



PRÁTICAS RELACIONADAS À INDÚSTRIA 4.0 E SUAS APLICAÇÕES NO CAMPO DA ERGONOMIA: ANÁLISE DAS APLICAÇÕES DE ROBÔS COLABORATIVOS (COBOTS) E EXOESQUELETOS

Lucas Corrêa Toniolo ¹

João Alberto Camarotto ²

Luiz Antônio Tonin ³

Sergio Luis da Silva ⁴

RESUMO: Devido a constante mudança de mercados e meios de produção na atualidade, tornou-se necessária a otimização de tecnologias e sistemas para acompanhar essa demanda. Assim, empresas tecnológicas do mundo todo se mobilizaram e começaram a investir em novas tecnologias, gerando um novo conceito de produção que trata da implementação da internet nos serviços e meios de produção atuais, visando a melhoria da comunicação entre máquinas, tempo de produção, objetivando a política de melhorias constantes e intermitentes, a virtualização de sistemas, diminuição no ciclo de vida de produtos e a utilização de sensores em máquinas. Como as novas tecnologias seguem os padrões acima, intitula-se essa nova era como “Indústria 4.0”, o que se acredita ser a 4ª revolução industrial. Juntamente a essa nova tendência, vieram questionamentos sobre a saúde do trabalhador, tornando plausível a conciliação de tecnologias da Indústria 4.0 e a Ergonomia. Desta forma o objetivo do presente estudo foi analisar o processo de implantação de tecnologias associadas a Indústria 4.0 e suas aplicações no campo da ergonomia e discutir se essas tecnologias melhoram o processo de produção dentro das empresas e contribuem para melhores condições de trabalho na interação destas tecnologias com o trabalho dos operadores, comparação essa realizada com base na revisão da literatura. **Pressupostos metodológicos:** O estudo teve como referência os conceitos de cooperação dos sistemas homem-tarefa-máquina constantes da ergonomia.

PALAVRAS-CHAVE: Indústria 4.0; Ergonomia, Fatores Humanos; COBOTS; Exoesqueletos

INTRODUÇÃO

Este artigo aborda as tecnologias associadas à Indústria 4.0 e suas aplicações no campo da ergonomia e tem como objetivo identificar as práticas relacionadas à Indústria 4.0 e suas aplicações e contribuições no campo da ergonomia (em particular no domínio da Ergonomia Física), contribuindo para a sistematização dos conhecimentos sobre estas tecnologias e equipamentos. Objetiva-se assim discutir quais são estas tecnologias e se essas estão efetivamente melhorando o processo de produção dentro das empresas e contribuindo para melhores condições de trabalho. Esse é o dilema atual apresentado pela literatura, a qual estuda fenômenos desse tipo relacionados a Indústria 4.0 (HERČKO; ŠTEFÁNIK, 2015; MARKOVÁ et al., 2019)

Desde a primeira revolução industrial, o mundo exige cada vez mais mudanças e adaptações por parte de empresas, organizações e da própria rotina do ser humano. Nesse caso as exigências são evoluções tecnológicas e avanços em todos os setores industriais, além do aumento da competitividade, mudanças de mercados e a necessidade de novas estratégias para se adaptar a isso (MARKOVÁ et al., 2019).

Foi em meio a esse ambiente que surgiu a Indústria 4.0, que é um termo criado pelo ministro alemão de educação e pesquisa, utilizado para se referir à 4ª revolução industrial. Essa revolução trata da implementação da internet nos serviços e meios de produção atuais, visando a melhoria da comunicação entre máquinas, tempo de produção, objetivando a política de melhorias constates e intermitentes, a virtualização de sistemas, diminuição no ciclo de vida de produtos e a utilização de sensores em máquinas (HERČKO; ŠTEFÁNIK, 2015; MARKOVÁ et al., 2019).

A primeira revolução industrial foi a era da mecanização do sistema produtivo, a segunda foi a era da produção em massa, das linhas de produção com utilização da eletricidade, a terceira foi a era da automação e a implementação de computadores e a quarta, acredita-se, que é a era dos sistemas físicos cibernéticos. Uma melhor visualização dessas eras pode ser vista na Figura 1 (MARKOVÁ et al., 2019; MIKULIĆ; ŠTEFANIĆ, 2018).

