

SEGURANÇA DO TRABALHO, GESTÃO ESTRATÉGICA E INDÚSTRIA 4.0: UMA REVISÃO DE LITERATURA

Jorge Cedraz⁽¹⁾

⁽¹⁾ Engenheiro Civil, Programa de Pós-graduação em Eng. De Seg. do Trabalho, PUC Minas, Belo Horizonte, Brasil
e-mail: jorgecedraz@gmail.com

RESUMO: *Da intersecção entre desenvolvimento industrial, tecnologia e sustentabilidade, emerge a Indústria 4.0, redefinindo práticas de segurança do trabalho sob a égide da transformação digital. Este artigo tem por objetivo analisar de que modo as ferramentas da Indústria 4.0 vêm sendo utilizadas estrategicamente para o melhoramento da engenharia de segurança do trabalho e da saúde ocupacional. Para tanto, a metodologia adotada aqui consistiu em uma revisão literária sobre engenharia de segurança do trabalho, gestão estratégica e Indústria 4.0, materializada por uma pesquisa bibliográfica de cunho descritivo e natureza qualitativa, a coleta de dados se fez por meio de artigos, dissertações e teses repositados em bases de dados eletrônicas – Scielo, Google Scholar, Periódicos da CAPES – com recorte temporal de 2019 a 2025. Como resultados dessa revisão, foram selecionadas publicações que apontam para o cruzamento entre a gestão estratégica, a segurança do trabalho e a Indústria 4.0, demandante de uma abordagem menos reativa e mais preditiva e proativa, tanto para o monitoramento de riscos quanto para a otimização de tarefas por meio da automação. Conclui-se que a engenharia de segurança do trabalho pode figurar uma vantagem competitiva ao setor industrial, vez que, ao lançar mão da automação [Big Data, IA, Cyber-Physical Systems (CPS), Internet of Services (IoS), Internet of Things (IoT), robótica avançada], propicia maior eficiência aos processos, meios e modos de produção, promove melhorias à saúde ocupacional, a redução de custos e o fortalecimento da imagem corporativa.*

PALAVRAS-CHAVE: *SEGURANÇA INDUSTRIAL, AUTOMAÇÃO, GESTÃO ESTRATÉGICA, INDÚSTRIA 4.0, SAÚDE OCUPACIONAL.*

1. INTRODUÇÃO

Em tempos hodiernos, vive-se uma revolução tecnológica que, igualmente e mais que as suas antecessoras, vem provocando profundas mudanças em todo o ciclo da economia e impulsionando um crescimento de diferentes setores antes jamais visto. Ao mesmo tempo, essas transformações têm exigido das organizações cada vez mais investimento em um instrumental tecnológico que lhes confira mais agilidade nos processos, mais e melhores infraestruturas e produtos, menos custos e, sobremaneira, mais eficiência (CGEE, 2022).

A cena industrial vem sendo significativamente impactada pelas novas tecnologias, tendo os seus métodos, processos e prioridades redefinidas, o que vem demandando uma gestão estratégica que torne a predição, a análise de dados e a proatividade pilares fundamentais. Essa Quarta Revolução

Industrial culmina por originar um paradigma tecno-econômico novo, o qual tem orientado governos, indústrias e sociedade; quer pelo melhoramento de processos e de formas de operacionalização de rotinas, quer pela modernização de equipamentos e pela gestão ocupacional estratégica (Freitas *et al.*, 2020).

O Brasil, segundo dados da Organização Internacional do Trabalho (OIT, 2020), ocupa a 4ª posição no *ranking* de acidentes de trabalho, estando atrás apenas de países como a Índia, China e Indonésia.

A chamada Indústria 4.0, em termos globais, tem sido marcada por esses avanços, sobretudo no que se refere à segurança e às Normas Regulamentadoras dessa área. Isso tem levado a gestão a repensar e a reformular métodos e prioridades, fazendo com que as organizações realoquem a saúde e a segurança do trabalhador não mais como um custo operacional, mas sim como um pilar estratégico à sua atuação no mercado global (Oliveira Sobrinho; Vaz; Haddad, 2024).

O contexto hodierno imprime às empresas que se pretendem sustentáveis e competitivas um comportamento continuamente adaptável, em que se faz imperiosa a integração entre a Inteligência Artificial (IA), a Internet das Coisas (IoT) e a robótica colaborativa. Essa sinergia, de um modo ou de outro, culmina em ambientes de trabalho que demandam maior eficiência e, por conseguinte, maior segurança, orquestrados por uma abordagem gerencial mais preditiva em vista da mitigação de riscos e acidentes de trabalho (Xu *et al.*, 2021).

Nesse contexto de transformação digital intensa, a segurança e a saúde do trabalhador, como dito, erguem-se não mais como meros custos operacionais, mas, sobretudo, como uma vantagem competitiva, posto que se tornam pilares estratégicos à otimização de processos e à sustentabilidade organizacionais. Temas de significativa importância humanitária, a segurança e a saúde no ambiente de trabalho relacionam-se à preocupação com o bem-estar e com a qualidade de vida dos trabalhadores, mas também tem ocupado lugar de importância no que tange à economia.

A segurança do trabalho é uma das bases fundamentais de uma organização que se pretende sustentável, sobretudo no que se refere à promoção da dignidade humana no espaço ocupacional. No intuito de propiciar a integridade mental, física e social do trabalhador, especialmente no que se refere à prudência a acidentes e a enfermidades de cunho laboral, a segurança do trabalho constitui-se de um campo multidisciplinar.

