



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS BLUMENAU
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA TÊXTIL

Thaís Maria Dias da Silva

Wearables têxteis na indústria militar: um estudo sobre patentes de invenção

Blumenau

2024

Thaís Maria Dias da Silva

Wearables têxteis na indústria militar: um estudo sobre patentes de invenção

Defesa de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Têxtil da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Engenharia Têxtil.

Orientadora: Prof.^a Ana Julia Dal Forno, Dra.

Coorientador: Prof. Leonardo Mejia Rincon, Dr.

Blumenau

2024

Silva, Thaís Maria Dias da

Wearables têxteis na indústria militar: um estudo sobre patentes de invenção / Thaís Maria Dias da Silva ; orientadora, Ana Julia Dal Forno, coorientador, Leonardo Mejia Rincon, 2024.

78 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Blumenau, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Têxtil, Blumenau, 2024.

Inclui referências.

1. Engenharia Têxtil. 2. Wearables Têxteis. 3. Indústria Militar. 4. Patentes. I. Dal Forno, Ana Julia. II. Rincon, Leonardo Mejia. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Têxtil. IV. Título.

Thaís Maria Dias da Silva

Wearables têxteis na indústria militar: um estudo sobre patentes de invenção

O presente trabalho em nível de Mestrado foi avaliado e aprovado, em 24 de junho de 2024, pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof.^a Isabel Grunevald, Dra.

UNISC – Universidade de Santa Cruz do Sul

Prof.^a Liane Mählmann Kipper, Dr.^a

UNISC – Universidade de Santa Cruz do Sul

Certificamos que esta é a versão original e final do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de Mestra em Engenharia Têxtil.

Insira neste espaço a
assinatura digital

Coordenação do Programa de Pós-Graduação

Insira neste espaço a
assinatura digital

Profa. Ana Julia Dal Forno, Dra.
Orientadora

Blumenau, 2024.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por toda força, sabedoria e garra para continuar mesmo diante às dificuldades encontradas no caminho.

À Universidade Federal de Santa Catarina e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Têxtil, pela oportunidade de poder realizar o curso.

À minha orientadora, Prof.^a Dra. Ana Julia Dal Forno, que me mostrou o amor por essa linda profissão, que não desistiu de me ajudar, mesmo com todas as minhas mudanças de cidade ao longo do curso, que mais que uma orientadora, foi uma grande incentivadora para que eu concluísse o estudo e para que eu continuasse galgando o caminho da pesquisa. Ao meu co-orientador, Prof. Dr. Leonardo Mejia Rincon, por ter me acompanhado ao longo dessa jornada.

Ao meu esposo, Gabriel Rosa, que acreditou em mim e não me deixou desistir nos momentos de fraqueza. Sempre me incentivando e apoiando, cuidando de tudo para que eu pudesse me dedicar integralmente aos estudos. Seu apoio foi essencial para a conclusão dessa caminhada.

RESUMO

Os *wearables* têxteis, também conhecidos como *e-textiles*, representam uma categoria inovadora de dispositivos eletrônicos integrados em tecidos, oferecendo uma variedade de funcionalidades que vão desde monitoramento de saúde até comunicação e sensoriamento. Quando aplicados à indústria militar, esses dispositivos têm capacidade de aprimorar as operações e o desempenho dos soldados em campo. Assim, o objetivo dessa dissertação foi identificar as tecnologias *Wearables* aplicadas em têxteis direcionados à indústria militar, visando mapear tendências e padrões tecnológicos emergentes nas patentes relacionadas, incluindo áreas de inovação, desenvolvimento de novos materiais e integração de funcionalidades avançadas. Para isso, a metodologia foi estruturada com o uso de uma revisão sistemática da literatura e com um mapeamento nas bases de patentes, identificando os problemas levantados nos artigos revisados, bem como suas soluções propostas. Algumas discussões sobre as vantagens e desvantagens, referente à utilização de *wearables* na indústria militar, serão abordadas e analisadas de forma sucinta. Ao longo dessa dissertação foram analisados 62 artigos, utilizados como base para nossa revisão sistemática e 30 documentos de patentes registradas em diferentes países. Como resultado, a análise das patentes relacionadas revelou tecnologias emergentes e inovações no campo dos *wearables* têxteis aplicados à indústria militar, incluindo novos materiais, sensores avançados, sistemas de comunicação e integração de funcionalidades. E como desvantagens identificou que os pontos mais vulneráveis para implementação dessa tecnologia, competem a problemas com segurança de dados, custo do investimento, confiabilidade do sistema e sustentabilidade, sendo esse último com grandes oportunidades de melhoria devido ao fato de conter muitos elementos não biodegradáveis, esses produtos demandam certo cuidado e atenção quanto ao seu correto descarte após o fim de seu tempo de vida útil. Com o contínuo avanço da tecnologia e o aprimoramento constante das pesquisas e investimentos na indústria têxtil, produtos têxteis cada vez mais rebuscados e tecnológicos, estão sendo inseridos na indústria, com um impacto econômico significativo, sendo foco desse estudo a Indústria militar.

Palavras-chave: *Wearables*; Indústria Militar; Têxteis Inteligentes; Dispositivos Vestíveis; Patentes.

ABSTRACT

Textile *wearables*, also known as e-textiles, represent an innovative category of electronic devices integrated into fabrics, offering a variety of functionalities ranging from health monitoring to communication and sensing. When applied to the military industry, these devices have the ability to improve operations and performance of soldiers in the field. Thus, the objective of this dissertation was to identify *Wearables* technologies applied in textiles aimed at the military industry, aiming to map trends and emerging technological patterns in related patents, including areas of innovation, development of new materials and integration of advanced functionalities. For this, the methodology was a systematic review of the literature and mapping in patent databases, identifying the problems raised in the reviewed articles, as well as their proposed solutions. Some discussions about the advantages and disadvantages regarding the use of *wearables* in the military industry will be addressed and analyzed succinctly. Throughout this dissertation, 62 articles were analyzed, used as a basis for our systematic review, and 30 patent documents registered in different countries. As a result, the analysis of related patents revealed emerging technologies and innovations in the field of textile *wearables* applied to the military industry, including new materials, advanced sensors, communication systems and functionality integration. And as disadvantages, it was identified that the most vulnerable points for implementing this technology are problems with data security, investment cost, system reliability and sustainability, the latter with great opportunities for improvement due to the fact that it contains many non-biodegradable elements, These products require certain care and attention regarding their correct disposal after the end of their useful life. With the continuous advancement of technology and the constant improvement of research and investments in the textile industry, increasingly sophisticated and technological textile products are being inserted into the industry, with a significant economic impact, with the focus of this study being the military industry.

Keywords: *Wearables*; Military Industry; Smart Textiles; *Wearable* Devices; Patents.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Pés de um militar após retornar de treinamento	15
Figura 2 – Síntese da Metodologia.....	18
Figura 3 – Pesquisas e Filtros	20
Figura 4 – Fluxograma com resultados da seleção dos artigos	21
Figura 5 – Rede VOSviewer – Palavras mais relacionadas no universo total	22
Figura 6 – Rede VOSviewer – Palavras mais relacionadas	23
Figura 7 – Cluster VOSviewer – Autores mais relacionados	23
Figura 8 – Pesquisas e Filtros para busca de Patentes	30
Figura 9 – Quantitativo de autores por área de aplicação	41
Figura 10 – Países que mais publicam sobre <i>wearables</i> focados na indústria militar	42
Figura 11 – Protótipo de substrato têxtil.....	47
Figura 12 – Protótipo de colete militar.....	48
Figura 13 – Protótipo desenvolvido para patente US9235934B2.....	49
Figura 14 – Protótipo desenvolvido para patente US9398880B2.....	50
Figura 15 – Protótipo desenvolvido para patente US9775520B2.....	50
Figura 16 – Protótipo desenvolvido para patente BR 11 2017 020843 1 B1	51
Figura 17 – Protótipo desenvolvido para patente BR 11 2019 015521 0 A2	52
Figura 18 – Protótipo desenvolvido para patente US20210007874A1.....	53
Figura 19 – Protótipo da patente US11246213B2.....	54
Figura 20 – Protótipo desenvolvido para patente BR 11 2023 012788 2 A2	54
Figura 21 – Distribuição das patentes por tipo de depositante.....	55
Figura 22 – Distribuição das patentes x países.....	56
Figura 23 – Modelo 3D do pé e tornozelo	57
Figura 24 – Modelo de bota desenvolvido para atenuar lesões	57
Figura 25 – Modelo de bota com membrana elíptica	58
Figura 26 – Palmilha inteligente baseada nesses nanogeradores	59
Figura 27 – Protótipo de camisa inteligente	61
Figura 28 – Modelos de botas militares.....	62
Figura 29 – Robô de pernas.....	63
Figura 30 – Meia de algodão utilizando mecanismo híbrido	64
Figura 31 – Traje de batalha russo.....	65
Figura 32 – Aplicação de <i>wearables</i> em equipamentos militares.....	66

Figura 33 – Palmilha aquecida integrada à um celular.....	67
Figura 34 – Principais áreas de aplicação.....	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Desenvolvimento da Metodologia	17
Tabela 2 – Artigos utilizados para revisão da literatura	24
Tabela 3 – Autores x Objetivos x Aplicação	31
Tabela 4 – Patentes utilizadas para mapeamento do cenário.....	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIT	Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção
IEMI	Inteligência de Mercado
ICSP	Congresso Internacional de Desempenho Físico dos Soldados
RSL	Revisão sistemática de literatura
IPC	Classificação Internacional de Patentes
OMPI	Organização Mundial da Propriedade Intelectual
CPC	Sistema de Classificação Cooperativa

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	MOTIVAÇÃO.....	14
1.2	OBJETIVOS.....	15
2	METODOLOGIA	17
2.1	ETAPAS DA METODOLOGIA - PLANEJAMENTO DA REVISÃO.....	18
2.2	ETAPAS DA METODOLOGIA - CONDUÇÃO DA REVISÃO.....	19
2.3	ETAPAS DA METODOLOGIA – MAPEAMENTO DAS PATENTES.....	29
3	RESULTADOS	30
3.1	RESULTADOS DA REVISÃO DA LITERATURA.....	31
3.2	RESULTADOS DA ANÁLISE DE PATENTES.....	42
3.3	IMPORTÂNCIA E BENEFÍCIOS DA TECNOLOGIA <i>WEARABLE</i> APLICADA NO SETOR MILITAR.....	56
3.4	PRINCIPAIS DESAFIOS NA IMPLEMENTAÇÃO DE TECNOLOGIA <i>WEARABLE</i>	68
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	70
	REFERÊNCIAS	72

1 INTRODUÇÃO

Com a evolução da ciência e da tecnologia, novas ferramentas surgem e são aprimoradas com o intuito de modernização e desenvolvimento de produtos. Considerado o segundo maior empregador do país, segundo dados da Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção (ABIT, 2023) o setor têxtil representa 19,5% do total de trabalhadores alocados na produção industrial e 6% do valor total da produção da indústria brasileira de transformação segundo informações da Inteligência de Mercado (IEMI, 2022).

Através da produção baseada na indústria 4.0 e nas suas tecnologias, como Internet das Coisas (IoT), os sistemas ciber físicos integrados e *online* estão surgindo através da interconexão de recursos, máquinas e até mesmo dos sistemas logísticos (Kovacs, 2018). Um exemplo de novas tecnologias que estão sendo estudadas é a tecnologia dos *wearables*, que transformam têxteis comuns em dispositivos vestíveis integrados com componentes eletrônicos. A partir de novas invenções e soluções apresentadas com o aprimoramento dessa tecnologia, novos setores se interessam em investir e utilizar os têxteis integrados.

A indústria militar se destaca como importante incentivadora de tal utilização, justamente pelo fato de ter sido nessa indústria, o surgimento do primeiro *wearable*. Em 1996 a primeira camisa com dispositivos integrados foi criada, quando a Defesa da Marinha dos EUA investiu em um projeto de pesquisa em uma instituição de tecnologia na Geórgia para rastrear a condição física de soldados (Park & Jayaraman, 2017).

Segundo Billing et al. (2021), se o ser humano é o principal sistema de armas e toda a tecnologia é para apoiar o soldado, então as tecnologias de aumento de desempenho devem ser construídas em torno das capacidades do ser humano, tolerâncias biológicas e humanizadas para atuar de maneira consistente com a biologia humana. Efetivando-se assim, a necessidade de pesquisa de desempenho humano que irá resolver problemas visando otimizar as equipes de soldados.

Anualmente, ocorre o Congresso Internacional de Desempenho Físico dos Soldados (ICSPP), onde são apresentadas as prioridades de pesquisa para desenvolvimento de equipamentos que auxiliem a evolução da aptidão física dos soldados, bem como seu bem-estar durante operações.

Ainda em seu artigo, Billing et al. (2021) apresenta uma análise das prioridades de pesquisa identificadas pelos integrantes do ICSPP (2014 e 2017) que revela um

foco quase exclusivo e contínuo na manutenção ou restauração da função humana. Embora o ICSP de 2020 e 2023 tenham mostrado evidências de um foco mais forte em fatores psicológicos e cognitivos, a ênfase principal permaneceu inalterada. A comunidade militar de desempenho humano deve priorizar as atividades de pesquisa hoje em linha com as necessidades futuras e exigências do combatente humano.

A segurança dos soldados em operações militares é o fator principal para o investimento em pesquisas e precisa estar alinhada com os objetivos de cada atividade. O desenvolvimento de equipamentos que os auxiliem em suas funções é de suma importância para a constante evolução de suas habilidades.

1.1 MOTIVAÇÃO

A partir do relato de militares, os quais sempre abordavam as mesmas dificuldades quanto a seus equipamentos utilizados diariamente, oportunidades de pesquisas foram identificadas. A principal queixa quanto aos equipamentos utilizados durante os treinamentos e missões, que duram semanas e até meses, se origina com relação a tecnologia, muitas vezes obsoleta e ineficaz, aplicada aos utilitários, dificultando assim o correto cumprimento das tarefas requeridas.

Além de lesões provocadas por fardamentos inadequados, há também, a necessidade do emprego de tecnologia atualizada e que proporcione constante atualização, haja vista que são materiais com valores elevados e para utilização diária. Precisam ser resistentes e leves, com o objetivo de não aumentar a carga levada pelo soldado. Outro fator importante seria o fácil manuseio por conta do pouco tempo disponível para manutenção.

Através desses relatos, surgiu a principal motivação para essa dissertação, que consiste no mapeamento de tecnologias aplicadas no setor têxtil, voltadas para área militar com o objetivo de mapear diferentes soluções para sanar os problemas apresentados tanto pelos militares quanto por problemas apresentados em artigos de revisão voltados para área. Com a síntese dos problemas identificados, buscas foram realizadas com o intuito de verificar oportunidades de melhorias em equipamentos. Alguns pontos em comum de pesquisas recentes e reclamações de militares seriam têxteis com difícil absorção de umidade e peso elevado de equipamentos.

A Figura 1 apresenta as fotos dos pés de um militar ao retornar da missão, após uma semana utilizando o coturno. Um problema comum entre os militares devido à alta concentração de umidade no interior desses calçados.

Figura 1 – Pés de um militar após retornar de treinamento



Fonte: Acervo da autora.

Diante essa motivação para elaboração dessa dissertação, os problemas relacionados quanto à falta de tecnologia adequada aplicada aos equipamentos militares, serão objeto de estudo para o mapeamento de soluções criadas, disponíveis no mercado.

1.2 OBJETIVOS

O objetivo geral é identificar as tecnologias *wearables* aplicados em têxteis direcionados à indústria militar, visando mapear tendências e padrões tecnológicos emergentes nas patentes relacionadas, incluindo áreas de inovação, desenvolvimento de novos materiais e integração de funcionalidades avançadas. A ideia principal baseia-se em conhecer as pesquisas realizadas em torno dos problemas aqui relatados, assim como compreender as experiências já expostas por cientistas e suas contribuições para a atual evolução dos artefatos.

Para isso, os objetivos específicos são:

- a) Identificar a contribuição dos *wearables* têxteis para o desenvolvimento de materiais militares;
- b) Identificar os principais desafios na implementação da tecnologia *wearable* em têxteis aplicados a vestimenta militar;

- c) Analisar as patentes relacionadas a equipamentos militares com tecnologia *wearable* aplicada.

Essa dissertação está estruturada em quatro capítulos. Na primeira seção foi abordada contextualização e o problema a ser resolvido. A seção 2 é destinada à metodologia, seguida dos resultados obtidos e dos panoramas identificados. Na seção 4 há as considerações finais e, por fim, as referências serão listadas.

2 METODOLOGIA

Com o intuito de responder os objetivos específicos do estudo, realizou-se uma revisão sistemática da literatura, utilizando as bases de dados: Scopus e Science Direct. A escolha dessas duas fontes, como bases de dados para pesquisa é justificada por sua ampla cobertura, qualidade e confiabilidade das informações, além das ferramentas avançadas de busca e análise que oferecem. Essas características tornam essas plataformas essenciais para pesquisadores que buscam acesso a literatura científica de alta qualidade e recursos para análise de impacto e tendências na pesquisa.

A fim de se identificar as patentes, que são direitos exclusivos conferidos pelo governo a um inventor por um tempo determinado, em troca da revelação pública da invenção, relacionadas ao tema de estudo, foram realizadas buscas através de palavras-chave em base de dados selecionadas. O propósito das patentes é promover a inovação, permitindo aos inventores a chance de recuperar o investimento realizado no desenvolvimento de novas tecnologias, produtos ou processos.

Foi seguida uma sequência de etapas divididas em: Planejamento da Revisão, Condução da Revisão e Mapeamento das Patentes, para se obter o levantamento de dados teóricos relativos ao tema abordado nessa dissertação.

A Tabela 1 exibe os objetivos e a metodologia correspondente empregada para alcançar os resultados desejados.

