



De 11 a 14 - NOVEMBRO DE 2024

**Inteligência Artificial
na Gestão de Operações:**
Limitações e possibilidades



IMPACTO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E INTERNET DAS COISAS NA SAÚDE E SEGURANÇA DO TRABALHO

1º RAFAEL ZORZENON – rafaeltzorzenon10@gmail.com
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS – UFSCar

2º FABIANE LETÍCIA LIZARELLI – fabiane@dep.ufscar.br
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS – UFSCar

3º DANIEL BRAATZ – braatz@ufscar.br
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS – UFSCar

ÁREA: 8 – ENGENHARIA DO TRABALHO

SUBÁREA: 8.4 – GESTÃO DE RISCOS DE ACIDENTES DO TRABALHO

RESUMO: A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL (IA) E A INTERNET DAS COISAS (IOT) SÃO DUAS TECNOLOGIAS APLICADAS NO CONTEXTO DA INDÚSTRIA 4.0. A ADOÇÃO DESSAS NOVAS TECNOLOGIAS NO AMBIENTE DE TRABALHO PODE GERAR NOVOS DESAFIOS À SAÚDE E SEGURANÇA DO TRABALHO (SST), UMA VEZ QUE PODEM AUMENTAR OU DIMINUIR RISCOS DO AMBIENTE DE TRABALHO. O OBJETIVO DESTE ESTUDO É EXPLORAR O IMPACTO DA IA E DA IOT NA SST POR MEIO DE UMA INVESTIGAÇÃO NA LITERATURA, ANALISANDO RISCOS FÍSICOS, QUÍMICOS, BIOLÓGICOS, ERGONÔMICOS, DE ACIDENTES E PSICOSSOCIAIS. FOI REALIZADA UMA REVISÃO DE LITERATURA CINZA, QUE INCLUI ARTIGOS DE SITES E PÁGINAS DA WEB, E ACADÊMICA, QUE INCLUI BUSCAS EM BASES DE DADOS CIENTÍFICA, COMO SCOPUS E WEB OF SCIENCE. ATRAVÉS DE UM PROCEDIMENTO DE SELEÇÃO, FORAM CONSIDERADOS 36 DOCUMENTOS. OS RESULTADOS SUGEREM QUE A IA TEM UM EFEITO POSITIVO NA REDUÇÃO DOS RISCOS DE ACIDENTES, RISCOS ERGONÔMICOS E QUÍMICOS, ENQUANTO A IOT TEM UM EFEITO POSITIVO NA REDUÇÃO DE ACIDENTES, RISCOS ERGONÔMICOS, QUÍMICOS E FÍSICOS. NO ENTANTO, AS TECNOLOGIAS APRESENTAM COMO ASPECTO NEGATIVO O AUMENTO DO RISCO PSICOSSOCIAL. ESSES RESULTADOS FORNECEM UMA VISÃO ABRANGENTE DOS EFEITOS (POSITIVOS E NEGATIVOS) DA ADOÇÃO DA IA E DA IOT NA SST, PERMITINDO QUE GESTORES IDENTIFIQUEM POTENCIAIS BENEFÍCIOS E PONTOS DE ATENÇÃO AO IMPLEMENTAR ESSAS TECNOLOGIAS.

PALAVRAS-CHAVES: INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL; REVISÃO DE LITERATURA; INDÚSTRIA 4.0; SEGURANÇA DO TRABALHO; RISCO OCUPACIONAL.

IMPACT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND INTERNET OF THINGS ON WORK HEALTH AND SAFETY

ABSTRACT: ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI) AND THE INTERNET OF THINGS (IOT) ARE TWO TECHNOLOGIES OF INDUSTRY 4.0. THE ADOPTION OF THESE NEW TECHNOLOGIES IN THE WORK ENVIRONMENT CAN CREATE NEW CHALLENGES TO OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY (OSH). THE OBJECTIVE OF THIS STUDY IS TO EXPLORE THE IMPACT OF AI AND IOT ON OSH THROUGH AN INVESTIGATION IN THE LITERATURE, ANALYZING PHYSICAL, CHEMICAL, BIOLOGICAL, ERGONOMIC, ACCIDENT AND PSYCHOSOCIAL RISKS. A REVIEW OF GRAY AND WHITE LITERATURE WAS CARRIED OUT AND, THROUGH A SELECTION PROCEDURE, 36 DOCUMENTS WERE CONSIDERED. THE RESULTS SUGGEST THAT AI HAS A POSITIVE EFFECT IN REDUCING THE RISK OF ACCIDENTS, ERGONOMIC AND CHEMICAL RISKS, WHILE IOT HAS A POSITIVE EFFECT IN REDUCING ACCIDENTS, ERGONOMIC, CHEMICAL AND PHYSICAL RISKS. HOWEVER, TECHNOLOGIES PRESENT AN INCREASED PSYCHOSOCIAL RISK AS A NEGATIVE ASPECT. THESE RESULTS PROVIDE A COMPREHENSIVE VIEW OF THE EFFECTS (POSITIVE AND NEGATIVE) OF THE ADOPTION OF AI AND IOT IN OSH, ALLOWING MANAGERS TO IDENTIFY POTENTIAL BENEFITS AND POINTS OF ATTENTION WHEN IMPLEMENTING THESE TECHNOLOGIES.

KEYWORDS: ARTIFICIAL INTELLIGENCE; LITERATURE REVIEW; INDUSTRY 4.0; WORKPLACE SAFETY; OCCUPATIONAL RISK.

1. INTRODUÇÃO

A Inteligência Artificial (IA) consiste no uso de software e hardware que visam imitar a conduta humana para tomada de decisões (EROL, 2019). Para Badri, Boudreau-Trudel e Souissi (2018) a IA é uma das tecnologias da indústria 4.0 que envolve técnicas, conceitos e outras tecnologias multidisciplinares, a fim de simular a inteligência humana. A Internet das Coisas (*Internet of Things* - IoT) consiste em uma tecnologia que visa conectar um objeto físico à internet para troca de dados e informações (OJRA, 2019; POLAK-SOPINSKA et al., 2019).

A introdução dessas tecnologias no ambiente de trabalho provocará mudanças na organização, podendo impactar a saúde e segurança do trabalho (BADRI; BOUDREAU-TRUDEL; SOUISSI, 2018; ZORZENON; LIZARELLI; MOURA, 2022). A Saúde e Segurança do Trabalho (SST) é a área que se preocupa com a saúde e segurança do trabalhador no ambiente de trabalho (BHAGAWATI, 2015; EROL, 2019), incluindo o bem-estar físico e mental das pessoas (HUGHES; FERRETT, 2016). Basicamente, em síntese, tem o objetivo de proteger o trabalhador quanto a doenças e lesões no trabalho e realizar a análise de riscos físicos, químicos, biológicos, ergonômicos, acidentais e psicossociais no ambiente de trabalho.

