais todos tenham de incluir todos os riscos existentes, mas sim considerar mais do que um. Curiosamente algumas das ferramentas incluídas neste âmbito têm por base a gamificação, mais concretamente, são jogos que imitam ambientes laborais como é o caso de Worksafe- portstool, SafePlus Tool e Pickled Game.

Com um número total de ferramentas idêntico, encontra-se a categoria de “Ergonomic Risk” (Risco ergonómico - n=54), sendo grande parte das ferramentas ficheiros Excel e *Checklist* dos diferentes métodos de avaliação ergonómica para MMC como MAC tool, RAPP tool, ART tool e algumas ferramentas de questionário aos colaboradores sobre mapeamento de possíveis lesões musculoesqueléticas relacionadas com MMC como o questionário nórdico e a Workstation Checklist da CDC. São apresentadas nesta categoria também algumas aplicações digitais de avaliação ergonómica.

Com 38 ferramentas recolhidas, encontra-se o risco físico com ferramentas para avaliação de ruído, vibrações, ambiente térmico e de exposição a radiações ionizantes e iluminação. Maior parte das ferramentas são ficheiros Excel para calcular a exposição dos colaboradores no PT, mas encontram-se

também ferramentas para realização de exercícios e estudos, grande parte destes provenientes da página RiskMan.

Com um número de ferramentas ligeiramente inferior, encontram-se os riscos de segurança e mecânico (n=32) e o risco químico.

Relativamente ao risco de segurança e mecânico, grande parte das ferramentas são referentes aos riscos presentes na interação homem-máquina e à condução de veículos, sendo que, existem ainda algumas referentes aos trabalhos em alturas e às lesões nas mãos. O risco químico inclui 32 ferramentas desde aplicações a E-tools como a da CCOSH e da OSHA, até exercícios do RiskMan e guias de classificação de químicos.

No que diz respeito ao risco psicossocial, o mesmo inclui 31 ferramentas. Esta área e os riscos a si associados impulsionaram, durante e após a época de Covid-19, a criação de um grande número de recursos de entre os quais se destacam recurso da área da saúde mental, especialmente, associados ao teletrabalho, mas também ao stress, ao equilíbrio trabalho-casa e ao género, problemáticas que carecem de atenção e que cada vez mais são objeto de atenção como é o caso das ferramentas incluídas neste âmbito na plataforma.

Com um menor número e sendo a categoria de risco com menos ferramentas recolhidas (n=2) está a categoria dos riscos biológicos. Foi apenas encontrado um vídeo explicativo dos diferentes riscos biológicos e fatores ocupacionais que podem levar à exposição aos mesmos e um pequeno PDF.

Existem ainda materiais que incluem 2 áreas, mas que não se incluem no contexto de gestão de risco isto porque, não incluem as diferentes fases de avaliação dos riscos (identificação de risco; análise de risco; avaliação de risco - 1ª fase tendo por base a ISO 31000-2018; avaliação de risco e tratamento do risco). Assim coletou-se 2 ferramentas para o conjunto dos riscos biológicos e químicos, 2 para riscos emergentes e biológicos e por fim, 2 para riscos emergentes e ergonómicos.

Percebeu-se, através da divisão das categorias presentes na sub-gestão de risco que o número de ferramentas para a identificação de risco e tratamento é muito superior (n=108) ao número de ferramentas que incluem todas as etapas, ou seja, as ferramentas que estão incluídas no âmbito da gestão de risco (desde a sua identificação até ao seu tratamento) é menor (n=87).

No que diz respeito às categorias relacionadas com a aplicabilidade das ferramentas, as TIC mais encontradas (n=8) pertence à categoria de “Good Practice”, isto significa que, estão associadas a boas práticas e a uma adoção de cultura e procedimentos de segurança. Para além de boa prática, existe

uma outra ferramenta que pertence a boas práticas, e é também incluída no contexto de atividade interativas (n=1). Existem outras ferramentas que, para além de boas práticas, consideram também a metodologia de ensino de PBL (n=15) contudo, grande parte das mesmas (n=39) estabelecem uma relação com a tipologia de “Ice-breaker” ou “quebra-gelo” ferramentas que são utilizadas no início da aula para perceber o conhecimento prévio que os alunos têm sobre os conteúdos sendo que 2 destas, podem ser também usadas no âmbito de PBL. Uma vez que, a plataforma foi desenvolvida para o âmbito da aplicação desta metodologia no contexto do Ensino Superior em SST, as ferramentas para aplicar neste âmbito são 41 no total. Existem 5 ferramentas que podem ser utilizadas no âmbito de avaliação sumativa e outras 5 referentes a guias ou legislação aplicada no contexto laboral. Estão disponíveis ainda 13 ferramentas, para aplicar no âmbito de PBL, que podem ser utilizadas para desenvolver atividades interativas. Contudo, não foram encontradas ferramentas para incluir nas categorias de “Team cooperation” e “lecture”.

No que diz respeito ao grau de complexidade, os materiais podem ser elementares ou complexos, isto é, os materiais que constituem o grau elementar são menos complexos e de maior facilidade de compreensão por parte dos alunos do que os de grau complexo. No grau elementar foram incluídas 80 ferramentas sendo que as restantes (n=226) são de nível complexo.

No que diz respeito ao tempo que as mesmas ocupam da aula, pode concluir-se que 165 são de curta duração (tempo de visualização inferior a 45 minutos) e 141 são de longa duração (tempo superior a 45 minutos).

Por fim, no que concerne à tipologia de ferramentas incluídas no site, grande parte das mesmas são ficheiros PDF (n=93) ou Excel (n=3) sendo que, Excel com formato *Checklist* existem ainda mais 2 e com guia de texto existe mais um recurso.

É importante para o âmbito também desta dissertação, sublinhar que foram recolhidas 75 “Interactive tool” que são ferramentas interativas e dinâmicas que permitem em contexto educativo uma maior dinamização das atividades. Estas ferramentas geralmente estão sediadas em *websites* e podem incluir texto, ficheiros Excel e até vídeo. Destas ferramentas, 8 são aplicações. Existem ainda 8 podcasts (mp3) contudo, relativamente às restantes tipologias de ferramentas (board game, simulation e RA/RV) não foram incluídas ferramentas uma vez que, até à data da seleção de ferramentas através do método PRISMA (pesquisas realizadas posteriormente), não foram encontradas nenhuma ferramenta que estivesse disponível em plataformas.

De forma sucinta e para concluir, atualmente a plataforma inclui um total de 306 ferramentas ainda assim percebe-se que, no ponto de vista de interatividade e inclusão de recursos mais imersivos e que incluem outras realidades como a realidade virtual ou aumentada ou até mista, a plataforma não consegue incluir nenhuma ferramenta desta tipologia, lacuna preenchida aquando das ferramentas recolhidas nos artigos científicos. Claro que, o grau de complexidade da aplicabilidade de ferramentas mais sofisticadas é superior, o que requer que haja uma maior adaptabilidade, conhecimento técnico e capacidade do professor para utilizar estas TIC, o que leva a perceber o porquê de as mesmas não serem facilmente encontradas em plataformas, conduzindo à necessidade de procura das mesmas junto de artigos científicos.

6. CONCLUSÕES

No presente capítulo encontram-se as principais conclusões sobre a investigação (6.1), de acordo com os resultados obtidos, as principais limitações sentidas durante a realização deste projeto (6.2.) e as recomendações para futuras investigações (6.3).

6.1 Conclusões da investigação

A presente dissertação intitula-se de “Avaliação de ferramentas tecnológicas para o Ensino de Ergonomia, Saúde e Segurança” e teve como objetivo avaliar, catalogar e compreender a aplicação e uso de ferramentas tecnológicas para o ensino superior nesta área. Contudo, de forma mais generalista, este trabalho pretende elucidar a comunidade educativa da existência destas ferramentas e da possibilidade de integração das mesmas no contexto de ensino-aprendizagem.

Numa fase embrionária da pesquisa foi escrito um artigo - “ICT tools use in the scope of education in Engineering: a systematic review” que fez evidenciar a importância das ferramentas “Virtual environments - AR/VR” ou mais concretamente ambientes virtuais que devido à natureza e grande associação com “digital games” ou gamification foram associados a esta tipologia de ferramentas (ambientes virtuais e RA/RV) e por fim, no mesmo patamar de importância, “virtual laboratory” e “simulation”, isto é, laboratórios virtuais e simulação, conceitos que também estabeleciam uma forte relação entre si. Portanto, e devido a este comportamento observado nas conclusões obtidas desta revisão sistemática de literatura percebeu-se que, as mesmas ocupavam já um lugar de destaque na configuração da evolução das TIC para Engenharia, no âmbito do Ensino Superior.

Posteriormente, começaram a ser recolhidas as ferramentas digitais no âmbito da criação do repositório sediado na página de OSHDigit e que, podem ser potencializadas para o contexto de ensino (processo de aconteceu até meados da entrega deste trabalho), percebendo-se aqui também, que existia de facto uma carência de ferramentas da tipologia das supramencionadas.

Assim sendo, de forma a suprir a falta destas ferramentas foi utilizado o método PRISMA, para cada grupo conceitual, para recolher ferramentas de ambientes virtuais (RA/RV) incluindo jogos educativos (gamificação) tendo sido utilizado este mesmo método no âmbito de laboratórios virtuais e inclusive ferramentas de simulação.

Destas recolhas foram obtidas 36 ferramentas educativas no âmbito de ambientes virtuais e gamificação uma vez que, relativamente a laboratórios virtuais e simulação foram apenas encontradas 20.

Relativamente aos ambientes virtuais e às realidades aumentada e virtual percebeu-se que estão a emergir ferramentas que se preocupam com a interação e interface homem-máquina como é também o caso do uso do Digital Twin, assim como, dos robôs colaborativos. Ainda neste contexto, a RV com recurso a Gamificação é muito utilizada destacando-se ferramentas para a indústria 4.0 e processos, segurança em geral e inclusivamente no uso de EPI's e por fim, para a área de ergonomia nomeadamente redesenho de postos de trabalho. Ainda foram recolhidas ferramentas no âmbito dos químicos/substâncias perigosas. Nota-se que no geral existe um conjunto de ferramentas que incluir os diferentes riscos ocupacionais (ferramentas que são desenvolvidas para um desenvolvimento global da prevenção nas diferentes áreas de risco em simultâneo) e campos de ensino em SST contudo, as ferramentas são sobretudo potencializadas para as áreas da construção e do combate a incêndios o que pode ser um pouco limitador para o contexto de sala de aula onde deve ser utilizado um material/ferramenta mais generalista face à sua aplicabilidade para os diferentes contextos laborais.

No que diz respeito aos Laboratórios Virtuais e Simulação, a análise com o programa VosViewer não intensificou algumas relações existente e recolhidas aquando da análise dos artigos recolhidos através do método PRISMA, contudo, definiu o foco das ferramentas desenvolvidas neste contexto que está essencialmente relacionado com a ferramenta Monte Carlo em especial, no âmbito da simulação. De facto, uma boa parte dos artigos inclui esta ferramenta para perceber o risco cancerígeno e não-cancerígeno de substâncias químicas especialmente na indústria da tapeçaria. Contudo, existem ainda ferramentas no âmbito da Ergonomia que proporcionam uma análise completa e dinâmica do PPT assim como, do manuseamento de utensílios e de cargas no contexto laboral.

É dado destaque também à área da Segurança onde são apresentadas ferramentas que se preocupam com as falhas latentes e ativas como a ferramenta SAOHSM (usando DES), de segurança em geral, de uso de EPIs, de BIM, ambiente térmico e também de nanopartículas.

Além de parecer numa primeira leitura que maior parte das ferramentas estão associadas à avaliação de contaminação química ainda assim as restantes, pela análise feita, vêm excluir ou tentar colmatar as necessidades do mercado de trabalho, contudo, o conhecimento, especialmente prático, é necessário para uma devida aplicação dos conceitos apreendidos aquando da aquisição de conhecimento sobre cada uma das áreas envolventes no âmbito de Ergonomia, Saúde e Segurança no trabalho.

No que diz respeito à página ou plataforma OSHDigit a mesma conta, atualmente, com 306 ferramentas de várias tipologias, durações, graus de dificuldade e ainda, no que diz respeito a avaliação de risco, para gestão de risco e, uma grande parte das mesmas, para identificação e tratamento de risco. Deduz-

se que isto acontece porque muitas vezes os materiais não são idealizados com a finalidade de calcular a magnitude do risco, mas sim dar a conhecer o risco e perceber as medidas de contenção que podem ser aplicadas ao mesmo. A página permite ter acesso a um grande número de ficheiros PDF, ficheiros Excel/folhas de cálculo, *checklist* e *podcasts* (mp3) tendo um número ligeiramente mais baixo de “Interactive tools” e de momento, uma vez que da pesquisa aleatória realizadas não foram encontrados recursos e ainda não foram colocados os obtidos aqui com a recolha através do método PRISMA, não contem com recursos de RA/RV ou simulação. Isto acontece porque, muitas destas ferramentas interativas não são facilmente acessíveis e carecem de um guião explicativo ou da leitura dos artigos e sumarização dos mesmos, processo demorado e que ainda assim, pode não ser suficiente para a devida utilização destas ferramentas. A plataforma OSHDigit, como inerente à sua natureza exploratória e sobretudo em constante desenvolvimento, necessitará de ser melhorado e idealmente seriam atualizadas as ferramentas e acrescentadas mais TIC desenvolvidas exclusivamente para o contexto de ensino-aprendizagem.

É necessário e de acordo com as exigências presentes atualmente no mercado de trabalho, estimular a autonomia, pensamento cognitivo, crítico e criativo através de um saber alicerçado e transversal dos conteúdos científicos, técnicos e tecnológicos. Para tal o formato educativo e a figura que o professor ocupa no processo educativo devem ser moldáveis e flexíveis, resilientes e munidos da capacidade de se adaptar a novas estratégias e metodologias de ensino, ter o cuidado de moldar a aprendizagem aos diferentes perfis de alunos (individualizando-a) e sobretudo, melhorando progressivamente a sua forma de lecionar e de transmitir conhecimento para promover no aluno, um futuro profissional completo, capaz de fazer uso do seu conhecimento, aplicando-o no contexto de trabalho de acordo com uma visão holística e multidisciplinar.

No ensino da Engenharia, especialmente da Ergonomia, Saúde e Segurança é vital que todos estes aspetos sejam conferidos nos indivíduos que exercem ou que futuramente exercerão nestas áreas para que se promova e garanta o desenvolvimento das organizações e consequentemente da sociedade do quotidiano e futura.

6.2 Limitações associadas à investigação

A maior limitação encontrada no desenvolvimento deste projeto foi o tempo. Contudo, existem razões associadas a esta limitação como foi o caso da escolha das palavras-chave para iniciar a pesquisa, isto porque, em cada um dos conceitos, a utilização de termos era ambígua, tendo sido difícil por vezes, encontrar os termos-chave a serem utilizados.

Outra limitação encontrada foi o facto de não ter estabelecido no âmbito da pesquisa apenas uma tipologia de ferramenta, o que tornou a pesquisa mais exaustiva e conseqüentemente, limitou o conhecimento mais aprofundado sobre as mesmas, levando os leitores deste trabalho a conhecer apenas a generalidade da utilidade das ferramentas não sendo possível especificar características e aspetos mais específicos sobre as mesmas.

Uma outra limitação associada ao tempo e delimitação de tarefas no decorrer do mesmo, prende-se com o facto de a realização das revisões sistemáticas de literatura, através da utilização do método PRISMA, ser bastante complexa e requerer muito tempo, o que condicionou a continuação da pesquisa de ferramentas especificamente para áreas de risco em que se verificava um menor número de TIC recolhidas.

O constrangimento temporal teve também impacto na recolha de ferramentas colaborativas, limitando o foco da investigação à recolha de ferramentas desenvolvidas no âmbito da área de SST em detrimento de ferramentas colaborativas genéricas.

Por fim, sendo um trabalho puramente de pesquisa e de análise quantitativa através de dados qualitativos não permitiu contar mais afincadamente com uma contribuição do meio académico para recolher opiniões, ideias e conhecimentos que os mesmos tenham sobre as ferramentas ou até mesmo, ferramentas que os mesmos considerem imprescindíveis para o ensino ou para o contexto laboral que devem ser apresentadas ou materializadas para o contexto educativo e que deviam ser apresentadas no âmbito da dissertação.

6.3 Recomendações para futuras investigações

De forma a ajudar futuras investigações realizadas neste âmbito são referidas algumas recomendações que permitem obter, com base no que foi observável da realização deste trabalho, melhores resultados.

A primeira recomendação, e tendo em consideração o que foi referido nas limitações, é necessário ter em consideração uma boa escolha de palavras-chave para que a pesquisa seja realizada devidamente de acordo com o âmbito em que se pretende realizar a pesquisa. Uma vez que o número de artigos sobre determinado assunto é cada vez maior, temos de ter em consideração os autores mais importantes que escrevem sobre o mesmo e posteriormente recolher junto dos mesmos as palavras-chave associadas à temática. Conseqüentemente, se o fizermos, a escrita da *query* para a realização de uma revisão sistemática de literatura, será mais fácil e, portanto, menos demorosa, acrescentando valor aos artigos recolhidos para a aplicação do método PRISMA.