Nesse sentido, a intersecção entre segurança do trabalho e Indústria 4.0 exige da gestão práticas estratégicas no que tange à mitigação de riscos tal qual ações preditivas que confirmam

competitividade à organização. Houve um tempo em que a segurança do trabalho figurava um setor isolado e que, de forma esporádica, gerava custos. Hoje, a saúde e a segurança do trabalhador passaram a ser incorporadas ao planejamento e à cultura organizacional, valendo-se de dados e de análises que assinalam caminhos à otimização de processos e à identificação de vulnerabilidades.

Assim, a gestão de riscos, paulatinamente, passou de uma posição reativa, ou seja, de administração de problemas e de dados já acometidos, para uma posição espaço-temporal preditiva. E é sobre esse cenário que a presente revisão se debruça, com o objetivo de analisar de que modo as ferramentas da Indústria 4.0 vêm sendo utilizadas estrategicamente para o melhoramento da engenharia de segurança do trabalho e da saúde ocupacional. Na seção seguinte, é descrito o caminho metodológico tomado para a consecução deste texto, cujos resultados e discussão também serão apresentados na sequência.

2. METODOLOGIA

Sobre a metodologia adotada para a confecção deste artigo, optou-se por uma revisão de literatura, concretizada por uma pesquisa bibliográfica de cunho descritivo e natureza qualitativa. O processo de coleta de dados se fez pela seleção de artigos, dissertações e teses em bases de dados eletrônicas – SciElo (*Scientific Electronic Library On-line*), *Google Scholar*, Periódicos da CAPES –, publicados dentro do recorte temporal 2019 a 2025. Os principais descritores utilizados para a seleção das publicações foram: engenharia de segurança do trabalho, segurança industrial; saúde ocupacional; automação; gestão estratégica; Indústria 4.0; inconformidade com NR ou IT; tecnologias 4.0; Medidas de segurança.

Na perspectiva do aprimoramento e da atualização do conhecimento acerca da gestão de saúde e segurança do trabalho no campo da Indústria 4.0, especialmente no que se refere aos impactos à saúde ocupacional ocasionada pela inserção das novas tecnologias na rotina de milhões de trabalhadores na contemporaneidade, tomou-se a pesquisa bibliográfica por se tratar de um processo de corporificação de estudos dentro de um campo tão amplo e complexo, realizado a partir:

[...] do levantamento de referências teóricas já analisadas, e publicadas por meios escritos e eletrônicos, como livros, artigos científicos, páginas de *web sites*. Qualquer trabalho científico inicia-se com uma pesquisa bibliográfica, que permite ao pesquisador conhecer o que já se estudou sobre o assunto. Existem, porém, pesquisas científicas que se baseiam unicamente na pesquisa bibliográfica, procurando referências teóricas publicadas com o objetivo de recolher informações ou conhecimentos prévios sobre o problema a respeito do qual se procura a resposta (Fonseca, 2002, p. 32).

A fim de garantir a qualidade e a relevância desta revisão de literatura, alguns critérios de inclusão e de exclusão foram adotados. Para a inclusão, foram consideradas publicações dentro do recorte temporal de 2019 a 2025, que abordassem os principais descritores “segurança do trabalho”, “Indústria 4.0” e “gestão estratégica” dentro do setor industrial. Além disso, consideraram-se revisões de literatura, artigos científicos e dissertações repositadas em plataformas de pesquisa reconhecidas, bem como o acesso ao documento em sua integralidade.

Quanto aos critérios de exclusão, excetuaram-se publicações fora do recorte temporal estabelecido para a seleção e que não tratassem do tema ou mencionassem os descritores cruzados, como segurança do trabalho e Indústria 4.0. Para mais, foram excluídos artigos não-científicos, editoriais, notícias de jornais e que não tivessem disponibilizados os documentos completos. Na seção que segue, estão dispostos os resultados e discussão desta revisão.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em vista de desenvolver uma análise sobre de que maneira a Indústria 4.0 tem-se operacionalizado para a promoção da saúde ocupacional de seus colaboradores, bem como tem propiciado a melhoria da segurança do trabalho, esta seção dedica-se a discorrer sinteticamente sobre como a literatura recente tem tratado esse tema.

De pronto, cabe aqui discorrer um pouco sobre o termo “Indústria 4.0”, que, em 2011, na Feira de Hannover, Alemanha, foi cunhado por empresários, políticos e universidades com o fito de analisar e consagrar medidas para o fortalecimento da competitividade da manufatura alemã pela revolução digital (Lima; Gomes, 2020). Assim, pela implementação do programa *High-tech Strategy 2020 for Germany*, o governo alemão passou a promover melhorias nos processos de produção via avanços na arquitetura de sistemas, na interoperabilidade, na customização de produtos e mais (Xu *et al.*, 2021).

Estima-se que, nas próximas décadas, haverá um desenvolvimento tecnológico nas indústrias inevitavelmente disruptivo e axiomático, cujos efeitos se perfarão transversais às mais diferentes atividades econômicas, assinala o Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial (IEDI, 2019). Modelos de negócio serão desconfigurados e reconfigurados, competências serão reformuladas, empresas serão desafiadas em seus modos e processos intermitentemente conforme a deflagração e emergência das novas tecnologias (Silva *et al.*, 2021).