Para se ter uma compreensão da importância desta área, estima-se que 4% do Produto Interno Bruto (PIB) global seja perdido devido a acidentes e doenças no trabalho (ILO, 2021). No Brasil, isso seria o equivalente a aproximadamente R\$ 396 bilhões de reais, de acordo com o PIB do país (IBGE, 2023). Além disso, mais de 2,78 milhões de pessoas morrem anualmente em acidentes no mundo (ILO, 2021), gerando prejuízos para os países, bem como afetando as famílias dos trabalhadores.

As pesquisas sobre as tecnologias da Indústria 4.0 (I4.0) estão em seu estágio inicial, necessitando de mais estudos (BADRI; BOUDREAU-TRUDEL; SOUISSI, 2018; POLAK-SOPINSKA et al., 2019; ZORZENON; LIZARELLI; MOURA, 2022), incluindo a IA e IoT que podem contribuir significativamente para avanços na área de SST (LEMOS; GASPARELLO; LIMA, 2022).

Neste sentido, este artigo tem como objetivo explorar o impacto da IA e IoT na saúde e segurança do trabalho, por meio de uma investigação na Literatura Cinza (LC) e Literatura Branca (LB). A LC é produzida por autores que não publicam de acordo com as normas acadêmicas, e pode ser encontrada em sites e páginas da web (ADAMS; SMART; HUFF,

2017; PAEZ, 2017), sendo indicada quando se pretende verificar o que está acontecendo na prática (BENZIES et al., 2006; GAROUSI; FELDERER; MÄNTYLÄ, 2019). Enquanto a LB está relacionada a literatura acadêmica, associada a bases científicas, periódicos, livros e conferências (GAROUSI; FELDERER; MÄNTYLÄ, 2019).

Assim este estudo apresenta a seguinte questão de pesquisa, a saber: Qual é o impacto da IA e IoT na saúde e segurança do trabalho?

Este artigo está estruturado da seguinte forma: a seção 2 descreve o método de pesquisa. A seção 3 detalha os resultados e discussão. Finalmente, as conclusões, implicações gerenciais e limitações da pesquisa são apresentadas na Seção 4.

2. MÉTODO DE PESQUISA

A Literatura Branca (LB) e a Literatura Cinza (LC) foram utilizadas para responder à questão principal desta pesquisa. A LB é a literatura mais utilizada pelos acadêmicos, consistindo basicamente em documentos publicados em jornais, conferências e livros (GAROUSI; FELDERER; MÄNTYLÄ, 2019). A Literatura Cinza (LC), produzida por autores que geralmente não possuem treinamento acadêmico ou não têm interesse em publicar de acordo com as normas acadêmicas, não está disponível em canais tradicionais como livros e periódicos, mas pode ser encontrada em sites e páginas da web (ADAMS; SMART; HUFF, 2017; PAEZ, 2017), sendo indicada quando se pretende verificar o que está acontecendo na prática (BENZIES et al., 2006; GAROUSI; FELDERER; MÄNTYLÄ, 2019).

Inicialmente os autores selecionaram dois artigos que já realizaram um levantamento do impacto das tecnologias da I4.0 na SST na LC (ZORZENON; LIZARELLI; BRAATZ, 2023) E LB (ZORZENON; LIZARELLI; MOURA, 2022). Estes artigos consistem em revisões extensas da literatura, onde são encontrados os impactos das várias tecnologias da I4.0 na SST, e apresentam tanto os artigos da LB selecionados (artigos de periódicos e conferências da base Scopus e Web of Science), quanto os da LC (sites e páginas da web). Portanto, a seleção inicial do material trabalhado nesta pesquisa partiu desses estudos, sendo acrescidos de documentos atuais (dos anos faltantes nos estudos utilizados) da LC.

Foram selecionados somente as referências que constavam nesses artigos e que tratavam sobre a tecnologia IA e IoT e mencionavam seu impacto na SST. Em seguida, os documentos foram baixados ou acessados através do link de cada um deles. Os documentos selecionados nesta primeira fase, baseando-se nestes dois artigos, são apresentados na Figura 1 (Documentos de IA) e Figura 2 (Documentos de IoT).

Em seguida, após a seleção desses documentos e verificação dos principais impactos da IA e IoT na SST, foi realizado uma nova busca online sobre a LC. Esta busca visava aumentar a quantidade de documentos a serem analisados, bem como obter aplicações práticas atuais da AI e IoT visando seu impacto na SST. A *string* utilizada nas buscas é apresentada na Figura 3 e segue os padrões do estudo de Zorzenon, Lizarelli e Braatz (2023) utilizado como referência.

Foi utilizado o buscador Google (www.google.com), que possui ampla cobertura (BROPHY; BAWDEN, 2005) e o navegador Chrome. Foi instalado o plugin SEOQuake no mecanismo de busca do google Chrome. O SEOQuake é uma poderosa ferramenta de busca a ser utilizada, permitindo a configuração de diversos parâmetros, incluindo explorar resultados da busca para uma planilha (SEOQUAKE, 2021). Outros autores como Melegati, Guerra e Wang (2020) também utilizaram esta ferramenta para auxiliar quanto a busca de documentos na LC.

FIGURA 1 – Documentos de IA selecionados inicialmente.

#	Tipo de literatura	Abordagem	Autores	Título	Tipo	Ano	Setor / Aplicação
1	Literatura cinza	Qualitativa	Mais Polimeros	A Quarta Revolução Industrial e seu Impacto na Indústria	Site	2018	Automotiva
2	Literatura cinza	Qualitativa	Diário do Comércio	FCA usa tecnologia da Indústria 4.0 para melhorar ergonomia na produção	Site	2019	Automotiva
3	Literatura cinza	Qualitativa	Veja	Inovações impulsionam saúde e segurança na indústria	Site	2018	Construção civil
4	Literatura cinza	Qualitativa	Cipa&Incêndio	Nova tecnologia promete reduzir prejuízos de US\$ 3 trilhões com acidentes de trabalho em todo o mundo	Site	2020	Movimentação / Transporte
5	Literatura cinza	Qualitativa	TIINSIDE	Ao invés de tomar o lugar dos trabalhadores, Inteligência Artificial pode salvar suas vidas	Site	2019	Movimentação / Transporte
6	Literatura Branca	Quantitativo	Madhavi I. et al.	A Deep Learning Approach for Work Related Stress Detection from Audio Streams in Cyber Physical Environments	Artigo de Conferência	2020	Fábricas em geral
7	Literatura Branca	Quali-Quantitativo	Cardillo E., Caddemi A.	Feasibility Study to Preserve the Health of an Industry 4.0 Worker: A Radar System for Monitoring the Sitting-Time	Artigo de Conferência	2019	Fábricas em geral
8	Literatura Branca	Qualitativa	Giakoumis et al.	Smart, personalized and adaptive ICT solutions for active, healthy and productive ageing with enhanced workability	Artigo de Conferência	2019	Fábricas em geral
9	Literatura Branca	Qualitativa	Badri A., Boudreau-Trudel B., Souissi A.S.	Occupational health and safety in the industry 4.0 era: A cause for major concern?	Revisão	2018	Fábricas em geral
10	Literatura Branca	Qualitativa	Erol M.	Occupational health and work safety systems in compliance with industry 4.0: Research directions	Artigo	2019	Fábricas em geral

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

FIGURA 2 – Documentos de IoT selecionados inicialmente.

