

## PERSPECTIVAS E DESAFIOS PARA A ERGONOMIA NO CONTEXTO DA INDÚSTRIA 4.0

**Thamyres Lopes Alves de Jesus**

thamyres.jesus@fatec.sp.gov.br

**Prof<sup>ª</sup>. Dra. Isolina Maria Leite de Almeida**

isolina.almeida@fatec.sp.gov.br

**Prof<sup>ª</sup>. Me. Flávia Morini Garcia**

flaviamorini@ufscar.br

**Fatec Itapetininga**

**RESUMO:** A nova era tecnológica trouxe consigo diversas tecnologias voltadas para automação industrial, contudo, gerou novos relacionamentos entre os seres humanos e as tecnologias originadas da Indústria 4.0, surgindo uma nova oportunidade de estudo para a área da Ergonomia. Nesse contexto, o presente estudo buscou compreender a função da Ergonomia nesse novo cenário industrial, considerando os desafios que surgem com a substituição das tarefas humanas; da mesma forma, com a introdução de novas tecnologias. Essa pesquisa foi fundamentada em uma Revisão da literatura, na qual foram utilizadas diferentes bases de dados, sendo elas: Scielo, Google Acadêmico, Anais de congressos na área de Engenharia de Produção, dissertações de Mestrado, teses de Doutorado e a base de dados da Associação de Engenharia de Produção (ABEPRO). A Indústria 4.0 tem como foco inovar os sistemas automatizados, desenvolvendo alta tecnologia, transformando a maneira com a qual diversos segmentos funcionavam, dado que, possui diversos pilares que conversam entre si e podem servir como apoio para saúde, segurança, educação, entre outras áreas. O foco da Ergonomia terá que se ajustar aos novos relacionamentos entre homens e máquinas devido à Quarta Revolução Industrial, onde existe a possibilidade da integração dos fatores tecnológicos juntamente com os fatores humanos de maneira eficiente com o auxílio da Ergonomia, trazendo a possibilidade de ambientes mais harmoniosos, contribuindo para tomadas de decisões mais assertivas e gerando ambientes organizacionais mais favoráveis.

**Palavras-chave:** Quarta Revolução Industrial. Trabalho. Tecnologia.

### PERSPECTIVES AND CHALLENGES FOR ERGONOMICS IN THE CONTEXT OF INDUSTRY 4.0

**ABSTRACT:** The new technological era brought with it several technologies aimed at industrial automation, however, it generated new relationships between human beings and technologies originating from Industry 4.0, creating a new study opportunity for the area of Ergonomics. In this context, the present study sought to understand the role of Ergonomics in this new industrial scenario, considering the challenges that arise with the replacement of human tasks; likewise, with the introduction of new technologies. This research was based on a literature review, in which different databases were used, namely: Scielo, Google Scholar, Annals of conferences in the area of Production Engineering, Master's dissertations, Doctoral theses and the database of Production Engineering Association (ABEPRO). Industry 4.0 focuses on innovating automated systems, developing high technology, transforming the way in which different segments function, given that it has several pillars that talk to each other and can serve as support for health, safety, education, among other areas. The focus of Ergonomics will have to adjust to the new relationships between men and machines due to the Fourth Industrial Revolution, where there is the possibility of integrating technological factors together with human factors in an efficient way with the help of Ergonomics, bringing the possibility of more efficient environments. harmonious, contributing to more assertive decision-making and generating more favorable organizational environments.

**Keywords:** Fourth Industrial Revolution. Work. Technology.

## 1 INTRODUÇÃO

Em 2011, durante a feira anual de Hannover, na Alemanha, o termo Indústria 4.0 foi utilizado pela primeira vez. A Indústria 4.0 tem visado sistemas automatizados que possam se conectar trocando informações e dados. Esse novo modelo industrial tem estabelecido novos relacionamentos entre humanos e máquinas, potencializando o sistema de produção (SACOMANO *et al.*, 2018).

A Ergonomia é a ciência que busca a adequação do trabalho ao ser humano, mas não somente isso, do mesmo modo estuda as relações do trabalhador e qualquer atividade que envolva um relacionamento entre humanos e operações produtivas de bens ou serviços (IIDA; BUARQUE, 2016).

Para desenvolver um projeto ergonômico de trabalho, inicialmente, são feitas pesquisas para identificar características dos colaboradores que irão executar as funções, isso permite compreender as limitações dos trabalhadores, sendo capaz de adaptar a atividade a ser executada conforme a necessidade. Essas adaptações são feitas partindo do trabalho ao colaborador, possibilitando que a maioria dos indivíduos consiga exercer as funções. Dessa forma, tudo isso contribui para que equipamentos e máquinas sejam padronizados e fáceis de operar, diminuindo riscos à saúde do operador (IIDA; BUARQUE, 2016).

Neste contexto, um dos pilares da indústria 4.0 é a realidade aumentada, ela

combina diferentes tecnologias que permitem que um ambiente virtual se integre ao ambiente real de seus usuários (HE *et al.*, 2017).

Ainda, com essa tecnologia é possível aperfeiçoar a interação entre seres humanos e máquinas, trazendo a possibilidade de realizar manutenções e inspeções visuais de forma remota. A realidade aumentada (RA) pode ser usada em diversas aplicações, uma delas é a integração de gráficos gerados por computador e objetos físicos (TORI; HOUNSELL, 2020).

A realidade virtual (RV) pode, portanto, utilizada como um mecanismo de inovação visto que é uma ferramenta muito intuitiva e traz consigo a interação contínua do mundo físico com o virtual. Ela pode ser utilizada como mecanismo de identificação de índices ergonômicos e gerenciar os mesmos, facilitando a mitigação de riscos. Por esse meio de verificação, a realidade virtual trará avanços no processo produtivo (LAUDANTE; CAPUTO, 2016).

Este estudo visa analisar as perspectivas da Ergonomia no contexto da indústria 4.0, bem como os desafios que essa ciência enfrentará perante a agregação das tecnologias avançadas da indústria 4.0. Essas tecnologias têm foco na substituição das tarefas humanas. O ponto central do trabalho foi identificar os possíveis caminhos que a Ergonomia precisou buscar para manter sua relevância diante desse novo contexto industrial. Para esta pesquisa, foi realizada uma Revisão da Literatura, englobando livros

da área da Ergonomia e da Indústria 4.0, da mesma forma, artigos científicos, Monografias, Dissertações e Teses, para aprofundar a investigação do tema.

O presente estudo buscou responder se existe espaço para a Ergonomia no âmbito da indústria 4.0, em que o propósito se encontra na automatização das atividades desenvolvidas pelo homem. A Ergonomia tem como finalidade principal promover o bem-estar do profissional, dessa forma, como foi a aplicação da Ergonomia nesse novo contexto industrial? Se há oportunidade para a integração da Ergonomia, como ela pode contribuir para o desenvolvimento dessa inovação industrial? Além disso, em conjunto com a Ergonomia, até que medida as tecnologias da indústria 4.0 facilitaram a identificação de riscos à saúde do colaborador?