Tabela 1 – Desenvolvimento da Metodologia

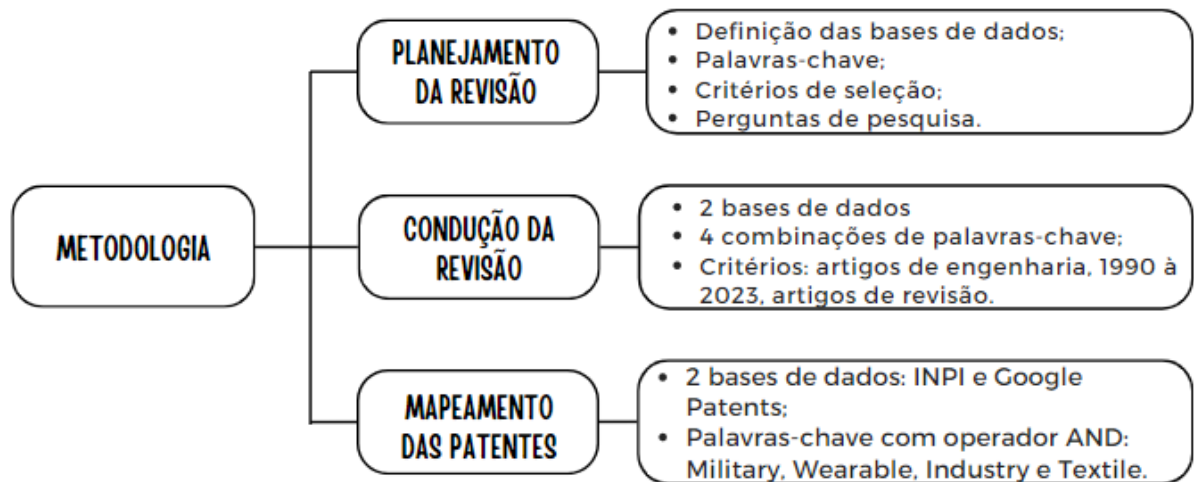
Objetivo	Metodologia	Perguntas de Pesquisa
Analisar as aplicações da tecnologia <i>wearable</i> na indústria militar.	Revisão sistemática da literatura.	Quais as aplicações encontradas?
		Quais os principais autores?
		Quais são os países que mais publicam?
Identificar as patentes relacionadas.	Bases de dados do INPI e do <i>Google Patents</i> .	Quantas e quais são as patentes da indústria militar

		que têm relação com o setor têxtil?
		Quais países possuem mais patentes voltadas para área <i>wearable</i> têxtil militar?
Identificar as tecnologias utilizadas.	- Por grau de inovação; - Por modelo de utilidade; - Por empresa.	Quais são as patentes de invenção existentes para a indústria militar?

Fonte: Elaborado pela autora.

A Figura 2 sintetiza as etapas desenvolvidas.

Figura 2 – Síntese da Metodologia



Fonte: Elaborado pela autora.

2.1 ETAPAS DA METODOLOGIA - PLANEJAMENTO DA REVISÃO

A abordagem metodológica adotada para esta dissertação é caracterizada como uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL). De acordo com Kitchenham (2007), uma revisão sistemática da literatura consiste em uma maneira de avaliar e interpretar todos os dados pertinentes disponíveis relacionados a uma questão de

pesquisa específica, área temática ou fenômeno de interesse. O objetivo das revisões sistemáticas é fornecer uma avaliação imparcial de um determinado tópico de pesquisa, utilizando uma metodologia confiável e rigorosa.

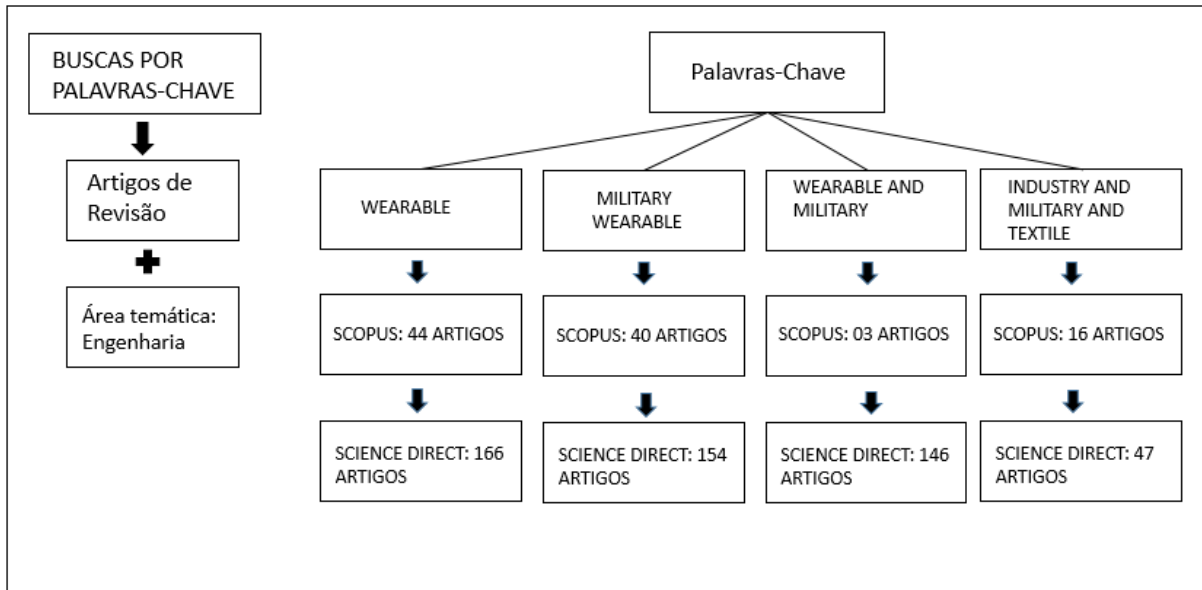
O planejamento da revisão foi baseado em identificar os principais pontos a serem abordados durante a pesquisa para o desenvolvimento da dissertação. Buscando-se levantar uma base teórica a respeito do tema relacionado, as bases de dados foram definidas como fonte de pesquisa para tal apuração. Bases acessíveis digitalmente e com amplo acervo de artigos foram consideradas para tal revisão.

As palavras-chave utilizadas basearam-se em estabelecer integração entre os artigos a serem analisados e os objetivos específicos estabelecidos para a elaboração da dissertação. Foram definidas de acordo com as perguntas de pesquisa, buscando-se relação entre as palavras e os objetivos desejados. O operador *AND* foi utilizado para estabelecer combinação entre as palavras selecionadas na busca por artigos de revisão.

2.2 ETAPAS DA METODOLOGIA - CONDUÇÃO DA REVISÃO

Após definidos os objetivos específicos, bem como as perguntas de pesquisa, as seguintes bases de dados foram definidas para essa revisão: Science Direct e Scopus. A Figura 3 sintetiza as palavras-chaves utilizadas e suas combinações, assim como os filtros utilizados para seleção dos trabalhos a serem analisados. Pesquisa realizada em 14/04/2023.

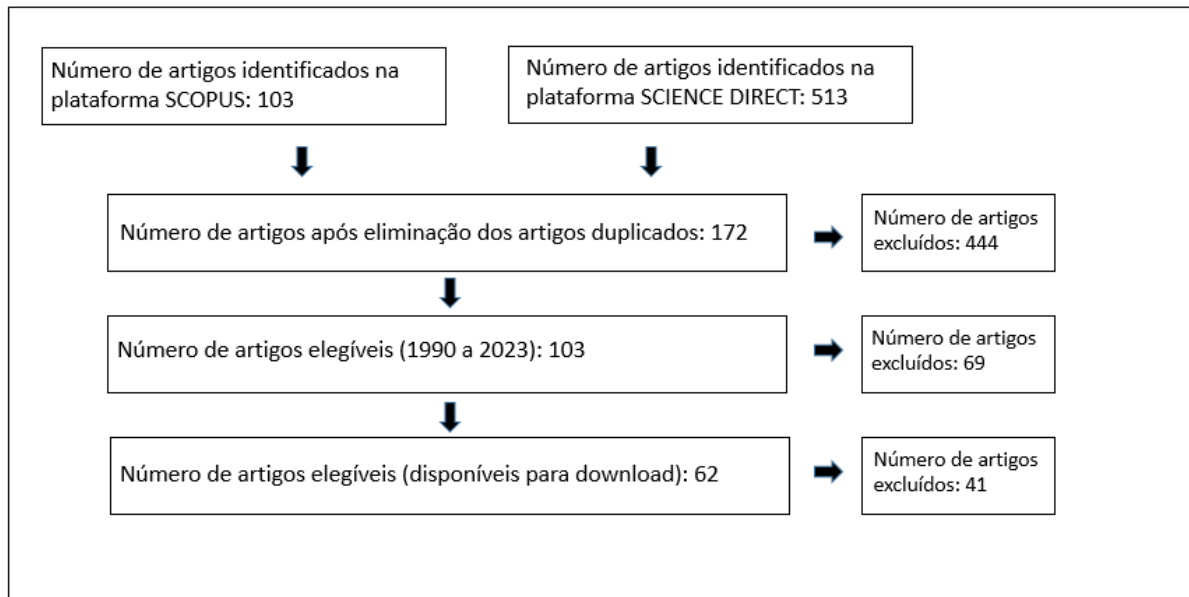
Figura 3 – Pesquisas e Filtros



Fonte: Elaborado pela autora.

Para seleção de amostra das pesquisas, buscou-se utilizar como critério de elegibilidade as palavras-chaves nos títulos e nos resumos, bem como limitar o ano de publicação dos artigos de 1990, pois a partir dessa década foram criados os primeiros têxteis vestíveis com dispositivos integrados, até 2023. Por fim, foram selecionados somente os artigos de revisão que estavam disponíveis para *download* e que atendiam aos critérios da pesquisa. A Figura 4 apresenta um fluxograma baseado na recomendação PRISMA evidenciada por Galvão *et al.* (2015), com o intuito de demonstrar o passo a passo desenvolvido para seleção da amostra dos artigos a serem utilizados na revisão da literatura.

Figura 4 – Fluxograma com resultados da seleção dos artigos

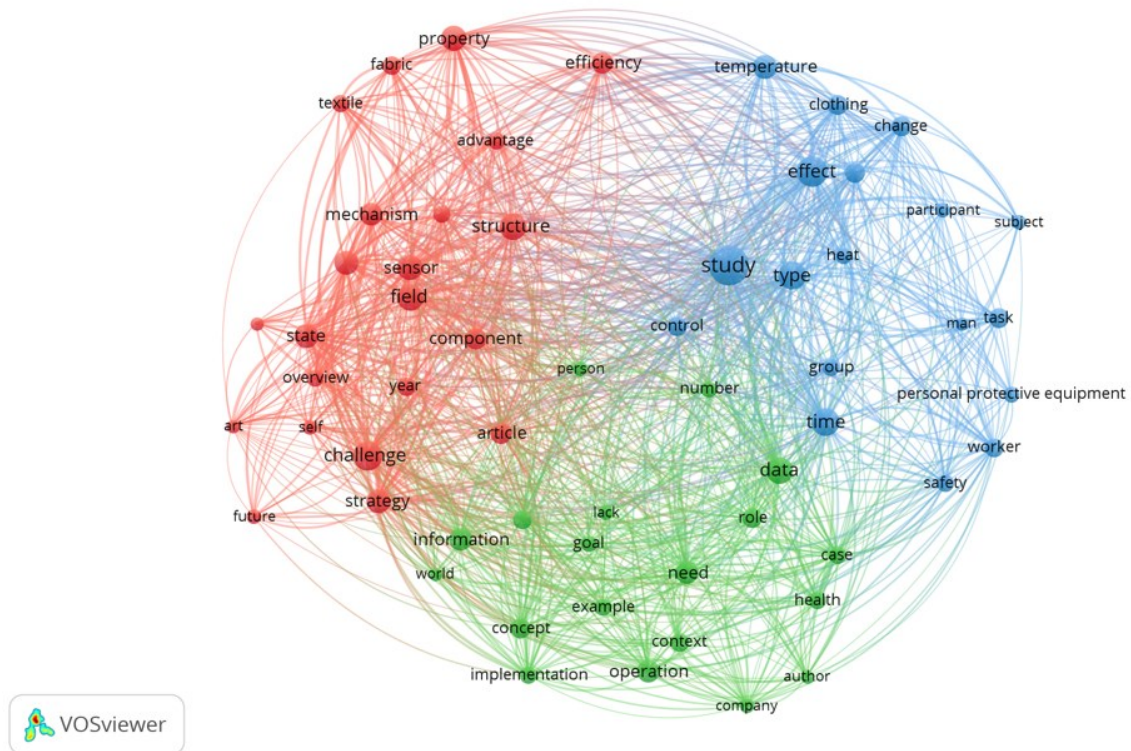


Fonte: Adaptado pela autora.

Devido ao grande número de artigos selecionados através das palavras-chaves, utilizou-se a ferramenta *VOSviewer* para realizar o mapeamento da literatura selecionada e gerar os *clusters* relacionando a ocorrência de palavras e a relação entre as palavras-chave dos artigos analisados. O mapeamento gerado com a utilização desse *software*, fornece interpretação simplificada dos dados demonstrados, assim como melhor visualização do quantitativo dos mesmos. Por se tratar de alta volumetria de informações, essa ferramenta se mostra adequada para geração de amostra e para análise dos montantes relacionados (Waltman, 2010).

Após a inserção dos arquivos extraídos das plataformas, na ferramenta *VOSviewer*, a seguinte rede foi gerada. A Figura 5 apresenta um mapa visual das palavras-chave extraídas de uma análise abrangente dos artigos selecionados nas bases de dados. Este mapa oferece uma visão panorâmica das interconexões e áreas de foco predominantes dentro do conjunto de artigos examinados. As palavras-chave destacadas revelam os temas e tópicos mais prevalentes e suas relações, permitindo uma compreensão mais clara das tendências e ênfases na literatura revisada. É possível observar padrões de co-ocorrência entre as palavras-chave, bem como clusters temáticos que sugerem áreas de investigação inter-relacionadas.

Figura 5 – Rede VOSviewer – Palavras mais relacionadas no universo total

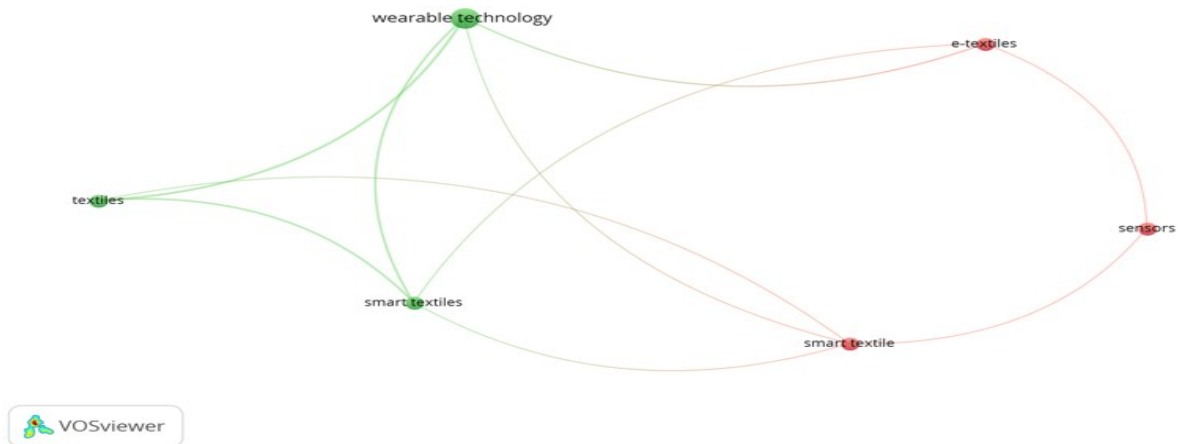


Fonte: Elaborado pela autora.

Com base nos dados levantados pela ferramenta *VOSviewer*, foram identificados os principais autores relacionados ao tema, e as principais palavras-chave, sendo utilizados como filtros para exclusão dos demais autores com menor expressão de artigos publicados relevantes à pesquisa aqui desenvolvida.

Na Figura 6, observa-se representação das palavras-chave associadas ao termo "*wearable*". As palavras-chave mais relevantes incluem "têxteis" e sua variação "*smart* têxteis" tanto no singular quanto no plural, indicando uma forte conexão entre dispositivos vestíveis e materiais têxteis avançados. Em seguida, aparecem "tecnologia *wearable*" e "sensores", destacando componentes-chave e características encontradas nos dispositivos *wearables*. Essa análise evidencia a relação entre a tecnologia *wearable* e os materiais têxteis inteligentes.

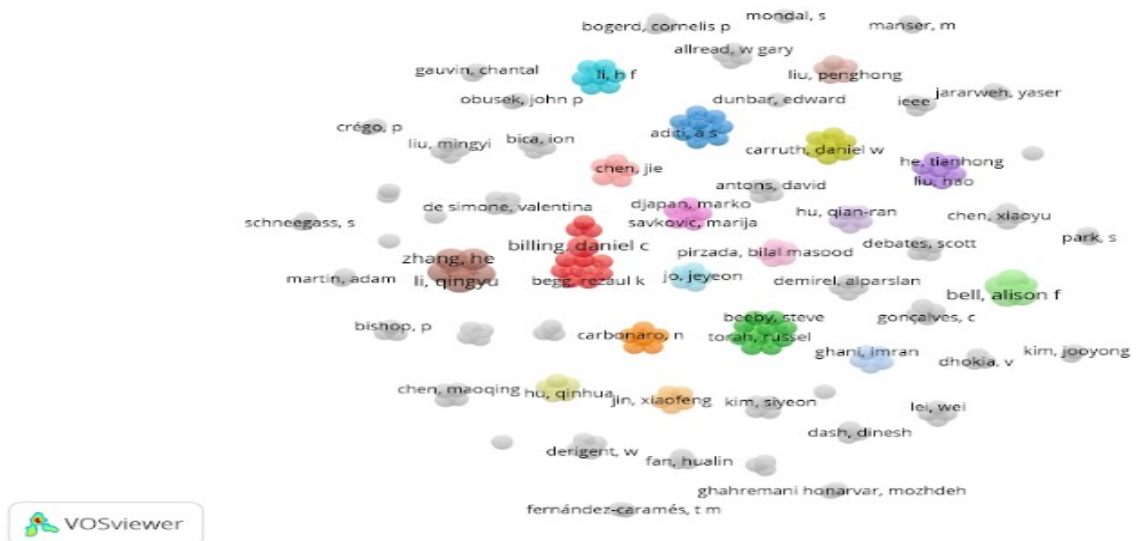
Figura 6 – Rede VOSviewer – Palavras mais relacionadas



Fonte: Elaborado pela autora.

A Figura 7 apresenta os autores mais citados nos artigos obtidos das bases de dados, oferecendo uma visão das contribuições mais influentes dentro do campo de estudo, bem como revela as coautorias entre esses autores, destacando redes colaborativas e padrões de cooperação na produção acadêmica.

