

TECNOLOGIAS DA INDÚSTRIA 4.0 APLICADAS AO RISCO OCUPACIONAL ESTRESSE MENTAL

Edy da Silva Pereira¹, Saulo Barbará de Oliveira²

RESUMO

A presente pesquisa buscou investigar aplicações das tecnologias da Indústria 4.0, especificamente, as que dizem respeito à realidade virtual, inteligência artificial e internet das coisas, que são destinadas à segurança do trabalho, com o fim de aplicá-las na atividade de fiscalização de obras públicas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas – IFAM. Teve como objetivo principal o desenvolvimento de um guia de aplicações dessas tecnologias com vistas a mitigação do risco ocupacional mais impactante existente nestas atividade de fiscalização. Para atingi-lo, foi necessário identificar todos os riscos ocupacionais existentes e categorizar aqueles que apresentam mais impacto na atividade. Quanto aos procedimentos metodológicos, este trabalho teve uma abordagem qualitativa que consistiu em uma pesquisa bibliográfica, de natureza aplicada, exploratória e estudo de caso. A coleta de dados com os participantes da pesquisa foi feita por meio de entrevistas semiestruturadas. Dentre os resultados que foram encontrados, destaca-se que o estresse mental foi o risco ocupacional mais impactante identificado na atividade, bem como a identificação de algumas aplicações das tecnologias realidade virtual, inteligência artificial e internet das coisas – que são destinadas à mitigação deste risco ocupacional.

Palavras-Chave: Indústria 4.0; Fiscalização de Obras Públicas; Risco Ocupacional; Estresse Mental.

¹ Mestre pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Servidor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas. E-mail: edydasilvapereira@yahoo.com.br;

² Doutor em Engenharia de Produção. Docente da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. E-mail: saulobarbara@gmail.com

TECHNOLOGIES OF INDUSTRY 4.0 APPLIED TO OCCUPATIONAL RISK IN MENTAL STRESS

Edy da Silva Pereira, Saulo Barbará de Oliveira

ABSTRACT

This research sought to investigate applications of technologies of Industry 4.0, specifically those related to virtual reality, artificial intelligence, and the internet of things, which are intended for occupational safety, to apply them in the public works of inspection of the Federal Institute of Education, Science and Technology of Amazonas – IFAM. Its main objective was to develop an application guide for these technologies with a view to mitigate the most impactful occupational risks existing in this inspection activity. To achieve this, it was necessary to identify all existing occupational risks and categorize those that have the most impact on the activity. As for the methodological procedures, this work had a qualitative approach which consisted of a bibliographic research, an applied and exploratory nature as well as a case study. The data collection with the research participants was done through semi-structured interviews. Among the results that were found, it is noteworthy that mental stress was the most impactful occupational risk identified in the activity, as well as the identification of some applications of virtual reality, artificial intelligence and technologies of the internet of things – which are intended to mitigate this occupational risk.

Keywords: Industry 4.0; Public Works Inspection; Occupational Risk; Mental Stress.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de novas tecnologias e a adoção de conhecimento digital têm contribuído para uma evolução rápida e ampla do cenário tecnológico global. Isso pode ser observado nas rotinas da vida humana de diversas formas como, o acesso à internet por meio de smartphones, automóveis com direção autônoma, sistemas integrados de informações, dentre outros (Cavata, Massote e Maia, 2020). A introdução de novas tecnologias no sistema econômico dá origem às revoluções industriais.

De acordo com Freire *et al.* (2022), a sociedade está na Era chamada de Quarta Revolução Industrial, ou Indústria 4.0, em que se vislumbra um aumento na produtividade por conta do desenvolvimento da inteligência artificial, da Internet das coisas e da *big data*, por exemplo, o que permite uma gestão mais eficaz da força de trabalho. A tendência é que as tecnologias da Indústria 4.0 cruzarão todos os setores econômicos e permitirão que os processos apresentem ganhos em termos de realização de serviços, capacidade de tomada de decisão, descentralização, virtualização e interoperabilidade (Gatica-Neira, 2021).

A Indústria 4.0 poderá interagir com diversos segmentos e com implicações para todos os setores da sociedade como, saúde, comunicação, energia, produção, agricultura, educação, meio ambiente e segurança do trabalho (Cavata, Massote e Maia, 2020). De acordo com Papetti *et al* (2020), a Indústria 4.0 deve se preocupar não apenas com máquinas e equipamentos, mas também com seres humanos, possibilitando a criação de um ambiente de trabalho mais adequado, seguro e sustentável.