Figura 1 -Síntese das Revoluções Industriais



Fonte: Roser, 2015

Dentro das tecnologias dessa nova revolução industrial, surgiram abordagens da ergonomia que tem como objetivo conciliar o trabalho da máquina com o ser humano, de forma a tornar o seu trabalho menos estressante e mais produtivo. O estresse mencionado anteriormente pode ser tanto físico quanto mental e é nesse ponto que a ergonomia industrial integra conhecimentos da ergonomia física, cognitiva e organizacional. Para cada um destes domínios existem novas propostas de soluções trazidas pela indústria 4.0 e da mesma forma existem pesquisas que estudam seus impactos dentro das empresas, tanto para o trabalhador quanto para a produtividade (KADIR; BROBERG, 2020).

Na ergonomia física estudam-se os efeitos do trabalho no sistema musculo esquelético do trabalhador, diferentemente das ergonomias cognitivas e organizacional, as quais estudam possibilidades de diminuir o estresse mental desses trabalhadores (KADIR; BROBERG, 2020), neste sentido, convém ressaltar que a ergonomia integra estes domínios e compreende a sobrecarga de trabalho como uma resultante onde os três domínios exercem algum papel e se influenciam mutuamente.

Dito isso, deve-se salientar que o presente estudo foca nas tecnologias orientadas para a ergonomia física. Dentre as novas tecnologias dessa área os COBOTS (robôs colaborativos) e os Exoesqueletos são, segundo a revisão bibliográfica que será apresentada neste estudo, as mais estudadas e que apresentaram problemas relacionados à sua implementação dentro das organizações (BANCES et al., 2020; DE LOOZE et al., 2016; WESSLÉN, 2018).

Assim surgem perguntas importantes, como: quais são impactos positivos e negativos da implantação destas tecnologias? Quais as dificuldades encontradas e barreiras à implantação e uso. Como são conciliadas as soluções destas tecnologias com o trabalho dos operadores? Como se dá o processo de cooperação visando adequar produtividade e segurança do trabalho?

Para responder a estas questões, foi realizado uma revisão bibliográfica dos processos de implantação de tais tecnologias no Brasil, cujos resultados serão apresentados e discutidos neste trabalho, esta pesquisa inicial auxiliou a levantar informações para a geração de estudos de casos que estão em desenvolvimento e que serão posteriormente publicados em novos artigos acadêmicos.

A relevância do estudo de tais tecnologias se dá na medida em que há lacunas na literatura, principalmente por ser um tema emergente, o que é evidenciado na revisão bibliográfica apresentada neste artigo. Além disso, é importante salientar que estes estudos podem dar suporte para as empresas no processo de escolha de tecnologias, na aquisição e implantação, como também na busca de indicadores que permitam melhorar as condições de trabalho.

MÉTODOS

Para responder às perguntas de pesquisa acima apresentadas, foi realizada uma revisão bibliográfica que auxiliou a formular o problema de pesquisa e a identificar as tecnologias relacionadas à ergonomia no contexto da Indústria 4.0. A revisão bibliográfica foi realizada a partir da Base de dados do Portal da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de pessoal de Nível Superior), a qual reúne periódicos de diversas áreas do conhecimento.

Foram utilizadas, através do campo de pesquisa avançada, as seguintes strings: Indústria 4.0, Ergonomia, COBOTs, Fatores Humanos e Exoesqueletos. As buscas foram realizadas entre 29/06/2020 à 15/07/2020 e foram selecionados artigos publicados entre 2013 e 2020.