#	Tipo de literatura	Abordagem	Autores	Título	Tipo	Ano	Setor / Aplicação
1	Literatura cinza	Qualitativa	Graziela	O impacto da tecnologia na indústria 4.0 e na sst	Site	2019	Fábricas em geral
2	Literatura branca	Qualitativa	Marques	Arquiteturas da Internet das Coisas para Ambientes de Vida Aprimorados	Tese	2020	Geral
3	Literatura cinza	Qualitativa	Samora	O uso da internet das coisas no monitoramento de barragens e mineradoras.	Site	2019	Mineração
4	Literatura cinza	Qualitativa	Valor Agregado	Internet das Coisas desempenhará um papel de liderança na proteção de trabalhadores agrícolas	Site	2018	Agricultura
5	Literatura cinza	Qualitativa	ILO	Safety and Health at Work	Site	2021	Fábricas em geral
6	Literatura branca	Qualitativa	Abubakar Muhammad et al.	Assessment of cost impact in health and safety on construction projects	Artigo	2015	Construção civil
7	Literatura branca	Qualitativa	Erol	Occupational health and work safety systems in compliance with industry 4.0: Research directions	Artigo	2019	Fábricas em geral
8	Literatura branca	Qualitativa	Liu et al.	A paradigm of safety management in Industry 4.0	Artigo	2020	Fábricas em geral
9	Literatura branca	Qualitativa	Moreira-silva et al.	Predicting musculoskeletal symptoms in workers of a manufacturing company	Artigo	2020	Fábricas em geral
10	Literatura branca	Qualitativa	Erol	Occupational health and work safety systems in compliance with industry 4.0: Research directions	Artigo	2019	Geral
11	Literatura branca	Qualitativa	Badri et al.	Occupational health and safety in the industry 4.0 era: A cause for major concern?	Artigo	2018	Fábricas em geral
12	Literatura branca	Qualitativa	Franco et al.	Consolidated and inconclusive effects of additive manufacturing adoption: A systematic literature review.	Artigo	2020	Fábricas em geral

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

FIGURA 3 – Palavras utilizadas na busca do google

Termos de busca utilizados no Google
<i>Termo de IA:</i> intitle:(inteligência artificial) AND (“saúde e segurança” OR “saúde ocupacional” OR “segurança ocupacional” OR “saúde no trabalho”). <i>Termo de IoT:</i> intitle:(internet das coisas) AND (“saúde e segurança” OR “saúde ocupacional” OR “segurança ocupacional” OR “saúde no trabalho”).

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

A busca foi configurada para retornar 100 resultados por página e foram exportados para uma planilha os 100 primeiros resultados de cada uma das tecnologias para análise. A partir disso, iniciou-se o processo de triagem desses documentos.

Foram selecionados somente os links de sites que estivessem disponíveis, que fossem em português, de LC, que fossem seguros (sem vírus e que fossem aprovados pelo critério de qualidade de documentos da LC, adaptado de Rainer (2017) e Garousi, Felderer e Mäntylä (2019).

Os critérios de qualidade da LC consistem em um conjunto de oito questões a serem verificadas em cada um dos documentos, visando garantir maior confiabilidade a pesquisa. Posteriormente, após a análise de cada uma das questões é realizado a somatória da pontuação e recomendamos que sejam adotados os documentos acima de 0,5 (valor normalizado). A Figura 4 apresenta os critérios a serem verificados, a saber.

FIGURA 4 – Tabela para avaliação de documentos da literatura cinza.

1 - Qualidade da Fonte	2 - Data no documento	3 - Tendência (Fonte de divulgação)	4 - Opinião.	5 - Consistência	6 - Campo	7 - Experiência na área	8 - Evidência	Soma	Normalizado (0-1).
Pontuação: (2) = 1º nível (livros, revistas, artigos, órgãos governamentais) (1) = 2º nível (relatórios anuais, artigos de notícias, apresentações, vídeos, artigos wiki, sites) (0) = 3º nível (Blog, tweets, emails)	Pontuação: (1) = data indicada no documento (0) - não possui data	Pontuação: (1) = Informação advém entrevistado/matéria (0) = informação advém empresa fornecedora da tecnologia	Pontuação: (1) = específica (0) = generalizada	Pontuação (1) = De acordo com outros. (0) = Contra ou "não sei classificar"	Pontuação (2) = Mestre/doutor na área (1) = especialista (0,5) = graduado/técnico na área (0) = não graduado área / não disponível informação	Pontuação: (1) = mais que 5 anos. (0) = menos que 5 anos / não sei ou não consegui analisar	Pontuação: (1) = Apoiada na literatura/prática. (0) = não / não sei / conclusões não foram evidenciadas	Soma (Máximo 10 pontos)	Adotar acima de 0,5

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Foram selecionados 14 documentos a serem inclusos na pesquisa (Figura 5 e Figura 6), resultando ao todo em 36 documentos analisados.

FIGURA 5 – Documentos de IA inclusos da busca no google.

#	Tipo de literatura	Abordagem	Autores	Título	Tipo	Ano	Setor / Aplicação
1	Literatura cinza	Qualitativa	Hirata, Eliane Kazue	Inteligência Artificial previne acidentes e doenças ocupacionais	Site	2024	Fábricas em geral
2	Literatura cinza	Qualitativa	Santos, Angelo	A Inteligência Artificial na SST - Explorando os Prós e Contras	Site	2023	Fábricas em geral
3	Literatura cinza	Qualitativa	Monteiro, Adilson	Segurança de mão dada com a Inteligência Artificial	Site	2024	Fábricas em geral
4	Literatura cinza	Qualitativa	ONSAFETY	A Inteligência Artificial (IA) Na SST	Site	2023	Fábricas em geral
5	Literatura cinza	Qualitativa	FOOD CONNECTION	Como usar a inteligência artificial para melhorar a saúde e segurança no trabalho?	Site	2024	Indústria alimentícia
6	Literatura cinza	Qualitativa	Flexa, Caio	Usando A Inteligência Artificial (IA) Para Promover Uma Cultura De SST	Site	2022	Agroindústria
7	Literatura cinza	Qualitativa	AMBRAC	Segurança do trabalho: Entenda como utilizar inteligência artificial na indústria.	Site	2024	Fábricas em geral
8	Literatura cinza	Qualitativa	Vargas, Eduardo	Inteligência Artificial pode reduzir acidentes de trabalho	Site	2023	Fábricas em geral

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

FIGURA 6 – Documentos de IoT inclusos da busca do google.