Acredita-se que seja importante perceber de que forma é que os alunos interagem com as ferramentas em contexto presencial e à distância para compreender se os mesmos conseguem manusear devidamente as ferramentas e de forma autónoma.

É recomendado ter em consideração também as ferramentas que são utilizadas no contexto laboral, isto porque, é necessário que os alunos tenham conhecimentos sobre estas ferramentas tecnológicas que vão ter de manusear no quotidiano do desempenho das suas funções. Esta preocupação carece de destaque porque, na eventualidade destas ferramentas serem complexas, o que acontece à medida que a evolução tecnológica é cada vez mais crescente, os futuros Técnicos de Saúde e Segurança no Trabalho necessitam de estar preparados para utilizar devidamente estas mesmas ferramentas.

Assim sendo, é determinante criar uma sinergia entre a academia e as organizações para que ambos partilhem, categorizem e deem a conhecer as TIC existentes na área para uma maior disseminação da prática e utilização das mesmas nos diferentes contextos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adami, P., Rodrigues, P. B., Woods, P. J., Becerik-Gerber, B., Soibelman, L., Copur-Gencturk, Y., & Lucas, G. (2021). Effectiveness of VR-based training on improving construction workers' knowledge, skills, and safety behavior in robotic teleoperation. *Advanced Engineering Informatics*, *50*, 101431. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2021.101431>
- Adami, P., Rodrigues, P. B., Woods, P. J., Becerik-Gerber, B., Soibelman, L., Copur-Gencturk, Y., & Lucas, G. (2022). Impact of VR-Based Training on Human–Robot Interaction for Remote Operating Construction Robots. *Journal of Computing in Civil Engineering*, *36*(3). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)cp.1943-5487.0001016](https://doi.org/10.1061/(asce)cp.1943-5487.0001016)
- Adão, A., & Serrote, L. (n.d.). *A Utilização do Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA), na Disciplina de Didática do Curso de Pedagogia, como reforço para aprendizagem presencial: O caso da Escola Superior Politécnica de Malanje (Versão após defesa) Supervisão pedagógica.*
- Afzal, M., & Shafiq, M. T. (2021a). Evaluating 4d-bim and vr for effective safety communication and training: A case study of multilingual construction job-site crew. *Buildings*, *11*(8), 319. <https://doi.org/10.3390/buildings11080319>
- Afzal, M., & Shafiq, M. T. (2021b). Evaluating 4d-bim and vr for effective safety communication and training: A case study of multilingual construction job-site crew. *Buildings*, *11*(8), 319. <https://doi.org/10.3390/buildings11080319>
- Afzal, M., & Shafiq, M. T. (2021c). Evaluating 4d-bim and vr for effective safety communication and training: A case study of multilingual construction job-site crew. *Buildings*, *11*(8), 319. <https://doi.org/10.3390/buildings11080319>
- Ainley, J., Schulz, W., & Fraillon, J. (2016). A global measure of digital and ICT literacy skills. In *Education for people and planet: Creating sustainable futures for all.*
- Alkhowailed, M. S., Rasheed, Z., Shariq, A., Elzainy, A., El Sadik, A., Alkhamiss, A., Alsolai, A. M., Alduraibi, S. K., Alduraibi, A., Alamro, A., Alhomaidan, H. T., & Al Abdulmonem, W. (2020). Digitalization plan in medical education during COVID-19 lockdown. *Informatics in Medicine Unlocked*, *20*, 100432. <https://doi.org/10.1016/j.imu.2020.100432>
- Almusharraf, N. M., & Khahro, S. H. (2020). Students' Satisfaction with Online Learning Experiences during the COVID-19 Pandemic. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, *15*(21), 246–267. <https://doi.org/10.3991/ijet.v15i21.15647>

- Alqurshi, A. (2020). Investigating the impact of COVID-19 lockdown on pharmaceutical education in Saudi Arabia – A call for a remote teaching contingency strategy. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 28(9), 1075–1083. <https://doi.org/10.1016/j.jsps.2020.07.008>
- Altun, T., Akyıldız, S., Gülay, A., & Özdemir, C. (2021). Investigating education faculty students' views about asynchronous distance education practices during COVID-19 isolation period. *Psycho-Educational Research Reviews*, 10(1), 34–45. <https://journals.lapub.co.uk/index.php/perr/article/view/1710>
- Alves, A. C., Moreira, F., Leão, C. P., Fernandes, S., Leao, C. P., & Fernandes, S. (2020). Ten Years of Positive Feedback on Project-Based Learning From First-Year Engineering Students' Perspective. *ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition, Proceedings (IMECE)*, 9, 1–10. <https://doi.org/10.1115/IMECE2020-23212>
- Alves, A. C., Moreira, F., & Sousa, R. M. (2007). O papel dos tutores na aprendizagem baseada em projectos: três anos de experiência na Escola de Engenharia da Universidade do Minho. *Libro de Actas Do Congreso Internacional Galego-Portugués de Psicopedagogía. A. Coruña/Universidade Da Coruña: Revista Galego-Portuguesa de Psicoloxía e Educación.*, 1, 1759–1770. <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/18278>
- Alves-Mazzotti, A. J., & Gewandsznajder, F. (1998). *O método nas Ciências Naturais e Sociais: Pesquisa Quantitativa e Qualitativa* (P. T. Learning, Ed.).
- Amashi, R., Koppikar, U., Vijayalakshmi, M., & Kandakatla, R. (2022). Investigation of Student's Engagement in Blended PBL-based Engineering Course and its Influence on Performance. *IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON, 2022-March*, 174–179. <https://doi.org/10.1109/EDUCON52537.2022.9766541>
- Antonelli, D., Christopoulos, A., Laakso, M. J., Dagienė, V., Juškevičienė, A., Masiulionytė-Dagienė, V., Mądział, M., Stadnicka, D., & Stylios, C. (2023). A Virtual Reality Laboratory for Blended Learning Education: Design, Implementation and Evaluation. *Education Sciences*, 13(5), 528. <https://doi.org/10.3390/educsci13050528>
- Antón-Sancho, Á., & Sánchez-Calvo, M. (2022). Influence of Knowledge Area on the Use of Digital Tools during the COVID-19 Pandemic among Latin American Professors. *Education Sciences*, 12(9). <https://doi.org/10.3390/educsci12090635>

- Arifin, Z., Nurtanto, M., Priatna, A., Kholifah, N., & Fawaid, M. (2020). Technology Andragogy Work Content Knowledge Model as a New Framework in Vocational Education: Revised Technology Pedagogy Content Knowledge Model. *TEM Journal*, 9(2), 786–791. <https://doi.org/10.18421/TEM92-48>
- Arkorful, V. (2014). The role of e-learning, the advantages and disadvantages of its adoption in Higher Education. *International Journal of Education and Research*, 2(12). www.ijern.com
- Ayyildiz, E., & Taskin Gumus, A. (2021). A novel distance learning ergonomics checklist and risk evaluation methodology: A case of Covid-19 pandemic. *Human Factors and Ergonomics In Manufacturing*, 31(4), 397–411. <https://doi.org/10.1002/hfm.20908>
- Bailey, C. J., & Card, K. A. (2009). Effective pedagogical practices for online teaching: Perception of experienced instructors. *Internet and Higher Education*, 12(3–4), 152–155. <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2009.08.002>
- Barbosa, J., Leão, C. P., Costa, N., & Costa, S. (2023). ICT tools use in the scope of education in Engineering: a systematic review. *International Symposium on Project Approaches in Engineering Education*. ISSN 2183-1378
- Batyrkhanov, A. G., Sadirmekova, Z. B., Sambetbayeva, M. A., Nurgulzhanova, A. N., Ismagulova, Z. S., & Yerimbetova, A. S. (2022). Development of methods and technologies for creating intelligent scientific and educational internet resources. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, 11(5), 2968–2977. <https://doi.org/10.11591/eei.v11i5.3075>
- Becker, L., Nilsson, T., de Medeiros, P. T. A., & Rometsch, F. (2023). *Augmented Reality in Service of Human Operations on the Moon: Insights from a Virtual Testbed*. <https://doi.org/10.1145/3544549.3585860>
- Bellanca, J. L., Macdonald, B., Navoyski, J., Hrica, J. K., Orr, T. J., Demich, B., & Hoebbel, C. L. (2023). Using Near-Miss Events to Create Training Videos. *Mining, Metallurgy and Exploration*. <https://doi.org/10.1007/s42461-023-00774-6>
- Benešová, A., & Tupa, J. (2017). Requirements for Education and Qualification of People in Industry 4.0. *Procedia Manufacturing*, 11, 2195–2202. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.366>
- Bochkovskyi, A. P., & Sapozhnikova, N. Y. (2021). Development of system of automated occupational health and safety management in enterprises. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 107(1), 28–41. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0015.2454>

- Braat-Eggen, P. E., van Heijst, A., Hornikx, M., & Kohlrausch, A. (2017). Noise disturbance in open-plan study environments: a field study on noise sources, student tasks and room acoustic parameters. *Ergonomics*, *60*(9), 1297–1314. <https://doi.org/10.1080/00140139.2017.1306631>
- Cabrera-Ormaza, M. V. (2018). *International Labour Organization* (pp. 227–249). https://doi.org/10.1007/978-981-10-5206-4_26
- Calandra, D., Praticò, F. G., Migliorini, M., Verda, V., & Lamberti, F. (2021a). A multi-role, multi-user, multi-technology virtual reality-based road tunnel fire simulator for training purposes. *VISIGRAPP 2021 - Proceedings of the 16th International Joint Conference on Computer Vision, Imaging and Computer Graphics Theory and Applications*, *1*, 96–105. <https://doi.org/10.5220/0010319400960105>
- Calandra, D., Praticò, F. G., Migliorini, M., Verda, V., & Lamberti, F. (2021b). A multi-role, multi-user, multi-technology virtual reality-based road tunnel fire simulator for training purposes. *VISIGRAPP 2021 - Proceedings of the 16th International Joint Conference on Computer Vision, Imaging and Computer Graphics Theory and Applications*, *1*, 96–105. <https://doi.org/10.5220/0010319400960105>
- Camilleri, M. A., & Camilleri, A. C. (2019). The acceptance and use of mobile learning applications in higher education. *ACM International Conference Proceeding Series*, 25–29. <https://doi.org/10.1145/3371647.3372205>
- Carrillo, C., & Flores, M. A. (2020). COVID-19 and teacher education: a literature review of online teaching and learning practices. *European Journal of Teacher Education*, *43*(4), 466–487. <https://doi.org/10.1080/02619768.2020.1821184>
- Casey, D. M. (2008). A journey to legitimacy: The historical development of distance education through technology. *TechTrends*, *52*(2), 45–51. <https://doi.org/10.1007/S11528-008-0135-Z>
- Catling, J. C., Bayley, A., Begum, Z., Wardzinski, C., & Wood, A. (2022). Effects of the COVID-19 lockdown on mental health in a UK student sample. *BMC Psychology*, *10*(1), 1–7. <https://doi.org/10.1186/s40359-022-00732-9>
- Chan, C., & Fok, W. (2009). Evaluating learning experiences in virtual laboratory training through student perceptions: a case study in Electrical and Electronic Engineering at the University of Hong Kong. *Engineering Education*, *4*(2), 70–75. <https://doi.org/10.11120/ened.2009.04020070>

- Chan, P., Van Gerven, T., Dubois, J. L., & Bernaerts, K. (2021). Design and Development of a VR Serious Game for Chemical Laboratory Safety. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 13134 LNCS, 23–33. https://doi.org/10.1007/978-3-030-92182-8_3
- Chen, N. S., & Hwang, G. J. (2015). Transforming the classrooms: Innovative digital game-based learning designs and applications. *Educational Technology Research and Development*, 62(2), 125–128. <https://doi.org/10.1007/s11423-014-9332-y>
- Cheng, Y. C. (2002). Second International Handbook of Educational Leadership and Administration. In *Second International Handbook of Educational Leadership and Administration*. Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-010-0375-9>
- Chickering, A. W., & Gamson, Z. F. (1989). Seven principles for good practice in undergraduate education. *Biochemical Education*, 17(3), 140–141. [https://doi.org/10.1016/0307-4412\(89\)90094-0](https://doi.org/10.1016/0307-4412(89)90094-0)
- Chiou, P. Z. (2020). Learning cytology in times of pandemic: an educational institutional experience with remote teaching. *Journal of the American Society of Cytopathology*, 9(6), 579–585. <https://doi.org/10.1016/j.jasc.2020.05.004>
- ChristensenRhonda, & KnezekGerald. (2018). Reprint of Readiness for integrating mobile learning in the classroom. *Computers in Human Behavior*, 78, 379–388. <https://doi.org/10.1016/J.CHB.2017.07.046>
- CIPD Learning Hub: Courses & Training - CIPD | CIPD* (96–110). (1996). <https://www.cipd.org/uk/learning/short-courses/learning-hub/>
- Collis, B. (1996). *Tele-learning in a Digital World: The future of distance learning*. International Thomson Computer Press. [https://www.scirp.org/\(S\(351jmbntvnsjt1aadkposzje\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferencelD=590451](https://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkposzje))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferencelD=590451)
- Coppi, M., Fialho, I., Cid, M., Leite, C., & Monteiro, A. (2022). O uso de tecnologias digitais em educação: caminhos de futuro para uma educação digital. *Praxis Educativa*, 17, 1–20. <https://doi.org/10.5212/praxeduc.v.17.19842.055>
- Coşkun, S., Kayıkcı, Y., & Gençay, E. (2019). Adapting Engineering Education to Industry 4.0 Vision. *Technologies*, 7(1), 10. <https://doi.org/10.3390/technologies7010010>

- Cousera. (n.d.). Retrieved July 7, 2023, from <https://www.coursera.org/search?query=safety and health work>
- CPWR | A world leader in construction safety and health research and training. (n.d.). Retrieved July 7, 2023, from <https://www.cpwr.com/>
- Crompton, H. (2013). A historical overview of mobile learning: Toward learner-centered education. In *Handbook of Mobile Learning*. https://www.academia.edu/5601076/A_historical_overview_of_mobile_learning_Toward_learner_centered_education
- Da Silva Reis, R., Silva Leite, B., & Brito Carneiro Leão, M. (2018). Apropriação das Tecnologias da Informação e Comunicação no ensino de ciências: uma revisão sistemática da última década (2007-2016). *Renote*, 15(2). <https://doi.org/10.22456/1679-1916.79232>
- Danish, J., & Hmelo-Silver, C. E. (2020). On activities and affordances for mobile learning. *Contemporary Educational Psychology*, 60. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2019.101829>
- De Grez, L., Valcke, M., & Roozen, I. (2009). The impact of an innovative instructional intervention on the acquisition of oral presentation skills in higher education. *Computers and Education*, 53(1), 112–120. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.01.005>
- Dehghani, F., Kamalinia, M., Omid, F., & Fallahzadeh, R. A. (2021). Probabilistic health risk assessment of occupational exposure to isoflurane and sevoflurane in the operating room. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 207. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111270>
- Dehghani, F., Omid, F., Fallahzadeh, R. A., & Pourhassan, B. (2021). Health risk assessment of occupational exposure to heavy metals in a steel casting unit of a steelmaking plant using Monte-Carlo simulation technique. *Toxicology and Industrial Health*, 37(7), 431–440. <https://doi.org/10.1177/07482337211019593>
- Deighan, M. T., Ayobi, A., & O’Kane, A. A. (2023, April 19). Social Virtual Reality as a Mental Health Tool: How People Use VRChat to Support Social Connectedness and Wellbeing. *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings*. <https://doi.org/10.1145/3544548.3581103>
- Desai, D., Sen, S., Desai, S., Desai, R., & Dash, S. (2020). Assessment of online teaching as an adjunct to medical education in the backdrop of COVID-19 lockdown in a developing country-An online survey. *Indian Journal of Ophthalmology*, 68(11), 2399–2403. https://doi.org/10.4103/ijo.IJO_2049_20

