

UFRRJ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO E ESTRATÉGIA
MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTÃO E ESTRATÉGIA - MPGE

DISSERTAÇÃO

**TECNOLOGIAS DA INDÚSTRIA 4.0 APLICADAS À SEGURANÇA DO
TRABALHO NA FISCALIZAÇÃO DE OBRAS PÚBLICAS NO IFAM**

EDY DA SILVA PEREIRA

2023



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO E ESTRATÉGIA
MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTÃO E ESTRATÉGIA**

**TECNOLOGIAS DA INDÚSTRIA 4.0 APLICADAS À SEGURANÇA DO
TRABALHO NA FISCALIZAÇÃO DE OBRAS PÚBLICAS NO IFAM**

EDY DA SILVA PEREIRA

Sob a orientação do
Prof. Dr. Saulo Barbará de Oliveira

e Coorientação da
Profa. Dra. Claudiana Guedes de Jesus

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre**, no Curso de Pós-graduação em Gestão e Estratégia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ.

Manaus / AM

Fevereiro de 2023

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada com dados
fornecidos pelo (a) autor (a)

P436t Pereira, Edy da Silva, 1967-
Tecnologias da Indústria 4.0 aplicadas à segurança
do trabalho na fiscalização de obras públicas no IFAM
/ Edy da Silva Pereira. - Manaus, 2023.
102 f.: il.

Orientador: Saulo Barbará de Oliveira.
Coorientadora: Claudiana Guedes de Jesus.
Dissertação (Mestrado). -- Universidade Federal
Rural do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em
Gestão e Estratégia, 2023.

1. Indústria 4.0. 2. Segurança do Trabalho. 3.
Fiscalização de Obras. 4. Riscos Ocupacionais. I.
Oliveira, Saulo Barbará de, 1948-, orient. II. Jesus,
Claudiana Guedes de, 1977-, coorient. III
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.
Programa de Pós-Graduação em Gestão e Estratégia. IV.
Título.

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

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS – ICSA
MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTÃO E ESTRATÉGIA - MPGE**

EDY DA SILVA PEREIRA

Dissertação submetida como requisito parcial para a obtenção do grau de **Mestre**, no Programa de Pós-Graduação em Gestão e Estratégia, na área de concentração em Gestão e Estratégia.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM: 28/02/2023.

Prof. Dr. Sandro Luís Freire de Castro Silva
Presidente da Banca
Membro interno
MPGE/UFRRJ

Prof. Dr. Saulo Barbará de Oliveira
Orientador
Membro interno
MPGE/UFRRJ

Prof. Dra. Claudiana Guedes de Jesus
Membro interno
MPGE/UFRRJ

Prof. Dr. Marcos dos Santos
Membro externo
UFF



Emitido em 2023

TERMO Nº 613/2023 - MPGE (12.28.01.00.00.00.05)

(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)

(Assinado digitalmente em 30/05/2023 16:46)

CLAUDIANA GUEDES DE JESUS
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DeptAdT/IM (12.28.01.00.00.82)
Matrícula: ###447#7

(Assinado digitalmente em 30/05/2023 11:37)

SAULO BARBARA DE OLIVEIRA
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DeptCA (12.28.01.00.00.00.07)
Matrícula: ###84#1

(Assinado digitalmente em 30/05/2023 11:13)

SANDRO LUÍS FREIRE DE CASTRO SILVA
ASSINANTE EXTERNO
CPF: ###.###.807-##

(Assinado digitalmente em 15/06/2023 16:32)

MARCOS DOS SANTOS
ASSINANTE EXTERNO
CPF: ###.###.967-##

Visualize o documento original em <https://sipac.ufrj.br/documentos/> informando seu número: **613**, ano: **2023**, tipo: **TERMO**, data de emissão: **30/05/2023** e o código de verificação: **7970af7490**

RESUMO

A presente dissertação buscou investigar a aplicação 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. Como objetivo final foi desenvolvido e proposto um guia de aplicações dessas tecnologias com a finalidade de servir de orientações estratégicas para a mitigação dos principais riscos ocupacionais identificados nessa atividade de fiscalização. Para atingir o objetivo final foi necessário identificar todos os riscos ocupacionais existentes e categorizar àqueles com mais impacto na atividade. Foram aplicados os seguintes procedimentos metodológicos: uma pesquisa bibliográfica, qualitativa, de natureza aplicada, exploratória e estudo de caso. A coleta de dados com os participantes da pesquisa foi feita por meio de entrevistas semiestruturadas. Todos os servidores que realizavam a atividade de fiscalização de obras em todo âmbito do IFAM foram convidados a participar da pesquisa. Antes de ser executado, o projeto de pesquisa foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa, por meio da Plataforma Brasil, obtendo parecer favorável ao seu desenvolvimento. Dentre os resultados que foram encontrados na coleta de dados com os entrevistados, destacam-se os dois principais riscos ocupacionais a que eles estão expostos, quais sejam: estresse mental e postura sentada incorreta. Já nos resultados da pesquisa bibliográfica foram identificadas diversas aplicações das tecnologias realidade virtual, inteligência artificial e internet das coisas que são destinadas para o monitoramento ou tratamento desses riscos ocupacionais. A partir destes resultados foi desenvolvido o produto final do projeto, isto é, o guia estratégico de aplicações das tecnologias da Indústria 4.0 para riscos ocupacionais. Este guia foi validado por meio de uma reunião em grupo focal.

Palavras-chave: Indústria 4.0, Fiscalização, Obras Públicas, Segurança do trabalho, Risco ocupacional.

ABSTRACT

This dissertation sought to investigate the application of Industry 4.0 technologies, specifically those related to virtual reality, artificial intelligence and the internet of things, which are intended for occupational safety, in order to apply them in the public works inspection activity of the Federal Institute of Education, Science and Technology of Amazonas - IFAM. As a final objective was developed and proposed an application guide of these technologies in order to serve as strategic guidelines for the mitigation of the main occupational risks identified in this inspection activity. To achieve the final objective it was necessary to identify all the existing occupational risks and categorize those with the greatest impact on the activity. The following methodological procedures were applied: a bibliographic, qualitative, applied, exploratory, and case study research. The data collection with the research participants was done through semi-structured interviews. All the employees that performed construction supervision activities in the IFAM were invited to participate in the research. Before being executed, the research project was submitted to the Research Ethics Committee, through the Plataforma Brasil, obtaining a

favorable opinion for its development. Among the results that were found in the data collection with the interviewees, the two main occupational risks to which they are exposed stand out, which are: mental stress and incorrect sitting posture. The results of the bibliographical research identified several applications of virtual reality, artificial intelligence, and the Internet of Things technologies that are intended for monitoring or treating these occupational risks. From these results, the final product of the project was developed, that is, the strategic guide of applications of Industry 4.0 technologies for occupational risks. This guide was validated through a focus group meeting.

Keywords: Industry 4.0, Inspection, Public Works, Labor Safety, Occupational Risk.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ilustração dos temas da pesquisa	13
Figura 2: Trajetória do IFAM.....	14
Figura 3: Mapeamento dos <i>campi</i> do IFAM	15
Figura 4: Resumo das principais informações da pesquisa bibliográfica	21
Figura 5: Mapa de ocorrências das palavras-chave	22
Figura 6: Estratificação das palavras com mais ocorrências	23
Figura 7: Resumo das principais informações da pesquisa bibliográfica	24
Figura 8: Mapa das palavras-chave com mais ocorrências	24
Figura 9: Estratificação das palavras com mais ocorrências	25
Figura 10: Fluxo para elaboração do referencial teórico.....	26
Figura 11: Etapas de execução indireta de uma obra pública.....	28
Figura 12: Postura sentada correta.....	36
Figura 13: As quatro fases da Revolução Industrial	37
Figura 14: Resumo da metodologia da pesquisa	51
Figura 15: Guia de aplicações.....	72
Figura 16: Resumo dos objetivos alcançados.....	75

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Tecnologias da Indústria 4.0 e sua descrição	39
Quadro 2: Aplicações das tecnologias da Indústria 4.0	42
Quadro 3: Roteiro de Entrevista	54
Quadro 4: Resumo dos resultados da entrevista piloto	57
Quadro 5: Resumo dos participantes das entrevistas	59
Quadro 6: Tecnologias da Indústria 4.0 aplicadas ao estresse ocupacional	66
Quadro 7: Tecnologias da Indústria 4.0 aplicadas à postura sentada.....	68

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Cargo dos participantes	61
Gráfico 2: Experiência com fiscalização de obras no IFAM.....	61
Gráfico 3: Tipos de obras executadas no IFAM.....	62
Gráfico 4: Riscos ocupacionais identificados.....	63
Gráfico 5: Nível de conhecimento sobre I4.0.....	65

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES

CEP – Comitê de Ética em Pesquisa.

CGE-PB – Controladoria Geral do Estado da Paraíba.

CGE-PI – Controladoria Geral do Estado do Piauí.

CGU – Controladoria Geral da União.

CMC – *Campus* Manaus Centro.

CMDI – *Campus* Manaus Distrito Industrial.

CMZL – *Campus* Manaus Zona Leste.

CNS - Conselho Nacional de Saúde.

CONEP – Comissão Nacional de Ética em Pesquisa.

DINFRA – Departamento de Infraestrutura.

EEG – Eletroencefalografia.

GSR – Reação Galvânica da Pele.

I4.0 – Indústria 4.0.

IA – Inteligência Artificial.

IFAM – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas.

IoT – Internet das Coisas.

RVI – Realidade Virtual Imersiva.

MAS – *Motion Analysis System*.

NFC – *Near Field Communication*.

NR – Norma Regulamentadora.

PDI – Plano de Desenvolvimento Institucional.

PPG – Fotopletismografia.

RA – Realidade Aumentada.

SEAP – Secretaria de Estado da Administração e Patrimônio.

SGC – São Gabriel da Cachoeira.

TCLE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

TCU – Tribunal de Contas da União.

TI – Tecnologia da Informação.

UEP – Unidade de Educação Produtiva.

UFRRJ – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1 Problema de Pesquisa	12
1.2 Apresentação do Cenário da Pesquisa	13
1.2.1 Escolha do IFAM como cenário	17
1.3 Objetivo Final	17
1.4 Objetivos Intermediários	17
1.5 Delimitações da Pesquisa	18
1.6 Justificativa da Pesquisa	18
2. REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1 Bibliometria	19
2.2 Pesquisa Bibliográfica	25
2.2.1 Fiscalização de obras públicas	26
2.2.2 Segurança do trabalho e os riscos ocupacionais	30
2.2.3 Risco ocupacional: estresse mental	32
2.2.4 Risco ocupacional: postura sentada.....	34
2.2.5 Indústria 4.0	36
2.2.6 Tecnologia: realidade virtual	44
2.2.7 Tecnologia: inteligência artificial.....	46
2.2.8 Tecnologia: internet das coisas	48
3. METODOLOGIA	51
3.1 Classificação da Pesquisa	51
3.2 Pesquisa Bibliográfica	52
3.3 Submissão do Projeto ao Comitê de Ética em Pesquisa	52
3.4 Técnica para Coleta de Dados.....	53
3.5 Entrevista Piloto	56
4. RESULTADOS	59
4.1 Resultados das Entrevistas.....	59
4.2 Resultados da Pesquisa Bibliográfica.....	65
4.2.1 Aplicações das tecnologias para o estresse mental.....	65
4.2.2 Aplicações das tecnologias para a postura sentada	68
5. GUIA PROPOSTO NO ESTUDO	72
5.1 Validação do Guia.....	73
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	75
REFERÊNCIAS	76
APÊNDICES	89
Apêndice A – Modelo de TCLE	89
Apêndice B – Relatório Técnico sobre a validação do Guia proposto	92
Apêndice C – Resumo Expandido	97
ANEXOS	99
Anexo I – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa	99

1 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. As revoluções industriais transformam o sistema econômico via mudanças qualitativas, mas estas novas tecnologias sustentam o desenvolvimento econômico e social por certo período, até que sejam superadas ou substituídas por outras, mais novas e mais eficientes (LIMA e GOMES, 2020).

De acordo com Freire *et al.* (2022), estamos na Era chamada de quarta revolução industrial em que se vislumbra um aumento na produtividade por conta do desenvolvimento da inteligência artificial, da Internet das coisas e da big data, o que permite uma gestão mais eficaz da força de trabalho. Espera-se que a quarta revolução industrial use e combine hardware, software e conectividade para coletar e analisar grandes quantidades de dados com interações ativas entre tecnologias.

A quarta revolução industrial, também chamada de Indústria 4.0, envolve tecnologias físicas, digitais e biológicas, onde todas são interligadas por uma base chamada de tecnologias digital (LIMA e GOMES, 2020). Com o surgimento da Indústria 4.0 existem grandes oportunidades para integrar e conectar empresas e seus respectivos recursos para aumentar o desempenho em termos de tempo, dinheiro e uso de recursos (MARTINS, SIMON e CAMPOS, 2020).

Seguindo a linha de pensamento evolutivo do cenário tecnológico, o presente trabalho procurou aplicações de sistemas integrados de informações, como as tecnologias da Indústria 4.0, que podem ser destinadas à segurança do trabalhador que executa uma determinada atividade. Assim sendo, destacam-se três temas principais neste estudo: a Indústria 4.0, os riscos ocupacionais e a atividade de fiscalização de obras realizadas por servidores públicos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM).

A fiscalização de obras é uma das atividades realizadas por alguns servidores do IFAM. Fiscalizar uma obra significa verificar o cumprimento das disposições contratuais, técnicas e administrativas em todos os seus aspectos. O contratante manterá um profissional habilitado, ou uma equipe de fiscalização, para acompanhamento e controle dos serviços relacionados com o

tipo de obra que está sendo executada (TCU, 2014). O ambiente de trabalho de fiscalização no setor da construção pode representar riscos para a saúde e segurança dos trabalhadores (MARHAVILAS e VROUNTAS, 2018).

Já o risco ocupacional significa a possibilidade de um trabalhador sofrer acidente ou doença no trabalho durante o exercício de atividade laboral, bem como a combinação da probabilidade de ocorrer lesão ou agravo à saúde causados por um evento perigoso, além da severidade dessa lesão ou agravo à saúde (HEREDIA *et al.*, 2006 e MINISTÉRIO DO TRABALHO E PREVIDÊNCIA, 2021).

A Indústria 4.0 se caracteriza pelo uso de tecnologias digitais, como a inteligência artificial, *big data*, *machine learning* e internet das coisas (IoT). Ela representa uma nova forma de organizar e otimizar o trabalho inserido nesse novo ciclo de revolução industrial (PAULA e PAES, 2021).

A internet das coisas é uma das principais bases da Indústria 4.0 por permitir a interação entre objetos, sistemas, plataformas e aplicativos, fazendo-os trabalhar em conjunto com objetivos em comum (LIMA e GOMES, 2020). A tendência é que as tecnologias da Indústria 4.0 cruzarão todos os setores econômicos e permitirão que os processos melhorem em modularidade, realização de serviços, capacidade de tomada de decisão, descentralização, virtualização e interoperabilidade (GATICA-NEIRA, 2021). Ela poderá interagir com diversos segmentos e com implicações para todos os setores da sociedade, como saúde, comunicação, energia, produção, agricultura, educação e meio ambiente (CAVATA, MASSOTE e MAIA, 2020).

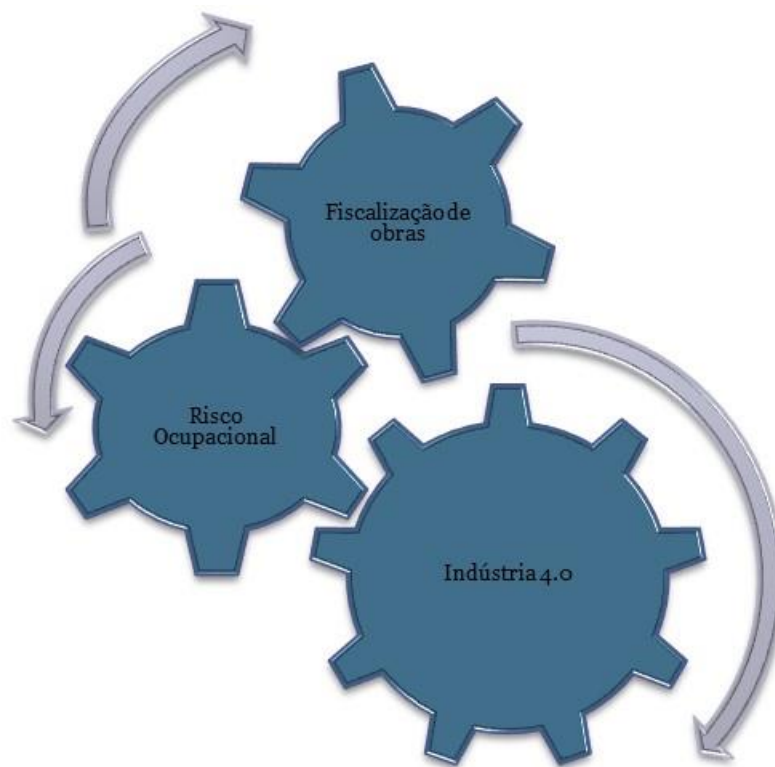
De acordo com Papetti *et al* (2020), a Indústria 4.0 deve se preocupar não apenas com máquinas e equipamentos, mas também com seres humanos, possibilitando a criação de um ambiente de trabalho mais adequado, seguro e sustentável. As melhores práticas de prevenção de riscos, com foco no ser humano, precisaram ser definidas e implementadas para resolver os pontos críticos existentes de uma perspectiva ergonômica e para aumentar o bem-estar dos trabalhadores (PAPETTI *et al.*, 2020). Pensando nisso, uma das perguntas que permeiam este trabalho é: este novo conceito tecnológico da Indústria 4.0 poderia ser aplicado às diversas atividades nos órgãos públicos?

Por meio da abordagem qualitativa, natureza aplicada e exploratória, esta pesquisa buscou estabelecer a relação existente entre os riscos ocupacionais oriundos da atividade de fiscalização de obras a fim de buscar soluções de diminuição desses riscos através do uso de tecnologias da Indústria 4.0.

1.1 Problema de Pesquisa

A Figura 1 ilustra a correlação existente entre os temas principais desta pesquisa. Acredita-se que a realização da atividade de fiscalização de obras pode gerar riscos ocupacionais ao servidor que a realiza, mas que a Indústria 4.0 pode contribuir na mitigação deles. Inclusive, já houve relatos, por partes de alguns servidores que realizam esta atividade, a respeito de exposição a determinados riscos ocupacionais, como por exemplo: trabalho em altura, exposição à radiação solar, postura inadequada em trabalhos no escritório, riscos de acidentes, dentre outros.

Figura 1: Ilustração dos temas da pesquisa.



Fonte: Elaboração própria (2023).

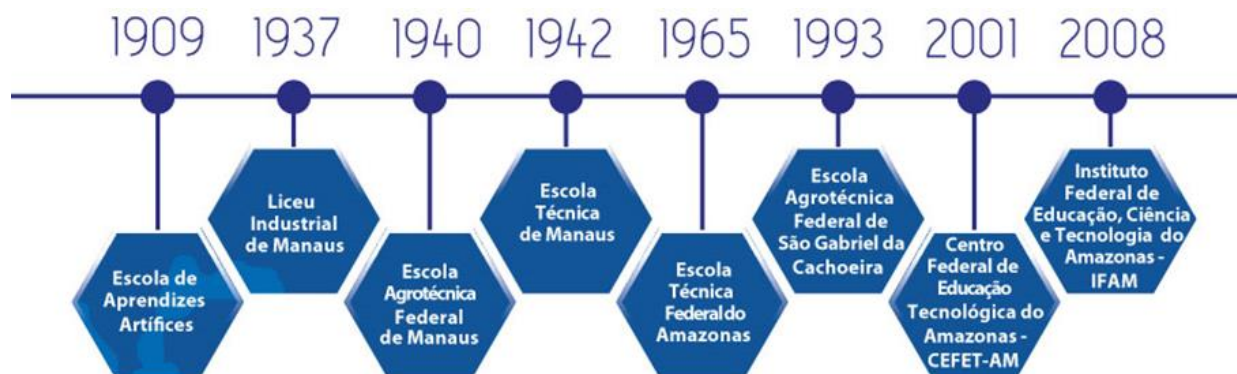
Assim sendo, procurou-se investigar neste trabalho os principais riscos ocupacionais existentes na atividade de fiscalização de obras no IFAM, e buscou-se por tecnologias da Indústria 4.0 que possam ser destinadas para a mitigação desses riscos. Dessa forma, coloca-se a questão de pesquisa que orientou a busca de solução para o problema proposto: Quais tecnologias da Indústria 4.0 podem contribuir para a mitigação dos principais riscos ocupacionais existentes na atividade de fiscalização de obras do IFAM?

1.2 Apresentação do Cenário da Pesquisa

Este estudo foi desenvolvido no âmbito do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM), uma autarquia federal instituída por meio da Lei nº 11.892, de 29 de dezembro de 2008 (PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA, 2008).

A criação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia pelo Governo Federal com base na Rede Federal de Ensino Técnico foi um movimento revolucionário para o país. Os institutos apresentam uma proposta inédita de expansão da educação técnica e tecnológica ao promover a educação nos níveis básico, técnico e tecnológico, incluindo cursos de formação e qualificação de trabalhadores, cursos de graduação e pós-graduação *lato e stricto sensu* (IFAM, 2022). A trajetória da Instituição no Amazonas remonta ao início do século XX, como pode ser visto na Figura 2.

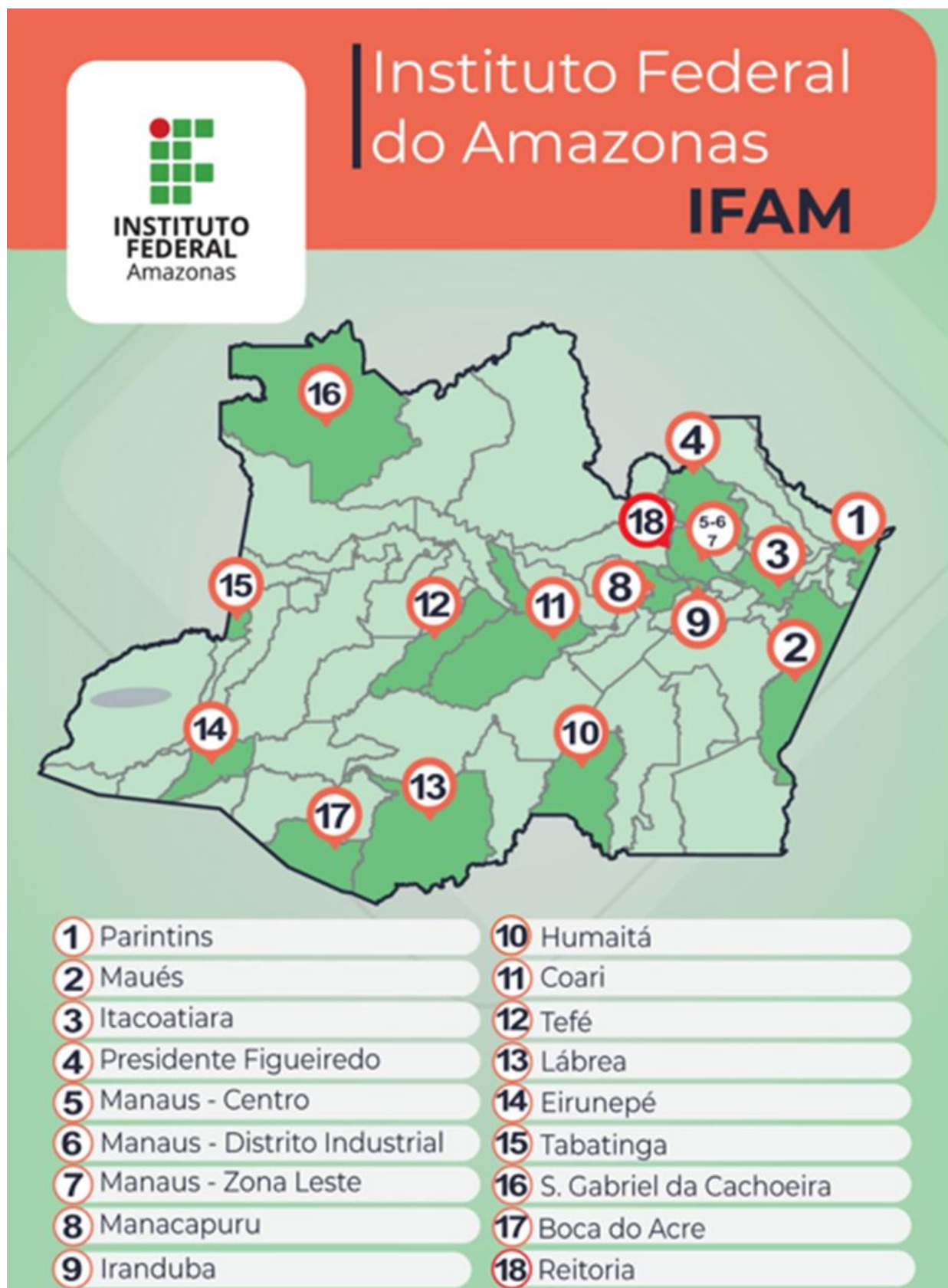
Figura 2: Trajetória do IFAM



Fonte: (IFAM, 2023)

O IFAM está composto por 18 unidades, sendo a Reitoria e mais dezessete *campi* educacionais, três deles em Manaus – capital do Amazonas – e quatorze no interior do estado (IFAM, 2021). Na Figura 3, observar-se onde estão localizados todos os 18 *campi* dentro do estado do Amazonas.

Figura 3: Mapeamento dos *campi* do IFAM



Fonte: (IFAM, 2022, p. 19)

O IFAM, por meio do ensino, pesquisa, extensão e inovação tecnológica, tem a missão de promover uma educação de excelência e está comprometido com o desenvolvimento social,

científico e tecnológico do País, considerando valores como, ética, integridade, acessibilidade, valorização das pessoas, sustentabilidade, dentre outros (IFAM, 2021).

Os *campi* do IFAM ofertam cursos nas seguintes áreas: (I) Educação profissional técnica de nível médio (integrado, concomitante, subsequente e Programa Nacional de Integração da Educação Profissional com a Educação Básica na Modalidade de Jovens e Adultos); (II) Educação superior (cursos superiores de tecnologia, cursos de licenciatura, cursos de bacharelado em engenharias e medicina veterinária, cursos de pós-graduação *lato sensu* e *stricto sensu*); (III) Cursos de extensão e formação inicial e continuada de trabalhadores. Tendo como diferencial entre os outros Institutos um forte trabalho em áreas indígenas e regiões de fronteira, tornando ainda mais desafiador o cumprimento de sua missão (IFAM, 2022).

De acordo com o relatório de gestão IFAM 2021, o quadro de pessoal efetivo permanente do IFAM é composto por 882 (oitocentos e oitenta e dois) servidores do plano de carreira dos cargos técnico administrativos em educação e 962 (novecentos e sessenta e dois) professores do ensino básico, técnico e tecnológico, somando um total de 1844 (mil e oitocentos e quarenta e quatro) servidores.

O cenário para a presente pesquisa foi relacionado às obras realizadas em todo âmbito do IFAM. Na estrutura organizacional da Reitoria, existe o Departamento de Infraestrutura (DINFRA), por meio do qual, dentre outras atividades, está a coordenação de fiscalização das obras públicas que são executadas em todo o Instituto. A DINFRA fiscaliza as obras que são realizadas na Reitoria e nos *campi* do interior do estado que não possuem mão-de-obra qualificada para realização desta atividade. Nos 3 *campi* da capital amazonense as fiscalizações são realizadas por profissionais habilitados do próprio *campus*.

Em suma, foi investigado a atividade de fiscalização das obras que foram realizadas em todo âmbito do IFAM até o mês de agosto de 2022. Até este período, quinze servidores, considerando todas as 18 unidades do IFAM, estavam responsáveis por esta atividade, sendo sete servidores da Reitoria, dois do *campus* Manaus Centro, dois do *campus* Manaus Zona Leste, um do *campus* Manaus Distrito Industrial, um do *campus* São Gabriel da Cachoeira, um do *campus* Coari e um do *campus* Parintins. Mais informações sobre a coleta de dados com estes servidores serão detalhadas no capítulo de Metodologia e Resultados.

Alguns exemplos de tipos de obras já realizadas no IFAM foram: a construção de salas, muros, ginásios, cozinhas e até *campus* completo, dentre outras. A fiscalização destas obras abrange atividades burocráticas e técnicas que vão desde o escritório de engenharia, análises de documentos e projetos até o local onde elas estejam sendo realizadas (canteiro de obras), isto é, verificações técnicas relevantes com os requisitos do projeto.

1.2.1 Escolha do IFAM como cenário

A escolha do IFAM como cenário desta pesquisa se justificou pelos seguintes motivos:

- (i) A Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, instituição que está promovendo o mestrado, incentiva seus alunos a buscar projetos que possam ser aplicados em sua instituição de trabalho, neste caso o IFAM;
- (ii) O mestrado está sendo financiado pelo IFAM, através de um convênio com a Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), então nada mais justo retribuir por esse financiamento, por meio de alguma aplicação direta dos resultados da pesquisa que visem melhorias no ambiente de trabalho ou na qualidade de vida de seus servidores;
- (iii) O pesquisador é servidor do IFAM, então o conhecimento que ele possui deste ambiente de trabalho pode contribuir de forma significativa para as investigações do projeto;

1.3 Objetivo Final

Visando buscar solução para o problema de pesquisa, foi proposto o seguinte objetivo final: Propor um guia de aplicações das tecnologias da Indústria 4.0 que são destinadas à mitigação dos riscos ocupacionais mais impactantes na atividade de fiscalização de obras do IFAM.