#	Tipo de literatura	Abordagem	Autores	Título	Tipo	Ano	Setor / Aplicação
1	Literatura cinza	Qualitativa	BNDES	Interet das coisas: Um plano de ação para o Brasil.	Site	2018	Agronegócio Indústria
2	Literatura cinza	Qualitativa	CONCRETESHOW	Internet das Coisas na construção civil e máquinas conectadas	Site	2023	Construção civil
3	Literatura cinza	Qualitativa	IBRAM	Mineração 4.0: Big Data e Internet das Coisas vão aumentar a eficiência e diminuir impactos na mineração, diz painelistas do e-Mineração 2023	Site	2023	mineração
4	Literatura cinza	Qualitativa	CIPA&INCÊNDIO	Uso da Internet das Coisas e Inteligência Artificial auxilia na prevenção de riscos no trabalho	Site	2022	mineração
5	Literatura cinza	Qualitativa	Gonçalves, Ricardo	O encontro de dois mundos: A internet das coisas na mineração	Site	2016	mineração
6	Literatura cinza	Qualitativa	Ferreira, Rodrigo	Segurança do Trabalho, Internet das Coisas, Inteligência Artificial e Realidade Aumentada: previsões sem compromisso de um futuro muito breve	Site	2017	Movimentação (empilhadeiras) Fábricas em geral

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

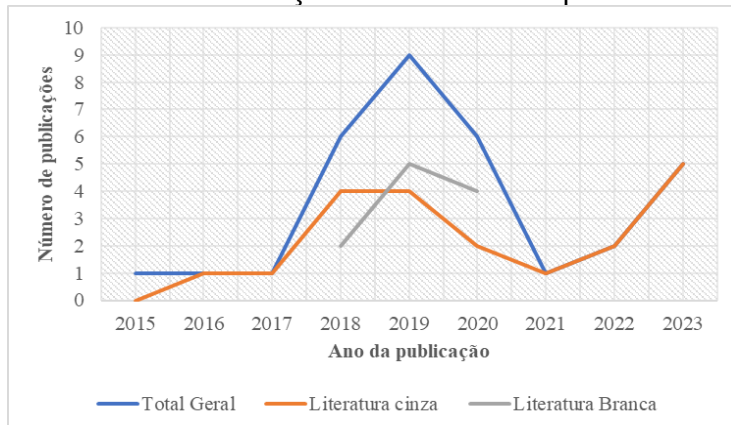
3.1 Características descritivas da literatura

Dos 36 documentos incluídos, 67% (24 documentos) são da LC e 33% (12 documentos) referem-se a LB. A IA é comentada em 50% (18 documentos) e 50% (18 documentos) são sobre a IoT.

Dos documentos da IA, 61% (11 documentos) mencionam impacto positivo da IA na SST, 39% (7 documentos) mencionam aspectos positivos e negativos da IA na SST e nenhum documento menciona somente aspectos negativos da IA na SST. Quanto aos documentos da IoT, 96% (17 documentos) mencionam aspectos positivos, 4% (1 documento) menciona aspectos positivos e negativos e 12% (2 documentos) mencionam aspectos negativos. Isso demonstra, em síntese que aspectos positivos são muito mais relatados do que os negativos.

A Figura 7 apresenta a distribuição anual dos documentos. Entre 2015 à julho de 2024 foram publicados 36 documentos, sendo que a média anual foi de 4 documentos por ano. Nos últimos anos houve um aumento no número de documentos da literatura branca. Isso pode ter ocorrido devido ao crescente interesse de pesquisadores na área. Apesar disso, publicações sobre as temáticas na SST ainda são poucas.

FIGURA 7 - Distribuição anual de estudos publicados.



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

3.2 Impactos da Inteligência artificial e da Internet das coisas na SST

Na análise dos principais impactos das tecnologias na SST, utilizamos as categorias de risco existente na SST. De acordo com a literatura são seis categorias de risco, os riscos físico, químico, biológico, risco de acidente e ergonômico (FERREIRA et al., 2018; REESE, 2017) e o risco psicossocial (JACOBO-GALICIA; MÁYNEZ-GUADERRAMA, 2020).

De acordo com Reese (2017) os riscos consistem em:

- **Risco físico:** formas de energia às quais os trabalhadores podem estar expostos, por

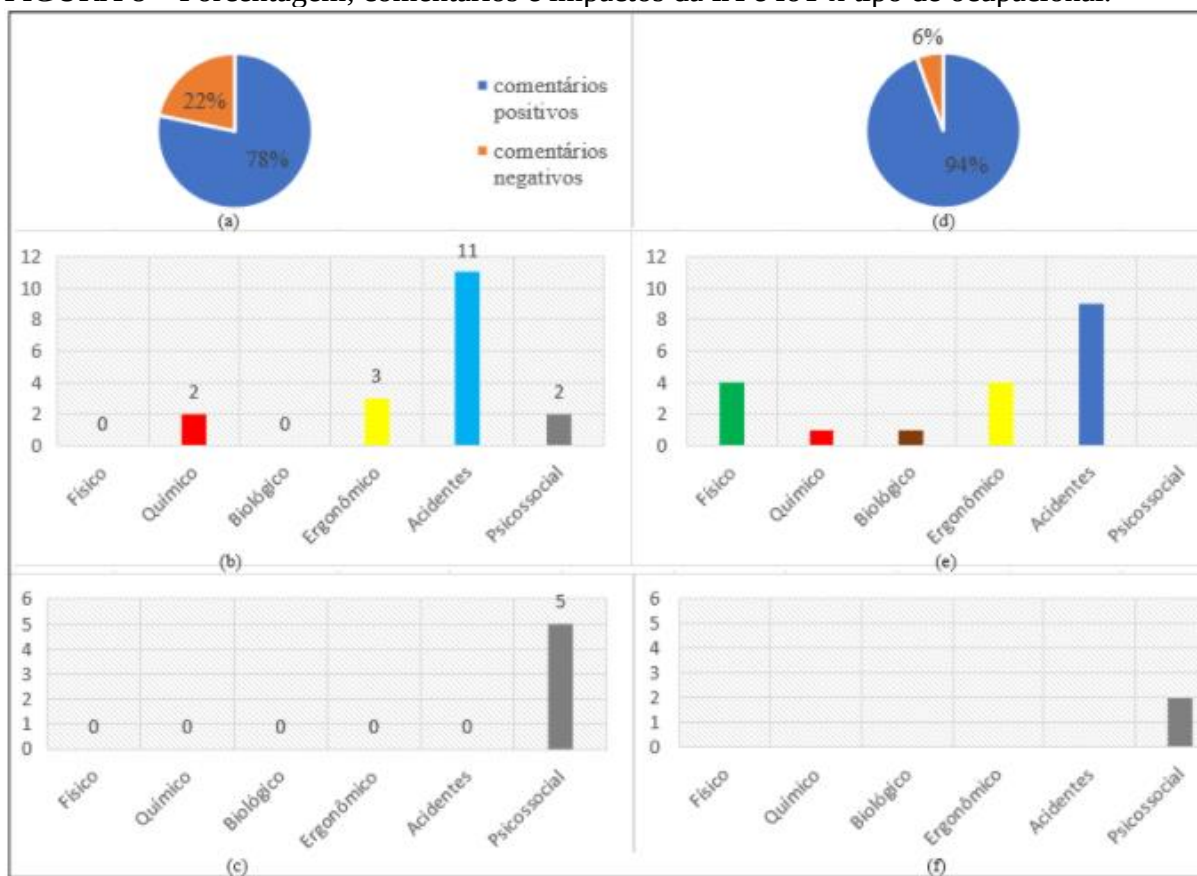
exemplo, ruído, vibrações, pressões anormais, temperaturas extremas, radiação ionizante, radiação não ionizante, infra-som e ultra-som ultrasound.