Na esteira das remodelações, destaca a *Organisation for Economic-operation Development* (OECD, 2017), as organizações com melhor funcionamento, os países com políticas mais prospectivas, os corpos funcionais mais informados e qualificados compõe o quadro mais próspero em um tempo de ritmos e de escalas incomensuráveis/desconhecidos. Dessa maneira, na cena da Quarta Revolução, em face de tantas transformações pelas quais os mais diferentes setores vêm passando, de modo a impactar significativamente rotinas, tempos, meios e modos de produção, entende-se imperioso voltar a atenção ao capital humano (Lima; Gomes, 2020; Souza *et al.*, 2021).

Constituindo-se um dos pilares fundamentais ao desenvolvimento organizacional sustentável e à conferência da dignidade humana no ambiente ocupacional, a segurança do trabalho figura um campo multidisciplinar, convergindo saúde, engenharia, direito, gestão (Silva *et al.*, 2025). Sua importância abrange muito mais que a integridade física, mental e social dos trabalhadores, pois, em um mercado cada vez mais competitivo, destaca Bistrot (2019, p. 8), “[...] a segurança do trabalho, ainda, agrega valor organizacional e tende-se a colocá-la em segundo plano, sendo apenas observados os requisitos mínimos para satisfazer as exigências legais”.

“Análise de dados, robótica, simulação, integração de sistemas, Internet das Coisas (IoT), cibersegurança, *Cloud computing*, Manufatura aditiva e Realidade aumentada são os pilares da Indústria 4.0” (Rodrigues; Queiroga; Milhossi, 2022, p. 14099), e essas, junto à cultura e às pessoas promovem a transformação digital. Essas tecnologias, alinhadas à gestão ocupacional, visam tão somente a melhoria da segurança do trabalhador e de seu ambiente laboral, adicionando eficiência ao processo produtivo (Turk; Resman; Herakovic, 2021).

No estudo de caso intitulado “O impacto das tecnologias inteligentes: um estudo de caso sobre a eficiência do processo de montagem manual”, Turk, Resman e Herakovic (2021) partem da necessidade de adaptação dos ambientes laborais para melhorar a qualidade do trabalhador, propondo a melhoria e atualização constantes de suas estações de trabalho pela combinação entre necessidades individuais e tecnologias/ferramentas inteligentes.

Na esteira da mitigação de riscos e elevação da segurança do trabalho, enreda-se uma vertiginosa corrida pela automação de processos, o que vem afetando direta e indiretamente o instrumental humano na indústria (Lima; Gomes, 2020). Em franca ascensão, a Indústria 4.0 tem lançado mão de tecnologias várias para implementar uma gestão balizada mais na predição e na análise de dados e menos na reação, deslocando o engenheiro de segurança de um papel antes restrito ao do “apagador de incêndios” (Silva *et al.*, 2021).

Pela coleta e avaliação de dados das máquinas para conferir mais celeridade e eficiência aos processos – sobretudo pela junção entre tecnologia da informação e engenharia de segurança –, a Indústria 4.0 promove otimização em grande escala, com vistas à maior produtividade e ao menor custo (Rodrigues; Queiroga; Molhossi, 2022).

Na tese intitulada “Contexto dos fatores humanos na indústria 4.0: explorando os impactos das tecnologias sobre o trabalho humano”, Bispo (2025), por meio de uma revisão sistemática de literatura articulada às entrevistas semiestruturadas junto a especialistas da área de gestão de SSO, evidenciou diferentes impactos e desafios da I4.0 enfrentados por trabalhadores em sistemas sociotécnicos. Dentre os principais desafios apontados por esses especialistas, chama a atenção a necessidade de os trabalhadores/profissionais adquirirem mais conhecimentos técnicos para o desempenho de suas funções, figurando a qualificação um ponto-chave (Bispo, 2025).

Muitas são as inovações trazidas por essa Quarta Revolução Industrial, e a combinação entre elas vem gerando impactos significantes à indústria, à saúde ocupacional e à segurança do trabalho, sobretudo pela convergência de alguns princípios, como nanosensores e nanomateriais, *Big Data*, *IA*, *Cyber-Physical Systems (CPS)*, *Internet of Services (IoS)*, *Internet of Things (IoT)*, robótica avançada (Silva *et al.*, 2021; Petz; Eibensteiner; Langer, 2021).

Enquanto os CPS sintetizam a digitalização de objetos físicos – máquinas, linhas de produção –, a IoT figura a conexão desses objetos à Internet, de modo que seja possível a execução de determinadas ações virtualmente. A IA, por sua vez, constitui-se em um segmento da computação que simula a capacidade humana de raciocínio, seja para a tomada de decisões ou para a resolução de problemas (Teixeira *et al.*, 2019).

Marcada como uma atividade estruturada para a proteção de ameaças – econômicas, comerciais, laborais –, a gestão de riscos enreda-se pela garantia do atingimento dos objetivos estabelecidos, ao passo que também visa à garantia da mitigação daquelas, destacam Oliveira Sobrinho, Vaz e Haddad (2024). Consciente ou inconscientemente, esse gerenciamento decorre cotidianamente nos mais diferentes contextos, seja no campo do trabalho, seja nos ambientes social e doméstico (Oliveira Sobrinho; Vaz; Haddad, 2024).