Assim, o presente trabalho procurou aplicações das tecnologias da Indústria 4.0, especificamente, as tecnologias realidade virtual, inteligência artificial e internet das coisas, que podem ser destinadas à

segurança do trabalhador que executa uma determinada atividade. Neste contexto, a atividade investigada foi a fiscalização de obras realizada por servidores públicos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM), pois, observa-se que ela pode gerar riscos ocupacionais ao servidor que a realiza, mas que a Indústria 4.0 pode contribuir para a minimização deles. Dessa forma, coloca-se a questão de pesquisa que orientou a busca de solução para o problema proposto, isto é, como as tecnologias da Indústria 4.0, realidade virtual, inteligência artificial e internet das coisas podem contribuir para a mitigação do estresse mental, principal risco ocupacional existente na atividade de fiscalização de obras do IFAM?

Por meio da abordagem qualitativa, natureza aplicada e exploratória, bem como visando a busca por solução para o problema de pesquisa, o objetivo geral desta pesquisa foi propor um guia de aplicações das tecnologias realidade virtual, inteligência artificial e internet das coisas – que são destinadas à mitigação do estresse mental, risco ocupacional mais impactante existente na atividade de fiscalização de obras do IFAM.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção, discorre-se sobre os principais temas desta pesquisa, sendo eles: fiscalização de obras públicas, risco ocupacional, Indústria 4.0 e estresse mental.

Fiscalização de Obras Públicas

De acordo com o Tribunal de Contas da União (2014 p. 11), “obra pública é considerada toda construção, reforma, fabricação, recuperação ou ampliação de bem público”. Ela poderá ser realizada pela própria

organização (forma direta) ou contratada com terceiros por meio de licitação (forma indireta). As obras públicas podem ser de grande porte, tais como implantação de usinas hidrelétricas, metrô, rodovias, canais e barragens; ou de menor porte, tais como a construção de escolas, creches, postos de saúde, hospitais, urbanização e pavimentação de ruas e habitação popular, dentre outras (CGU, 2018).

Toda obra pública – desde a fase de contratação do responsável pela sua execução até sua fase de conclusão – é regida por legislações que descrevem os procedimentos em torno de todas suas etapas (Alvarenga *et al.*, 2021). Atualmente, a principal lei em vigor que tange sobre os contratos administrativos é a Lei Nº 14.133 de 1º de abril de 2021 – apesar de muitas das obras do IFAM ainda tivessem sido regidas pela anterior, ou seja, a Lei Nº 8.666 de 21 de junho de 1993.

A fiscalização é uma das atividades de apoio para alcançar o bom desempenho dos serviços que são realizados na execução das obras públicas, podendo causar, também, um efeito positivo nos funcionários contratados para a execução dela (Soetjipto *et al.*, 2020). Além disso, ela pode contribuir para que o contratado mantenha um ambiente de trabalho seguro e saudável por meio do cumprimento das regras de saúde e segurança do trabalho (Donkoh e Aboagye-Nimo, 2017).

Risco Ocupacional

Desde que a vida humana começou a se desenvolver, o trabalho tornou-se uma atividade indispensável, criando a cada dia necessidades para a sobrevivência social (Braatz *et al.*, 2021). O trabalho desempenha um papel fundamental no desenvolvimento humano, no entanto, quando a sua relação se encontra num contexto instável e flexível, onde não são

garantidas condições mínimas de saúde e segurança, pode se tornar fonte de sofrimento físico e psicológico (Santana, Sarquis e Miranda, 2020).

Matos *et al.* (2018) comentam que o trabalho é uma atividade praticada desde os princípios da existência humana, mas vem sofrendo diversas transformações nos aspectos tecnológico, econômico e psicossocial ao longo dos anos que podem significar repercussões negativas ao trabalhador, não somente sobre a sua saúde e integridade, mas também sobre outras áreas de sua vida. A ocorrência de um evento não planejado, ou indesejado, introduz no ambiente de trabalho o risco de acontecer um acidente, ou seja, risco pode ser considerado como a probabilidade de ocorrência de um acidente ou indicar o perigo causado pelo evento não planejado (Mattos e Másculo, 2011).

De acordo com Taibi *et al.* (2022), o risco é definido como a chance de que um dano seja causado por um perigo, sendo este definido como uma característica do trabalho que tem o potencial de causar danos. Na Norma Regulamentadora (NR-01), o conceito de risco ocupacional significa “combinação da probabilidade de ocorrer lesão ou agravo à saúde causados por um evento perigoso, exposição a agente nocivo ou exigência da atividade de trabalho e da severidade dessa lesão ou agravo à saúde” (Ministério do Trabalho e Previdência, 2021, p.14).

Estresse Mental

O estresse mental é caracterizado como um risco psicossocial, isto é, qualquer risco ocupacional que afete a saúde e o bem-estar psicológico dos trabalhadores (Metzler, Von Groeling-Müller e Bellingrath, 2019). Estes riscos, quando relacionados com o trabalho, são ligados à gestão do trabalho, aos seus contextos sociais, organizacionais e aos problemas

ocasionados no ambiente de trabalho devido, por exemplo, ao desempenho profissional, intensidade ou características do trabalho (Di Tecco *et al.*, 2020).