- **Risco químico:** Gases ou vapores e outras substâncias, compostos ou produtos que podem penetrar no corpo, como poeira, fumaça, névoa e outras substâncias.
- **Risco biológico:** Bactérias, fungos, bacilos, parasitas, protozoários, vírus.
- **Riscos ergonômicos:** Incluem movimentos repetitivos, posição inadequada e más condições visuais.
- **Risco de acidentes:** Acidentes que ocorrem durante o trabalho, causando lesão corporal ou distúrbio funcional.

Quanto ao risco psicossocial, o mesmo refere-se ao conjunto de percepções, experiências e situações que podem afetar a saúde do trabalhador, incluindo a fadiga mental, estresse e outras situações (JACOBO-GALICIA; MÁYNEZ-GUADERRAMA, 2020; REESE, 2017).

Identificamos e classificamos os principais comentários positivos de cada tecnologia. As Figuras 8a, 8b e 8c representam os dados da IA, enquanto as Figuras 8d, 8e e 8f mostram os dados da IoT. Observa-se que a maioria dos comentários são positivos em relação às duas tecnologias (Figuras 8a e 8d).

FIGURA 8 – Porcentagem, comentários e impactos da IA e IoT x tipo de ocupacional.



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Quanto aos riscos, observa-se que tanto a IA quanto a IoT estão relacionados a redução de acidentes no ambiente de trabalho, seguido por ganhos ergonômicos. A IA pode proporcionar ganhos no risco psicossocial, através de identificação do estresse humano e criação de ambiente que estimule a socialização (CARDILLO; CADDEMI, 2019; GIAKOUMIS et al., 2019). A IA na SST é comentada, principalmente quanto a ganhos na redução de acidentes. Nenhum documento mostrou melhora quanto ao risco físico e biológico. Impactos negativos dessa tecnologia na SST (CARDILLO; CADDEMI, 2019; GIAKOUMIS et al., 2019; HIRATA, 2024; MONTEIRO, 2024; SANTOS, 2023) referem-se a questões psocissociais que podem ser causadas devido a problemas com a privacidade dos dados. A Tabela 1 detalha as vantagens e desvantagens da adoção da IA e IoT na SST.

TABELA 1 – Aspectos positivos e negativos da tecnologia IA e IoT na SST.

Aspectos positivos
Inteligência artificial (AI) <u>Risco químico</u> – Melhor monitoramento do ambiente de trabalho quanto a poeira, fumaça, etc. (MONTEIRO, 2024). Monitoramento em tempo real do ambiente de trabalho como, por exemplo, gases tóxicos (AMBRAC, 2024). <u>Risco ergonômico</u> – Possibilidade de avaliação ergonômica em tempo real (ONSAFETY, 2023). Uso de IA pode ser utilizado para analisar sedentarismo no trabalho, assim como movimentos e atividades musculares dos trabalhadores (CARDILLO; CADDEMI, 2019). Uso de IA pode ajudar a melhorar a saúde do trabalhador, por exemplo favorecendo atividades físicas e consequentemente melhorando ergonomia (GIAKOUMIS et al., 2019) <u>Risco de acidente</u> – Identificar padrões e prever acidentes (HIRATA, 2024). Permite melhor gestão de riscos de segurança, favorecendo na redução de acidentes (MONTEIRO, 2024). Alertas em tempo real das condições do trabalho, monitoramento constante (AMBRAC, 2024; FOODCONNECTION, 2024; MONTEIRO, 2024) e análise preditiva contra acidentes. Identificar padrões e tendências para indicar riscos (SANTOS, 2023). Monitoramento contínuo quanto ao uso de EPIs (FLEXA, 2022; ONSAFETY, 2023) Prever possíveis acidentes (CIPA&INCÊNCIO, 2022). Reconhecimento facial para acesso a áreas restritas na fábrica e reconhecimento quanto ao uso de equipamentos de proteção individual (DIÁRIO DO COMÉRCIO, 2019). IA pode evitar acidentes com empilhadeiras (TIINSIDE, 2019). Uso da IA em conjunto com sensores embutidos em capacetes pode evitar acidentes (VEJA, 2018). <u>Risco psicossocial</u> - Identificação do estresse humano (MADHAVI et al., 2020). IA, através de conhecimentos da psicologia e pesquisa comportamental, pode ser utilizado para criar ambiente que monitora e estimula o usuário favorecendo, por exemplo, a socialização (GIAKOUMIS et al., 2019). Internet das coisas (IoT) <u>Risco físico</u> – Sensores em EPIs como capacetes podem medir temperatura do ambiente, além de seu uso correto (FERREIRA, 2017). Monitoramento temperatura no ambiente (MARQUES, 2020). Coleta de dados ambientais como ruído (EROL, 2019) <u>Risco químico</u> – Identificação de vazamento de gases (GRAZIELA, 2019). <u>Risco biológico</u> – Monitoramento da qualidade do ar e uso de agrotóxicos (BNDES, 2018) <u>Risco ergonômico</u> – Prevenção de lesões devido a movimentos repetitivos (ABUBAKAR MUHAMMAD; ABDULATEEF; DOROTHY LADI, 2015). Prevenção e melhores avaliações ergonômicas (BADRI; BOUDREAU-TRUDEL; SOUSSI, 2018; EROL, 2019) <u>Risco de acidente</u> – Monitoração em tempo real de inclinação de barragens (SAMORA, 2019); Alerta ao trabalhador para afastar-se de máquinas em movimento (VALOR AGREGADO, 2018); Melhor controle áreas de risco (LIU et al., 2020); Monitoramento da vida útil dos EPIs, através de sensores e monitoramento quanto ao uso do EPI pelo trabalhador (CONCRETESHOW, 2023); Diminuição da exposição do trabalhador em locais de grande risco (IBRAM, 2023), Sensores em empilhadeiras garantem não haver obstáculos em seu caminho (FERREIRA, 2017)