Figura 7 – Cluster VOSviewer – Autores mais relacionados



Fonte: Elaborado pela autora.

Ao final da seleção dos artigos, após aplicação dos filtros selecionados, utilizando como critério, as palavras mais correlacionadas demonstradas no *cluster* e

os autores mais citados, bem como utilização do *software Mendeley* para eliminação de referências duplicadas entre o material encontrado, verificou-se o resultado de 62 artigos a serem analisados. Para obtenção desse universo de dados, todos os artigos selecionados através das palavras-chave utilizadas, foram extraídos em formato “ris” e inseridos no *software Mendeley*.

A Tabela 2 sintetiza os artigos filtrados oferecendo uma visão geral das informações dos artigos selecionados nas bases.

Tabela 2 – Artigos utilizados para revisão da literatura

Nº	Título	Autor, ano	Fonte
1	The role of psychological stress and prior experience in the use of personal protective equipment	(Dunbar, 1993)	Journal of Safety Research
2	A review of the ergonomics of work in the US military chemical protective clothing	(Bishop et al., 1995)	International Journal of Industrial Ergonomics
3	Effects of a new individual fighting system on marksmanship	(Tharion & Obusek, 2000)	International Journal of Industrial Ergonomics
4	Recent developments and trends in biomedical sensors	(Engin et al., 2005a)	Measurement
5	Phase change materials for smart textiles – An overview	(Mondal, 2008a)	Applied Thermal Engineering
6	Problem definition methodology for the “Communicating Material” paradigm	(Kubler et al., 2010a)	IFAC Proceedings Volumes
7	The effects of chemical protective suits on human performance	(Murray et al., 2011a)	Journal of Loss Prevention in the Process Industries
8	Finite element modeling of a 3D coupled foot–boot model	(Qiu et al., 2011a)	Medical Engineering & Physics
9	Heat loss and moisture retention variations of boot membranes and sock fabrics: A foot manikin study	(Bogerd et al., 2012a)	International Journal of

			Industrial Ergonomics
10	A survey of active and passive indoor localization systems	(Deak et al., 2012a)	Computer Communications
11	Care Architectures for Wellness Management based on <i>wearable</i> Technology: Issues for Systems Development	(Martin & Smith, 2012a)	IFAC Proceedings Volumes
12	Bio-inspired approaches to design smart fabrics	(Singh et al., 2012a)	Materials & Design (1980-2015)
13	A post-CMOS compatible smart yarn technology based on SOI wafers	(Tu et al., 2015a)	Sensors and Actuators A: Physical
14	<i>Wearable</i> Textile Platform for Assessing Stroke Patient Treatment in Daily Life Conditions	(Lorussi et al., 2016)	Frontiers in bioengineering and biotechnology
15	A cloud supported model for efficient community health awareness	(Quwaider & Jararweh, 2016)	<i>Quwaider, Jararweh</i>
16	Screen-printed Military Textiles for <i>wearable</i> Energy Storage	(Zopf et al. 2016)	Journal of engineered fibers and fabrics.
17	Work boot design affects the way workers walk: A systematic review of the literature	(Dobson et al., 2017)	Applied Ergonomics
18	Overview of <i>wearable</i> electronics and smart textiles	(Ghahremani et al. 2017)	The Journal of The Textile Institute
19	The <i>wearables</i> revolution and Big Data: the textile lineage	(Patk et al. 2017)	Journal of the Textile Institute
20	The potential of <i>wearables</i> related in smart textiles	(Pavlinić, 2017)	Potential novice elektronike
21	FabricID: Using Smart Textiles to Access <i>wearable</i> Devices	(Voit et al. 2017)	16 TH International conference on mobile (MUM 2017)
22	Flexible and conductive nanofiber-structured single yarn sensor for smart <i>wearable</i> devices	(Wu et al., 2017)	Sensors and Actuators B: Chemical

23	Textile-Based, Interdigital, Capacitive, Soft-Strain Sensor for <i>wearable</i> Applications.	(Atalay, 2018)	Materials (1996-1944)
24	Impact of military type footwear and workload on heel contact dynamics during slip events	(Chander et al., 2018)	International Journal of Industrial Ergonomics
25	Traditional weaving craft for one-piece self-charging power textile for <u>wearable</u> electronics	(Chen et al., 2018)	Nano Energy
26	A security authorization scheme for smart home Internet of Things devices	(Chifor et al., 2018)	Future Generation Computer Systems
27	Towards the internet-of-smart-clothing: A review on IoT <i>wearables</i> and garments for creating intelligent connected E-textiles	(Fernandez et al. 2018)	Electronics (Switzerland)
28	<i>Wearable</i> e-textile technologies: A review on sensors, actuators and control elements	(Gonçalves et al., 2018)	Inventions
29	WaaS (Wireless-as-a-Sensor): Conception, design and implementation on mobile platforms	(Lautner et al., 2018)	Journal of Systems Architecture
30	Circular-Polarized Textile Based Antenna For <i>wearable</i> Body Area Networks	(Martinez et al., 2018)	IEEE International Symposium on Antennas and Propagation & USNC/URSI National Radio Science Meeting
31	Consensus paper on testing and evaluation of military exoskeletons for the dismounted combatant	(Mudie et al., 2018)	Journal of Science and Medicine in Sport
32	<i>Wearables</i> , Smart Textiles and Smart Apparel: Smart Textiles and Smart Apparel	(Paret & Crégo, 2018)	Applied Ergonomics
33	Data on kilometer scale production of stretchable conductive multifilaments enables knitting <i>wearable</i> strain sensing textiles	(Seyedin et al., 2018)	Data in Brief
34	Human motion recognition using SWCNT textile sensor and fuzzy inference system based smart <i>wearable</i>	(Vu & Kim, 2018)	Sensors and Actuators A: Physical

35	Revolutions in <i>wearable</i> technology for apparel	(Wood, 2018)	High-Performance Apparel: Materials, Development, and Applications
36	Development of User-Friendly <i>wearable</i> Electronic Textiles for Healthcare Applications.	(Yang et al., 2018)	Sensors (14248220)
37	Advances in Flexible and <i>wearable</i> Energy-Storage Textiles	(Z. X. Liu et al., 2018)	Small Methods
38	Safety in Fashion: <i>wearable</i> technology comes into vogue as sensors, monitors, and alerts emerge as tools to improve worker safety.	(Zind, 2018)	EC&M Electrical Construction & Maintenance
39	Next Generation Safety Footwear	(Janson et al., 2019)	Procedia Manufacturing
40	Quantifying the effectiveness of static and dynamic insoles in reducing the tibial shock experienced during walking	(Lavender et al., 2019)	Applied Ergonomics
41	The effects of protective footwear on spine control and lifting mechanics	(Mavor & Graham, 2019)	Applied Ergonomics
42	Effect of shaft stiffness and sole flexibility on perceived comfort and the plantar pressures generated when walking on a simulated underground coal mining surface	(Dobson et al., 2020a)	Applied Ergonomics
43	Artificial intelligence biosensors: Challenges and prospects	(Jin et al., 2020a)	Biosensors and Bioelectronics
44	A comprehensive overview of smart <i>wearables</i> : The state of the art literature, recent advances, and future challenges	(Niknejad et al., 2020a)	Engineering Applications of Artificial Intelligence
45	Sensors for internet of medical things: State-of-the-art, security and privacy issues, challenges and future directions	(Ray et al., 2020a)	Computer Communications
46	The implications of emerging technology on military human performance research priorities	(Billing et al., 2021a)	Journal of Science and Medicine in Sport
47	Textile-film sensors for a comfortable intelligent pressure-sensing insole	(He et al., 2021)	Measurement

48	Use of graphene-based fabric sensors for monitoring human activities	(Hu et al., 2021)	Sensors and Actuators A: Physical
49	Triboelectric nanogenerator-based <i>wearable</i> electronic devices and systems: Toward informatization and intelligence	(Q. Li et al., 2021)	Digital Signal Processing
50	Physiological interactions with personal-protective clothing, physically demanding work and global warming: An Asia-Pacific perspective	(Taylor et al., 2021)	Journal of Thermal Biology
51	The personal protective equipment (PPE) based on individual combat: A systematic review and trend analysis	(Hu et al., 2022)	Defence Technology
52	Firefighters' feet: Differences by sex and weight-bearing	(Jo et al., 2022)	Applied Ergonomics
53	Biomechanical energy harvesting for <i>wearable</i> and mobile devices: State-of-the-art and future directions	(M. Liu et al., 2022a)	Applied Energy
54	<i>Wearable</i> devices for health and safety in production systems: a literature review	(Pasquale et al., 2022a)	IFAC-PapersOnLine
55	Reprint of: Triboelectric nanogenerator-based <i>wearable</i> electronic devices and systems: Toward informatization and intelligence	(Q. Li et al., 2022a)	Digital Signal Processing
56	Applications of nanotechnology in smart textile industry: A critical review	(Shah et al., 2022a)	Journal of Advanced Research
57	Generic compliance of industrial PPE by using deep learning techniques	(Vukicevic et al., 2022a)	Safety Science
58	Ballistic helmets: Recent advances in materials, protection mechanisms, performance, and head injury mitigation	(Y. Li et al., 2022)	Composites Part B: Engineering
59	Tracing the legitimacy of Artificial Intelligence: A longitudinal analysis of media discourse	(Korneeva et al., 2023a)	Technological Forecasting and Social Change
60	Towards real-time thermal stress prediction systems for workers	(Saidi & Gauvin, 2023a)	Journal of Thermal Biology
61	A review on lightweight materials for defence applications: Present and future developments	(Siengchin, 2023a)	Defence Technology
62	Review of <i>wearable</i> optical fiber sensors: Drawing a blueprint for human health monitoring	(Zhao et al., 2023a)	Optics & Laser Technology

Fonte: Elaborado pela autora.

2.3 ETAPAS DA METODOLOGIA – MAPEAMENTO DAS PATENTES

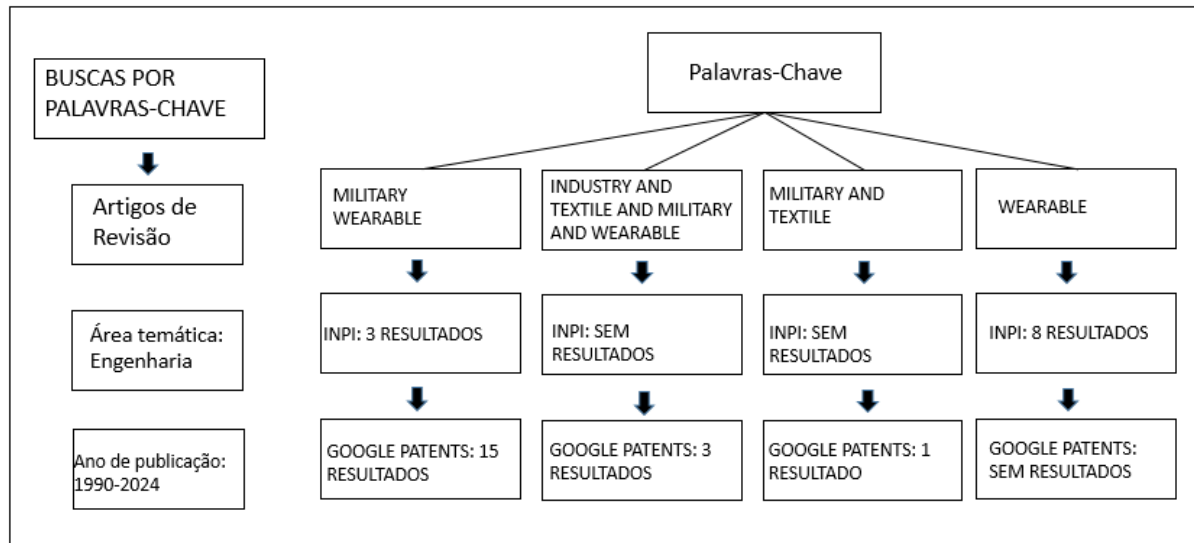
Após a revisão dos artigos, iniciou-se a pesquisa em relação às patentes existentes no mercado, relacionadas aos objetivos específicos da dissertação. Foram utilizadas duas bases de dados: INPI e Google *Patents*. A escolha dessas duas bases de patentes foi para garantir uma pesquisa abrangente e detalhada, tanto em nível global (Google *Patents*) quanto em nível nacional (INPI), oferecendo uma visão completa do cenário de patentes.

Para realização das buscas, utilizou-se uma combinação de palavras-chave com aplicação do operador AND para resultados mais alinhados aos objetivos específicos. As buscas por essas palavras foram feitas considerando o resumo das patentes, com o intuito de possibilitar o fornecimento do cenário das tecnologias aplicadas aos dispositivos militares integrados aos *wearables* têxteis, identificando a classificação das patentes existentes. Essas buscas foram realizadas em 15/04/2024.

Diversos sistemas de classificação de patentes são utilizados globalmente, destacando-se o Sistema de Classificação Internacional de Patentes (IPC). O IPC é um sistema padronizado desenvolvido pela Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI). Ele organiza as invenções em uma estrutura hierárquica de seções, classes, subclasses e grupos. Cada seção aborda um campo técnico amplo, como "Química" ou "Engenharia Elétrica", enquanto classes e subclasses lidam com áreas mais específicas dentro desses campos. É amplamente utilizado mundialmente para facilitar a busca e a análise de patentes.

Os campos relacionados para realização das pesquisas sobre as patentes, bem como mapeamento dos cenários de estudos desenvolvidos na área, foram: Ano de publicação, Aplicação, Classificação Internacional de Patentes e Empresas. A Figura 8 sintetiza os filtros e as palavras-chave para seleção das bases de Patentes.

Figura 8 – Pesquisas e Filtros para busca de Patentes



Fonte: Elaborado pela autora.

3 RESULTADOS

Nesta seção, apresentam-se os resultados obtidos por meio da revisão sistemática de literatura, com o propósito de identificar o panorama das tecnologias aplicadas e responder às questões de pesquisa delineadas. Além disso, são discutidos os principais critérios empregados nessas análises, assim como as dificuldades e limitações enfrentadas ao longo da elaboração da dissertação.

Segundo os objetivos propostos, o presente estudo tem caráter descritivo com o intuito de realizar um levantamento, caracterizar e descrever os aspectos inerentes a utilização de tecnologia *wearable* voltada para área militar, com base em estudos publicados sobre o tema, bem como observar suas utilizações no mercado. Tem natureza aplicada e segue um delineamento de pesquisa documental e bibliográfica, com apoio de dados bibliográficos como instrumentos de coleta de dados submetidos à pesquisa.

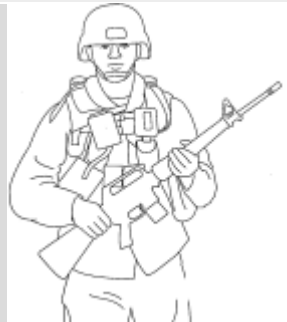
A partir do estudo da literatura selecionada, foi possível desenvolver um diagnóstico e mapeamento das tecnologias utilizadas e desenvolvidas com foco na área militar, com dados secundários obtidos a partir de uma extensa revisão de literatura e documentos de patentes.



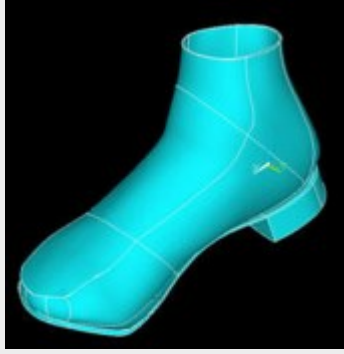

3.1 RESULTADOS DA REVISÃO DA LITERATURA

Através da revisão dos artigos, foi possível estabelecer uma visão mais detalhada quanto aos países que mais desenvolvem pesquisas, sobre as aplicações mais utilizadas e sobre os autores que mais publicam sobre os temas relacionados aos objetivos estabelecidos inicialmente.




Após a leitura das publicações, os tipos de tecnologia e os objetivos de cada artigo, foram identificados, possibilitando assim, novas formas para desenvolvimento de estudos avançados e elencando itens que deverão ser avaliados para construção do mapeamento das tecnologias utilizadas. A Tabela 3 apresenta a síntese dos objetivos e tipos de aplicação, apresentados em cada publicação.