A pesquisa parte do pressuposto que mesmo no novo modelo que a Indústria 4.0 apresenta, a Ergonomia manterá sua relevância, dado que ela é uma ciência que estuda a relação da adequação do trabalho ao homem. Além disso, ela pode auxiliar no desenvolvimento de novas tecnologias que facilitaram a identificação de ameaças ao bem-estar do colaborador, mitigando riscos potenciais.

Este estudo tem como objetivo geral analisar as alternativas que a Ergonomia está buscando para se manter relevante no contexto da indústria 4.0.

## 2 METODOLOGIA

Nesse trabalho foram realizadas pesquisas para a concretização da revisão da literatura considerando a Ergonomia no contexto da indústria 4.0, analisando a evolução da Ergonomia através desse conceito, na qual foram utilizados como material de apoio, livros da área da Ergonomia e da Indústria 4.0, artigos científicos, monografias, Dissertações e Teses.

De forma específica, esse trabalho visa: levantar o histórico da Ergonomia, através de uma Revisão da Literatura; pesquisar em quais áreas e com quais ferramentas a Ergonomia pode servir de apoio na Indústria 4.0; elaborar um panorama das ferramentas da Ergonomia utilizadas na indústria desde o surgimento dela até os dias atuais, no contexto da Indústria 4.0.

Para isso, algumas bases de pesquisa utilizadas foram: Scielo, *Google Acadêmico*, Anais do Simpósio de Engenharia de Produção (SIMPEP), Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP) e a base de dados da Associação de Engenharia de Produção (ABEPRO).

Sendo assim, o estudo em foco seguiu as seguintes etapas:

- Análise teórica do histórico da evolução da Ergonomia ao longo dos anos, realizando uma pesquisa criteriosa para compreender a evolução dessa área até os dias atuais, com base em referenciais literários;
- O estudo bibliográfico para investigar a origem da Indústria 4.0. Da mesma forma, analisando

em quais áreas a Ergonomia se torna mais relevante no contexto da Indústria 4.0;

- Abordagem sistemática de bibliografias, para elaborar um mapa das ferramentas e métodos utilizados no desenvolvimento da Ergonomia, incluindo critérios como as mudanças de hábitos realizados nas atividades laborais anteriores a quarta revolução industrial, aperfeiçoamento de métodos ergonômicos existentes por meio de tecnologias da Indústria 4.0;
- Apresentação dos possíveis avanços que podem surgir com a integração da Ergonomia na Indústria 4.0.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 AS REVOLUÇÕES INDUSTRIAIS

No século XVIII, as tecnologias começaram a avançar significativamente, mudando drasticamente a forma de se produzirem mercadorias, com o foco principal no setor industrial. A denominada primeira revolução industrial aconteceu na Inglaterra no final do século XVIII, início do século XIX, entre 1760 e 1840 (SCHWAB, 2016).

Em 1767, o inglês James Hargreaves criou a primeira máquina de fiar da história, que foi construída toda em madeira e assim, passou a ser utilizada em toda Inglaterra.

Outra invenção importante dessa era industrial foi o tear hidráulico, criado por Richard Arkwright, qual foi utilizado na indústria de tecidos. No ano de 1769, James Watt iniciou o aperfeiçoamento da máquina de vapor e em 1785 o tear mecânico foi criado por Edmund Cartwright (SACOMANO *et al.*, 2018).

Um dos ramos industriais pioneiros a utilizar a nova tecnologia da máquina de vapor foi a indústria têxtil, anteriormente a produção de tecidos era realizada de forma artesanal. E foi assim o marco da tecelagem industrial na Inglaterra, denominando-se primeira revolução industrial (CAVALCANTE; SILVA, 2011).

Nesse processo de inovação das indústrias se tornou intrínseco o uso de novas tecnologias para qualquer ramo que desejasse aumentar sua lucratividade, dessa forma o primeiro modelo industrial estabelecido no século XVIII se tornou obsoleto e houve a necessidade de ser aprimorado. E deu-se assim o início da segunda revolução industrial (CALLEFI; CRUBELLATE 2020).

Nessa nova fase industrial, iniciou-se o fordismo, que foi criado por Henry Ford em 1914. Ele desenvolveu a ideia de adaptação da manufatura artesanal de carros para uma nova manufatura de produção em massa, que tinha como objetivo a diminuição dos custos de produção (SNOW, 2014).

Com a introdução da manufatura de produção em massa, Ford alcançou seu objetivo inicial de diminuir os gastos de produção e a consequência disso foi a redução nos preços de seus produtos, proporcionando que a maioria dos consumidores conseguisse

adquirir seus produtos (SOUZA; TONON; JUNGES, 2015).

A segunda revolução industrial trouxe consigo a padronização de produtos, mas também havia a inflexibilidade de produzir produtos personalizados ou em pequenas quantidades, nesse modelo de manufatura em massa não existia a preocupação de produzir com qualidade, devido seu foco ser na produção em grandes volumes (SACOMANO *et al.*, 2018).

O grande marco da segunda era industrial foi a descoberta da eletricidade, da mesma forma através da introdução da linha de montagem que possibilitava a produção em massa (SCHWAB, 2016). No entanto, após a Segunda Guerra Mundial, o Japão estava com poucos recursos e, devido ao seu estado devastado, o governo japonês adotou uma medida para a redução de desperdícios e para a otimização dos recursos disponíveis. Tudo isso levou a Toyota a desenvolver o sistema Toyota de Produção enxuta, conhecido também como *lean manufacturing* como resposta à necessidade de competitividade em um contexto de recursos limitados (CALLEFI; CRUBELLATE 2020).

Já na terceira revolução industrial o marco são as evoluções das tecnologias como, por exemplo, a informática, telecomunicações dentre outras (SANTOS, 2019).

Com a tecnologia eletrônica avançando, ela se tornou mais barata e desenvolveu uma capacidade maior de atender novos desafios e assim a tecnologia da informação passou a ser

usada para controlar a manufatura (COELHO, 2016).

No ano de 2011, durante a feira anual de Hannover, o governo alemão divulgou um projeto chamado de Plataforma indústria 4.0 (*Plattform Industrie 4.0*), a fim de mudar a forma com que os sistemas automatizados funcionam. Na indústria 4.0 se propõe desenvolver alta tecnologia que faça com que sistemas possam se conectar interagindo entre si, trocando informações e dados entre seres humanos e máquinas para otimizar todo o processo de produção (SACOMANO *et al.*, 2018).

Nesse contexto, a Figura 1 apresenta a principal característica ao longo das Revoluções Industriais.

**Figura 1 – As quatro revoluções industriais.**



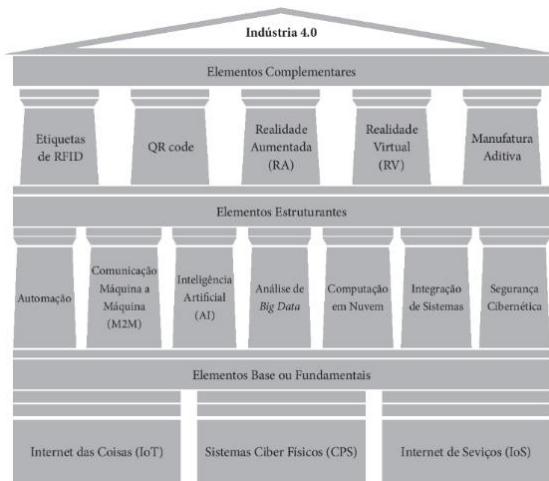
**Fonte:** Sacomano *et al.* (2018, p. 28).