Segundo Beck e Lenhardt (2019), o estresse no trabalho pode surgir a partir de aspectos relacionados à distribuição de tarefas, pressão, demandas conflitantes, falta de apoio ou ameaças internas e externas. Estas variáveis no ambiente de trabalho podem fazer com que o trabalhador sinta que seu esforço é inadequado ou insuficiente, gerando insatisfação profissional, desmotivação, descontentamento ou outros problemas relacionados a saúde ocupacional (Navarro *et al.*, 2021).

O estresse mental pode causar várias reações corporais, como batimentos cardíacos acelerados, dilatação da pupila e aumento do volume do pulso do dedo (Kim *et al.*, 2021). Além do mais, pode levar a efeitos nocivos como depressão, insônia ou dores de cabeça, sendo de suma importância sua detecção precoce para evitar consequências tão prejudiciais (Dham, Rai e Soni, 2021). No tópico “Resultados”, percebe-se que o estresse mental foi o risco ocupacional de maior impacto relatado pelos participantes desta pesquisa.

Indústria 4.0

A humanidade tem passado por várias mudanças ao longo de sua história, principalmente quando se trata de tecnologias e todas as mudanças que têm influenciado nas estruturas sociais e dos sistemas econômicos (Siltori *et al.*, 2021). Ao longo de várias centenas de anos, a procura por soluções inovadoras a fim de fornecer vantagens competitivas em mercados emergentes, levou a várias revoluções no desenvolvimento industrial. Atualmente, a Era em destaque, devido ao avanço da

digitalização nas organizações e que está relacionada ao desenvolvimento tecnológico, é aquela conhecida como quarta Revolução Industrial, ou Indústria 4.0 (Patnaik, 2020).

A Indústria 4.0, de acordo com Pinheiro *et al.* (2019), tem como principais características o uso de sistemas ciberfísicos, tecnologias de nuvem e realidade virtual. Os seus componentes possibilitam a identificação de perigos potenciais em tempo real e atuação sobre eles antes que se tornem riscos reais. Dispositivos como câmeras inteligentes, sensores inteligentes, roupas inteligentes e sistemas de reconhecimento de localização baseados em inteligência artificial, por exemplo, podem detectar e relatar qualquer comportamento humano ou de máquina que possa representar um risco à segurança do trabalhador (Ghobakhloo, 2020).

A Realidade virtual é uma das tecnologias incluídas na Indústria 4.0. Ela consiste na recriação virtual de um ambiente e na possibilidade de visualizá-lo, seja através de uma tela, monitor ou através de visores, óculos ou capacetes especiais. É usada nas atividades de treinamento e capacitação de trabalhadores, mas também é capaz de simular células de trabalho e também pode ser usada para protocolos de segurança, dentre outras aplicações (Montero, 2020).

Ao utilizar a realidade virtual, a pessoa interage e experimenta sensações multissensoriais, como a “imersão” – quando dá a sensação de estar totalmente dentro do ambiente virtual; a “interação”, de como a pessoa reage ao estímulo recebido; e o “engajamento” – que significa o grau de envolvimento da pessoa com o estímulo (Silva *et al.*, 2020). Uma importante aplicação no uso da realidade virtual é para o tratamento da saúde mental (Bengel de Paula e Fernández Moretti, 2021).

A inteligência artificial – IA também é um dos componentes da

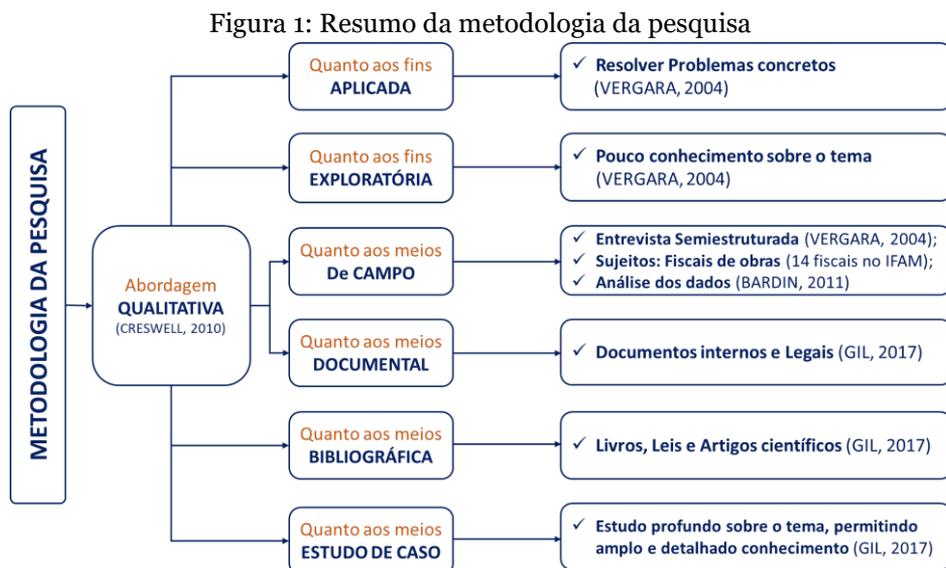
Indústria 4.0. De acordo com Montero (2020), ela é definida como um software é capaz de copiar funções e habilidades cognitivas dos humanos para aprender e resolver problemas. A IA está relacionada com as ideias de fazer os computadores pensarem, criar máquinas que executam funções com o uso da inteligência, tornar as computações capazes de raciocinar, tomar decisões e criar projetos inteligentes de altos desempenhos (Russell e Norvig, 2013).