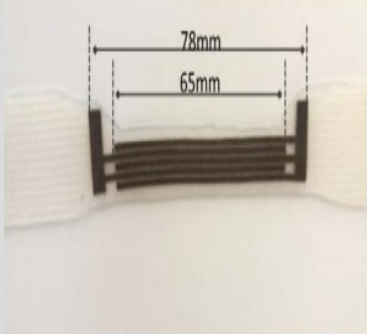
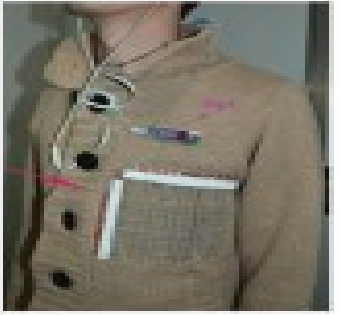

Tabela 3 – Autores x Objetivos x Aplicação


Autor, Ano	Objetivo	Área de Aplicação	Imagem
(Dunbar, 1993)	Revisão sobre têxteis aplicados a equipamentos de proteção individual.	Segurança	-
(Bishop et al., 1995)	Desenvolvimento de roupas de proteção para atividades industriais e militares.	Segurança	-
(Tharion et al. 2000)	Avaliação sobre equipamentos de proteção individual.	Segurança	


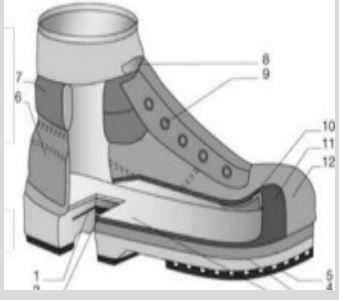


(Engin et al., 2005b)	Revisão sobre <i>wearables</i> Inteligentes	Têxtil	
(Mondal, 2008b)	Criação de materiais encapsulados para integração em têxteis.	Têxtil	-
(Kubler et al., 2010b)	Desenvolvimento de têxteis integrados com sensores.	Têxtil	-
(Murray et al., 2011b)	Desenvolvimento de têxteis para equipamentos de proteção individual.	Têxtil	
(Qiu et al., 2011b)	Modelagens de botas criadas em impressora 3D para diminuição de impactos em atividades militares.	Militar	
(Bogerd et al., 2012b)	Desenvolvimento de palmilhas com sensores de umidade.	Militar	

(Deak et al., 2012b)	Têxteis inteligentes para monitoramento da saúde.	Saúde	-
(Martin & Smith, 2012b)	Têxteis desenvolvidos com nanotecnologia.	Têxtil	-
(Singh et al., 2012b)	Desenvolvimento de têxteis com sensores integrados	Tecnológica	
(Tu et al., 2015b)	Desenvolvimento de fios inteligentes integrados à humanos para detecção de pressão arterial.	Saúde	
(Lorussi et al., 2016)	Desenvolvimento de têxteis integrados com sensores, voltados para fardas militares.	Militar	
(Quwaider & Jararweh, 2016)	Otimização de processamento de dados.	Tecnológica	-
(Zopf & Manser, 2016)	Monitoramento de atividade física através de camisa inteligente.	Saúde	

(Dobson et al., 2017)	Análise da influência sobre design de botas de proteção.	Segurança	
(Ghahremani Honarvar & Latifi, 2017)	Revisão sobre desenvolvimento de <i>wearables</i> .	Têxtil	-
(Park & Jayaraman, 2017)	Apresentar inovações em têxteis inteligentes.	Têxtil	
(Pavlinić, 2017)	Desenvolvimento de têxteis inteligentes vestíveis.	Têxtil	
(Voit & Schneegass, 2017)	Revisão sobre dispositivos inteligentes vestíveis.	Têxtil	-
(Wu et al., 2017)	Avaliação sobre <i>wearables</i> inteligentes.	Têxtil	-
(Atalay, 2018)	Revisão sobre <i>wearables</i> Inteligentes	Têxtil	-
(Chander et al., 2018)	Criação de uma bateria de segurança	Segurança	-

	aplicada à smartphone.		
(Chen et al., 2018)	Revisão sobre <i>wearables</i> Inteligentes	Têxtil	
(Chifor et al., 2018)	Revisão sobre <i>wearables</i> Inteligentes	Têxtil	-
(Fernández-Caramés & Fraga-Lamas, 2018)	Desenvolvimento de sensores vestíveis.	Têxtil	
(Gonçalves et al., 2018)	Identificação de compósitos que armazenam energia quando integrados a têxteis.	Têxtil	
(Lautner et al., 2018)	Desenvolvimento de dispositivos para transmissão de dados.	Tecnológica	

(Martinez et al., 2018)	Revisão sobre calçados de proteção individual.	Segurança	
(Mudie et al., 2018)	Revisão sobre têxteis inteligentes.	Têxtil	
(Paret & Crégo, 2018)	Desenvolvimento de têxtil para armazenamento de energia.	Têxtil	
(Seyedin et al., 2018)	Criação de luva eletrônica para monitoramento da saúde.	Saúde	
(Vu & Kim, 2018)	Criação de têxteis para monitoramento humano.	Saúde	-
(Wood, 2018)	Desenvolvimento de sensor vestível.	Têxtil	-
(Yang et al., 2018)	Antena têxtil vestível.	Têxtil	-
(Z. X. Liu et al., 2018)	Criação de um fardamento para militares.	Militar	-

(Zind, 2018)	Avaliação sobre os principais requisitos para desenvolvimento de têxteis inteligentes.	Têxtil	
(Janson et al., 2019)	Revisão sobre calçados de proteção individual.	Segurança	
(Lavender et al., 2019)	Desenvolvimento de bota como equipamento de proteção individual.	Segurança	
(Mavor & Graham, 2019)	Revisão sobre calçados de proteção individual.	Segurança	-
(Dobson et al., 2020b)	Revisão sobre sensores baseados em IoT.	Têxtil	-
(Jin et al., 2020b)	Avaliação sobre efeitos de botas para trabalhos em áreas de mineração.	Segurança	
(Niknejad et al., 2020b)	Revisão sobre <i>wearables</i> Inteligentes	Segurança	-

(Ray et al., 2020b)	Desenvolvimento de sensores vestíveis.	Têxtil	-
(Billing et al., 2021b)	Revisão sobre têxteis vestíveis aplicados na área da saúde.	Saúde	-
(He et al., 2021)	Revisão sobre dispositivos de coleta de energia.	Têxtil	
(Hu et al., 2021)	Desenvolvimento de sensores para monitoramento da pressão plantar.	Têxtil	
(Q. Li et al., 2021)	Desenvolvimento de sensores vestíveis.	Têxtil	
(Taylor et al., 2021)	Desenvolvimento de tecnologia vestível para área militar.	Militar	-
(Hu et al., 2022)	Revisão sobre tipos de dispositivos vestíveis.	Têxtil	-
(Jo et al., 2022)	Revisão sobre equipamentos de proteção individual.	Segurança	

(M. Liu et al., 2022b)	Revisão sobre calçados de proteção individual.	Têxtil	-
(Pasquale et al., 2022b)	Revisão sobre equipamentos de proteção individual.	Segurança	
(Q. Li et al., 2022b)	Revisão sobre capacetes de proteção desenvolvidos com fibras inteligentes.	Segurança	
(Shah et al., 2022b)	Apresentar métodos de integração de nanotecnologia a têxteis.	Têxtil	
(Vukicevic et al., 2022b)	Revisão sobre dispositivos armazenadores de energia.	Têxtil	-
(Y. Li et al., 2022)	Revisão sobre dispositivos de coleta de energia.	Têxtil	
(Korneeva et al., 2023b)	Revisão sobre utilização de inteligência	Segurança	-

	artificial na indústria.		
(Saidi & Gauvin, 2023b)	Revisão sobre dispositivos vestíveis.	Têxtil	
(Siengchin, 2023b)	Aplicação de compósitos em fardas e equipamentos militares.	Militar	
(Zhao et al., 2023b)	Classificar sensores vestíveis e suas aplicações.	Saúde	

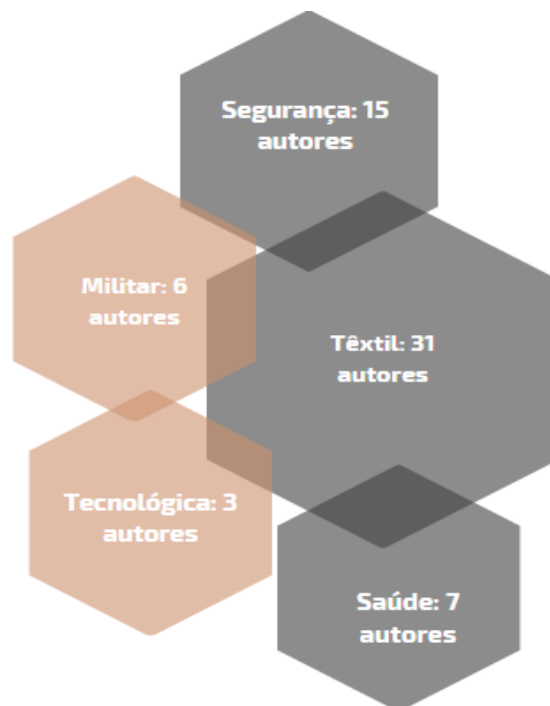
Fonte: Elaborado pela autora.

Dos 62 artigos submetidos à análise, destaca-se a área de aplicação têxtil como a mais proeminente, abrangendo 31 dos autores analisados, representando uma parcela significativa de 50%. Esta ênfase na área têxtil pode ser atribuída à sua diversidade de aplicações, que vão desde vestuário e moda até têxteis técnicos de alta performance. Em segundo lugar, encontra-se a área de segurança, abordada por 15 autores, que reflete a crescente preocupação com a segurança em diversos contextos, destacando-se segurança pessoal, segurança no local de trabalho e segurança cibernética. A área da saúde é evidenciada por 7 autores com questões relacionadas à saúde, medicina e bem-estar. Isso evidencia a importância das tecnologias vestíveis no monitoramento da saúde, dispositivos médicos inovadores e aplicações que visam melhorar a qualidade de vida e os cuidados de saúde. A área de pesquisa militar, com 6 autores, embora seja uma parcela menor em comparação com outras áreas, impulsiona avanços significativos em tecnologia, segurança e logística, com potenciais aplicações civis também. Por fim, a área tecnológica é

abordada por três autores, demonstrando um interesse crescente na relação entre têxteis e tecnologia, como têxteis inteligentes, *wearables* e materiais avançados.

A Figura 9 apresenta um demonstrativo do número de autores por área de aplicação, destacando os interesses e especialidades dentro do campo de têxteis avançados e suas aplicações multidisciplinares.

Figura 9 – Quantitativo de autores por área de aplicação



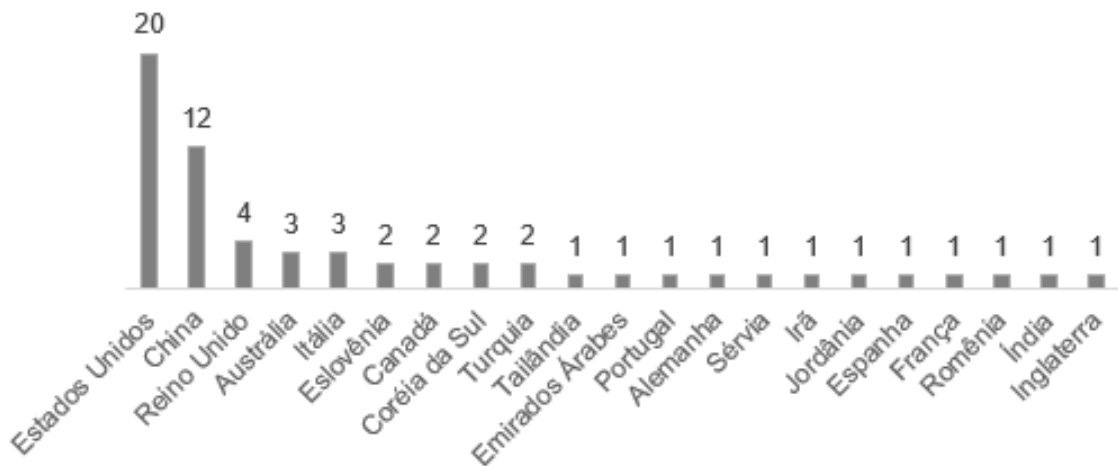
Fonte: Elaborado pela autora.

Analisando a distribuição geográfica da pesquisa sobre *wearables* dentro do universo de 62 artigos analisados, a Figura 10 destaca os principais países envolvidos. Os Estados Unidos emergem como líderes, destacando-se como o país com o maior número de estudos publicados sobre o tema. Refletindo não apenas sua proeminência na pesquisa e inovação tecnológica, mas também a forte demanda e adoção de tecnologias vestíveis nesse país, impulsionadas por uma cultura de inovação.

Em seguida, a China aparece como um centro importante de pesquisa em *wearables*, demonstrando o crescente papel desempenhado pelo país na área de tecnologia e da inovação. O investimento em pesquisa, juntamente com uma base de

fabricação e consumidores interessados por tecnologia, contribui para seus desenvolvimentos de estudos relacionados à área.

Figura 10 – Países que mais publicam sobre *wearables* focados na indústria militar



Fonte: Elaborado pela autora.

3.2 RESULTADOS DA ANÁLISE DE PATENTES

A busca nas bases de dados retornou 30 resultados. Para análise desses 30 resultados, verificou-se como as patentes se relacionavam com as perguntas de pesquisa e quais eram seus objetivos. A Tabela 4 sintetiza as patentes filtradas.

Tabela 4 – Patentes utilizadas para mapeamento do cenário

Nº do Pedido:	Depositante	IPC	Ano	País	Que tipo de dados este <i>wearable</i> irá fornecer?	Status	
1	AU200724 0125B2	Organização De Pesquisa Científica E Industrial Da Commonwealth Csiro	H01M4/74 H01M 10/36 H01M 10/04	2007	Austrália	Armazenamento de energia em substratos têxteis	Ativo
2	US201402 21849A1	Body Media, Inc.	A6B 5/0245 A6B 5/0205	2014	Estados Unidos	Batimentos cardíacos e pressão arterial.	Expirado

3	PI 0000034-5 A2	Indústria De Material Bélico Do Brasil - Imbel (Br/Rj) , Fábrica De Material De Comunicação E.Eletrônica - Fmce (Br)	G06F 1/16	2014	Brasil	Equipamento com a finalidade de coletar, armazenar e processar dados de um equipamento portátil de alto grau de robustez.	Expirado
4	US201503 39946A1	Body Media, inc.	G09B 9/00	2015	Estados Unidos	Informações sobre saúde, bem-estar e condicionam ento físico com parâmetros selecionáveis pelo usuário.	Expirado
5	US923593 4B2	Electronic Scripting Products, Inc.,	G06K 9/00 G06T 9/00	2016	Estados Unidos	Deteção de movimento em ambientes sem iluminação.	Expirado
6	US939888 0B2	Kelly Annette Vanscoy Barnett, Bend, Or (Us)	A61H 1/00 A61B 5/00 GO1N 27/00 A41D 13/05	2016	Estados Unidos	Monitoramen to de parâmetros associados a lesões de tendões e ligamentos.	Ativo
7	PI 0116157-1 B1	Qualcomm Incorporated	H04L 12/64 H04J 3/06	2016	Estados Unidos	Transferênci a de dados em alta velocidade.	Ativo
8	US977552 0B2	Empire Ip Llc	GO8B 1 / 08 A61B 5 / 00	2017	Estados Unidos	Monitoramen to físico e postural do usuário.	Ativo
9	BR 11 2017 020843 1 B1	Huawei Technologies Co., Ltd. (Cn)	H04W 52/02 H04W 52/02 H04M 1/725	2017	Brasil	Informações de serviço de comunicação remoto transmitido por um terminal em uma forma de comunicação s de curto alcance.	Ativo

10	US993017 2B2	Global Tel * Link Corporation	H04M 3 / 00 H04M 3 / 38	2018	Estados Unidos	Segurança, interceptand o ligações e identificando possíveis ameaças.	Expirado
11	US201800 41591A1	Koji Yoden	H04L 29 / 08 H04B 1 / 3827	2018	Estados Unidos	Proporcionar configuração automática de programas instalados em equipamento s do usuário, através de dispositivo portátil.	Ativo
12	US201803 58834A1	Mojo Mobility, Inc	H02J 7 / 02 BOOL 11 / 18 HO2J 50 / 40 H02J 50 / 12 HO2J 50 / 70 H01F 38 / 14 H02J 50 / 90	2018	Estados Unidos	Fonte de carregament o externo para dispositivos portáteis.	Ativo
13	US201802 47706A1	Nike	G16H 20 / 30	2018	Estados Unidos	Desenvolvim ento do atleta durante atividade física.	Ativo
14	US201901 45774A1	Adidas	GO1C 21 / 00 GOIB 19 / 00 A61B 5 / 11 A61B 5 / 0205 GOIS 19 / 19 GOIC 21 / 20 A63B 24 / 00 GOIS 19 / 42 A61B 5 / 00 H04W 4 / 02 G09B 5 / 06 G06F 11 / 32 G06F 3 / 16 G06F 1740 H04W 12 / 06 H04L 29 / 06 A63B 71 / 06 A63B 69 / 16	2019	Estados Unidos	Desempenho físico do usuário.	Expirado
15	BR 11 2019 015295 4 A2	Huawei Technologies Co.	G06Q 10/04	2019	Brasil	Fornecerá uma série de exercícios físicos adequadas a cada usuário.	Ativo

16	BR 11 2019 015521 0 A2	Qualcomm Incorporated (Us)	G06F 1/20 G06F 1/32 H04M 1/725 H04W 52/02	2019	Brasil	Com o uso dos sinais gerados por sensores, a proximidade física relativa do sensor a um usuário pode ser inferida e, com base na condição de proximidade do usuário, as políticas térmicas podem ser abrandadas ou reforçadas.	Ativo
17	BR 10 2020 024529 5 A2	Brasil Educação S/A; Instituto Anima Sociesc De Inovacao, Pesquisa E Cultura	G01J 5/12 H01L 35/32	2020	Brasil	Monitoramento de temperatura no vestuário com tecnologia <i>wearable</i> e leitura térmica através de radiometria.	Ativo
18	BR 10 2020 001790 0 A2	Instituto Federal De Educação, Ciência E Tecnologia De São Paulo; Tergos Pesquisa E Ensino Ltda.	A61B 5/00	2020	Brasil	Detecção precoce de lesões dermatológicas.	Ativo
19	US202100 07874A1	Harvard College	A61F 5/02 A61F 5/01 B25J 9/00	2020	Estados Unidos	Detecção de lesões e postura do usuário.	Pendente
20	BR 10 2021 019976 8 A2	Frederico Marques Almeida De Laffitte	G06N 20/00H04L 9/32	2021	Brasil	Proteção de sistemas.	Ativo
21	US202100 38083A1	Mohammed N. Islam	A61B 5/00 A61B 5/145 A61B 5/1455 G16H 40/67	2021	Estados Unidos	Parâmetros fisiológicos do usuário.	Ativo

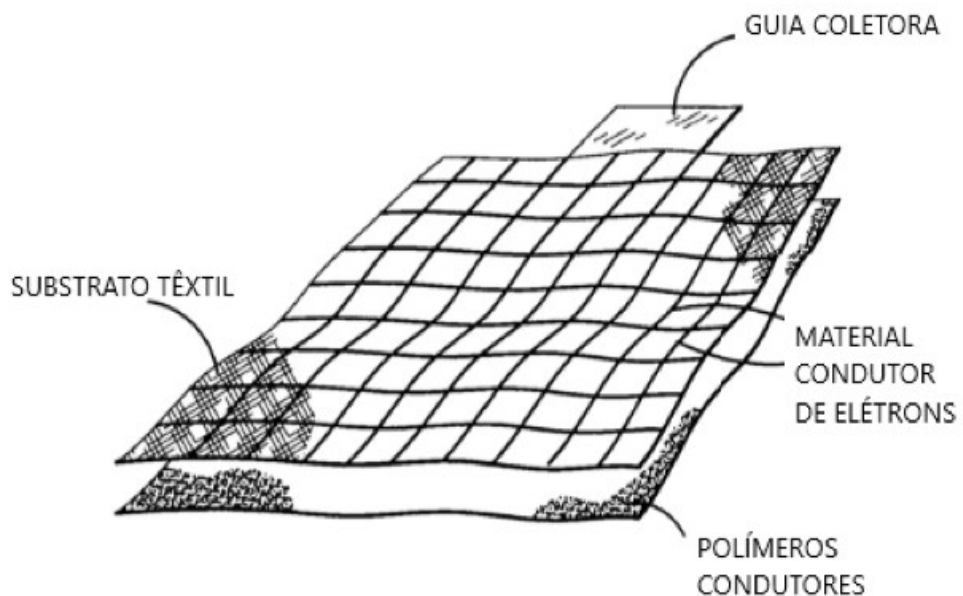
			GO1J 3/02 GO1J 3/10 GOIJ 3/14 GO1J 3/28 GO1J 3/42 GO1J 3/453 GOIN 21/35				
22	US202100 37535A1	Ocado Innovation Limited	H04W 72/08 H04W 4/90 H04W 28/18 H04L 29/08 H04W 72/04	2021	Estados Unidos	Sistema de comunicação entre dispositivos portáteis.	Ativo
23	US109088 05B2	Samsung Electronics Co	G06F 3/0485 G06F 3/0482 G06F 3/0488 GO6F 1/16	2021	Estados Unidos	Descrição sobre a mobilidade do usuário.	Ativo
24	CN107015 572B	Zang Bo	G05D1/0011	2021	Canadá	Rastreament o de possíveis ataques aéreos.	Ativo
25	BR 10 2022 005303 0 A2	Fundação Universidade Federal De São Carlos (Br/Sp)	A61B 5/0205 A61B 5/11	2022	Brasil	Sinais vitais de um usuário.	Ativo
	BR 11 2022 014068 1 A2	Thyssenkrupp Marine Systems GmbH; Thyssenkrupp Ag	B63B 79/10 B63B 79/15 B63B 79/20B63B 79/30B63B 79/40	2022	Brasil	Informações em tempo real sobre as embarcações militares que acoplarem o dispositivo.	Ativo
27	US112462 13B2	Vida Corporação Sa	H05K 1/02 A61B 5/00	2022	Estados Unidos	Peças de vestuário que detectam e monitoram parâmetros fisiológicos.	Ativo
28	US202303 55110A1	Bao Tran Saratoga	A61B 5/0205 A61B 5/00	2023	Estados Unidos	Processame nto de sinais vitais do usuário.	Pendente
29	BR 11 2023 012788 2 A2	Driverdo Llc	G06F 3/01 H04B 1/38 H04W 4/80	2023	Brasil	Exibir dados fornecidos ao dispositivo vestível por comunicação de curto alcance.	Ativo
30	US202300 42217A1	Selence Applications International Corporation	F41G 3/16 G06V 10/75 G06T 7/32 H04N /265 H04N 5/247	2023	Estados Unidos	Localização e informações sobre os locais, e possíveis componentes perigosos próximos aos combatentes.	Ativo

Fonte: elaborado pela autora.