### 3.2 A INDÚSTRIA 4.0 E SEUS PRINCÍPIOS

Na Alemanha, onde foi desenvolvido o termo Indústria 4.0, amplamente se discute sobre como essa inovação influenciou as diferentes etapas do ciclo produtivo de bens e serviços. A Indústria 4.0 abrange diversos sistemas físicos e virtuais; essa junção permite a personalização de produtos e a modificação de modelos operacionais. A Figura 2 apresenta

os pilares que servem de base para a Indústria 4.0 e os elementos que estruturam e complementam essa nova revolução industrial (SCHWAB, 2016).

**Figura 2 – Pilares da Indústria 4.0.**



**Fonte:** Sacomano *et al.* (2018, p. 39).

A *Internet of Things* (IoT) é um dos pilares mais importantes da Indústria 4.0, com o enfoque em conectar dispositivos em todos os lugares, criando redes de dispositivos interconectados capazes de compartilhar e analisar dados, gerando ambientes inteligentes, o que está representado na Figura 3 (BOBOC; CEBUC, 2019).

**Figura 3 – Internet das coisas (IoT).**



**Fonte:** Faccioni (2016, p. 18).

Nesse contexto, a Indústria 4.0 traz consigo um novo modelo produtivo, com a capacidade de mudar a linha de produção. Essa inovação une o mundo físico com o virtual. Através da *Internet* das coisas (IoT), os dispositivos se comunicam e trabalham em conjunto com os seres humanos em tempo real (SANTOS *et al.*, 2018).

Ainda, o termo *Big Data* relaciona-se com amplas quantidades de dados armazenados a todo momento, por meio de diversos dispositivos conectados à *internet* das coisas (IoT). Esses dispositivos geram dados em tempo real. O *Big Data* pode influenciar a tomada de decisão das organizações, pois coleta, armazena e interpreta os dados para direcionar as escolhas complexas, resultando em decisões assertivas (COELHO, 2016).

Outra tecnologia relevante é a Realidade Aumentada (RA). Nela, existem combinações de diferentes tecnologias que permitem ao usuário uma experiência de um ambiente virtual integrado ao mundo real, permitindo a coexistência de objetos digitais e físicos (HE *et al.*, 2017).

Por meio dessa tecnologia, as relações entre seres humanos e máquinas podem ser otimizadas, visto que, por meio da RA, manutenções e inspeções podem ser realizadas mediante ambiente virtual. A finalidade da RA é permitir que seu usuário interaja com elementos virtuais de maneira intuitiva. Existem duas maneiras dessa interação ocorrer. A primeira delas é a forma direta, que se utiliza de alguma parte do corpo do usuário, ou de maneira indireta, em que se

usa o auxílio de dispositivos de interação (TORI; HOUNSELL, 2020).

Dentro dessa perspectiva, entre os pilares da Indústria 4.0 estão os sistemas *ciber-físicos* (CPS), um CPS é um sistema que conecta objetos físicos e *software*, proporcionando uma interação entre diferentes componentes, possibilitando infinitas formas de trocas de informações. Diversas metodologias estão ligadas aos CPS, como, por exemplo, engenharia mecânica, sistemas de manufatura e ciência da computação. Esses sistemas estão vinculados entre espaços virtuais e reais, trocando informações entre eles, contendo interações de redes por meio de entradas e saídas físicas, dessa forma, amplas quantidades de sensores atuam em posições importantes de um sistema *ciber-físico*. Robôs, *internet* das coisas (IoT), e máquinas conectadas a redes são formas de sistemas *ciber-físicos* (ZHONG *et al.*, 2017).

Recentemente, a utilização de robôs nas indústrias estava atrelada a alguns ramos específicos, como, por exemplo, a indústria automotiva. Entretanto, atualmente, devido à grande automação que a Quarta Revolução Industrial traz, os robôs têm sido mais usados em diversos setores e para várias atividades. Essa evolução tecnológica está transformando as relações entre seres humanos e máquinas em algo pertencente ao cotidiano fabril (SCHWAB, 2016).

Além disso, os robôs estão se tornando mais flexíveis e versáteis, visto que suas estruturas arquitetônicas e funcionais estão sendo pensadas como sistemas biológicos,

inspirados no processo de biomimetismo, que copiam modelos e técnicas da natureza. Um dos motivos pelos quais os robôs estão sendo capacitados a entender e reagir mais efetivamente ao ambiente em que estão é o avanço de seus sensores. Atualmente, os robôs têm a capacidade de acesso a informações por meio da nuvem, conectando-se a uma rede com outros robôs (SCHWAB, 2016).

Diversas tecnologias foram sendo impulsionadas pela evolução da chamada Indústria 4.0, um exemplo disso é a Inteligência artificial (IA). A inteligência artificial está inserida no cotidiano dos seres humanos de diversas maneiras, tendo como exemplo, carros com sistemas semiautônomos, drones, assistentes virtuais, entre outros. A inteligência artificial passou por crescimentos exponenciais através da capacidade de processamento de muitos dados, a partir de *softwares* e algoritmos que aprendem com pequenos vestígios de dados do mundo digital, resultando na habilidade de adquirir informações automaticamente. Da mesma forma, trazem consigo a possibilidade de computadores e robôs inteligentes se auto programarem para solucionar situações de forma certa partindo de princípios iniciais (SCHWAB, 2016).

### 3.3 HISTÓRICO DA ERGONOMIA

Independentemente da atividade laboral, haverá a necessidade de seres humanos interagindo com recursos físicos. Dependendo da maneira com a qual acontecem essas

interações, são capazes de facilitar ou dificultar a realização das atividades. Nesse contexto, existe a possibilidade dessas interações acarretarem consequências imediatas à saúde das pessoas, ou podem se manifestar tardiamente, trazendo limitações ou reduzindo o tempo de vida dos indivíduos. Dessa forma, as interações entre humanos e ambientes físicos merecem atenção fundamental. Sobre isso, estuda a Ergonomia (CORRÊA; CORRÊA, 2022).

Segundo a Associação Brasileira de Ergonomia (ABERGO, 2020), a Ergonomia tem a seguinte definição:

Uma disciplina científica relacionada ao entendimento das interações entre os seres humanos e outros elementos ou sistemas, e à aplicação de teorias, princípios, dados e métodos a projetos a fim de otimizar o bem-estar humano e o desempenho global do sistema.

A Ergonomia, no que se diz respeito a projetos de trabalho, procura aplicar seus conhecimentos científicos para conseguir extrair da melhor maneira as habilidades dos seres humanos, buscando preservar a saúde e o bem-estar deles. O trabalho deve se ajustar ao indivíduo de todas as formas, respeitando as particularidades e dificuldades referentes à fisiologia, anatomia e psicologia (CORRÊA; CORRÊA, 2022).