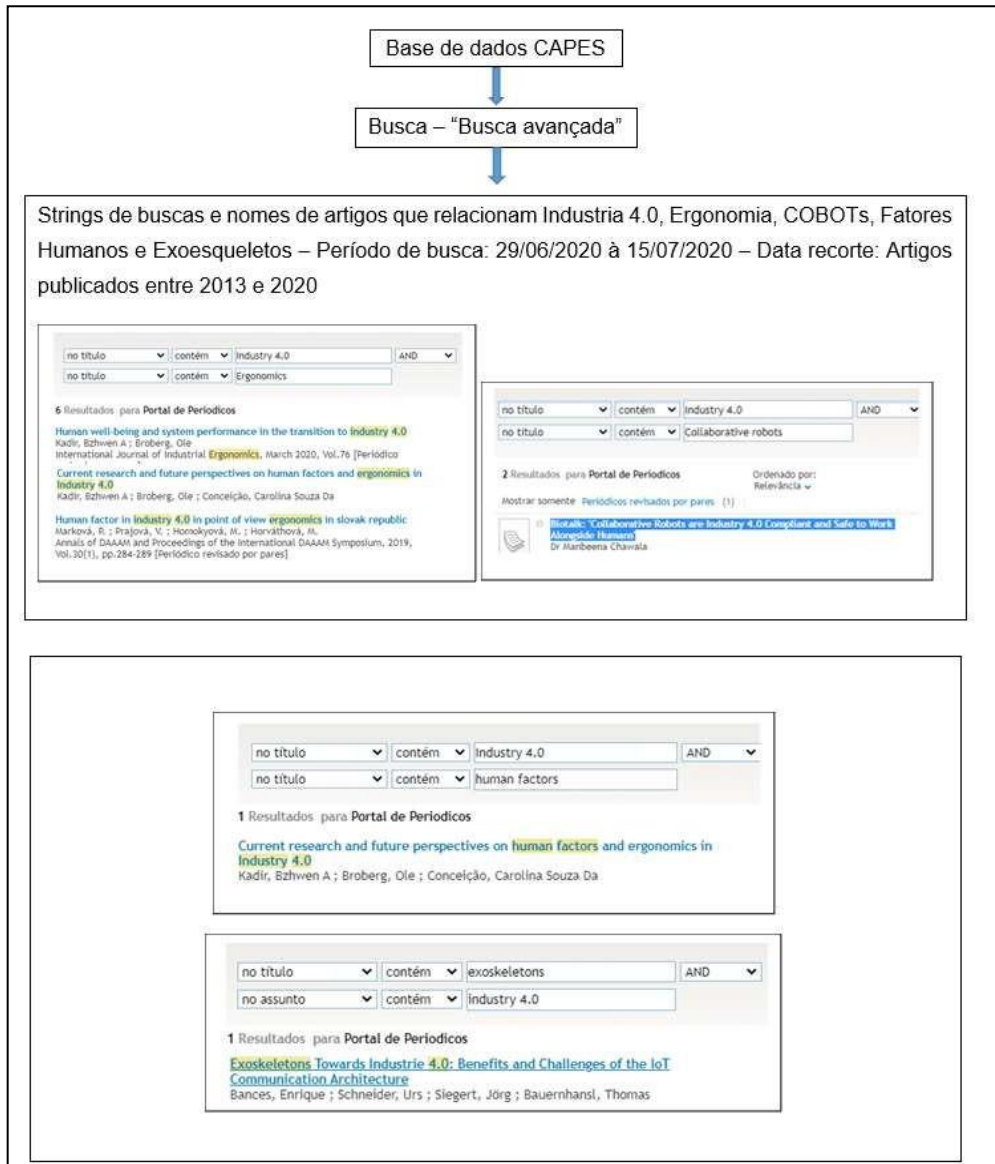
Neste primeiro momento, dentre 10 resultados encontrados com as strings “Industry 4.0 and Ergonomics”; “Industry 4.0 and Collaborative Robots”; “Industry 4.0 and Human Factors” e “Industry 4.0 and Exoskeletons”, 6 deles faziam a relação entre Indústria 4.0, Ergonomia, COBOTs, Fatores Humanos e Exoesqueletos.

Esta busca, em particular a revisão bibliográfica, auxiliou a definir como foco da pesquisa as tecnologias: Robôs colaborativos e Exoesqueletos, as quais foram identificadas com as principais tecnologias associadas à ergonomia.

Após revisão bibliográfica sistemática, realizou-se uma revisão complementar que traz (i) informações técnicas sobre o processo de normatização dessas tecnologias e também (ii) uma visão de como alguns fornecedores ofertam suas tecnologias. O conteúdo complementar possibilitou compreender as normas relacionadas ao tema e a forma como estas tecnologias são divulgadas e como isso pode influenciar a expectativa das empresas que às compram.

A figura 2 ilustra o processo de revisão bibliográfica.

Figura 2 – Ilustração do processo de Revisão Bibliográfica



RESULTADOS

A partir da leitura dos artigos obtidos no processo de revisão bibliográfica sistemática acima apresentado, pôde-se estabelecer uma compreensão acerca de quais e como são as tecnologias da indústria 4.0 associadas à ergonomia.

Primeiramente, foi necessário compreender, através dos artigos analisados, o que caracteriza uma tecnologia associada à Indústria 4.0, neste sentido, compreende-se que na Indústria

4.0 existem três pilares, que são: *Internet of Things and Services* (Internet das coisas e Serviços – IoT e IoS), os sistemas Cyber-físicos e a *Big Data*, os quais estão conectados entre si.