Aspectos negativos

Inteligência artificial (AI)

Risco psicossocial – Violação da privacidade do trabalhador, preocupação quanto a ética dos dados, o que pode gerar consequências negativas quanto a questão psicossocial do trabalhador (CARDILLO; CADDEMI, 2019; GIAKOUMIS et al., 2019; HIRATA, 2024; MONTEIRO, 2024; SANTOS, 2023)

Internet das coisas (IoT)

Risco psicossocial – Problemas causados quanto acesso de dados privados do trabalhador (BADRI; BOUDREAU-TRUDEL; SOUSSI, 2018; FRANCO et al., 2020).

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

A revisão desses documentos, permitiu identificar os impactos atuais positivos e negativos sobre os riscos da adoção da IA e IoT na SST.

Os principais aspectos positivos são aqueles que podem favorecer a SST, enquanto os aspectos negativos tendem a contribuir para uma piora na SST. Neste trabalho, aspectos negativos foram raramente relatados e, apesar disso, todos os autores que relataram aspectos negativos quanto a adoção da IA e IoT na SST mencionaram, em síntese, preocupação quanto a consequências negativas que o acesso aos dados dos trabalhadores pode gerar, afetando o risco psicossocial (BADRI; BOUDREAU-TRUDEL; SOUSSI, 2018; CARDILLO; CADDEMI, 2019; FRANCO et al., 2020; GIAKOUMIS et al., 2019; HIRATA, 2024; MONTEIRO, 2024; SANTOS, 2023). Aqui vale ressaltar que a IA e IoT são tecnologias recentes e que alguns sintomas levam um bom tempo a ser percebido.

A maioria dos comentários positivos está relacionada a aplicação de IA nas **fábricas em geral**. O principal benefício refere-se à redução de acidentes. Por exemplo, Hirata (2024) menciona que, ao adotarem IA, esses ambientes poderiam ser analisados para identificar padrões e prever potenciais riscos, permitindo a adoção de medidas preventivas. Monteiro (2024) destaca que sensores poderiam ser utilizados para estabelecer zonas de perigo entre trabalhadores e equipamentos industriais, criando áreas de segurança definidas. Para Ambrac (2024), a IA poderia ser empregada na análise de dados do ambiente de trabalho, como a presença de gases tóxicos, reduzindo assim o risco químico no trabalho. Por fim, de acordo com Onsafty (2023), a aplicação de IA em Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) poderia promover o monitoramento contínuo do uso dos EPIs pelos trabalhadores, favorecendo a redução de acidentes e doenças ocupacionais.

No que diz respeito a IoT, a maioria dos comentários também se concentram a benefícios nas **fábricas**, em geral, sendo que neste ambiente os principais benefícios referem-se à redução de acidentes e questões ergonômicas. No **agronegócio**, esta tecnologia poderia contribuir para alertar a trabalhador para afastar-se de máquinas em movimento (VALOR AGREGADO, 2018), bem como monitorar o uso de agrotóxicos (BNDES, 2018).

Ainda, quanto a IoT, na **construção civil** esta tecnologia poderia, principalmente, evitar acidentes, monitorando as condições dos EPIs e seu uso adequado (ABUBAKAR MUHAMMAD; ABDULATEEF; DOROTHY LADI, 2015; CONCRETESHOW, 2023). No setor de **mineração** é uma tecnologia que pode contribuir para a redução de acidentes com máquinas pesadas e monitoramento da inclinação de barragens (IBRAM, 2023; SAMORA, 2019).

Por fim, dois estudos mencionam o uso da IA em **Movimentação e transporte** (CIPA&INCÊNCIO, 2020; TIINSIDE, 2020). De acordo com Cipa&incêncio (2020) a IA pode ser utilizada para antecipar comportamentos humanos, potencialmente evitando a reduzir prejuízos em até US\$ 3 trilhões com os acidentes de trabalho em todo o mundo. Tiinside (2019) destaca-se que a IA pode evitar acidentes com empilhadeiras por meio de câmeras, visão computacional e algoritmos, auxiliando na prevenção de colisões e, consequentemente, reduzindo acidentes. Quanto à IoT em movimentação e transporte, ela também pode contribuir para a redução de acidentes ao utilizar sensores em empilhadeiras para verificar a ausência de obstáculos no ambiente.

4. CONCLUSÕES

Existem poucos documentos na Literatura Cinza (LC) e Literatura Branca (LB) que abordam os aspectos positivos e negativos da adoção de IA e IoT na Saúde e Segurança do Trabalho (SST). Um número ainda menor destaca aspectos negativos. Em geral, os trabalhos analisados relatam como benefício a redução de acidentes no ambiente de trabalho através do uso da IA e IoT na SST, além de melhoria nas questões ergonômicas.

Do lado negativo, todos os trabalhos analisados mencionam a preocupação com a questão psicossocial quanto ao uso dessas tecnologias de modo a favorecer ao aumento do risco psicossocial, pois há preocupações dos trabalhadores quanto à violação de seus dados pessoais e invasão de privacidade. Além disso, existe uma preocupação com a segurança de dos dados, de devem estar protegidos contra acessos não autorizados.

De maneira geral, as evidências relatam mais benefícios positivos do que negativos. Isso pode ser devido às tecnologias serem recentes, com impactos na SST ainda pouco conhecidos, além de que algumas doenças demoram a serem percebidas e relatadas.

Sugere-se que mais pesquisas sejam realizadas, especialmente focadas em descobrir aspectos negativos sobre a adoção da IA e IoT na SST. Recomenda-se também que estudos

considerem o tempo de implementação da tecnologia, já que os aspectos negativos poderem levar tempo para serem observados.

Do ponto de vista da gestão, este estudo fornece uma visão abrangente dos efeitos (positivos e negativos) da adoção da IA e IoT na SST, permitindo que gestores identifiquem potenciais benefícios e pontos de atenção ao implementá-las. Sugere-se que, ao implementar a IA e IoT, os gestores informem seus trabalhadores sobre quais informações estão sendo coletadas e para que estão sendo utilizadas, a fim de reduzir o risco psicológico e evitar desconforto dos trabalhadores. Isso poderia minimizar os efeitos negativos da implementação, favorecendo ainda mais a SST.