As primeiras pesquisas feitas a respeito do relacionamento do homem com o ambiente de trabalho datam de períodos históricos antigos. As ferramentas utilizadas na pré-história foram aperfeiçoadas, tornando-as mais eficientes e facilitadas para o uso. Com isso, obtiveram maior proveito das caças.

Dessa forma, surgiram novas maneiras de dividir as tarefas, o que possibilitou às mulheres cuidarem melhor de suas crianças, reduzindo a mortalidade infantil (MÁSCULO; VIDAL, 2021).

Nos primeiros anos do século XX, engenheiros e pesquisadores, como, por exemplo, Frederick Taylor, Frank Gilbreth e Henry Ford, buscaram aumentar a eficiência produtiva, usando poucos recursos. O pioneiro no desenvolvimento de estratégias assertivas com o foco em otimizar a pesquisa e a análise das atividades laborais foi Frederick Taylor. As fábricas, nesse período da história, demandavam soluções para melhorarem sua efetividade, porquanto estavam focadas em produzirem grandes volumes, com baixos custos e que fossem acessíveis à boa parte da população. Observando esse cenário, Taylor enxergou a oportunidade de sistematizar técnicas para aumentar a eficiência da indústria, a abordagem da Administração Científica de Frederick Taylor desempenhou um papel fundamental na otimização do trabalho (CORRÊA; CORRÊA, 2022).

Os primeiros pilares estratégicos de Frederick Taylor foram desenvolvidos aos poucos, os três princípios iniciais eram: o primeiro fundamento foi designar a cada funcionário uma tarefa que ele executaria com o máximo de suas habilidades; já o segundo, era exigir a cada trabalhador que lhe entregasse maior produção que um operário habilidoso daquela categoria pudesse realizar; e por fim, remuneração mais elevada aos funcionários que conseguissem produzir acima



da média dos colaboradores que executavam a mesma função (CORRÊA; CORRÊA, 2022).

Os trabalhadores que estavam sujeitos às fábricas administradas por Taylor começaram a demonstrar alguns distúrbios devido à grande pressão que passavam. Tudo isso gerou problemas, como grandes absenteísmos nas indústrias e até mesmo problemas com alcoolismo. Nessa forma desenvolvida por Taylor, não se levavam em consideração os "fatores humanos", visto que com isso existia a possibilidade de os trabalhadores desenvolverem distúrbios psicológicos (CORRÊA; CORRÊA, 2022).

Ainda no início do século XX, no decorrer da Primeira Guerra Mundial, para que a produtividade de armamentos aumentasse na Inglaterra, fundou-se a Comissão de Saúde dos Trabalhadores na Indústria de Munições, na qual foram convidados a colaborar psicólogos e fisiologistas. Quando se findou a guerra, a Comissão de Saúde dos Trabalhadores na Indústria de Munições obteve outra finalidade, tornando-se o Instituto de Pesquisa da Fadiga Industrial ampliando seu foco de atuação, onde estudavam a respeito de posturas realizadas ao longo de uma atividade, cargas manuais, treinamento dos funcionários, iluminação e ventilação dos ambientes fabris, entre outros campos de pesquisa. Contudo, o maior progresso conquistado pelo Instituto foi a inserção de atividades interdisciplinares, unindo novos conhecimentos de fisiologia e psicologia ao estudo do trabalho (IIDA; BUARQUE, 2016).

Já no período da Segunda Guerra Mundial, as noções anteriormente adquiridas por meio de estudos foram de grande valia na construção de grandes e complexos projetos, como por exemplo, tanques de guerra, aeronaves, submarinos, entre outros. Projetos como esses requeriam habilidades especializadas dos operadores que trabalhavam em condições perigosas, no campo de batalha. Diversos erros de projetos traziam como consequências acidentes fatais. Nesse contexto, os estudos foram intensificados para a adaptação de ferramentas de guerra às individualidades e competências de cada indivíduo, trazendo melhoras significativas no desempenho dos mesmos e diminuindo acidentes (IIDA; BUARQUE, 2016).

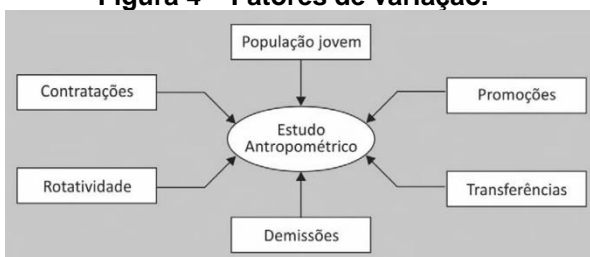
Após a Segunda Guerra Mundial, a ciência Ergonomia teve uma expansão com foco além do militar. Seus princípios passaram a ser utilizados no cotidiano das pessoas, para aperfeiçoar as relações de trabalho e a efetividade dos colaboradores. Esses conhecimentos, que foram a princípio desenvolvidos para fins bélicos, passaram a ser utilizados no ambiente industrial e em atividades gerais, contribuindo para grande favorecimento de toda população (IIDA; BUARQUE, 2016).

A princípio, a Ergonomia, que estuda a relação do homem com suas atividades laborais, concentrava-se nos relacionamentos dos seres humanos com suas ferramentas de trabalho, buscando um *design* mais adequado para elas. Conforme o tempo passou, a

Ergonomia ampliou seu foco para além do *design* das ferramentas, passando a modificar sistemas de trabalho, como, por exemplo, linhas de montagem, locais de operação de máquinas, entre outros. Atualmente, a Ergonomia busca compreender os fatores determinantes que influenciam as tarefas laborais, abrangendo organizações do trabalho, *softwares*, estratégias e métodos operacionais (MÁSCULO; VIDAL, 2021).

A antropometria é o estudo das medidas físicas dos seres humanos. A princípio, medir as pessoas pode parecer uma atividade fácil. Contudo, quando o objetivo é obter medidas precisas da população, que apresenta uma grande diversidade de biotipos corporais, essa tarefa não é tão simples como parece. Além disso, existem diversos fatores que podem influenciar essas medições, a Figura 4 apresenta alguns fatores de variação em um estudo antropométrico (IIDA; BUARQUE, 2016).

**Figura 4 – Fatores de variação.**



**Fonte:** Másculo e Vidal (2021, p. 354).

Devido à significativa expansão da produção em massa de roupas e calçados, a indústria reconheceu a necessidade de medidas antropométricas cada vez mais confiáveis e específicas. Isso é crucial na fabricação de produtos específicos, como

carros e aeronaves, nos quais cada centímetro adicionado sem necessidade pode impactar significativamente nos custos do projeto (IIDA; BUARQUE, 2016).

Uma análise antropométrica envolve diferentes técnicas e procedimentos que permitem a obtenção de medidas do corpo humano. Isso é realizado por meio de estudos e levantamento de dados estatísticos dos habitantes locais, através de uma amostragem (MÁSCULO; VIDAL, 2021).