1.4. Objetivos Intermediários

Para atingimento do objetivo final, foram propostos os seguintes objetivos intermediários:

- a) Levantar os tipos de riscos ocupacionais existentes na atividade de fiscalização de obras do IFAM;
- b) Levantar as tecnologias da Indústria 4.0 aplicáveis na avaliação e mitigação de riscos ocupacionais;
- c) Identificar os riscos ocupacionais mais impactantes existentes na atividade de fiscalização de obras;
- d) Identificar as principais tecnologias da Indústria 4.0 aplicáveis aos riscos ocupacionais identificados no item anterior.
- e) Validar o guia de aplicações.

1.5 Delimitações da Pesquisa

Inicialmente, pode-se observar que as aplicações das tecnologias da Indústria 4.0 são mais voltadas para processos produtivos, de acordo com Paula e Paes (2021). Porém, pretende-se investigar aplicações destinadas para a segurança do trabalho, isto é, aquelas que possam ser usadas na mitigação de riscos ocupacionais existentes na atividade de fiscalização de obras.

Embora existam outras atividades desenvolvidas no âmbito do IFAM, esta pesquisa se restringe às atividades de fiscalização de obras que são desenvolvidas pelos servidores pertencentes ao departamento de engenharia no âmbito do IFAM.

Em relação a delimitação temporal, as entrevistas com os sujeitos envolvidos na pesquisa foram realizadas nos meses de julho e agosto de 2022.

1.6 Justificativa da Pesquisa

O projeto se justifica pelas seguintes razões:

- a) Ampliação do conhecimento da área acadêmica sobre aplicações das tecnologias da Indústria 4.0 destinadas a riscos ocupacionais, em especial para riscos existentes na atividade de fiscalização de obras públicas, haja vista que, durante pesquisa bibliográfica, percebeu-se mais disponibilidade de publicações voltadas para a área de manufatura;
- b) Ampliação da capacidade do IFAM na resolução de problemas de segurança do trabalho por meio do uso de novas tecnologias, em especial tecnologias da Indústria 4.0, possibilitando melhorias nos processos de trabalhos, especificamente ao processo de fiscalização de obras públicas;
- c) Possibilidade de mais segurança e qualidade de vida para o servidor que executa a atividade de fiscalização de obras, pois serão identificados os riscos ocupacionais a que eles estão expostos, juntamente com opções de usos tecnológicos que poderão diminuir ou eliminar tais exposições;
- d) Incentivo ao IFAM para reavaliar as metodologias de controle e prevenção de acidentes, possibilitando uma oportunidade de gestão mais efetiva, segura e prevencionista quanto à saúde e segurança do seu servidor.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O levantamento da literatura constou de uma pesquisa bibliométrica (item 2.1) e pesquisa bibliográfica (item 2.2), sendo elas complementares. A bibliometria ajudou na definição dos subtemas da Indústria 4.0 que seriam mais efetivos para a busca de solução ao problema da pesquisa. Já a pesquisa bibliográfica contribuiu para o levantamento de documentos, tanto dos subtemas identificados na bibliometria, como dos demais temas da pesquisa, isto é, fiscalização de obras e riscos ocupacionais.

2.1 Bibliometria

A Bibliometria quantifica estudos científicos, por meio de busca em periódicos, com o objetivo de coletar, avaliar e analisar esses estudos. Um estudo bibliométrico ajuda a limitar áreas, ou estabelecer fronteiras de interesse acadêmico sobre um determinado tema de pesquisa (FONSECA, MATITZ e CHAERKI, 2022). Os estudos bibliométricos se baseiam em técnicas de visualização por meio do uso softwares com grande capacidade de operacionalização, que suportam o mapeamento bibliométrico por intermédio de recursos matemáticos e estatísticos, de modo a compreender melhor as redes de informação presentes no campo científico investigado (CUENCA, TOMEI e MELLO, 2022).

De acordo com Melo, Trinca e Maricato (2021), o estudo bibliométrico vem da classe conhecida como Estudos Métricos da Informação que é resultante dos esforços da ciência da informação em articulação com outras disciplinas direcionado aos estudos quantitativos da ciência e análise da produção do conhecimento científico. A bibliometria permite realizar comparações, tendo em vista o número de citações rastreadas para classificar periódicos eletrônicos por área de atuação com base em cálculos que envolvem o número das citações dos artigos em um determinado período de tempo (SALES e VIANA, 2022).

Dessa forma, percebeu-se a necessidade de realização de um estudo bibliométrico a fim de verificar quais tecnologias da Indústria 4.0 são mais aplicáveis a riscos ocupacionais, pois, conforme Monteiro (2020), há uma grande variedade de tecnologias que fazem parte deste novo princípio de revolução industrial. É importante também citar que a partir dos resultados obtidos por meio das entrevistas que foram realizadas com os participantes da pesquisa (isso será discutido detalhadamente em capítulos posteriores), identificou-se que os dois principais riscos ocupacionais relatados pelos servidores que realizam a atividade de fiscalização de obras são: estresse mental e postura sentada incorreta.

Assim, optou-se por fazer um estudo bibliométrico para se investigar quais tecnologias da Indústria 4.0 tem mais aplicações destinadas para os riscos ocupacionais estresse mental e postura sentada inadequada. Posteriormente, na discussão dos resultados, serão apresentados todos os demais riscos ocupacionais identificados na atividade de fiscalização de obras do IFAM.

Para apoio nos levantamentos e mapeamentos dos dados, foram usados os recursos dos *softwares VoSviewer*, conforme (VAN ECK e WALTMAN, 2022); e da ferramenta *BIBLIOMETRIX*, conforme (ARIA e CUCCURULLO 2017).

O *VoSviewer* é uma ferramenta de software onde podem ser criados, visualizados e explorados mapas com base em dados de rede. Essa ferramenta foi desenvolvida na linguagem de programação Java e pode ser baixado em www.vosviewer.com e pode ser usado livremente para qualquer finalidade. Para aplicação desta ferramenta neste estudo bibliométrico e para navegação nos recursos do sistema foi usada a versão 1.6.18 do manual disponível no site (VAN ECK e WALTMAN, 2022).

Já a ferramenta *Bibliometrix* possibilita acesso a algoritmos estatísticos substanciais e eficazes, acesso a rotinas numéricas de alta qualidade e ferramentas de visualização de dados integrados. Esta ferramenta possibilita a criação de redes para análises bibliográficas de acoplamento, cocitação, colaboração e coocorrência, dentre outras. O *Bibliometrix* é uma ferramenta de código aberto para a execução de uma abrangente análise de mapeamento científico da literatura científica (ARIA e CUCCURULLO, 2017).

Para este estudo bibliométrico, definiu-se inicialmente as seguintes palavras-chave em relação às tecnologias da Indústria 4.0: impressão 3D, realidade virtual, realidade aumentada, realidade mista, gêmeo digital, internet das coisas, sistemas ciberfísicos, inteligência artificial, roupas vestíveis, *big data* e *drones* (USTUNDAG, CEVIKAN, 2018 e MONTERO, 2020). Foi usada a base de busca *Scopus* para procura por documentos pertinentes ao assunto proposto. As buscas foram realizadas entre os dias 14 a 16 de novembro de 2022. Foram filtrados documentos publicados nos últimos 5 anos, ou seja, de 2018 a 2022, sendo a busca realizada em duas etapas.

Na primeira etapa, foram usadas as palavras-chave: ((“*virtual reality*”) OR (“*augmented reality*”) OR “*mixed reality*” OR “*digital twin*” OR “*internet of things*” OR “*cyberphysical systems*” OR “*artificial intelligence*” OR “*big data*” OR *drones* OR “*blockchain*” OR “*exoesqueletos*” OR “*wearable devices*”)) AND (“*mental stress*”).

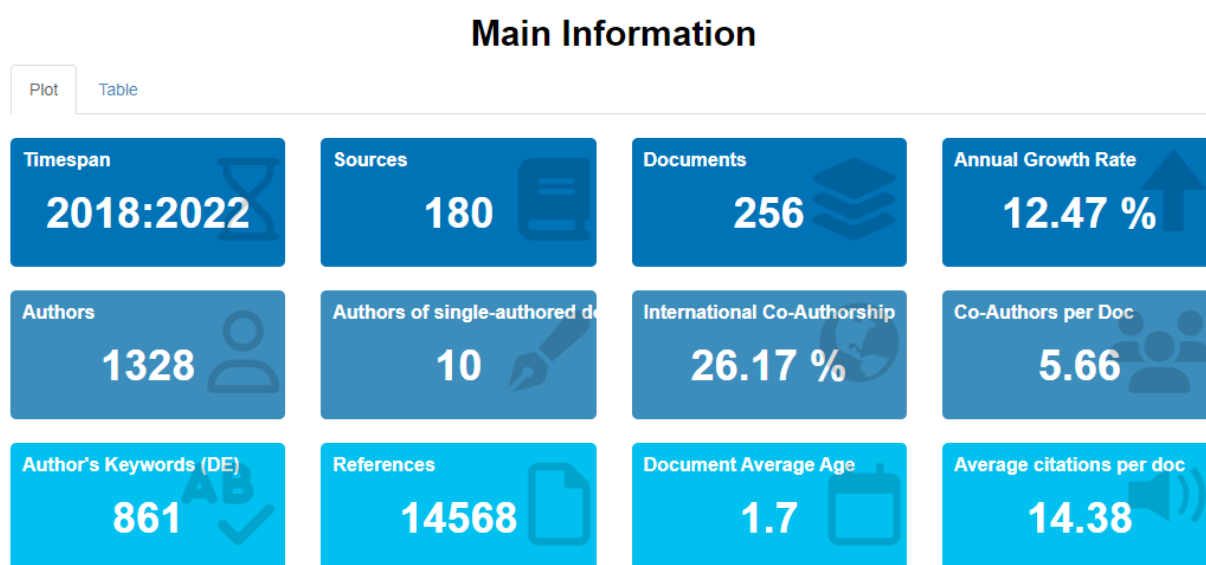
Na segunda etapa, trocou-se a palavra-chave *mental stress* por *sitting posture*, ou seja: ((“*virtual reality*”) OR (“*augmented reality*”) OR “*mixed reality*” OR “*digital twin*” OR “*internet of things*” OR “*cyberphysical systems*” OR “*artificial intelligence*” OR “*big data*”

OR drones OR “blockchain” OR “exoesqueletos” OR “wearable devices”)) AND (“sitting posture”).

Por meio do uso das ferramentas *Biblioshiny* e *VoSviewer*, juntamente com os dados importados da base de busca *Scopus*, foram obtidas as informações a seguir.

Na primeira busca (primeira etapa), conforme resumo apresentado na Figura 4, foram encontrados 256 documentos oriundos de 180 fontes de publicações como *Journals* e *Books*. Como já referido anteriormente, todas as publicações são dos anos de 2018 a 2022, e publicadas por 1328 autores diferentes. A média de citação é de 14,38 por documento, e com mais de 14.500 referências bibliográficas.

Figura 4: Resumo das principais informações da pesquisa bibliográfica

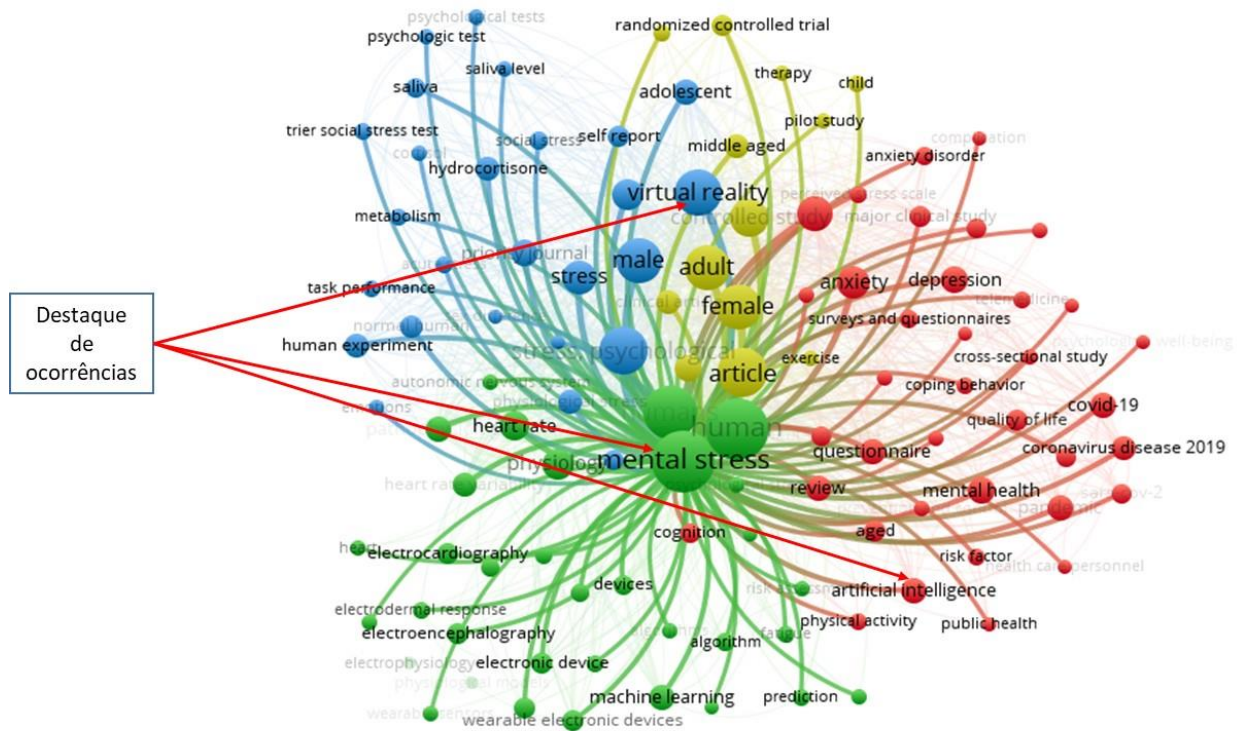


Fonte: Elaboração própria (2023), com base em Aria e Cuccurullo (2017).

Como cada palavra-chave inserida na busca se refere a um tipo de tecnologia, uma das informações mais relevantes para este estudo bibliométrico foi em relação às ocorrências obtidas das palavras-chave relacionadas às tecnologias da Indústria 4.0. Ou seja, quanto mais ocorrências, mais possibilidades de aplicações da referida tecnologia.

Na Figura 5, observa-se um mapa das palavras-chave com maior número de ocorrências nos documentos. Quanto maior a esfera, mais ocorrências. Então, não podia ser diferente, a palavra-chave “*mental stress*” possui mais ocorrências, já que ela foi relacionada com todas as tecnologias. Porém, percebe-se que, dentre as tecnologias da Indústria 4.0, as que mais se relacionaram com estresse mental foram: realidade virtual e inteligência artificial.

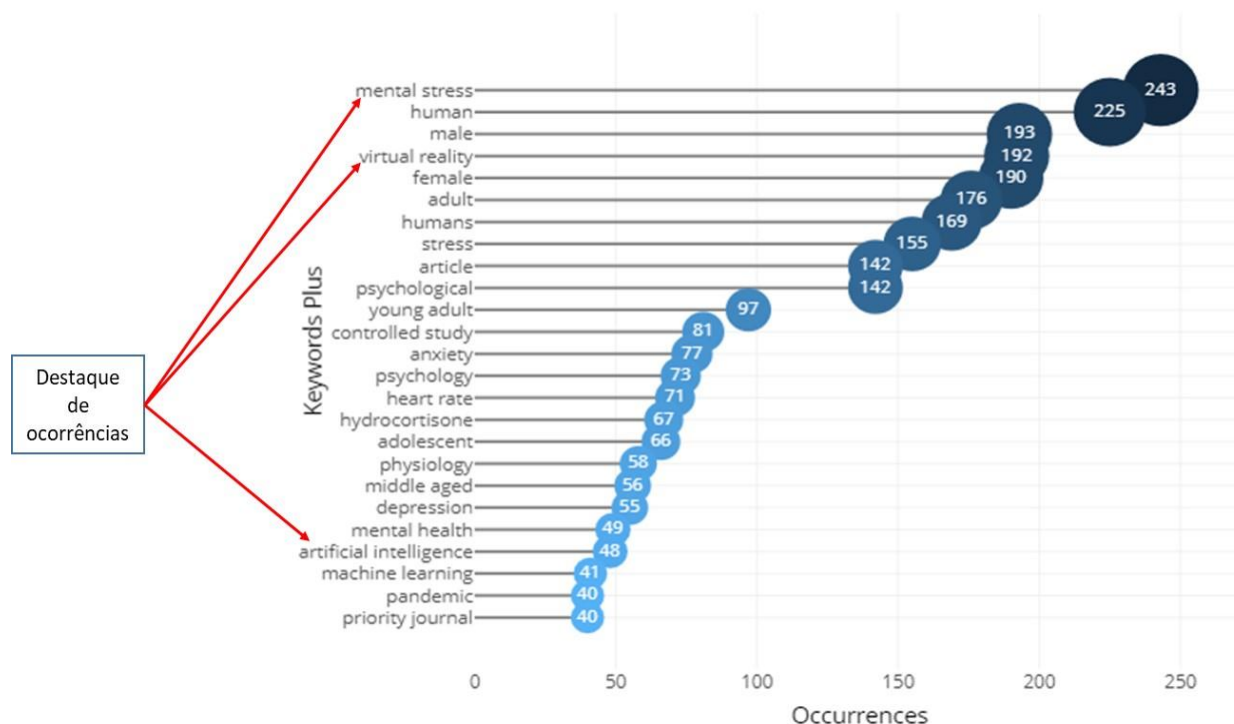
Figura 5: Mapa de ocorrências das palavras-chave.



Fonte: Elaboração própria (2023), com base em Van eck e Waltman (2022).

Na Figura 6, tem-se em resumo com as 25 palavras com mais ocorrências nos 256 documentos. O sistema gera em torno de 3030 *Keywords Plus*, que é uma combinação de derivações geradas a partir das palavras-chave originais (representam palavras-chave relevantes com o assunto). Por exemplo, a palavra *machine learning* (ocorrida 41 vezes), apesar de não ter sido inserida como palavra chave na base de busca, aparece entre estas 25 palavras mais citadas, pois faz parte de um tipo de inteligência artificial. Portanto, na Figura 5, observou-se que a palavra estresse mental ocorreu 243 vezes, realidade virtual 192 vezes e inteligência artificial 48 vezes.

Figura 6: Estratificação das palavras com mais ocorrências.

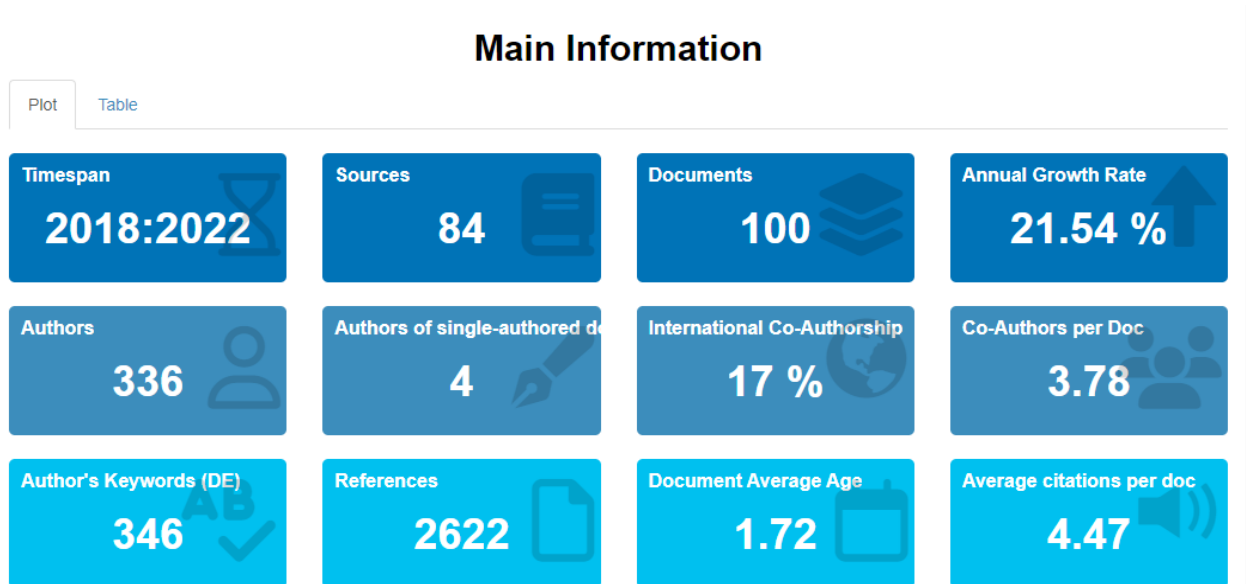


Fonte: Elaboração própria (2023), com base em Aria e Cuccurullo (2017)

Dessa parte do estudo, concluiu-se que as duas tecnologias da Indústria 4.0 com mais relevância, ou com mais aplicações voltadas para o assunto estresse mental, são: realidade virtual e inteligência artificial. A seguir, fez-se uma nova pesquisa, mas agora substituindo a palavra-chave *mental stress* por *sitting posture*, isto é, foram inseridas como palavras-chave todas as tecnologias da Indústria 4.0 usadas anteriormente, porém agora buscando relação delas com o risco ocupacional “postura sentada”. Foram encontrados 100 documentos, publicados por 84 fontes distintas, no período de 2018 a 2022, por 336 autores e com uma média de 4,47 citações por documentos. Um resumo das principais informações está na Figura 7.

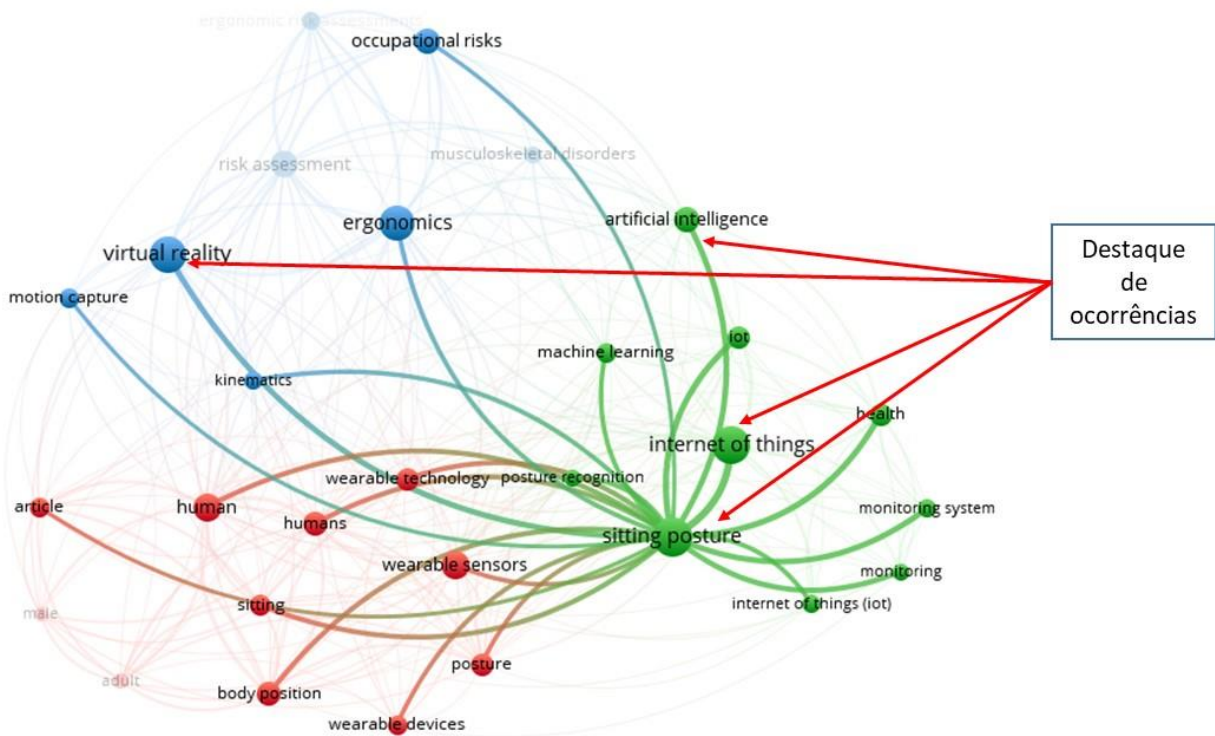
Na Figura 8, tem-se o mapa das palavras com mais ocorrências nos 100 documentos. Observa-se que além do destaque para a palavra postura sentada (*sitting posture*), destaca-se também as tecnologias internet das coisas (*internet of things*), realidade virtual (*virtual reality*) e inteligência artificial (*artificial intelligence*).

Figura 7: Resumo das principais informações da pesquisa bibliográfica.



Fonte: Elaboração própria (2023), com base em Aria e Cuccurullo (2017)

Figura 8: Mapa das palavras-chave com mais ocorrências.

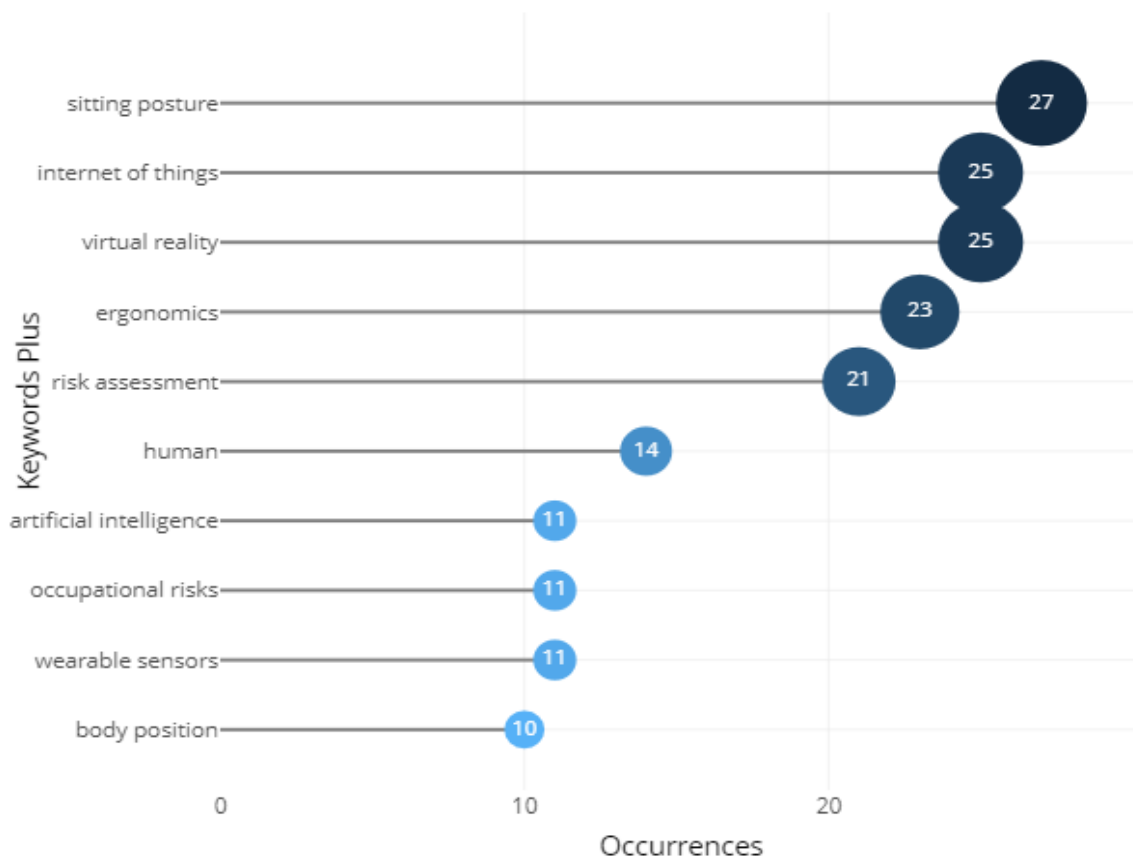


Fonte: Elaboração própria (2023), com base em Van eck e Waltman (2022)

O sistema detectou em torno de 800 *Keywords Plus*, palavras originadas e combinadas das palavras-chave principais, e que estão relacionadas com o assunto inserido na base de busca. Na

Figura 9 são apresentadas as 10 palavras com maior número de ocorrências nos 100 documentos obtidos. Neste caso, as duas tecnologias da Indústria 4.0 com mais relevância são: internet das coisas (25 vezes) e realidade virtual (25 vezes).

Figura 9: Estratificação das palavras com mais ocorrências.



Fonte: Elaboração própria (2023), com base em Aria e Cuccurullo (2017)

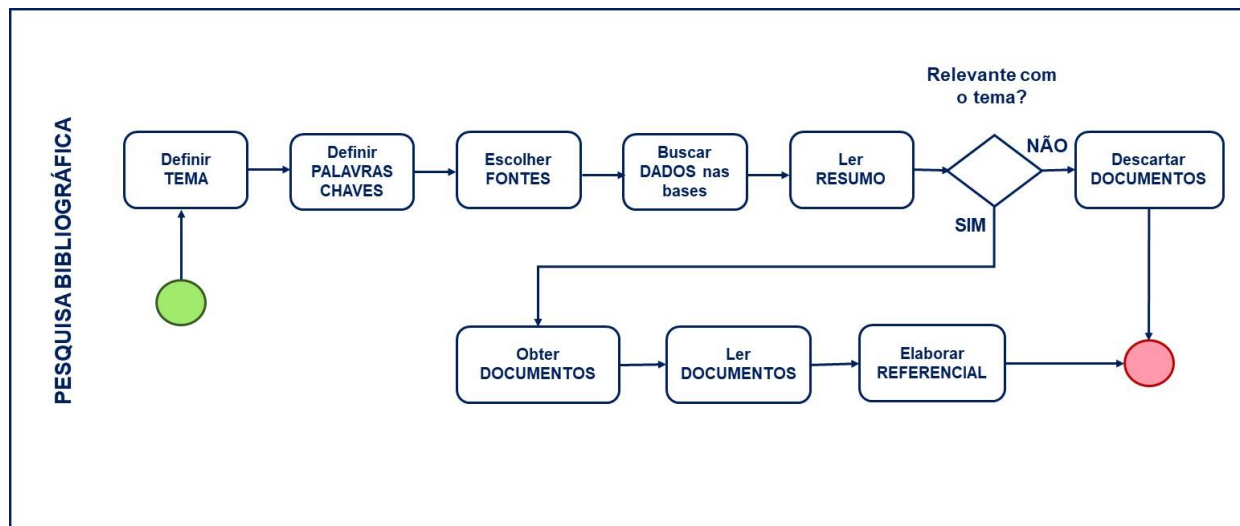
A partir destas análises, pode-se considerar que, dentre as principais tecnologias da Indústria 4.0, aquelas com mais possibilidades de aplicações voltadas para os riscos ocupacionais estresse mental e postura sentada são: realidade virtual, inteligência artificial e internet das coisas. Acredita-se que com estas tecnologias pode-se encontrar mais soluções voltadas para a diminuição destes riscos ocupacionais, e melhorar a segurança e qualidade de vida dos servidores que realizam a atividade de fiscalização de obras no IFAM.