Nos dizeres de Megeto *et al.* (2020), a IA pode atuar como um agente de percepção, equiparando-se à capacidade humana de detectar e classificar objetos e outros agentes em um curto período de tempo, o que é bem exemplificado em veículos autônomos urbanos. Reduzir a exposição das pessoas a condições ou situações de atividades de risco e diminuir a necessidade de executar tarefas cansativas, repetitivas e monótonas são alguns benefícios da IA apontados por (Carvalho, 2021).

A internet das coisas – IoT é outro componente associados à Indústria 4.0. São dispositivos capazes de capturar e gerar informações de um determinado ambiente ou do funcionamento de máquinas e processos, podendo enviar essas informações sem fio e em tempo real para uma central de controle (Montero, 2020). A IoT engloba dispositivos físicos e digitais que podem ser interconectados através de uma infraestrutura adequada de comunicação de tal sorte que proporcione um conjunto de novas aplicações e serviços (Rocha e Kissimoto, 2022). Essas novas aplicações ou serviços devem ser mais eficientes a fim de melhorar o ato de comunicação entre as pessoas ou gerar informações consideradas relevantes para a tomada de decisão, obtenção de conhecimento ou gerenciamento de situações (Sánchez, Perabá e Peinado, 2022).

METODOLOGIA

Nesta seção, são detalhados os procedimentos metodológicos que foram aplicados em busca de se atingir o objetivo da pesquisa. Quanto aos aspectos procedimentais, a pesquisa realizada foi de abordagem qualitativa, pois procurou-se explorar e facilitar o entendimento sobre as aplicações das tecnologias da Indústria 4.0 e a atividade de fiscalização de obras executada por um grupo de servidores do IFAM, a fim de associar a esta atividade melhorias do ponto de vista sobre a segurança do trabalho (Creswell, 2010). Na Figura 1, encontra-se um resumo da metodologia da pesquisa.



Fonte: Elaboração própria (2023)

No que se refere à finalidade, a pesquisa é de natureza aplicada, haja vista que este trabalho teve por objetivo a criação de um produto destinado à intervenção em uma dada realidade do IFAM (Vergara, 2004). A pesquisa bibliográfica possibilitou acesso à vastas informações de

materiais já publicados, possibilitando aprofundamento sobre os temas da pesquisa e acessos a soluções para o problema da pesquisa (Gil, 2017).

A coleta de dados foi feita por meio de entrevistas semiestruturadas, sendo o objetivo principal identificar os principais riscos ocupacionais existentes na atividade de fiscalização de obras. Os sujeitos da pesquisa foram todos os servidores do IFAM que, na época, realizavam a atividade de fiscalização de obras. Foram realizadas 14 entrevistas.

RESULTADOS

Por meio da pesquisa bibliográfica, foi possível identificar soluções encontradas na literatura científica relacionadas à aplicações das tecnologias realidade virtual, inteligência artificial e internet das coisas, que são destinadas à mitigação do risco ocupacional estresse mental. As pesquisas foram realizadas nas bases de busca *Scopus*, *Web of Science* e *Scielo* entre os dias 26 a 30 de novembro de 2022 e as buscas foram limitadas aos anos de 2020 a 2022. Para a averiguação de documentos, foram usadas as palavras-chave: ((*“virtual reality”*) OR (*“artificial intelligence”*) OR (*“internet of things”*)) AND ((*“mental stress”*) OR (*“Psychosocial risk”*)). Após descartados os documentos repetidos nas bases, lido os resumos e descartados aqueles documentos não relevantes para a pesquisa, foram identificadas 15 aplicações que são destinadas ao estresse mental, conforme os autores que constam no Guia de aplicações das Tecnologias da Indústria 4.0 para o Estresse Mental, na Figura 2.

As entrevistas foram realizadas durante os meses de julho e agosto de 2022. De acordo com o relato de todos os participantes, a fiscalização de obras no IFAM se compõe de duas grandes etapas. A primeira se trata dos processos burocráticos ou administrativos, onde se faz a análise detalhada

do projeto da obra, das documentações da empreiteira contratada e das planilhas de acompanhamento da obra, como cronograma de atividades, planilha orçamentária, diário da obra e as tratativas burocráticas com o responsável pela empresa contratada. Esta etapa é realizada majoritariamente no escritório da engenharia ou em uma sala de escritório.