Em se tratando de gestão de riscos, as estratégias tradicionais, por vezes, objetivam somente a redução de riscos específicos, levando em conta apenas os atores originais impactados por esses em espaço e tempo determinados (Oliveira Sobrinho; Vaz; Haddad, 2024). Nesse cenário, a leitura e a análise dos riscos se fazem tanto restritas quanto desconsideram variáveis importantes e riscos

potenciais para além do espaço-tempo circunscritos ao acontecimento. Na perspectiva multifatorial, esse tratamento acaba por se fazer insuficiente e limitado, requerendo um olhar mais amplo, mais interseccional, convergente e preditor (Gouvêa *et al.*, 2021).

Considerando essa nova realidade, é importante que também sejam explicitados os fatores de risco potencial nas *Smart Factories* (Indústrias Inteligentes), como alertam Adem et al. (2020), quais sejam: distúrbios decorrentes de posições estáticas de trabalho; fadiga mental; distúrbios oculares, sobretudo por conta da exposição contínua e excessiva a telas e dispositivos digitais de leitura e análise; exposição a agentes perigosos e, muitas vezes, desconhecidos por causa da cooperação com robôs, entre outras disfunções.

Para mais, sabe-se que essa nova realidade, esse novo cenário laboral, essa nova Era Digital vêm demandando do trabalhador proatividade e criatividade contínuas, o que acaba por requerer dele adaptações sucessivas e, por conseguinte, pressões de cunho psicológico, como já assinalado (Adem *et al.*, 2021; Goelzer, 2020). As mudanças de paradigma na forma, nos meios e nos processos de trabalho sinalizam a possível existência de riscos ocupacionais e culminam por exigir adaptações na prática da Saúde e Segurança do Trabalho (SST). Necessária e previsível, a implementação de soluções para essas possibilidades perpassa por antecipações, reavaliações, prevenções, reconhecimentos e controle de riscos iminentes (Schreiber, 2020).

A partir da conexão e fusão, como já mencionado, de sistemas (cyber físicos), de estratégias (de mercado, de *marketing*, de comunicação, de relacionamento com cliente) e de pessoas, a ergonomia se faz implementada e articulada às exigências da Indústria 4.0 (Schreiber, 2020). Assim, pontua Schreiber (2020), por meio de dados – quantitativos e qualitativos –, são estabelecidos parâmetros pelas tecnologias digitais no que se refere a riscos que envolvem o capital humano de uma organização, fornecendo ainda elementos necessários à análise e à adequação dos sistemas de produção de modo eficaz e multidisciplinar.

Diante do exposto, considerando o período pesquisado, os estudos sobre a integração entre a engenharia de segurança do trabalho e a Indústria 4.0 vêm-se multiplicando, dada a expansão e o domínio cada vez maior das novas tecnologias no campo industrial. O monitoramento em tempo real, o uso da IA durante o planejamento de ações de cunho antecipatório e a implementação da automação na gestão de riscos constituem fatores colaborativos no que se refere à garantia e ao controle do contexto de segurança do trabalho e da saúde ocupacional dos colaboradores.

Entende-se a partir desses estudos que uma cultura preditiva tem ganhado cada vez mais espaço na indústria, de modo que, na perspectiva de uma gestão de riscos, sob uma perspectiva tanto estratégica quanto competitiva, a proatividade aliada à predição tem suplantado as abordagens ficadas em uma visão meramente reativa (Oliveira Sobrinho; Vaz; Haddad, 2024). Nesse sentido, há de se pontuar que normativas – como a NRs – que vêm sendo implementadas, regulamentadas e atualizadas no Brasil no tocante à gestão de riscos ocupacionais têm-se fundamentado em dados, estatísticas e tratadas com muito mais rigor; e isso tem contribuído para a diminuição de acidentes em diversos setores da indústria (Travassos; Roberto; Almeida, 2024).

Segundo a Associação Brasileira de Qualidade de Vida (ABQV), um dos objetivos da segurança do trabalho e saúde ocupacional é assegurar que as empresas cumpram a legislação trabalhista e as normas regulamentadoras, quais sejam: NRs 1, 2 e 3, que dispõem de obrigações gerais, embargo ou interdição de estabelecimentos que apresentem risco iminente ao trabalhador; NR 5, que estabelece a criação de uma comissão – Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA) – formada por representantes dos empregados e do empregador para discutir e propor medidas de prevenção de acidentes; NR 6, que define a obrigatoriedade do uso de EPIs (Equipamentos de Proteção Individual) para a proteção dos trabalhadores contra riscos que ameacem a sua saúde e segurança; NR 12, que estabelece medidas de proteção para garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que operam máquinas e equipamentos; NR 16, que estabelece medidas de proteção e critérios para o pagamento de adicional de periculosidade; NR 17, que visa à adaptação do trabalho às condições do trabalhador, buscando a segurança, o conforto e o desempenho eficiente relacionados à ergonomia.

No artigo intitulado “Segurança e eficiência na indústria 4.0: processos de usinagem em torno CNC”, Lima *et al.* (2023) argumentam que, na expectativa de aumentar os lucros, muitas empresas acabam criando uma cultura de culpabilidade do trabalhador pelos acidentes de trabalho. Para transformar essa cultura, é imprescindível a implementação de medidas de proteção, como a NR-12, que visa à manutenção, ao desmonte, à limpeza e à operação das máquinas por parâmetros alinhados e consonantes à ISO 12100:2013. Medidas como a instalação de barreiras físicas fixas em áreas de risco, como o enclausuramento de sistemas de transmissão por correias e polias e a utilização de circuitos de parada de emergência (Lima *et al.*, 2023).