Algumas limitações devem ser abordadas. Na revisão inicial da LC e LB, foram adotados dois artigos relevantes da literatura, mas as limitações de cada artigo devem ser consideradas. Além disso, a busca por documentos na LC, que inclui opiniões descritas ou observadas pelos autores, pode representar certo risco de viés. Para minimizar esse aspecto, foram adotados critérios de qualidade na seleção de documentos, reduzindo o viés. Por fim, os termos de busca utilizados e a baixa quantidade de documentos são limitações desta pesquisa.

Estudos sobre a adoção da IA e IoT na SST e os potenciais riscos (físico, químico, biológico, de acidente, ergonômico e psicossocial) são necessários. Estudos que mencionam os aspectos negativos das tecnologias na SST também são de grande relevância, dada a sua escassez. Por fim, recomenda-se principalmente que novos estudos quantitativos sejam realizados sobre o tema, já que a grande maioria é qualitativa

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

ABUBAKAR MUHAMMAD, B.; ABDULATEEF, I.; DOROTHY LADI, B. Assessment of cost impact in health and safety on construction projects. **American Journal of Engineering Research**, v. 4, n. 3, p. 25–30, 2015.

ADAMS, R. J.; SMART, P.; HUFF, A. S. Shades of Grey: Guidelines for Working with the Grey Literature in Systematic Reviews for Management and Organizational Studies. **International Journal of Management Reviews**, v. 19, n. 4, p. 432–454, 2017.

AMBRAC. **Segurança do trabalho: Entenda como utilizar inteligência artificial na indústria**. Disponível em: <<https://ambrac.com.br/seguranca-do-trabalho-entenda-como->

utilizar-inteligencia-artificial-na-industria/>. Acesso em: 10 jul. 2024.

BADRI, A.; BOUDREAU-TRUDEL, B.; SOUISSI, A. S. Occupational health and safety in the industry 4.0 era: A cause for major concern? **Safety Science**, v. 109, p. 403–411, 2018.

BENZIES, K. M. et al. State-of-the-evidence reviews: Advantages and challenges of including grey literature. **Worldviews on Evidence-Based Nursing**, v. 3, n. 2, p. 55–61, 2006.

BHAGAWATI, B. Basics of Occupational Safety and Health. **Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology (IOSR-JESTFT)**, v. 9, n. 8, p. 91–94, 2015.

BNDES. **Interet das coisas: Um plano de ação para o Brasil**. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/transformacaodigital/arquivosinternetdascoisas/fase3_9b_sintese-do-relatorio-final-do-estudo.pdf%0A>. Acesso em: 10 jul. 2024.

BROPHY, J.; BAWDEN, D. Is Google enough? Comparison of an internet search engine with academic library resources. **Aslib Proceedings: New Information Perspectives**, v. 57, n. 6, p. 498–512, 2005.

CARDILLO, E.; CADDEMI, A. Feasibility Study to Preserve the Health of an Industry 4.0 Worker: A Radar System for Monitoring the Sitting-Time. **2019 IEEE International Workshop on Metrology for Industry 4.0 and IoT, MetroInd 4.0 and IoT 2019 - Proceedings**, p. 254–258, 2019.

CIPA&INCÊNCIO. **Nova tecnologia promete reduzir prejuízos de US\$ 3 trilhões com acidentes de trabalho em todo o mundo**. Disponível em: <<https://revistacipa.com.br/nova-tecnologia-promete-reduzir-prejuizos-de-us-3-trilhoes-com-acidentes-de-trabalho-em-todo-o-mundo/%0A>>. Acesso em: 1 jul. 2024.

CIPA&INCÊNCIO. **Uso da Internet das Coisas e Inteligência Artificial auxilia na prevenção de riscos no trabalho**. Disponível em: <<https://revistacipa.com.br/uso-da-internet-das-coisas-e-inteligencia-artificial-auxilia-na-prevencao-de-riscos-no-trabalho/%0A>>. Acesso em: 1 jul. 2024.

CONCRETESHOW. **Internet das Coisas na construção civil e máquinas conectadas**. Disponível em: <<https://digital.concreteshow.com.br/tecnologia/internet-das-coisas-na-construo-civil-e-mquinas-conectadas%0A>>. Acesso em: 12 jul. 2024.

DIÁRIO DO COMÉRCIO. **FCA usa tecnologia da Indústria 4.0 para melhorar ergonomia na produção**. Disponível em: <<https://diariodocomercio.com.br/negocios/fca-usa-tecnologia-da-industria-4-0-para-melhorar-ergonomia-na-producao/>>. Acesso em: 12 jun. 2024.

EROL, M. Occupational health and work safety systems in compliance with industry 4.0: Research directions. **International Journal of eBusiness and eGovernment Studies**, v. 11, n. 2, p. 121–133, 2019.

FERREIRA, A. P. et al. Revisão da literatura sobre os riscos do ambiente de trabalho quanto às condições laborais e o impacto na saúde do trabalhador. **Revista Brasileira de Medicina do Trabalho**, v. 16, n. 3, p. 360–370, 2018.

FERREIRA, R. **Segurança do Trabalho, Internet das Coisas, Inteligência Artificial e Realidade Aumentada: previsões sem compromisso de um futuro muito breve.**

Disponível em: <<https://pt.linkedin.com/pulse/seguranca-do-trabalho-internet-das-coisas-artificial-e-ferreira%0A>>. Acesso em: 10 jul. 2024.

FLEXA, C. **Usando A Inteligência Artificial (IA) Para Promover Uma Cultura De SST.**

Disponível em: <<https://onsafety.com.br/usando-a-inteligencia-artificial-ia-para-promover-uma-cultura-de-sst/>>. Acesso em: 10 jul. 2024.

FOODCONNECTION. **Como usar a inteligência artificial para melhorar a saúde e segurança no trabalho?** Disponível em:

<<https://www.foodconnection.com.br/tecnologia/como-usar-inteligencia-artificial-para-melhorar-saude-e-seguranca-no-trabalho%0A>>. Acesso em: 9 jul. 2024.

FRANCO, D. et al. Consolidated and inconclusive effects of additive manufacturing adoption : A systematic literature review. **Computers & Industrial Engineering**, v. 148, 2020.

GAROUSI, V.; FELDERER, M.; MÄNTYLÄ, M. V. Guidelines for including grey literature and conducting multivocal literature reviews in software engineering. **Information and Software Technology**, v. 106, n. May, p. 101–121, 2019.