2.2 Pesquisa Bibliográfica

A pesquisa bibliográfica possibilita acesso à vastas informações de materiais já publicados (GIL, 2017). Por meio deste procedimento foi possível aprofundar conhecimento

sobre os temas e subtemas da pesquisa. Assim, neste tópico foi percorrido sobre: fiscalização de obras, segurança do trabalho, risco ocupacional estresse mental, risco ocupacional postura sentada, Indústria 4.0, realidade virtual, inteligência artificial e internet das coisas.

Figura 10: Fluxo para elaboração do referencial teórico.



Fonte: Elaboração própria (2022), com base em Gil (2017).

No capítulo 3, sobre metodologia, serão mostradas mais informações sobre a pesquisa bibliográfica, contudo na Figura 10, tem-se o fluxo que foi utilizado como apoio na elaboração deste referencial teórico. Inicialmente foram lidos apenas os resumos dos documentos levantados nas bases de busca, mas foram selecionados para leitura completa àqueles documentos relevantes com os temas da pesquisa.

2.2.1 Fiscalização de obras públicas

De acordo com o Tribunal de Contas da União (2014), obra pública é considerada toda construção, reforma, fabricação, recuperação ou ampliação de bem público. A obra 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: a implantação de usinas hidrelétricas, metrô, rodovias, canais e barragens, dentre outras; ou de menor porte, tais como: a construção de escolas, de creches, de postos de saúde, de hospitais, de 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 as quais descrevem os procedimentos em torno de todas suas etapas (ALVARENGA *et al.*, 2021). “Esses trabalhos devem ter uma gestão e uma

fiscalização eficientes e eficazes, para que se obtenham os melhores resultados com a contratação” (ALVARENGA *et al.*, 2021, p. 2). 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. O cumprimento ordenado de todas as etapas, através da obtenção de informações precisas, refletirá em menor risco de prejuízos para a Administração (TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO, 2014).

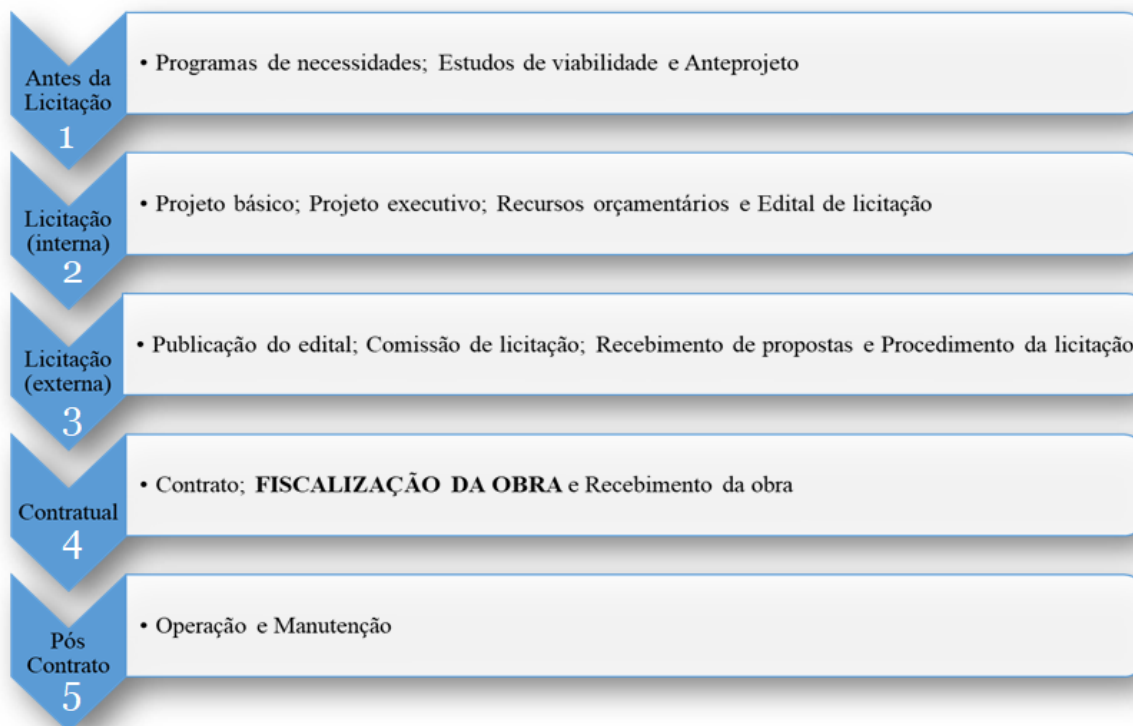
Segue-se alguns exemplos de tipos de obras que podem ser realizadas no Órgão Público, de acordo com Secretaria de Estado da Administração e Patrimônio (2020):

- (i) Serviços Preliminares como demolições, locação de obras, terraplenagem e rebaixamento de lençol freático;
- (ii) Fundações e Estruturas, como estruturas de concreto, estruturas metálicas, estrutura de madeira e contenção de maciços de terra;
- (iii) Arquitetura e Elementos de Urbanismos, como interiores, comunicação visual, paisagismo e pavimentação;
- (iv) Instalações Hidráulicas e Sanitárias, como água fria, água quente, esgotos sanitários, drenagem de águas pluviais e disposição de resíduos sólidos;
- (v) Instalações Elétricas e Eletrônicas, como rede elétrica, telefonia, antenas coletivas, circuitos fechados, relógios sincronizados, sonorização, detecção e alarme de incêndio e sistema de cabeamento estruturado;
- (vi) Instalações Mecânicas e Utilidades, como gás combustível, ar comprimido, vácuo, oxigênio, ar condicionado central e ventilação mecânica;
- (vii) Serviços Complementares, como limpeza da obra.

Vale reforçar que os exemplos mencionados são apenas alguns dos vários tipos de obras que podem ser realizadas no órgão público. Na Figura 11, são apresentadas as etapas a serem realizadas para a adequada execução indireta de uma obra pública, de acordo com (TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO, 2014).

Na Figura 11, observa-se que fiscalização da obra se encontra na 4ª etapa (etapa Contratual). A fiscalização refere-se a uma “atividade exercida de modo sistemático pelo Contratante e seus prepostos, objetivando a verificação do cumprimento das disposições contratuais, técnicas e administrativas, em todos os seus aspectos” (SEAP, 2020, p. 5). O representante da administração designado para a fiscalização deve ser qualificado, mas sendo facultada à administração a contratação de terceiros para auxiliá-lo no acompanhamento das atividades de fiscalização (CGE-PI, 2014).

Figura 11: Etapas de execução indireta de uma obra pública.



Fonte: Adaptado de TCU (2014).

No manual de obras CGE-PB (2014), tem-se que a atividade de fiscalização deve ser exercida por servidor que tenha conhecimento técnico do assunto para ser encarregado do acompanhamento, fiscalização, atestes das faturas ou notas fiscais e pela conferência dos produtos ou serviços prestados pela contratada, desde o início até o término da vigência do contrato. Fiscalização é uma tarefa de caráter técnico e visa o acompanhamento da execução física do contrato (CGU, 2018).

A medição de serviços nas obras será de acordo com os relatórios periódicos elaborados pela contratada, registrando os levantamentos, cálculos e gráficos necessários à discriminação e determinação das quantidades dos serviços efetivamente executados. A medição periódica dos serviços executados é uma das tarefas de maior relevância dentro da atividade de fiscalização de obras, desta forma, de acordo com a Controladoria Geral da União (2018), recomenda-se os seguintes procedimentos: (a) manter memória de cálculo de cada serviço medido; (b) manter controle comparativo entre quantidades em execução e as previstas; (c) manter controle rigoroso dos saldos de serviços contratados; (d) fazer registro fotográfico do andamento dos serviços; e (e) arquivar cópia de todos os documentos.

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 da mesma (SOETJIPTO et al., 2020). A fiscalização do trabalho na obra influencia significativamente na qualidade e na produtividade das operações de construção, desempenhando um papel importante no desenvolvimento econômico de um país (MANOHARAN et al., 2022).

O contratado tem o dever de manter um ambiente de trabalho seguro e livre de perigos, identificados através do cumprimento das regras de saúde e segurança. E a fiscalização da obra pode contribuir positivamente para manutenção deste ambiente seguro e saudável (DONKOH e ABOAGYE-NIMO, 2017), ainda que, nos dizeres de Marhavilas e Vrontas (2018), o ambiente de trabalho, na área da engenharia e no setor da construção, caracterize-se por uma dinâmica que inclui tanto a descoberta de novos métodos de fabricação, como a modernização da tecnologia; no entanto, também pode representar riscos para a saúde e segurança dos trabalhadores.

São várias as tarefas que o servidor responsável pela fiscalização da obra precisa realizar com vistas ao cumprimento da atividade de fiscalização como um todo, com destaque para as mais genéricas, conforme descreve a SEAP (SECRETARIA DE ESTADO DA ADMINISTRAÇÃO E PATRIMÔNIO, 2020):

- a) Manter um arquivo completo e atualizado de toda a documentação pertinente aos trabalhos, incluindo o contrato;
- b) Analisar e aprovar o projeto das instalações provisórias e canteiro de serviço apresentados pela Contratada no início dos trabalhos;
- c) Analisar e aprovar o plano de execução e o cronograma detalhado dos serviços e obras;
- d) Promover reuniões periódicas no canteiro de serviço para análise e discussão sobre o andamento dos serviços e obras;
- e) Esclarecer ou solucionar incoerências, falhas e omissões eventualmente constatadas nos desenhos, memoriais, especificações e demais elementos de projeto;
- f) Paralisar e/ou solicitar o refazimento de qualquer serviço que não seja executado em conformidade com projeto;
- g) Solicitar a substituição de materiais e equipamentos que sejam considerados defeituosos, inadequados ou inaplicáveis aos serviços e obras;
- h) Solicitar a realização de testes, exames, ensaios e quaisquer provas necessárias ao controle de qualidade dos serviços e obras;
- i) Exercer firme controle sobre o cronograma de execução dos serviços e obras;
- j) Aprovar partes, etapas ou a totalidade dos serviços executados, verificar e atestar as respectivas medições;
- k) Verificar e aprovar a substituição de materiais, equipamentos e serviços;

- l) Verificar e aprovar os relatórios periódicos de execução dos serviços e obras;
- m) Solicitar a substituição de qualquer funcionário da Contratada que embarace ou dificulte a ação da Fiscalização, ou cuja presença no local dos serviços e obras seja considerada prejudicial ao andamento dos trabalhos;
- n) Várias outras atividades específicas, de acordo com o tipo de obra que será executada.

2.2.2 Segurança do trabalho e os riscos ocupacionais

Desde que a vida humana começou a se desenvolver, o trabalho tornou-se uma atividade indispensável, criando a cada dia necessidades sociais 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 tornar-se fonte de sofrimento físico e psicológico (SANTANA, SARQUIS e MIRANDA, 2020).

Todo trabalhador, independente do seu nível de conhecimento, tem direito a um trabalho seguro que não ofereça risco à sua vida ou integridade, uma vez que a segurança do trabalho é um direito inalienável de todo trabalhador (BISSO, 1990). Porém, quando o ambiente de trabalho não é planejado adequadamente para o trabalhador, ele pode gerar perdas em seus ativos tangíveis e intangíveis. As perdas em ativos intangíveis, como saúde e segurança ocupacional, expressam-se na forma de acidentes de trabalho, doenças ocupacionais e outros agravos à saúde do trabalhador (MATTOS e MÁSCULO, 2011).

A segurança do trabalho preocupa-se com a preservação e proteção dos recursos humanos e das instalações no local de trabalho, e deve ajudar as pessoas a não se machucarem ou adoecerem devido a perigos em seus locais de trabalho (FRIEND e KOHN, 2007). Para o profissional de segurança do trabalho – que é aquele profissional com conhecimentos e habilidades voltados para esta área – segurança significa referência à probabilidade ou risco de ocorrer um evento de perda. Pode ser definida como trabalhar dentro de uma probabilidade aceitável ou de baixo risco associado às condições ou atividades com potencial para causar danos a pessoas, equipamentos, instalações ou à empresa (FRIEND e KOHN, 2007).

Matos *et al.* (2018) comentam que o trabalho é uma atividade praticada desde os princípios da existência humana, mas ao longo dos anos vem sofrendo diversas transformações nos aspectos tecnológico, econômico e psicossocial, que podem significar ao trabalhador repercussões negativas, não só sobre a sua saúde e integridade, mas também sobre diversas áreas de sua vida.

Fatores psicossociais representam a interação dinâmica entre o ambiente de trabalho e os fatores humanos, e quando tal interação não funciona de forma adequada, pode influenciar na saúde, no desempenho e satisfação do trabalhador. Um ambiente com interação negativa pode ser grande fonte de estresse, e pode ocasionar problemas emocionais e doença física. Do contrário, isto é, quando o ambiente de trabalho e os fatores humanos estão interagindo positivamente, aumentam a autoconfiança, motivação, satisfação e capacidade de trabalho (MARTINEZ e FISCHER, 2019).

A relação entre trabalho e saúde é encarada como primordial quando se avaliam as consequências negativas que podem ocorrer ao trabalhador. Nessa perspectiva, existe a necessidade de assegurar apropriadas condições para o desenvolvimento das atividades dos trabalhadores, protegendo e promovendo sua saúde. Quando algum elemento do processo de trabalho deixa de funcionar de forma adequada, ou da forma para o qual foi planejado, pode-se provocar, em consequência disso, um acidente de trabalho (NAZARIO, CAMPONOGARA e DIAS, 2017).

Em uma definição preventcionista, pode-se dizer que acidente de trabalho é todo o evento inesperado e indesejável que interrompe a rotina normal de trabalho, podendo gerar perdas pessoais, materiais ou de tempo (MATTOS e MÁSCULO, 2011); ou seja, é qualquer evento não planejado que resulta em lesão ou doenças de pessoas, ou danos ou perda de bens, instalações, materiais ou a perda de uma oportunidade de negócio (HUGHES e FERRETT, 2011). De acordo com Bisso (1990, p.3), “Os acidentes do trabalho não acontecem por acaso, geralmente são causados diretamente pelas condições de trabalho e/ou por atitudes do trabalhador”.

Desta forma, a ocorrência de um evento não planejado, ou indesejado, introduz no ambiente de trabalho o “risco” de acontecer um acidente do trabalho, 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). Risco também pode ser considerado como a medida da probabilidade e gravidade da ocorrência de um determinado evento, e perigo como uma condição do local de trabalho ou ação do trabalhador que pode resultar em lesão, doença ou outra perda organizacional (FRIEND e KOHN, 2007).

De acordo com Taibi *et al.* (2022), o risco é definido como a chance de que um dano seja causado por um perigo, onde perigo é definido como uma característica do trabalho que tem o potencial de causar danos; este, por sua vez, é uma possível consequência prejudicial de um perigo para a saúde e segurança de um trabalhador. Perigo é a propriedade de todas as coisas que podem causar danos. Portanto, identificar perigos é identificar substâncias perigosas, agentes perigosos, produtos perigosos, situações perigosas, eventos perigosos, operações perigosas ou

eventos prejudiciais; a frequência e a consequência do evento perigoso determinam o risco associado (CARDELLA, 2018).

Na Norma Regulamentadora (NR-01), o conceito de risco ocupacional significa a 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). Heredia *et al.* (2006) conceituam risco ocupacional como a possibilidade de alguém sofrer acidente ou doença no trabalho durante o exercício de atividade laboral.

O risco ocupacional se classifica em: risco físico, risco químico, risco biológico, risco ergonômico ou risco de acidentes. Aqui, destaca-se o conceito para risco ergonômico, o qual representa toda postura inadequada (postura viciosa de trabalho), esforço físico intenso, dimensionamento e arranjo inadequados das estações de trabalho, sobrecarga de trabalho, trabalho monótono ou sob pressão, qualquer situação que possa causar desconforto físico ou mental ao trabalhador (HEREDIA *et al.*, 2006; MATTOS e MÁSCULO, 2011; CÉSPEDES e ROCHA, 2018).

O trabalhador precisa ter atitude proativa e evitar exposição deliberada a situações de perigo, e essa atitude de segurança proativa pode contribuir para reduzir a ocorrência de acidentes e melhorar a segurança no local de trabalho (GAO *et al.*, 2021), mas Hughes e Ferrett (2011) incentivam sobre a elaboração de um plano de saúde e segurança, por meio da definição e implementação de normas e procedimentos de saúde e segurança com vistas a avaliação, mitigação e eliminação de riscos ocupacionais.

2.2.3 Risco ocupacional: 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 concepção e gestão do trabalho, aos seus contextos sociais e organizacionais e aos problemas ocasionados no ambiente de trabalho devido, por exemplo, ao desempenho profissional, intensidade e características do trabalho (DI TECCO *et al.*, 2020).

Segundo Beck e Lenhardt (2019), o estresse no trabalho surge a partir de aspectos relacionados a organização e distribuição de tarefas, pressão e demandas conflitantes, falta de apoio e 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, descontentamento e outros problemas relacionados a saúde ocupacional (NAVARRO *et al.*, 2021).

O estresse mental é uma crescente preocupação em nossa vida cotidiana e afeta significativamente a pessoa. Suas consequências podem ser observadas na degradação do desempenho, conflitos familiares, transtornos do humor, ansiedade e depressão (SHARMA, SINGH e SHARMA, 2021). É um grande problema na sociedade atual e respostas repetidas, excessivas ou prolongadas ao estresse podem aumentar os riscos à saúde (SCHNEEBERGER *et al.*, 2021). O estresse é um estado mental de uma pessoa que pode ser desencadeado por estímulos externos ou internos, e esses estímulos variam para diferentes indivíduos (KUMAR, SHARMA e SHARMA, 2021).

De acordo com Lin *et al.* (2021), o estresse representa uma sensação de pressão física ou emocional que muitas vezes surge por vários motivos e pode frustrar alguém ao ponto de ficar com raiva ou nervoso, podendo afetar negativamente a saúde e se tornar um fator de risco para doenças cardiovasculares, diabetes, asma e transtorno depressivo. No geral, o estresse pode refletir uma combinação de diferentes padrões de reação subconsciente com componentes psicológicos, cognitivos e também comportamentais (WEIS, WITHOFT e HEUTEN, 2020).

No estudo de Perez, Lopez e Vaquero (2021), observa-se que o estresse mental pode ser desencadeado por vários aspectos da vida diária como trabalho, rotina e períodos de agitação, e geralmente está associado a sintomas psicofisiológicos como dores de cabeça ou fadiga, embora outros problemas de saúde importantes possam aparecer. Os estresses são riscos psicossociais que podem alterar e desequilibrar os recursos e habilidades de uma pessoa para gerenciar e responder a um fluxo de atividade laboral, afetando negativamente a saúde física e psicológica (NAVARRO *et al.*, 2021).

O estresse também pode aumentar a excitação e levar a várias respostas corporais, como batimentos cardíacos acelerados, dilatação da pupila e aumento do volume do pulso do dedo (KIM *et al.*, 2021). Pode ter efeitos prejudiciais no sistema gastrointestinal, reduzindo o apetite e perturbando o funcionamento normal do trato gastrointestinal (SHARMA, SINGH e SHARMA, 2021). Mas também pode levar a efeitos deletérios como depressão, insônia ou dores de cabeça e, portanto, a detecção precoce do estresse torna-se imperativa para evitar consequências tão prejudiciais (DHAM, RAI e SONI, 2021).

Nos dizeres de Hashiguchi *et al* (2021), o estresse decorrente de cargas físicas e psicológicas em qualquer trabalho pode reduzir a eficiência no processo, diminuindo a sensação de satisfação e bem-estar. Quando o corpo humano encontra um evento desagradável ou prejudicial, ocorre uma reação defensiva do corpo e da mente, aumentando o nível de excitação e

ansiedade da pessoa. O indivíduo, por exemplo, percebe que as demandas excederam os recursos pessoais e sociais que ele pode mobilizar (DESAI *et al.*, 2021).

As características objetivas do trabalho afetam a percepção subjetiva do estresse ocupacional. Um dos fatores mais desfavoráveis na atividade profissional é a tensão mental, que pode se transformar em um estado neurofisiológico destrutivo a longo prazo. A tensão mental de uma pessoa é consequência de difíceis condições de atividade, conflitos, antecipação de desenvolvimentos adversos e é acompanhada por sentimentos de desconforto, ansiedade e frustração (LAZORKO *et al.*, 2022).

O estresse ocupacional caracterizado pelo resultado das complexas relações que ocorrem entre as condições de trabalho, as condições fora do trabalho e as características individuais do profissional comprometem o desempenho produtivo e o equilíbrio físico e emocional do profissional (DA ROCHA e DOMINGUES, 2020).

De acordo com Praveena e Mathana (2022), o nível de estresse de uma pessoa poderia ser previsto pelos seguintes parâmetros: temperatura, umidade, fala, pressão arterial e frequência cardíaca da pessoa.

- (i) O nível de estresse da pessoa é inversamente proporcional a temperatura de seu corpo, isto é, para níveis de temperatura abaixo de 26°C pode significar alto nível de estresse;
- (ii) Já a umidade da pele do indivíduo aumenta quando este apresenta alto nível de estresse, ficando relaxado para baixos níveis de umidade;
- (iii) Sobre a fala, normalmente uma pessoa está no estado relaxado quando a voz da pessoa está no modo regular. Quando a voz aumenta do modo normal, pode representar alteração em seu nível de estresse;
- (iv) A situação de estresse leva a aumentos na pressão arterial de uma pessoa;
- (v) Sua frequência cardíaca é alterada de acordo com o nível de variação do estresse;

2.2.4 Risco ocupacional: postura sentada

Na sociedade moderna, muitas ocupações exigem que os trabalhadores usem computadores para realizar seus trabalhos com estações de trabalho no ambiente de escritório. Sentar-se tornou-se a posição de trabalho mais comum no local de trabalho hoje, com mais de 75% dos trabalhadores nos países industrializados trabalhando nessa posição (LI *et al.*, 2020).

Apesar da postura sentada favorecer a estabilidade corporal durante tarefas que exigem concentração, demanda visual e controle motor fino (MORIGUCHI, SATO e COURY, 2019),

um trabalhador que permaneça muito tempo nesta posição pode ser comparado a um estilo de vida sedentário, de acordo com (LOPES *et al.*, 2021).

A postura sentada é um importante fator de risco para o surgimento de distúrbios musculoesqueléticos relacionado ao trabalho. Assim, é necessário reconhecer a postura sentada diária dos trabalhadores de escritório para prevenir o desenvolvimento dessas doenças crônicas (ZHANG *et al.*, 2022). Os autores também citam que os sintomas destes distúrbios estão relacionados com dor nas costas, dor no pescoço e alinhamento inadequado da coluna, podendo levar a um declínio da produtividade dos trabalhadores e a um aumento de custos para os empregadores (ZHANG *et al.*, 2022).

De acordo com Matuska, Paralic e Hudec (2020), um dos maiores problemas enfrentados pelos trabalhadores de escritório são as dores na coluna causadas pela má postura na cadeira. Os trabalhadores se movem pouco por trabalharem com mais frequência no computador, e ficar sentado por muito tempo pode prejudicar a coluna. A dor nas costas ou lesão na coluna é uma das razões mais comuns para o trabalhador se ausentar de seu trabalho (RAMALINGAM *et al.*, 2021a).

Trabalhadores de mesa que passam longos períodos sentados com má postura podem ser acometidos de dores nas costas e outros distúrbios musculoesqueléticos, além de prejudicar a circulação sanguínea e levar a dores no pescoço, costas e ombros, incluindo dor de cabeça e diminuição da função pulmonar (PISTOLESI, BALDASSINI e LAZZERINI, 2022). Na pesquisa de Hu *et al.* (2022), observa-se que as pessoas que ficam muito tempo sentadas, usando computadores e adotando postura incorreta de trabalho, terão desconforto ou dor e outros sintomas no sistema musculoesquelético. Os distúrbios causados nele são a principal razão para problemas de saúde extensos, redução da qualidade de vida e, muitas vezes, diminuição da expectativa de vida (SHOHEL PARVEZ *et al.*, 2022).

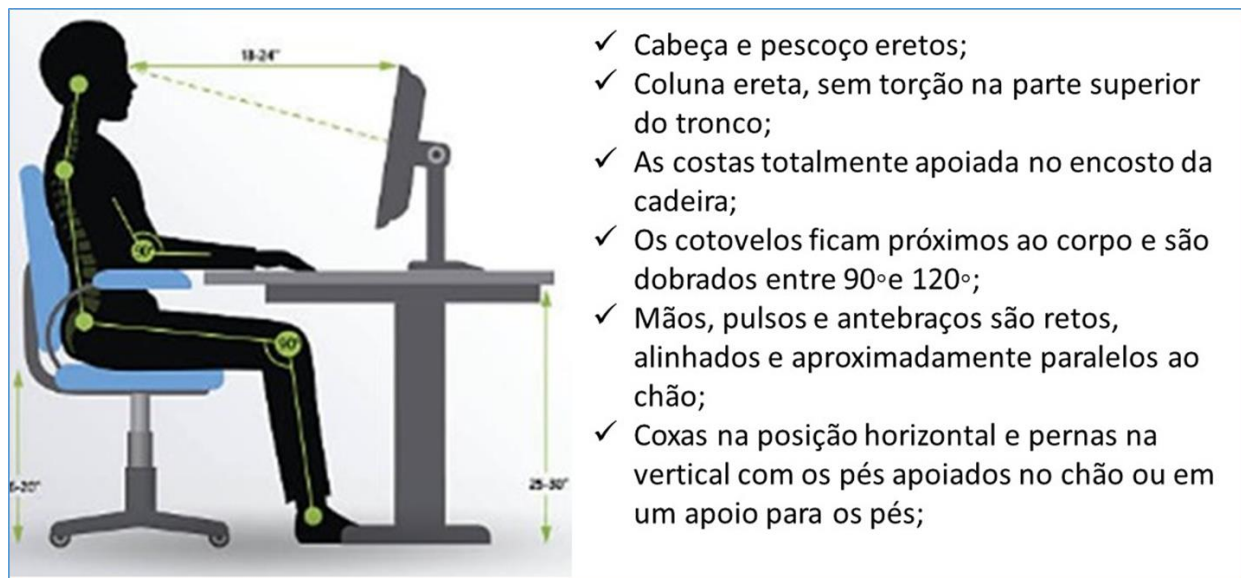
Sentar-se com uma postura indesejável é considerado causa de sobrecarga nos ombros e na cintura, incluindo sobrecargas físicas como lombalgia e ombros rígidos (MIZUMOTO *et al.*, 2020). A lombalgia é uma das principais causas de afastamento do trabalho e paralisação da atividade. A dor lombar também é um precedente para vários outros problemas sérios relacionados à saúde física (KUMAR, SHARMA e SHARMA, 2021). Tlili *et al.* (2022), citam que a lombalgia tem um impacto severo na qualidade de vida social e pessoal da pessoa.

Além de problemas relacionados à coluna cervical e à cintura, a postura inadequada daqueles que precisam ficar muito tempo sentados pode também levar à diminuição da visão, segundo (TANG *et al.*, 2022). Em muitos casos, a postura sentada incorreta é praticada involuntariamente pelas pessoas, não somente pelo longo tempo que necessitam ficar sentados,

mas também pela concentração empenhada na atividade que está sendo desenvolvida (RAMALINGAM *et al.*, 2021b).

Nos dizeres de Bourahmoune, Ishac e Amagasa (2022), a má postura sentada e a permanência prolongada, além de levar a uma ampla gama de problemas de saúde física e mental, como dor lombar, dor no pescoço, dores de cabeça, problemas respiratórios, cardiovasculares, problemas digestivos e um risco geral maior de doença e morte, também contribui para vários problemas de saúde mental, como mau humor, fadiga, baixa produtividade e depressão.

Figura 12: Postura sentada correta.