A segunda é a execução propriamente dita da obra, onde acompanha-se o andamento da construção no canteiro de obras. Nesta etapa, é feita a verificação da qualidade de execução, do uso correto dos materiais especificados no projeto básico e do cumprimento das legislações e leis pertinentes a obra.

De acordo com o relato dos entrevistados, as principais obras que foram executadas no IFAM, até o momento das entrevistas, foram: aberturas de vias, construção de coberturas e telhados, estacionamentos, cozinhas industriais, reformas em geral, refeitórios, piscinas, laboratórios, auditórios, blocos de salas de aulas, muros, unidades educacionais de produção, ginásios poliesportivos e até campus completo de ensino. Destaca-se aqui, conforme é apresentado no Gráfico 1, a identificação de 19 tipos de riscos ocupacionais existentes durante a fiscalização destas obras.

Gráfico 1: Riscos ocupacionais identificados



Fonte: Elaboração própria (2023)

Após análise e categorização dos dados, pôde-se destacar que o estresse mental foi o risco ocupacional mais citado pelos participantes, ou seja, aquele com mais impacto na atividade. O estresse mental acontece, principalmente, quando ocorre a necessidade de realizar tratativas com o empreiteiro responsável pela execução da obra porque, muitas vezes, as empresas contratadas não cumprem de forma satisfatória os acordos assumidos por meio do contrato, causando paralização da obra e muitos desgastes nas negociações para correção das não conformidades identificadas nas fiscalizações.

A partir destes resultados, foi possível atingir o objetivo da pesquisa e elaborar o Guia de Aplicações das tecnologias da Indústria 4.0 que são destinadas à mitigação do estresse mental, apontado como o risco ocupacional mais impactante existente na atividade de fiscalização de

obras, conforme apresentado na Figura 2. Basicamente, o guia apresenta a opção de 7 dispositivos de monitoramento do estresse mental por meio do uso da inteligência artificial, internet das coisas ou da realidade virtual; e a opção de 8 dispositivos para tratamento do estresse mental pelo uso da realidade virtual.

Figura 2: Guia de aplicações

Guia de Aplicações das tecnologias da Indústria 4.0 para o Estresse Mental				
Nº	AUTORES	TECNOLOGIA	APLICAÇÕES	RISCO OCUPACIONAL
1	(LIN <i>et al.</i> , 2021)	Inteligência Artificial (2)	Dispositivos para monitoramento (7)	Estresse Mental
2	(DHAM, RAI e SONI, 2021)			
3	(HAMATTA <i>et al.</i> , 2022)			
4	(HAN <i>et al.</i> , 2020)	Internet das Coisas (4)		
5	(PRAVEENA e MATHANA, 2022)			
6	(JESMIN, KAISER e MAHMUD, 2020)			
7	(ISHAQUE <i>et al.</i> , 2020)			
8	(IMPERATORI <i>et al.</i> , 2020)	Realidade Virtual (9)	Aplicativo/Dispositivo para tratamento (8)	
9	(JERATH e BEVERIDGE, 2021)			
10	(SHU, WU e ZHAI, 2022)			
11	(BU, 2020)			
12	(BURIN <i>et al.</i> , 2022)			
13	(AGANOV <i>et al.</i> , 2022)			
14	(ALYAN <i>et al.</i> , 2021)			
15	(VAQUERO-BLASCO <i>et al.</i> , 2020)			

Fonte: Elaboração própria (2023)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo do presente trabalho foi propor um guia de aplicações das tecnologias da Indústria 4.0, realidade virtual, inteligência artificial e internet das coisas, que são destinadas à mitigação do risco ocupacional mais impactante existente na atividade de fiscalização de obras no IFAM. Por meio das entrevistas que foram realizadas com todos os servidores que a executavam, identificou-se a presença de 19 tipos de riscos ocupacionais, tendo o estresse mental como o mais impactante, pois ele foi relatado por 12 dos 14 participantes da entrevista. Já por meio da pesquisa bibliográfica, realizada nas bases de busca *Scopus*, *Web of Science* e *Scielo*,

foi possível a identificação de 15 aplicações das tecnologias realidade virtual, inteligência artificial e internet das coisas que são destinadas à mitigação do estresse mental.

Dessa forma, o questionamento inicial dessa pesquisa foi respondido com êxito, pois, ao verificar que o principal risco ocupacional existente na atividade de fiscalização de obras do IFAM é o estresse mental, constatou-se que as tecnologias da Indústria 4.0 – realidade virtual, inteligência artificial e internet das coisas – podem contribuir para a sua diminuição por meio das aplicações que constam no Guia de Aplicações (figura 2).