Crescimento do índice de estresse de colaboradores, o fantasma do desemprego e/ou da perda iminente do emprego por conta da automação e da dificuldade de interação entre máquina e ser

humanos; esses são alguns dos problemas que vêm sendo deflagrados pelas tecnologias da Indústria 4.0 (Silva; Silva, 2020). Ao mesmo tempo, alguns autores sinalizam outro caminho para a transição na Era Digital, reafirmando as contribuições das novas ferramentas como potencializadoras e otimizadoras de processos de produção, aumentando a segurança das operações (Nickel et al., 2019).

Pela integração entre IA, IoT, robótica colaborativa, realidade aumentada, manufatura aditiva, a cibersegurança, a integração horizontal e vertical, a simulação, os robôs autônomos, a análise de *big data*¹ (Rainha; Zancul, 2024); a Indústria 4.0 busca conferir maior eficiência, otimização da produção, mas também e sobretudo criar ambientes de trabalho mais seguros, utilizando-se de sistemas preditivos que antecipam riscos em vista de mitigá-los antes que se tornem problemas maiores.

No tocante à proteção dos trabalhadores nas instalações, em artigos intitulado “Proposta de solução para automação logística em ambientes industriais no contexto da indústria 4.0”, Braga Oliveira e Figueiredo (2024) assinalam sobre a aplicação de Veículo Guiado Automatizado como solução para aprimorar o transporte de materiais em ambientes industriais, atendendo à NR-26 (Sinalização de Segurança) e à VDI 2510 (*Automated Guided Vehicle Systems (Verein Deutscher Ingenieure* - Associação de Engenheiros Alemães). Nesse texto, tais autores discorrem sobre a automação e aquela integração pela adoção das seguintes soluções: uso do *Raspberry Pi*²; Identificação por Radiofrequência (*Radio-Frequency Identification* - RFID)³; Sensor de Reflexão⁴; Sensor Ultrassônico⁵.

¹ De modo que se possam ser identificados os comportamentos de risco de forma preditiva.

² Raspberry Pi é um computador de placa única de baixo custo, adotado em projetos de automação e controle pela sua capacidade de processamento e versatilidade para a integração de diversos sensores e módulos (Braga; Oliveira; Freitas, 2024, p. 106).

³ Segundo Santos (2022), a radiofrequência (RFID) pode viabilizar a comunicação e a transmissão de dados, quer pelo sensoriamento, pela contabilização e até pela indexação de objetos sem necessidade de contato direto ou linha de visão (por etiquetas de identificação, por leitores que captam e interpretam os sinais emitidos).

⁴ O *sensor de reflexão* é usado de modo prioritário na detecção de linhas e de objetos próximos, cuja operacionalização se faz por meio de um fototransistor que identifica a diferença entre superfícies claras das escuras com base na intensidade da luz refletida pela emissão de luz infravermelha e pela medição da quantidade de luz refletida de volta por diferentes superfícies (POLOLU CORPORATION, 2024).

⁵ O *sensor ultrassônico* corresponde a um tipo de sonar – com módulos transmissores e receptores resistentes a interferências de luz solar e materiais de cores escuras – que calcula a distância até objetos, disponibilizando medições precisas e estáveis, sem que haja a necessidade de contato físico (Schwab, 2017).

Ainda nesse texto, os autores destacam a importância de tecnologias de programação, como o *MicroPython* e o *Message Queuing Telemetry Transport (MQTT)* “[...] é um protocolo de comunicação leve, aberto, simples e facilmente implementável, indicado para ambientes com baixa disponibilidade de memória, poder computacional e banda de comunicação, tais como M2M (*Machine to Machine*) e IoT” (Tempesta, 2024, p. 29).

Em uma revisão sistemática de literatura, intitulada “Aplicações de RFID no contexto da Indústria 4.0: uma revisão sistemática de literatura”, Rainha e Zancul (2024, p. 2) pontuam sobre os leitores RFID – fixos ou portáteis – utilizados no setor industrial para a “[...] leitura e gravação de dados nas etiquetas, transmissão de dados para o controlador, medidas de anticolisão e garantia de autenticação e integridade de dados”.

Pensando em uma fábrica de peças automotivas, especificamente em uma máquina de corte a laser, em que um trabalhador precisa acessar a área de corte manualmente, o risco de lesão é iminente (cortes, queimaduras, radiação, intoxicação etc.). Nesse caso, detecta-se violação e inconformidade legal (NR-9 e NR-12), cabendo a adoção de medidas de engenharia de segurança, de tecnologias 4.0 e de *Big Data*.

Exemplo disso seria a instalação de células de segurança de vedação com portas intertravadas, contando com sensores de cortina de luz e *scanners* a laser para que a máquina seja desligada de forma instantânea. Além disso, considera-se a utilização de robôs colaborativos (Cobot) para o carregamento e o descarregamento de material na máquina de corte, evitando que o trabalhador esteja presente na célula de segurança (Toniolo *et al.*, 2021). Somado a isso, propõe-se a implementação de sistemas de exaustão inteligente (sensores de partículas – IoT) para monitorar o nível de concentração de pó metálico, sendo acionado o alarme quando da ultrapassagem e, por conseguinte, disparado os sistemas de ventilação e de extração, tudo controlado por um painel em tempo real (*Big Data*) (Oliveira Sobrinho.; Vaz; Haddad, 2024).