Fonte: Adaptação (VIJAYALAKSHMI *et al.*, 2022)

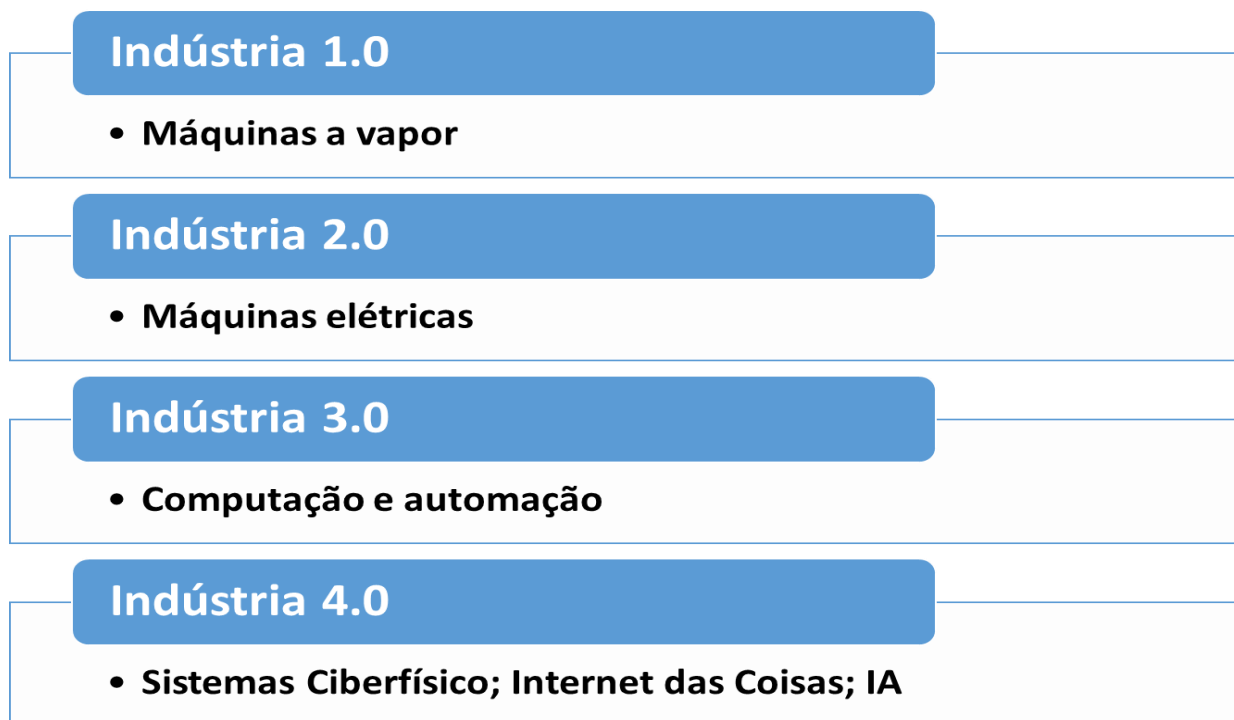
Dessa forma, a postura sentada tem uma relação estreita com a saúde das pessoas, e manter uma postura sentada saudável é fundamental para todos (FENG *et al.*, 2020). Na Figura 12, observa-se um modelo de postura sentada correta, seguido de algumas recomendações básicas, de acordo com (VIJAYALAKSHMI *et al.*, 2022).

2.2.5 Indústria 4.0

A humanidade tem passado por várias mudanças ao longo de sua história, principalmente quando se trata de tecnologias e todas aquelas mudanças que têm influenciado nas estruturas sociais e nos sistemas econômicos (SILTORI *et al.*, 2021). Ao longo de várias centenas de anos, a procura de soluções inovadoras para 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 a Era conhecida como quarta Revolução Industrial (PATNAIK, 2020).

Figura 13: As quatro fases da Revolução Industrial.



Fonte: Adaptado de Patnaik (2020, p. 4)

De forma resumida, conforme ilustrado na Figura 13, é possível citar algumas características básicas que destacam as quatro fases consideradas como Eras de Revolução Industrial: na fase I – também chamada de primeira Revolução Industrial, ou Indústria 1.0 – foram introduzidas as máquinas a vapor a fim de facilitar a eficiência dos trabalhadores; nela, se caracteriza o verdadeiro conceito de mecanização. Na fase II, ou Indústria 2.0, a principal contribuição é da introdução das máquinas elétricas, sendo bem mais eficientes e com uma certa facilidade de manuseio e operação. Na fase III – ou terceira Revolução Industrial, introduzida por volta de 1970 –, as máquinas são auxiliadas por computador, a automação é o conceito chave desta revolução. E finalmente, na fase IV (ou quarta Revolução Industrial), o termo “Indústria 4.0” foi cunhado pelos alemães em 2011 para uma estratégia de projetos de alta tecnologia para promover a digitalização do sistema de manufatura industrial (PATNAIK, 2020).

Nos dizeres de Sordan *et al.* (2022), a quarta Revolução Industrial representa o conjunto de tarefas que dependem da aplicação coordenada de informação, automação, computação, sensoriamento e redes, para processar materiais e para explorar novas formas de fabricar produtos existentes. A conversão de dados do mundo físico em modelos digitais, por meio de

componentes inteligentes, por exemplo, oferece oportunidades inestimáveis para previsão e otimização de operações de fabricação (GHOBAKHLOO, 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. Quando aplicada a manufatura, a Indústria 4.0 se destaca pela utilização de novas formas de interação entre humanos e máquinas através da combinação de tecnologias tradicionais e novas tecnologias em três componentes principais, a saber, hardware, software e conectividade (FREIRE et al., 2022). As tecnologias da Indústria 4.0 podem contribuir positivamente para o desenvolvimento econômico, ambiental e social sustentável (GHOBAKHLOO, 2020).

A principal aplicação das tecnologias da Indústria 4.0, sem dúvida alguma, está concentrada nos campos tradicionalmente industrial, comercial e de manufatura, mas podem também ser aplicadas em setores como saúde, agricultura, pecuária, lazer e cidades inteligentes (MONTERO, 2020). Alguns objetivos da Indústria 4.0, na visão de Montero (2020), são os seguintes:

- a) Aplicação destinada a melhoria da competitividade;
- b) Para o monitoramento de máquinas e processos;
- c) Na simulação de processos de manufatura;
- d) No controle de defeitos;
- e) Para fabricação sob encomenda ou fabricação personalizada e em massa;
- f) Para otimização do consumo de energia;
- g) Para oferecer novos serviços aos clientes, ao invés de apenas produtos;
- h) Para rastreabilidade de produtos;
- i) Na logística de produtos;
- j) No treinamento de trabalhadores;
- k) No controle de acidentes e na segurança do trabalho;
- l) Melhorar as condições de trabalho.

De acordo com Gatica-Neira (2021), as tecnologias da Indústria 4.0 podem ajudar a incorporar novas práticas de gestão orientadas ao aprendizado e capacidade de inovações. A Indústria 4.0 com seus componentes possibilita 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 podem detectar e relatar qualquer comportamento humano ou de máquina que possa representar um risco à segurança do trabalhador (GHOBAKHLOO, 2020).

A Indústria 4.0 é composta por vários tipos de tecnologias. Destaca-se a seguir no Quadro 1, o exemplo de algumas dessas tecnologias, de acordo com (USTUNDAG e CEVIKCAN, 2018 e MONTERO, 2020).

Quadro 1: Tecnologias da Indústria 4.0 e sua descrição (continua)

COMPONENTE	DESCRIÇÃO
Manufatura aditiva ou Impressão 3D	A impressão 3D consiste na fabricação de um objeto por meio de adicionar camadas de um material. As camadas, que são medidas em microns, são adicionadas inúmeras vezes até que um objeto tridimensional surja. Uma das chaves para a fabricação deste objeto é que ele foi previamente projetado em um Formato3D digital. Usado na fabricação de protótipos, moldes, ferramentas e peças.
Realidade Virtual	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. Usada nas atividades de treinamento e capacitação de trabalhadores, mas também é capaz de simular células de trabalho e pode ser usada para protocolos de segurança, dentre outras aplicações.
Realidade Aumentada	A realidade aumentada pode ser definida como diferentes camadas de informação que se sobrepõem à imagem real que está sendo vista. É um instrumento que mostra informações adicionais ao que está sendo observado no mundo real. Uma das aplicações deste recurso é para manutenção de máquinas. O principal objetivo da realidade aumentada é aumentar a percepção dos humanos sobre o meio ambiente.
Realidade Mista	A realidade mista é uma mistura de realidade virtual e realidade aumentada. Neste caso, podemos ver um ambiente simulado e interagir com objetos simulados, como máquinas, usando dispositivos táteis. A diferença é que essas máquinas podem realmente existir e estar localizadas a milhares de quilômetros de distância. Isso nos permite gerenciar remotamente qualquer dispositivo como se o tivéssemos à nossa frente. Na perspectiva da Indústria 4.0, a simulação pode ser avaliada como uma ferramenta de apoio para seguir as reflexões recolhidas a partir de várias alterações de parâmetros e permite a visualização na tomada de decisões.
Realidade Ampliada ou Estendida	A realidade estendida se refere à combinação de todos os ambientes reais e virtuais, juntamente com as interações homem-máquina, geradas por computadores e todos os tipos de dispositivos com capacidade de processamento de dados.

Quadro 1: Tecnologias da Indústria 4.0 e sua descrição (continuação)

COMPONENTE	DESCRIÇÃO
Gamificação	Gamificação é uma técnica de aprendizagem que traduz a mecânica de jogos e videogames ao campo profissional, a fim de melhorar a formação ou otimizar as competências do trabalhador. Por meio desses jogos, o treinamento é ministrado de forma mais lúdica e didática, o que melhora a capacidade de atenção e retenção dos usuários.
Gêmeo Digital	Gêmeo digital é uma réplica digital de ativos físicos, processos, espaços, sistemas e dispositivos que podem ser usados para diversos fins. Por um lado, temos o sistema ou objeto real e por outro uma réplica virtual que contém todas as informações do sistema físico, com base em suas características técnicas e seus dados de funcionamento. Podem ser usados para prever erros e falhas antes que ocorram.
Computação em Nuvem	A computação em nuvem é um conjunto de tecnologias que permitem acesso remoto ao software, armazenamento de arquivos e processamento de dados, geralmente através da Internet. A computação em nuvem nos permite executar diferentes tipos de programas sem a necessidade de instalá-los localmente em nossos computadores ou dispositivos móveis, graças à conexão de rede. A manufatura baseada na demanda usa a coleção de recursos de manufatura distribuídos para criar e operar o reconfigurar processos de manufatura ciberfísicos mensuráveis.
Robótica Industrial	A definição de robô industrial é: o “manipulador multifuncional, controlado automaticamente, reprogramável em três ou mais eixos, podendo ser fixo ou móvel para uso em aplicações de automação industrial”. Os produtos, máquinas e serviços tornam-se mais inteligentes em termos não apenas de capacidade de computação, comunicação e controle, mas também de autonomia e sociabilidade.
Internet das Coisas (IoT)	Internet das coisas é um dos paradigmas associados à Indústria 4.0. Falamos sobre dispositivos que são capazes de capturar e gerar informações sobre seu ambiente, o funcionamento de máquinas ou processos de fabricação e enviar essas informações sem fio em tempo real sem intervenção humana. Alguns desses dispositivos são identificados como sensores, PLC, <i>beacons</i> , sistemas SCADA, câmeras de vigilância por vídeo, medidores inteligentes, sensores de processo elétrico para plantas ou dispositivos de localização em tempo real.
Sistemas Ciberfísicos	Um sistema ciberfísico é composto por um conjunto de dispositivos que integram recursos de computação, armazenamento e comunicação para controlar e interagir com um processo físico. São sistemas conectados entre si e também a serviços remotos de armazenamento e gerenciamento de dados.

Quadro 1: Tecnologias da Indústria 4.0 e sua descrição (conclusão)

COMPONENTE	DESCRIÇÃO
Inteligência Artificial	A inteligência artificial, ou IA, é definida como software que é capaz de copiar funções habilidades cognitivas dos humanos para aprender e resolver problemas. Um aspecto fundamental é que a IA não aprende sozinha, é preciso alimentar essa inteligência artificial com dados e informações para que ela adquira conhecimento e aprenda a discernir.
Big Data	Big data consiste em coleta, gerenciamento e análise de alta velocidade de grandes volumes dinâmicos e heterogêneos de dados gerados por usuários e máquinas, Devido ao seu tamanho e complexidade, excedem as capacidades de processamento das ferramentas tradicionais de software, exigindo técnicas inovadoras para seu processamento e tratamento.
Sistemas de visualização e gerenciamento de dados	São ferramentas para visualizar e gerenciar os dados que capturamos em nossas máquinas e processos, são o último elemento em qualquer projeto de <i>big data</i> . De nada adianta ter uma grande quantidade de dados sobre nossa fabricação se não tivermos ferramentas visuais que nos permitam interpretar essas informações e detectar se está ocorrendo alguma anomalia. Diferentes tipos de software e interfaces cuidam disso.
Drones	Muitas vezes identificado como dispositivos voadores controlados remotamente, um <i>drone</i> pode realmente ser considerado qualquer tipo de dispositivo não tripulado controlado remotamente, robô ou aparelho capaz de voar, navegar, mergulhar ou se mover na superfície da terra.
Blockchain	O <i>blockchain</i> ou cadeia de blocos é uma tecnologia que facilita a troca de informações digitais entre os membros de uma plataforma chamada rede <i>blockchain</i> . Essa informação é protegida criptograficamente e todos os participantes dessa rede têm acesso aos mesmos dados, portanto, não podem ser modificados sem a permissão de todos. As principais vantagens de um blockchain são que as informações não são centralizadas em um único servidor e os dados não podem ser alterados.
Exoesqueletos	Um exoesqueleto pode ser definido como uma espécie de armadura que cobre as extremidades ou outras áreas do nosso corpo e que tem servomotores, sistemas hidráulicos ou molas a gás colocados nas articulações para induzir o movimento. Seu principal campo de aplicação é na área de saúde.
Vestuário	Dispositivos vestíveis são dispositivos eletrônicos que nós podemos transportar para desempenhar uma função específica e com quem interagimos. Esses dispositivos são capazes de capturar dados sobre a pessoa que os veste e seu ambiente, e também podem oferecer informações aos seus portadores.

Fonte: Ustundag e Cevikcan (2018), Montero (2020)

A integração de alguns desses componentes apresentados anteriormente possibilita várias aplicações em diversas áreas de trabalho. Na visão de Ustundag e Cevikcan (2018), é muito importante uma integração de redes dinâmicas de criação de valor no que diz respeito à integração do sistema básico físico e do sistema de *software*, com outros ramos e setores econômicos das indústrias.

Contudo, Bortolini *et al.* (2020) apresenta uma aplicação relacionada com a área de segurança do trabalho, que se trata de um sistema chamado *Motion Analysis System* (MAS), que apresenta uma arquitetura original de *hardware / software* voltada para a digitalização e análise do corpo humano durante a execução de tarefas. Ele foi desenvolvido para se adaptar às configurações típicas do trabalho e tem como objetivo a análise do trabalho humano, proporcionando um relatório bastante detalhado tanto do ponto de vista produtivo, mas principalmente ergonômico.

No Quadro 2, apresenta-se um resumo de outras aplicações das tecnologias da Indústria 4.0 destinadas a alguns riscos ocupacionais. A pesquisa para composição deste quadro foi realizada no período de 02 a 06 de agosto de 2021 na base de busca *Scopus*.

Quadro 2: Aplicações das tecnologias da Indústria 4.0 (continua)

AUTOR(ES)	OBJETIVO	TIPO DE RISCO	APLICAÇÃO
Sun <i>et al.</i> (2019)	Sistema de monitoramento de dados de qualidade do ar interno	Exposição a agentes químicos	O estudo propõe um sistema de monitoramento de ar interno baseado no princípio da Internet das Coisas (IoT).
Longo, Nicoletti e Padovano (2019)	Modelando o comportamento dos trabalhadores	Exposição a posturas ou comportamentos inadequados	Uso da Inteligência Artificial (IA) para projetar uma taxonomia original dos fatores humanos, que englobe todas as capacidades cognitivas, habilidades físicas e atitudes psicológicas do trabalhador industrial.
Bonifazi <i>et al.</i> (2021)	Multimídia <i>Sentient</i> baseada em aprendizado de máquina.	Exposição a acidentes de trabalho	Uso do princípio IoT para propor uma estrutura, através do Sistema <i>Sentient</i> de Multimídia e Aprendizado de Máquina, para apoiar a segurança no local de trabalho.
Pistolesi e Lazzerini (2020)	Avaliação do risco de dor lombar e lesão.	Exposição a posturas inadequadas	Propor um sistema baseado em IA que explora sensores vestíveis para avaliar o nível de segurança dos trabalhadores que levantam cargas.

Quadro 2: Aplicações das tecnologias da Indústria 4.0 (continuação)

AUTOR(ES)	OBJETIVO	TIPO DE RISCO	APLICAÇÃO
Borcsok <i>et al.</i> (2020)	Detecção de posição segura	Exposição a acidentes de trabalho	Por meio do princípio da IoT, propor um sistema de detecção de posição segura para o trabalhador.
Ansaldi, Agnello e Bragatto (2018)	Sistemas de segurança inteligentes	Exposição a acidentes de trabalho	Por meio da IA propor sistemas inteligentes para melhorar o controle de risco de acidentes graves, devido ao uso de materiais perigosos em diferentes setores.
Di Rienzo <i>et al.</i> (2020)	Uma luva sensorizada para segurança industrial	Exposição a acidentes de trabalho	Por meio da IoT este artigo propõe uma luva sensorizada para segurança industrial baseada em <i>Near-Field Communication</i> (NFC).
See, Kuo e Yang (2020)	Um sistema de suporte de emergência remoto portátil.	Exposição a acidentes e posturas inadequadas.	Aplicativo foi desenvolvido por meio da IoT, para fornecer assistência imediata aos trabalhadores que se lesionam no trabalho por ignorarem os sinais de alerta devido ao cansaço laboral prolongado e ao ruído excessivo da fábrica.
Digmayer e Jakobs (2019)	Desenvolvendo Culturas de Segurança para a Indústria 4.0.	Exposição a acidentes de trabalho	Visa estabelecer uma cultura de segurança corporativa para a Indústria 4.0 (cultura de segurança 4.0). Compreendem atitudes e comportamentos em relação aos aspectos de segurança nas organizações como parte da cultura corporativa.
Vignali <i>et al.</i> (2019)	Aplicativo da indústria 4.0 para aumentar a segurança ocupacional	Exposição a acidentes de trabalho	Através da Realidade Aumentada (RA) tem-se o projeto de Segurança em Sistemas de Fabricação (<i>W-Artemys</i>) visando criar um novo suporte tecnológico para aumentar a segurança dos colaboradores durante as operações nas máquinas.
Brocal <i>et al.</i> (2019)	Gerenciamento de riscos na indústria 4.0	Exposição a acidentes de trabalho	Sobre conceitos e definições na Indústria 4.0

Quadro 2: Aplicações das tecnologias da Indústria 4.0 (conclusão)

AUTOR(ES)	OBJETIVO	TIPO DE RISCO	APLICAÇÃO
Buddhan <i>et al.</i> (2019)	Comando baseado em Realidade Aumentada Multimodal	Exposição a acidentes de trabalho	Uso da Realidade Aumentada (RA) em diversas aplicações industriais como por exemplo manutenção em máquinas de forma segura.
Petz, Eibensteiner e Langer (2021)	Camisa com sensor para monitoramento em tempo real de postura e movimentos	Exposição a posturas inadequadas	Desenvolvimento de uma camisa com sensor que registra o movimento e a posição da parte superior do corpo por vários sensores inerciais e transmite os valores do sensor via <i>Wi-Fi</i> para o monitoramento do movimento humano.
Parmar <i>et al.</i> (2018)	Equipamento Inteligente para Auxílio no Trabalho	Exposição a acidentes de trabalho	Uso da IoT para construção de um dispositivo inteligente (luva vestível) que auxilia os trabalhadores da fábrica e outros funcionários.
Ranavolo <i>et al.</i> (2020)	A Avaliação de Risco Biomecânico	Exposição a posturas inadequadas	Por meio de sensores vestíveis, o objetivo é analisar a necessidade de uma revisão dos padrões de ergonomia, a fim de incluir o uso de novas abordagens baseadas em sensores para o monitoramento das atividades motoras dos trabalhadores e avaliação de risco biomecânico.
Svertoka <i>et al.</i> (2021)	Vestíveis para segurança do trabalho industrial	Risco ergonômico	O objetivo deste artigo é sistematizar o conhecimento na área de segurança de vestíveis industriais para manutenção da segurança ocupacional.

Fonte: elaboração própria (2023).

A seguir, considerando a relação dos assuntos abordados com o tema da pesquisa, destacam-se os conceitos relacionados às tecnologias da Indústria 4.0: realidade virtual, inteligência artificial e internet das coisas, pois estas foram as tecnologias aplicadas neste projeto de pesquisa, conforme estudo bibliométrico descrito no tópico 2.1 deste capítulo.

2.2.6 Tecnologia: realidade virtual

Realidade virtual é uma das tecnologias incluídas na Indústria 4.0. 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).

O cenário do mundo real pode ser criado artificialmente por meio de máquinas de computador e aplicativos de som, possibilitando ao usuário a percepção de estímulos virtuais (AL FARSI *et al.*, 2021). Os usuários desta tecnologia podem experimentá-la por meio de equipamentos e objetos relacionados para interagir no ambiente digital, de modo que possam sentir e experimentar vividamente o ambiente real (ZHAO, 2021).

De acordo com Nicolaidou, Pissas e Boglou (2021), os sistemas de realidade virtual podem ser classificados como: imersivo, não imersivo e semi-imersivo. No sistema imersivo, o usuário utiliza uma unidade de exibição principal que inclui um alto-falante e interage com o sistema usando luvas, macacões de dados, sensores portáteis ou câmeras; no sistema não imersivo, o usuário é colocado em um ambiente tridimensional que pode ser manipulado diretamente com uma estação de trabalho gráfica convencional usando um monitor, um teclado e um mouse; já o semi-imersivo compreende um sistema de computação gráfica de desempenho relativamente alto, acoplado a um monitor de tela grande ou a um projetor de tela grande ou a várias televisões.

Ao utilizar a realidade virtual, a pessoa interage e experimenta sensações multissensoriais como, a “imersão”, quando da 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).

A realidade virtual tem seu uso voltado para vários tipos de aplicações, como por exemplo:

- a) Aprendizado de idiomas, pois pode fornecer um ambiente imersivo e autêntico para interagir socialmente com falantes nativos. Pode permitir maior autonomia e a auto eficácia do aluno, reduzir a ansiedade de aprendizado e estimular a criatividade (NICOLAIDOU, PISSAS e BOGLOU, 2021);
- b) Desenvolvimento de um laboratório virtual que complemente a formação na área de engenharia automotiva. Esse ambiente permite que os alunos tenham uma experiência imersiva para visualizar e ter uma descrição auditiva de diferentes peças que fazem parte de um motor de combustão (HERNÁNDEZ-CHÁVEZ *et al.*, 2021);

- c) No ramo da manufatura a realidade virtual pode ser aplicada para treinamento de novos funcionários, proteção e saúde dos trabalhadores, controle e sincronização de processos, bem como para aumentar a produtividade na produção (LACKO, 2022);
- d) No estudo de Goergen e Freitas (2022), percebe-se uma aplicação voltada para minimizar a dor do procedimento em diversas situações, como: troca de curativos de queimaduras, punção venosa, procedimentos odontológicos, ressecções de lipomas e pequenas cirurgias;
- e) Na reabilitação e auxiliando no tratamento de diversas patologias, sendo capaz de trazer múltiplos benefícios, como: melhora na capacidade funcional, redução de dores após procedimento cirúrgico, redução de cansaço, dentre outros (RAPOSO *et al.*, 2022);
- f) Em tratamentos por fisioterapeutas em pacientes acometidos de acidente vascular encefálico, sendo esta tecnologia muito eficaz na melhora da coordenação motora dos membros superiores desses pacientes (MEIRELES *et al.*, 2022). No tratamento de doenças musculoesqueléticas (NAMBI *et al.*, 2021) e Doença de Parkinson (CEMIM *et al.*, 2021);
- g) No tratamento e redução dos sintomas de depressão e ansiedade (BACHA *et al.*, 2020). Na terapia para tratamento da saúde mental (BENGEL DE PAULA e FERNÁNDEZ MORETTI, 2021).

2.2.7 Tecnologia: inteligência artificial

A inteligência artificial (IA) também é um dos componentes da Indústria 4.0. De acordo com Montero (2020), ela é definida como um *software* que é capaz de copiar funções e habilidades cognitivas dos humanos para aprender e resolver problemas. Um aspecto fundamental é que a IA não aprende sozinha, é preciso alimentar essa inteligência artificial com dados e informações para que ela adquira conhecimento e aprenda a discernir.

A inteligência artificial 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 inteligência artificial 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. A inteligência artificial pode interagir com muitas áreas da computação, como

computação gráfica e realidade virtual, e proporcionar resultados nas áreas de saúde, educação e engenharia, criando verdadeiros ecossistemas composto de produtos de IA (VICARI, 2021).

De acordo com Sichman (2021, p. 38) “o objetivo da IA é desenvolver sistemas para realizar tarefas que, no momento: (i) são mais bem realizadas por seres humanos que por máquinas, ou (ii) não possuem solução algorítmica viável pela computação convencional”. 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).

Segundo Ludermir (2021), pode-se caracterizar a inteligência artificial em três tipos: (i) IA Focada, que são algoritmos dedicados para resolver problemas específicos; (ii) IA Generalizada, neste caso os algoritmos usam técnicas de Aprendizado de Máquinas e se tornam tão capazes quanto humanos em resolver problemas e realizar tarefas complexas; (iii) IA Superinteligente, neste caso os algoritmos serão mais capazes que os humanos em realizar todas as tarefas.

A inteligência artificial permite que as máquinas aprendam com as lições aprendidas, alterem resultados e desenvolvam tarefas humanas, que podem ser consideradas como uma simulação da inteligência humana e podem incluir sistemas de reconhecimento de voz e visual (ŠTEFANIŠINOVÁ *et al.*, 2021). A inteligência artificial é uma nova ciência tecnológica que pesquisa e desenvolve teorias, métodos, tecnologias e sistemas de aplicação para simular, estender e expandir a inteligência humana (YANG *et al.*, 2021).

São muitas as aplicações por meio do uso da inteligência artificial, destaca-se aqui alguns exemplos:

- a) Numa perspectiva empresarial, a IA permite aos indivíduos analisar e sistematizar informação, normalmente já disponível no mercado de forma desagregada, transformando dados em decisões de negócio (SESTINO e DE MAURO, 2022);
- b) Na educação, o desenvolvimento de sistemas inteligentes que possibilita práticas inovadoras de ensino e aprendizagem. Na agricultura, por meio do uso de tecnologias inteligentes como: a agricultura de precisão, agricultura inteligente e agricultura sustentável inteligente (VAZQUEZ, TORRES e PEREZ, 2021);
- c) Na saúde, a IA pode ajudar os médicos a obter informações precisas e relevantes do paciente em conjunto com os registros eletrônicos de saúde do mesmo. Pode servir como suporte à decisão para ajudar a reduzir os erros dos médicos e aumentar a qualidade, velocidade e eficiência dos serviços de saúde (ŠTEFANIŠINOVÁ *et al.*, 2021);

- d) Na área social, a tecnologia de inteligência artificial pode orientar tecnicamente as informações e preferências pessoais dos consumidores, ajudando os clientes a economizar tempo de compra, economizar custos e proporcionar uma melhor experiência de serviço (YANG *et al.*, 2021). Poderá melhorar a eficiência de vários parâmetros no setor urbano, incluindo educação, saúde, gerenciamento de energia, negócios, monitoramento de transporte, segurança, dentre outros (HARNAL *et al.*, 2022);
- e) Na medicina, o diagnóstico de um paciente com base em exames radiológicos, patológicos, endoscópicos, ultrassonográficos e bioquímicos tem sido efetivamente promovido com maior precisão e menor carga de trabalho humano. Quando um clínico diagnostica um paciente com uma determinada doença com a ajuda da IA, o tempo necessário para um diagnóstico pode ser bastante reduzido e a eficiência do diagnóstico pode ser significativamente melhorada (LIU *et al.*, 2021);
- f) Na indústria, as empresas estão cada vez mais buscando a transformação digital para tornar os sistemas de manufatura mais inteligentes e serem mais ágeis para responder rapidamente aos requisitos, metas e demandas desafiadoras dos clientes (LIEVANO-MARTÍNEZ *et al.*, 2022);
- g) Aplicações voltadas para a visão computacional, onde são criados algoritmos que ajudem, simulem e até mesmo superem decisões humanas baseadas em dados não estruturados que possam ser interpretados como imagens. Diversos dispositivos e sensores podem ser utilizados para obtenção deste tipo de dados, como câmeras e smartphones (MEGETO *et al.*, 2020);

2.2.8 Tecnologia: internet das coisas

A internet das coisas (IoT) é um dos componentes associados à Indústria 4.0. São dispositivos capazes de capturar e gerar informações de um ambiente, do funcionamento de máquinas ou de processos de fabricação e enviar essas informações sem fio em tempo real com ou sem intervenção humana (MONTERO, 2020).

De acordo com Noronha *et al.* (2022), estas tecnologias ajudam a viabilizar a automação de processos, desenvolvimento de capacidades e soluções que dão destaque aos modelos de negócios das empresas, proporcionando vantagens competitivas no mercado.

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).

Nos dizeres de Lara *et al.* (2021), esta tecnologia pode estabelecer conexão entre homens e máquinas, e máquinas com máquinas, a fim de estabelecer a formação de redes sociais e de mercado cada vez mais inteligentes, e possibilitando a conexão de mais objetos entre si. A intenção é que a conexão desses objetos, com os quais há interação, consiga produzir e transmitir informações através da “nuvem”, sem a intervenção humana (SÁNCHEZ, PERABÁ e PEINADO, 2022).

Os objetos e ambientes físicos, uma vez conectados em rede, terão ampliadas as suas funcionalidades por meio da coleta, transmissão e cruzamento de dados. Assim o mundo físico estará conectado com o mundo digital, proporcionando informações em tempo real, bem como conforto, produtividade e praticidade para as pessoas (AMARAL, JULIANI e DE BETTIO, 2020).

O principal objetivo da IoT, de acordo com Majid *et al.* (2022), é coletar dados e transmiti-los por meio de uma rede para onde serão necessários. Os sensores são os dispositivos utilizados para coletar os dados do ambiente, ou do objeto, para transmiti-los à base operacional. São dispositivos inteligentes que cooperando uns com os outros e interagindo com os seres humanos alcançam objetivos comuns (LOMBARDI, PASCALE e SANTANIELLO, 2021).

IoT é uma integração de tecnologia de detecção e comunicação interconectada que permite equipamentos, máquinas, sensores, robôs, atuadores automáticos e pessoas a gerenciar com mais eficiência seus trabalhos ou serviços (KROMMUANG e SUWUNNAMEK, 2022).