Nesse sentido, a pesquisa também apresentou perspectivas para a sua ampliação, pois trabalhos futuros poderão ser realizados objetivando aplicações das tecnologias da Indústria 4.0 para os demais riscos ocupacionais existentes na fiscalização de obras, ou para a investigação de outros tipos de riscos ocupacionais existentes em outras atividades desenvolvidas no IFAM. Além disso, poderão ser realizados trabalhos de expansão do Guia de Aplicações para outras atividades desenvolvidas no IFAM que apresentem exposição ao risco ocupacional estresse mental.

REFERÊNCIAS

AGANOV, S.; NAYSHTEIK, E.; NAGIBIN, V.; LEBED, Y. Pure virtual reality technology: measuring heart rate variability and anxiety levels in healthy volunteers affected by moderate stress. **Archives of Medical Science**, v. 18, n. 2, p. 336–343, 2022.

ALVARENGA, F. C.; MAUÉS, L. M. F.; JÚNIOR, P. C. S.; MACEDO, A. N. Alterações de custo e prazo em obras públicas. **Ambiente Construído**, v. 21, n. 1, p. 161–180, 2021.

ALYAN, E.; COMBE, T.; RAMBLI, D. R. A.; SULAIMAN, S.; MERIENNE, F.; DIYANA, N. The influence of virtual forest walk on physiological and psychological responses. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 21, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1660-4601/18/21/11420>

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.

BECK, D.; LENHARDT, U. Consideration of psychosocial factors in workplace risk assessments: findings from a company survey in Germany. **International Archives of Occupational and Environmental Health**, v. 92, n. 3, p. 435–451, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00420-019-01416-5>

BENGEL DE PAULA, D. M.; FERNÁNDEZ MORETTI, L. Realidade Virtual Na Prática De Mindfulness Em Psicoterapia: Uma Revisão Narrativa. **Psicologia em Estudo**, v. 26, p. 1–17, 2021. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/PsicolEstud/article/view/46410>

BRAATZ, D., ROCHA, R., GEMMA, S. **Engenharia do trabalho: saúde, segurança, ergonomia e projeto**. Santana de Parnaíba, SP: Ex Libris Comunicação, 2021.

BU, N. Mental Stress Tests with Autonomic Responses Induced in Virtual Reality Environment. **LifeTech 2020 - 2020 IEEE 2nd Global Conference on Life Sciences and Technologies**, n. LifeTech, p. 117–120, 2020. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9081031/>

BURIN, D.; CAVANNA, G.; RABELLINO, D.; KOTOZAKI, Y.;

KAWASHIMA, R. Neuroendocrine Response and State Anxiety Due to Psychosocial Stress Decrease after a Training with Subject's Own (but Not Another) Virtual Body: An RCT Study. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 10, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1660-4601/19/10/6340>

CARVALHO, A. C. P. DE L. F. DE. Inteligência Artificial: riscos, benefícios e uso responsável. **Estudos Avancados**, v. 35, n. 101, p. 21–35, 2021.

CAVATA, J. T.; MASSOTE, A. A.; MAIA, R. F. Highlighting the benefits of Industry 4.0 for production: an agent-based simulation approach. **Gestão e Produção**, v. 27, n. 3, p. 1–35, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0104-530X5619-20>

CGU, CONTROLADORIA GERAL DA UNIÃO. **Manual de Auditoria de Obras Públicas Parte I**. Brasília, 2018.

CRESWELL, J. W. **Projeto de Pesquisa. Métodos Qualitativo, Quantitativo e Misto**. 3a ed. Porto Alegre: SAGE Publications, Inc., 2010.

DHAM, V.; RAI, K.; SONI, U. Mental Stress Detection Using Artificial Intelligence Models. **Journal of Physics: Conference Series**, v. 1950, n. 1, 2021. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1950/1/012047>

DI TECCO, C.; NIELSEN, K.; GHELLI, M.; RONCHETTI, M.; MARZOCCHI, I.; PERSECHINO, B.; IAVICOLI, S. Improving working conditions and job satisfaction in healthcare: A study concept design on a participatory organizational level intervention in psychosocial risks

management. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 10, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1660-4601/17/10/3677>

DONKOH, D.; ABOAGYE-NIMO, E. Stakeholders' role in improving Ghana's construction safety. **Proceedings of Institution of Civil Engineers: Management, Procurement and Law**, v. 170, n. 2, p. 68–76, 2017. Disponível em: <https://www.icevirtuallibrary.com/doi/10.1680/jmapl.16.00019>

FREIRE, C.; MARUICHI, D.; NUNEZ, E.; RAKHMATULLIN, R. **Industry 4.0 for Inclusive Development**. New York: United Nations Publications, 2022. Disponível em: <https://www.un-ilibrary.org/content/books/9789210014441>

GATICA-NEIRA, F. Adopción y difusión de las tecnologías 4.0 a partir de la trayectoria innovativa y la escala de operación: el caso de Chile. **RAE-Revista de Administração de Empresas | FGV EAESP**, p. 1–25, 2021.