- Dianatfar, M., Heshmatisafa, S., Latokartano, J., & Lanz, M. (2023). Feasibility Analysis of Safety Training in Human-Robot Collaboration Scenario: Virtual Reality Use Case. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 246–256. https://doi.org/10.1007/978-3-031-18326-3_25
- Dias, A., Rocha, L., Feliciano, P., & Cardoso, E. (2013). Panorama e-learning: observatório digital de língua portuguesa. *III Colóquio Luso-Brasileiro de Educação a Distância e Elearning*, 1–20. <https://repositorioaberto.uab.pt/handle/10400.2/2987>
- Dickey, M. D. (2005). Three-dimensional virtual worlds and distance learning: Two case studies of Active Worlds as a medium for distance education. *British Journal of Educational Technology*, 36(3), 439–451. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2005.00477.x>
- Disorders, M., & Factors, R. (2015). *Canadian Centre for Occupational Health and Safety*. Hepatitis B and the Health Worker. <https://www.ccohs.ca/>
- Domingues, N. (2017). *As Tecnologias de Informação e Comunicação: um recurso na promoção das aprendizagens*. Escola Superior de Educação Jean Piaget / Arcozelo.
- Draxler, F., Schneegass, C., & Niforatos, E. (2019). Designing for task resumption support in mobile learning. *Proceedings of the 21st International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services, MobileHCI 2019*. <https://doi.org/10.1145/3338286.3344394>
- Driscoll, M. (2002). Blended learning: Let's get beyond the hype. *E-Learning*, October, 54. http://www-07.ibm.com/services/pdf/blended_learning.pdf
- Dumford, A. D., & Miller, A. L. (2018). Online learning in higher education: exploring advantages and disadvantages for engagement. *Journal of Computing in Higher Education*, 30(3), 452–465. <https://doi.org/10.1007/s12528-018-9179-z>
- Earthman, G. I. (2002). School Facility Conditions and Student Academic Achievement. *UCLA's Institute for Democracy, Education, & Access University*, 2002(October), 1–18. <http://escholarship.org/uc/item/5sw56439>
- Educational Testing Service (ETS). (2002). *Digital Transformation: A framework for ICT literacy*. http://www.ets.org/Media/Tests/Information_and_Communication_Technology_Literacy/ictrepo rt.pdf

- Ellis, R. A., Ginns, P., & Piggott, L. (2009). E-learning in higher education: Some key aspects and their relationship to approaches to study. *Higher Education Research and Development*, 28(3), 303–318. <https://doi.org/10.1080/07294360902839909>
- El-Sabagh, H. A. (2021). Adaptive e-learning environment based on learning styles and its impact on development students' engagement. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 18(1), 1–24. <https://doi.org/10.1186/s41239-021-00289-4>
- Engelbrecht, J., Llinares, S., & Borba, M. C. (2020). Transformation of the mathematics classroom with the internet. *ZDM - Mathematics Education*, 52(5), 825–841. <https://doi.org/10.1007/s11858-020-01176-4>
- Epm International Ergonomics School*. (2021). <https://www.epmresearch.org/home>
- E-tools seminar on MSDs Mobile phone apps | Safety and health at work EU-OSHA*. (n.d.). Retrieved July 7, 2023, from <https://osha.europa.eu/en/tools-and-resources/seminars/e-tools-seminar-msds-mobile-phone-apps>
- EU OSHA. (2023). *European Agency for Safety & Health at Work - Information, statistics, legislation and risk assessment tools*. <https://osha.europa.eu/en>
- Faleh, A. A. (2011). Evaluating the effectiveness of the E-learning Experience in Some Universities in Saudi Arabia from Male Students' Perceptions [Durham University]. In *Durham University E-Theses for the Degree of Doctor of Philosophy* (Vol. 27). <http://etheses.dur.ac.uk>
- Fauville, G., Lantz-Andersson, A., & Säljö, R. (2014). ICT tools in environmental education: Reviewing two newcomers to schools. *Environmental Education Research*, 20(2), 248–283. <https://doi.org/10.1080/13504622.2013.775220>
- Felder, R. M., Stice, J. E., & Rugarcia, A. (2000). Future of engineering education. Part 6. Making reform happen. *Chemical Engineering Education*, 34(3), 208–214.
- Fernandes, S. R., Flores, M. A., & Lima, R. M. (2010). A aprendizagem baseada em projectos interdisciplinares: avaliação do impacto de uma experiência no ensino de engenharia. *Avaliação: Revista Da Avaliação Da Educação Superior (Campinas)*, 15(3), 59–86. <https://doi.org/10.1590/S1414-40772010000300004>
- Fernández, A., Rivera, F. M. La, & Mora-Serrano, J. (2023). Virtual Reality Training for Occupational Risk Prevention: Application Case in Geotechnical Drilling Works. *International Journal of Computational*

Methods and Experimental Measurements, 11(1), 55–63.
<https://doi.org/10.18280/ijcmem.110107>

Ferrari, A. (2013). Digital Competence in Practice: An Analysis of Frameworks. *Joint Research Centre of the European Commission*, 91. <https://doi.org/10.2791/82116>

FLETCHER, C. (2019). Educational Technology and the Humanities: *Debates in the Digital Humanities 2019*, 369–381. <https://doi.org/10.5749/j.ctvg251hk.33>

Flogie, A., Lakota, A. B., & Aberšek, B. (2018). The psychosocial and cognitive influence of ICT on competences of STEM students. *Journal of Baltic Science Education*, 17(2), 267–276. <https://doi.org/10.33225/jbse/18.17.267>

Flores, M. A., Margarida, A., Simão, V., Barros, A., Flores, P., Pereira, D., Fernandes, E. L., Ferreira, P. C., & Luís Costa, E. (2021). Ensino e aprendizagem à distância em tempos de COVID-19. *Revista Portuguesa de Pedagogia*, 55, e055001–e055001. https://doi.org/10.14195/1647-8614_55_1

Fraillon, J., Ainley, J., & Schulz, W. (2013). *International Computer and Information Literacy Study*. https://research.acer.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=1010&context=ict_literacy

Franks, J. R., Stephenson, M. R., & Merry, C. J. (1996). *PREVENTING OCCUPATIONAL HEARING LOSS- A PRACTICAL GUIDE-(with minor formatting changes)*. <http://www.cdc.gov/niosh/homepage.html>

Fredericks, S., Miranda, J., Sidani, S., & Abdul-Ali Farooqui, M. (2020). Identifying evidence informed psychological interventions during the COVID-19 pandemic: Rapid review of the literature. *Brain, Behavior, and Immunity - Health*, 9, 100171. <https://doi.org/10.1016/j.bbih.2020.100171>

Freire, L. L. (2022). *Método Integrado para Avaliação de Usabilidade em E-Learning*. <https://hdl.handle.net/1822/78087>

Gallou, E., & Abrahams, P. (2018). Creating space for active learning: (Opportunities from) using technology in research-based education. In *Shaping Higher Education with Students: Ways to Connect Research and Teaching*. <https://www.jstor.org/stable/j.ctt21c4tcm.27>

Galustyan, O. V., Solyankin, A. V., Skripkina, A. V., Shchurov, E. A., Semeshkina, T. V., & Ledeneva, A. V. (2020). Application of blended learning for formation of project competence of future engineers. *International Journal of Engineering Pedagogy*, 10(3), 106–113. <https://doi.org/10.3991/IJEP.V10I3.12251>

- García-Peñalvo, F. J., Casado-Lumbreras, C., Colomo-Palacios, R., & Yadav, A. (2020). Smart learning: Teaching and learning with smartphones and tablets in post compulsory education. In *Applied Sciences (Switzerland)* (Vol. 10, Issue 19, pp. 1–7). https://www.academia.edu/12512765/Smart_learning_teaching_and_learning_with_smartphones_and_tablets_in_post_compulsory_education
- García-Tudela, P. A., Prendes-Espinosa, M. P., & Solano-Fernández, I. M. (2020). Smart learning environments and ergonomics: An approach to the state of the question. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 9(2), 245–258. <https://doi.org/10.7821/naer.2020.7.562>
- Gasparello, P. S., Facenza, G., Vanni, F., Nicoletti, A., Piazza, F., Monica, L., Anastasi, S., Cristaudo, A., & Bergamasco, M. (2022). Use of mixed reality for the training of operators of mobile elevating work platforms with the aim of increasing the level of health and safety at work and reducing training costs. *Frontiers in Virtual Reality*, 3, 1034500. <https://doi.org/10.3389/frvir.2022.1034500>
- Gaytan, J., & McEwen, B. C. (2007). Effective online instructional and assessment strategies. *International Journal of Phytoremediation*, 21(1), 117–132. <https://doi.org/10.1080/08923640701341653>
- Gee, J. P. (2004). What Video Games Have to Teach Us about Learning and Literacy. *Education + Training*, 46(4), 175–178. <https://doi.org/10.1108/et.2004.00446dae.002>
- Portaria n.º 207-B/2014 de 8 de outubro, 194 Diário da República 1 (2014). <https://dre.pt/dre/detalhe/portaria/359-2019-125085420>
- Grasha, A. F., & Yangarber-Hicks, N. (2000). Integrating Teaching Styles and Learning Styles with Instructional Technology. *College Teaching*, 48(1), 2–10. <https://doi.org/10.1080/87567550009596080>
- Haleem, A., Javaid, M., Qadri, M. A., & Suman, R. (2022). Understanding the role of digital technologies in education: A review. *Sustainable Operations and Computers*, 3, 275–285. <https://doi.org/10.1016/j.susoc.2022.05.004>
- Han, Y., Wang, W., Chen, N., Zhong, Y., Zhou, R., Yan, H., Wang, J., & Bai, Y. (2022). A 5G-Based VR Application for Efficient Port Management. *World Electric Vehicle Journal*, 13(6). <https://doi.org/10.3390/wevj13060101>
- Hartley, R., & Zisserman, A. (2004). Multiple View Geometry in Computer Vision. In *Multiple View Geometry in Computer Vision* (2nd editio). <https://doi.org/10.1017/cbo9780511811685>

- Hasan, B., Al-Quorashy, Y., Al-Mousa, S., Al-Sahhaf, Y., & El-Abd, M. (2020). V-LAB - The virtual electric machines laboratory. *IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON, 2020-April*, 72–77. <https://doi.org/10.1109/EDUCON45650.2020.9125349>
- Hashimoto, N. (2023). Training Simulator for Manual Lathe Operation Using Motion Capture – Addition of Teaching Function and Evaluation of Training Effectiveness –. *Journal of Robotics and Mechatronics*, 35(1), 145–152. <https://doi.org/10.20965/jrm.2023.p0145>
- Hatlevik, O. E., & Christophersen, K. A. (2013). Digital competence at the beginning of upper secondary school: Identifying factors explaining digital inclusion. *Computers and Education*, 63, 240–247. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.11.015>
- Hejase, H., Beyrouti, N., & Hejase, A. (2002). *An Assessment of Distance Learning Perceptions in Lebanon*. Lebanese American University.
- Hernández-Chávez, M., Cortés-Caballero, J. M., Pérez-Martínez, Á. A., Hernández-Quintanar, L. F., Roa-Tort, K., Rivera-Fernández, J. D., & Fabila-Bustos, D. A. (2021). Development of virtual reality automotive lab for training in engineering students. *Sustainability (Switzerland)*, 13(17), 9776. <https://doi.org/10.3390/su13179776>
- Hernandez-De-Menendez, M., Escobar Díaz, C. A., & Morales-Menendez, R. (2008). *Engineering education for smart 4.0 technology: a review*. 14, 789–803. <https://doi.org/10.1007/s12008-020-00672-x>
- Hernandez-De-Menendez, M., & Morales-Menendez, R. (2019). Technological innovations and practices in engineering education: a review. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, 13(2), 713–728. <https://doi.org/10.1007/s12008-019-00550-1>
- Horton, W. (2006). Learning by design. In *Pfeiffer* (Vol. 100, Issue 3). <https://doi.org/10.1002/9781118256039>
- Hrastinski, S. (2009). A theory of online learning as online participation. *Computers and Education*, 52(1), 78–82. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2008.06.009>
- Hrastinski, S. (2019a). What Do We Mean by Blended Learning? *TechTrends*, 63(5), 564–569. <https://doi.org/10.1007/s11528-019-00375-5>
- Hrastinski, S. (2019b). What Do We Mean by Blended Learning? *TechTrends*, 63(5), 564–569. <https://doi.org/10.1007/s11528-019-00375-5>

- hse.gov. (2018). *HSE: Information about health and safety at work*. Www.Hse.Gov.Uk.
<https://www.hse.gov.uk/>
- Huang, D., Wang, X., Liu, J., Li, J., & Tang, W. (2022). Virtual reality safety training using deep EEG-net and physiology data. *Visual Computer*, *38*(4), 1195–1207. <https://doi.org/10.1007/s00371-021-02140-3>
- Huang, C. Da, Tseng, H. M., Jenq, C. C., & Ou, L. S. (2020). Active learning of medical students in Taiwan: a realist evaluation. *BMC Medical Education*, *20*(1), 1–8. <https://doi.org/10.1186/s12909-020-02392-y>
- Huang, R., Tlili, A., Yang, J., & Chang, T.-W. (2020). Handbook on Facilitating Flexible Learning During Educational Disruption: The Chinese Experience in Maintaining Undisrupted Learning in COVID-19 Outbreak. *Smart Learning Institute of Beijing Normal University (SLIBNU)*, September 2021, 1–43. <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/igo/>
- Hu-Au, E., & Okita, S. (2021). Exploring Differences in Student Learning and Behavior Between Real-life and Virtual Reality Chemistry Laboratories. *Journal of Science Education and Technology*, *30*(6), 862–876. <https://doi.org/10.1007/s10956-021-09925-0>
- Hwang, G. J., & Chang, S. C. (2021). Facilitating knowledge construction in mobile learning contexts: A bi-directional peer-assessment approach. *British Journal of Educational Technology*, *52*(1), 337–357. <https://doi.org/10.1111/bjet.13001>
- IOSH*. (n.d.). Retrieved July 7, 2023, from https://iosh.com/?https://www.iosh.com/invest-in-yourself?utm_source=google&utm_medium=ppc&utm_campaign=invest&utm_id=22007mr&utm_content=20230202zzzzpmaxad&gclid=Cj0KCQjw756IBhDMARIsAEIOAgnWodqEZZCv1bdk_b7aR_F3JgGLXXdsgJnS4hSEef2QOEilEg9JD3QaAtBYEALw_wcB
- IOSH Magazine - Safety, Health and Wellbeing in the world of work*. (n.d.). Retrieved July 7, 2023, from <https://www.ioshmagazine.com/>
- Jackson, M. (2004). Making visible: using simulation and game environments across disciplines. *On the Horizon*, *12*(1), 22–25. <https://doi.org/10.1108/10748120410540463>
- Jeganathan, L., Khan, A. N., Kannan Raju, J., & Narayanasamy, S. (2019). On a frame work of curriculum for engineering education 4.0. *2018 World Engineering Education Forum - Global Engineering Deans Council, WEEF-GEDC 2018*. <https://doi.org/10.1109/WEEF-GEDC.2018.8629629>

- Kamal, A. A., Junaini, S. N., & Hashim, A. H. (2022). Evaluating the Effectiveness and Usability of AR-based OSH Application: HazHunt. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, *13*(5), 99–106. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2022.0130513>
- Kamarainen, A. M., Metcalf, S., Grotzer, T., Browne, A., Mazzuca, D., Tutwiler, M. S., & Dede, C. (2013). EcoMOBILE: Integrating augmented reality and probeware with environmental education field trips. *Computers and Education*, *68*, 545–556. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.02.018>
- Khoshakhlagh, A. H., Chuang, K. J., & Kumar, P. (2023). Health risk assessment of exposure to ambient formaldehyde in carpet manufacturing industries. *Environmental Science and Pollution Research*, *30*(6), 16386–16397. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-23353-6>
- Khoshakhlagh, A. H., Gruszecka-Kosowska, A., Adeniji, A. O., & Tran, L. (2022). Probabilistic human health risk assessment of 1,3-butadiene and styrene exposure using Monte Carlo simulation technique in the carpet production industry. *Scientific Reports*, *12*(1), 1–13. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-26537-9>
- Khoshakhlagh, A. H., & Morais, S. (2022). Volatile organic compounds in carpet manufacturing plants: Exposure levels and probabilistic risk assessment using Monte-Carlo simulations. *Human and Ecological Risk Assessment*, *28*(9), 972–982. <https://doi.org/10.1080/10807039.2022.2112507>
- Khoshakhlagh, A. H., Saberi, H. R., Gruszecka-Kosowska, A., & Kumar, V. (2023). Respiratory functions and health risk assessment in inhalational exposure to vinyl acetate in the process of carpet manufacturing using Monte Carlo simulations. *Environmental Science and Pollution Research*, *30*(12), 32560–32572. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-24469-5>
- Kim, T., Cho, J. Y., & Lee, B. G. (2013). Evolution to Smart Learning in public education: A case study of Korean public education. *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, *395*, 170–178. https://doi.org/10.1007/978-3-642-37285-8_18/COVER
- Kinshuk, Chen, N. S., Cheng, I. L., & Chew, S. W. (2016). Evolution Is not enough: Revolutionizing Current Learning Environments to Smart Learning Environments. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, *26*(2), 561–581. <https://doi.org/10.1007/s40593-016-0108-x>
- Kirkwood, A., & Price, L. (2005). Learners and learning in the twenty-first century: What do we know about students' attitudes towards and experiences of information and communication technologies