Após a análise das patentes selecionadas, foram identificadas relações entre suas aplicações como dispositivos vestíveis e suas possíveis aplicações na indústria militar, sendo que das 30 identificadas, 09 patentes possuíam alguma inter-relação entre a indústria têxtil e a indústria militar, possuindo aplicabilidade em equipamentos militares desenvolvidos com tecnologia *wearable* aplicada aos têxteis.

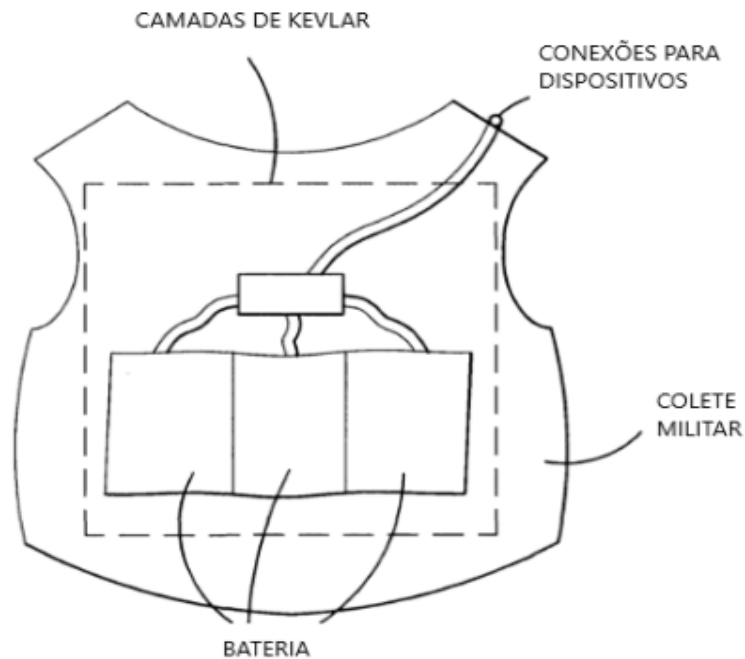
A patente AU2007240125B2, diz respeito a um dispositivo flexível de armazenamento de energia compreendendo um invólucro flexível, um eletrólito contido no invólucro, um ânodo e um cátodo compreendendo um coletor de corrente e um material ânodo/cátodo suportado no coletor de corrente. O coletor de corrente compreende um substrato têxtil e um material condutor de elétrons. O material condutor de elétrons contém espaços vazios para permitir a penetração do eletrólito no coletor de corrente, armazenando a energia coletada no substrato têxtil. A Figura 11 demonstra o modelo do substrato têxtil desenvolvido para patente e a Figura 12 ilustra um colete militar desenvolvido com a tecnologia proposta.

Figura 11 – Protótipo de substrato têxtil



Fonte: patente AU2007240125B2.

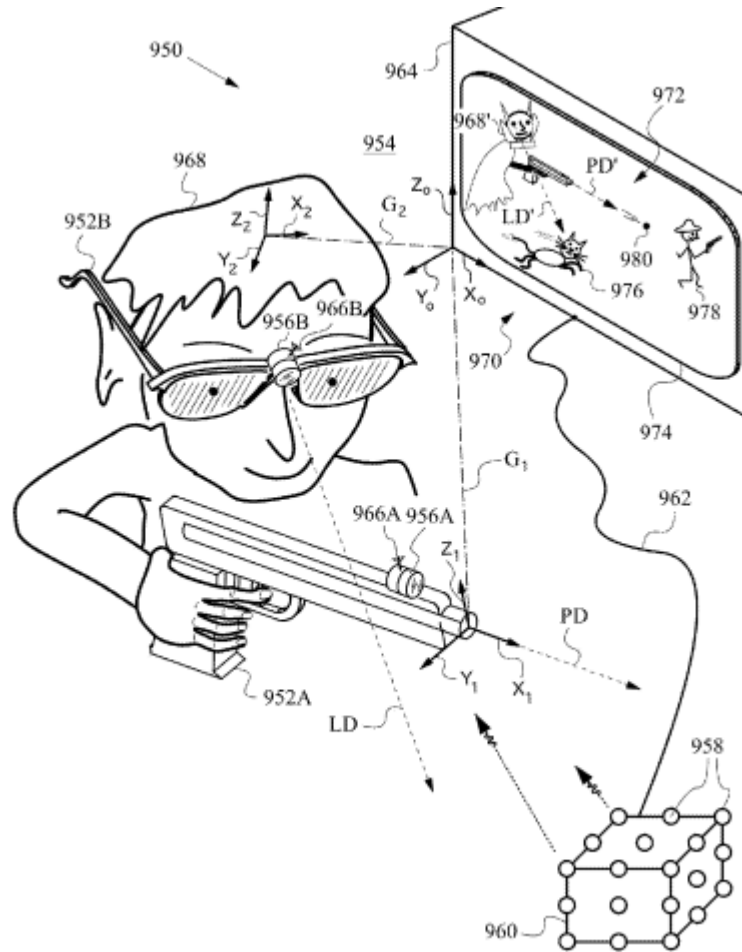
Figura 12 – Protótipo de colete militar



Fonte: patente AU2007240125B2.

A patente US9235934B2 retratou um artigo vestível, como óculos para um programa de realidade virtual ou óculos para uma aplicação de realidade aumentada, que utiliza fontes de luz e um fotodetector que detecta sua luz e emite dados indicativos da luz detectada. O artigo vestível utiliza um ou mais controladores para determinar sua posição e/ou orientação no ambiente com base na saída de dados do fotodetector. Dados de um ou mais dispositivos auxiliares de detecção de movimento, por exemplo, um sensor de movimento relativo, tal como um dispositivo inercial ou outro dispositivo auxiliar de movimento baseado em acústica, óptica ou ondas eletromagnéticas dentro ou fora do espectro visível, podem ser usados para complementar a posição e/ou dados de orientação do fotodetector. A Figura 13 ilustra o modelo do protótipo desenvolvido.

Figura 13 – Protótipo desenvolvido para patente US9235934B2



Fonte: patente US9235934B2.

A patente US9398880B2 demonstra um dispositivo ortopédico vestível para diagnóstico e terapia de um membro. Compreende um material de compressão de tecidos moles e uma folha de material laminado elástico para compressão de tecidos moles. O dispositivo inclui uma membrana de poliuretano extensível, porosa e respirável para permitir que, um certo grau de transpiração e calor, escape, ao mesmo tempo que retém uma quantidade terapêutica de calor. O dispositivo inclui uma camada têxtil inteligente, incluindo fibra, eletrônica orgânica, outras formas de têxteis eletrônicos e sensores para monitorar parâmetros associados a lesões de tendões e ligamentos.

O dispositivo pode incluir um sensor acústico para detectar a velocidade e a frequência do som que viaja através do tecido subjacente sobre o qual é emitido um sinal acústico. Num método de monitorização de diagnóstico, os parâmetros associados ao tecido saudável do membro são transmitidos sem fios pelo dispositivo

para um receptor externo para análise. A figura 14 ilustra a utilização do protótipo por um atleta durante atividade física.

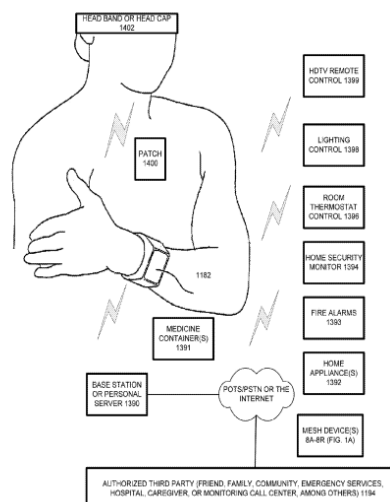
Figura 14 – Protótipo desenvolvido para patente US9398880B2



Fonte: patente US9398880B2.

A patente US9775520B2 trata de um sistema vestível têxtil que inclui um ou mais sensores para detectar atividades de um objeto móvel; e um processador acoplado ao sensor e ao transceptor sem fio para classificar sequências de movimentos em grupos de posturas semelhantes, cada uma representada por um modelo para identificar uma atividade do objeto. A Figura 15 ilustra o modelo do sistema desenvolvido.

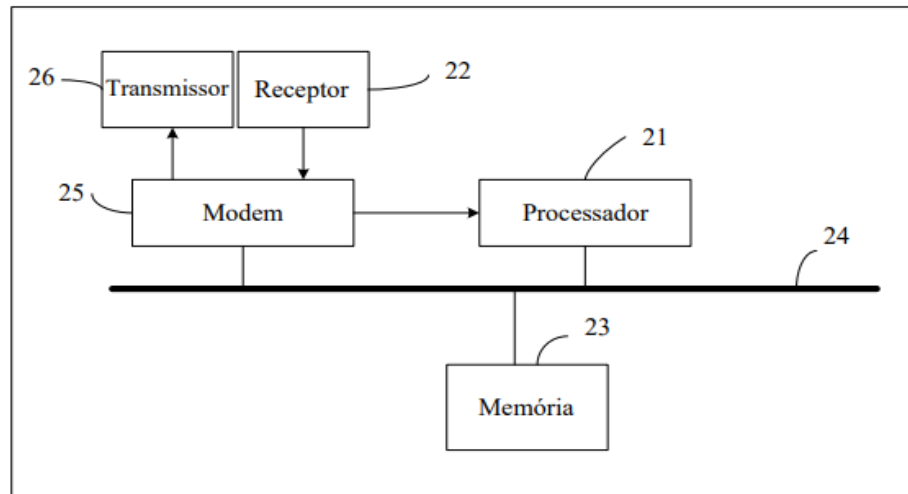
Figura 15 – Protótipo desenvolvido para patente US9775520B2



Fonte: patente US9775520B2.

A patente BR 11 2017 020843 1 B1, fornece um método de controle de consumo de energia para um dispositivo vestível. O método inclui: receber, quando um modem de um dispositivo vestível está em um estado desligado, informações de serviço de comunicação remoto transmitidas por um terminal em uma forma de comunicações de curto alcance; ou receber, por um dispositivo vestível quando um modem do dispositivo vestível está em um estado ligado, conteúdo, enviado por um dispositivo de rede, de um serviço de comunicação sem fio remoto. Com o método fornecido na presente invenção, um tempo em espera do dispositivo vestível é prolongado. A Figura 16 demonstra o modelo desenvolvido.

Figura 16 – Protótipo desenvolvido para patente BR 11 2017 020843 1 B1

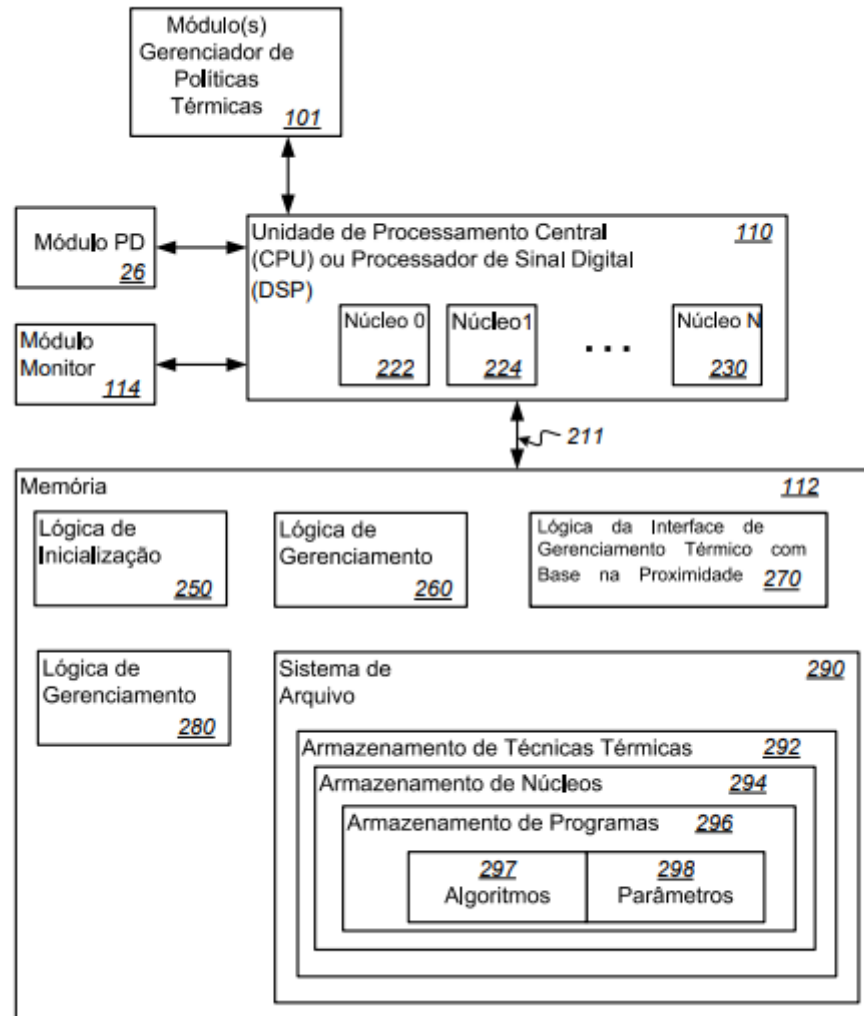


Fonte: patente BR 11 2017 020843 1 B1.

A patente BR 11 2019 015521 0 A2, mostrou como a temperatura de contato de um dispositivo de computação vestível pode ser um fator insignificante para a experiência do usuário quando um dispositivo não está em uso pelo mesmo. As formas de solução buscam modificar as políticas de gerenciamento térmico com base em uma condição de proximidade inferido do usuário, sendo monitorados um ou mais sinais de sensores prontamente disponíveis no dispositivo que têm propósitos principais além da medição da proximidade do usuário. Com o uso dos sinais gerados por esses sensores, a proximidade física relativa do dispositivo a um usuário pode ser inferida e, com base na condição de proximidade do usuário, as políticas térmicas

podem ser abrandadas ou reforçadas. A Figura 17 ilustra o modelo do protótipo desenvolvido.

Figura 17 – Protótipo desenvolvido para patente BR 11 2019 015521 0 A2

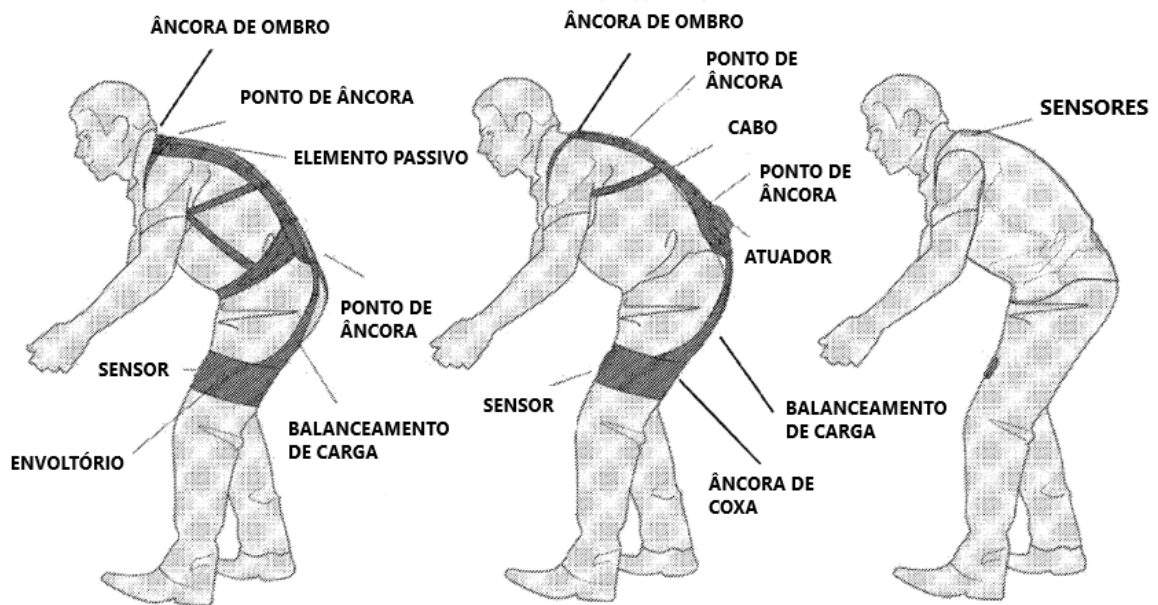


Fonte: patente BR 11 2019 015521 0 A2.