Destacam-se a seguir, algumas das aplicações da tecnologia internet das coisas:

- a) Para coleta e processamento de dados de indicadores bioquímicos durante o período de treinamento de atletas (YANG e HUANG, 2021);
- b) Dentro de um domicílio, por exemplo, a IoT poderá monitorar o ambiente e ajustar a temperatura e a luminosidade da casa automaticamente, de acordo com o critério do proprietário (AMARAL, JULIANI e DE BETTIO, 2020). Pode ser usada para controlar a operação de condicionadores de ar, a fim de reduzir o consumo de energia (ELSISI *et al.*, 2021);
- c) No setor industrial, diferentes tipos de equipamentos e dispositivos são plantados com etiquetas de identificação, sensores, atuadores e outros dispositivos inteligentes, contribuindo para uma estrutura mais automatizada e auxiliando na eficiência produtiva, na cadeia de suprimentos, na logística, dentre outros (KUMAR, RANI e AWADH, 2022);

- d) A IoT pode avaliar o estado de saúde dos trabalhadores e monitorar comportamentos perigosos que podem levar a lesões, empregando o uso de dispositivos vestíveis. Além de manter a segurança dos funcionários (JAVOID *et al.*, 2021);
- e) Para manutenção preventiva no setor automotivo, o sistema coleta dados de desempenho de chips e sensores colocados em todo o carro conectado que podem ser processados na nuvem e previstos antes que a manutenção seja necessária (KUMAR, SHARMA e SHARMA, 2021);
- f) A IoT e seus aplicativos atualizados podem aumentar as possibilidades em todas as áreas de nossas vidas como: sistemas de transporte inteligente, área de compras inteligente, indústria inteligente, agricultura inteligente, pecuária inteligente, logística inteligente, sistemas educacionais inteligentes, dentre outros (RAHMANI, BAYRAMOV e KIANI KALEJAH, 2022);
- g) Na saúde, de modo a aprimorar a assistência aos pacientes e prover melhores informações tanto a eles como ao médico (ROCHA e KISSIMOTO, 2022). Simplificando os processos de atendimento, otimizando tempo e recursos, reduzindo erros por intervenção humana, personalizando, controlando e prevenindo tratamentos e doenças (ROSA, SOUZA e SILVA, 2020);
- h) Aplicação da IoT por meio de “vestíveis inteligentes”, a fim de coletar dados do usuário para monitoramento e controle de sua saúde e segurança ocupacional (LOMBARDI, PASCALE e SANTANIELLO, 2021).

3 METODOLOGIA

Neste capítulo são detalhados os procedimentos metodológicos que foram aplicados em busca de se atingir os objetivos da pesquisa. O capítulo está dividido em cinco sessões: (3.1) classificação da pesquisa; (3.2) pesquisa bibliográfica; (3.3) submissão do projeto ao comitê de ética; (3.4) técnicas para coleta de dados e (3.5) entrevista piloto.

3.1 Classificação da Pesquisa

Quanto aos aspectos procedimentais, a pesquisa realizada é 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 se associar a esta atividade melhorias do ponto de vista sobre a segurança do trabalho (CRESWELL, 2010). Na Figura 14, encontra-se um resumo da metodologia aplicada para o desenvolvimento desta pesquisa.

Figura 14: 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 por meio da elaboração de um guia de aplicações de tecnologias da Indústria 4.0 à atividade de fiscalização de obras (VERGARA, 2004).

Esta pesquisa também se caracteriza como exploratória, haja vista poucos trabalhos desenvolvidos no IFAM oriundos deste tipo de conhecimento, isto é, poucas aplicações no que diz respeito às tecnologias da Indústria 4.0 destinadas à segurança do trabalho, e mais especificamente à atividade de fiscalização de obras (GIL, 2017).

Já com relação aos procedimentos técnicos para a estruturação da coleta de dados, tomando por base o que orienta Vergara (2004) e Gil (2017), a pesquisa é classificada em bibliográfica, documental e estudo de caso, pois fez-se necessário a busca por novos conceitos para aplicação a uma atividade específica do IFAM a fim de minimizar ou eliminar as situações de riscos ali existentes, e que podem afetar a saúde e segurança daqueles que executam esta atividade.

3.2 Pesquisa Bibliográfica

Os temas principais da pesquisa foram: fiscalização de obras, riscos ocupacionais e Indústria 4.0, mas após o estudo bibliométrico, para definição das principais tecnologias da Indústria 4.0 aplicáveis a riscos ocupacionais e, após coleta de dados com os participantes da pesquisa, buscou-se por mais documentos científicos utilizando-se também as palavras-chave: realidade virtual, inteligência artificial, internet das coisas, estresse mental e postura sentada.

As fontes informacionais de documentos foram as bases de busca *Scopus*, *Web of Science* e *Scielo*. Além disso, foram usados livros, legislações e outros documentos relevantes com o tema da pesquisa. O tópico 4.2 descreve os resultados da pesquisa bibliográfica.

3.3 Submissão do Projeto ao Comitê de Ética em Pesquisa

Pesquisa é um conjunto de procedimentos que procura criar ou aumentar o conhecimento sobre um assunto, e chegar a novas descobertas que serão úteis para muita gente. Assim, as pesquisas são muito importantes para todos, mas é preciso seguir algumas regras que visam proteger os participantes de uma determinada pesquisa. No Brasil existem várias regras para as pesquisas que envolvam seres humanos. As principais estão na Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde (CNS).

Desta forma, este projeto foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) por meio da Plataforma Brasil, acessada por meio do *site*: <https://plataformabrasil.saude.gov.br/login.jsf>.

Neste *site* está disponibilizado o manual do pesquisador com todas as informações e instruções necessárias para cadastro e submissão de projetos de pesquisas.

Para este projeto, além do preenchimento de todos os dados do projeto diretamente no site da plataforma, foi necessário também o cadastro dos seguintes documentos:

- (i) Folha de rosto com a assinatura do pesquisador responsável e da instituição proponente da pesquisa;
- (ii) Termo de Anuência da instituição participante da pesquisa;
- (iii) Roteiro de entrevista usado como apoio para a coleta de dados com os participantes;
- (iv) Arquivo do projeto contendo as informações: problema de pesquisa, objetivos, delimitações, justificativa, referencial teórico, metodologia e resultados esperados da pesquisa;
- (v) Termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) que foi disponibilizado aos participantes da pesquisa;
- (vi) Cronograma de todas as etapas da pesquisa.

A Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP) validou o cadastro do projeto e o encaminhou para apreciação ao CEP do IFAM. Todos os critérios e documentações requeridos pela Plataforma Brasil e pelo CEP foram aceitos sem ressalvas e o projeto foi aprovado, conforme parecer consubstanciado e constante no anexo I.

3.4 Técnica para Coleta de Dados

A coleta de dados foi feita por meio de entrevistas semiestruturadas. O objetivo principal das entrevistas foi de identificar os principais riscos ocupacionais existentes na atividade de fiscalização de obras. Desta forma, optou-se pelo uso de um roteiro de entrevistas, conforme apresentado no Quadro 3, com o intuito de facilitar e direcionar as conversas com os participantes, mas sempre deixando o participante livre para discorrer e verbalizar sobre seu entendimento e reflexão acerca dos temas a ele apresentados (ROSA e ARNOLDI, 2006).

Este roteiro de entrevista foi validado por meio de uma entrevista piloto realizada com um dos servidores que executa a atividade de fiscalização de obras. Foi escolhido aquele servidor que já dispunha de experiência na fiscalização de obras e que poderia contribuir de forma significativa para a validação do roteiro. Um resumo dos resultados da entrevista piloto encontra-se no Quadro 4. Mais detalhes sobre o resultado da entrevista piloto são apresentados no item 3.5 (entrevista piloto) deste mesmo capítulo.

Quadro 3: Roteiro de Entrevista (continua)

Nº	PERGUNTA	OBJETIVO
1	Em qual setor você trabalha?	Identificar o perfil do entrevistado
2	Há quanto tempo trabalha no IFAM?	
3	Qual seu cargo e sua formação?	
4	Há quanto tempo você realiza a atividade de “fiscalização de obras” no IFAM?	
5	Antes do IFAM você participou de alguma atividade de fiscalização? Se sim, quanto tempo você exerceu esta atividade? Você poderia fazer um breve relato sobre esta experiência?	
6	Em sua percepção, o que significa fiscalizar uma obra no IFAM, e quais são as etapas que compõe esta fiscalização?	Entender os tipos e as etapas da fiscalização de uma obra pública
7	De quais <u>tipos de obras</u> você já participou da fiscalização? Saberia dizer o total de obras que já fiscalizou? Se sim, quantas?	
8	Quantas dessas obras você liderou a fiscalização?	
9	Quais foram as principais dificuldades encontradas para realizar a fiscalização?	
10	Você saberia dizer o que poderia ser feito para facilitar a fiscalização de obras?	
11	Você poderia fazer um breve relato sobre em que consistiu a obra X? (o entrevistador escolhe uma das obras mencionadas na questão 7)	
12	Como você faz a fiscalização da obra do tipo X, isto é, quais são as atividades específicas que precisam ser realizadas para cumprimento da fiscalização desta obra?	
13	Em sua percepção, quais são os riscos ocupacionais envolvidos nas atividades de fiscalização de uma obra? Considere como <u>risco ocupacional</u> qualquer tipo de situação não saudável e fora de conformidade no ambiente de trabalho que possa oferecer danos à saúde e/ou integridade física do servidor.	Identificar a existência de riscos ocupacionais durante a realização de fiscalização de obras. (Observação: nas demais questões, reforçar ao entrevistado sobre o conceito de risco ocupacional, conforme consta na questão 13)
14	A fiscalização da obra X se dá apenas no canteiro de obras, ou tem parte da atividade de fiscalização que precisa ser realizada no escritório de engenharia (serviços burocráticos, por exemplo)?	

Quadro 3: Roteiro de Entrevista (conclusão)

Nº	PERGUNTA	OBJETIVO
15	Caso haja alguma parte da atividade de fiscalização que precisa ser feita no escritório (ou sala) de engenharia, você percebe a existência de algum tipo de risco ocupacional durante a realização desta parte da atividade?	Identificar a existência ou não de riscos ocupacionais durante a realização de fiscalização de obras
16	Você tem conhecimento de algum outro tipo de obra, já realizada no IFAM e mesmo que você não tenha sido fiscal dela, que pode ter exposto o servidor que a fiscalizou a algum tipo de risco ocupacional?	
17	Você gostaria de comentar sobre algum outro tipo de risco ocupacional existente na fiscalização de obras que ainda não foi comentado aqui nesta entrevista?	
18	Você já ouviu falar sobre “tecnologias da Indústria 4.0”? Se sim, poderia citar alguns exemplos?	Conhecimento sobre as tecnologias da Indústria 4.0
19	Você saberia dizer se algumas destas tecnologias poderiam ser empregadas com vistas a mitigar os riscos ocupacionais existentes na fiscalização de obras?	
20	Você saberia dizer se alguma destas tecnologias traria algum prejuízo ou malefício quando empregada nas atividades de fiscalização?	
21	Você tem conhecimento se alguma Instituição Pública utiliza este tipo de tecnologia voltada para a mitigação de riscos ocupacionais?	
22	Você gostaria de sugerir algum outro tipo de tecnologia que poderia ser empregada com vistas a diminuir os riscos ocupacionais da fiscalização de obras? Se sim, quais?	

Fonte: Elaboração própria (2023)

Os sujeitos da pesquisa foram todos os servidores do IFAM que, na época, realizavam a atividade de fiscalização de obras. Foram realizadas 15 entrevistas, sendo que o resultado da primeira foi apenas para validação do roteiro de entrevistas, conforme citado anteriormente.

Apesar do objetivo principal da entrevista ter sido buscar a identificação dos riscos ocupacionais existentes na atividade de fiscalização de obras, outras informações relevantes foram identificadas junto aos entrevistados, tais como: o perfil do entrevistado, os tipos de obras já fiscalizadas por ele e qual seu conhecimento sobre tecnologias da Indústria 4.0.

A entrevista foi realizada de forma individual e confidencial com os sujeitos, sendo de forma presencial com aqueles que estavam em Manaus, e através de *web* conferência com os 3 do interior do estado, conforme apresentado no Quadro 5. O registro das entrevistas foi feito por

meio de gravação de voz, previamente autorizado pelo participante por meio do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), de acordo com o modelo constante no Apêndice A.

Posteriormente foram realizadas as transcrições de todos os áudios e também arquivados como registro. Para realizar as transcrições dos áudios foi usado o recurso do *OneDrive* da *Microsoft*, ainda que após o uso desta ferramenta tornou-se necessário fazer uma boa revisão e correção de alguns textos.

Para análise, agrupamento e formatação dos dados, foram usados os princípios de Bardin (2011) e os recursos das planilhas e gráficos do *Microsoft Excel 2016* para composição de tabelas e gráficos. Ao final, foi possível identificar e quantificar os principais tipos de obras realizadas no âmbito do IFAM, e, principalmente, os principais riscos ocupacionais existentes durante a fiscalização destas obras. Os resultados são apresentados no capítulo de Resultados.

3.5 Entrevista Piloto

A fim de validar o roteiro de entrevistas, optou-se por realizar uma entrevista piloto com um dos servidores participantes da pesquisa, pois por meio desta entrevista seria possível testar e refinar as questões de pesquisa do estudo, de acordo com (YIN, 2016).

A entrevista piloto foi realizada no dia 22 de dezembro de 2021 com um dos fiscais pertencente à Reitoria por conta de sua boa experiência na fiscalização de obras e pela facilidade logística para agendamento da entrevista, pois ambos, entrevistador e entrevistado, estão lotados nesta Unidade.

Foi decidido fazer a entrevista piloto apenas com 1 dos servidores por conta do baixo número daqueles que realizam a atividade de fiscalização de obras, mas caso fosse necessário, isto é, se após esta primeira entrevista fosse necessário realizar alguma alteração significativa no roteiro, seria então realizada uma segunda entrevista piloto para validação das alterações realizadas no roteiro, o que não foi necessário, conforme descrito mais adiante.

A entrevista teve duração de aproximadamente 28 minutos e foi realizada de forma presencial e confidencial em uma sala reservada no prédio da Reitoria. Inicialmente, foi passado ao participante algumas informações relacionadas ao projeto de pesquisa e sobre os objetivos da entrevista, inclusive sinalizando que se tratava de uma entrevista piloto para teste e refinamento das perguntas do roteiro.

Em seguida, passou-se para as perguntas sequenciais contidas no roteiro de entrevista, deixando o participante livre para manifestar suas respostas de forma espontânea, mas fazendo esclarecimentos pontuais, quando necessários. O registro desta entrevista piloto foi feito por

meio de gravação de voz e o tratamento dos dados foi realizado conforme as técnicas descritas no tópico 3.4 (Técnica para coleta e análise de dados).

Os resultados obtidos foram satisfatórios, pois conseguiu-se identificar o perfil do participante, alguns tipos de obras realizadas no IFAM e, principalmente, os principais riscos ocupacionais existentes durante a fiscalização dessas obras. Com isso, optou-se em não fazer alteração no roteiro de entrevista proposto, pois seu uso foi bastante significativo na obtenção de dados relevantes para desenvolvimento deste projeto de pesquisa.

Contudo, é importante citar que o participante, durante sua livre resposta a uma determinada pergunta, acabou também respondendo a outra pergunta que seria feita posteriormente, mas não comprometendo o resultado da entrevista como um todo. Isso poderia levar a uma redução no número de perguntas, porém optou-se por manter o roteiro com todas as perguntas originais, uma vez que não se poderia garantir que outro participante teria o mesmo comportamento ao responder as perguntas do roteiro, e por entender que, caso fosse reduzido o número de perguntas, correria o risco de comprometer o levantamento dos dados. O Quadro 4 faz um resumo dos resultados do teste piloto.

Quadro 4: Resumo dos resultados da entrevista piloto.

ETAPA (da fiscalização)	ATIVIDADES (tarefas específicas)	RISCOS OCUPACIONAIS (tipos de exposições)
Administrativa (no escritório)	Tarefas por meio do uso de computador: análise e elaboração de documentos/relatórios.	Postura sentada inadequada; Fadiga postural.
	Despachos de relatórios	Fadiga mental.
	Contato sistêmico com a contratada para aceite/atesto de partes, ou totalidade, da obra.	Estresse mental/psicossocial.
Visitação (no canteiro de obras)	Inspeções gerais na obra	Choque elétrico (fiação exposta ou improvisada)
	Inspeção de obra em altura	Risco de queda
	Inspeções na obra que envolve corte de madeiras	Exposição a poeiras
		Exposição a fragmentos de madeira
Inspeções em obras sem cobertura	Exposição ao calor e radiação solar	

Fonte: Elaboração própria (2023)

A partir destes procedimentos metodológicos, destacados neste capítulo, foi possível identificar os principais riscos ocupacionais existentes na atividade de fiscalização de obras, bem como encontrar aplicações das tecnologias da Indústria 4.0 destinadas a mitigação desses riscos, a fim de responder de forma satisfatória à pergunta desta pesquisa, isto é, quais tecnologias da

Indústria 4.0 podem contribuir para a mitigação dos principais riscos ocupacionais existentes na atividade de fiscalização de obras do IFAM?. Os resultados encontrados serão apresentados no capítulo a seguir.

4 RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados da pesquisa que estão divididos em duas sessões: (4.1) resultados das entrevistas e (4.2) resultados da pesquisa bibliográfica. As entrevistas serviram principalmente para a identificação dos riscos ocupacionais existentes na atividade de fiscalização de obras; e a pesquisa bibliográfica para buscar soluções com vistas a mitigação dos riscos ocupacionais mais impactantes.

4.1 Resultados das Entrevistas

As entrevistas foram realizadas durante os meses de julho e agosto de 2022, e, conforme já mencionado anteriormente, nesta época apenas 15 servidores estavam habilitados e ativos para realizarem a atividade de fiscalização de obras em todo âmbito do IFAM, mas 1 deles foi entrevistado para a validação do roteiro de entrevistas. Desta forma, foram realizadas 14 entrevistas, conforme resumo no Quadro 5.

Importante citar que nos *campi* em que não existe servidor habilitado para a realização desta atividade, a responsabilidade pela fiscalização das obras é de algum dos servidores habilitados lotados na Reitoria, mas com o apoio de mão-de-obra terceirizada para a fiscalização no canteiro de obras, isto é, o servidor executa as atividades burocráticas e administrativas da fiscalização, a partir do próprio escritório de engenharia, e supervisiona e controla a fiscalização técnica no canteiro obras, recebendo e validando os relatórios técnicos emitidos pelo fiscal terceirizado.

Quadro 5: Resumo dos participantes das entrevistas (continua).

CIDADE	UNIDADE	PARTICIPANTE	TEMPO(min)	MODALIDADE
Manaus	Reitoria	P1	15:16	Presencial
		P2	19:11	
		P3	24:23	
		P4	26:05	
		P5	12:53	
		P6	12:42	
	Campus Manaus Centro	P7	19:02	
		P8	18:34	
	Campus Manaus Zona Leste	P9	14:21	
		P10	19:52	
	Campus Distrito Industrial	P11	27:07	

Quadro 5: Resumo dos participantes das entrevistas (conclusão).

CIDADE	UNIDADE	PARTICIPANTE	TEMPO(min)	MODALIDADE
São Gabriel da Cachoeira (SGC)	<i>Campus SGC</i>	P12	23:12	<i>Google Meet</i>
Coari	<i>Campus Coari</i>	P13	18:03	
Parintins	<i>Campus Parintins</i>	P14	16:32	

Fonte: Elaboração própria (2023)

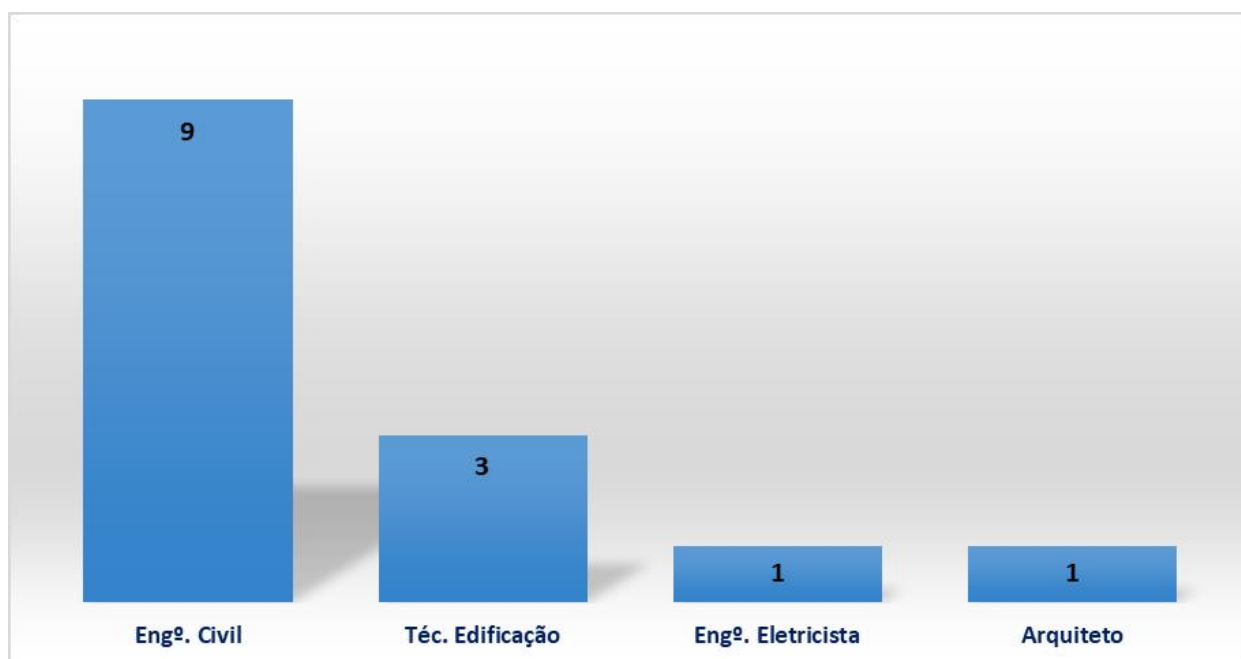
De todas as entrevistas, três foram realizadas via *web*. Ainda assim, todas foram feitas de forma individual e reservada, a fim de manter o sigilo e a confidencialidade do participante. Todos concordaram com a gravar o áudio das entrevistas para posterior tratamento por parte do pesquisador, bem como não se opuseram em assinar o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE), conforme o modelo que consta no Apêndice A.

De acordo com o relato de todos os participantes, a fiscalização de obras no IFAM se compõe de duas grandes etapas. Uma é a etapa burocrática (ou administrativa), 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 outra é a etapa de 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 da obra, do uso correto dos materiais especificados no projeto básico e do cumprimento das legislações e leis pertinentes a obra.

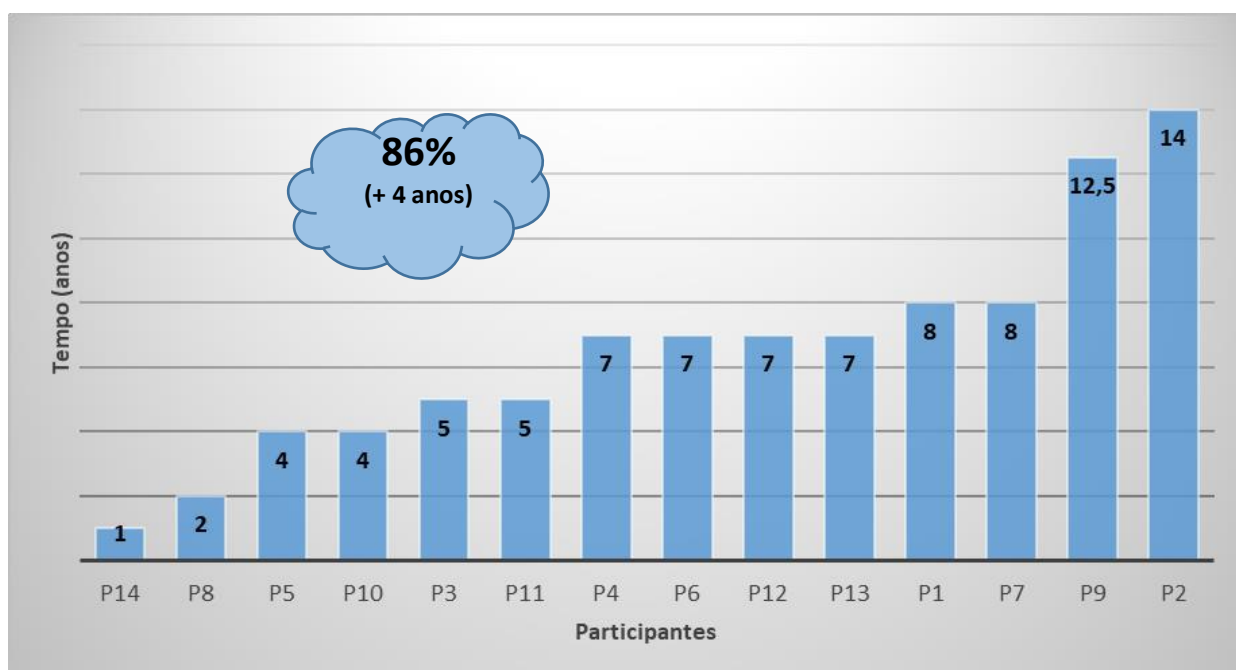
Inicialmente, foi identificado um pouco do perfil dos participantes desta pesquisa, conforme pode ser observado nos Gráficos 1 e 2. No Gráfico 1, tem-se os cargos ocupados pelos participantes da pesquisa no IFAM; no Gráfico 2, a experiência de cada um na atividade de fiscalização de obras. Importante destacar que 86% dos participantes possuem mais de 4 anos de experiência na atividade, o que pode representar uma boa contribuição para o levantamento dos riscos ocupacionais existentes nesta atividade.

Gráfico 1: Cargo dos participantes.



Fonte: Elaboração própria (2023)

Gráfico 2: Experiência com fiscalização de obras no IFAM.

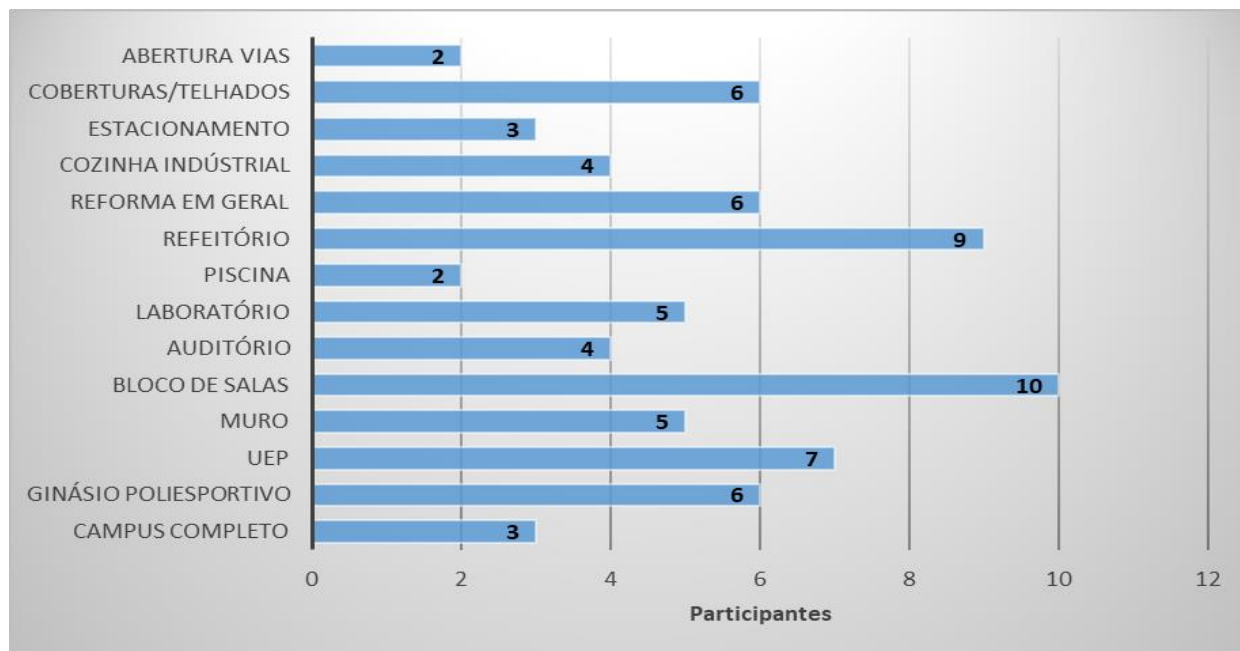


Fonte: Elaboração própria (2023)

Outro ponto de destaque que foi observado diz respeito aos tipos de obras que cada servidor participou da fiscalização no IFAM, conforme apresentado no Gráfico 3. O tipo de obra

que mais servidores tiveram experiência na fiscalização é a construção de blocos de salas, onde dos 14 entrevistados, 10 já tiveram experiência neste tipo de fiscalização.

Gráfico 3: Tipos de obras executadas no IFAM.



Fonte: Elaboração própria (2023)

A informação mais relevante para esta pesquisa diz respeito aos tipos de riscos ocupacionais identificados durante a fiscalização das obras mostradas no Gráfico 3. Conforme relato dos 14 participantes da pesquisa, pôde-se identificar 19 tipos diferentes de riscos ocupacionais, isto é, 19 tipos de situações que podem oferecer danos à saúde e/ou integridade física ou mental do servidor. Os tipos de riscos ocupacionais são apresentados no Gráfico 4.

Os riscos ocupacionais citados foram agrupados por tipo e quantificados em uma planilha de excel, formando uma tabela quantitativa contendo todos os riscos e suas quantidades para posterior análise e geração dos gráficos. Desta forma, pode-se destacar aqui os dois tipos de riscos ocupacionais mais citados pelos participantes, que são: estresse mental (citado por 12 participantes) e postura sentada inadequada ou incorreta (citado por 10 participantes), conforme pode ser observado no Gráfico 4.

Gráfico 4: Riscos ocupacionais identificados.