- that will help us design courses? *Studies in Higher Education*, 30(3), 257–274.
<https://doi.org/10.1080/03075070500095689>
- Koehler, M. J., Mishra, P., & Cain, W. (2013). What is Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)? *Journal of Education*, 193(3), 13–19. <https://doi.org/10.1177/002205741319300303>
- Koehler, M. J., Mishra, P., & Yahya, K. (2007). Tracing the development of teacher knowledge in a design seminar: Integrating content, pedagogy and technology. *Computers and Education*, 49(3), 740–762. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2005.11.012>
- Kuda Malwathumullage, C. P. (2015). Impact of technology-infused interactive learning environments on college professors' instructional decisions and practices. *ProQuest Dissertations and Theses*, 180. <https://doi.org/10.17077/ETD.09IUF6S0>
- Kuts, V., Marvel, J. A., Aksu, M., Pizzagalli, S. L., Sarkans, M., Bondarenko, Y., & Otto, T. (2022). Digital Twin as Industrial Robots Manipulation Validation Tool. *Robotics*, 11(5). <https://doi.org/10.3390/robotics11050113>
- Kwegyir-Afful, E. (2022). Effects of an engaging maintenance task on fire evacuation delays and presence in virtual reality. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 67. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102681>
- Kwegyir-Afful, E., Hassan, T. O., & Kantola, J. I. (2022). Simulation-based assessments of fire emergency preparedness and response in virtual reality. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 28(2), 1316–1330. <https://doi.org/10.1080/10803548.2021.1891395>
- Lamanauskas, V., & Makarskaitė-Petkevičienė, R. (2021). Distance Lectures in University Studies: Advantages, Disadvantages, Improvement. *Contemporary Educational Technology*, 13(3), ep309. <https://doi.org/10.30935/CEDETECH/10887>
- Lang, J., Cluff, L., Payne, J., Matson-Koffman, D., & Hampton, J. (2017). *The Centers for Disease Control and Prevention: Findings from the National Healthy Worksite Program*. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*. <https://doi.org/10.1097/JOM.0000000000001045>
- Laurillard, D. (2014, November). Online collaborative learning for teachers - Driving learning technology innovation. *Aprendizagem Online Atas Digitais Do III Congresso Internacional Das TIC Na Educação*. <http://ticeduca2014.ie.ul.pt/index.php/pt/>

- Lavrentieva, O. O., Rybalko, L. M., Tsys, O. O., & Uchitel, A. D. (2019a). Theoretical and methodical aspects of the organization of students' independent study activities together with the use of ICT and tools. *CEUR Workshop Proceedings, 2433*, 102–125. <https://doi.org/10.55056/cte.371>
- Lavrentieva, O. O., Rybalko, L. M., Tsys, O. O., & Uchitel, A. D. (2019b). Theoretical and methodical aspects of the organization of students' independent study activities together with the use of ICT and tools. *CEUR Workshop Proceedings, 2433*, 102–125. <https://doi.org/10.55056/cte.371>
- Lee, D. K., Im, C. W., Jo, Y. H., Chang, T., Song, J. L., Luu, C., Mackinnon, R., Pillai, S., Lee, C. N., Jheon, S., Ahn, S., & Won, S. H. (2021). Comparison of extended reality and conventional methods of basic life support training: protocol for a multinational, pragmatic, noninferiority, randomised clinical trial (XR BLS trial). *Trials, 22*(1). <https://doi.org/10.1186/s13063-021-05908-z>
- Lee, J., Zo, H., & Lee, H. (2014). Smart learning adoption in employees and HRD managers. *British Journal of Educational Technology, 45*(6), 1082–1096. <https://doi.org/10.1111/bjet.12210>
- Leiden, A., Thiede, S., & Herrmann, C. (2022). Synergetic Modelling of Energy and Resource Efficiency as well as Occupational Safety and Health Risks of Plating Process Chains. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing - Green Technology, 9*(3), 795–815. <https://doi.org/10.1007/s40684-021-00402-y>
- Lima, R. M., Fernandes, S., Mesquita, D., & Sousa, R. M. (2009). Learning Industrial Management and Engineering in Interaction with Industry. *First Ibero-American Symposium on Project Approaches in Engineering Education – PAEE2009*, 219–227. https://www.researchgate.net/publication/270823411_Learning_Industrial_Management_and_Engineering_in_Interaction_with_Industry
- Lischer, S., Safi, N., & Dickson, C. (2022). Remote learning and students' mental health during the Covid-19 pandemic: A mixed-method enquiry. *Prospects, 51*(4), 589–599. <https://doi.org/10.1007/s11125-020-09530-w>
- Litto, F. M., & Formiga, M. (2009). *Educação a distância - o estado da arte*. Pearson Education. [https://www.academia.edu/35110508/Educação_a_distância_o_estado_da_arte_VOLUME](https://www.academia.edu/35110508/Educa%C3%A7%C3%A3o_a_dist%C3%A2ncia_o_estado_da_arte_VOLUME)
- Lovregio, R., Duan, X., Rahouti, A., Phipps, R., & Nilsson, D. (2021). Comparing the effectiveness of fire extinguisher virtual reality and video training. *Virtual Reality, 25*(1), 133–145. <https://doi.org/10.1007/s10055-020-00447-5>

- Mackenzie, N.; Knipe, S. (2017). Reimagining the Role of Technology in Education: National Education Technology Plan Update. In J. South & K. Stevens (Eds.), *U.S. department of education*. <http://tech.ed.gov>
- Manzoor, B., Othman, I., Pomares, J. C., & Chong, H. Y. (2021). A research framework of mitigating construction accidents in high-rise building projects via integrating building information modeling with emerging digital technologies. *Applied Sciences (Switzerland)*, *11*(18). <https://doi.org/10.3390/app11188359>
- Masalimova, A. R., Khvatova, M. A., Chikileva, L. S., Zvyagintseva, E. P., Stepanova, V. V., & Melnik, M. V. (2022). Distance Learning in Higher Education During Covid-19. In *Frontiers in Education* (Vol. 7). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/feduc.2022.822958>
- Mayer, R. E. (2003). The promise of multimedia learning: using the same instructional design methods across different media. *Learning and Instruction*, *13*(2), 125–139. [https://doi.org/10.1016/s0959-4752\(02\)00016-6](https://doi.org/10.1016/s0959-4752(02)00016-6)
- Mayer, R. E. (2014). *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (2nd editio). Cambridge University Press.
- McFarlane, A., & Sakellariou, S. (2002). The role of ICT in science education. *Cambridge Journal of Education*, *32*(2), 219–232. <https://doi.org/10.1080/03057640220147568>
- Meng, X., Xiong, H., Yang, H., & Cao, Y. (2021). Dynamic prediction of indoor wet bulb globe temperature in an industrial workshop. *Applied Thermal Engineering*, *195*. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2021.117219>
- Merchant, Z., Goetz, E. T., Cifuentes, L., Keeney-Kennicutt, W., & Davis, T. J. (2014). Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K-12 and higher education: A meta-analysis. *Computers and Education*, *70*, 29–40. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.07.033>
- Middleton, A. (2015). Smart Learning. In *Melsig* (Vol. 8, Issue 2). Melsig. <https://doi.org/10.21608/eaec.2020.34302.1034>
- Mikulecký, P. (2012). Smart Environments for Smart Learning. *9th International Scientific Conference on Distance Learning in Applied Informatics*, 213–222. <http://conferences.ukf.sk/index.php/divai/divai2012/paper/view/873>

- Miller, J. W., Martineau, L. P., & Clark, R. C. (2000). Technology infusion and higher education: Changing teaching and learning. *Innovative Higher Education*, 24(3), 227–241. <https://doi.org/10.1023/b:ihie.0000047412.64840.1c>
- Minho, U. do. (2023). *Uminho 2023*. <https://repositorium.sdum.uminho.pt/>
- Mintii, I. S., Shokaliuk, S. V., Vakaliuk, T. A., Merzlykin, O. V., & Mintii, M. M. (2020). Development of a Standard Moodle Course to Optimize the Teacher’s Work in Distance Education. *Universal Journal of Educational Research*, 8(12), 6659–6666. <https://doi.org/10.13189/UJER.2020.081230>
- Mishra, L., Gupta, T., & Shree, A. (2020). Online teaching-learning in higher education during lockdown period of COVID-19 pandemic. *International Journal of Educational Research Open*, 1, 100012. <https://doi.org/10.1016/j.ijedro.2020.100012>
- Mogos, R. I., Bodea, C. N., Dascalu, M. I., Safonkina, O., Lazarou, E., Trifan, E. L., & Nemoianu, I. V. (2018). Technology Enhanced Learning for Industry 4.0 Engineering Education. *Revue Roumaine Des Sciences Techniques Serie Electrotechnique et Energetique*, 63(4), 429–435.
- Molchanova, E., Kovtoniuk, K., & Savych, O. (2020). Covid-19 Presents New Challenges and Opportunities to Higher Education. *Revista Romaneasca Pentru Educatie Multidimensionala*, 12(2Sup1), 168–174. <https://doi.org/10.18662/rrem/12.2sup1/303>
- Monteiro, R., & Gomes, M. J. (n.d.). *ESTUDO DE PRÁTICAS DE ACESSIBILIDADE E INCLUSÃO DIGITAL NAS UNIVERSIDADES PÚBLICAS PORTUGUESAS*.
- Moran, J. M. (2007). Educação Que Desejamos, a: Novos Desafios E Como Chegar Lá. In *A educação que desejamos: novos desafios e como chegar lá*. (Vol. 27). Papyrus Editora. <http://books.google.com/books?id=PiZe8ahPcD8C&pgis=1>
- Moser, K. M., Wei, T., & Brenner, D. (2021). Remote teaching during COVID-19: Implications from a national survey of language educators. *System*, 97, 102431. <https://doi.org/10.1016/j.system.2020.102431>
- Mystakidis, S., Besharat, J., Papantzikos, G., Christopoulos, A., Stylios, C., Agorgianitis, S., & Tselentis, D. (2022). Design, Development, and Evaluation of a Virtual Reality Serious Game for School Fire Preparedness Training. *Education Sciences*, 12(4). <https://doi.org/10.3390/educsci12040281>

- Natale, C., Ferrante, R., Boccuni, F., Tombolini, F., Sarto, M. S., & Iavicoli, S. (2022a). Occupational Exposure to Silica Nanoparticles: Evaluation of Emission Fingerprints by Laboratory Simulations. *Sustainability (Switzerland)*, *14*(16), 10251. <https://doi.org/10.3390/su141610251>
- Natale, C., Ferrante, R., Boccuni, F., Tombolini, F., Sarto, M. S., & Iavicoli, S. (2022b). Occupational Exposure to Silica Nanoparticles: Evaluation of Emission Fingerprints by Laboratory Simulations. *Sustainability (Switzerland)*, *14*(16), 10251. <https://doi.org/10.3390/su141610251>
- Octoberlina, L. R., & Muslimin, A. I. (2020). Efl students perspective towards online learning barriers and alternatives using moodle/google classroom during covid-19 pandemic. *International Journal of Higher Education*, *9*(6), 1–9. <https://doi.org/10.5430/ijhe.v9n6p1>
- Oliver, M., & Trigwell, K. (2005). Can 'Blended Learning' Be Redeemed? *E-Learning and Digital Media*, *2*(1), 17–26. <https://doi.org/10.2304/elea.2005.2.1.17>
- Ometto, M. (2022). An innovative approach to plant and process supervision, Danieli Intelligent Plant. *IFAC-PapersOnLine*, *55*(40), 313–318. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2023.01.091>
- Osborne, J., & Hennessy, S. (2006). Literature Review in Science Education and the Role of ICT : Promise , Problems and Future Directions. In *Science Education*. https://www.researchgate.net/publication/32231352_Literature_Review_in_Science_Education_and_the_Role_of_ICT_Promise_Problems_and_Future_Directions
- ÖZÇELİK, S., KÜÇÜK, Ö. S., ÇAKIR, E., & KAZANCIOĞLU, R. (2020). Medical Education in Epidemic and Disaster Situations. *Bezmialem Science*, *8*(4), 438–443. <https://doi.org/10.14235/bas.galenos.2020.4682>
- Pachler, N. (2007). Mobile Learning: Towards a Research Agenda. *WLE Centre, Institute of Education, London*. https://www.researchgate.net/publication/259405349_Mobile_Learning_Towards_a_Research_Agenda
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *The BMJ*, *372*. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>

- Papert, S. (1980). *Mindstorms Children, Computers, and Powerful Ideas* (Second edition). *BasicBooks*, 1, 87. <http://www.bcin.ca/Interface/openbcin.cgi?submit=submit&Chinkey=127536>
- Pardede, P. (2012). Blended Learning for ELT. *JET (Journal of English Teaching)*, 2(3), 165. <https://doi.org/10.33541/jet.v2i3.54>
- Parekh, P., Patel, S., Patel, N., & Shah, M. (2020). Systematic review and meta-analysis of augmented reality in medicine, retail, and games. *Visual Computing for Industry, Biomedicine, and Art*, 3(1), 1–20. <https://doi.org/10.1186/s42492-020-00057-7>
- Park, S. H., Hwang, S. Y., Lee, G., Park, J. E., Kim, T., Shin, T. G., Sim, M. S., Jo, I. J., Kim, S., & Yoon, H. (2021). Are loose-fitting powered air-purifying respirators safe during chest compression? A simulation study. *American Journal of Emergency Medicine*, 44, 235–240. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2020.03.054>
- Paszkievicz, A., Salach, M., Dymora, P., Bolanowski, M., Budzik, G., & Kubiak, P. (2021). Methodology of implementing virtual reality in education for industry 4.0. *Sustainability (Switzerland)*, 13(9). <https://doi.org/10.3390/su13095049>
- Pathak, S., Raja, R., Sharma, V., & Ambala, S. (2019). ICT utilization and improving students performance in higher education. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 8(2), 5120–5124. <https://doi.org/10.35940/ijrte.B1825.078219>
- Petchamé, J., Iriondo, I., Villegas, E., Fonseca, D., Yesa, S. R., & Aláez, M. (2021). A qualitative approach to help adjust the design of management subjects in ict engineering undergraduate programs through user experience in a smart classroom context. *Sensors*, 21(14). <https://doi.org/10.3390/s21144762>
- Pinheiro, B., & Correia, L. (2014). E-learning : Introdução Histórica a uma Tecnologia sempre renovada em Contexto Educativo. *Biblioteca Digital Da Faculdade de Letras Da Universidade Do Porto*, 45–104.
- Pizzagalli, S. L., Kuts, V., & Otto, T. (2021). User-centered design for Human-Robot Collaboration systems. *Proceedings of the International Conference of DAAAM Baltic, 2021-April*. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1140/1/012011>
- Pouxevara, S., Mekhael, S. W., & Darch, N. (2014). Planning and Evaluating ICT in Education Programs Using the Four Dimensions of Sustainability : A Program Evaluation from Egypt. *International Journal*

- Of Education and Development Using Information and Communication Technology*, 10(2), 120–141.
- Pourhassan, B., Beigzadeh, Z., Nasirzadeh, N., & Karimi, A. (2023). Application of Multiple Occupational Health Risk Assessment Models for Metal Fumes in Welding Process. *Biological Trace Element Research*, 1–13. <https://doi.org/10.1007/s12011-023-03717-w>
- Poyade, M., Eaglesham, C., Trench, J., & Reid, M. (2021). A Transferable Psychological Evaluation of Virtual Reality Applied to Safety Training in Chemical Manufacturing. *ACS Chemical Health and Safety*, 28(1), 55–65. <https://doi.org/10.1021/acs.chas.0c00105>
- Preece, J. (2001). Sociability and usability in online communities: Determining and measuring success. *Behaviour and Information Technology*, 20(5), 347–356. <https://doi.org/10.1080/01449290110084683>
- Prestridge, S. (2017). Examining the shaping of teachers' pedagogical orientation for the use of technology. *Technology, Pedagogy and Education*, 26(4), 367–381. <https://doi.org/10.1080/1475939X.2016.1258369>
- PwC. (2019). Curriculum Guidelines for Key Enabling Technologies (KETs) and Advanced Manufacturing Technologies (AMT). In *Executive Agency for Small and Medium-sized Enterprises (EASME)* (Vol. 36237, Issue October 2011). <https://doi.org/10.2826/356798>
- Rahouti, A., Lovreglio, R., Datoussaïd, S., & Descamps, T. (2021). Prototyping and Validating a Non-immersive Virtual Reality Serious Game for Healthcare Fire Safety Training. *Fire Technology*, 57(6), 3041–3078. <https://doi.org/10.1007/s10694-021-01098-x>
- Ramane, D. V. (2021). The impact of online learning on learners' education and health. *The Online Journal of Distance Education and E-Learning*, 9(2), 303–309. www.tojdel.net
- Rassudov, L., & Korunets, A. (2022). Virtual Labs: An Effective Engineering Education Tool for Remote Learning and not only. *Proceedings - International Workshop on Electric Drives, IWED, 2022-Janua*. <https://doi.org/10.1109/IWED54598.2022.9722375>
- Realyvásquez-Vargas, A., Maldonado-Macías, A. A., Arredondo-Soto, K. C., Baez-Lopez, Y., Carrillo-Gutiérrez, T., & Hernández-Escobedo, G. (2020). The impact of environmental factors on academic performance of university students taking online classes during the COVID-19 pandemic in Mexico. *Sustainability (Switzerland)*, 12(21), 1–22. <https://doi.org/10.3390/su12219194>