Por meio do *Cloud Security Posture Management (CSPM)*, instrumento de avaliação dos níveis de segurança de ambientes de computação em nuvem (baseados em *frameworks*), torna-se possível identificar vulnerabilidades resultantes de configurações inadequadas e emitir alertas de riscos (Braz; Barbosa; Nobre, 2025). Ainda acrescentam esses autores que essa ferramenta possibilita a personalização dos controles de segurança conforme as regulamentações vigentes, a exemplo da Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD), sobretudo no que se refere ao tratamento de dados pessoais (Braz; Barbosa; Nobre, 2025).

Considerando que, muitas vezes, não é possível eliminar todos os riscos nesses ambientes, tem-se a NR-6 (que versa sobre a obrigatoriedade do uso de EPIs – Equipamentos de proteção individual), essa norma visa à menor exposição dos trabalhadores a lesões. Deixar somente a cargo dos trabalhadores esse controle parece não eficiente, assim, a gestão da demanda, estoque, uso e controle pode ser realizada via relatório físico/eletrônico (Oliveira; Tutumi; Freitas, 2023).

Sabe-se que a principal fonte de riscos ocupacionais é a inconformidade com as NRs ou Its, porquanto os acidentes constituem-se resultado da imprudência e/ou da negligência quanto ao cumprimento das medidas de proteção, comprometendo assim a operacionalidade da empresa e aumentando os riscos ocupacionais.

4. CONCLUSÕES

Por fim, uma vez identificadas e catalogadas publicações na literatura recente sobre a sinergia Engenharia de Segurança do Trabalho, gestão estratégica e Indústria 4.0, percebeu-se que, em um mundo cada vez mais competitivo e demandante de soluções necessariamente sustentáveis, o investimento na segurança e na saúde do trabalhador é um imperativo organizacional. Sem sombra de dúvidas, a automação inteligente não só propicia o gerenciamento eficiente dos riscos ocupacionais, como também confere à indústria otimização de processos.

Como verificado nos estudos selecionados, não se trata de uma mera tendência em face das novas tecnologias que vêm dominando os mais diferentes setores industriais. Pensar em segurança do trabalho de modo contínuo, preditivo, sustentável e responsável, definitivamente, é gerir estrategicamente o capital humano de uma organização, fortalecendo-o e alinhando-o aos objetivos de inovação, de produtividade e de eficiência.

Destarte, conclui-se que uma gestão estratégica de riscos – pela identificação, pelo monitoramento e pela neutralização de perigos potenciais – investe menos tempo e esforços em uma abordagem reativa. A engenharia de Segurança do Trabalho integrada à Indústria 4.0 precipita-se com o foco na eficácia, catalisando recursos e operacionalizando meios e modos de se antecipar às crises e aos danos, lançando mão do *Big Data*, *IA*, *Cyber-Physical Systems (CPS)*, *Internet of Services (IoS)*, *Internet of Things (IoT)*, robótica avançada. Nesse contexto, a segurança e a saúde ocupacional constituem-se de ativos estratégicos, vez que capitalizam talentos, fortalecem o capital humano e, por conseguinte, compele a reputação da organização no mercado.

Não resta clara na literatura aqui analisada a importância das adaptações tecnológicas no tocante à gestão de segurança e saúde do trabalhador no Brasil, de sorte que, progressiva e estrategicamente, esse gerenciamento de riscos ocupacionais tem se tornado propositivo, eficiente, prático e simultâneo. Por meio da sistematização e do controle de tarefas nos processos produtivos da i4.0 – tecnologias como IoT, IoS, CPS –, são verificados impactos positivos e diferentes setores – da eficiência energética à promoção de saúde ocupacional.

Em suma, este constructo, das evidências captadas nesse curto recorte temporal, aponta para um futuro no qual a Engenharia de Segurança do Trabalho figura um componente integralizador da competitividade da indústria, se gerida preditiva e estrategicamente. Empresas proativas que se pretendam longevas e prósperas devem garantir, para além de ganhos operacionais, a integridade ocupacional de seus funcionários. Sendo assim, esta breve revisão contribui para estudos vindouros sobre o tema, sabendo que, em um mundo em constante transformação – sobretudo em face dos avanços contínuos das tecnologias – esses são igualmente importantes e necessários.

5. REFERÊNCIAS

ABQV. **Segurança do trabalho**. In: ABQV: Associação Brasileira de Qualidade de Vida. [S. l.], [s. d.]. Disponível em: <https://abqv.org.br/seguranca-do-trabalho/>. Acesso em: 1 set. 2025.

ADEM, A.; ÇAKIT, E.; DAĞDEVİREN, M. Occupational health and safety risk assessment in the domain of Industry 4.0. **Applied Sciences**, v. 2, n. 977, p. 1-6, 2020. DOI: [10.1007/s42452-020-2817-x](https://doi.org/10.1007/s42452-020-2817-x). Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/340966752_Occupational_health_and_safety_risk_assessment_in_the_domain_of_Industry_40. Acesso em: 25 ago. 2025.

BISPO, L. G. M. **Contexto dos fatores humanos na indústria 4.0: explorando os impactos das tecnologias sobre o trabalho humano**. 2025. 173f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2025. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/293354>. Acesso em: 01 set. 2025.