Fonte: Elaboração própria (2023)

O estresse mental acontece principalmente quando ocorre a necessidade de realizar tratativas com o empreiteiro responsável pela execução da obra, pois muitas das vezes as empresas contratadas não cumprem de forma satisfatória os acordos assumidos por meio do contrato. As tratativas que o fiscal necessita fazer com o empreiteiro, seja direta ou indiretamente, no sentido de fazê-lo cumprir o contrato, causa muito desgaste e estresse mental, pois, muitas das vezes não é uma conversa muito amistosa, haja vista muito das empresas que vencem os contratos não possuem estrutura financeira para se sustentar ou refazer uma parte da obra que foi executada errada, por exemplo. Houve até relatos de ameaças ao servidor, por parte do empreiteiro, para recebimento de pagamento por uma parte da obra executada, ainda que ela não tenha sido feita de acordo com o projeto, ou seja, não foi aprovada pelo fiscal por conta de algum tipo de erro de execução.

Importante citar que – conforme informado pelos entrevistados – as legislações vigentes que regem os contratos para execução de serviços na administração pública possuem “brechas” que permitem empresas, sem estrutura adequada para a prestação do serviço, participarem e até mesmo de vencerem licitações para serviços públicos.

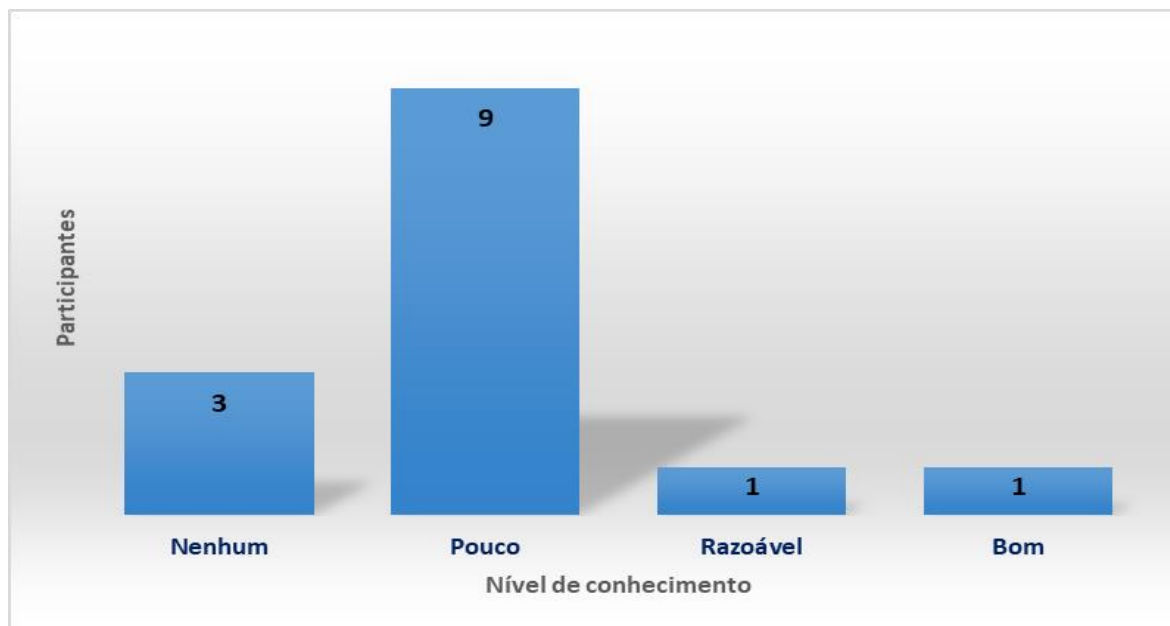
Em muitos casos, essas tratativas geram a paralização da obra, pois foi detectado um erro de execução e a empresa somente deve dar continuidade a ela depois de tê-lo corrigido; então, por conta dessa paralização, acontece também estresse interno com os gestores do *campus* onde a obra está sendo realizada, pois a paralização da obra pode gerar também perda dos recursos financeiros destinados para aquela construção.

O segundo principal risco ocupacional identificado na atividade de fiscalização de obras (mais de 70% dos participantes relataram este risco), se refere à postura sentada. Como grande parte das atividades burocráticas e administrativas são realizadas no escritório por meio do uso de computador, isso inevitavelmente exige que o servidor fique muito tempo trabalhando na postura sentada.

Ainda que a cadeira e a mesa usados por eles atendam aos requisitos básicos de ergonomia, mas a necessidade de ficar muitas horas sentado fazendo análises e, algumas vezes, necessitar de 2 ou até 3 telas de monitor para isso, podem causar dores lombar e má postura do pescoço, por exemplo. Além disso, involuntariamente o servidor acaba ficando numa postura incorreta para a coluna, devido à grande concentração disponibilizada para a análise (e despacho) dos documentos. De um modo geral, este percentual de servidores relataram uma certa fadiga postural, dores lombares e no pescoço durante realização das atividades em sua mesa de trabalho.

Por isso, pretendeu-se buscar soluções nas tecnologias da Indústria 4.0 para mitigação destes dois tipos de riscos ocupacionais, pois foram os dois que mais se destacaram. Os demais riscos identificados nas entrevistas estão listados no Gráfico 4.

Gráfico 5: Nível de conhecimento sobre I4.0.



Fonte: Elaboração própria (2023)

Outra informação coletada durante as entrevistas foi em relação ao conhecimento que os entrevistados tinham sobre tecnologias da Indústria 4.0. O principal objetivo dessa pergunta foi desenvolver uma conversa sobre o assunto, a fim de dar oportunidade ao entrevistado de sugerir o uso de algum tipo de tecnologia da Indústria 4.0 como forma de diminuição de algum risco ocupacional comentado durante a realização da entrevista. O resultado está apresentado no Gráfico 5, mas, dado que a grande maioria apresentou “pouco” ou “nenhum” conhecimento sobre o assunto, foi sugerido por dois dos participantes apenas o uso de *drones* nas fiscalizações de obras em altura como obras em telhados ou caixas d’água, por exemplo.

4.2 Resultados da Pesquisa Bibliográfica

A seguir, serão apresentados os resultados de possíveis soluções encontradas na literatura científica com vistas ao atingimento do objetivo final deste trabalho, e como resposta à pergunta de pesquisa: quais tecnologias da Indústria 4.0 podem contribuir para a diminuição dos riscos ocupacionais mais impactantes existentes na atividade de fiscalização de obras do IFAM?

No item 4.2.1 será exposto o uso das tecnologias realidade virtual, inteligência artificial e internet das coisas no combate ao risco estresse ocupacional; e no item 4.2.2, o uso destas mesmas tecnologias, mas destinadas para o risco ocupacional da postura sentada incorreta.

4.2.1 Aplicações das tecnologias para o estresse mental

No Quadro 6, observa-se as aplicações das tecnologias da Indústria 4.0: realidade virtual, inteligência artificial e internet das coisas destinadas para o monitoramento e tratamento do estresse ocupacional. As pesquisas foram realizadas nas bases de busca *Scopus*, *Web of Science* e *Scielo* entre os dias 26 a 30 de novembro de 2022.

Quadro 6: Tecnologias da Indústria 4.0 aplicadas ao estresse ocupacional (continua).

ITEM	TECNOLOGIA	DESCRIÇÃO	AUTORES
1	Internet das Coisas / Inteligência Artificial	Detectar o nível de estresse mental por meio por meio de uma rede de aprendizado profundo e técnica de pré-processamento de imagem, usando dispositivos de sensores EEG (eletroencefalografia), PPG (fotopleitismografia) e GSR (reação galvânica da pele).	(HAMATTA <i>et al.</i> , 2022).
2	Realidade Virtual	Realidade virtual no tratamento de sintomas psicopatológicos relacionados ao estresse. São tratamentos baseados nos princípios da terapia cognitiva comportamental como técnicas de relaxamento, por exemplo.	(IMPERATORI <i>et al.</i> , 2020)
3	Realidade Virtual	Terapia por meio do uso de aplicativos de realidade virtual centrados no uso de espaços virtuais massivamente expansivos percebidos, simulando as extensões de espaço experimentados, por exemplo, ao olhar para o céu noturno.	(JERATH e BEVERIDGE, 2021)
4	Inteligência Artificial	Gerenciamento do estresse por meio do monitoramento da frequência cardíaca e pressão arterial. O sistema de detecção é baseado em sensores vestíveis, e os dados coletados serão transmitidos para um dispositivo inteligente, como smartphone, sendo um alerta do resultado enviado ao usuário.	(LIN <i>et al.</i> , 2021)
5	Realidade Virtual	Redução do estresse por meio da observação de cenários naturais através da realidade virtual. Com a natureza virtual, é muito mais fácil controlar variáveis perturbadoras do que conduzir experimentos na natureza real.	(SHU, WU e ZHAI, 2022)
6	Inteligência Artificial	Sistemas vestíveis de monitoramento contínuo que detecta e alerta sobre o nível de estresse de uma pessoa. São modelos de redes neurais usadas para a classificação do estresse.	(DHAM, RAIE SONI, 2021)
7	Realidade Virtual	Ambientes de realidade virtual para induzir cargas variáveis de estresse e respostas autônomas. O autor aplica sessões de realidade virtual para coleta de sinais de eletrocardiograma para relaxamento do estresse.	(BU, 2020)

Quadro 6: Tecnologias da Indústria 4.0 aplicadas ao estresse ocupacional (conclusão).

ITEM	TECNOLOGIA	DESCRIÇÃO	AUTORES
8	Realidade Virtual	Diminuição do estresse psicossocial por meio do uso da realidade virtual imersiva (RVI), que é uma técnica inovadora que permite a representação de um mundo virtual plausível e realista e um corpo virtual (ou avatar) usando um visor RVI.	(BURIN <i>et al.</i> , 2022)
9	Internet das Coisas	Sistema de monitoramento de estresse por meio de coleta de vários sinais fisiológicos, coletados por sensores vestíveis, onde constrói modelos de avaliação de estresse baseados em aprendizado de máquina com base nesses sinais.	(HAN <i>et al.</i> , 2020)
10	Realidade Virtual	Gerenciamento do estresse por meio do uso de aplicativos, jogos e algoritmos com a realidade virtual, para melhorar a saúde das pessoas, podendo levá-las a um estado mais relaxado por meio do entretenimento.	(ISHAQUE <i>et al.</i> , 2020)
11	Realidade Virtual	Dispositivo médico para estimulação neural, causando um efeito restaurador no sistema nervoso autônomo em pessoas afetadas por estresse.	(AGANOV <i>et al.</i> , 2022)
12	Internet das Coisas	Detecção e gerenciamento de estresse por meio do uso do Nano sensores de eletroencefalograma. Esta tecnologia é incorporada com software e sensores para interconexão e troca de dados em tempo real com o usuário final através da internet.	(PRAVEENA e MATHANA, 2022)
13	Realidade Virtual	A influência da caminhada virtual na floresta nas respostas fisiológicas e psicológicas. O uso de ambientes florestais baseados em realidade virtual para auxiliar no bem-estar mental, reduzindo significativamente os níveis de estresse.	(ALYAN <i>et al.</i> , 2021)
14	Inteligência Artificial / Internet das Coisas.	Monitoramento do estresse orientado por inteligência artificial e/ou internet das coisas. Uso de sensores vestíveis que coletam sinais fisiológicos e, assim, detectam o nível de estresse de um indivíduo.	(JESMIN, KAISER e MAHMUD, 2020);
15	Realidade Virtual	Uso de um dispositivo comercial de realidade virtual como uma alternativa barata e portátil para alívio do estresse. Sessões de cromoterapia em escritórios, hotéis, hospitais ou em casa, que possam tornar as terapias de alívio do estresse mais acessíveis.	(VAQUERO-BLASCO <i>et al.</i> , 2020).

Fonte: Elaboração própria (2023)

Para esta pesquisa foram usadas as palavras-chave: “*virtual reality*”, “*artificial intelligence*”, “*internet of things*”, “*mental stress*” e “*Psychosocial risk*” e as buscas foram limitadas aos anos de 2020 a 2022. Após descartados os documentos repetidos nas bases, lido os resumos e descartados aqueles documentos não relevantes para a pesquisa, foram identificadas 15 aplicações, conforme os autores constantes no Quadro 6.

4.2.2 Aplicações das tecnologias para a postura sentada

No Quadro 7, têm-se algumas aplicações das tecnologias da Indústria 4.0: realidade virtual, inteligência artificial e internet das coisas destinadas para a postura sentada correta. As pesquisas foram realizadas nas bases de busca *Scopus*, *Web of Science* e *Scielo* entre os dias 26 a 30 de novembro de 2022.

Quadro 7: Tecnologias da Indústria 4.0 aplicadas à postura sentada (continua).

ITEM	TECNOLOGIA	DESCRIÇÃO	AUTORES
1	Internet das Coisas	Sistema de reconhecimento de postura sentada com base em dados multimodais por meio de vários sensores de pressão formando uma matriz. O sistema consiste de um protótipo de hardware, algoritmo de reconhecimento e as categorias predefinidas de postura sentada.	(ZHANG <i>et al.</i> , 2022)
2	Internet das Coisas	Desenvolvimento de uma cadeira inteligente por meio de um sistema para detecção de postura sentada com base em sensores de força e aplicativos móveis. Seis sensores de força flexíveis, dois no encosto e quatro no assento inferior. O usuário recebe feedback sobre a postura sentada e dados estatísticos adicionais.	(MATUSKA, PARALIC e HUDEC, 2020)
3	Internet das Coisas	Sistema de alerta proposto integra os sensores e redes sem fio para acumulação de dados para monitorar a postura sentada de uma pessoa e alertá-la para corrigir sua postura sentada.	(RAMALINGAM <i>et al.</i> , 2021a)

Quadro 7: Tecnologias da Indústria 4.0 aplicadas à postura sentada (continuação).

ITEM	TECNOLOGIA	DESCRIÇÃO	AUTORES
4	Inteligência Artificial	Sistema de reconhecimento de postura correta por meio do monitoramento da posição das pernas ao sentar em uma mesa. O sistema ajuda a determinar os períodos do dia em que um trabalhador passa sentado com má postura e quanto tempo isso dura.	(PISTOLESI, BALDASSINI e LAZZERINI, 2022)
5	Internet das Coisas	Um sistema de cadeira inteligente formada por sensores que auxilia na detecção de postura inadequada, mas também fornece ao usuário histórico de seu uso indevido da cadeira.	(KUMAR, SHARMA e SHARMA, 2021)
6	Internet das Coisas	Sistema de monitoramento de postura sentada composto por um cinto equipado com sensores e um aplicativo móvel. O cinto inteligente coleta as variações do tronco e do ombro e as envia para o servidor em nuvem para armazenamento de dados. O aplicativo móvel instalado no celular do usuário fornece a variação da postura e alerta em tempo real em caso de detecção de má postura.	(TLILI <i>et al.</i> , 2022)
7	Internet das Coisas	Sistema de cadeira inteligente com sensores embutidos para observar continuamente a postura sentada. A cadeira monitora se a parte superior do corpo está centralizada, ereta, inclinada ou com profundidade de assento corretos.	(MIZUMOTO <i>et al.</i> , 2020)
8	Inteligência Artificial	Sistema de correção de postura com base na tecnologia de reconhecimento facial. O sistema inclui circuito de <i>hardware</i> e <i>software</i> para gravação e coleta das imagens com vistas a correção da má postura.	(TANG <i>et al.</i> , 2022)
9	Internet das Coisas	Este sistema inclui os componentes como sensores de pressão, sensores ultrassônicos, bateria recarregável e módulo <i>Bluetooth</i> . Vários sensores são instalados com o objetivo de detectar a postura do usuário na cadeira. Os outros componentes usados no sistema são dedicados à transferência de dados para o smartphone.	(RAMALINGAM <i>et al.</i> , 2021b)

Quadro 7: Tecnologias da Indústria 4.0 aplicadas à postura sentada (conclusão).

ITEM	TECNOLOGIA	DESCRIÇÃO	AUTORES
10	Internet das Coisas	Sistema de monitoramento preciso da postura sentada em tempo real usando uma almofada chamada <i>LifeChair</i> e aprendizado de máquina supervisionado a partir da detecção de pressão e dados do corpo do usuário.	(BOURAHMOUNE, ISHAC e AMAGASA, 2022)
11	Internet das Coisas	Um sistema de sensor vestível com uma vestimenta magnética integrada que pode monitorar continuamente as diferentes posturas sentadas. O sistema fornece monitoramento contínuo da coluna vertebral para detectar posturas inadequadas.	(FARNAN, DOLEZALEK e MIN, 2021)
12	Internet das Coisas	Sistema portátil de monitoramento automático do comportamento sentado. Uma cadeira é projetada em torno da biomecânica do assento humano para detectar a pressão do assento. Um aplicativo inteligente é projetado e desenvolvido para visualizar informações sentadas em tempo real.	(ANWARY, VASSALLO e BOUCHACHIA, 2020)
13	Internet das Coisas	Um sistema de monitoramento postural baseado em quatro sensores de baixo custo e uma placa micro controladora simples, com o objetivo de reconhecer uma distribuição assimétrica da pressão exercida no assento por uma pessoa sentada durante o horário de trabalho. O sistema envia alertas ao trabalhador que retrocedem somente após o restabelecimento da posição correta na cadeira.	(LAMBERTI <i>et al.</i> , 2022)
14	Internet das Coisas	Um sistema automático para visualização e informação em tempo real sobre a postura sentada. Os usuários podem avaliar visualmente e obter <i>feedback</i> por meio de um aplicativo de celular conectado via <i>Bluetooth</i> à capa do assento.	(ANWARY <i>et al.</i> , 2021)
15	Internet das Coisas	Um sistema inteligente de Internet das Coisas para detecção de postura sentada. Baseou-se na instalação de seis sensores de força, comunicando com uma aplicação móvel.	(AMINOSHARIEH NAJAFI <i>et al.</i> , 2022)

Fonte: Elaboração própria (2023)

Nesta pesquisa foram usadas as palavras-chave: “*virtual reality*”, “*artificial intelligence*”, “*internet of things*”, “*sitting posture*” e “*sitting work*”. As buscas foram limitadas aos anos de 2020 a 2022, e, após descartados os documentos repetidos nas bases, lido os resumos e descartados àqueles documentos não relevantes para a pesquisa, foram identificadas 15 aplicações, conformes os autores constantes no Quadro 7.

5 GUIA PROPOSTO NO ESTUDO

O produto final resultante deste trabalho de pesquisa se refere a um guia de aplicações cuja finalidade principal é servir de orientações estratégicas para o problema relacionado aos principais riscos ocupacionais que foram identificados na coleta de dados.

A Figura 15 traz o guia de aplicações das tecnologias da Indústria 4.0 que podem ser destinadas para a mitigação dos riscos ocupacionais estresse mental e postura sentada incorreta. Para o estresse mental tem-se a opção de 7 dispositivos de monitoramento do estresse por meio do uso da inteligência artificial, internet das coisas ou da realidade virtual, e tem-se também a opção de 8 dispositivos para tratamento do estresse através do uso da realidade virtual.

Figura 15: Guia de aplicações.

Guia Estratégico de Aplicações da Indústria 4.0 para Riscos Ocupacionais				
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)			
1	(PISTOLESI, BALDASSINI e LAZZERINI, 2022)	Inteligência Artificial (2)	Câmera Inteligente (2)	Postura Sentada
2	(TANG <i>et al.</i> , 2022)			
3	(TLILI <i>et al.</i> , 2022)	Internet das Coisas (13)	Cinto Inteligente (1)	
4	(FARNAN, DOLEZALEK e MIN, 2021)		Blusa Inteligente (1)	
5	(ZHANG <i>et al.</i> , 2022)			
6	(MATUSKA, PARALIC e HUDEC, 2020)			
7	(RAMALINGAM <i>et al.</i> , 2021a)			
8	(KUMAR, SHARMA e SHARMA, 2021)			
9	(MIZUMOTO <i>et al.</i> , 2020)			
10	(RAMALINGAM <i>et al.</i> , 2021b)		Cadeira Inteligente (11)	
11	(BOURAHMOUNE, ISHAC e AMAGASA, 2022)			
12	(ANWARY, VASSALLO e BOUCHACHIA, 2020)			
13	(LAMBERTI <i>et al.</i> , 2022)			
14	(ANWARY <i>et al.</i> , 2021)			
15	(AMINOSHARIEH NAJAFI <i>et al.</i> , 2022)			

Fonte: Elaboração própria (2023).

Já para a postura sentada incorreta, todas as aplicações constantes no guia são para o monitoramento da postura correta no trabalho sentado. São 2 aplicações usando câmeras inteligentes por meio do uso da inteligência artificial, e 13 aplicações usando a internet das coisas, sendo: 1 aplicação usando um cinto inteligente, 1 aplicação usando uma blusa inteligente e 11 aplicações através do uso das chamadas cadeiras inteligentes.

Para implementação de alguma destas aplicações, sugere-se as seguintes ações por parte do IFAM:

- a) Montar uma equipe responsável pela implementação do produto composta por representantes dos setores de engenharia (DINFRA), tecnologia da informação (TI) e setor de saúde, sendo que para as aplicações relacionadas ao estresse mental é imprescindível a participação de um médico nesta equipe;
- b) Esta equipe deve avaliar e definir qual destas aplicações é mais apropriada para iniciar sua implementação;
- c) Aprofundar estudo nos artigos referente à aplicação definida;
- d) Levantar custos, recursos e materiais necessários para a implementação;
- e) Planejar e programar implementação por meio do PDI do IFAM.

5.1 Validação do Guia

A proposta final desta pesquisa foi oferecer ao IFAM um guia de aplicações das tecnologias da Indústria 4.0: realidade virtual, inteligência artificial e internet das coisas para fins de mitigar os dois principais riscos ocupacionais identificados na coleta de dados. Desta forma, tal guia foi validado por meio de uma discussão em “grupo focal” formado a partir de 4 dos participantes da coleta de dados, os quais são experientes e especialistas na execução da atividade de fiscalização de obras.

O objetivo da reunião foi fazer fluir uma discussão entre os participantes criando condições para que todos manifestassem seu posicionamento quanto ao uso do produto gerado a partir do projeto de pesquisa (GATTI, 2005). Através da reunião do grupo focal e da experiência dos participantes foi possível explorar, analisar, esclarecer e validar o guia proposto (POWELL e SINGLE, 1996).

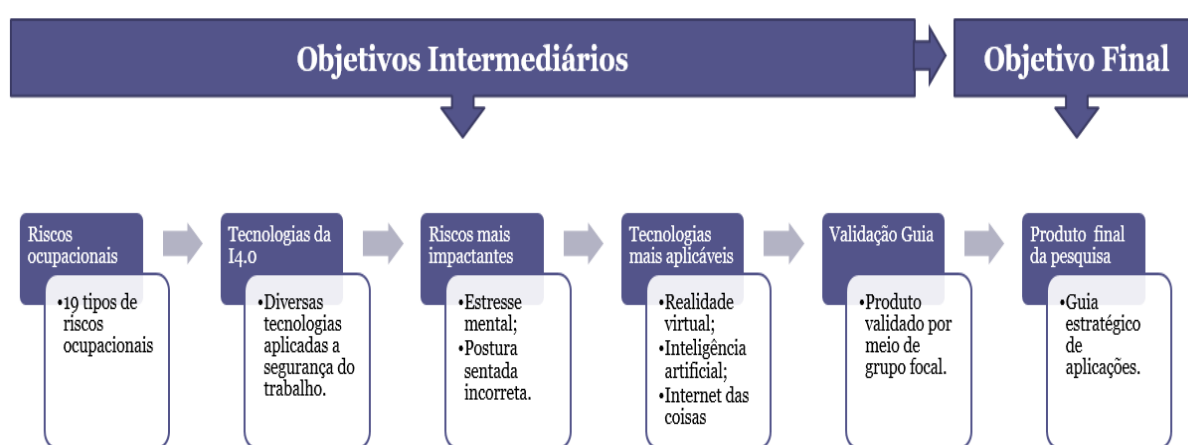
A reunião foi registrada por meio da gravação de áudio, possibilitando a elaboração do relatório técnico constante no Apêndice B desta dissertação, onde também poderão ser observadas outras informações técnicas ali descritas, sendo importante destacar a manifestação unânime dos participantes pela propriedade, adequabilidade e aplicabilidade do guia para

mitigação do problema estudado. Ao final de toda aprovação da dissertação e conclusão do mestrado, o guia de aplicações juntamente com o relatório técnico será encaminhado ao diretor do departamento de infraestrutura do IFAM para sua apreciação e tratativas que se fizerem necessárias com vistas a sua aplicabilidade.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo final do presente trabalho foi propor um guia de aplicações das tecnologias da Indústria 4.0 destinadas para a mitigação dos principais riscos ocupacionais existentes durante a realização da atividade de fiscalização de obras no IFAM. Para atingimento deste objetivo foi necessário identificar todos os riscos ocupacionais existentes nesta atividade, bem como a realização de um estudo bibliométrico a fim de identificar quais tecnologias da Indústria 4.0 eram mais aplicáveis para os principais riscos ocupacionais identificados. A Figura 16, traz um resumo dos objetivos alcançados neste projeto.

Figura 16: Resumo dos objetivos alcançados.



Fonte: Elaboração própria (2023).

Por meio das entrevistas que foram realizadas com todos os servidores que executam a atividade de fiscalização de obras, identificou-se a presença de 19 tipos de riscos ocupacionais nesta atividade, mas os dois tipos que mais se destacaram foram o estresse mental, relatado por 85,7 % dos participantes, e postura sentada incorreta, relatado por 71,4 % dos participantes.

O resultado do estudo bibliométrico apontou que a realidade virtual, a inteligência artificial e a internet das coisas são as tecnologias da Indústria 4.0 mais apropriadas para aplicações destinadas a mitigação destes dois tipos de riscos ocupacionais (estresse mental e postura sentada incorreta).

Outro resultado que muito contribuiu para o atingimento do objetivo final desta pesquisa foi em relação à pesquisa bibliográfica realizada nas bases de busca *Scopus*, *Web of Science* e *Scielo*, onde foi possível a identificação de 30 aplicações das tecnologias realidade virtual, inteligência artificial e internet das coisas que são destinadas para a mitigação destes dois

principais riscos ocupacionais existentes na atividade de fiscalização de obras. Destas 30 aplicações identificadas, 15 são voltadas para o estresse mental e 15 para a postura sentada incorreta.

A partir destes resultados foi possível elaborar o guia de aplicações das tecnologias da Indústria 4.0, proposto como objetivo final desta pesquisa, cujo finalidade é servir de orientações estratégicas para a mitigação do estresse mental e da postura sentada incorreta. Basicamente no guia constam as opções de 7 dispositivos de monitoramento e 8 dispositivos para tratamento do estresse mental, bem como 15 opções de monitoramento da postura sentada correta, sendo 11 por meio do uso de cadeiras inteligentes. Todas estas aplicações são por meio do uso de uma das 3 tecnologias da Indústria 4.0, isto é, realidade virtual, inteligência artificial ou internet das coisas, conforme descrito no capítulo 5 – Guia proposto do estudo.

Por fim, considera-se respondido com sucesso a pergunta de pesquisa, isto é, quais tecnologias da Indústria 4.0 podem contribuir para a diminuição dos principais riscos ocupacionais existentes na atividade de fiscalização de obras do IFAM? São as tecnologias realidade virtual, inteligência artificial e internet das coisas por meio das aplicações descritas anteriormente.

Trabalhos futuros poderão ser realizados objetivando aplicações das tecnologias da Indústria 4.0 para os demais riscos ocupacionais existentes na atividade de fiscalização de obras, ou para a investigação de outros tipos de riscos ocupacionais existentes em outras atividades desenvolvidas no IFAM. Também poderão ser realizados trabalhos de expansão das aplicações destas tecnologias aqui identificadas para os riscos ocupacionais similares existentes em outras atividades desenvolvidas no IFAM, pois as atividades de trabalho sentado e o estresse mental são similares em outras atividades.

REFERÊNCIAS

AGANOV, S.; NAYSHTETIK, 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.

AL FARSI, G.; YUSOF, A. M.; ROMLI, A.; TAWAFK, R. M.; MALIK, S. I.; JABBAR, J.; RSULI, M. E. B. A Review of Virtual Reality Applications in an Educational Domain. **International Journal of Interactive Mobile Technologies**, v. 15, n. 22, p. 99–110, 2021.

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. et al. The influence of virtual forest walk on physiological and psychological

responses. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 21, 2021.

AMARAL, F. V.; JULIANI, J. P.; DE BETTIO, R. W. Internet das coisas aplicada no ambiente das bibliotecas: Uma revisão sistemática da literatura internacional. **Perspectivas em Ciencia da Informacao**, v. 25, n. 4, p. 80–101, 2020.

AMINOSHARIEH NAJAFI, T.; ABRAMO, A.; KYAMAKYA, K.; AFFANNI, A. Development of a Smart Chair Sensors System and Classification of Sitting Postures with Deep Learning Algorithms. **Sensors**, v. 22, n. 15, p. 1–24, 2022.

ANSALDI, S. M.; AGNELLO, P.; BRAGATTO, P. A. Smart safety systems: Are they ready to control the hazard of major accidents? **WIT Transactions on the Built Environment**, v. 174, p. 169–180, 2018.

ANWARY, A. R.; CETINKAYA, D.; VASSALLO, M.; BOUCHACHIA, H. Smart-Cover: A real time sitting posture monitoring system. **Sensors and Actuators, A: Physical**, v. 317, p. 112451, 2021.

ANWARY, A. R.; VASSALLO, M.; BOUCHACHIA, H. Monitoring of Prolonged and Asymmetrical Posture to Improve Sitting Behavior. 2020 International Conference on Data Analytics for Business and Industry: Way Towards a Sustainable Economy, ICDABI 2020, 2020.

ARIA, M.; CUCCURULLO, C. Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. **Journal of Informetrics**, 11(4) , pp 959-975, Elsevier, 2017.