- Rurato, P., & Gouveia, L. (2004). História do ensino a distância. *Revista Da Faculdade de Ciências Humanas e Sociais*, 159–168. <https://bdigital.ufp.pt/handle/10284/635>
- Sá, Patrícia; Costa, António Pedro; Moreira, A. (2021). Reflexões em torno de Metodologias de Investigação - recolha de dados. *Reflexões Em Torno de Metodologias de Investigação: Recolha de Dados*, 2, 37–43.
- Sackey, S. M., & Bester, A. (2016). Industrial engineering curriculum in industry 4.0 in a South African context. *South African Journal of Industrial Engineering*, 27(4), 101–114. <https://doi.org/10.7166/27-4-1579>
- Saghafian, M., Laumann, K., & Skogstad, M. R. (2021). Organizational Challenges of Development and Implementation of Virtual Reality Solution for Industrial Operation. *Frontiers in Psychology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.704723>
- Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2007). Research Methods for Business Students. In *Pearson*. https://www.researchgate.net/publication/330760964_Research_Methods_for_Business_Students_Chapter_4_Understanding_research_philosophy_and_approaches_to_theory_development
- Seo, H. J., Park, G. M., Son, M., & Hong, A. J. (2021). Establishment of virtual-reality-based safety education and training system for safety engagement. *Education Sciences*, 11(12). <https://doi.org/10.3390/educsci11120786>
- Serban, C., & Todericiuaa, I. A. (2020). Alexa, What classes do I have today? The use of artificial intelligence via smart speakers in education. *Procedia Computer Science*, 176, 2849–2857. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.09.269>
- Shanmugam, K., & Balakrishnan, B. (2019). Motivation in information communication and technology-based science learning in tamil schools. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 8(1), 141–152. <https://doi.org/10.15294/jpii.v8i1.16564>
- Shringi, A., Arashpour, M., Golafshani, E. M., Dwyer, T., & Kalutara, P. (2023). Enhancing Safety Training Performance Using Extended Reality: A Hybrid Delphi–AHP Multi-Attribute Analysis in a Type-2 Fuzzy Environment. *Buildings*, 13(3), 625. <https://doi.org/10.3390/buildings13030625>
- Siddiq, F., Hatlevik, O. E., Olsen, R. V., Throndsen, I., & Scherer, R. (2016). Taking a future perspective by learning from the past - A systematic review of assessment instruments that aim to measure primary and secondary school students' ICT literacy. *Educational Research Review*, 19, 58–84. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.05.002>

- SIMÃO, Ana Margarida Veiga; FLORES, M. Assunção. (2006). O aluno universitário : aprender a auto-regular a aprendizagem sustentada por dispositivos participativos. *Ciência Let.*, 40, 252–270. https://www.academia.edu/37021887/O_aluno_universitario_aprender_a_auto_regular_a_aprendizagem_sustentada_por_dispositivos_participativos
- Simonetto, M., Arena, S., & Peron, M. (2022). A methodological framework to integrate motion capture system and virtual reality for assembly system 4.0 workplace design. *Safety Science*, 146. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105561>
- Singhal, R., Kumar, A., Singh, H., Fuller, S., & Gill, S. S. (2021). Digital device-based active learning approach using virtual community classroom during the COVID-19 pandemic. *Computer Applications in Engineering Education*, 29(5), 1007–1033. <https://doi.org/10.1002/cae.22355>
- Skals, S., Bláfoss, R., de Zee, M., Andersen, L. L., & Andersen, M. S. (2021). Effects of load mass and position on the dynamic loading of the knees, shoulders and lumbar spine during lifting: a musculoskeletal modelling approach. *Applied Ergonomics*, 96. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2021.103491>
- Slegers, P. J. C., Moolenaar, N. M., Galetzka, M., Pruyn, A., Sarroukh, B. E., & Van Der Zande, B. (2013). Lighting affects students' concentration positively: Findings from three Dutch studies. *Lighting Research and Technology*, 45(2), 159–175. <https://doi.org/10.1177/1477153512446099>
- So, S. (2016). Mobile instant messaging support for teaching and learning in higher education. *Internet and Higher Education*, 31, 32–42. <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2016.06.001>
- Soltaninejad, M., Babaei-Pouya, A., Poursadeqiyani, M., & Arefi, M. F. (2021). Ergonomics factors influencing school education during the COVID-19 pandemic: A literature review. In *Work* (Vol. 68, Issue 1, pp. 69–75). <https://doi.org/10.3233/WOR-203355>
- Sonntag, S. D., Hutabarat, W., Prabhu, V., Oyekan, J., Tiwari, A., & Turner, C. (2023). *An Immersive Virtual Reality Platform for Enablement and Assessment of Human-Robot Interactions for Intelligent Asset Management*. 98–107. https://doi.org/10.1007/978-3-031-25448-2_10
- Spector, J. M. (2014). Conceptualizing the emerging field of smart learning environments. *Smart Learning Environments*, 1(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/s40561-014-0002-7>
- Stebbins, R. (2019). What is Exploration? Exploratory Research in the Social Sciences. In *Exploratory Research in the Social Sciences* (SAGE). SAGE Publications, Inc. <https://doi.org/10.4135/9781412984249>

- Su, D. W. H., Zhang, P., Dougherty, H., Van Dyke, M., & Kimutis, R. (2021). Longwall mining, shale gas production, and underground miner safety and health. *International Journal of Mining Science and Technology*, *31*(3), 523–529. <https://doi.org/10.1016/j.ijmst.2020.12.013>
- Sumaimi, M. E., & Susilawati. (2021). The role of ICT as a media in learning activities before the COVID-19 pandemic: Undergraduate perspective. *Journal of Physics: Conference Series*, *1882*(1), 012130. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1882/1/012130>
- Sunesson, C. E., Schøn, D. T., Hassø, C. N. P., Chinello, F., & Fang, C. (2023). PREDICTOR: A Physical emulatoR enabling safEty anD ergonomICs evaluation and Training of physical human-rObot collaboRation. *Frontiers in Neurorobotics*, *17*. <https://doi.org/10.3389/FNBOT.2023.1080038>
- Sweeney, L. M. (2021). Probabilistic pharmacokinetic modeling of airborne lead corresponding to toxicologically relevant blood lead levels in workers. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, *122*. <https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2021.104894>
- Teixeira, F. R., Mayr, L. R., Paisana, A. V., & Vieira, F. D. (2014). Escolhas metodológicas em investigação científica: Aplicação da abordagem de Saunders no estudo da influência da cultura na competitividade de clusters. *RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao*, *E2*, 85–98. <https://doi.org/10.17013/risti.n.85-98>
- Thomes, J. (2019). *Mobile Learning: Advantages And Disadvantages - eLearning Industry*. ELearning Industry. <https://elearningindustry.com/mobile-learning-advantages-disadvantages>
- Torro, S., Lasunra, Octamaya Tenri Awaru, A., Said Ahmad, M. R., & Arifin, Z. (2021). A Comparative Study of ICT and Conventional Teaching Roles in Boat Class of Coastal Areas. *Journal of Physics: Conference Series*, *1899*(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1899/1/012171>
- Tseng, W.-J., Huron, S., Lecolinet, E., & Gugenheimer, J. (2023). FingerMapper: Mapping Finger Motions onto Virtual Arms to Enable Safe Virtual Reality Interaction in Confined Spaces. *Proceedings of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1–14. <https://doi.org/10.1145/3544548.3580736>
- Tvenge, N., & Martinsen, K. (2018). Integration of digital learning in industry 4.0. *Procedia Manufacturing*, *23*, 261–266. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.04.027>
- Unesco Global Education Coalition. (n.d.). Unesco. Retrieved May 15, 2023, from <https://globaleducationcoalition.unesco.org/>

- Universidade do Minho, AUVA, & VSB Technical University of Ostrava. (n.d.). *RiskMan*. Retrieved July 7, 2023, from <https://riskman.vsb.cz/>
- Unwin, A. (2009). Exploratory Data Analysis. *International Encyclopedia of Education, Third Edition*, 156–161. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-044894-7.01327-0>
- Valentine, A., der Veen, T. Van, Kenworthy, P., Hassan, G. M., Guzzomi, A., Khan, R. N., & Male, S. A. (2021). Using head mounted display virtual reality simulations in large engineering classes: Operating vs observing. *Australasian Journal of Educational Technology*, *37*(3), 119–136. <https://doi.org/10.14742/AJET.5487>
- Valverde, L. N. C., Diaz, R. J. S., & Chavarri, C. C. L. (2022). A Model aimed at Reducing Absenteeism by Redesigning Workspaces at School Supply Companies in the Plastics Industry. *Proceedings - 2022 8th International Conference on Information Management, ICIM 2022*, 146–150. <https://doi.org/10.1109/ICIM56520.2022.00033>
- van EckNees, N. J., & Waltman, L. (2019). Manual for VOSviewer version 1.6.13. *Universiteit Leiden, CWTS Meaningful Metrics, January*, 1–53. https://www.vosviewer.com/documentation/Manual_VOSviewer_1.6.13.pdf
- van Laar, E., van Deursen, A. J. A. M., van Dijk, J. A. G. M., & de Haan, J. (2017). The relation between 21st-century skills and digital skills: A systematic literature review. *Computers in Human Behavior*, *72*, 577–588. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.03.010>
- Vidal Rosas, E. E., & Fernández, C. G. (2022). Pedagogical framework to develop interactive virtual tools for the teaching and learning of dynamic systems in Control Engineering. *IFAC-PapersOnLine*, *55*(17), 218–223. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.09.282>
- Vongkulluksn, V. W., Xie, K., & Bowman, M. A. (2018). The role of value on teachers' internalization of external barriers and externalization of personal beliefs for classroom technology integration. *Computers and Education*, *118*, 70–81. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.11.009>
- Wahidi, S. I., Pribadi, T. W., Rajasa, W. S., & Arif, M. S. (2022). Virtual Reality Based Application for Safety Training at Shipyards. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *972*(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/972/1/012025>
- Wang, Z., He, R., Rebelo, F., Vilar, E., & Noriega, P. (2022). Human interaction with virtual reality: investigating pre-evacuation efficiency in building emergency. *Virtual Reality*. <https://doi.org/10.1007/s10055-022-00710-x>

- Watson, W. R., & Watson, S. L. (2007). An argument for clarity: What are learning management systems, what are they not, and what should they become? *TechTrends*, *51*(2), 28–34. <https://doi.org/10.1007/s11528-007-0023-y>
- Widarto, W., Sutopo, S., Nurtanto, M., Cahyani, P. A., & Honggonegoro, T. (2020). Explanatory of learning models and vocational teacher perceptions of mechanical engineering during the Covid-19 pandemic. *Journal of Physics: Conference Series*, *1700*(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1700/1/012006>
- WORKSAFE NZ. (2022). *WorkSafe*. <https://www.worksafe.govt.nz/>. <https://www.worksafe.govt.nz/>
- WorkSafe Saskatchewan*. (n.d.). Retrieved July 7, 2023, from <https://www.worksafesask.ca/>
- World Health Organization. (2016). *CBDE: Preparedness for Health First Responders | OpenWHO*. <https://openwho.org/courses/CBDE-first-responders>
- Wrenn, J., & Wrenn, B. (2009). Enhancing Learning by Integrating Theory and Practice. *International Journal of Teaching and Learning in Higher Education*, *21*(2), 258–265. <http://www.isetl.org/ijtlhe/>
- Wu, H. K., Lee, S. W. Y., Chang, H. Y., & Liang, J. C. (2013). Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers and Education*, *62*, 41–49. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.10.024>
- Xu, Z., & Zheng, N. (2021). Incorporating virtual reality technology in safety training solution for construction site of urban cities. *Sustainability (Switzerland)*, *13*(1), 1–19. <https://doi.org/10.3390/su13010243>
- YouTube*. (n.d.). Retrieved July 18, 2023, from <https://www.youtube.com/>
- Yu, K., Zhang, S., Liu, P., Zhou, L., & Chen, J. (2022). Research on Simulation and Decision-Making of Coal Mine Workers' Behavior Risk. *Mathematics*, *10*(18). <https://doi.org/10.3390/math10183297>
- Zhang, D., Zhou, L., Briggs, R. O., & Nunamaker, J. F. (2006). Instructional video in e-learning: Assessing the impact of interactive video on learning effectiveness. *Information and Management*, *43*(1), 15–27. <https://doi.org/10.1016/j.im.2005.01.004>
- Zhang, Z., Xu, G., Gao, J., Wang, L., Zhu, Y., Li, Z., & Zhou, W. (2020). Effects of e-learning environment use on visual function of elementary and middle school students: A two-year assessment—

- experience from China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *17*(5), 1560. <https://doi.org/10.3390/ijerph17051560>
- Zhong, L., Yuan, J., & Fleck, B. (2019). Indoor environmental quality evaluation of lecture classrooms in an institutional building in a cold climate. *Sustainability (Switzerland)*, *11*(23), 6591. <https://doi.org/10.3390/su11236591>
- Zhu, Z. T., Yu, M. H., & Riezebos, P. (2016). A research framework of smart education. *Smart Learning Environments*, *3*(1), 1–17. <https://doi.org/10.1186/s40561-016-0026-2>
- Zikas, P., Kateros, S., Lydatakis, N., Kentros, M., Geronikolakis, E., Kamarianakis, M., Evangelou, G., Kartsonaki, I., Apostolou, A., Birrenbach, T., Exadaktylos, A. K., Sauter, T. C., & Papapagiannakis, G. (2022). Virtual Reality Medical Training for COVID-19 Swab Testing and Proper Handling of Personal Protective Equipment: Development and Usability. *Frontiers in Virtual Reality*, *2*. <https://doi.org/10.3389/frvir.2021.740197>
- Zydney, J. M., Warner, Z., & Angelone, L. (2020). Learning through experience: Using design based research to redesign protocols for blended synchronous learning environments. *Computers and Education*, *143*, 103678. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103678>

ANEXOS

1. Excel das Ferramentas TIC recolhidas

Source	Link	Category by COHS	Risk Management Subprocess	Category	Complexity Level	Time Needed	Resource Type
		Risk Management					
		Mechanical (safety)	Risk identification	Evaluation	Elementary	Short (< 45m)	Video
		Physical	Risk analysis	Ice breaker	Comprehensive	Long (>= 45 m)	Podcast (mp3, ...)
		Biological	Risk evaluation (1ª fase) ISO 31000-2018	Team co-operation			Text (pdf, word, infographic)
		Chemical	Risk assessment	Project-based learning			Board game
		Ergonomics	Risk treatment	Interactive activity			Simulation
		Psychosocial		Lecture			Interactive tool
		Emerging risk		Good practice			AR/VR
A brief guide	https://www.hse.g	Ergonomics	Risk treatment	Good practice	Elementary	Short	Text (pdf)
Managing upper limb disorders in the workplace	https://www.hse.g	Ergonomics	Risk identification	Good practice	Elementary	Short	Text (pdf)
HSE- MAC tool	https://www.hse.g	Ergonomics	Risk assessment	Good practice	Comprehensive	Long	Text (pdf)
V-Mac Tool	https://www.hse.g	Ergonomics	Risk assessment	Good practice	Comprehensive	Long	Interactive tool, Website
RAPP Tool	https://www.hse.g	Ergonomics	Risk assessment	Good practice	Comprehensive	Long	Interactive tool, Website
ART Tool	https://www.hse.g	Ergonomics	Risk assessment	Good practice	Comprehensive	Long	Excel, Text (pdf)
Musculoskeletal (MSD) Online Assessment Tool	https://www.hse.g	Ergonomics	Risk assessment	Good practice	Comprehensive	Long	Text (pdf)
Manual Handline at work	https://www.hse.g	Ergonomics, Emerging Risk	Risk identification	Good practice	Elementary	Short	Text (pdf)
Working with display screen equipment (DSE) A brief guide	https://www.hse.g	Ergonomics, Emerging Risk	Risk assessment	Good practice	Comprehensive	Long	Checklist, Text (pdf)
Display screen equipment (DSE) workstation checklist	https://www.hse.g	Ergonomics, Emerging Risk	Risk assessment	Good practice	Comprehensive	Long	Checklist, Text (pdf)
DSE	https://youtu.be/i	Ergonomics	Risk treatment	Good practice	Elementary	Short	Video
Mobile Working Risk Management System	file:///C:/Users/HP	Emerging Risk	Risk identification	Good practice	Comprehensive	Long	Text (pdf)
Sit-Stand desk guidance	https://ergonomic	Emerging Risk	Risk identification	Good practice	Comprehensive	Short	Text (pdf)
HSE - Risk Assessment (Geral Applications)	https://youtu.be/s	Risk Management	Risk identification	Ice breaker; Good practice	Elementary	Short	Video
Managing risks and risk assessment at work	https://www.hse.g	Risk Management	Risk assessment	Good practice	Elementary	Short	Text (word)
Body Mapping (+/-Nordiq questionnaire)	https://www.hse.g	Ergonomics	Risk identification	Good practice	Elementary	Short	Text (pdf)
Consulting employees on health and safety	https://www.hse.g	Risk Management	Risk identification; Risk treatment	Good practice; Guidelines	Elementary	Short	Text (pdf)
Involving your workforce in health and safety	https://www.hse.g	Risk Management	Risk identification; Risk treatment	Good practice; Guidelines	Comprehensive	Long	Text (pdf)
Health and safety training	https://www.hse.g	Risk Management	Risk identification	Good practice	Comprehensive	Short	Text (pdf)
Nanomaterials	https://www.hse.g	Emerging risk	Risk identification	Good practice	Comprehensive	Long	Text (pdf)
Stress Indicator Tool	https://books.hse	Emerging risk	Risk identification	Good practice	Comprehensive	Long	Text (pdf)
Tackling work-related stress using the Management Standards approach	https://www.hse.g	Psychosocial	Risk identification	Good practice	Comprehensive	Long	Text (pdf)
The health and safety toolbox	https://www.hse.g	Risk Management	Risk identification	Good practice	Comprehensive	Long	Text (pdf)
Managing for health and safety	https://www.hse.g	Risk Management	Risk treatment	Good practice	Comprehensive	Long	Text (pdf)
Understanding the task	https://www.hse.g	Ergonomics	Risk identification	Good practice	Comprehensive	Short	Text (pdf)
Investigating accidents and incidents	https://www.hse.g	Risk Management	Risk assessment	Good practice	Comprehensive	Long	Text (pdf)
Respiratory protective equipment at work: A practical guide	https://www.hse.g	Biological, Chemical	Risk treatment	Good practice	Comprehensive	Long	Text (pdf)
Your mask can protect you – Stay healthy! (Toolbox talk)	https://www.hse.g	Biological, Chemical	Risk treatment	Ice breaker; Good practice	Elementary	Short	Text (pdf)
Controlling fire and explosion risks in the workplace	https://www.hse.g	Mechanical (safety)	Risk identification	Good practice	Elementary	Short	Text (pdf)
Control of Substances Hazardous to Health-COSHH e-Tool	http://coshh-tool	Chemical	Risk assessment	Good practice	Comprehensive	Long	Interactive tool; Website
Working with substances hazardous to health A brief guide to COSHH	https://www.hse.gov.uk/subst/ind	Mechanical (safety)	Risk identification; Risk treatment	Good practice	Comprehensive	Short	Text (pdf)
Workplace health, safety and welfare	https://www.hse.g	Risk Management	Risk identification; Risk treatment	Good practice	Comprehensive	Long	Text (pdf)
Heat Stress Check List	https://www.hse.g	Physical	Risk assessment	Good practice	Comprehensive	Long	Text (pdf)