Internet of Things and Services é o termo utilizado para se referir aos avanços dos sistemas de internet, os quais conectam mais produtos e serviços do que a quantidade de pessoas na terra. Nesse caso representa o impacto que essa nova era trouxe para o mundo, interligando diversos locais do mundo através de tecnologias diversas que ampliam essas possibilidades de conexão (COELHO, 2016).

Os sistemas Cyber-físicos são aqueles que interligam computação, redes de comunicação, computadores embutidos e processos físicos, ou seja, substituem os sistemas de informações, que eram computadores centrais, por um sistema de computação onipresente, o qual disponibiliza informações em qualquer local de acesso.

O Big Data, que faz referência a grande quantidade de dados desses sistemas novos que tem que ser armazenados em algum local, gerando assim desafios quanto ao armazenamento e interpretação de informações geradas por eles. Com isso tenta-se delimitar uma nova era tecnológica (COELHO, 2016).

Levando a discussão para o mundo do trabalho, Kagermann (2013) acredita que a indústria 4.0 irá mudar drasticamente o conteúdo de trabalho, processos, organização e ambientes nas fábricas do futuro. Como consequência disso haverá um aumento na carga de trabalho para todos os membros corporativos em termos de resolução de problemas, abstração, complexidade de gestão e sobrecargas físicas.

Assim, com as mudanças propostas pela Indústria 4.0, surgiram também as preocupações com os trabalhadores e como esses irão se adaptar a essas mudanças drásticas. Por isso, com a ascensão dos novos meios de produção, vieram tecnologias colaborativas guiadas por sistemas sem fio que tentam trabalhar em cooperação com os seres humanos, presando pela segurança do trabalhador, seu bem estar e a melhoria da interação física do homem com seu ambiente de trabalho, ou seja, fatores ergonômicos (KAGERMANN, 2013); ESBEN H. et al., 2016).

A literatura, assim como a Associação Internacional de Ergonomia e Fatores Humanos, divide esses fatores ergonômicos em três tipos, que são: Fatores ergonômicos Físicos, Cognitivos e Organizacionais e em cada uma dessas áreas existem novas tecnologias, trazidas pela Indústria 4.0, que são testadas para tentar provar sua eficácia, tanto na produtividade quanto na saúde do trabalhador.

Neste contexto, enfocando-se o domínio da ergonomia física, Kadir e Broberg (2020) demonstram que dentre as diversas tecnologias sendo estudadas nesse nicho, existem duas delas que são o maior foco de pesquisas, que são os robôs colaborativos (COBOTS) e os exoesqueletos (KADIR; BROBERG, 2020).

Robôs colaborativos (COBOTS)

Quando se fala em COBOTs trata-se de uma tentativa de conciliar o trabalho do ser humano com a máquina de forma segura, pois ele vem com o propósito de servir como uma ferramenta para o trabalhador e ao mesmo tempo aumentar sua produtividade, sem gerar estresse físico ou mental (ESBEN H. et al., 2016).

A principal diferença entre COBOTS e robôs industriais convencionais é que os COBOTS são supostamente mais seguros e permitem a interação direta com seres humanos, cooperando com

suas tarefas, já os robôs industriais convencionais necessitam de segregação de espaço e por questões de segurança não podem compartilhar o espaço com seres humanos. A figura 3 ilustra esta diferença.

Figura 3 – Comparação entre COBOTS e Robôs Industriais



Fonte: Imagem Cobots: <https://elcoindustria.com.br/cobots-robos-colaborativos-linha-producao/>, acesso em set. de 2020. **Fonte:** Imagem Robôs Industriais: <http://reparocompensa.blogspot.com/2019/01/ranking-dos-14-maiores-fabricantes.html>, acesso em set. de 2020.

Exoesqueletos

Já os exoesqueletos, que são trajes que contemplam uma estrutura mecânica (composta ou não por atuadores), surgem como uma tentativa de reduzir as alterações musculoesqueléticas geradas pelo trabalho repetitivo e posições ergonomicamente desfavoráveis ao trabalhador (BANCES et al., 2020).

Segundo De Looze et al. (2015) e Wesslén (2018), existem dois tipos de exoesqueletos: aqueles que são passivos e não utilizam nenhum tipo de atuador para fazer movimentos, utilizando-se apenas dos materiais para sustentar uma postura, ou aqueles que são ativos e sustentam posturas com a força dos atuadores.