Nesse contexto, um estudo antropométrico é uma etapa crucial para a elaboração de um projeto, e o ajuste dimensional do posto de trabalho por meio de análise estática é de grande importância na dinâmica de movimentos. Se um posto de trabalho estiver mal dimensionado, o colaborador estará sujeito a posturas inadequadas (MÁSCULO; VIDAL, 2021).

As medições das dimensões dos seres humanos e do funcionamento de seus movimentos são analisadas pela antropometria e, da mesma forma, pela biomecânica. Essas análises trazem a possibilidade de compreensão de como os movimentos podem afetar o espaço ao redor e do alcance dos objetos através dos movimentos (ABRAHÃO; *et.al.*, 2009).

A Biomecânica estuda especialmente o corpo humano, utilizando os princípios da mecânica para desenvolver, criar, projetar e analisar equipamentos e sistemas da biologia e medicina. A Biomecânica tem suas origens no século XV, quando Leonardo da Vinci percebeu a importância da mecânica em suas

pesquisas biológicas. Atualmente a Biomecânica emprega os diversos pilares da mecânica conforme a necessidade. Exemplificando, ela utiliza a estática para compreender a natureza das forças envolvidas em articulações e músculos do sistema músculo-esquelético. Da mesma forma, a dinâmica é utilizada para detalhar os movimentos e a mecânica dos fluidos para estudar o fluxo sanguíneo e de ar no corpo (MÁSCULO; VIDAL, 2021).

A Biomecânica trouxe diversos benefícios para áreas como Fisioterapia, Medicina e Biomedicina. Na área da Medicina, ela ajuda a diagnosticar doenças e tratá-las; na Biomedicina, auxilia no desenvolvimento dos *designs* de instrumentos médicos. Já na Fisioterapia, coopera no desenvolvimento de dispositivos para pessoas com deficiências físicas. Além disso, a Biomecânica aperfeiçoa o desempenho em atividades laborais e igualmente, em competições esportivas (MÁSCULO; VIDAL, 2021).

### 3.4 FERRAMENTAS ATUAIS DA ERGONOMIA

O método ergonômico é uma abordagem utilizada para analisar e aprimorar os ambientes laborais, considerando diversas áreas de conhecimento que possibilitam investigar, levantar e organizar as condições de trabalho. Assim, aplicam-se ferramentas quantitativas e qualitativas para analisar os aspectos das relações entre os seres humanos

e todos os elementos dos ambientes de trabalho (MÁSCULO; VIDAL, 2021).

Existem vários métodos para analisar as posturas realizadas nos ambientes de trabalho e um deles é o *Ovako Working Posture Analysing System* (OWAS). Esse método, criado na Finlândia entre 1974 e 1978, tem o propósito de examinar as posturas corporais durante as tarefas de trabalho. Para aplicar o método OWAS, os dados podem ser coletados por observação direta, onde os profissionais são analisados atuando em seus campos de trabalho, ou indireta, onde são filmados e analisados por meio de vídeos. As etapas das atividades são categorizadas em um código de seis dígitos e o OWAS calcula e distribui a carga em quatro grupos, podendo indicar medidas a serem adotadas (MÁSCULO; VIDAL, 2021).

Outro método conhecido para a avaliação dos riscos aos colaboradores que executam trabalhos manuais é o *Checklist* de Couto. Essa ferramenta identifica Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho (DORT), lombalgias, aspectos ergonômicos e condição biomecânica (LAPERUTA *et al.*, 2018).

O *Checklist* de Couto possibilita uma avaliação biomecânica simplificada para riscos de distúrbios musculoesqueléticos relacionados a atividades laborais. Assim, são avaliadas algumas características por meio do *checklist*, como força com as mãos, sobrecarga, postos de trabalho, posturas no trabalho, esforço estático, repetitividade,

organização do trabalho e ferramentas do trabalho (LAPERUTA *et al.*, 2018).

Dentre as ferramentas e métodos ergonômicos, encontra-se a Análise Ergonômica do Trabalho (AET), que visa utilizar os conhecimentos da área da ergonomia para investigar, diagnosticar e corrigir a situação (CARVALHO; MENEGON, 2014).

Para utilizar esse método, é necessário realizar a análise da demanda, que descreve a situação-problema para comprovar a necessidade de uma ação ergonômica. Essa demanda pode originar-se de diversas maneiras, como da direção da empresa ou até mesmo dos trabalhadores e sindicatos. Já a análise da tarefa traz um grupo de objetivos exigidos, que os colaboradores devem alcançar. Essa tarefa diz respeito à organização do trabalho e pode estar incluída em documentos formais. A AET observa as divergências entre aquilo que deve ser feito e o que é realmente executado, que podem ocorrer devido às condições reais de trabalho serem diferentes das previstas, como máquinas desajustadas ou materiais irregulares. Da mesma forma, alguns trabalhadores optam por não seguir estritamente o método prescrito (IIDA; BUARQUE, 2016).

Portanto, a Análise Ergonômica do Trabalho (AET) não deve basear-se nas tarefas prescritas, necessitando analisar como as tarefas executadas se distanciam daquelas prescritas (CARVALHO; MENEGON, 2014).

Dentro da Análise Ergonômica do Trabalho (AET), também se encontra a análise da atividade, relacionada com o comportamento do colaborador diante da tarefa, ou seja, como o colaborador age para a obtenção dos objetivos que lhe foram delegados. Assim, realiza-se uma adaptação e regularização dos fatores envolvidos nas atividades laborais. As atividades são influenciadas pelos fatores internos e externos (IIDA; BUARQUE, 2016).

Os fatores internos dizem respeito ao colaborador e são caracterizados por sua formação, experiência, idade, sexo, entre outros, assim como pela motivação do colaborador naquele momento, como sono, fadiga, motivação e vigilância. Já os fatores externos estão relacionados às condições em que as tarefas são realizadas e são classificados em três tipos principais: conteúdo do trabalho (regras, normas, objetivos), organização do trabalho (equipes, horários, turnos) e meios técnicos (arranjo e dimensionamento do posto de trabalho, máquinas, equipamentos, iluminação, ambiente térmico) (IIDA; BUARQUE, 2016).

Outro método conhecido é o *Occupational Repetitive Actions* (OCRA), esse método teve seu desenvolvimento em 1996, pelos Drs. Enrico Occhipinti e Daniela Colombini, devido a um pedido feito por um grupo da Associação Internacional de Ergonomia (IEA) que estuda as lesões musculoesqueléticas (MÁSCULO; VIDAL, 2021).

No Brasil, essa ferramenta é aplicada em diversas organizações, devido à demanda para o dimensionamento de novos postos de trabalho. Ela é usada como medida preventiva para eliminar os riscos biomecânicos. O intuito desse método é identificar uma maneira de calcular o índice quantitativo, para representar as ameaças relacionadas aos movimentos repetitivos dos membros superiores e determinar uma quantidade adequada de movimentos por minuto, considerando-se algumas circunstâncias, sendo elas: esforços físicos, posturas dos membros superiores e pausas realizadas dentro da jornada de trabalho (MÁSCULO; VIDAL, 2021).