GHOBAKHLOO, M. Industry 4.0, digitization, and opportunities for sustainability. **Journal of Cleaner Production**, v. 252, p. 119869, 2020.

Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119869>

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 6a ed. São Paulo: ATLAS, 2017.

HAMATTA, H. S. A.; BANERJEE, K.; ANANDARAM, H.; ALAM, M. S.; DURAI, C. A. D.; DEVI, B. P.; PALIVELA, H.; RAJAGOPAL, R.;

YESHITLA, A. Genetic Algorithm-Based Human Mental Stress Detection and Alerting in Internet of Things. **Computational Intelligence and Neuroscience**, v. 2022, 2022. Disponível em:

<https://www.hindawi.com/journals/cin/2022/4086213/>

HAN, H. J.; LABBAF, F.; BORELLI, J. L.; DUTT, N.; RAHMANI, A. M. Objective stress monitoring based on wearable sensors in everyday settings. **Journal of Medical Engineering and Technology**, v. 44, n. 4, p. 177–189, 2020.: Disponível em:

<https://doi.org/10.1080/03091902.2020.1759707>

IMPERATORI, C.; DAKANALIS, A.; FARINA, B.; PALLAVICINI, F.; COLMEGNA, F.; MANTOVANI, F.; CLERICI, M. Global Storm of Stress-Related Psychopathological Symptoms: A Brief Overview on the Usefulness of Virtual Reality in Facing the Mental Health Impact of COVID-19. **Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking**, v. 23, n. 11, p. 782–788, 2020. Disponível em:

<https://www.liebertpub.com/doi/10.1089/cyber.2020.0339>

JERATH, R.; BEVERIDGE, C. Harnessing the Spatial Foundation of Mind in Breaking Vicious Cycles in Anxiety, Insomnia, and Depression: The Future of Virtual Reality Therapy Applications. **Frontiers in Psychiatry**, v. 12, n. July, p. 1–8, 2021. Disponível em:

<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsy.2021.645289/full>

JESMIN, S.; KAISER, M. S.; MAHMUD, M. Towards artificial intelligence driven stress monitoring for mental wellbeing tracking during COVID-19. **Proceedings - 2020 IEEE/WIC/ACM International Joint Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology, WI-IAT 2020**, p. 845–851, 2020.

Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9457769/>

KIM, H.; KIM, D. J.; KIM, S.; CHUNG, W. H.; PARK, K.; KIM, J. G.; KIM, D.; KIM, M. J.; KIM, K.; JEON, H. J. Effect of Virtual Reality on Stress Reduction and Change of Physiological Parameters Including Heart Rate Variability in People With High Stress: An Open Randomized Crossover Trial. **Frontiers in Psychiatry**, v. 12, n. August, p. 1–11, 2021. Disponível em:

<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsy.2021.614539/full>

LIN, Q.; LI, T.; SHAKEEL, P. M.; SAMUEL, R. D. J. Advanced artificial intelligence in heart rate and blood pressure monitoring for stress management. **Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing**, v. 12, n. 3, p. 3329–3340, 2021. Disponível em:

<https://doi.org/10.1007/s12652-020-02650-3>

MATOS, J. M. T.; MASCARENHAS, C. H. M.; ARAÚJO, C. M.; GOMES, F. V.; SANTOS, G. O. Fatores associados à autopercepção de saúde em taxistas. **Fisioterapia e Pesquisa**, v. 25, n. 4, p. 369–375, 2018.

MATTOS, U. A. DE O.; MÁSCULO, F. S. **Higiene e Segurança do Trabalho**. 2011. ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda., 2011. v. 12

MEGETO, G. A. S.; SILVA, A. G.; BULGARELLI, R. F.; BUBLITZ, C. F.; VALENTE, A. C.; COSTA, D. A. G. Artificial intelligence applications in the agriculture 4.0. **Revista Ciência Agronômica**, v. 51, n. 5, p. 1–8, 2020. Disponível em:

<http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/issue/archive>

METZLER, Y. A.; VON GROELING-MÜLLER, G.; BELLINGRATH, S. Better safe than sorry: Methods for risk assessment of psychosocial

hazards. **Safety Science**, v. 114, n. October 2018, p. 122–139, 2019. Disponível em:

<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0925753517316351>

MINISTÉRIO DO TRABALHO E PREVIDÊNCIA. **Norma Regulamentadora No. 1 (NR-1)**. Disponível em: <<https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/nr-1>>. Acesso em: 4 nov. 2021.

MONTERO, E. R. **Industria 4.0 Conceptos, tecnologías habilitadoras y retos**. Edição em formato digital. Madrid: Pirâmide, 2020.