Figura 4 – Comparação entre execução de trabalho do Exoesqueleto Passivo e Ativo



Fonte: Imagem Exoesqueleto Passivo: <https://economia.estadao.com.br/noticias/geral.em-fabrica-da-fiat-operarios-e-exoesqueletos.70002150839>, acesso em set. de 2020.

Resultados da análise dos materiais normativos sobre as Tecnologias

Após a identificação das tecnologias associadas à Ergonomia no contexto da Indústria 4.0, foi feita a revisão complementar, no primeiro momento buscou-se compreender as normas associadas a estas tecnologias e as regulações impostas por governos ou associações de normas

técnicas ao uso destas tecnologias, neste contexto, foram encontradas diversas normas sobre Robôs Colaborativos, porém, não foram identificadas normas acerca do uso de Exoesqueletos.

As medidas de segurança necessárias na criação e construção de máquinas são derivadas de disposições legais. Para máquinas comercializadas na comunidade Europeia geralmente aplica-se a diretiva de máquinas 2006/42/EC e em ambientes industriais em território brasileiro aplica-se a NR-12. Ambas descrevem requisitos de design e construção de máquinas seguras. Além destas, a norma ISO 12100 auxilia neste processo. O objetivo principal desta Norma é fornecer aos projetistas uma estrutura geral e orientação para decisões durante o desenvolvimento de máquinas para capacitá-los a projetar máquinas que sejam seguras para o uso pretendido.

O conceito de segurança de máquinas considera a capacidade de uma máquina de realizar suas funções pretendidas durante seu ciclo de vida, onde o risco foi adequadamente reduzido.

Este Padrão Internacional é a base para um conjunto de padrões que possui a seguinte estrutura:

- Padrões tipo A (padrões básicos de segurança), fornecendo conceitos básicos, princípios de projeto e características gerais que podem ser aplicados a máquinas
- Padrões tipo B (padrões de segurança genéricos) tratam da segurança ou um tipo de salvaguarda que pode ser usado em uma ampla gama de máquinas:
 - Padrões tipo B1 abordam características específicas de segurança (por exemplo, distâncias de segurança, temperatura da superfície, ruído)
 - Padrões tipo B2 sobre salvaguardas (por exemplo, controles bi-manuais, dispositivos de intertravamento, sensíveis à pressão dispositivos, protetores)
- Padrões tipo C (padrões de segurança da máquina) que tratam dos requisitos de segurança detalhados para uma determinada máquina ou grupo de máquinas. Dentro desse padrão se aplicam as ISO 10218-1 e ISO 10218-2 e, como complemento a elas, a ISO 15066

Neste contexto, a norma **ISO 10218-1 Robôs** – Fornece orientação para a garantia de segurança no projeto e construção do robô. Uma vez que a segurança na aplicação de robôs industriais é influenciada pelo projeto e aplicação da integração do sistema de robô particular.

A norma **ISO 10218-2 Sistemas dos Robôs e Integração** - Fornece diretrizes para a proteção do pessoal durante a integração, instalação, teste funcional, programação, operação, manutenção e reparo do robô.

Por fim, especificamente sobre robôs colaborativos, a norma **ISO 15066: 2016 Operação de Robôs Colaborativos** - fornece orientação para a operação do Robô Colaborativo, que é um sistema que integra o Robô e o trabalhador no mesmo espaço de trabalho. Em tais operações, a integridade do sistema de controle relacionado à segurança é de grande importância, particularmente quando os parâmetros do processo, como velocidade e força, estão sendo controlados. Assim, uma avaliação de risco abrangente é necessária para avaliar não apenas o sistema do Robô em si, mas também o ambiente no qual ele é colocado, ou seja, o local de trabalho.

No Brasil, em caráter definitivo e obrigatório, o projeto e construção de máquinas e equipamentos deve seguir os requisitos da Norma Regulamentadora NR-12. Esta norma e seus anexos definem referências técnicas, princípios fundamentais e medidas de proteção para resguardar a saúde e a integridade física dos trabalhadores e estabelece requisitos mínimos para a prevenção de acidentes e doenças do trabalho nas fases de projeto e de utilização de máquinas e equipamentos, e ainda à sua fabricação, importação, comercialização, exposição e cessão a qualquer título. A NR 12 prescreve que os sistemas robóticos que obedeçam às prescrições das normas ABNT ISO 10218-1, ABNT ISO 10218-2, da ISO/TS 15066 e demais normas técnicas oficiais ou, na ausência ou omissão destas, nas normas internacionais aplicáveis, estão em

conformidade com os requisitos de segurança previstos nessa NR, assim, no Brasil, os COBOTS devem seguir estas normas ISO para estarem em conformidade com a legislação nacional.