A patente US20210007874A1, diz respeito a dispositivos vestíveis que protegem contra lesões musculoesqueléticas e melhoram o desempenho. Sistemas e métodos que fornecem dispositivos vestíveis para auxiliar no movimento humano durante atividades físicas e manter posturas estáticas (por exemplo, agachar-se ou segurar uma ferramenta enquanto trabalha acima da cabeça). Materiais, construções e arquiteturas de sistemas que permitem que os dispositivos vestíveis sejam usados por cima, por baixo ou integrados às roupas por longos períodos de tempo para melhorar o desempenho ou reduzir o risco de lesões. Sensores podem ser incluídos

nos dispositivos vestíveis para detectar várias atividades, movimentos e posturas do usuário, e várias abordagens de controles ativos e semiativos podem aproveitar as informações do sensor para fornecer assistência personalizada a usuários individuais. A Figura 18 demonstra o modelo desenvolvido para patente.

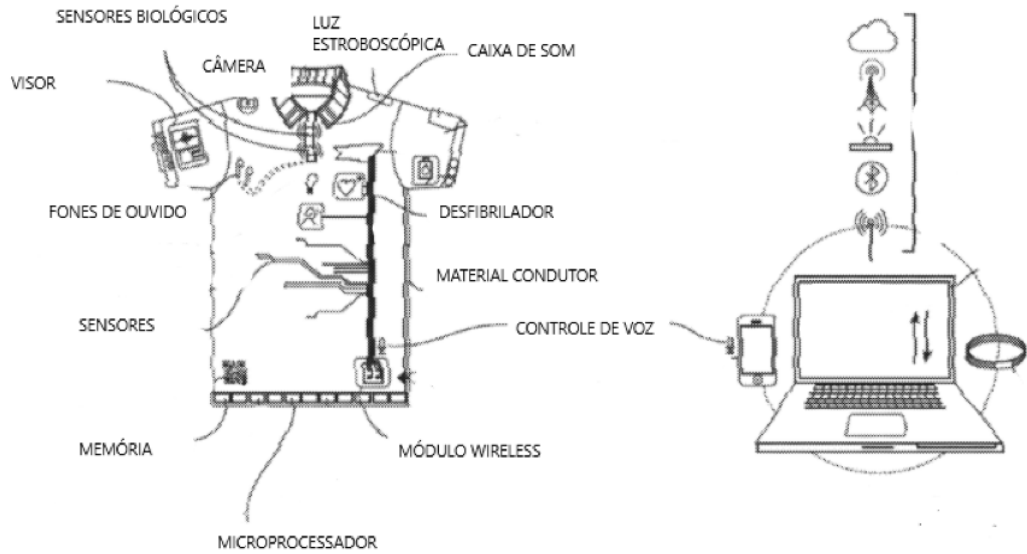
Figura 18 – Protótipo desenvolvido para patente US20210007874A1



Fonte: Patente US20210007874A1.

A patente US11246213B2 retrata aparelhos (por exemplo, peças de vestuário, incluindo, mas não se limitando a, camisas, calças e semelhantes) que detectam e monitoram parâmetros fisiológicos, tais como respiração, parâmetros cardíacos e semelhantes. Também são descritos neste documento métodos para formar peças de vestuário com um ou mais padrões extensíveis de tinta condutora formada por um composto de um adesivo isolante, uma tinta condutora e uma zona de gradiente intermediária entre a tinta adesiva e condutora. Os padrões extensíveis de tinta condutora podem ser esticados mais de duas vezes o seu comprimento sem quebrar ou romper. A Figura 19 ilustra o modelo desenvolvido.

Figura 19 – Protótipo da patente US11246213B2



Fonte: Patente US11246213B2.

A patente BR 11 2023 012788 2 A2, trata-se de programas, sistemas e métodos para exibir dados comunicados ao dispositivo vestível por comunicação de curto alcance e exibíveis por um visor no dispositivo vestível. Em algumas modalidades, os dados podem ser indicativos de identificação, autenticação ou promoção. Um dispositivo de comunicação pode transmitir os dados para o dispositivo vestível por meio de comunicação sem fio de curto alcance. O dispositivo vestível pode receber a comunicação e exibir as informações no visor do dispositivo vestível, conforme demonstra a Figura 20.

Figura 20 – Protótipo desenvolvido para patente BR 11 2023 012788 2 A2

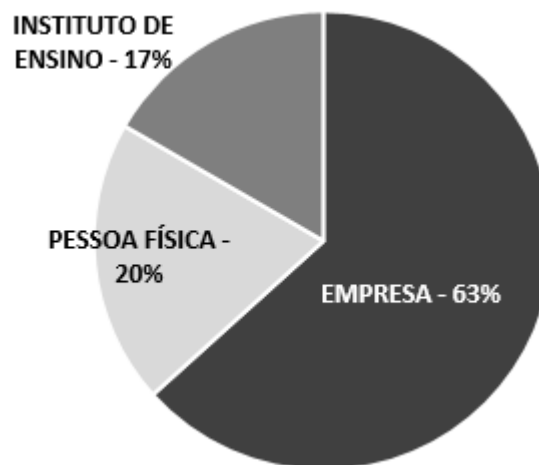


Fonte: Patente BR 11 2023 012788 2 A2.

A análise das patentes selecionadas permitiu a identificação dos tipos de depositantes, classificados em empresas públicas e privadas, como: Adidas, Nike e Huawei; instituições de ensino como: Harvard, IFSP e Universidade Federal de São Carlos; e pessoas físicas. A distribuição desses depositantes oferece um mapeamento sobre a origem e a diversidade dos agentes envolvidos no processo de inovação, refletindo diferentes modelos de colaboração e incentivos à pesquisa.

Conforme representado na Figura 21, observa-se uma distribuição variada entre os tipos de depositantes. As empresas, tanto públicas quanto privadas, emergem como os principais contribuintes, refletindo o papel central do setor empresarial na geração de inovação e no desenvolvimento de novas tecnologias. Além das empresas, as instituições de ensino também desempenham um papel significativo na produção de patentes. Universidades e centros de pesquisa são locais onde a pesquisa ocorre, muitas vezes impulsionada por colaborações interdisciplinares e parcerias com o setor privado. Por fim, embora em menor número, as patentes depositadas por pessoas físicas. Esses indivíduos podem ser pesquisadores independentes, inventores ou empreendedores que buscam proteger suas invenções e avançar no mercado com suas ideias.

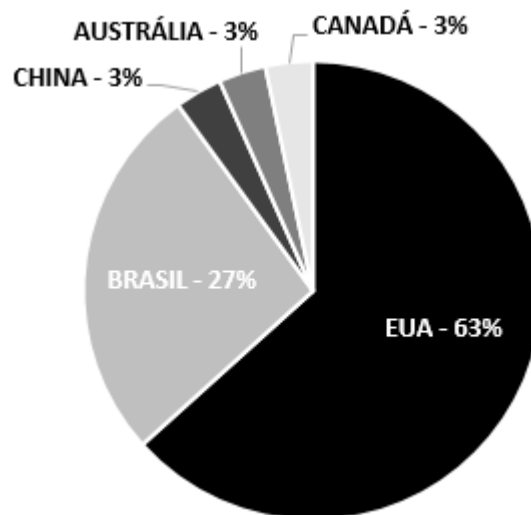
Figura 21 – Distribuição das patentes por tipo de depositante



Fonte: Elaborado pela autora.

Entre os países que mais publicaram patentes, pode-se observar uma tendência consistente com a liderança dos Estados Unidos, mais uma vez destacando-se como o país com o maior número de patentes publicadas no campo em questão. Os Estados Unidos mantêm uma posição dominante no cenário mundial de patentes, impulsionada por uma combinação de fatores, incluindo investimentos substanciais em pesquisa e desenvolvimento, uma cultura empreendedora e um sistema legal e regulatório que favorece a proteção da propriedade intelectual. A Figura 22 demonstra a distribuição de patentes por países.

Figura 22 – Distribuição das patentes x países



Fonte: Elaborado pela autora.

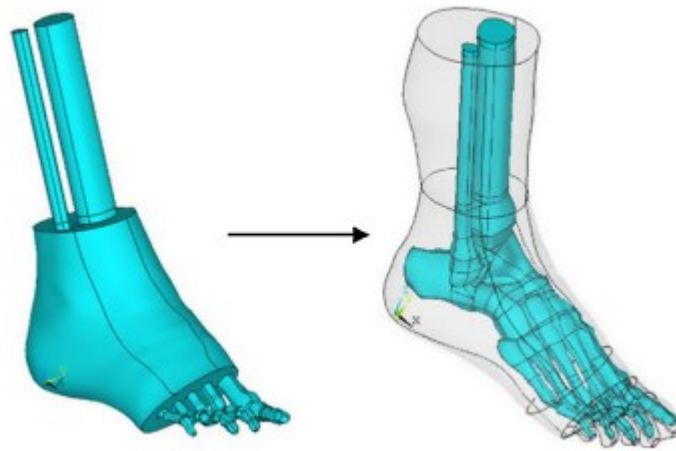
3.3 IMPORTÂNCIA E BENEFÍCIOS DA TECNOLOGIA *WEARABLE* APLICADA NO SETOR MILITAR

Após a revisão dos 62 artigos submetidos à análise, identificou-se que onze deles se relacionavam aos problemas de saúde e equipamentos de proteção com tecnologia obsoleta, abordados inicialmente na seção de motivação dessa dissertação, estabelecendo uma relação direta com o objetivo específico de identificar a contribuição dos *wearables* têxteis para o desenvolvimento de materiais militares.

Abordando o problema relacionado a lesões nos pés, devido a caminhadas e marchas prolongadas com carregamento de materiais robustos, Qiu *et al.* (2011) identificaram que lesão por estresse é uma das lesões, principalmente em atletas e soldados. O conhecimento da evolução do estresse interno do pé e do tornozelo é a

chave para investigar os mecanismos das lesões por estresse. O estudo construiu um modelo de bota que detecta lesões por estresse nos pés, usando dados de tomografia computadorizada dos EUA. As imagens de tomografia computadorizada 2D foram convertidas para uma imagem 3D usando um programa que é capaz de lidar com dados de tomografia computadorizada, a fim de se construir um modelo do pé e tornozelo com parte inferior da perna, conforme a Figura 23.

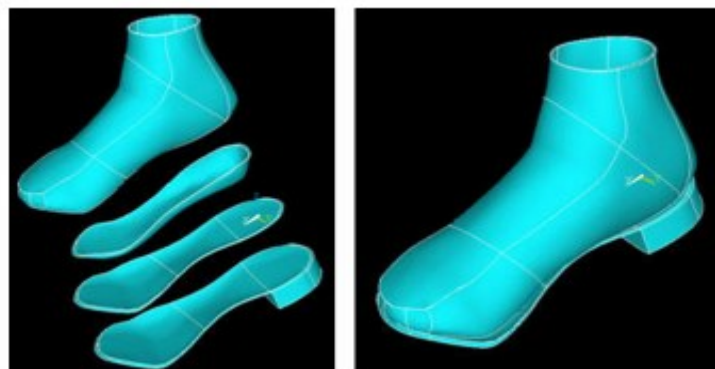
Figura 23 – Modelo 3D do pé e tornozelo



Fonte: Qiu, Teo, Yan *et al.* (2011).

Após a construção do modelo 3D do pé e tornozelo com parte inferior da perna, a bota foi construída. Para representar a mesma, foram criadas a palmilha, a sola intermediária e a sola da bota, respectivamente, seguindo o contorno da parte superior e inferior do modelo de pé e tornozelo, formando a bota conforme a Figura 24.

Figura 24 – Modelo de bota desenvolvido para atenuar lesões



Fonte: Qiu, Teo, Yan *et al.* (2011).

No artigo de Bogerd *et al.* (2012), é abordado um estudo de campo que indicou menor hidratação da pele para uma meia com maior capacidade de retenção de umidade, após uma marcha militar. Assim, para condições típicas de caminhada/marcha, levantou-se a hipótese de que mais umidade permanece na pele com calçados com capacidade limitada de retenção de umidade. Bolhas de fricção no pé estão entre as mais comuns lesões de soldados de infantaria. Atrito entre pele e meia, também referida como força de cisalhamento, são responsáveis pela etiologia de bolhas de fricção. Estas bolhas aumentam com o aumento da hidratação da pele, bem como com o aumento do teor de umidade do tecido em contato com a pele. O tecido da meia afeta a incidência de bolhas de maneira diferente. No entanto, o estudo identificou diferentes misturas de tecidos como ideais: não tendo lã ou algodão em contato direto com a pele. Botas militares com variações de impermeabilização foram avaliadas. Todas as botas foram fornecidas com o mesmo padrão de sola embutida. Membranas respiráveis fabricadas em politetrafluoretileno e poliuretano foram adicionadas em cada lado da bota. Uma membrana elíptica respirável sensível à umidade líquida, com eixos longos e curtos de aproximadamente 5 cm e 3 cm, respectivamente, conforme mostrado na inserção da Figura 25.

Figura 25 – Modelo de bota com membrana elíptica

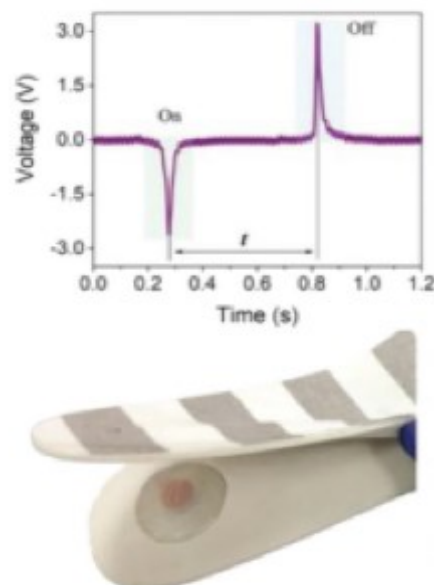


Fonte: Bogerd *et al.* (2012).

Qingyu *et al.* (2022), relataram em seus estudos sobre a dificuldade de utilizar equipamentos de proteção que exijam carregamento de baterias. Afirmaram que em aplicações militares, como no deserto ou no campo de batalha, é difícil substituir as baterias dos equipamentos a tempo, o que se tornou um gargalo. O artigo abordou sobre desenvolvimento de materiais que, integrados a têxteis, funcionam como armazenadores de energia.

Os dispositivos eletrônicos vestíveis baseados em nanogeradores triboelétricos podem sentir movimentos e status do corpo humano, como marcha, respiração, pulso e gestos, que são posteriormente utilizados para alcançar complexas funções como monitoramento de integridade e interação homem-máquina. Com base nas informações coletadas, esses dispositivos também podem ser utilizados para identificação pessoal, incluindo senha e biometria, identificação baseada em informações, o que aumenta ainda mais a segurança do sistema. Os eletrônicos vestíveis baseados em nanogeradores triboelétricos também são capazes de gerar e reconhecer informações codificadas para emitir comandos de controle como um micro controlador ou para decodificar e reconhecer informações como um terminal inteligente. Uma palmilha inteligente baseada nesses nanogeradores que permite o reconhecimento da marcha, como pisar, andar, correr e a queda foi desenvolvida conforme a Figura 26.

Figura 26 – Palmilha inteligente baseada nesses nanogeradores



Fonte: Qingyu *et al.* (2022).

O artigo elaborado por Ghahremani e Lafiti (2017), enfatizou que o mercado de EPIs precisa de um sistema confiável, eficaz e utilizável que atenda aos requisitos dos bombeiros, além de fornecer soluções e interfaces abertas para impulsionar o desenvolvimento de outros fabricantes. Um protótipo foi produzido para medir, combinar, transferir, monitorar e visualizar sinais fisiológicos e ambientais coletados no interior do traje do bombeiro. De acordo com o princípio da gaiola de Faraday, materiais podem proteger medidas contra interferência eletromagnética relacionadas à segurança, por exemplo. Muito bem-sucedidos nesta área são os não-tecidos tratados com acabamentos condutores (revestimento de cobre, prata ou alumínio) ou usando fibras modificadas na superfície em não-tecidos e tecidos.

Têxteis eletrônicos interativos com GPS integrado podem garantir segurança do usuário e podem potencialmente salvar vidas envolvidas em situações de emergência. Os impulsionadores do rápido desenvolvimento atual dos têxteis inteligentes tradicionalmente vêm da pesquisa militar. A proteção do indivíduo em ambientes hostis e a necessidade de comunicação e monitoramento deram impulso aos pesquisadores têxteis para soldados melhores e mais fortes, incluindo o desenvolvimento de várias tecnologias de detecção integradas. A detecção ambiental pode detectar inimigos ou ameaças bioquímicas potenciais, como um tecido condutor com microfones embutidos do tamanho de um botão que detectam o som de objetos remotos, como veículos que se aproximam. Um micro controlador pode determinar algoritmicamente a direção do som comparando os sons de cada microfone. Ao utilizar esta tecnologia para soldados, as informações são transmitidas sem fio para a unidade médica no campo de batalha para que um médico possa atender a esse problema específico. A Figura 27 demonstra o protótipo criado.

Figura 27 – Protótipo de camisa inteligente



Fonte: Ghahremani, Lafiti (2017).

O artigo de Chander *et al.* (2018), avaliou o impacto dos tipos de calçado militar na tarefa de transporte de carga. Foram feitas considerações sobre o design do calçado e do esforço físico na estabilidade postural, levando a possíveis intervenções que reduzem os impactos na estabilidade postural assim, reduzindo possíveis quedas e lesões. As avaliações do desempenho do equilíbrio quando expostas a uma carga de trabalho de transporte de carga do tipo militar são especialmente importantes para identificar fatores que podem causar desequilíbrio levando a quedas e lesões. O calçado militar pode potencialmente predispor o usuário a queda no desempenho do equilíbrio estático e dinâmico, levando a um maior potencial de lesões. Uma análise sobre a importância do calçado militar é apresentada:

Manter a estabilidade postural ideal é crucial nas forças armadas. O impacto dos tipos de calçado militar e da tarefa de transporte de carga na estabilidade postural é abordado. Os achados fornecem implicações do design do calçado e do esforço físico na estabilidade postural, levando a possíveis intervenções que reduzem os decréscimos da estabilidade postural; assim, reduzindo possíveis quedas e lesões relacionadas a quedas - Harish *et al.* (2018).