Working at height	https://www.hse.g Mechanical (safety)	Risk treatment	Good practice	Elementary	Short	Text (pdf)
Roof repair work	https://www.hse.g Mechanical (safety)	Risk treatment	Good practice	Elementary	Short	Text (pdf)
Fragile roofs	https://www.hse.g Mechanical (safety)	Risk treatment	Good practice	Elementary	Short	Text (pdf)
Health and safety in roof work	https://www.hse.g Mechanical (safety)	Risk identification; Risk treatment	Good practice	Comprehensive	Long	Text (pdf)
Talking Toolkit Preventing work-related stress	https://www.hse.g Emerging risk	Risk identification; Risk treatment	Good practice	Elementary	Long	Text (pdf)
Preventing, identifying and managing harassment and violence	https://www.hse.g Psychosocial	Risk identification; Risk treatment	Good practice	Comprehensive	Short	Text (pdf)
Noise at work A brief guide to controlling the risks	https://www.hse.g Physical	Risk identification; Risk treatment	Good practice	Comprehensive	Short	Text (pdf)
Daily exposure	https://www.hse.g Physical	Risk assessment	Good practice	Comprehensive	Short	Text (pdf)
Weekly exposure	https://www.hse.g Physical	Risk assessment	Good practice	Comprehensive	Short	Text (pdf)
The Hearing Video	https://www.work Physical	Risk assessment	Interactive activity;	Comprehensive	Short	Video
Noise Don't lose your hearing!	https://www.hse.g Physical	Risk identification; Risk treatment	Good practice	Elementary	Short	Text (pdf)
Noise Exposer Calculator	https://www.hse.g Physical	Risk assessment	Good practice	Comprehensive	Long	Interactive tool; Excel
Hearing Protection calculators	https://www.hse.g Physical	Risk assessment	Good practice	Comprehensive	Long	Interactive tool; Excel
Hazardous noise	https://www.youtu Physical	Risk identification	Good practice	Comprehensive	Short	Video
What to do if you discover or accidentally disturb asbestos during your work	https://www.hse.g Chemical	Risk identification; Risk treatment	Good practice	Elementary	Short	Text (pdf)
Asbestos: The licensed contractors' guide	https://www.hse.g Chemical	Risk assessment	Good practice; Guidelines	Comprehensive	Long	Text (pdf)
Personal protective equipment	https://www.hse.g Chemical	Risk treatment	Good practice	Elementary	Short	Text (pdf)
Whole-body vibration in ports	https://www.hse.g Physical	Risk identification; Risk treatment	Good practice	Comprehensive	Short	Text (pdf)
Vibrations Calculator - Whole body	https://www.hse.g Physical	Risk evaluation	Good practice	Comprehensive	Long	Interactive tool; Excel
Hand-arm vibration at work- A brief guide	https://www.hse.g Physical	Risk identification; Risk treatment	Good practice	Elementary	Short	Text (pdf)
Vibrations Calculator- Hand-arm (plus guide)	https://www.hse.g Physical	Risk evaluation	Good practice	Comprehensive	Long	Interactive tool; Excel
Workplace hygiene	https://iosh.com/n Emerging Risk; Biological	Risk evaluation; Risk treatment	Good practice	Comprehensive	Short	Text (pdf)
Healthcare workers	https://iosh.com/n Emerging Risk; Biological	Risk treatment	Good practice	Comprehensive	Short	Text (pdf)
How employers can stay on top of the use of drugs and alcohol at work	https://www.youtu Emerging Risk	Risk identification	Ice breaker; Good practice	Elementary	Short	Video
Ergonomics- How to work from home	https://iosh.com/n Emerging Risk	Risk identification	Good practice	Elementary	Short	Text (pdf)
Managing remote workers	https://iosh.com/n Risk Management	Risk identification	Good practice	Elementary	Short	Checklist; Text (pdf)
Remote worker health and safety checklist	https://iosh.com/n Emerging Risk	Risk identification	Good practice	Elementary	Short	Checklist; Text (pdf)
Mental Health and wellbeing	https://iosh.com/n Emerging Risk	Risk treatment	Good practice	Elementary	Short	Text (pdf)
Setting up a healthy workstation when working from home	file:///C:/Users/HP Emerging Risk	Risk identification; Risk treatment	Good practice	Comprehensive	Short	Text (pdf)
Staying mentally healthy when working from home	file:///C:/Users/HP Emerging Risk	Risk identification; Risk treatment	Good practice	Comprehensive	Short	Text (pdf)
Healthy and safe telework	https://www.ilo.org Emerging risk	Risk treatment	Good practice	Comprehensive	Long	Text (pdf)
Guidance on promoting health and wellbeing at work	https://iosh.com/n Emerging Risk	Risk identification	Guidelines; Good practice	Comprehensive	Long	Text (pdf)
Unacceptable behaviour, health and wellbeing at work	https://iosh.com/n Emerging Risk	Risk identification; Risk treatment	Good practice	Elementary	Short	Text (pdf)
Ill treatment checklist tool	https://iosh.com/n Emerging Risk	Risk identification; Risk evaluation	Good practice	Elementary	Long	Checklist; Text (pdf)
Stress Management in the Events Industry	https://www.youtu Emerging Risk	Risk identification; Risk treatment	Good practice	Comprehensive	Long	Video
Safe and Secure Digital Assets	https://www.youtu Emerging Risk	Risk identification; Risk treatment	Good practice	Comprehensive	Long	Video
Investigating the accident before it happens	https://www.youtu Risk Management	Risk analysis	Good practice	Comprehensive	Long	Video
'Caring Through Covid' webinar series: Mental health and wellbeing	https://www.youtu Risk Management	Risk identification; Risk evaluation	Good practice	Comprehensive	Long	Video
Wellbeing made better	https://www.youtu Emerging Risk	Risk identification; Risk evaluation	Good practice	Comprehensive	Long	Video

The principles of good workplace safety	https://www.youtube.com/watch?v=...	Risk Management	Risk identification; Risk evaluation	Good practice	Comprehensive	Long	Video
Health and Wellbeing Strategy	https://www.youtube.com/watch?v=...	Psychosocial	Risk assessment	Project-based learning, Ice breaker, Good practice	Comprehensive	Long	Video
Mindfulness	https://www.youtube.com/watch?v=...	Emerging Risk	Risk identification; Risk treatment	Good practice	Comprehensive	Long	Video
Dangerous substances and explosive atmospheres	https://www.youtube.com/watch?v=...	Chemical	Risk identification	Good practice	Comprehensive	Long	Video
Logistics and retail - Manual handling	https://www.youtube.com/watch?v=...	Ergonomics	Risk identification; Risk treatment	Good practice	Comprehensive	Long	Video
Future Leaders Steering Group: Promoting mental health-how new OSH professionals can	https://www.youtube.com/watch?v=...	Psychosocial	Risk identification; Risk evaluation	Good practice	Comprehensive	Long	Video
Kindness Matters - Mental Health Foundation	https://www.youtube.com/watch?v=...	Psychosocial	Risk treatment	Ice breaker, Project-based learning, Good practice	Comprehensive	Short	Video
Stress, Sex, and Gender: See Equality Differently	https://www.youtube.com/watch?v=...	Psychosocial	Risk Identification; Risk treatment	Ice breaker, Project-based learning, Good practice	Comprehensive	Short	Video
HSE Management Standards Indicator Tool (Well-being)	https://www.hse.gov.uk/...	Psychosocial	Risk identification; Risk evaluation	Good practice	Comprehensive	Long	Checklist; Excel; Text (pdf)
Stay safe in the sun	https://www.notinthehat.com/	Physical	Risk identification; Risk treatment	Good practice	Comprehensive	Short	Text (Infographic)
Best practice guidelines for working at height	https://worksafe.govt.nz/	Mechanical (safety)	Risk identification; Risk treatment	Good practice	Comprehensive	Long	Text (pdf)
Fact or Fiction: Reporting Minor Injuries	https://www.youtube.com/watch?v=...	Risk Management	Risk identification	Ice-Breaker; Good practice	Elementary	Short	Video
Self-driving vehicles	https://osn.com/media/10839/osh	Emerging Risk	Risk identification	Good practice	Elementary	Elementary	Text (pdf)
Reducing Noise with Isolation	https://www.youtube.com/watch?v=...	Physical	Risk identification; Risk treatment	Good practice	Elementary	Short	Video
Worksafe- portstool	https://portstool.worksafe.govt.nz/	Risk Management	Risk assessment	Interactive activity; Ice breaker; Good practice	Comprehensive	Long	Interactive tool; Video; Text (pdf)
SaReplus Tool	https://online.safetehus.nz/users/51e	Risk Management	Risk assessment	Interactive activity; Good practice	Comprehensive	Long	Interactive tool; Website
Pickled Game	https://www.worksafe.govt.nz/	Risk Management	Risk identification; Risk treatment	Interactive activity; Good practice	Comprehensive	Long	Interactive tool; Video; Text (pdf)
Guide to Energy Isolation and LOTOTO	https://www.safegovt.nz/	Mechanical (safety)	Risk treatment	Good practice	Comprehensive	Short	Text (pdf)
Hazard Substances	https://www.hazards.govt.nz/	Chemical	Risk identification; Risk evaluation	Good practice	Comprehensive	Long	Interactive Tool; Website
Work related stress	https://www.youtube.com/watch?v=...	Psychosocial	Risk identification; Risk evaluation	Good practice	Comprehensive	Short	Video
Dangerous Substances e-tool	https://eguides.osh.govt.nz/	Chemical	Risk identification; Risk evaluation; Risk treatment	Good practice; Interactive activity	Comprehensive	Long	Interactive tool; Excel; Website
OIRA-Risk Assessment	https://oiraproject.govt.nz/	Risk Management	Risk assessment	Interactive activity; Good practice	Comprehensive	Long	Interactive tool; Website
EU e-guide on work-related vehicle safety risks (VeSafe)	https://eguides.osh.govt.nz/	Risk Management	Risk assessment	Interactive activity; Good practice	Comprehensive	Long	Interactive tool; Website
E-guide to managing stress and psychosocial risks	https://osha.europa.eu/	Psychosocial	Risk identification; Risk treatment	Good practice	Comprehensive	Long	Text (pdf)
Healthy Workplaces for all Ages	https://eguides.osh.govt.nz/	Risk Management	Risk identification; Risk treatment	Interactive activity; Good practice	Comprehensive	Long	Interactive tool; Website
Napo- When Stress Strikes	https://youtu.be/f...	Psychosocial	Risk identification	Ice breaker, Good practice	Elementary	Short	Video
Napo- No laughing matter	https://youtu.be/h...	Mechanical (safety)	Risk identification	Ice breaker, Good practice	Elementary	Short	Video
Napo- in...danger: chemicals!	https://youtu.be/5...	Chemical	Risk identification	Ice breaker, Good practice	Elementary	Short	Video
Napo- Teleworking	https://www.youtube.com/watch?v=...	Emerging risk	Risk identification	Ice breaker, Good practice	Elementary	Short	Video
Napo- Check your posture	https://www.napo.govt.nz/	Ergonomics	Risk assessment	Good practice; Ice breaker; Project-based learning; Interactive activity	Comprehensive	Long	Interactive Tool; Website; Video; Text (pdf)
Napo- Keep moving at work	https://www.napo.govt.nz/	Risk Management	Risk assessment	Good practice; Ice breaker; Project-based learning; Interactive activity	Comprehensive	Long	Interactive Tool; Website; Video; Text (pdf)
Napo- Share skills and experience	https://www.napo.govt.nz/	Ergonomics	Risk assessment	Good practice; Ice breaker; Project-based learning; Interactive activity	Comprehensive	Long	Interactive Tool; Website; Video; Text (pdf)
Napo- Risk-assess repetitive work	https://www.napo.govt.nz/	Ergonomics	Risk assessment	Good practice; Ice breaker; Project-based learning; Interactive activity	Comprehensive	Long	Interactive Tool; Website; Video; Text (pdf)
Napo- Split up heavy loads	https://www.napo.govt.nz/	Ergonomics	Risk assessment	Good practice; Ice breaker; Project-based learning; Interactive activity	Comprehensive	Long	Interactive Tool; Website; Video; Text (pdf)
Napo- Report signs of MSDs early	https://www.napo.govt.nz/	Ergonomics	Risk assessment	Good practice; Ice breaker; Project-based learning; Interactive activity	Comprehensive	Long	Interactive Tool; Website; Video; Text (pdf)
Be Body Wise with Napo: Back	https://www.napo.govt.nz/	Ergonomics	Risk assessment	Good practice; Ice breaker; Project-based learning; Interactive activity	Comprehensive	Long	Interactive Tool; Website; Video; Text (pdf)
Napo's Hazard Hunter: Identification of risks and hazards	https://www.napo.govt.nz/	Risk Management	Risk identification; Risk treatment	Good practice; Ice breaker; Project-based learning; Interactive activity	Comprehensive	Long	Interactive Tool; Website; Video; Text (pdf)
Napo's Hazard Hunter: Intervention and prevention	https://www.napo.govt.nz/	Risk Management	Risk treatment	Good practice; Ice breaker; Project-based learning; Interactive activity	Comprehensive	Long	Interactive Tool; Website; Video; Text (pdf)
Napo in...robots at work	https://www.youtube.com/watch?v=...	Emerging risk	Risk identification	Ice breaker; Good practice	Elementary	Short	Video