O método OCRA aponta valores recomendados para diferentes variáveis, como, por exemplo, movimentação de mãos e cotovelos, sendo o valor máximo recomendado de 30 movimentações por minuto. Outros fatores levados em consideração são as posturas incorretas, forças utilizadas, pausas, tempo de exposição e elementos complementares (tipos de pegas). Essas circunstâncias são multiplicadas pelo número recomendado de 30 ações técnicas por minuto. Para encontrar o Índice de Exposição (IE) do método OCRA, são divididas as quantidades de ações técnicas observadas, pela quantidade de ações técnicas recomendadas. O que se obtém é comparado dentro da classificação de riscos, auxiliando assim, a tomada de decisão necessária (MÁSCULO; VIDAL, 2021).

Dentre diversas ferramentas e métodos ergonômicos, uma lei importante referente ao

manuseio de carga foi criada pelo *National Institute for Safety and Health* (NIOSH). Foi estabelecida uma equação onde é possível a identificação de fatores que precisam ser substituídos para melhorar e preservar a saúde do colaborador. As soluções oferecidas pelo método usualmente se concentram em otimizações dos postos de trabalho, nas ordenações das atividades laborais e especialmente no ritmo que é exigido do trabalhador. Esse método também avalia tarefas de levantamentos assimétricos de cargas e levantamentos de objetos que possuem pegadas não ideais para as mãos (MÁSCULO; VIDAL, 2021).

O NIOSH leva em consideração o Limite de Peso Recomendado (LPR), sendo ele o peso da carga que o colaborador, em estado saudável, suporta por determinado período, em certas condições, de modo que o risco de lombalgias não aumente. A fórmula considera a distância horizontal entre o trabalhador e a carga, da mesma forma, a distância vertical entre os dois, o deslocamento, o ângulo assimétrico, a média da frequência de levantamentos e a qualidade da pega. Já o índice de Levantamento (IL) oferece uma estimativa do nível de estresse físico em levantamentos manuais (PEREIRA *et al.*, 2015).

### 3.5 A ERGONOMIA NO CONTEXTO DA INDÚSTRIA 4.0

A Indústria 4.0 tem se tornado cada vez mais relevante. Dessa forma, muitas áreas

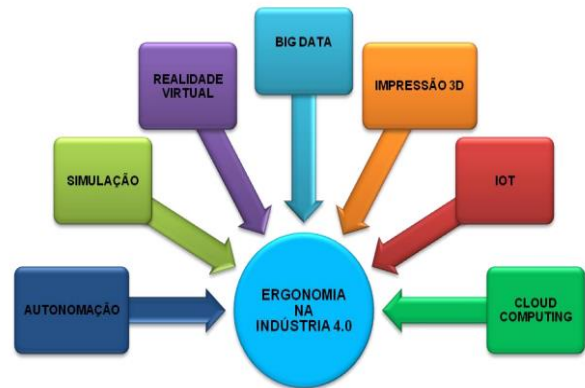
estão sendo modificadas através da revolução industrial 4.0 e na área da Ergonomia não é diferente. A Ergonomia também passou por alterações nos seus conceitos e aplicações relacionados à Indústria 4.0 (SILVA; ONOFRIO; BARROS, 2019).

Nesse contexto, as evoluções na área da Ergonomia demonstram que seu desenvolvimento nos campos de estudo e em sua aplicação se dão devido às tecnologias que estão sendo utilizadas na época. Um exemplo disso é a grande evolução da Ergonomia depois do período de guerras, onde reconheceram a importância dos conceitos ergonômicos e adquiriram diversos conhecimentos relevantes para a evolução da Ergonomia (IIDA; BUARQUE, 2016).

Sendo assim, a Ergonomia também tem sua influência na Indústria 4.0, visto que, ainda com a forte automatização das indústrias, o fator ergonômico não poderá ser deixado de lado nos projetos da Indústria 4.0, uma vez que um ambiente que não foi projetado para ser ergonômico traz influência negativa na produtividade do operador (SILVA; ONOFRIO; BARROS, 2019).

Além disso, algumas tecnologias da indústria 4.0 são de grande importância no desenvolvimento da Ergonomia, como, por exemplo, a simulação, que pode ser usada no ambiente fabril para projetar postos de trabalho mais adequados à saúde e bem-estar dos colaboradores (SILVA; ONOFRIO; BARROS, 2019). A Figura 5 demonstra os pilares da indústria 4.0 que são mais relevantes para a Ergonomia.

**Figura 5 – Tecnologias da Indústria 4.0 relevantes para a Ergonomia.**



**Fonte:** Silva, Onofrio e Barros (2019, p. 7).

Uma maneira para minimizar os riscos ergonômicos em um sistema de produção é a utilização de meios para compreender e pontuar as situações de riscos (EMANUELE, 2016).

Assim, tecnologias como *Big Data* e *Internet das Coisas* (IoT), usadas em conjunto, podem ser uma importante ferramenta para analisar dados e auxiliar na tomada de decisão. Aplicando essas tecnologias, os índices ergonômicos podem ser analisados com precisões mais assertivas se comparados aos métodos convencionais (SILVA; ONOFRIO; BARROS, 2019).

Portanto, é importante levar em consideração todos os aspectos ergonômicos relacionados ao sistema de produção de uma organização. Uma forma de fazer isso é selecionar e interpretar dados para examinar os padrões que influenciam negativamente a segurança e o bem-estar em situações de riscos ergonômicos (EMANUELE, 2016).

A Indústria 4.0 tem forte relação com a Realidade Virtual (RV), sendo ela um dos pilares da Indústria 4.0. Esse pilar está

causando grandes mudanças na manufatura. Assim sendo, a Ergonomia também se relaciona com a Realidade Virtual (RV) de forma que a utilização dessa tecnologia traz a possibilidade de melhorias nos aspectos ergonômicos presentes nos ambientes laborais (SILVA; ONOFRIO; BARROS, 2019).

Dessa maneira, a agilidade nas análises ergonômicas através da Realidade Virtual (RV) e Aumentada (RA) permitem o desenvolvimento de novos métodos e ferramentas para projetar equipamentos utilizados pelo colaborador em um ambiente fabril. Esses meios para identificações de índices ergonômicos trarão inovações em diversos processos produtivos (LAUDANTE; CAPUTO, 2016).

Por conta dos avanços tecnológicos provenientes da indústria 4.0, a robótica tem sido utilizada em diferentes setores, alterando as relações entre os colaboradores e as máquinas. Esse desenvolvimento tecnológico tem se tornado cada vez mais presente nos ambientes fabris, transformando-se em algo habitual para os colaboradores. Com o progresso nas tecnologias dos sensores utilizados nos robôs, eles estão cada vez mais aptos a compreender e reagir mais rapidamente ao local em que estão (SCHWAB, 2016).

Dessa forma, esse progresso da tecnologia presente nas indústrias tem gerado novas relações e, conseqüentemente, novos índices ergonômicos a serem analisados (MUNOZ, 2018).

Os robôs colaborativos são projetados para compartilhar e facilitar as tarefas dos seres humanos em seus ambientes laborais. Diferente da maneira tradicional, onde os robôs operam suas atividades separadamente das pessoas para mantê-las seguras por conta de seus movimentos rápidos e bruscos, os robôs colaborativos podem trabalhar de maneira próxima e segura das pessoas, visto que são criados para se relacionarem de maneira benéfica com os humanos (MUNOZ, 2018).