BRAGA, M. P.; DE OLIVEIRA, A. A. M.; FIGUEIREDO, H. R. Proposta de solução para automação logística em ambientes industriais no contexto da indústria 4.0. **Disciplinarum Scientia | Naturais e Tecnológicas**, Santa Maria (RS, Brasil), v. 25, n. 3, p. 103–118, 2025. DOI: [10.37779/nt.v25i3.5213](https://doi.org/10.37779/nt.v25i3.5213). Disponível em: <https://periodicos.ufn.edu.br/index.php/disciplinarumNT/article/view/5213>. Acesso em: 14 set. 2025.

BRAZ, I. C.; BARBOSA, M. S.; NOBRE, K. P. Indústria 4.0 e segurança do trabalho: desafios e oportunidades na integração com a NR 12. **Revista Engenharia**, v. 29, n. 146, p. 1-15, maio 2025. DOI: 10.69849/revistaft/ra10202505202145. Disponível em: <http://revistaft.com.br/industria-4-0-e-seguranca-do-trabalho-desafios-e-oportunidades-na-integracao-com-a-nr-12/>. Acesso em: 14 set. 2025.

BRISTOT, V. M. **Introdução à engenharia de segurança do trabalho** [Recurso eletrônico]. Criciúma, SC: UNESC, 2019.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. **Segmentos ou nichos com maior potencial para o desenvolvimento tecnológico nacional**. Brasília, DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2022. (Série Documentos Técnicos, 31).

FREITAS, C. A.; REAL SILVA, A.; SILVA DE AGUIAR, D.; MANOEL DA SILVA, M.; DA SILVA CARDOSO, A.; REIS MARTINS, D.; SANTOS DE ARRUDA, A. C. A evolução da segurança no trabalho aplicada na manutenção industrial 4.0. **REMIPE - Revista de Micro e Pequenas Empresas e Empreendedorismo da Fatec Osasco**, [S. l.], v. 6, n. 2, p. 229–251, 2020. DOI: 10.21574/remipe.v6i2.289. Disponível em: <https://www.remipe.fatecosasco.edu.br/index.php/remipe/article/view/289>. Acesso em: 14 ago. 2025.

Osasco, [S. l.], v. 6, n. 2, p. 229–251, 2020. DOI: 10.21574/remipe.v6i2.289. Disponível em: <https://www.remipe.fatecosasco.edu.br/index.php/remipe/article/view/289>. Acesso em: 14 ago. 2025.

GOUVÊA, M.; MARCELINO, I.; WOODS, H.; RODRIGUES, P. Cenário da Indústria 4.0 no Brasil - Desafios e Oportunidades. **Anais do Congresso Nacional Universidade, EAD e Software Livre**, [S. l.], v. 2, n. 12, 2021. Disponível em: <https://ueadsl.textolivres.pro.br/index.php/UEADSL/article/view/624>. Acesso em: 31 ago. 2025.

INSTITUTO DE ESTUDOS PARA O DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL - IEDI. **A indústria do futuro no brasil e no mundo**. 2019, 622 p. Disponível em: https://iedi.org.br/media/site/artigos/20190311_industria_do_futuro_no_brasil_e_no_mundo.pdf

LIMA, C. O.; SALAZAR, E. S.; SANTIS, S. H. S.; NUNES, S. F. Segurança e eficiência na Indústria 4.0: processos de usinagem em torno CNC. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, [S. l.], v. 9, n. 10, p. 6495–6509, 2023. DOI: 10.51891/rease.v9i10.12112. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/12112>. Acesso em: 14 set. 2025.

LIMA, F. R.; GOMES, R. Conceitos e tecnologias da Indústria 4.0: uma análise bibliométrica. **Rev. Bras. Inov.**, Campinas (SP), 19, e0200023, p. 1-30, 2020. DOI: <https://doi.org/10.20396/rbi.v19i0.8658766>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbi/a/x6jdz4t869KnNFWRdgqVyws/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 22 ago. 2025.

NICKEL, P.; BÄRENZ, P.; RADANDT, S.; WICHTL, M. Human-system interaction design requirements to improve machinery and systems safety. In: International Conference on Applied

Human Factors and Ergonomics. **Springer**, Cham, p. 3-13, 2019. DOI: [10.1007/978-3-030-20497-6_1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-20497-6_1). Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/333645828_Human-System_Interaction_Design_Requirements_to_Improve_Machinery_and_Systems_Safety. Acesso em: 25 ago. 2025.

OLIVEIRA, T. O.; TUTUMI, A. T.; FREITAS, L. S. Simulação de melhorias na segurança do trabalho através da gestão de EPI's: IEE/USP. **XI IEEE ESW-Brasil 2023 A Engenharia Elétrica na Segurança do Trabalho**, 17 a 19 de outubro de 2023 – São Paulo – SP. Disponível em: <https://abracopel.org/wp-content/uploads/2023/11/T1.14.pdf>. Acesso em: 12 set. 2025.

OLIVEIRA SOBRINHO, A. D.; VAZ, M. A. P.; HADDAD, A. N. Gestão de riscos de saúde e segurança na Indústria 4.0. **Revista De Gestão E Secretariado**, v. 15, n. 2, e3518. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.7769/gesec.v15i2.3518>. Acesso em: 28 ago. 2025.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT - OECD. **The next production revolution: implications for governments and business**. Paris: OECD Publishing, 2017. Disponível em: https://www.oecd.org/en/publications/the-next-production-revolution_9789264271036-en.html. Acesso em: 25 ago. 2025.