O estudo analisou o impacto de dois calçados militares, bota padrão para clima quente modelo STB e bota minimalista ultraleve modelo MTB, na estabilidade postural, antes e após uma tarefa de transporte de carga. Os autores demonstraram que o equilíbrio é reduzido após uma tarefa de transporte de carga. A Figura 28 apresenta os modelos de bota utilizados para o estudo.

Figura 28 – Modelos de botas militares



Fonte: Chander *et al.* (2018).

O estudo de Dobson *et al.* (2020) relatou sobre as botas de segurança que fornecem uma interface entre o pé e o solo, protegendo o pé de estímulos externos indesejáveis, particularmente em ambientes de trabalho severos. Os ambientes ocupacionais e as tarefas executadas pelos trabalhadores variam amplamente entre diferentes setores, necessitando de uma variedade de designs de botas de trabalho para atenderem aos requisitos exclusivos de segurança no local de trabalho. Esta revisão confirmou que há uma escassez de pesquisas que examinam a influência do design da bota de trabalho na caminhada, apesar do potencial de botas de trabalho específicas para a ocupação reduzirem a incidência de lesões nos membros inferiores relacionadas ao trabalho. A maioria dos estudos anteriores se concentrou em uma variedade de calçados, em vez de apenas botas de trabalho e comparou designs de calçados muito diferentes, dificultando conclusões válidas sobre a influência de recursos de design específicos. Altura e rigidez do cano da bota, massa da bota e flexibilidade da sola da bota parecem ser características específicas do design da bota

que provavelmente contribuem para a eficiência da caminhada no local de trabalho, mas mais pesquisas são necessárias para apoiar essa noção.

Billing *et al.* (2021), elaboraram um artigo que auxilia pesquisadores militares de desempenho humano a adaptarem suas práticas para acompanhar o ritmo crescente da modernização militar. Avaliaram avanços rápidos e convergência em áreas como robótica, tecnologia da informação e inteligência artificial continuarão a ter um impacto revolucionário no campo de batalha do futuro. Concluíram que é esperado que as tecnologias emergentes mudem todos os papéis e tarefas no campo de batalha. Auxílios automatizados à tomada de decisão podem permitir que as escolhas sejam feitas mais rapidamente, reduzindo assim a carga de trabalho cognitiva e aprimorando comando e controle. Além disso, sistemas não tripulados juntamente com equipes homem-máquina (incluindo interfaces homem-computador) podem ter um impacto de longo alcance nos requisitos de desempenho do combate na linha de frente. Utilizaram como exemplo um robô de pernas da fabricante Ghost Robotics com soldados durante uma demonstração de sistemas autônomos na área de treinamento, conforme ilustrado na Figura 29.

Figura 29 – Robô de pernas



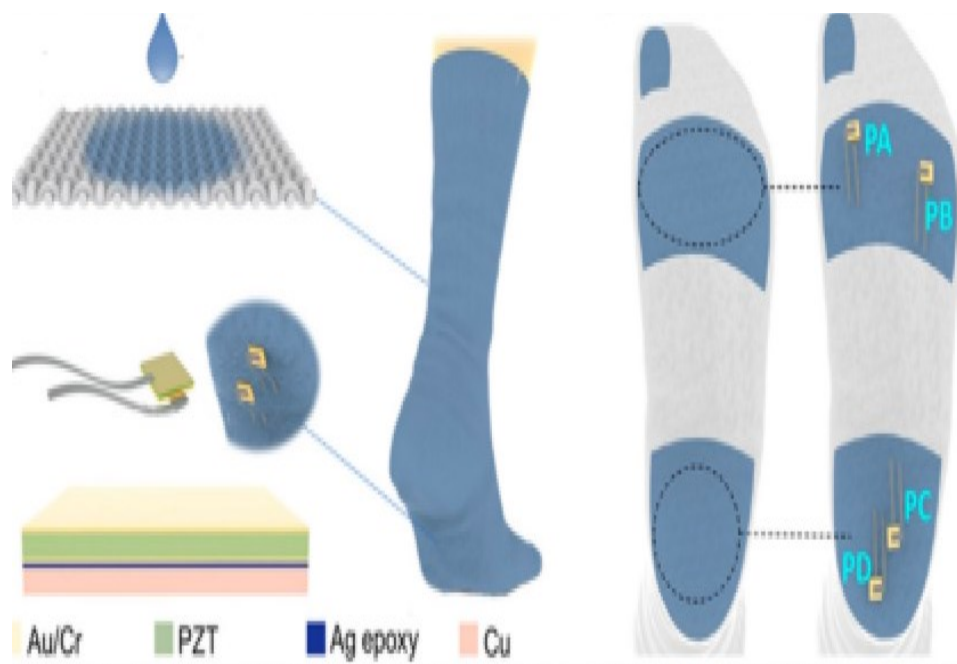
Fonte: Billing, Fordy, Friedl *et al.* (2021).

Destacando a combinação homem-máquina moderna e o uso crescente de tecnologias avançadas para aumentar as capacidades de desempenho humano em operações militares. Essas tecnologias ajudarão a reduzir a carga do soldado e

ampliar o alcance de detecção e ação de pequenas unidades, ao mesmo tempo em que aumentarão as demandas neurofisiológicas do operador humano.

Shah *et al.* (2022), dissertaram sobre cicatrização de feridas com têxteis inteligentes. A instalação de sensores de pressão e postura em sapatos deve indicar postura incorreta ou peso corporal. Têxteis ativos são integrados com eletrônica suave e inteligente envolvendo sensores, dispositivos ópticos, nanogeradores e dispositivos de armazenamento de energia. A incorporação da nanotecnologia permite a fabricação de têxteis inteligentes e multifuncionais com muitas aplicações inovadoras nas áreas de saúde, farmacêutica, moda, esportes, militar, proteção avançada e transporte. Em seu artigo realizaram a reprodução esquemática de uma meia de algodão utilizando mecanismo híbrido piezoelétrico e triboelétrico, sensores de força incorporados rotulados como “PA”, “PB”, “PC” e “PD”, como ilustra a Figura 30.

Figura 30 – Meia de algodão utilizando mecanismo híbrido



Fonte: Mudasir Akbar, Bilal Masood, Gareth *et al.* (2022).

Segundo Siengchin (2023), materiais leves são essenciais em aplicações de defesa porque permitem que os componentes sejam mais leves sem sacrificar a resistência. Enfatiza futuras aplicações militares de materiais poliméricos, que são considerados os de maior sucesso em aplicações de defesa e militares para produzir componentes leves e duráveis. Muitas peças metálicas em aplicações militares foram substituídas por materiais poliméricos devido às inúmeras vantagens, incluindo baixa

densidade, natureza não condutiva, durabilidade e a impermeabilidade oferecidas pelos polímeros.

Os polímeros são considerados materiais seguros e fortes para muitas peças de aplicação militar, desde caixas de bússola até componentes de armas de precisão. A Figura 31 mostra um típico traje de batalha russo feito de Nanocompósitos poliméricos. A armadura de alta tecnologia foi construída com base nas propriedades inerentes dos compósitos poliméricos reforçados com nanocargas de grafeno e possui alta capacidade balística, melhor resistência, alta capacidade hidrofóbica e excelente condutividade elétrica e térmica. A armadura também contém um capacete com visão noturna colorida, luvas, arma de fogo, cabo de rádio, uma camada de exoesqueleto e colete acolchoado.

Figura 31 – Traje de batalha russo



Fonte: Siengchin (2023).

No artigo elaborado por Zopf *et al.* (2016), são analisados têxteis militares serigrafados para armazenamento de energia vestível. Este artigo apresenta uma

avaliação da viabilidade da serigrafia em tecidos típicos incorporados em uniformes militares usando materiais econômicos, bem como recomendações de maneiras pelas quais os têxteis militares serigrafados podem ser melhorados para aplicação de supercapacitores têxteis vestíveis. A serigrafia é uma técnica popular que usa uma tela de malha para transferir tinta para tecidos. A ideia principal para este estudo é fornecer informações sobre a aplicabilidade da impressão de materiais ativos para supercapacitores em tecidos militares fabricados antes da montagem do vestuário. A Figura 32 apresenta as possibilidades de aplicação de *wearables* nos equipamentos de proteção que são utilizados diariamente.

Figura 32 – Aplicação de *wearables* em equipamentos militares



Fonte: Zopf *et al.* (2016).

O estudo de Pavlinić (2017) identificou alguns tipos modernização de têxteis inteligentes e considerou o avanço devido à utilização de internet das coisas. Uma palmilha aquecida conectada a um smartphone, com objetivo de projetar o calçado para uso diário, com um sistema de aquecimento, visando eliminar baixas temperaturas. Sensores inteligentes, desenvolvidos através de nanotecnologia, foram aplicados à palmilha com o intuito de realizar essa integração entre o calçado e o smartphone. A Figura 33 apresenta o modelo desenvolvido através de IoT e nanotecnologia.

Figura 33 – Palmilha aquecida integrada à um celular



Fonte: Pavlinić (2017).

Com um amplo campo de possíveis aplicações e diversidades de produtos finais, a indústria militar se destaca como uma área de constante inovação e desenvolvimento. A constante necessidade de proteção e segurança impulsiona a demanda por produtos militares cada vez mais sofisticados e eficientes. Isso, por sua vez, estimula a pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias de ponta, muitas das quais acabam sendo adaptadas para uso civil em áreas como medicina, transporte e comunicação.

Além do aspecto tecnológico, a indústria militar também desempenha um papel significativo na economia, gerando empregos e impulsionando o crescimento em diversos setores relacionados, como engenharia, manufatura e logística. A colaboração entre o setor público e privado é fundamental para promover a inovação e garantir a segurança nacional.

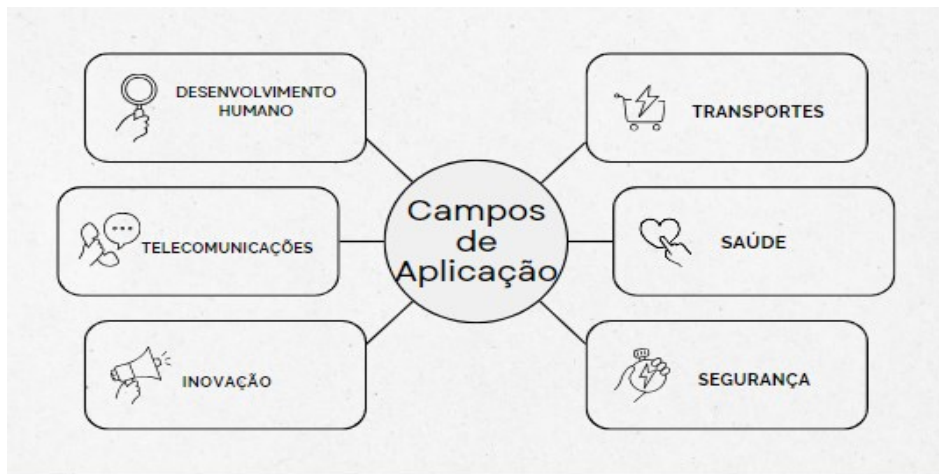
A indústria militar se tornou uma das primeiras indústrias na busca por avanços em têxteis vestíveis, tanto que a primeira vestimenta de computação verdadeiramente inteligente e vestível e considerada por alguns como a “Placa-mãe Vestível” foi desenvolvida no início dos anos 90, financiada pelos militares dos EUA. Esta vestimenta foi projetada para uso em combate e consistia em fios ópticos e eletrocondutores integrados à estrutura têxtil. Seu uso inicial era monitorar soldados e enviar assistência médica imediata e relevante quando necessário (Park & Jayaraman, 2017).

Algumas tecnologias desenvolvidas com a indústria 4.0 já estão sendo amplamente utilizadas e analisadas por pesquisadores de todo o mundo com relação à utilização na indústria militar. Com a utilização dessas tecnologias, novas formas de treinamento, novos tipos de atividade podem surgir, otimizando tempo e diminuindo

ocorrências de acidentes e falhas humanas. Com dispositivos de comunicação vestíveis, os soldados podem se comunicar de forma eficiente e segura; ajudar aos soldados a encontrar seu caminho em ambientes difíceis e desconhecidos; permitir que os soldados monitorem seu bem-estar físico e mental em tempo real.

A aplicação da tecnologia se dá de acordo com a finalidade pretendida. A Figura 34 apresenta uma síntese das principais áreas de aplicação.

Figura 34 – Principais áreas de aplicação



Fonte: Elaborado pela autora.

3.4 PRINCIPAIS DESAFIOS NA IMPLEMENTAÇÃO DE TECNOLOGIA WEARABLE

Os pontos mais vulneráveis para implementação dessa tecnologia, compete a problemas com segurança de dados, custo do investimento, confiabilidade do sistema e sustentabilidade, sendo esse último com grandes oportunidades de melhoria devido ao fato de conter muitos elementos não biodegradáveis, esses produtos demandam certo cuidado e atenção quanto ao seu correto descarte após o fim de seu tempo de vida útil.

Segundo Ghahremani *et al.* (2017), os não-tecidos tratados com acabamentos condutores (revestimento de cobre, prata ou alumínio) ou usando fibras com superfície modificada em não-tecidos e tecidos, como fibras poli acrílicas ou poliamidas revestidas de cobre ou níquel, fibras com revestimento externo de carbono ou fibras modificadas com policial por sulfeto, apresentam bons resultados quando utilizados

em equipamentos de segurança. Porém, como desvantagem, Shah *et al.* (2022) exemplifica que o uso extensivo de nano partículas e nano materiais para a produção de têxteis inteligentes, gera preocupações e pode não ser totalmente benéfica. Os produtos químicos e tóxicos são usados em sua produção e as nano partículas podem ser lixiviadas dos produtos finais e encontrar seu caminho para as fontes de água após a lavagem dos tecidos.

O público em geral precisa ser treinado sobre os métodos de lavagem adequados e encorajados a usar baixa temperatura, baixa agitação, lavar com um detergente orgânico adequado e evitar a secagem na máquina. Estas medidas podem mitigar o impacto ambiental.

Em resumo, a indústria militar representa não apenas um setor importante para a segurança nacional, mas também setor de inovação e progresso tecnológico em diversas áreas. Ao mesmo tempo em que enfrenta desafios complexos, oferece oportunidades reais de evolução e contribui para o desenvolvimento global.

No entanto, é importante reconhecer os desafios éticos e morais associados à indústria militar, especialmente quando se trata do uso de tecnologias de combate. É essencial que haja um equilíbrio entre o avanço tecnológico e a responsabilidade social, garantindo que o progresso na área de defesa seja conduzido de forma ética e sustentável.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a revisão da literatura dos artigos selecionados, foi possível identificar uma variedade de pesquisas conduzidas por diferentes autores, sendo suas áreas de aplicação voltadas para: têxtil, segurança, saúde, militar e tecnológica. Apesar de apresentarem áreas de aplicações distintas, todos apresentavam uma finalidade em comum: a saúde e bem-estar do usuário do dispositivo vestível desenvolvido, integrando têxteis e equipamentos utilizados nas referidas áreas. Esta integração destaca a versatilidade e a importância crescente dos têxteis em diversas áreas de pesquisa, destacando a sua capacidade de impulsionar avanços significativos em diferentes campos, desde a segurança até a saúde pessoal.

Essa dissertação tinha o objetivo de identificar as principais tecnologias aplicadas ao desenvolvimento de têxteis voltados para área militar. Assim, na metodologia inicial que foi a revisão sistemática da literatura, foram analisados 62 artigos, onde se observaram os seguintes pontos: aproximadamente 50% dos artigos eram focados na área têxtil; 24% dos artigos voltados para têxteis utilizados em equipamentos de segurança; 11% dos artigos voltados para têxteis utilizados na área da saúde; 10% dos artigos eram referentes a têxteis utilizados em equipamentos militares; e 5% dos artigos voltados para têxteis integrados a dispositivos tecnológicos.

A partir da revisão sistemática da literatura, buscou-se explorar e analisar as tendências de patentes relacionadas a tecnologias vestíveis (*wearables*) têxteis na indústria militar. Por meio de uma análise detalhada de um conjunto selecionado de patentes, este estudo ofereceu dados sobre o estado atual da inovação em *wearables* têxteis na indústria militar.

Através das análises das patentes selecionadas, foram identificadas nove patentes com aplicabilidade tanto ao setor têxtil quanto ao setor militar, sendo desenvolvidos têxteis com tecnologia aplicada para monitoramento da saúde e bem-estar dos usuários, bem como melhorando o desenvolvimento de atividades inerentes a combatentes, possibilitando melhorias em equipamentos de proteção e segurança.

Ao longo desta pesquisa, foi evidenciado que as patentes desempenham um papel crucial na proteção e promoção do progresso tecnológico em *wearables* têxteis militares. A análise revelou oportunidades de áreas de aplicação, desde sistemas de comunicação e monitoramento de saúde até dispositivos proteção. A diversidade

dessas inovações reflete a natureza interdisciplinar dos *wearables* têxteis na indústria militar, que abrange aspectos técnicos, táticos e estratégicos.

No entanto, é importante reconhecer que este estudo possui algumas limitações. A análise se concentrou em um conjunto específico de patentes e, portanto, pode não capturar todas as tendências e inovações relevantes em *wearables* têxteis militares. Além disso, as patentes nem sempre refletem completamente o estado da técnica em pesquisa e desenvolvimento, e muitas inovações podem estar sendo desenvolvidas fora desse âmbito. Há também a questão do sigilo de patentes até a publicação da mesma. Esse sigilo dura em torno de 18 meses, o que acaba limitando os resultados entre as pesquisas realizadas.

Pode-se observar que entre os países que mais pesquisam sobre o tema, destaca-se Estados Unidos, como país que mais investe tanto em pesquisas relacionadas a *Wearables* quanto a pedidos de patentes. Aplicações patenteadas como coletes e botas militares, demonstraram como o setor têxtil está sendo referenciado em relação a aplicações militares.