Após a revisão das normas, foram observados os sites e materiais de divulgação de alguns fabricantes para compreender a forma de divulgação de tais tecnologias e comparar com os resultados identificados na literatura.

Resultados da análise dos materiais informativos de Fabricantes e Fornecedores das Tecnologias

Foram analisados materiais informativos disponibilizados por três fabricantes de cada tipo de equipamentos, optou-se por omitir os nomes das empresas neste artigo. Conforme esperado, os fabricantes ressaltam muitos benefícios obtidos na utilização destes equipamentos e confirmam as associações da literatura destes com a Indústria 4.0 e com aspectos ligados à ergonomia física.

i. COBOTs

Fabricante A – O fabricante descreve seu produto como revolucionário e traz uma abordagem modular e móvel de montagem no chão de fábrica, o que proporciona um enfrentamento da alta complexidade trazida pelo aumento da variedade de produtos e a contínua integração de novos processos na produção. Essas características almejam o aumento produtivo, da qualidade e dos benefícios de economia de custo, além de proporcionar a diminuição da carga física sobre o trabalhador. No site do fabricante há relatos de casos de sucesso na implementação em grandes empresas ao redor do mundo.

Fabricante B – O fabricante promove o seu produto vendendo a ideia de uma tecnologia que contribui para um ambiente de trabalho mais seguro, atuando em ambientes que os seres humanos não podem, tais como tarefas perigosas ou monótonas ao trabalhador, como montagem de máquinas, montagem de placas de circuito, processamento de metal, moldagem por injeção, embalagem, carga e descarga, bem como testes e inspeções. Além disso proporciona um ambiente de trabalho mais silencioso e menos estressante, quando comparado ao ambiente dos robôs industriais. O produto também possui um design “amigável”, o que, segundo o Fabricante B, facilita a aceitação da tecnologia pelos trabalhadores.

Fabricante C – O fabricante diz que seus robôs colaborativos da série X oferecem mais opções, mais carga útil, mais alcance e mais velocidade do que qualquer outra série COBOT no mercado. Além disso garantem a certificação de segurança, fornecendo COBOTs que trabalham lado a lado com os humanos, agregando valor aos processos envolvidos com a tecnologia. O Fornecedor C garante que a aquisição das tecnologias é a solução para empresas de pequeno e grande porte, proporcionando uma rápida instalação, fácil utilização e alta confiabilidade.

ii. EXOESQUELETOS

Fabricante A –Esse fabricante fornece um exoesqueleto industrial de membros superiores (MMSS), passivo e que tem como objetivo reduzir os esforços na realização de atividades que exigem do complexo dos ombros, braços e costas, buscando uma otimização de produtividade e a diminuição da carga física. Alegam que seu produto é altamente tecnológico, porém ainda assim

é dotado de extrema simplicidade de manuseio e vestimenta, com tempos de 30 segundos para sua colocação. Sua produção é totalmente brasileira, e por isso o custo e manutenção do equipamento são mais baratas se comparadas a de produtos importados, aguentando até 600 mil ciclos, simulando a utilização em um ambiente 24 h x 7 dias, com 3 turnos por 1 ano sem manutenção. Dentre as características do equipamento, destaca-se o seu peso, a redução de força nos braços que o equipamento permite, liberdade de movimento para ombros e braços, há versões conectadas (IoT) para monitoramento de uso e manutenção de equipamento e acompanhamento de dados do usuário (ângulo dos braços, horas de uso por usuário, horímetro do equipamento).

Observa-se que, embora o fabricante faça associação com tecnologias da indústria 4.0, esta é única característica que se associa ao tripé identificado com base das tecnologias 4.0.

Fabricante B – Esse fabricante fornece um Exoesqueleto Industrial de membros superiores (MMSS), passivo e que tem como objetivo tornar o trabalhador o centro do processo produtivo, visando assim fábricas mais modernas, eficientes e produtivas. Alega que seu produto preserva e valoriza as capacidades do trabalhador através da redução das cargas físicas, como excesso de carga e Lesões por Esforço Repetitivo (LERs). Essa tecnologia se ajusta a diferentes estruturas corporais, dando suporte diário ao trabalhador e trazendo conforto, o que conseqüentemente aumenta a qualidade, eficiência e consistência dos trabalhos repetitivos realizados. O site do Fabricante B disponibiliza a brochura do seu produto e nela relatam a redução média de 30% da fadiga muscular no movimento de extensão de ombro, pois todo esforço é dissipado pelos pontos de contato com o corpo e as caixas de torque que transformam energia potencial em torque para reduzir carga.