Get moving at work	https://osha.europ	Emerging risk	Risk identification; Risk treatment	Good practice	Elementary	Short	Text (infographic)
Work-related musculoskeletal disorders	https://osha.europ	Ergonomics	Risk identification; Risk treatment	Good practice	Elementary	Short	Text (infographic)
Working with musculoskeletal disorders	https://osha.europ	Ergonomics	Risk identification; Risk treatment	Good practice	Elementary	Short	Text (infographic)
Sexual Harassment at work	https://osha.europ	Psychosocial	Risk identification; Risk treatment	Good practice	Elementary	Short	Text (infographic)
Smart digital monitoring systems for occupational safety and health: workplace	https://osha.europ	Risk Management	Risk identification; Risk evaluation; Risk treat	Good practice	Comprehensive	Long	Text (pdf)
BeSMART.ie	https://besmart.ie	Risk Management	Risk assessment	Interactive activity; Good practice	Comprehensive	Long	Interactive tool; Website
Digitalisation and the World of Occupational Safety: Staying Safe	https://www.cee	Emerging risk	Risk identification	Good practice	Elementary	Short	Text (pdf)
10 Challenges of Digitalization	https://www.uen	Emerging risk	Risk identification	Good practice	Elementary	Short	Text (infographic)
Recognising and mitigating OSH during the Covid-19 pandemic: risks for teleworkers in the EU	https://osha.europ	Emerging risk	Risk identification; Risk evaluation; Risk treat	Good practice	Elementary	Short	Text (PowerPoint)
Recovery Calculator	https://hyvatvo.tti	Psychosocial	Risk evaluation	Good practice	Comprehensive	Short	Interactive tool; Website
Application "Lifting and Carrying"	https://play.google	Ergonomics	Risk assessment	Good practice	Comprehensive	Long	Interactive tool (app)
eLift APP	https://play.google	Ergonomics	Risk assessment	Good practice	Comprehensive	Long	Interactive tool (app)
Biological Hazards: A Type of Hazard in the Workplace	https://www.youtu	Biological	Risk identification	Good practice	Elementary	Short	Video
Chemical Hazards: A Type of Hazard in the Workplace	https://www.youtu	Chemical	Risk identification	Good practice	Elementary	Short	Video
Ionising Radiation: A Physical Hazard in the Workplace	https://www.youtu	Physical	Risk identification; Risk treatment	Good practice	Elementary	Short	Video
10 Reasons to Ignore AI Safety	https://www.youtu	Emerging Risk	Risk identification	Ice breaker; Good practice	Elementary	Short	Video
Effective learning from incidents	https://youtu.be/n	Mechanical (safety)	Risk identification; Risk treatment	Good practice	Elementary	Long	Video
IOSH Webinar Covid-19 and mental health: workplace psychosocial risks. Impacts and	https://youtu.be/k	Emerging Risk	Risk identification; Risk treatment	Good practice	Elementary	Long	Video
Power Industry 4.0 with Artificial Intelligence	https://www.youtu	Emerging risk	Risk identification; Risk treatment	Good practice	Elementary	Short	Video
AirAssess – Improve Indoor Air Quality at Work	https://www.ccohi	Risk Management	Risk assessment	Good practice	Comprehensive	Long	Interactive Tool (App)
PainPoint – Prevent Musculoskeletal Disorders (MSDs) at Work	https://www.ccohi	Ergonomics	Risk assessment	Good practice	Comprehensive	Long	Interactive Tool (App)
OSH Answers App	https://www.ccohi	Risk Management	Risk assessment	Good practice	Comprehensive	Long	Interactive Tool (App)
Measure Workplace Stress	https://www.ccohi	Psychosocial	Risk assessment	Good practice	Comprehensive	Long	Interactive Tool (App)
COHS Safe Work App	https://www.ccohi	Emerging Risk	Risk assessment	Good practice	Comprehensive	Long	Interactive Tool (App)
Artificial Intelligence: Managing the Positive and Negative Implications for Workers	https://content.lib	Emerging risk	Risk identification	Good practice	Comprehensive	Short	Podcast (mp3, ...)
Dust Busters, Combustibles and Explosions	https://content.lib	Chemical	Risk identification	Good practice	Elementary	Short	Podcast (mp3, ...)
Emotional Intelligence: What It Is and Why It Matters	https://content.lib	Psychosocial	Risk identification	Good practice	Elementary	Short	Podcast (mp3, ...)
Lightning Safety: Keeping Safe When Working Outdoors	https://content.lib	Physical	Risk identification; Risk treatment	Good practice	Elementary	Short	Podcast (mp3, ...)
Preventing Health Risks Associated with Shiftwork	https://content.lib	Psychosocial	Risk identification; Risk treatment	Good practice	Elementary	Short	Podcast (mp3, ...)
Radiation in the Workplace: The Basics	https://content.lib	Physical	Risk identification; Risk treatment	Good practice	Comprehensive	Short	Podcast (mp3, ...)
Shedding Light on Computer Vision Syndrome	https://content.lib	Emerging risk	Risk identification; Risk treatment	Good practice	Comprehensive	Short	Podcast (mp3, ...)
Supporting Mental Health in the Workplace	https://content.lib	Psychosocial	Risk identification; Risk treatment	Good practice	Comprehensive	Short	Podcast (mp3, ...)
Winter Driving Tips	https://content.lib	Mechanical (safety)	Risk identification; Risk treatment	Good practice	Comprehensive	Short	Podcast (mp3, ...)
Workplace Violence: Identifying the Problem	https://content.lib	Psychosocial	Risk identification	Good practice	Comprehensive	Short	Podcast (mp3, ...)
Workplace Violence: Taking Action	https://content.lib	Psychosocial	Risk identification; Risk treatment	Good practice	Comprehensive	Short	Podcast (mp3, ...)
WHMIS 2015 Fact Sheets	https://www.ccohi	Chemical	Risk identification	Good practice	Comprehensive	Short	Text (infographic)
ILO Encyclopaedia of Occupational Health and Safety	https://www.iloen	Risk Management	Risk assessment	Project based learning; Interactive activity; Good practice	Comprehensive	Long	Website
CHEMINDEX	https://chemindex	Chemical	Risk identification	Interactive activity; Good practice	Comprehensive	Long	Website
How to lift safely	https://www.ccohi	Ergonomics	Risk treatment	Good practice	Comprehensive	Short	Text (infographic)

WHMIS Pictograms	https://www.ccohs.ca/chemical	Chemical	Risk identification	Good practice	Comprehensive	Short	Text (Infographic)
Keep your cool	https://www.ccohs.ca/products/ooos	Physical	Risk treatment	Good practice	Comprehensive	Short	Text (Infographic)
Use PPE	https://www.ccohs.ca/riskmanagement	Risk Management	Risk treatment	Good practice	Comprehensive	Short	Text (Infographic)
Don't lift safely: Prevent slips, trips and falls at work	https://www.ccohs.ca/mechanical/safety	Mechanical (safety)	Risk treatment	Good practice	Comprehensive	Short	Text (Infographic)
Incident Investigation	https://www.ccohs.ca/riskmanagement	Risk Management	Risk identification	Good practice	Comprehensive	Short	Text (Infographic)
Workplace harassment and violence	https://www.ccohs.ca/psychosocial	Psychosocial	Risk identification; Risk treatment	Good practice	Comprehensive	Short	Text (Infographic)
Working Safely with Chemicals Infographic	https://www.ccohs.ca/chemical	Chemical	Risk identification; Risk treatment	Good practice	Comprehensive	Short	Text (Infographic)
Workplace Inspections	https://www.ccohs.ca/riskmanagement	Risk Management	Risk identification	Good practice	Comprehensive	Short	Text (Infographic)
Fatigue and work	https://www.ccohs.ca/psychosocial	Psychosocial	Risk identification	Good practice	Comprehensive	Short	Text (Infographic)
New Worker	https://www.ccohs.ca/riskmanagement	Risk Management	Risk identification	Good practice	Elementary	Short	Text (Infographic)
Sitting at work	https://www.ccohs.ca/ergonomics	Ergonomics	Risk identification; Risk treatment	Good practice	Comprehensive	Short	Text (Infographic)
Work-life Balance	https://www.ccohs.ca/psychosocial	Psychosocial	Risk identification; Risk treatment	Good practice	Comprehensive	Short	Text (Infographic)
Driving to distraction	https://www.ccohs.ca/emergingrisk	Emerging risk	Risk identification; Risk treatment	Good practice	Comprehensive	Short	Text (Infographic)
Working at Heights- Fall protection Plans	https://www.ccohs.ca/mechanical/safety	Mechanical (safety)	Risk identification; Risk treatment	Good practice	Comprehensive	Short	Text (Infographic)
Working on the cold	https://www.ccohs.ca/physical	Physical	Risk identification; Risk treatment	Good practice	Comprehensive	Short	Text (Infographic)
Manual Materials Handling (MMH)	https://www.ccohs.ca/ergonomics	Ergonomics	Risk identification; Risk treatment	Good practice	Comprehensive	Short	Text (Infographic)
Preventing Falls from slips and trips	https://www.ccohs.ca/mechanical/safety	Mechanical (safety)	Risk identification; Risk treatment	Good practice	Comprehensive	Short	Text (Infographic)
Musculoskeletal Disorders	https://www.ccohs.ca/ergonomics	Ergonomics	Risk identification; Risk treatment	Good practice	Comprehensive	Short	Text (Infographic)
Courses/e-Learning	https://www.ccohs.ca/riskmanagement	Risk Management	Risk assessment	Good practice	Comprehensive	Short	Interactive Tool; Text (pdf)
Musculoskeletal Disorders (MSDs): Awareness	https://www.ccohs.ca/ergonomics	Ergonomics	Risk assessment	Project-based learning; Interactive activity; Evaluation; Good practice	Comprehensive	Short	Interactive Tool; Text (pdf)
Being a Mindful Employee: An Orientation to Psychological Health and Safety in the	https://www.ccohs.ca/psychosocial	Psychosocial	Risk assessment	Project-based learning; Interactive activity; Evaluation; Good practice	Comprehensive	Long	Interactive Tool; Text (pdf)
Business Case for Health and Safety	https://www.ccohs.ca/riskmanagement	Risk Management	Risk identification; Risk treatment	Project-based learning; Interactive activity; Evaluation; Good practice	Comprehensive	Short	Interactive Tool; Text (pdf)
Business Case for Workplace Wellness	https://www.ccohs.ca/psychosocial	Psychosocial	Risk identification; Risk treatment	Project-based learning; Interactive activity; Evaluation; Good practice	Comprehensive	Short	Interactive Tool; Text (pdf)
COVID-19 Workplace Risk Assessment and Safety Plan	https://www.ccohs.ca/emergingrisk	Emerging risk	Risk assessment	Project-based learning; Interactive activity; Evaluation; Good practice	Comprehensive	Short	Interactive Tool; Text (pdf)
Nanotechnology and Health	https://www.ccohs.ca/emergingrisk	Emerging risk	Risk identification; Risk treatment	Project-based learning; Interactive activity; Evaluation; Good practice	Comprehensive	Short	Interactive Tool; Text (pdf)
Occupational and Environmental Cancer: Recognition and Prevention	https://www.ccohs.ca/emergingrisk	Emerging risk	Risk identification; Risk treatment	Project-based learning; Interactive activity; Evaluation; Good practice	Comprehensive	Long	Interactive Tool; Text (pdf)
Pandemic Awareness	https://www.ccohs.ca/emergingrisk	Emerging risk	Risk identification; Risk treatment	Project-based learning; Interactive activity; Evaluation; Good practice	Comprehensive	Short	Interactive Tool; Text (pdf)
Psychological Health and Safety Awareness	https://www.ccohs.ca/psychosocial	Psychosocial	Risk identification; Risk treatment	Project-based learning; Interactive activity; Evaluation; Good practice	Comprehensive	Short	Interactive Tool; Text (pdf)
Reducing Mental Health Stigma in the Workplace	https://www.ccohs.ca/psychosocial	Psychosocial	Risk identification; Risk treatment	Project-based learning; Interactive activity; Evaluation; Good practice	Comprehensive	Short	Interactive Tool; Text (pdf)
Return to Work During COVID-19: Considerations for a Hybrid Workplace	https://www.ccohs.ca/emergingrisk	Emerging Risk	Risk identification; Risk treatment	Project-based learning; Interactive activity; Evaluation; Good practice	Comprehensive	Short	Interactive Tool; Text (pdf)
Substance Use in the Workplace: Addressing Stigma	https://www.ccohs.ca/psychosocial	Psychosocial	Risk identification; Risk treatment	Project-based learning; Interactive activity; Evaluation; Good practice	Comprehensive	Short	Interactive Tool; Text (pdf)
Violence in the Workplace: Awareness	https://www.ccohs.ca/psychosocial	Psychosocial	Risk identification	Project-based learning; Interactive activity; Evaluation; Good practice	Comprehensive	Short	Interactive Tool; Text (pdf)
WHMIS 2015: An Introduction	https://www.ccohs.ca/chemical	Chemical	Risk identification	Project-based learning; Interactive activity; Evaluation; Good practice	Comprehensive	Short	Interactive Tool; Text (pdf)
Mental Health Tips for Employers Fast Facts Card	https://www.ccohs.ca/psychosocial	Psychosocial	Risk identification; Risk treatment	Good practice	Elementary	Short	Text (Infographic)
Pick Up Tips on How to Lift Safely Fast Facts Card	https://www.ccohs.ca/ergonomics	Ergonomics	Risk treatment	Good practice	Elementary	Short	Text (Infographic)
Position for Safety and Comfort Fast Facts Card	https://www.ccohs.ca/ergonomics	Ergonomics	Risk treatment	Good practice	Elementary	Short	Text (Infographic)
Psychologically Healthy and Safe Workplaces Fast Facts Card	https://www.ccohs.ca/riskmanagement	Risk Management	Risk treatment	Good practice	Elementary	Short	Text (Infographic)
New Worker Orientation	https://www.ccohs.ca/images/prod	Risk Management	Risk treatment	Good practice	Elementary	Short	Text (Infographic)
WHMIS 2015 for Workers	https://www.youtube.com/watch?v=...	Chemical	Risk treatment	Good practice	Elementary	Short	Video

Bullying and Harassment in the Workplace	https://www.ccohi	Psychosocial	Risk identification; Risk treatment	Good practice	Elementary	Short	Text (Infographic)
HEALTHY WORKING: MOVE	www.ergonomic4	Emerging risk	Risk identification; Risk treatment	Interactive activity; Good practice	Elementary	Long	Interactive tool; Website
Welding Fume Control Selector Tool	www.breathefreeh	Chemical	Risk identification; Risk evaluation; Risk treatment	Interactive activity; Good practice	Comprehensive	Long	Interactive tool; Website
SAFETY SIGNS - WEBBASED TRAINING	webtrainings.dguv	Chemical	Risk identification	Evaluation; Interactive activity	Comprehensive	Long	Interactive tool; Website
YOUNG WORKER SAFETY IN RESTAURANTS ETOO	www.osha.gov/SLT	Risk Management	Risk identification; Risk treatment	Interactive activity; Good practice	Elementary	Long	Interactive tool; Website
THE IMPORTANCE OF ACCLIMATIZATION	https://www.cpwv	Physical	Risk identification; Risk treatment	Good practice	Elementary	Short	Text (infographic)
WORKING IN COLD WEATHER	https://www.cpwv	Physical	Risk treatment	Good practice	Elementary	Short	Text (infographic)
Prevent Heat Illness at Work	https://www.osha	Physical	Risk treatment	Good practice	Elementary	Short	Text (infographic)
Prevent Heat Illness at Work	https://www.osha	Physical	Risk treatment	Good practice	Elementary	Short	Text (infographic)
Hot Conditions Guidelines	https://www.wor	Physical	Risk identification; Risk treatment	Good practice	Comprehensive	Short	Text (pdf)
Hand Injury Prevention	https://www.work	Mechanical (safety)	Risk identification; Risk treatment	Good practice	Elementary	Short	Text (pdf)
Computer Workstation Assessment Training	https://www.work	Emerging Risk	Risk identification; Risk treatment	Good practice	Comprehensive	Long	Text (powerpoint)
Field Level Hazard Assessment (FLRA) - Energy ba	https://www.work	Risk Management	Risk assessment	Good practice	Comprehensive	Long	Checklist
Too hot, Too cold	https://tuc.cuatr3	Physical	Risk identification; Risk treatment	Interactive activity; Good practice	Comprehensive	Long	Interactive tool
Chapter 2: Effects of work on health	https://emuto.m.e	Risk Management	Risk assessment	Project-based learning; Interactive tool; Good practice	Comprehensive	Long	Interactive tool; Website
Tools and Machines	https://www.ccohi	Mechanical (safety)	Risk assessment	Evaluation; Good practice; Interactive activity	Elementary	Long	Interactive tool; Website
Wellbeing: chair exercises	https://www.youtu	Ergonomics	Risk treatment	Good practice	Comprehensive	Short	Video
HUMAN STRESS, WORK AND JOB SATISFACTION	https://www.ilo.or	Psychosocial	Risk treatment	Good practice	Comprehensive	Long	Text (pdf)
Safety and health	https://www.ilo.o	Risk Management	Risk identification; Risk treatment	Good practice	Comprehensive	Long	Text (pdf)
in textiles, clothing.	wcmssp5.feroud	Risk Management	Risk assessment	Good practice	Elementary	Short	Text (pdf)
A 5 STEP GUIDE for employers, workers and their representatives on conducting workplace risk	https://www.ilo.o	Risk Management	Risk identification; Risk treatment	Good practice	Comprehensive	Long	Text (pdf)
PROMOTING SAFETY AND HEALTH IN A GREEN E	https://www.ilo.or	Emerging risk	Risk identification; Risk treatment	Good practice	Comprehensive	Long	Text (pdf)
Rod Stickman - Slips and Falls	https://youtu.be/z	Mechanical (safety)	Risk identification	Ice breaker; Good practice	Elementary	Short	Video
Electric shock from a live power line	https://www.youtu	Physical	Risk identification; Risk treatment	Good practice	Elementary	Short	Video
Managing occupational health and safety	https://www.youtu	Risk Management	Risk identification	Good practice	Elementary	Short	Video
Wash@Work a Self-Training Handbook	https://www.ilo.or	Risk Management	Risk assessment	Good practice	Comprehensive	Long	Text (pdf)
CPWR- Aerial Lift Safety	https://www.cpwv	Mechanical (safety)	Risk identification; Risk treatment	Ice breaker; Good practice	Comprehensive	Short	Text (Infographic)
Right to Know About Chemical Hazards: Nanoma	https://www.cpwv	Chemical	Risk identification; Risk treatment	Ice breaker; Good practice	Comprehensive	Short	Text (Infographic)
Spray Painting and Cutting Concrete Block Coate	https://www.cpwv	Emerging Risk	Risk identification; Risk treatment	Ice breaker; Good practice	Comprehensive	Short	Text (Infographic)
Spray Painting and Sanding Nano-Enabled Paint	https://www.cpwv	Emerging Risk	Risk identification; Risk treatment	Ice breaker; Good practice	Comprehensive	Short	Text (Infographic)
Nano-Enabled Cement Materials with Titanium D	https://www.cpwv	Emerging Risk	Risk identification; Risk treatment	Ice breaker; Good practice	Comprehensive	Short	Text (Infographic)
Nano-Enabled Wood Coatings and Stains	https://www.cpwv	Emerging Risk	Risk identification; Risk treatment	Ice breaker; Good practice	Comprehensive	Short	Text (Infographic)
Aerogel Nanoporous Insulation Products	https://www.cpwv	Emerging risk	Risk identification; Risk treatment	Ice breaker; Good practice	Comprehensive	Short	Text (Infographic)
Airborne Exposures When Working with Nano-Enabled Concrete	https://www.cpwv	Emerging risk	Risk identification; Risk treatment	Ice breaker; Good practice	Comprehensive	Short	Text (Infographic)
Electric Power	https://www.cpwv	Mechanical (safety)	Risk identification; Risk treatment	Ice breaker; Good practice	Comprehensive	Short	Text (Infographic)
Arc Welding and Electrical Safety	https://www.cpwv	Mechanical (safety)	Risk identification; Risk treatment	Ice breaker; Good practice	Comprehensive	Short	Text (Infographic)
Arc Welding and Fire Safety	https://www.cpwv	Mechanical (safety)	Risk identification; Risk treatment	Ice breaker; Good practice	Comprehensive	Short	Text (Infographic)
Boom Truck Safety	https://www.cpwv	Mechanical (safety)	Risk identification; Risk treatment	Ice breaker; Good practice	Comprehensive	Short	Text (Infographic)
Buried Utilities	https://www.cpwv	Mechanical (safety)	Risk identification; Risk treatment	Ice breaker; Good practice	Comprehensive	Short	Text (Infographic)
Work Zone Safety: Working Around Vehicles	https://www.cpwv	Mechanical (safety)	Risk identification; Risk treatment	Ice breaker; Good practice	Comprehensive	Short	Text (Infographic)