BACHA, J. M. R.; GOMES, G. C. V.; FREITAS, T. B.; TORRIANI-PASIN, C.; LANGE, B.; POMPEU, J. E. Kinect Adventures versus physical exercise on depressive symptoms of older adults: A pilot study. **Fisioterapia em Movimento**, v. 33, p. 1–11, 2020.

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.

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.

BISSO, E. M. **O que é Segurança do Trabalho**. Editora Brasiliense, 1990.

BONIFAZI, G.; CORRADINI, E.; URSINO, D.; VIRGILI, L.; ANCESCHI, E.; DONATO, M. C. D. A machine learning based sentient multimedia framework to increase safety at work. **Multimedia Tools and Applications**, 2021.

BÖRCSÖK, J.; HAFIZ, M. I.; ANSULEIMAN, A.; SCHWARZ, M.; ABDELAWWAD, M. Safe position detection based on safety system-on-chip (SSOC) for wireless IoT application. **International Journal of Circuits, Systems and Signal Processing**, v. 14, p. 1040–1046, 2020.

BORTOLINI, M.; FACCIO, M.; GALIZIA, F. G.; GAMBERI, M.; PILATI, F. Motion Analysis System (MAS) for production and ergonomics assessment in the manufacturing

- processes. **Computers and Industrial Engineering**, v. 139, n. October 2018, p. 105485, 2020.
- BOURAHMOUNE, K.; ISHAC, K.; AMAGASA, T. Intelligent Posture Training: Machine-Learning-Powered Human Sitting Posture Recognition Based on a Pressure-Sensing IoT Cushion. **Sensors**, v. 22, n. 14, 2022.
- BRAATZ, D., ROCHA, R., GEMMA, S. **Engenharia do trabalho : saúde, segurança, ergonomia e projeto** . Santana de Parnaíba, SP : Ex Libris Comunicação, 2021.
- BROCAL, F.; GONZÁLEZ, C.; KOMLJENOVIC, D.; KATINA, P. F.; SEBÁSTIAN, M. A. Emerging risk management in industry 4.0: An approach to improve organizational and human performance in the complex systems. **Complexity**, v. 2019, 2019.
- 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.
- BUDDHAN, A. R.; ESWARAN, S. P.; BUDDHAN, D. M. E.; SRIPURUSHOTTAMA, S. Even driven multimodal augmented reality based command and control systems for mining industry. **Procedia Computer Science**, v. 151, n. 2018, p. 965–970, 2019.
- 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.
- CARDELLA, B. **Safety at Work and Emergency Control**. 2ª ed. Editora Atlas LTDA - Gen Grupo Editorial Nacional, Rio de Janeiro, 2018.
- 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.
- CEMIM, J. A.; CORREA, P. S.; PEREIRA, B. S.; SOUZA, J. S.; CECHETTI, F. Realidade virtual como ferramenta de intervenção para os membros superiores na doença de Parkinson série de casos. **Cemim et al. Realidade virtual em membros superiores na doença de Parkinson**, p. 128–137, 2021.
- CÉSPEDES, L.; ROCHA, F. D. **Segurança e Medicina do Trabalho**. 21ª ed. São Paulo: Editora Sariva, 2018.
- CGE-PB, CONTROLADORIA GERAL DO ESTADO DA PARAÍBA. **Manual Orientativo de Fiscalização de Obras e Serviços de Engenharia**. Versão 1. João Pessoa, 2014.
- CGE-PI, CONTROLADORIA GERAL DO ESTADO DO PIAUÍ. **Manual de Orientações para Execução e Fiscalização de Obras Públicas**. 3ª ed. Teresina, 2014.
- 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.

CUENCA, R.; TOMEI, P. A.; MELLO, S. F. A humildade nas organizações: um estudo bibliométrico. **Cadernos EBAPE.BR**, v. 20, n. 5, p. 653–674, out. 2022.

DA ROCHA, G. O.; DOMINGUES, P. L. Occupational Stress in a Dairy Factory in Brazil. **International Journal of Research -GRANTHAALAYAH**, v. 7, n. 10, p. 45–50, 2020.

DESAI, K.; GUPTA, P.; PARIKH, P.; DESAI, A. Impact of virtual mindfulness meditation program on stress, quality of sleep, and psychological wellbeing during the covid-19 pandemic: A mixed-method study. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 21, 2021.

DHAM, V.; RAI, K.; SONI, U. Mental Stress Detection Using Artificial Intelligence Models. **Journal of Physics: Conference Series**, v. 1950, n. 1, 2021.

DIGMAYER, C.; JAKOBS, E. M. Developing Safety Cultures for Industry 4.0. New Challenges for Professional Communication. **IEEE International Professional Communication Conference**, v. 2019- July, p. 218–225, 2019.

DI RIENZO, F.; VIRDIS, A.; VALLATI, C.; CARBONARO, N.; TOGNETTI, A. A sensorized glove for industrial safety based on Near-Field Communication. **Proceedings - 2020 IEEE International Conference on Smart Computing, SMARTCOMP 2020**, p. 256–258, 2020.

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.

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.

ELSISI, M.; TRAN, M.; MAHMOUD, K.; LEHTONEN, M.; DARWISH, M. M. F. Deep learning-based industry 4.0 and internet of things towards effective energy management for smart buildings. **Sensors (Switzerland)**, v. 21, n. 4, p. 1–19, 2021.

FARNAN, M.; DOLEZALEK, E.; MIN, C. H. Magnet integrated shirt for upper body posture detection using wearable magnetic sensors. **2021 IEEE International IOT, Electronics and Mechatronics Conference, IEMTRONICS 2021 - Proceedings**, 2021.

FENG, L.; LI, Z.; LIU, C.; CHEN, X.; YIN, X.; FANG, D. SitR: Sitting Posture Recognition Using RF Signals. **IEEE Internet of Things Journal**, v. 7, n. 12, p. 11492–11504, 2020.

FONSECA, P. H.; MATITZ, Q. R. S.; CHAERKI, K. F. A diversidade humana em estudos de gestão e estratégia: Um estudo bibliométrico. **Revista brasileira de gestão de negócios**, v. 24, n. 3, p. 574–591, 2022.

FREIRE, C.; MARUICHI, D.; NUNEZ, E.; RAKHMATULLIN, R. **Industry 4.0 for Inclusive Development**. New York: United Nations Publications, 2022.

FRIEND, M. A. .; KOHN, J. P. **Fundamentals of Occupational Safety and Health**. Fourth ed.

Toronto: Government Institutes, 2007.

GAO, J.; WU, X.; LUO, X.; ZHANG, A. Exploratory Study: A Modification Training Method of Attentional Bias Toward Safety. **Safety and Health at Work**, v. 12, n. 3, p. 346–350, 2021.

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.

GATTI, B. A. **Grupo Focal Na Pesquisa em Ciências Sociais e Humanas**. Brasília: Liber Livro Editora Ltda, 2005.

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

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

GOERGEN, D. I.; FREITAS, D. M. D. O. A Realidade Virtual como terapia de distração durante cistoscopias: um ensaio clínico. **Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgias**, v. 49, p. 1–8, 2022.

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.

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.

HARNAL, S.; SHARMA, G.; MALIK, S.; KAUR, G.; KHURANA, S.; KAUR, P.; SIMAIYA, S.; BAGGA, D. Bibliometric Mapping of Trends, Applications and Challenges of Artificial Intelligence in Smart Cities. **EAI Endorsed Transactions on Scalable Information Systems**, v. 9, n. 4, 2022.

HASHIGUCHI, N.; CAO, J.; LIM, Y.; KUROISHI, S.; MIYAZAKI, Y.; KITAHARA, S.; SENGOKU, S.; MATSUBAYASHI, K. KODAMA, K. Psychological effects of heart rate and physical vibration on the operation of construction machines: Experimental study. **JMIR mHealth and uHealth**, v. 9, n. 9, 2021.

HERNÁNDEZ-CHÁVEZ, M.; CORTÉS-CABALLERO, J. M.; PÉREZ-MARTÍNEZ, A. A.; HERNÁNDEZ-QUINTANAR, L. F.; ROA-TORT, K.; RIVERA-FERNÁNDEZ, J. D.; FABILA-BUSTOS, D. A. Development of virtual reality automotive lab for training in engineering students. **Sustainability (Switzerland)**, v. 13, n. 17, 2021.

HEREDIA, F. Á.; PARRA, L. C.; MANTILLA, F. V.; BARBOSA, I. J. **Salud Ocupacional**. Bogotá: Ecoe Ediciones, 2006.

HU, J.; SHI, S.; ZHENG, J.; FANG, Z. Construction of Evaluation Index System of Office Sitting Comfort Based on Ergonomics. **Modelling and Simulation in Engineering**, v. 2022, 2022.

HUGHES, P.; FERRETT, E. **Introduction to health and safety at work: the handbook for**

the NEBOSH National General Certificate. Fifth ed. Oxford: NEBOSH, 2011.

IFAM. **História do IFAM.** Disponível em: <<http://www2.ifam.edu.br/instituicao/historia-do-ifam>>. Acesso em: 27 mar. 2023.

_____. **Plano de Desenvolvimento Institucional.** Disponível em: <<http://www2.ifam.edu.br/pro-reitorias/desenvolvimento-institucional/plano-de-desenvolvimento-institucional-1>>. Acesso em: 19 out. 2021.

_____. **Relatório de Gestão.** Disponível em: <<http://www2.ifam.edu.br/transparencia-e-prestacao-de-contas/pagina-inicia-tpc>>. Acesso em: 27 mar. 2023.

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.

ISHAQUE, S.; RUEDA, A.; NGUYEN, B.; KHAN, N.; KRISHNAN, S. Physiological Signal Analysis and Classification of Stress from Virtual Reality Video Game. **Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBS**, v. 2020- July, p. 867–870, 2020.

JAVOID, M.; HALEEM, A.; SINGH, R. P.; RAB, S.; SUMAN, R. Upgrading the manufacturing sector via applications of Industrial Internet of Things (IIoT). **Sensors International**, v. 2, n. September, p. 100129, 2021.

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.

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.

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.

KROMMUANG, A.; SUWUNNAMEK, O. Internet of Things (IoT) Application for Management in Automotive Parts Manufacturing. **International Journal of Advanced Computer Science and Applications**, v. 13, n. 4, p. 639–650, 2022.

KUMAR, A.; SHARMA, K.; SHARMA, A. Hierarchical deep neural network for mental stress state detection using IoT based biomarkers. **Pattern Recognition Letters**, v. 145, p. 81–87, 2021.

KUMAR, R.; RANI, S.; AWADH, M. AL. Exploring the Application Sphere of the Internet of Things in Industry 4.0: A Review, Bibliometric and Content Analysis. **Sensors**, v. 22, n. 11, p. 1–35, 2022.

LACKO, J. Camera Modes in Multi-user Virtual Reality Applications in Industry 4.0. **Acta Montanistica Slovaca**, v. 27, n. 2, p. 281–290, 2022.

LAMBERTI, P.; MURA, M. L.; GREGORIO, M. D.; TUCCI, V.; EGIZIANO, L. Smart Seat With Real-Time Asymmetrical Sitting Alert. **2022 IEEE International Workshop on Metrology for Industry 4.0 and IoT, MetroInd 4.0 and IoT 2022 - Proceedings**, p. 34–38, 2022.

LARA, J. E.; REIS, L. J.; TISSOT-LARA, T. H.; SILVA, A. O. Brave new world from the perspective of the triad: Internet of things, people and markets. **Perspectivas em Ciencia da Informacao**, v. 26, n. 2, p. 124–150, 2021.

LAZORKO, O.; PANCHUK, N.; BORYSIUK, O.; KULCHYTSKA, A.; BORYSENKO, O.; KHAVULA, R. Psychological Safety of the Individual in Normal and Extreme Conditions of Professional Activity: Neurophysiological Aspects. **BRAIN. Broad Research in Artificial Intelligence and Neuroscience**, v. 13, n. 1, p. 324–346, 2022.

LI, W.; MO, R.; YU, S.; CHU, J.; HU, Y.; WANG, L. The effects of the seat cushion contour and the sitting posture on surface pressure distribution and comfort during seated work. **International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health**, v. 33, n. 5, p. 675–689, 2020.

LIEVANO-MARTÍNEZ, F. A.; FERNÁNDEZ-LEDESMA, J. D.; BURGOS, D.; BRANCH-BEDOYA, J. W.; JIMENEZ-BUILES, J.A. Intelligent Process Automation: An Application in Manufacturing Industry. **Sustainability (Switzerland)**, v. 14, n. 14, 2022.

LIMA, F. R.; GOMES, R. Conceitos e tecnologias da Indústria 4.0. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 19, p. e0200023, 2020.

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.

LIU, P. RAN; LU, L.; ZHANG, J.; HUO, T.; LIU, S.; YE, Z. Application of Artificial Intelligence in Medicine: An Overview. **Current Medical Science**, v. 41, n. 6, p. 1105–1115, 2021.

LOMBARDI, M.; PASCALE, F.; SANTANIELLO, D. Internet of things: A general overview between architectures, protocols and applications. **Information (Switzerland)**, v. 12, n. 2, p. 1–21, 2021.

LONGO, F.; NICOLETTI, L.; PADOVANO, A. Modeling workers' behavior: A human factors taxonomy and a fuzzy analysis in the case of industrial accidents. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 69, n. September 2018, p. 29–47, 2019.

LOPES, A. R.; TRELHA, C. S.; ROBAZZI, M. L. C. C.; REIS, R. A.; PEREIRA, M. J. B.; SANTOS, C. B. Fatores associados a sintomas osteomusculares em profissionais que trabalham sentados. **Revista de Saúde Pública**, v. 55, p. 2, 2021.

LUDERMIR, T. B. Inteligência Artificial e Aprendizado de Máquina: estado atual e tendências. **Estudos Avançados**, v. 35, n. 101, p. 85–94, abr. 2021.

MAJID, M.; HABIB, S.; JAVED, A. R.; RIZWAN, M.; SRIVASTAVA, G.; GADEKALLU, T.

- R.; LIN, J. C. Applications of Wireless Sensor Networks and Internet of Things Frameworks in the Industry Revolution 4.0: A Systematic Literature Review. **Sensors**, v. 22, n. 6, p. 1–36, 2022.
- MANOHARAN, K.; DISSANAYAKE, P. B. G.; PATHIRANA, C.; DEEGAHAWATURE, D.; SILVIA, K. D. R. R. A curriculum guide model to the next normal in developing construction supervisory training programmes. **Built Environment Project and Asset Management**, v. 12, n. 5, p. 792–822, 2022.
- MARHAVILAS, P. K.; VROUNTAS, P. T. Risk assessment in the constructions sector of EU countries: Application of a methodological framework using quantitative techniques and occupational accidents' data throughout the period 1996–2011. **Journal of Engineering Science and Technology Review**, v. 11, n. 1, p. 66–73, 2018.
- MARTINEZ, M. C.; FISCHER, F. M. Fatores psicossociais no trabalho hospitalar: situações vivenciadas para desgaste no trabalho e desequilíbrio entre esforço e recompensa. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v. 44, p. 1–12, 2019.
- MARTINS, F. D. C.; SIMON, A. T.; CAMPOS, R. S. Supply Chain 4 . 0 challenges. **Scielo Brazil**, v. 27, n. 3, p. 1–22, 2020.
- 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
- MATUSKA, S.; PARALIC, M.; HUDEC, R. A Smart System for Sitting Posture Detection Based on Force Sensors and Mobile Application. **Mobile Information Systems**, v. 2020, 2020.
- 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 Agrônômica**, v. 51, n. 5, p. 1–8, 2020.
- MEIRELES, C. V.; FERREIRA, S. F.; AVELINO, P. R.; MENEZES, K. K. P. Efeitos do treino de realidade virtual na coordenação motora dos membros superiores de indivíduos após acidente vascular encefálico: uma revisão sistemática com meta-análise. **Fisioterapia e Pesquisa**, v. 29, n. 1, p. 11–21, 2022.
- MELO, J. H. N.; TRINCA, T. P.; MARICATO, J. M. Limits of international databases bibliometric indicators to evaluate the Brazilian Graduate Programs: Web of Science coverage on different scientific disciplines. **Transinformacao**, v. 33, 2021.
- 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.
- 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.
- MIZUMOTO, T.; OTODA, Y.; NAKAJIMA, C.; KOHANA, M.; UENISHI, M.; YASUMOTO,

- K.; ARAKAWA, Y. Design and implementation of sensor-embedded chair for continuous sitting posture recognition. **IEICE Transactions on Information and Systems**, v. E103D, n. 5, p. 1067–1077, 2020.
- MONTERO, E. R. **Industria 4.0 Conceptos, tecnologías habilitadoras y retos**. Edição em formato digital. Madrid: Pirâmide, 2020.
- MORIGUCHI, C. S.; SATO, T. O.; COURRY, H. J. C. G. An Instrumented Workstation to Evaluate Weight-Bearing Distribution in the Sitting Posture. **Safety and Health at Work**, v. 10, n. 3, p. 314–320, 2019.
- NAMBI, G.; ABDELBASE, W. A.; ELSAYED, S.; VERMA, A.; GEORGE, J. S.; SALEH, A. Eficiência clínica e física de jogos de realidade virtual em jogadores de futebol com dor lombar. **Rev Bras Med Esporte**, v. 27, p. 597–602, 2021.
- 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.
- NAZARIO, E. G.; CAMPONOGARA, S.; DIAS, G. L. Riscos ocupacionais e adesão a precauções-padrão no trabalho de enfermagem em terapia intensiva: percepções de trabalhadores. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v. 42, n. 0, p. 1–11, 2017.
- NICOLAIDOU, I.; PISSAS, P.; BOGLOU, D. Comparing immersive Virtual Reality to mobile applications in foreign language learning in higher education: a quasi-experiment. **Interactive Learning Environments**, v. 0, n. 0, p. 1–15, 2021.
- NORONHA, M. E. S.; HAYASHI, V. T.; SILVA, L. O. E.; LIMA, M. N. A Vantagem Competitiva Das Empresas Cleantechs E O Desenvolvimento De Capacidades Dinâmicas Utilizando Internet Das Coisas. **READ. Revista Eletrônica de Administração (Porto Alegre)**, v. 28, n. 2, p. 455–486, 2022.
- 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.
- PARMAR, C. M.; GUBTA, P.; BHARADWAJ, K. S.; BELUR, S. S. Smart Work-Assisting Gear. **IEEE World Forum on Internet of Things**, p. 724–728, 2018.
- PATNAIK, S. **New Paradigm of Industry 4.0**. Cham: Springer International Publishing, 2020. v. 64
- PAULA, A. P. P. DE; PAES, K. D. Fordismo , pós-fordismo e ciberfordismo : os (des) caminhos da Indústria 4 . 0. **Cad. EBAPE.BR**, p. 1047–1058, 2021.
- PEREZ, V. E.; LOPEZ, G. M. A.; VAQUERO, B. M. A. EEG-based multi-level stress classification with and without smoothing filter. **Biomedical Signal Processing and Control**, v. 69, p. 102881, 2021.
- PETZ, P.; EIBENSTEINER, F.; LANGER, J. Sensor Shirt as Universal Platform for Real-Time Monitoring of Posture and Movements for Occupational Health and Ergonomics. **Procedia Computer Science**, v. 180, n. 2019, p. 200–207, 2021.

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.

PISTOLESI, F.; BALDASSINI, M.; LAZZERINI, B. Are You Sitting with Good Posture? Tracking the Position of the Legs via 2D LiDAR. **IEEE Embedded Systems Letters**, p. 3–6, 2022.

PISTOLESI, F.; LAZZERINI, B. Assessing the Risk of Low Back Pain and Injury via Inertial and Barometric Sensors. **IEEE Transactions on Industrial Informatics**, v. 16, n. 11, p. 7199–7208, 2020.

POWELL, R. A.; SINGLE, M. Methodology Matters-V Focus Groups. **International Journal of Quality in Health Care**, v. 8, n. 5, p. 499–504, 1996.

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.

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. **Decreto Lei Nº 11.892, de 29 de dezembro de 2008**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/lei/111892.htm>. Acesso em: 15 out. 2021.

RAHMANI, A. M.; BAYRAMOV, S.; KIANI KALEJAH, B. Internet of Things Applications: Opportunities and Threats. **Wireless Personal Communications**, v. 122, n. 1, p. 451–476, 2022.

RAMALINGAM, M.; PUVIARASI, R.; CHINNAVAN, E.; SHERN, Q. C.; ZOLKIPLI, M. F. Alarming Assistive Technology: An IoT enabled Sitting Posture Monitoring System. **Proceedings - 2021 International Conference on Software Engineering and Computer Systems and 4th International Conference on Computational Science and Information Management, ICSECS-ICOCSIM 2021**, p. 592–597, 2021a.

RAMALINGAM, M.; PUVIARASI, R.; SHERN, Q. C.; CHINNAVAN, E. Designing IoT based Posture Monitoring System. **Proceedings of the 6th International Conference on Inventive Computation Technologies, ICICT 2021**, p. 209–214, 2021b.

RANAVOLO, A.; AJUDANI, A.; CHERUBINI, A.; BIANCHI, M.; FRITZSCHE, L.; IAVICOLI, S.; SARTORI, M.; SILVETTI, A.; VANDERBORGHT, B.; VARRECCHIA, T.; DRAICCHIO, F. The sensor-based biomechanical risk assessment at the base of the need for revising of standards for human ergonomics. **Sensors (Switzerland)**, v. 20, n. 20, p. 1–15, 2020.

RAPOSO, A. B.; MOLITERNO, A. H.; SILVA, J. P. L. N.; FABRI, R. V.; FREIRE, A. P. C. F.; PACAGNELLI, F. L. Comparação da resposta hemodinâmica entre terapia convencional e realidade virtual em pacientes com insuficiência cardíaca internados na unidade de emergência. **Fisioterapia e Pesquisa**, v. 29, n. 1, p. 61–67, 2022.

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.

ROSA, C. M.; SOUZA, P. A. R.; SILVA, J. M. Inovação em saúde e internet das coisas (IoT): Um panorama do desenvolvimento científico e tecnológico. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 25, p. 164–181, 2020.

- ROSA, M.V.F.P.C.; ARNOLDI, M. A. G. C. **A entrevista na pesquisa qualitativa: Mecanismos para validação dos resultados**. Belo Horizonte: Autêntica, 2006.
- RUSSELL, STUART; NORVIG, P. **Inteligência Artificial**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. v. 4
- SALES, M. A.; VIANA, G. C. Desafios para qualificação dos periódicos científicos digitais da Pós-Graduação na UNEB. **RDBCI: Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação**, v. 20, p. e022006, 3 mar. 2022.
- 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.
- 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.
- SCHNEEBERGER, T.; SAUERWEIN, N.; ANGLLET, M. S.; GEBHARD, P. Stress Management Training using Biofeedback guided by Social Agents. **International Conference on Intelligent User Interfaces, Proceedings IUI**, p. 564–574, 2021.
- SEAP- SECRETARIA DE ESTADO DA ADMINISTRAÇÃO E PATRIMÔNIO. **Manual de Obras Públicas - Edificações Práticas da SEAP**. Disponível em: < https://www.gov.br/compras/pt-br/acesso-a-informacao/manuais/manual-obras-publicas-edificacoes-praticas-da-seap-manuais/manual_obraspublicas_construcao.pdf/view >. Acesso em: 4 nov. 2021.
- SEE, A. R.; KUO, H. H.; YANG, C. H. A portable remote emergency support system (PRESS) for worker safety in noisy working environments. **2020 IEEE International Conference on Consumer Electronics - Taiwan, ICCE-Taiwan 2020**, p. 2020–2021, 2020.
- SESTINO, A.; DE MAURO, A. Leveraging Artificial Intelligence in Business: Implications, Applications and Methods. **Technology Analysis and Strategic Management**, v. 34, n. 1, p. 16–29, 2022.
- SHARMA, S.; SINGH, G.; SHARMA, M. A comprehensive review and analysis of supervised-learning and soft computing techniques for stress diagnosis in humans. **Computers in Biology and Medicine**, v. 134, n. April, p. 104450, 2021.
- SHOHEL PARVEZ, M.; TASNIM, M.; TALAPATRA, S.; RUHANI, A.; HOQUE, A. S. M. M. Assessment of Musculoskeletal Problems among Bangladeshi University Students in Relation to Classroom and Library Furniture. **Journal of The Institution of Engineers (India): Series C**, v. 103, n. 3, p. 279–292, 2022.
- 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.
- SICHMAN, J. S. Inteligência Artificial e sociedade: avanços e riscos. **Estudos Avancados**, v. 35, n. 101, p. 37–49, 2021.
- 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.
- 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.
- SORDAN, J. E.; OPRIME, P.; PIMENTA, M. L.; CHIABERT, P.; LOMBARDI, F. Industry 4.0: A Bibliometric Analysis in the Perspective of Operations Management. **Operations and Supply Chain Management**, v. 15, n. 1, p. 93–104, 2022.
- ŠTEFANIŠINOVA, N.; MUTHOVA, N. J.; ŠTRANGFELDOVA, J.; ŠULAJOVA, K. Implementation and Application of Artificial Intelligence in Selected Public Services. **Croatian and Comparative Public Administration**, v. 21, n. 4, p. 601–622, 2021.
- SUN, S.; ZHENG, X.; VILLALBA-DIEZ, J.; ORDIERES-MERÉ, J. Indoor air-quality data-monitoring system: Long-term monitoring benefits. **Sensors (Switzerland)**, v. 19, n. 19, p. 1–18, 2019.
- SVERTOKA, E.; RUSU-CASANDRA, A.; MARGHESCU, I. Wearables for industrial work safety: A survey. **Sensors**, v. 21, n. 11, p. 1–25, 2021.
- TAIBI, Y.; METZLER, Y. A.; BELLINGRATH, S.; NEUHAUS, C. A.; MULLER, Andreas. Applying risk matrices for assessing the risk of psychosocial hazards at work. **Frontiers in Public Health**, v. 10, 2022.
- TANG, Y.; YOU, H.; LIN, J.; MA, Z. Design of sitting posture recognition algorithm based on Dlib. **International Conference on Electronic Information Technology (EIT 2022)**, n. May, p. 152, 2022.
- TLILI, F.; HADDAD, R.; BOUALLEGUE, R.; SHUBAIR, R. Design and architecture of smart belt for real time posture monitoring. **Internet of Things (Netherlands)**, v. 17, n. December 2021, p. 100472, 2022.
- TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO. **Obras Públicas**. 4^a ed. Brasília, 2014.
- USTUNDAG, A.; CEVIKCAN, E. **Industry 4.0: Managing The Digital Transformation**. Cham: Springer International Publishing, 2018.
- VAN ECK, N. J.; WALTMAN, L. **{VOSviewer} manual**. Disponível em: <<https://www.vosviewer.com/>>. Acesso em: 14 nov. 2022.
- 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.
- VAZQUEZ, J. P. G.; TORRES, R. S.; PEREZ, D. B. P. Scientometric analysis of the application

of artificial intelligence in agriculture. **Journal of Scientometric Research**, v. 10, n. 1, p. 55–62, 2021.

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

VICARI, R. M. Influências das Tecnologias da Inteligência Artificial no ensino. **Estudos Avancados**, v. 35, n. 101, p. 73–84, 2021.

VIGNALI, G.; BOTTANI, E.; GUARESCHI, N.; DONATO, L. D.; FERRARO, A.; PIROZZI, M.; TOMASSINI, L.; LONGO, F. Development of a 4.0 industry application for increasing occupational safety: Guidelines for a correct approach. **Proceedings - 2019 IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation, ICE/ITMC 2019**, 2019.

VIJAYALAKSHMI, T.; SUBRAMANIAN, S. K.; DHARMALINGAM, A.; ITAGI, A. B. H.; MOUNIAN, S. V.; LOGANATHAN, S. A short term evaluation of scapular upper brace on posture and its influence on cognition and behavior among adult students. **Clinical Epidemiology and Global Health**, v. 16, n. May, p. 101077, 2022.

WEIS, S.; WITHOFT, A.; HEUTEN, W. AVRaid of Heights?-Exploring Integrated Non-Invasive Sensors for Stress Testing. **2020 IEEE International Conference on Healthcare Informatics, ICHI 2020**, 2020.

YANG, W.; HUANG, H. Analysis of the influence of biochemical indexes of athletes under training based on the internet of things and cloud computing. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 27, n. Special issue 2, p. 27–30, 2021.

YANG, X.; LI, H.; NI, L.; LI, T. Application of artificial intelligence in precision marketing. **Journal of Organizational and End User Computing**, v. 33, n. 4, p. 1–27, 2021.

YIN, R. K. **Pesquisa qualitativa do início ao fim**. Porto Alegre : Penso, 2016.

ZHANG, X.; FAN, J.; PENG, T.; ZHENG, P.; LEE, C. K. M.; TANG, R. A privacy-preserving and unobtrusive sitting posture recognition system via pressure array sensor and infrared array sensor for office workers. **Advanced Engineering Informatics**, v. 53, n. February, p. 101690, 2022.

ZHAO, C. Application of Virtual Reality and Artificial Intelligence Technology in Fitness Clubs. **Mathematical Problems in Engineering**, v. 2021, 2021.

APÊNDICES

Apêndice A – Modelo de TCLE

UFRRJ - UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
ICSA - INSTITUTO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS
MPGE - MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTÃO E ESTRATÉGIA



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

O (A) Sr. (a) está sendo convidado (a) como voluntário (a) a participar da pesquisa intitulada **TECNOLOGIAS DA INDÚSTRIA 4.0 APLICADAS À SEGURANÇA DO TRABALHO NA FISCALIZAÇÃO DE OBRAS PÚBLICAS**, sob a responsabilidade de Edy da Silva Pereira, discente do Mestrado Profissional em Gestão e Estratégia (PPGE), da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, sob a orientação do Prof. Dr. Saulo Barbará de Oliveira.

Esta pesquisa procura identificar os riscos ocupacionais existentes na atividade de fiscalização de obras e, por meio da aplicação das tecnologias da indústria 4.0, mitigar estes riscos, podendo proporcionar mais segurança ocupacional ao servidor que executa esta atividade.