Fabricante C – Esse Fabricante fornece um Exoesqueleto Industrial de Membros Inferiores (MMII), passivo e alega que seu produto é a nova cadeira sem cadeira, onde o trabalhador pode realizar suas atividades e tarefas de forma segura, diminuindo o estresse sobre a coluna lombar de quem as executa. O produto possibilita uma mudança rápida, fácil e flexível entre as posturas sentada, em pé e a caminhada, o que não gera obstáculos na execução de tarefas dos trabalhadores. Além disso o fabricante garante que o Exoesqueleto permite a substituição de cadeiras por esse mecanismo versátil, permite a vestimenta em menos de 30 segundos, reduz os custos por afastamento de trabalhadores e mantém a produtividade, porém de forma mais confortável. O diferencial desse fabricante em relação aos outros estudados é que, em seu website, apresentam uma proposta de implementação de seu produto dentro das empresas que o adquiriram. Dessa forma propõe um processo padrão de implementação com assistência de uma equipe especializada, para assim entender o funcionamento e necessidade de cada cliente.

Considerações Finais Sobre os Resultados

Os resultados demonstram que ambas as tecnologias são vistas, na literatura e nas informações dos fornecedores, como contribuições da indústria 4.0 associadas aos aspectos da ergonomia física, percebe-se que existem normas para robôs colaborativos, porém, ainda não foram identificadas normas relacionadas com exoesqueletos e suas aplicações. Na sequência serão apresentados alguns pontos de discussão e as considerações finais.

DISCUSSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo abordou as tecnologias associadas à Indústria 4.0 e suas aplicações no campo da ergonomia e teve como objetivo identificar as práticas relacionadas à Indústria 4.0 e suas

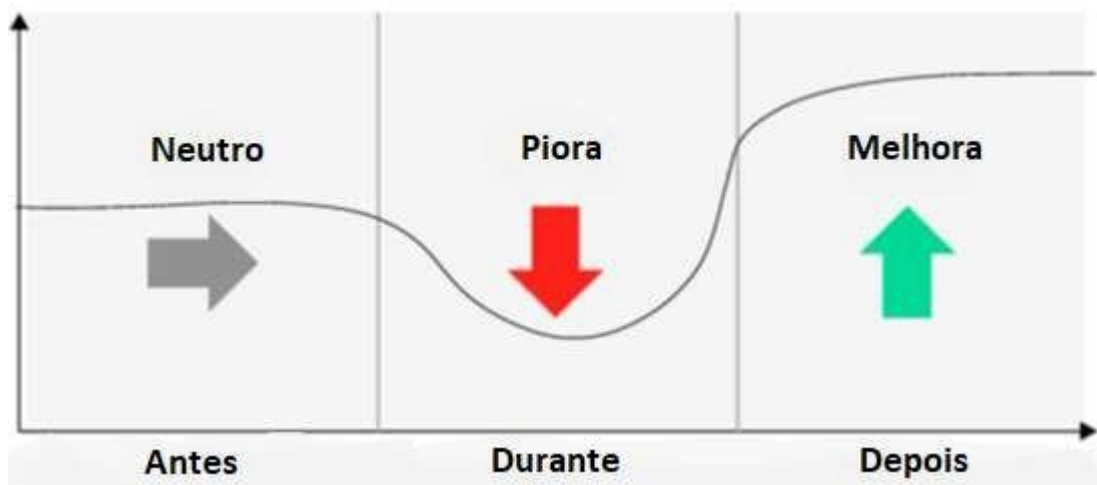
aplicações e contribuições no campo da ergonomia (em particular no domínio da Ergonomia Física), contribuindo para a sistematização dos conhecimentos sobre COBOTs e Exoesqueletos, estes objetivos foram desenvolvidos e apresentados como resultados da revisão bibliográfica.

Para além disso, é necessário discutir se essas estão efetivamente melhorando o processo de produção dentro das empresas e contribuindo para melhores condições de trabalho.