Tudo isso é possível devido ao desenvolvimento de sensores que podem detectar a presença de pessoas em seu entorno. Da mesma forma, podem regular seus comportamentos e auxiliar nas atividades com o propósito de otimizar os processos, reduzindo assim os riscos à saúde dos colaboradores (MUNOZ, 2018).

Assim sendo, uma maneira eficaz de utilizar os robôs colaborativos para prevenir e reduzir doenças musculoesqueléticas, causadas por tarefas realizadas nos ambientes de trabalho, é aplicá-los para auxiliar os colaboradores no manuseio de cargas. Esses robôs operam como auxiliares, levando em consideração todos os aspectos de segurança. O colaborador trabalha em conjunto com o robô de maneira na qual o robô carrega a carga sendo guiado, onde o guia realiza pouco esforço (MUNOZ, 2018).

Portanto, outra ferramenta voltada para auxiliar os colaboradores em seus campos de trabalho são os exoesqueletos, eles formam elos com articulações interconectadas

promovendo um movimento controlado que responde a um estímulo oferecido, ou seja, formam uma cadeia cinemática em contato com o corpo do colaborador (MUNOZ, 2018).

Os exoesqueletos trazem a possibilidade de oferecer proteção, aumentar a força, suporte, rigidez e sensibilidade, com a possibilidade de envolver membros inferiores e superiores ou atendê-los individualmente. Essa ferramenta pode oferecer apoio de diversas maneiras, como, por exemplo, sendo passivos e proporcionando proteção, ou ativos trazendo a possibilidade de aumento de força (WESSLÉN, 2018). A Figura 6 demonstra o exoesqueleto passivo e a Figura 7 apresenta uma comparação entre os dois tipos de exoesqueletos.

**Figura 6 – Exoesqueleto Passivo.**



**Fonte:** Wesslén (2018, p. 6).

**Figura 7 – Comparação entre exoesqueleto passivo e ativo.**



**Exoesqueleto Passivo**

**Exoesqueleto Ativo**

**Fonte:** Toniolo (2023, p. 24).

A utilização do exoesqueleto está sendo estudada para a reabilitação dos membros, sendo eles membros superiores ou inferiores, contudo, existe uma forte busca para o setor industrial (TONIOLO, 2023).

Um exemplo do uso do exoesqueleto para a parte superior do corpo foi testado na indústria automotiva para oferecer assistência aos operadores que trabalham em campos aéreos realizando atividades repetitivas por longos períodos. Essa tecnologia traz um apoio para que os braços tenham a chance de levantá-los com ou sem ferramenta e de maneira facilitada, devido a um impulso vertical anteriormente determinado. Esse auxílio permite a redução de cargas nos músculos e articulações, aperfeiçoando a saúde física, mental e o bem-estar do colaborador, resultando em um melhor desempenho nas tarefas realizadas (MUNOZ, 2018).

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo se fundamentou no fato de que a Ergonomia é de grande relevância para um bom funcionamento da



organização e para a saúde e bem-estar dos colaboradores. Ela possibilita aos funcionários um melhor desempenho no âmbito de suas tarefas, trazendo diversos benefícios para a organização e para os trabalhadores como, por exemplo, mitigar potenciais riscos de saúde, aumentar a produtividade, dado que, o ambiente está adequado então há uma redução dos erros cometidos, muitas vezes por conta de mau posicionamento dos postos de trabalhos, da mesma forma, os acidentes de trabalho são reduzidos.

Nesse contexto, a Ergonomia tem se desenvolvido com o passar dos anos, acompanhando as revoluções industriais. Um exemplo disso é observado no século XVIII, quando a primeira Revolução Industrial aconteceu e transformou os ambientes fabris. Por conta desse período de revolução, os trabalhadores eram acometidos por doenças relacionadas ao trabalho, visto que eram expostos a grandes jornadas de trabalho, ambientes nada ergonômicos e equipamentos perigosos, resultando em lesões, doenças ocupacionais e baixa produtividade.

Atualmente, a Ergonomia continua sendo estudada e aprimorada com o auxílio das novas tecnologias provenientes da Quarta Revolução Industrial, que trouxe, juntamente com as tecnologias, dúvidas e desafios para a Ergonomia nesse novo cenário.

O estudo sugere que a Ergonomia passará por mudanças positivas em seus conceitos, por conta dos *softwares* que auxiliam nas tarefas operacionais e, da mesma forma, por conta dos robôs que estão sendo

pensados para proporcionar mais saúde e segurança nos ambientes organizacionais. A Realidade Virtual (RV), que integra o mundo físico com o virtual, traz a possibilidade de as inspeções visuais serem realizadas remotamente e pode ajudar a gerenciar os riscos ergonômicos.

Entretanto, a Ergonomia também traz sua influência para a Indústria 4.0, dado que, mesmo com toda inovação da indústria 4.0, o fator ergonômico não perde sua importância nos ambientes fabris, sendo assim, os projetos da Indústria 4.0 devem considerar a Ergonomia nos postos de trabalho. Ainda que haja certa substituição de algumas tarefas humanas repetitivas, o relacionamento entre máquinas e homens não deixará de existir, visto que, um ambiente que não foi pensado para ser ergonômico traz influência negativa para a organização.

Dessa forma, a Indústria 4.0 integrando máquinas, tecnologias e pessoas de maneira estruturada e eficiente com auxílio da Ergonomia, pode proporcionar um ambiente equilibrado, trazendo cada vez mais decisões assertivas para a organização, favorecendo inúmeras possibilidades, proporcionando cenários industriais cada vez mais positivos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHÃO, J.; SZNELWAR, L.; SILVINO, A.; SARMET, M.; PINHO, D. Introdução à Ergonomia: da prática à teoria - 1ª – Blucher, 2009

ABERGO - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ERGONOMIA. O que é Ergonomia? Definições e Aplicações, 2020. Disponível em:

<<https://www.abergo.org.br/>>. Acesso em: 12 Out. 2023.

BOBOC, D. I., CEBUC, S. C. *Internet of Things (IoT). Database Systems Journal*, vol. X/2019, 2019. Disponível em: <<https://www.dbjournal.ro/archive/30/30.pdf>> Acesso em: 29 set. 2023.

CALLEFI, J. S.; CRUBELLATE, J. M. O Sistema Toyota de Produção e o Institucionalismo Comunicativo. *Revista Gestão & Tecnologia*, v. 20, n. 1, p. 209-229, 2020. Disponível em: <<http://revistagt.emnuvens.com.br/get/article/view/1599>> Acesso em: 17 set 2023

CAVALCANTE, Z. V.; SILVA, M. L. S. da. A importância da Revolução Industrial no mundo da Tecnologia. In: Encontro Internacional De Produção Científica, 7. 2011. Maringá. Anais eletrônico. Maringá. 2011. Disponível em: <[https://www.unicesumar.edu.br/epcc-2011/wpcontent/uploads/sites/86/2016/07/zed-equias\\_vieira\\_cavalcante2.pdf](https://www.unicesumar.edu.br/epcc-2011/wpcontent/uploads/sites/86/2016/07/zed-equias_vieira_cavalcante2.pdf)>. Acesso em: 17 set. 2023.