PETZ, P.; EIBENSTEINER, F.; LANGER, J. Sensor Shirt as Universal Platform for RealTime Monitoring of Posture and Movements for Occupational Health and Ergonomics. **Procedia Computer Science**, v. 180, p. 200–207, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.01.157>. Acesso em: 22 ago. 2025.

POLOLU CORPORATION. QTR-8A and QTR-8RC Reflectance Sensor Array User's Guide. 2001. Disponível em: <https://www.pololu.com/docs/pdf/0j12/qtr-8x.pdf>. Acesso em: 14 set. 2025.

RAINHA; R. A.; ZANCUL, E. S. Aplicações de RFID no contexto da indústria 4.0: uma revisão sistemática de literatura. **XLIV encontro nacional de engenharia de produção "Reindustrialização no Brasil"**, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil, 22 a 25 de outubro de 2024. Disponível em: https://repositorio.usp.br/directbitstream/ab32d405-d39c-4ec7-8fd0-4f72e910627f/Aplica%C3%A7%C3%B5es_de_RFID_no_contexto_da_ind%C3%BAstria_4.0__uma_revis%C3%A3o_sistem%C3%A1tica_de_literatura.pdf. Acesso em: 12 set. 2025.

RODRIGUES, L. C.; QUEIROGA, A. P. G.; MILHOSSI, J. F. Indústria 4.0 e a transformação digital. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.8, n.2, p. 14093-14101 feb., 2022. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/44455>. Acesso em: 25 ago. 2025.

SANTOS, S. V. **RFID: conceitos, implementação e desempenho com baixo custo computacional**. Rio de Janeiro: Editora Dialética, 2022.

SCHREIBER, J. **As inovações da indústria 4.0 e os reflexos na ergonomia e segurança**. 2020. 58f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2020. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/23550/1/inovacoesindustria40ergonomiaseguranca.pdf>. Acesso em: 27 ago. 2025.

SILVA, B. A. M.; GONÇALVES, D. P.; CALDAS, Q. V. S. M.; BRAGA, E. S. Desenvolvimento de sistema de controle de risco na engenharia de segurança do trabalho. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, [S. l.], v. 11, n. 8, p. 1179–1193, 2025. DOI: 10.51891/rease.v11i8.20589. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/20589>. Acesso em: 25 ago. 2025.

SILVA, C. M.; SILVA, M. A. G.; PEREIRA, A. S.; FRANZ, L. A. DOS S.; HEIDTMANN-BEMVENUTI, R. Utilização das tecnologias da indústria 4.0 na segurança e saúde do trabalhador: uma revisão sistemática da literatura. **Brazilian Journal of Production Engineering**, v. 7, n.5, p. 252-268, 2021.

SILVA, J. F.; SILVA, F. L. Impacto das tecnologias digitais da indústria 4.0 na área de saúde e segurança do trabalho: uma análise através da revisão sistemática da literatura. **Tecno-lógica**, Santa Cruz do Sul, v. 24, n. nesp, p. 228-238, jul./dez. 2020. DOI: 10.17058/tecnolog.v2i0.15565. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/347362251_Impacto_das_tecnologias_digitais_da_industria_40_na_area_de_saude_e_seguranca_do_trabalho_uma_analise_atraves_da_revisao_sistemica_da_literatura. Acesso em: 25 ago. 2025.

TEMPESTA, H. H. **Implementação de um Sistema Gateway MQTT-Modbus para Abstração de Redes Industriais**. 2024. 93f. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica com ênfase em Eletrônica) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2024. Disponível em: https://bdta.abcd.usp.br/directbitstream/269228ca-ad56-4241-b578-4334e12768ff/Tempesta_Hadler_Henrique.pdf. Acesso em: 14 set. 2025.

TONIOLO, L. C.; CAMAROTTO, J. A.; TONIN, L. A.; SILVA, S. L. Práticas relacionadas à indústria 4.0 e suas aplicações no campo da ergonomia: análise das aplicações de robôs colaborativos (cobots) e exoesqueletos. **R. Ação Ergon.**, 15(2), 2021. DOI: 10.4322/rae.v15n2.e202115

TRAVASSOS, F. L. D.; ROBERTO, J. C. A.; ALMEIDA, V. S. O uso da matriz de risco como ferramenta na elaboração do gerenciamento de risco ocupacional. **Cuadernos de Educación y Desarrollo**, [S. l.], v. 16, n. 11, p. e6222, 2024. DOI: 10.55905/cuadv16n11-013. Disponível em: <https://ojs.cuadernoseducacion.com/ojs/index.php/ced/article/view/6222>. Acesso em: 1 set. 2025.

TEIXEIRA, R. L. P.; TEIXEIRA, C. H. S. B.; BRITO, M. L. A.; SILVA, P. C. D. Os discursos sobre os desafios da siderurgia na indústria 4.0 no Brasil. **Brazilian Journal of Development**. v. 5, n. 12, p. 28290-28309, 2019. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/5094>. Acesso em: 28 ago. 2025.

TURK, M.; RESMAN, M.; HERAKOVIC, N. The impact of smart technologies: A case study on the efficiency of the manual assembly process. **Procedia CIRP**. v. 97, p. 412-417, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.05.260>

XU, X.; LU, Y.; VOGEL-HEUSER, B.; WANG, L. Indústria 4.0 e Indústria 5.0 — Início, concepção e percepção. **Revista de Sistemas de Manufatura**. v. 61, outubro de 2021, p. 530-535, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.10.006>. Acesso em: 25 ago. 2025.