NAVARRO, R. M.; CASTRILLÓN, O. D.; OSORIO, L. P.; OLIVEIRA, T.; NOVAIS, P.; VALENCIA, J, F. Improving Classification Based on Physical Surface Tension-neural Net for the Prediction of Psychosocial-Risk Level in Public School Teachers. **PeerJ Computer Science**, v. 7, p. 1–26, 2021. Disponível em: <https://peerj.com/articles/cs-511>

PAPETTI, A.; GREGORI, F.; PANDOLFI, M.; PERUZZINI, M.; GERMANI, M. A method to improve workers' well-being toward human-centered connected factories. **Journal of Computational Design and Engineering**, v. 7, n. 5, p. 630–643, 13 out. 2020. Disponível em: <https://academic.oup.com/jcde/article/7/5/630/5836194>

PATNAIK, S. **New Paradigm of Industry 4.0**. Cham: Springer International Publishing, 2020. v. 64. Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-25778-1>

PINHEIRO, P.; PUTNIK, G. D.; CASTRO, A.; CASTRO, H.; FONTANA, R. D. B.; ROMERO, F. Industry 4.0 and industrial revolutions: An assessment based on complexity. **FME Transactions**, v. 47, n. 4, p. 831–840, 2019. Disponível em:

<https://scindeks.ceon.rs/Article.aspx?artid=1451-20921904831P>

PRAVEENA, G.; MATHANA, J. M. Review on Stress Detection and Management Techniques using Nano EEG Sensors. 2022 **IEEE International Conference on Nanoelectronics, Nanophotonics, Nanomaterials, Nanobioscience and Nanotechnology, 5NANO 2022**, 2022. Disponível em:

<https://ieeexplore.ieee.org/document/9828889/>

ROCHA, I. F.; KISSIMOTO, K. O. Barreiras e benefícios na adoção de inteligência artificial e IoT na gestão da operação. **RAM. Revista de Administração Mackenzie**, v. 23, n. 4, 2022. Disponível em:

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-69712022000400202&tlng=pt

RUSSELL, STUART; NORVIG, P. **Inteligência Artificial**. 3^a ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. v. 4

SÁNCHEZ, S. M. E.; PERABÁ, C. M.; PEINADO, R. S. Educational and social inclusion of Internet of Things in neurodiversity. **Texto Livre**, v. 15, p. 1–14, 2022. Disponível em:

<https://periodicos.ufmg.br/index.php/textolivre/article/view/40507>

SANTANA, L.; SARQUIS, L.; MIRANDA, F. Riscos psicossociais e a saúde dos trabalhadores de saúde: reflexões sobre a Reforma Trabalhista

Brasileira. **Revista Brasileira de Enfermagem**, v. 73, n. Suppl 1, p. 1–6, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/0034-7167-2019-0092>

SHU, Y.; WU, C.; ZHAI, Y. Impacts of Landscape Type, Viewing Distance, and Permeability on Anxiety, Depression, and Stress. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 16, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1660-4601/19/16/9867>

SILTORI, P. F. S.; ANHOLON, R.; RAMPASSO, I. S.; QUELHAS, O. L. G.; SANTA-EULALIA, L. A.; FILHO, W. L. Industry 4.0 and corporate sustainability: An exploratory analysis of possible impacts in the Brazilian context. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 167, n. March, p. 120741, jun. 2021. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0040162521001736>

SILVA, T. C. A.; BANDEIRA, P. M.; RANZATTO, A. D. S.; MEZIAT-FILHO, N. A.; NOGUEIRA, A. C. N.; JUNIOR, O. F.; REIS, F. J. J. Comparison of the effect of two virtual reality stimuli on pressure pain sensitivity and autonomic response. **Brazilian Journal Of Pain**, v. 3, n. 3, p. 328–332, 2020.

SOETJIPTO, N.; KURNIAWAN, G.; SULASTRI, S.; RISWANTO, A. Supply Chain Analysis in Public Works: The Role of Work Climate, Supervision and Organizational Learning. **Journal of Asian Finance, Economics and Business**, v. 7, n. 12, p. 1065–1071, 2020.

TAIBI, Y.; METZLER, Y. A.; BELLINGRATH, S.; NEUHAUS, C. A.; MULLER, A.. Applying risk matrices for assessing the risk of psychosocial hazards at work. **Frontiers in Public Health**, v. 10, 2022. Disponível

em:

<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpubh.2022.965262/full>

TCU, TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO. **Obras Públicas**. 4a ed. Brasília, 2014.

VAQUERO-BLASCO, M. A.; PEREZ-VALERO, E.; LOPEZ-GORDO, M. A.; MORILLAS, C. Virtual reality as a portable alternative to chromotherapy rooms for stress relief: A preliminary study. **Sensors (Switzerland)**, v. 20, n. 21, p. 1–16, 2020. Disponível em:

<https://www.mdpi.com/1424-8220/20/21/6211>

VERGARA, S. C. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração**. 5a ed. São Paulo: EDITORA ATLAS, 2004.