CARVALHO, A. L.; MENEGON, N. L. A Pertinência dos Documentos Prescritos nas Atividades dos Profissionais de Manutenção Industrial: O Caso de Uma Indústria Automobilística. *Gestão & Produção*, v. 21, p. 143-155, 2014. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/gp/a/83Mwfj3BWR4rsWjPGkxqVGS/>>. Acesso em: 06 Jan. 2024.

COELHO, P. M. N. Rumo a Indústria 4.0. Dissertação apresentada na Faculdade de Ciências e Tecnologia Universidade de Coimbra, 2016. Disponível em: <<https://estudogeral.uc.pt/handle/10316/36992>> Acesso em: 12 Out. 2023.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica. – 6. Ed – São Paulo: Atlas, 2022.

EMANUELE, C. F. *Big Data Analytics as a Tool for Reducing Ergonomics Risk. Journal of Ergonomics*. Vol. 7, Ed 173, 2016. Disponível

em: <<https://www.longdom.org/open-access-pdfs/big-data-analytics-as-a-tool-for-reducing-ergonomics-risk-2165-7556-1000e164.pdf>>. Acesso em 03 jan 2024.,

FACCIONI, F. M. *Internet das coisas : livro digital / Mauro Faccioni Filho ; design instrucional Marina Cabeda Egger Moellwald. – Palhoça : UnisulVirtual, 2016.*

LAPERUTA, D. G. P.; OLIVEIRA, G. A.; PESSA, S. L. R.; LUZ, R. P. da. Revisão de Ferramentas para Avaliação Ergonômica. *Review of Ergonomic Assessment Tools. Revista Produção Online*. Florianópolis, v. 18, n. 2, p. 665-690, 2018. Disponível em: <<https://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/2925/1680>> Acesso em: 06 Jan 2024.

TORI, R.; HOUNSELL, M. S. Introdução a Realidade Virtual e Aumentada. 3ª Edição. Sociedade Brasileira de Computação, 2020.

HE, Z.; CHANG, T.; LU, S.; AI, H.; WANG, D.; ZHOU, Q. *Research on Human-computer Interaction Technology of Wearable Devices Such as Augmented Reality Supporting Grid Work. Procedia Computer Science*. 107. 170-175. 10.1016/j.procs, 2017. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050917303496?via%3Dihub>>. Acesso em: 09 set. 2023.

IIDA, I.; BUARQUE, L. I. A. Ergonomia: Projeto e Produção. 3ª Edição. Editora Blucher, 2016.

LAUDANTE, E.; CAPUTO, F. *Design and Digital Manufacturing: An Ergonomic Approach for Industry 4.0. Systems & design: beyond processes and thinking*, p. 922-934, 2016. Disponível em: <<https://riunet.upv.es/handle/10251/87798>>. Acesso em: 09 set. 2023.

MÁSCULO, F.S; VIDAL, M. C. Ergonomia: Trabalho adequado e eficiente - 1ª edição - Rio de Janeiro: GEN LTC, 2021.

MUNOZ, L. M. *Ergonomics in the Industry 4.0: Exoskeletons. Journal of Ergonomics*. v.8, n. 1, 2018. Disponível em: <<https://www.longdom.org/open->

access/ergonomics-in-the-industry-40-exoskeletons-2165-7556-1000e176.pdf>. Acesso em 06 Mar. 2024.

PEREIRA, C. C.; DEBIASE, D. F.; DE FARIAS, J. M.; MADEIRA, K.; LONGEN, W. C. Análise do Risco Ergonômico Lombar de Trabalhadores da Construção Civil Através do Método NIOSH. *Revista Produção Online*, v. 15, n. 3, p. 914-924, 2015. Disponível em: <<https://producaoonline.emnuvens.com.br/rpo/article/view/1888/1309>> Acesso em: 10 Fev. 2024.

SACOMANO, J, B; GONÇALVES, R, F; SILVA, M, T; BONILLA, S, H; SÁTYR, W, C. *Indústria 4.0: Conceitos e Fundamentos*. 1ª Edição. São Paulo: Blücher, 2018.

SANTOS, B. P.; ALBERTO, A.; LIMA, T. D. F.; CHARRUA-SANTOS, F. M. B.; I. *Indústria 4.0: Desafios e Oportunidades*. *Revista Produção e Desenvolvimento*, Vol.4.316, 2018. Disponível em: <<https://revistas.cefet-rj.br/index.php/producaoedesarvolvimento/article/view/e316>> Acesso em 29 set. 2023.

SANTOS, L. Conheça as quatro Revoluções Industriais que moldaram a trajetória do mundo. Conselho Federal de Administração, 2019. Disponível em: <<https://cfa.org.br/as-outras-revolucoes-industriais/>> Acesso em: 17 set. 2023.

SCHWAB, K. *A Quarta Revolução Industrial*. São Paulo: EDIPRO, 2016.

SILVA, M. de M.; ONOFRIO, L. G.B.; BARROS, G.D.de. O Futuro da Ergonomia na Indústria 4.0. In: Encontro Nacional de Engenharia De Produção (ENEGEP), XXXIX, 2019, Santos. *Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, 2019. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN\\_STP\\_297\\_1677\\_37186.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_297_1677_37186.pdf)>. Acesso em 03 jan. 2024.

SNOW, R. *Ford: o homem que transformou o futuro e inventou a era moderna*. São Paulo: Saraiva, 2014.

SOUZA, J. C. L.; TONON, I.; JUNGES, S. S. *A Influência de Henry Ford para a Atualidade*.

Univ em Revista, v. 15, n. 1, 2015.

Disponível em: <<https://periodicos.uniuv.edu.br/uniuivemrevista/article/view/373>> Acesso em: 17 set 2023.

TONIOLO, L. C. Práticas relacionadas a indústria 4.0 e suas aplicações no campo da ergonomia: análise da implementação de exoesqueletos, 2023. Disponível em: <<https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/18390>>. Acesso em: 06 mar. 2024.

WESSLÉN, J. *Exoskeleton Exploration - Research, Development, And Applicability of Industrial Exoskeletons in the Automotive Industry*. *Jönköping University, School of Engineering, JTH, Industrial Engineering and Management*, 52f, 2018. Disponível em: <<http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1216221/FULLTEXT01.pdf>>. Acesso em: 06 Mar. 2024.

WESSLÉN, J. *Exoskeleton Exploration - Research, Development, And Applicability of Industrial Exoskeletons in the Automotive Industry*. *Jönköping University, School of Engineering, JTH, Industrial Engineering and Management*, 52f, 2018. Disponível em: <<http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1216221/FULLTEXT01.pdf>>. Acesso em: 06 Mar. 2024.

ZHONG, R. Y.; XU, X.; KLOTZ, E.; NEWMAN, S. T. *Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review*. *Engineering*, Elsevier BV 2017. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095809917307130>> Acesso em: 12 Out. 2023