Neste sentido, verificou-se também na literatura estudada, que essas evoluções tecnológicas, que tinham o intuito de trazer melhorias ergonômicas, vieram problemas de implementação, dificuldades de adaptação dos trabalhadores com a nova tecnologia, a falta de motivação por não haver um padrão do processo de implementação, advindo da falta de estudos da nova tecnologia, e o surgimento de um ambiente de trabalho pesado, com constante preocupação dos trabalhadores com seus empregos (KADIR; BROBERG, 2020).

Segundo o estudo de Kadir e Broberg (2020), testes de implementação dessas tecnologias foram realizados em diversas empresas de diversos tamanhos e tipos de produção, e essa implementação foi dividida nas fases “Antes”, “Durante” e “Depois”. Como resultado, mostrou-se difícil a implementação nos períodos “Antes” e “Durante”, pois não se sabia muito sobre a tecnologia (tanto por parte da empresa quanto dos funcionários), e o protocolo de implementação ainda não estava claro e definido, causando muita incerteza dentro das empresas. Isso deu origem a um ambiente inóspito de trabalho e que se mostrou pior do que o período anterior à tecnologia. Após certo tempo de estudos e aumento da clareza sobre essas, os fatores benéficos vieram à tona e o ambiente de trabalho recuperou seu bem estar, além de ter mostrado que as novas tecnologias estavam sendo benéficas no caráter físico (figura 5).

Figura 5 – Bem-estar percebido e desempenho geral do sistema nos períodos antes, durante e depois da implementação de novas tecnologias



Uma visão geral simples de como o bem-estar percebido e o desempenho geral do sistema mudam antes, durante e depois da implementação de novas tecnologias digitais

Fonte: Kadir & Broberg, 2020

Porém, embora no período “Depois” tenham sido notadas melhorias no processo produtivo e no bem estar dos funcionários, não se deve generalizar tal conclusão, pois outros fatores como a duração do tempo de implementação, custos e o melhor tipo de tecnologia ainda precisam ser

estudados mais a fundo afim de comparar benefícios e malefícios, e por isso deve-se focar mais nesses processos, para dar luz a uma lacuna na literatura.

Outra discussão importante que emergiu deste estudo foi a classificação de tecnologias como 4.0, por exemplo, até que ponto um exoesqueleto passivo é 4.0, visto que muito pouco ou nada dos pilares são aplicados nestes equipamentos? Verifica-se que esta associação não é meramente comercial e que mesmo em pesquisas acadêmicas esta situação ocorre, ou seja, a reflexão sobre o real enquadramento de uma tecnologia em um contexto não está sendo efetivamente realizada.

O presente estudo forneceu suporte para o entendimento e sistematização de conhecimentos acerca destas tecnologias e servirá como base para novos estudos, que poderão envolver casos de utilização reais, onde empresas que aplicaram estas tecnologias sejam abordadas e convidadas a refletir sobre os pontos positivos e negativos da utilização destes equipamentos, assim como a motivação para a aquisição destes e a satisfação desta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BANCES, E. et al. Exoskeletons towards industrie 4.0: Benefits and challenges of the IoT communication architecture. **Procedia Manufacturing**, v. 42, p. 49–56, 2020.
- COELHO, P. M. N. Rumo à Indústria 4.0. **Faculdade de Ciências e Tecnologia - Universidade de Coimbra**, p. 65, 2016.
- DE LOOZE, M. P. et al. Exoskeletons for industrial application and their potential effects on physical work load. **Ergonomics**, v. 59, n. 5, p. 671–681, 2016.
- HERČKO, J.; ŠTEFÁNIK, A. Komponenty a princípy konceptu Industry 4.0. **ProIN: bimonthly CEIT.-ISSN**, n. May 2015, 2015.
- KADIR, B. A.; BROBERG, O. Human well-being and system performance in the transition to industry 4.0. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 76, n. March, p. 102936, 2020.
- KAGERMANN. Germany - INDUSTRIE 4.0. **Final report of the Industrie 4.0 WG**, n. April, p. 82, 2013.
- MARKOVÁ, P. et al. Human factor in industry 4.0 in point of view ergonomics in slovak republic. **Annals of DAAAM and Proceedings of the International DAAAM Symposium**, v. 30, n. 1, p. 284–289, 2019.
- MIKULIĆ, I.; ŠTEFANIĆ, A. The adoption of modern technology specific to industry 4.0 by human factor. **Annals of DAAAM and Proceedings of the International DAAAM Symposium**, v. 29, n. 1, p. 941–946, 2018.
- WESSLÉN, J. Exoskeleton Exploration. **Jönköping University, School of Engineering, JTH, Industrial Engineering and Management**, p. 46, 2018.