Work Zone Safety, Vehicle Operators	https://www.cpw.com/wd-	Mechanical (safety)	Risk identification; Risk treatment	Ice breaker; Good practice	Comprehensive	Short	Text (Infographic)
Walking/Working Surfaces	https://www.cpw.com/wd-	Mechanical (safety)	Risk identification; Risk treatment	Ice breaker; Good practice	Comprehensive	Short	Text (Infographic)
Traffic Safety	https://www.cpw.com/wd-	Mechanical (safety)	Risk identification; Risk treatment	Ice breaker; Good practice	Comprehensive	Short	Text (Infographic)
Tower Crane Safety	https://www.cpw.com/wd-	Mechanical (safety)	Risk identification; Risk treatment	Ice breaker; Good practice	Comprehensive	Short	Text (Infographic)
Solvents	https://www.cpw.com/wd-	Chemical	Risk identification; Risk treatment	Ice breaker; Good practice	Comprehensive	Short	Text (Infographic)
Carbon Monoxide Poisoning	https://www.cpw.com/wd-	Chemical	Risk identification; Risk treatment	Ice breaker; Good practice	Comprehensive	Short	Text (Infographic)
Eye Protection	https://www.cpw.com/wd-	Risk Management	Risk identification; Risk treatment	Ice breaker; Good practice	Comprehensive	Short	Text (Infographic)
Silica	https://www.cpw.com/wd-	Chemical	Risk identification; Risk treatment	Ice breaker; Good practice	Comprehensive	Short	Text (Infographic)
Lockout/Tagout: Electrically Powered Equipment	https://www.cpw.com/wd-	Mechanical (safety)	Risk identification; Risk treatment	Ice breaker; Good practice	Comprehensive	Short	Text (Infographic)
Biohazard Safety	https://www.cpw.com/wd-	Biological	Risk identification; Risk treatment	Ice breaker; Good practice	Comprehensive	Short	Text (Infographic)
MOVE MATERIALS WITH ASSIST	https://www.elcos.com/wd-	Mechanical (safety)	Risk identification; Risk treatment	Ice breaker; Good practice	Comprehensive	Short	Text (pdf)
POWER TOOLS	https://www.elcos.com/wd-	Mechanical (safety)	Risk identification; Risk treatment	Ice breaker; Good practice	Comprehensive	Short	Text (pdf)
Improving the Safety and Health of Young Workers	https://www.ilo.org/	Psychosocial	Risk identification; Risk treatment	Good practice	Comprehensive	Long	Text (pdf)
THE PREVENTION OCCUPATIONAL DISEASES	https://www.ilo.org/	Risk Management	Risk identification; Risk treatment	Good practice	Elementary	Short	Text (pdf)
Impact of Artificial Intelligence on Occupational Safety	https://osha.europa.eu/en	Emerging Risk	Risk identification; Risk treatment	Good practice	Elementary	Short	Text (pdf)
Smart personal protective equipment (PPE)	file:///C:/Users/HP	Emerging Risk	Risk identification; Risk treatment	Good practice	Comprehensive	Short	Text (pdf)
Preventing occupational hearing loss- A practical approach	https://www.cdc.gov/	Physical	Risk identification; Risk treatment	Good practice	Comprehensive	Long	Text (pdf), Checklist
Calculator Index OCRA	https://globabuserf.com/	Ergonomics	Risk assessment	Good practice	Comprehensive	Long	Excel
Checklist OCRA	https://globabuserf.com/	Ergonomics	Risk identification	Good practice	Comprehensive	Short	Excel; Checklist
ERGOCHECK (MSD)	https://globabuserf.com/	Ergonomics	Risk assessment	Good practice	Comprehensive	Long	Excel; Checklist
Calculator of Lifting (NIOSH Equation)	https://globabuserf.com/	Ergonomics	Risk assessment	Good practice	Comprehensive	Long	Excel
Computer Workstation Checklist	https://www.cdc.gov/	Ergonomics	Risk identification	Good practice	Elementary	Short	Checklist; Text (pdf)
Workstation Checklist	https://www.cdc.gov/	Ergonomics	Risk identification	Good practice	Elementary	Short	Checklist; Text (pdf)
WMSD Hazard Identification Checklist	https://www.cdc.gov/	Chemical	Risk identification	Good practice	Elementary	Long	Checklist; Text (pdf)
Task Analysis Checklist	https://www.cdc.gov/	Ergonomics	Risk identification	Good practice	Elementary	Short	Checklist; Text (pdf)
Materials Handling Checklist	https://www.cdc.gov/	Ergonomics	Risk identification	Good practice	Elementary	Short	Checklist; Text (pdf)
Step-by-step WISHA Lifting Calculator- v-5.0	https://ergo-plus.c	Ergonomics	Risk assessment	Good practice	Comprehensive	Long	Text (pdf)
Step-by-step Snook-Tables-Guide-v-5.0	https://ergo-plus.c	Ergonomics	Risk assessment	Good practice	Comprehensive	Long	Text (pdf)
Step-by-step RULA-Guide-v-5.0	https://ergo-plus.c	Ergonomics	Risk assessment	Good practice	Comprehensive	Long	Text (pdf)
Step-by-step REBA-Guide-v-5.0	https://ergo-plus.c	Ergonomics	Risk assessment	Good practice	Comprehensive	Long	Text (pdf)
NIOSH-guide-v-5.5step-by-step to apply NIOSH Equation	https://ergo-plus.c	Ergonomics	Risk assessment	Good practice	Comprehensive	Long	Text (pdf)
Practical Demonstrations of Ergonomics Principles	https://www.cdc.gov/	Ergonomics	Risk assessment	Good practice	Comprehensive	Long	Text (pdf)
KIM-PP (Pushing-Pulling)	https://www.ergo.com/	Ergonomics	Risk assessment	Good practice	Comprehensive	Long	Text (pdf)
KIM-MHO (Manual-Handling-Operations)	https://www.baua.de/	Ergonomics	Risk assessment	Good practice	Comprehensive	Long	Text (pdf)
KIM-LHC (Lifting-Holding-Carrying)	https://www.ergo.com/	Ergonomics	Risk assessment	Good practice	Comprehensive	Long	Text (pdf)
Awkward Body Postures KIM-ABP	https://www.ergo.com/	Ergonomics	Risk assessment	Good practice	Comprehensive	Long	Text (pdf)
KIM-BF-Whole-Body-Forces	https://www.ergo.com/	Ergonomics	Risk assessment	Good practice	Comprehensive	Long	Text (pdf)
KIM-BM (Body-Movement)	https://www.ergo.com/	Ergonomics	Risk assessment	Good practice	Comprehensive	Long	Text (pdf)
Handtool Analysis Checklist	https://www.cdc.gov/	Ergonomics	Risk identification	Good practice	Elementary	Short	Checklist; Text (pdf)

Guidelines for MMH (NIOSH)	https://www.cdc.g Ergonomics	Risk identification; Risk evaluation	Guidelines, Good practice	Comprehensive	Long	Text (pdf)
Guidelines for design safe mobile equipment access areas	https://www.cdc.g Mechanical (safety)	Risk identification; Risk treatment	Good practice	Elementary	Short	Interactive tool; Text (pdf)
NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards Mobile Application	https://www.cdc.g Chemical	Risk identification	Good practice	Comprehensive	Long	Interactive tool (app)
1-1-Noble_Guide	https://riskman.vsi Risk Management	Risk assessment	Project-based learning; Interactive activity; Good practice	Comprehensive	Long	Text (pdf); Interactive tool
2 - Family house: Incident case study	https://riskman.vsi Risk Management	Risk assessment	Project-based learning; Interactive activity; Good practice	Comprehensive	Long	Text (pdf); Interactive tool
3 - Case studies on MSDs and Ergonomics incorp	https://riskman.vsi Risk Management	Risk assessment	Project-based learning; Interactive activity; Good practice	Comprehensive	Long	Text (pdf); Interactive tool
4 - Risk analysis of making coffee in Moka pot	https://riskman.vsi Risk Management	Risk assessment	Project-based learning; Interactive activity; Good practice	Comprehensive	Long	Text (pdf); Interactive tool
5 - Root cause analysis	https://riskman.vsi Risk Management	Risk assessment	Project-based learning; Interactive activity; Good practice	Comprehensive	Long	Text (pdf); Interactive tool
6 - Chemical safety assessment for environment	https://riskman.vsi Chemical	Risk assessment	Project-based learning; Interactive activity; Good practice	Comprehensive	Long	Text (pdf); Interactive tool
7 - HSE Risk characterization in CHESAR	https://riskman.vsi Chemical	Risk assessment	Project-based learning; Interactive activity; Good practice	Comprehensive	Long	Text (pdf); Interactive tool
8 - OIRA Office	https://riskman.vsi Risk Management	Risk assessment	Project-based learning; Interactive activity; Good practice	Comprehensive	Long	Text (pdf); Interactive tool
9 - HSE Online risk assessment tools	https://riskman.vsi Risk Management	Risk assessment	Project-based learning; Interactive activity; Good practice	Comprehensive	Long	Text (pdf); Interactive tool
10 - ALVA Noise calculator	https://riskman.vsi Physical	Risk assessment	Project-based learning; Interactive activity; Good practice	Comprehensive	Long	Text (pdf); Interactive tool
11 - Health risk assessment of inhalation exposure to chemicals with Stoffenmanager	https://riskman.vsi Chemical	Risk assessment	Project-based learning; Interactive activity; Good practice	Comprehensive	Long	Text (pdf); Interactive tool
12 - Health risk assessment of exposure to nanom	https://riskman.vsi Emerging Risk	Risk assessment	Project-based learning; Interactive activity; Good practice	Comprehensive	Long	Text (pdf); Interactive tool
13 - Chemical puzzle	https://riskman.vsi Chemical	Risk identification	Project-based learning; Interactive activity; Good practice	Comprehensive	Long	Text (pdf); Interactive tool
14 - Hazard Hunt® by Graphito Prevention	https://riskman.vsi Risk Management	Risk identification	Project-based learning; Interactive activity; Good practice	Comprehensive	Long	Text (pdf); Interactive tool
15 - Safe lab procedure	https://riskman.vsi Chemical	Risk identification	Project-based learning; Interactive activity; Good practice	Comprehensive	Long	Text (pdf); Interactive tool
16 - WorkSafeBC: What's wrong with this photo?	https://riskman.vsi Risk Management	Risk identification	Project-based learning; Interactive activity; Good practice	Comprehensive	Long	Text (pdf); Interactive tool
1- Chemical Exercises	https://drive.google Chemical	Risk assessment	Evaluation	Comprehensive	Long	Text (pdf)
2- Vibration Exercises	https://drive.google Physical	Risk assessment	Evaluation	Comprehensive	Long	Text (pdf)
3- Noise Exercises	https://drive.google Physical	Risk assessment	Evaluation	Comprehensive	Long	Text (pdf)
Case study- noise	https://drive.google physical	Risk assessment	Project-based learning; Interactive activity; Evaluation	Comprehensive	Long	Text (pdf)
Case study- vibrations	https://drive.google Physical	Risk assessment	Project-based learning; Interactive activity; Evaluation	Comprehensive	Long	Text (pdf)
Case study- WMSD	https://drive.google Ergonomics	Risk assessment	Project-based learning; Interactive activity; Evaluation	Comprehensive	Long	Text (pdf)
Chemicals Presentation	https://drive.google Chemical	Risk identification; Risk evaluation; Risk treat	Project-based learning; Ice breaker; Good practice	Comprehensive	Long	Text (Power-Point)
Vibration Presentation	https://drive.google Physical	Risk identification; Risk evaluation; Risk treat	Project-based learning; Ice breaker; Good practice	Comprehensive	Long	Text (Power-Point)
Noise Presentation	https://drive.google Physical	Risk identification; Risk evaluation; Risk treat	Project-based learning; Ice breaker; Good practice	Comprehensive	Long	Text (Power-Point)
Thermal Environment Presentation	https://drive.google Physical	Risk identification; Risk evaluation; Risk treat	Project-based learning; Ice breaker; Good practice	Comprehensive	Long	Text (Power-Point)
WHO guidelines on protecting workers from potential risks of manufactured nanomaterials	https://www.who Emerging Risk	Risk identification; Risk evaluation; Risk treat	Good practice	Comprehensive	Long	Text (pdf)
Working Safely with Manufactured Nanomaterials	https://ec.europa.e Emerging Risk	Risk identification; Risk evaluation; Risk treat	Good practice	Comprehensive	Short	Text (pdf)
GUIDANCE WORKING SAFELY WITH NANOMATERIALS AND NANOPRODUCTS	https://www.indust Emerging Risk	Risk assessment	Good practice	Comprehensive	Long	Text (pdf); Checklist
Controlling Health Hazards When Working with h	https://www.cdc.g Emerging Risk	Risk identification; Risk treatment	Good practice	Comprehensive	Short	Text (pdf)
SAFETY OF MANUFACTURED NANOMATERIALS	https://www.oecd Emerging Risk	Risk identification; Risk treatment	Good practice	Comprehensive	Long	Text (infographic)
Hazard Classification Guidance for Manufacturers, Importers, and Employers	https://www.osha Chemical	Risk assessment	Good practice	Comprehensive	Long	Text (pdf)
PERSONAL PROTECTIVE EQUIPMENT FOR ENGINEERED NANOPARTICLES	https://safety.fsu.e Emerging Risk	Risk treatment	Good practice	Comprehensive	Short	Text (pdf)
Studies and Chemical Substances and Biological Agents Research Projects	https://www.irsst.u Emerging Risk	Risk assessment	Good practice	Comprehensive	Long	Text (pdf)
Risk Management Methods and ethical legal and societal implication of nanotechnology	https://www.nano Emerging Risk	Risk assessment	Good practice	Comprehensive	Long	Text (pdf)
Student Manual	https://www.osha Emerging Risk	Risk identification; Risk treatment	Project-based learning; Evaluation; Good practice	Comprehensive	Long	Text (pdf)

Malchaire_Analysis_PMV_FPD_WBGT_PHS

<http://www.depar> Physical

Risk assessment

Good practice

Comprehensive Long

Excel