GIAKOUMIS, D. et al. Smart, personalized and adaptive ICT solutions for active, healthy and productive ageing with enhanced workability. **ACM International Conference Proceeding Series**, p. 442–447, 2019.

GRAZIELA, E. **O impacto da tecnologia na indústria 4.0 e na sst.** Disponível em:

<<http://portaldostrabalhadores.com.br/o-impacto-da-tecnologia-na-industria-4-0-e-na-sst/>>. Acesso em: 7 maio. 2021.

HIRATA, E. K. **Inteligência Artificial previne acidentes e doenças ocupacionais.**

Disponível em: <<https://www.em.com.br/colunistas/mundo-startup/2024/05/6852372-inteligencia-artificial-previne-acidentes-e-doencas-ocupacionais.html%0A>>. Acesso em: 10 jun. 2024.

HUGHES, P.; FERRETT, E. **Introduction to health and safety at work: For the NEBOSH national general certificate in occupational health and safety.** 6. ed. [s.l.] Routledge, 2016.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.** Disponível em:

<<https://www.ibge.gov.br/explica/pib.php>>. Acesso em: 10 maio. 2024.

IBRAM. **Mineração 4.0: Big Data e Internet das Coisas vão aumentar a eficiência e diminuir impactos na mineração, diz painelistas do e-Mineração 2023.** Disponível em:

<<https://ibram.org.br/noticia/mineracao-4-0-big-data-e-internet-das-coisas-vao-aumentar-a-eficiencia-e-diminuir-impactos-na-mineracao-diz-painelistas-do-e-mineracao-2023/%0A>>. Acesso em: 10 jul. 2024.

ILO. **International Labour Organization.** Disponível em:

<<https://www.ilo.org/global/topics/safety-and-health-at-work/lang--en/index.htm>>. Acesso em: 11 maio. 2024.

JACOBO-GALICIA, G.; MÁYNEZ-GUADERRAMA, A. I. Design and validity of a

questionnaire for measuring psychosocial risk factors and burnout. **DYNA (Colombia)**, v. 87, n. 214, p. 66–74, 2020.

LEMOS, J.; GASPAR, P. D.; LIMA, T. M. Environmental Risk Assessment and Management in Industry 4.0: A Review of Technologies and Trends. **Machines**, v. 10, n. 8, p. 1–14, 2022.

LIU, Z. et al. A paradigm of safety management in Industry 4.0. **Systems Research and Behavioral Science**, p. 1–14, 2020.

MADHAVI, I. et al. A Deep Learning Approach for Work Related Stress Detection from Audio Streams in Cyber Physical Environments. **IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation, ETFA**, v. 2020- Septe, p. 929–936, 2020.

MARQUES, G. M. S. **Arquiteturas da Internet das Coisas para Ambientes de Vida Aprimorados**. 2020: Tese (Doutorado em Engenharia Informática) - Escola de Engenharia, Universidade da Beira Interior, Portugal, 2020.

MELEGATI, J.; GUERRA, E.; WANG, X. Understanding Hypotheses Engineering in Software Startups through a Gray Literature Review. **Information and Software Technology**, v. 133, n. July, p. 106465, 2020.

MONTEIRO, A. **Segurança de mão dada com a Inteligência Artificial**. Disponível em: <<https://www.rsdata.com.br/inteligencia-artificial-na-sst/>>. Acesso em: 1 jul. 2024.

OJRA, A. Revisiting Industry 4.0: A New Definition. **2019 IEEE International Memory Workshop**, v. 858, p. 93–98, 2019.

ONSAFETY. **A Inteligência Artificial (IA) Na SST**. Disponível em: <<https://onsafety.com.br/a-inteligencia-artificial-ia-na-sst/%0A>>. Acesso em: 1 jul. 2024.

PAEZ, A. Gray literature: An important resource in systematic reviews. **Journal of Evidence-Based Medicine**, v. 10, n. 3, p. 233–240, 2017.

POLAK-SOPINSKA, A. et al. **Impact of Industry 4.0 on Occupational Health and Safety**. International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics. **Anais...** Springer International Publishing, 2019.

RAINER, A. Using argumentation theory to analyse software practitioners' defeasible evidence, inference and belief. **Information and Software Technology**, v. 87, p. 62–80, 2017.

REESE, C. D. **Occupational safety and health: Fundamental principles and philosophies**. Boca Raton: CRC Press, 2017.

SAMORA, H. **O uso da internet das coisas no monitoramento de barragens e mineradoras**. Disponível em: <<https://brasilminingsite.com.br/o-uso-da-internet-das-coisas-no-monitoramento-de-barragens-e-mineradoras/>>. Acesso em: 7 maio. 2021.

SANTOS, A. **A Inteligência Artificial na SST - Explorando os Prós e Contras**. Disponível em: <<https://pt.linkedin.com/pulse/inteligencia-artificial-na-sst-explorando-os-prós-e-angelo-santos%0A>>. Acesso em: 10 jun. 2024.

SEOQUAKE. A powerful seo toolbox for your browser. Disponível em:
<www.seoquake.com>. Acesso em: 10 maio. 2024.

TIINSIDE. Ao invés de tomar o lugar dos trabalhadores, Inteligência Artificial pode salvar suas vidas. Disponível em: <<https://tiinside.com.br/17/12/2019/ao-inves-de-tomar-o-lugar-dos-trabalhadores-inteligencia-artificial-pode-salvar-suas-vidas/>>. Acesso em: 1 jul. 2024.

TIINSIDE. Fábricas da BMW terão robôs de inteligência artificial. Disponível em:
<<https://tiinside.com.br/15/05/2020/fabrica-da-bmw-terao-robos-de-inteligencia-artificial/>>. Acesso em: 1 jul. 2024.

VALOR AGREGADO. Internet das Coisas desempenhará um papel de liderança na proteção de trabalhadores agrícolas. Disponível em:
<<https://valoragregado.com/2018/02/07/internet-das-coisas-desempenhara-um-papel-de-lideranca-na-protecao-de-trabalhadores-agricolas/>>. Acesso em: 8 maio. 2021.

VEJA. Inovações impulsionam saúde e segurança na indústria. Disponível em:
<<https://veja.abril.com.br/brasil/inovacoes-impulsionam-gestao-de-saude-e-seguranca-na-industria/>>. Acesso em: 11 maio. 2024.

ZORZENON, R.; LIZARELLI, F. L.; BRAATZ, D. Qual o real impacto das tecnologias da indústria 4.0 na saúde e segurança do trabalho no Brasil? **XXX - Simpósio Brasileiro de Engenharia de Produção - SIMPEP**, 2023.

ZORZENON, R.; LIZARELLI, F. L.; MOURA, D. B. A. D. A. What is the potential impact of industry 4 . 0 on health and safety at work ? **Safety Science**, v. 153, n. February, p. 105802, 2022.