O objetivo principal é propor um guia de aplicações das tecnologias da Indústria 4.0 com vistas a avaliação ou mitigação dos riscos ocupacionais existentes na atividade de fiscalização de obras públicas; para isso será necessário: a) Identificar as atividades que possam causar impactos negativos a saúde e segurança ocupacional do servidor; b) Identificar nessas atividades quais são os principais fatores de riscos ocupacionais existentes (se fator físico, químico, biológico, ergonômico ou de acidentes); c) Levantar as tecnologias da Indústria 4.0 aplicáveis na avaliação ou mitigação de riscos ocupacionais; d) Apurar quais atividades poderiam ser melhoradas com vistas a tornar a fiscalização de obras mais segura e mais saudável para o servidor.

Sua participação será por meio de uma entrevista com o pesquisador a fim de fornecer informações acerca dos tipos de riscos ocupacionais existentes durante a realização de todas as etapas da atividade de fiscalização de obras. Será usado um roteiro de entrevista para facilitar a condução da mesma. Caso haja necessidade de entrevista por meio de vídeo conferência (por conta da pandemia), ou com gravação de voz (para tratamento dos dados posteriormente), os materiais ficarão sob a propriedade do pesquisador responsável, mas não haverá necessidade de usar tais materiais diretamente na pesquisa, apenas o conteúdo das informações. Seu nome ou o material que indique sua participação não será liberado sem a sua permissão.

A entrevista será realizada em seu próprio ambiente de trabalho, de forma individual e dentro de seu horário normal de trabalho. A preferência é que a entrevista seja feita de forma presencial, mas, caso haja algum tipo de impeditivo, esta poderá ser realizada por meio de vídeo conferência. A previsão de duração da entrevista está estimada de 30 a 45 minutos.

Sua participação na pesquisa será somente no momento da entrevista, conforme descrito nos procedimentos, mas você poderá contatar o pesquisador a qualquer momento para qualquer assistência que se fizer necessária.

Toda pesquisa envolve riscos e benefícios aos participantes. Os riscos decorrentes da sua participação na pesquisa podem ser advindos do constrangimento, devido a não compreensão de alguma etapa da entrevista, ou de lembranças negativas durante a fala de alguma resposta, ou alguma ansiedade relacionada a atividade desenvolvida, que, caso ocorram, serão amenizados por meio de uma pausa na entrevista, ou conversando para um melhor entendimento do assunto a fim de buscar uma maneira para se sentir melhor para continuar a entrevista, mas caso não se sinta confortável buscaremos outros mecanismos, outras maneiras de continuar a entrevista, sempre buscando o seu bem estar físico e emocional. O resultado final desta pesquisa poderá trazer benefícios em termos de saúde e segurança ocupacional aos servidores que executam a atividade de fiscalização de obras, ou seja, aos participantes desta pesquisa, pois pretende-se, por meio do uso das tecnologias da indústria 4.0, sugerir melhorias no processo de fiscalização de obras, a fim de tornar esse processo mais seguro e mais saudável ao servidor que o executa.

Para participar desta pesquisa o (a) Sr. (a) não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira, mas será garantido, se necessário, o ressarcimento de alguma despesa que venha a ocorrer por conta da realização da entrevista.

GARANTIA DE RECUSA EM PARTICIPAR DA PESQUISA E/OU RETIRADA DE CONSENTIMENTO:

O (A) **Sr. (a) não é obrigado** (a) a participar da pesquisa, podendo deixar de participar dela em qualquer **momento**, sem que seja penalizado ou que tenha prejuízos decorrentes de sua recusa. Caso decida retirar seu consentimento, você não será mais **contatado** (a) pelo pesquisador.

GARANTIA DE MANUTENÇÃO DO SIGILO E PRIVACIDADE: O pesquisador se compromete a resguardar sua identidade durante todas as fases da pesquisa, inclusive após finalizada e publicada.

GARANTIA DE INDENIZAÇÃO: Fica garantido ao participante o direito de indenização diante de eventuais danos decorrentes da pesquisa.

ESCLARECIMENTO DE DÚVIDAS : Em caso de dúvidas sobre a pesquisa ou para relatar algum problema, você poderá contatar o pesquisador responsável EDY DA SILVA PEREIRA pelo telefone (92) 98406-7967, ou pelo e-mail edy.silva@ifam.edu.br. Poderá também contatar o orientador responsável por esta pesquisa, o prof. Dr. SAULO BARBARÁ DE OLIVEIRA pelo telefone (21) 99973-9067 ou pelo e-mail saulobarbara@gmail.com. Poderá ainda contatar o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do IFAM, que tem a função de analisar projetos de pesquisa visando à proteção dos participantes dentro de padrões éticos nacionais e internacionais. Poderá contatar o CEP pelo e-mail cepsh.ppgi@ifam.edu.br, ou comparecer presencialmente ao endereço Rua Ferreira Pena, 1109, Centro, Manaus-AM, CEP 69025-010, Reitoria do IFAM, 2º andar. Horário de atendimento: de segunda a sexta, das 08h às 11h e das 13h às 16h.

Rubrica do participante

Rubrica do pesquisador

Este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) será assinado por você e por mim, pesquisador responsável, ficando uma via com cada um de nós.

CONSENTIMENTO PÓS-INFORMAÇÃO

Li e concordo em participar da pesquisa.

Nome participante: _____ do

Telefone: (_____) _____ / E-mail: _____

Data: ____/____/____ _____

Assinatura do participante da pesquisa

Data: ____/____/____ _____

Assinatura do pesquisador responsável

Rubrica do participante

Rubrica do pesquisador

RELATÓRIO TÉCNICO

1. INTRODUÇÃO

O presente relatório trata do registro da reunião do grupo focal realizada no dia 19 de janeiro de 2023, na sala de reuniões da DINFRA – Reitoria do IFAM, cujo objetivo principal se refere a VALIDAÇÃO do guia de aplicações de tecnologias da Indústria 4.0, proposto como objetivo final da dissertação intitulada: TECNOLOGIAS DA INDÚSTRIA 4.0 APLICADAS À SEGURANÇA DO TRABALHO NA FISCALIZAÇÃO DE OBRAS PÚBLICAS NO IFAM, do pesquisador EDY DA SILVA PEREIRA, servidor deste instituto.

Além do pesquisador, o qual fez o papel de moderador, também participaram desta reunião: 1 engenheiro eletricista, 2 engenheiros civis e 1 técnico em edificações, todos com larga experiência na atividade de fiscalização de obras no IFAM e que também foram participantes das entrevistas realizadas para coleta de dados do projeto de pesquisa supracitado. Entende-se que o conhecimento destes profissionais e suas experiências na execução da atividade que foi objeto de estudo desta dissertação, os credenciam a avaliarem e validarem, ou não, o guia proposto neste trabalho.

Importante destacar que esta reunião também foi registrada por meio da gravação de áudio de todo o seu conteúdo.

2. APRESENTAÇÃO DA PESQUISA E SEUS RESULTADOS

Preliminarmente, para que os participantes do grupo focal pudessem ter um entendimento sobre os detalhes mais importantes do trabalho desenvolvido na pesquisa, de modo a deixá-los mais confortáveis e seguros para participarem da reunião de validação do guia desenvolvido foi feita uma apresentação pelo pesquisador e moderador do grupo. Para isto, o moderador fez uma ampla apresentação de todos os tópicos estruturais da pesquisa, destacando: o problema de pesquisa, o estudo bibliométrico, os objetivos, o referencial teórico e os procedimentos metodológicos que foram aplicados. Nesta parte da apresentação, foi mostrado que o propósito principal, em linhas gerais, desta pesquisa se refere a mitigação dos principais riscos ocupacionais, identificados na atividade de fiscalização de obras por meio do uso das tecnologias da Indústria 4.0. Como são diversas as tecnologias que compõe a Indústria 4.0, foi mostrado ao grupo da necessidade de realização de um estudo bibliométrico com vistas

a um refinamento de quais dessas tecnologias são mais aplicadas à segurança do trabalho, especificamente, aos dois principais riscos ocupacionais identificados na coleta de dados. Dessa forma, foi possível apresentar de forma mais detalhada os objetivos da pesquisa, conforme segue:

- (i) Objetivo final: Propor um guia de aplicações das tecnologias realidade virtual, inteligência artificial e internet das coisas destinadas à mitigação dos riscos ocupacionais estresse mental e postura sentada incorreta existentes na atividade de fiscalização de obras no IFAM;
- (ii) Objetivos intermediários: Levantar os tipos de riscos ocupacionais existentes na atividade de fiscalização de obras do IFAM; Levantar as tecnologias da Indústria 4.0 aplicáveis na avaliação e mitigação de riscos ocupacionais; identificar os riscos ocupacionais mais impactantes existentes na atividade de fiscalização de obras; identificar as principais tecnologias da Indústria 4.0 aplicáveis aos riscos ocupacionais identificados no item anterior e validar o guia de aplicações.

Também foram apresentados os principais assuntos inseridos no referencial, isto é, fiscalização de obras públicas, segurança do trabalho, riscos ocupacionais, estresse mental, postura sentada, Indústria 4.0, realidade virtual, inteligência artificial e internet das coisas; e, mostrado através de uma figura, os procedimentos metodológicos da pesquisa, que se trata de uma pesquisa qualitativa, exploratória, bibliográfica e estudo de campo.

A seguir, foram apresentados de forma mais detalhada os principais resultados encontrados tanto das entrevistas, quanto da pesquisa bibliográfica:

- (1) Primeiro, foi mostrado que todos os servidores que realizam a atividade de fiscalização de obras no âmbito do IFAM participaram das entrevistas para coleta de dados, sendo um total de 14 servidores distribuídos assim: 6 da reitoria, 2 do campus Manaus Centro, 2 do campus Zona Leste, 1 do campus Distrito Industrial, 1 do campus São Gabriel da Cachoeira, 1 de Coari e 1 de Parintins;
- (2) A seguir, foi mostrado o tempo de experiência de cada participante na atividade de fiscalização de obras, destacando-se que 86% de todos os participantes têm mais de 4 anos de experiência nesta atividade;
- (3) Também foi mostrado todos os tipos de obras que já foram fiscalizadas pelos participantes, destacando-se que mais da metade deles já fiscalizaram obras do tipo: em telhados ou coberturas, reformas em geral, refeitórios, laboratórios, blocos de salas de aulas, unidade de educação produtiva e ginásios poliesportivos;
- (4) Na sequência foi mostrado uma das informações mais relevantes para o objetivo da pesquisa, isto é, os tipos de riscos ocupacionais identificados nas entrevistas. Neste caso foram identificados 19 tipos de riscos ocupacionais, quais sejam: estresse mental, postura sentada incorreta, machucar/furar o pé, queda de altura, machucar a cabeça, calor/radiação solar, ataque de animais, agente tóxico, poeiras/cimento, fadiga mental, violência física, choque elétrico, resíduo de madeira, acidente de locomoção, ruído, bactérias/vírus, ameaça verbal, queimadura/soldagem e acidentes com máquinas. Aqui foi destacado que a pesquisa foi direcionada apenas para os dois principais riscos identificados, ou seja, os riscos ocupacionais estresse mental (12

- participantes se queixaram deste risco) e postura sentada incorreta (10 participantes se queixaram deste);
- (5) Em seguida foi apresentado o resultado da pesquisa bibliográfica no que diz respeito a busca por aplicações das tecnologias da Indústria 4.0, especificamente as tecnologias realidade virtual, inteligência artificial e internet das coisas, que são destinadas ao combate dos dois principais riscos ocupacionais identificados anteriormente. Neste caso, foram encontradas 15 aplicações voltadas para o estresse mental e 15 aplicações voltadas para a postura sentada incorreta;
 - (6) Finalmente, foi apresentado o guia de aplicações das tecnologias da Indústria 4.0 que são destinados para a mitigação desses dois principais riscos ocupacionais. Para o ESTRESSE MENTAL, o guia mostra a opção de 7 dispositivos de monitoramento, sendo 2 por meio do uso da inteligência artificial, 4 pelo uso da internet das coisas e 1 por realidade virtual; e a opção de 8 dispositivos para o tratamento por meio do uso da realidade virtual. Já para a POSTURA SENTADA INCORRETA, tem-se a opção de 15 dispositivos de monitoramento, sendo 2 por meio do uso da inteligência artificial e 13 pela internet das coisas, destacando-se que neste último tratam-se de 11 dispositivos chamados “cadeiras inteligentes”;
 - (7) Para finalizar esta parte da reunião foi apresentado as sugestões do pesquisador com vistas a implementação no IFAM de alguma destas aplicações constantes no guia mostrado anteriormente. São apenas sugestões do ponto de vista de um profissional da área de segurança do trabalho, portanto, podem e devem ser avaliadas por outros profissionais do próprio instituto com conhecimentos específicos inerentes aos assuntos envolvidos. As sugestões foram as seguintes: (a) montar uma equipe responsável pela implementação com pelo menos 1 representante das áreas de engenharia, tecnologia da informação e saúde; (b) a equipe deve avaliar e definir qual das aplicações é mais apropriada para implementação no momento; (c) aprofundar estudo nos artigos referente à aplicação definida; (d) levantar custos, recursos e materiais necessários para a implementação; e (e) planejar e programar a implementação via PDI do IFAM.

3. DEBATE NO GRUPO

Após finalizadas as apresentações por parte do moderador, foi franqueada a palavra aos demais participantes da reunião, incentivando-os a manifestarem suas opiniões sobre qualquer parte do que foi apresentado, principalmente em relação aos resultados da pesquisa e sobre o guia de aplicações das tecnologias da Indústria 4.0.

Todos concordaram com os tipos de riscos ocupacionais identificados, especialmente em relação aos dois que mais se destacaram, ou seja, o estresse mental e postura sentada incorreta, inclusive mencionaram que isso se deve ao fato do grande volume de trabalho requerido na parte burocrática da atividade de fiscalização de obras.

Foi solicitado, e prontamente atendido, maiores esclarecimentos sobre as aplicações da realidade virtual voltada para o estresse mental, e maiores detalhes sobre o funcionamento da “cadeira inteligente” destinada para a manutenção da postura sentada da forma correta por parte do trabalhador. No caso da realidade virtual foi

comentado que se tratam de dispositivos visuais que simulam virtualmente um determinado ambiente ou situação, proporcionando interação com o usuário a fim de ajudá-lo num determinado tratamento ou monitoramento de saúde. Já sobre as cadeiras inteligentes foi informado que esta é composta por de sensores (no assento e no encosto) e o uso de aprendizado de máquinas com vistas ao monitoramento da postura correta da posição sentada, onde são emitidos sinais de alerta (pode ser por meio de vibração da própria cadeira, ou alertas para o celular do usuário, por exemplo), quando detectado posição incorreta.

Um dos participantes da reunião comentou que já tinha conhecimento de uma aplicação da realidade virtual destinada à mitigação do medo de realizar trabalhos em altura.

Todos comentaram que faz muito sentido todos os resultados apresentados e que a implantação de qualquer uma destas aplicações constantes neste guia poderá contribuir em muito para garantia da saúde e segurança do servidor.

Também foi comentado que a atividade burocrática da atividade de fiscalização de obras, ou seja, aquela atividade que é realizada no escritório de engenharia, obteve mais destaque a partir da pandemia, quando os servidores ficaram mais tempo em trabalho remoto, bem como pelo fato de o IFAM agora fazer uso de mão de obra terceirizada como apoio para a fiscalização no canteiro de obras, mantendo o servidor mais tempo nas atividades administrativas, o que requer maior tempo sentado e em contato com o empreiteiro. Além disso, frisou o participante que os resultados apresentados refletem com bastante coerência o momento atual desta atividade.

De um modo geral todos os participantes gostaram das informações e resultados apresentados, contribuíram positivamente com seus comentários, por conta de suas experiências nas atividades de engenharia e fiscalização de obras. Todos concordaram com o guia de aplicações e com as ações necessárias sugeridas para implementação. Contudo é importante destacar 3 sugestões que foram manifestadas, conforme a seguir:

- 1) Um dos participantes sugeriu o uso de um relógio inteligente que alerta o usuário para levantar-se de sua cadeira após uma hora de trabalho sentado;
- 2) Este mesmo participante sugeriu também a implantação de ginástica laboral no IFAM como forma de combater os efeitos negativos da postura sentada prolongada;
- 3) Outro participante sugeriu a presença de um médico na equipe de implementação das aplicações destinadas para o estresse mental. Esta sugestão foi imediatamente aceita e incluída no parágrafo apropriado da dissertação.

Entende-se que as sugestões números 1 e 2, apesar de pertinentes com o assunto relacionado a postura sentada incorreta, são ações independentes e paralelas que podem ser implementadas a qualquer momento, conforme critérios específicos do IFAM. A sugestão 3, conforme já mencionado, foi incluída na dissertação.

Foi também observado por alguns dos participantes da possibilidade de abrangência destas mesmas aplicações para outras funções e atividades do IFAM que se expõem aos mesmos riscos aqui mencionados. Também foi comentado sobre novas pesquisas voltadas para a mitigação dos demais riscos ocupacionais identificados na atividade de

fiscalização de obras, bem como de transformar a implementação de alguma destas aplicações em novos projetos de pesquisa.

4. CONCLUSÃO

Após finalizados todos os comentários e não havendo mais nenhuma dúvida ou comentários adicionais por partes dos participantes, foi novamente lembrado ao grupo do objetivo principal desta reunião, ou seja, da VALIDAÇÃO, ou não, do guia de aplicações das tecnologias da Indústria 4.0 destinadas para a mitigação dos riscos ocupacionais estresse mental e postura sentada incorreta, que aqui foi apresentado.

Para isso, o moderador da reunião perguntou ao grupo: vocês consideram válido este guia de aplicações de tecnologias da Indústria 4.0 destinadas para a mitigação dos riscos ocupacionais estresse mental e postura sentada incorreta que aqui lhes foi apresentado? Todos responderam positivamente, validando, portanto, o produto deste trabalho de pesquisa.

Importante citar que os participantes desta reunião, juntamente com os demais participantes das entrevistas que foram realizadas para a coleta de dados desta pesquisa, serão os principais usuários deste guia e que o mesmo, após finalizadas todas as etapas necessárias de aprovação da dissertação, será encaminhado para a direção do departamento de infraestrutura da reitoria do IFAM para as tratativas que se fizerem necessárias com vistas a sua aplicabilidade.

Não havendo mais nada a se discutir foi dada por encerrada a reunião.

De forma geral, é possível depreender, pela participação e sugestões manifestadas pelos componentes do grupo focal, que o presente guia reflete de forma coerente os principais problemas relacionados aos riscos ocupacionais inerentes às atividades de fiscalização de obras no IFAM, e que este guia poderá contribuir de forma significativa para a mitigação destes problemas, dada a sua propriedade, adequabilidade e aplicabilidade ao caso do IFAM.

Manaus, 19 de janeiro de 2023

Edy da Silva Pereira
Pesquisador e moderador do grupo focal



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO - UFRRJ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO - PROPPG
INSTITUTO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS - ICESA PROGRAMA
DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO E ESTRATÉGIA – PPGE
MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTÃO E ESTRATÉGIA – MPGE**

TECNOLOGIAS DA INDÚSTRIA 4.0 APLICADAS À SEGURANÇA DO TRABALHO
NA FISCALIZAÇÃO DE OBRAS PÚBLICAS NO IFAM

EDY DA SILVA PEREIRA

RESUMO

Tipo de Projeto de Trabalho Final de Curso - Estudo de caso.

Objetivo – A presente dissertação buscou investigar a aplicação 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. Como objetivo final foi proposto um guia de aplicações dessas tecnologias que visa a mitigação dos principais riscos ocupacionais identificados nessa atividade de fiscalização.

Metodologia – Foram aplicados os seguintes procedimentos metodológicos para atingimento desse objetivo: uma pesquisa bibliográfica, qualitativa, de natureza aplicada, exploratória e estudo de caso. A coleta de dados foi feita por meio de entrevistas semiestruturadas com todos os servidores que realizam este tipo de atividade. Todo o projeto foi inicialmente aprovado por um Comitê de Ética em Pesquisa e o produto final, isto é, o guia de aplicações das tecnologias, foi validado por meio de um grupo focal formado pelo pesquisador e alguns dos participantes das entrevistas.

Resultados – Dentre os resultados que foram encontrados na coleta de dados com os entrevistados, destacam-se os dois principais riscos ocupacionais a que eles estão expostos, quais sejam: estresse mental e postura sentada incorreta. Já nos resultados da pesquisa bibliográfica foram identificadas diversas aplicações das tecnologias realidade virtual,

inteligência artificial e internet das coisas, que são destinadas para a mitigação desses riscos ocupacionais.

Limitações – Apesar da participação nas entrevistas de todos servidores que atuam na atividade de fiscalização de obras no IFAM, alguns destes servidores que estavam afastados na época das entrevistas não puderam dar suas contribuições, limitando de certo modo as informações obtidas. Percebeu-se também, por meio do levantamento bibliográfico, baixa disponibilidade de artigos científicos relacionado ao tema da pesquisa, limitando-se, portanto, a busca por soluções tecnológicas relacionadas aos principais riscos ocupacionais identificados. Outro fator limitante poderá ser representado por eventual dificuldade financeira, por parte do IFAM, para aquisições de softwares e equipamentos com vistas a implantação do guia proposto neste trabalho.

Aplicabilidade do trabalho – Este projeto traz uma contribuição significativa para os servidores que realizam a atividade de fiscalização de obras, pois passarão a ter acesso, não somente aos tipos de riscos ocupacionais a que se expõe durante a execução desta atividade, mas também às informações sobre o uso de novas tecnologias que poderão contribuir para reduzir tais riscos ocupacionais e tornar seu ambiente de trabalho mais seguro e mais saudável.

Contribuições para a sociedade - A contribuição desta pesquisa para o IFAM será advinda de uma grande significância, pois atualmente no instituto não existe trabalhos destinados a redução de riscos ocupacionais, principalmente com o uso de tecnologias da Indústria 4.0 e os resultados deste projeto servirão de incentivo para que o IFAM reavalie as metodologias de prevenção de acidentes e o controle dos riscos ocupacionais. Além disso, adiciona-se uma grande contribuição para área acadêmica no que diz respeito a ampliação do conhecimento sobre aplicações destas tecnologias para a redução de riscos ocupacionais existentes na fiscalização de obras públicas.

Originalidade – A originalidade desse projeto se caracteriza pelo fato de ser o primeiro estudo realizado no IFAM, a nível de pós graduação, destinado a investigar e propor o uso de tecnologias da Indústria 4.0 aplicáveis à redução de riscos ocupacionais.

Palavras-chaves – Indústria 4.0, Fiscalização, Obras Públicas, Segurança do trabalho, Risco ocupacional.

ANEXOS

ANEXO I – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa.

INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DO AMAZONAS
IFAM



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: TECNOLOGIAS DA INDÚSTRIA 4.0 APLICADAS À SEGURANÇA DO TRABALHO NA FISCALIZAÇÃO DE OBRAS PÚBLICAS NO IFAM.

Pesquisador: EDY DA SILVA PEREIRA

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 58272322.0.0000.8119

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 5.461.899

Apresentação do Projeto:

A pesquisa tem como temática: "Tecnologias da Indústria 4.0 aplicadas à Segurança do Trabalho na fiscalização de Obras Públicas no IFAM". Trata-se de uma pesquisa bibliográfica, qualitativa, de natureza aplicada, exploratória e estudo de caso. A coleta de dados será feita por meio de entrevistas semiestruturadas com os servidores que realizam este tipo de atividade. A partir destes procedimentos metodológicos, pretende-se identificar: os riscos ocupacionais existentes na atividade de fiscalização de obras e as tecnologias da Indústria 4.0 aplicáveis em segurança ocupacional.



Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário: Propor um guia de aplicações das tecnologias da Indústria 4.0 com vistas a avaliação e mitigação dos riscos ocupacionais existentes na atividade de fiscalização de obras públicas do IFAM.

Objetivos secundários:

- a) Identificar, nas atividades executadas pelos servidores durante a fiscalização de obras, àquelas que possam causar impactos negativos a sua saúde e segurança ocupacional;
- b) Identificar os principais fatores de riscos ocupacionais, tais como, físico, químico, biológico, ergonômico ou de acidentes, existentes nas atividades identificadas no item anterior;
- c) Levantar as tecnologias da Indústria 4.0 aplicáveis na mitigação de riscos ocupacionais;

Endereço: Rua Ferreira Pena, 1109 - Prédio da Reitoria, 2º andar, Manaus - AM	
Bairro: CENTRO	CEP: 69.025-010
UF: AM	Município: MANAUS
Telefone: (92)3306-0080	E-mail: cepsh.pggi@ifam.edu.br

Página 01 de 04

INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DO AMAZONAS
- IFAM



Continuação do Parecer: 5.461.899

d) Relacionar quais atividades poderiam ser melhoradas com vistas a tornar a fiscalização de obras mais segura para o servidor

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Toda pesquisa envolve riscos e benefícios aos participantes. Os riscos decorrentes da sua participação na pesquisa podem ser advindos do constrangimento, devido a não compreensão de alguma etapa da entrevista, ou de lembranças negativas durante a fala de alguma resposta, ou alguma ansiedade relacionada a atividade desenvolvida, que, caso ocorram, serão amenizados por meio de uma pausa na entrevista, ou conversando para um melhor entendimento do assunto a fim de buscar uma maneira para se sentir melhor para continuar a entrevista, mas caso não se sinta confortável buscaremos outros mecanismos, outras maneiras de continuar a entrevista, sempre buscando o seu bem estar físico e emocional.

Quanto aos benefícios, cita-se que, o resultado desta pesquisa poderá trazer benefícios em termos de saúde e segurança ocupacional aos servidores que executam a atividade de fiscalização de obras, ou seja, aos participantes desta pesquisa, pois pretende-se, por meio do uso das tecnologias da indústria 4.0, sugerir melhorias no processo de fiscalização de obras, a fim de tornar esse processo mais seguro e mais saudável ao servidor que o executa.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O estudo será realizado no Instituto Federal do Amazonas (IFAM), por meio do Programa de Pós-Graduação em Gestão e Estratégia Mestrado Profissional em Gestão e Estratégia do Rio de Janeiro – UFRRJ e se justifica, de acordo com o projeto de pesquisa, pelo desenvolvimento de novas tecnologias e a adoção de conhecimento digital tem 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. Seguindo esta linha de pensamento evolutivo do cenário tecnológico, este trabalho de pesquisa procura aplicações de sistemas integrados de informações, como a internet das coisas, inteligência artificial, sistemas ciberfísicos, dentre outros, destinados à segurança do trabalhador que executa uma determinada atividade. A fim de um melhor entendimento pode-se estabelecer uma relação dessa pesquisa com um sistema de três engrenagens interligadas, visando um propósito em comum: melhorar a segurança do trabalhador que executa a atividade de fiscalização de obras.

Os objetivos da pesquisa estão claros, bem redigidos e adequados ao tipo de pesquisa proposta,

Endereço: Rua Ferreira Pena, 1109 - Prédio da Reitoria, 2º andar, Manaus - AM
Bairro: CENTRO CEP: 69.025-010
UF: AM Município: MANAUS
Telefone: (92)3308-0080 E-mail: cepsh.pggi@ifam.edu.br

Página 02 de 04

INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DO AMAZONAS
- IFAM



Continuação do Parecer: 5.461.899

sendo perfeitamente possíveis de se alcançar em virtude da metodologia sugerida.

A pesquisa poderá apresentar importantes contribuições para o campo de investigação em que se insere, no que diz respeito, o autor do projeto de pesquisa, afirma que atualmente percebe-se na literatura científica um maior número de aplicações das tecnologias da Indústria 4.0 voltados para o sistema de manufatura, mas uma das principais justificativas para esta pesquisa está na expectativa de sua contribuição para área acadêmica no que diz respeito a ampliação do conhecimento sobre aplicações destas tecnologias destinadas a avaliação e redução de riscos ocupacionais na fiscalização de obras públicas.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Foram apresentados os documentos abaixo, necessários à avaliação ética da pesquisa, segundo Resoluções CNS n.º 466/12 e CNS n.º. 510/16:

- a) Folha de rosto
- b) Projeto Básico
- c) Projeto detalhado com todos os elementos que compõem o gênero (introdução, objetivos, hipóteses, metodologia, descrição de riscos e benefícios etc.);
- d) Carta de anuência;
- e) Termo de Consentimento (TCLE);
- f) Instrumentos de Pesquisa (se for o caso);
- g) Cronograma;

Recomendações:

Pela aprovação

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Não havendo pendências como base nas resoluções CNS n.º 466/12 e CNS n.º. 510/16, conforme se observa nas seções acima, delibera-se pela aprovação do protocolo de pesquisa.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_P	01/04/2022		Aceito

Endereço: Rua Ferreira Pena, 1109 - Prédio da Reitoria, 2º andar, Manaus - AM
 Bairro: CENTRO CEP: 69.025-010
 UF: AM Município: MANAUS
 Telefone: (92)3306-0060 E-mail: cepsh.pggi@ifam.edu.br

Página 03 de 04

Continuação do Parecer: 5.461.899

Básicas do Projeto	ETO_1902026.pdf	09:42:18		Aceito
Folha de Rosto	folhaDeRostoAss.pdf	01/04/2022 09:39:44	EDY DA SILVA PEREIRA	Aceito
Outros	ANUENCIA.pdf	30/03/2022 15:23:16	EDY DA SILVA PEREIRA	Aceito
Outros	ROTEIRO.docx	30/03/2022 15:22:14	EDY DA SILVA PEREIRA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.docx	30/03/2022 14:41:18	EDY DA SILVA PEREIRA	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO.doc	30/03/2022 14:40:59	EDY DA SILVA PEREIRA	Aceito
Cronograma	CRONOGRAMA.pdf	30/03/2022 14:40:32	EDY DA SILVA PEREIRA	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

MANAUS, 10 de Junho de 2022

Assinado por:
LUIZ HENRIQUE CLARO JUNIOR
 (Coordenador(a))