Em conclusão, esta dissertação contribuiu para o entendimento atual das tendências de patentes em *wearables* têxteis na indústria militar, oferecendo ideias para pesquisadores, profissionais e tomadores de decisão interessados nesse campo em rápida evolução. Espera-se que este estudo estimule discussões e colaborações futuras que impulsionem ainda mais a inovação e o desenvolvimento de tecnologias vestíveis têxteis para fins militares, garantindo assim a segurança e eficácia das forças armadas em um ambiente cada vez mais complexo e dinâmico.

Para pesquisas futuras, recomenda-se uma análise mais abrangente e longitudinal das patentes relacionadas à *wearables* têxteis militares, bem como estudos para criação de protótipos de equipamentos que explorem as percepções e necessidades dos usuários finais, como soldados e comandantes militares. Além disso, investigações adicionais sobre os aspectos éticos, legais e sociais dessas tecnologias são essenciais para garantir seu uso responsável e ético no contexto militar.

REFERÊNCIAS

- ABIT. (2023). *Associação Brasileira Da Indústria Têxtil E De Confecção. Perfil Do Setor.*
- Atalay, O. (2018). Textile-Based, Interdigital, Capacitive, Soft-Strain Sensor for Wearable Applications. *Materials (1996-1944)*, 11(5), 768. <http://10.0.13.62/ma11050768>
- Billing, D. C., Fordy, G. R., Friedl, K. E., & Hasselstrøm, H. (2021a). The implications of emerging technology on military human performance research priorities. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 24(10), 947–953. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jsams.2020.10.007>
- Billing, D. C., Fordy, G. R., Friedl, K. E., & Hasselstrøm, H. (2021b). The implications of emerging technology on military human performance research priorities. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 24(10), 947–953. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jsams.2020.10.007>
- Bishop, P., Ray, P., & Reneau, P. (1995). A review of the ergonomics of work in the US military chemical protective clothing. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 15(4), 271–283. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0169-8141\(94\)00041-Z](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0169-8141(94)00041-Z)
- Bogerd, C. P., Brühwiler, P. A., & Rossi, R. M. (2012a). Heat loss and moisture retention variations of boot membranes and sock fabrics: A foot manikin study. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 42(2), 212–218. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ergon.2012.01.001>
- Bogerd, C. P., Brühwiler, P. A., & Rossi, R. M. (2012b). Heat loss and moisture retention variations of boot membranes and sock fabrics: A foot manikin study. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 42(2), 212–218. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ergon.2012.01.001>
- Chander, H., Knight, A. C., Garner, J. C., Wade, C., Carruth, D. W., DeBusk, H., & Hill, C. M. (2018). Impact of military type footwear and workload on heel contact dynamics during slip events. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 66, 18–25. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ergon.2018.02.008>
- Chen, J., Guo, H., Pu, X., Wang, X., Xi, Y., & Hu, C. (2018). Traditional weaving craft for one-piece self-charging power textile for wearable electronics. *Nano Energy*, 50, 536–543. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.nanoen.2018.06.009>
- Chifor, B.-C., Bica, I., Patriciu, V.-V., & Pop, F. (2018). A security authorization scheme for smart home Internet of Things devices. *Future Generation Computer Systems*, 86, 740–749. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.future.2017.05.048>
- Deak, G., Curran, K., & Condell, J. (2012a). A survey of active and passive indoor localisation systems. *Computer Communications*, 35(16), 1939–1954. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.comcom.2012.06.004>
- Deak, G., Curran, K., & Condell, J. (2012b). A survey of active and passive indoor localisation systems. *Computer Communications*, 35(16), 1939–1954. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.comcom.2012.06.004>

- Dobson, J. A., Riddiford-Harland, D. L., Bell, A. F., & Steele, J. R. (2017). Work boot design affects the way workers walk: A systematic review of the literature. *Applied Ergonomics*, *61*, 53–68. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apergo.2017.01.003>
- Dobson, J. A., Riddiford-Harland, D. L., Bell, A. F., Wegener, C., & Steele, J. R. (2020a). Effect of shaft stiffness and sole flexibility on perceived comfort and the plantar pressures generated when walking on a simulated underground coal mining surface. *Applied Ergonomics*, *84*, 103024. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apergo.2019.103024>
- Dobson, J. A., Riddiford-Harland, D. L., Bell, A. F., Wegener, C., & Steele, J. R. (2020b). Effect of shaft stiffness and sole flexibility on perceived comfort and the plantar pressures generated when walking on a simulated underground coal mining surface. *Applied Ergonomics*, *84*, 103024. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apergo.2019.103024>
- Dunbar, E. (1993). The role of psychological stress and prior experience in the use of personal protective equipment. *Journal of Safety Research*, *24*(3), 181–187. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0022-4375\(93\)90029-M](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0022-4375(93)90029-M)
- Engin, M., Demirel, A., Engin, E. Z., & Fedakar, M. (2005a). Recent developments and trends in biomedical sensors. *Measurement*, *37*(2), 173–188. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.measurement.2004.11.002>
- Engin, M., Demirel, A., Engin, E. Z., & Fedakar, M. (2005b). Recent developments and trends in biomedical sensors. *Measurement*, *37*(2), 173–188. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.measurement.2004.11.002>
- Fernández-Caramés, T. M., & Fraga-Lamas, P. (2018). Towards the internet-of-smart-clothing: A review on IoT wearables and garments for creating intelligent connected E-textiles. *Electronics (Switzerland)*, *7*(12). <https://doi.org/10.3390/electronics7120405>
- Ghahremani Honarvar, M., & Latifi, M. (2017). Overview of wearable electronics and smart textiles. *The Journal of The Textile Institute*, *108*(4), 631–652. <https://doi.org/10.1080/00405000.2016.1177870>
- Gonçalves, C., da Silva, A. F., Gomes, J., & Simoes, R. (2018). Wearable e-textile technologies: A review on sensors, actuators and control elements. *Inventions*, *3*(1). <https://doi.org/10.3390/inventions3010014>
- He, Y., Lin, M., Wang, X., Liu, K., Liu, H., He, T., & Zhou, P. (2021). Textile-film sensors for a comfortable intelligent pressure-sensing insole. *Measurement*, *184*, 109943. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.measurement.2021.109943>
- Hu, Q., Nag, A., Xu, Y., Han, T., & Zhang, L. (2021). Use of graphene-based fabric sensors for monitoring human activities. *Sensors and Actuators A: Physical*, *332*, 113172. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sna.2021.113172>
- Hu, Q., Shen, X., Qian, X., Huang, G., & Yuan, M. (2022). The personal protective equipment (PPE) based on individual combat: A systematic review and trend analysis. *Defence Technology*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.dt.2022.12.007>
- IEMI. (2022). *Inteligência de Mercado*.

- Janson, D., Newman, S. T., & Dhokia, V. (2019). Next Generation Safety Footwear. *Procedia Manufacturing*, 38, 1668–1677. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.117>
- Jin, X., Liu, C., Xu, T., Su, L., & Zhang, X. (2020a). Artificial intelligence biosensors: Challenges and prospects. *Biosensors and Bioelectronics*, 165, 112412. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.bios.2020.112412>
- Jin, X., Liu, C., Xu, T., Su, L., & Zhang, X. (2020b). Artificial intelligence biosensors: Challenges and prospects. *Biosensors and Bioelectronics*, 165, 112412. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.bios.2020.112412>
- Jo, J., Sokolowski, S., McQuerry, M., Griffin, L., & Park, H. (2022). Firefighters' feet: Differences by sex and weight-bearing. *Applied Ergonomics*, 102, 103753. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apergo.2022.103753>
- Korneeva, E., Salge, T. O., Teubner, T., & Antons, D. (2023a). Tracing the legitimacy of Artificial Intelligence: A longitudinal analysis of media discourse. *Technological Forecasting and Social Change*, 192, 122467. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122467>
- Korneeva, E., Salge, T. O., Teubner, T., & Antons, D. (2023b). Tracing the legitimacy of Artificial Intelligence: A longitudinal analysis of media discourse. *Technological Forecasting and Social Change*, 192, 122467. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122467>
- Kovacs. (2018). *The dark corners of industry 4.0 – Grounding economic governance 2.0*.
- Kubler, S., Derigent, W., Thomas, A., & Rondeau, E. (2010a). Problem definition methodology for the “Communicating Material” paradigm. *IFAC Proceedings Volumes*, 43(4), 198–203. <https://doi.org/https://doi.org/10.3182/20100701-2-PT-4011.00035>
- Kubler, S., Derigent, W., Thomas, A., & Rondeau, E. (2010b). Problem definition methodology for the “Communicating Material” paradigm. *IFAC Proceedings Volumes*, 43(4), 198–203. <https://doi.org/https://doi.org/10.3182/20100701-2-PT-4011.00035>
- Lautner, D., Hua, X., DeBates, S., & Ren, S. (2018). WaaS (Wireless-as-a-Sensor): Conception, design and implementation on mobile platforms. *Journal of Systems Architecture*, 88, 65–73. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sysarc.2018.05.009>
- Lavender, S. A., Wang, Z., Allread, W. G., & Sommerich, C. M. (2019). Quantifying the effectiveness of static and dynamic insoles in reducing the tibial shock experienced during walking. *Applied Ergonomics*, 74, 118–123. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apergo.2018.08.006>
- Li, Q., Dai, K., Zhang, W., Wang, X., You, Z., & Zhang, H. (2021). Triboelectric nanogenerator-based wearable electronic devices and systems: Toward informatization and intelligence. *Digital Signal Processing*, 113, 103038. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.dsp.2021.103038>
- Li, Q., Dai, K., Zhang, W., Wang, X., You, Z., & Zhang, H. (2022a). Reprint of: Triboelectric nanogenerator-based wearable electronic devices and systems:

- Toward informatization and intelligence. *Digital Signal Processing*, 125, 103570. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.dsp.2022.103570>
- Li, Q., Dai, K., Zhang, W., Wang, X., You, Z., & Zhang, H. (2022b). Reprint of: Triboelectric nanogenerator-based wearable electronic devices and systems: Toward informatization and intelligence. *Digital Signal Processing*, 125, 103570. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.dsp.2022.103570>
- Liu, M., Qian, F., Mi, J., & Zuo, L. (2022a). Biomechanical energy harvesting for wearable and mobile devices: State-of-the-art and future directions. *Applied Energy*, 321, 119379. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.119379>
- Liu, M., Qian, F., Mi, J., & Zuo, L. (2022b). Biomechanical energy harvesting for wearable and mobile devices: State-of-the-art and future directions. *Applied Energy*, 321, 119379. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.119379>
- Liu, Z. X., Mo, F. N., Li, H. F., Zhu, M. S., Wang, Z. F., Liang, G. J., & Zhi, C. Y. (2018). Advances in Flexible and Wearable Energy-Storage Textiles. *SMALL METHODS*, 2(11). <https://doi.org/10.1002/smt.201800124>
- Li, Y., Fan, H., & Gao, X.-L. (2022). Ballistic helmets: Recent advances in materials, protection mechanisms, performance, and head injury mitigation. *Composites Part B: Engineering*, 238, 109890. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2022.109890>
- Lorussi, F., Carbonaro, N., De Rossi, D., Paradiso, R., Veltink, P., & Tognetti, A. (2016). Wearable Textile Platform for Assessing Stroke Patient Treatment in Daily Life Conditions. *FRONTIERS IN BIOENGINEERING AND BIOTECHNOLOGY*, 4. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2016.00028>
- Martin, A., & Smith, D. (2012a). Care Architectures for Wellness Management based on Wearable Technology: Issues for Systems Development. *IFAC Proceedings Volumes*, 45(10), 109–113. <https://doi.org/https://doi.org/10.3182/20120611-3-IE-4029.00022>
- Martin, A., & Smith, D. (2012b). Care Architectures for Wellness Management based on Wearable Technology: Issues for Systems Development. *IFAC Proceedings Volumes*, 45(10), 109–113. <https://doi.org/https://doi.org/10.3182/20120611-3-IE-4029.00022>
- Martinez, I., Werner, D. H., & IEEE. (2018). Circular-Polarized Textile Based Antenna For Wearable Body Area Networks. In *2018 IEEE ANTENNAS AND PROPAGATION SOCIETY INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ANTENNAS AND PROPAGATION & USNC/URSI NATIONAL RADIO SCIENCE MEETING* (Issue IEEE-Antennas-and-Propagation-Society International Symposium on Antennas and Propagation / USNC/URSI National Radio Science Meeting, pp. 1195–1196).
- Mavor, M. P., & Graham, R. B. (2019). The effects of protective footwear on spine control and lifting mechanics. *Applied Ergonomics*, 76, 122–129. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apergo.2018.12.009>

- Mondal, S. (2008a). Phase change materials for smart textiles – An overview. *Applied Thermal Engineering*, 28(11), 1536–1550. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2007.08.009>
- Mondal, S. (2008b). Phase change materials for smart textiles – An overview. *Applied Thermal Engineering*, 28(11), 1536–1550. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2007.08.009>
- Mudie, K. L., Boynton, A. C., Karakolis, T., O'Donovan, M. P., Kanagaki, G. B., Crowell, H. P., Begg, R. K., LaFiandra, M. E., & Billing, D. C. (2018). Consensus paper on testing and evaluation of military exoskeletons for the dismounted combatant. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 21(11), 1154–1161. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jsams.2018.05.016>
- Murray, S. L., Simon, Y. L., & Sheng, H. (2011a). The effects of chemical protective suits on human performance. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 24(6), 774–779. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jlp.2011.06.001>
- Murray, S. L., Simon, Y. L., & Sheng, H. (2011b). The effects of chemical protective suits on human performance. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 24(6), 774–779. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jlp.2011.06.001>
- Niknejad, N., Ismail, W. B., Mardani, A., Liao, H., & Ghani, I. (2020a). A comprehensive overview of smart wearables: The state of the art literature, recent advances, and future challenges. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 90, 103529. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.engappai.2020.103529>
- Niknejad, N., Ismail, W. B., Mardani, A., Liao, H., & Ghani, I. (2020b). A comprehensive overview of smart wearables: The state of the art literature, recent advances, and future challenges. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 90, 103529. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.engappai.2020.103529>
- Paret, D., & Crégo, P. (2018). Wearables, Smart Textiles and Smart Apparel: Smart Textiles and Smart Apparel. In *Wearables, Smart Textiles and Smart Apparel: Smart Textiles and Smart Apparel*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2017-0-01438-6>
- Park, S., & Jayaraman, S. (2017). The wearables revolution and Big Data: the textile lineage. *Journal of the Textile Institute*, 108(4), 605–614. <https://doi.org/10.1080/00405000.2016.1176632>
- Pasquale, V. Di, De Simone, V., Radano, M., & Miranda, S. (2022a). Wearable devices for health and safety in production systems: a literature review. *IFAC-PapersOnLine*, 55(10), 341–346. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.09.410>
- Pasquale, V. Di, De Simone, V., Radano, M., & Miranda, S. (2022b). Wearable devices for health and safety in production systems: a literature review. *IFAC-PapersOnLine*, 55(10), 341–346. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.09.410>
- Pavlinić, Z. (2017). THE POTENTIAL OF WEARABLES RELATED IN SMART TEXTILES. *POTENCIJALNO NOSIVE ELEKTRONIKE U ODNOSU NA PAMETNI TEKSTIL.*, 59(3), 219–226.

- <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=ip,shib&db=a9h&AN=125530779&authtype=shib&lang=pt-br&site=ehost-live&authtype=ip,shib&custid=s6468359&groupid=main>
- Qiu, T.-X., Teo, E.-C., Yan, Y.-B., & Lei, W. (2011a). Finite element modeling of a 3D coupled foot–boot model. *Medical Engineering & Physics*, 33(10), 1228–1233. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.medengphy.2011.05.012>
- Qiu, T.-X., Teo, E.-C., Yan, Y.-B., & Lei, W. (2011b). Finite element modeling of a 3D coupled foot–boot model. *Medical Engineering & Physics*, 33(10), 1228–1233. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.medengphy.2011.05.012>
- Quwaider, M., & Jararweh, Y. (2016). A cloud supported model for efficient community health awareness. *Pervasive and Mobile Computing*, 28, 35–50. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.pmcj.2015.07.012>
- Ray, P. P., Dash, D., & Kumar, N. (2020a). Sensors for internet of medical things: State-of-the-art, security and privacy issues, challenges and future directions. *Computer Communications*, 160, 111–131. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.comcom.2020.05.029>
- Ray, P. P., Dash, D., & Kumar, N. (2020b). Sensors for internet of medical things: State-of-the-art, security and privacy issues, challenges and future directions. *Computer Communications*, 160, 111–131. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.comcom.2020.05.029>
- Saidi, A., & Gauvin, C. (2023a). Towards real-time thermal stress prediction systems for workers. *Journal of Thermal Biology*, 113, 103405. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2022.103405>
- Saidi, A., & Gauvin, C. (2023b). Towards real-time thermal stress prediction systems for workers. *Journal of Thermal Biology*, 113, 103405. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2022.103405>
- Seyedin, S., Moradi, S., Singh, C., & Razal, J. M. (2018). Data on kilometer scale production of stretchable conductive multifilaments enables knitting wearable strain sensing textiles. *Data in Brief*, 18, 1765–1772. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2018.04.090>
- Shah, M. A., Pirzada, B. M., Price, G., Shibiru, A. L., & Qurashi, A. (2022a). Applications of nanotechnology in smart textile industry: A critical review. *Journal of Advanced Research*, 38, 55–75. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jare.2022.01.008>
- Shah, M. A., Pirzada, B. M., Price, G., Shibiru, A. L., & Qurashi, A. (2022b). Applications of nanotechnology in smart textile industry: A critical review. *Journal of Advanced Research*, 38, 55–75. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jare.2022.01.008>
- Siengchin, S. (2023a). A review on lightweight materials for defence applications: Present and future developments. *Defence Technology*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.dt.2023.02.025>
- Siengchin, S. (2023b). A review on lightweight materials for defence applications: Present and future developments. *Defence Technology*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.dt.2023.02.025>

- Singh, A. V., Rahman, A., Sudhir Kumar, N. V. G., Aditi, A. S., Galluzzi, M., Bovio, S., Barozzi, S., Montani, E., & Parazzoli, D. (2012a). Bio-inspired approaches to design smart fabrics. *Materials & Design (1980-2015)*, *36*, 829–839. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matdes.2011.01.061>
- Singh, A. V., Rahman, A., Sudhir Kumar, N. V. G., Aditi, A. S., Galluzzi, M., Bovio, S., Barozzi, S., Montani, E., & Parazzoli, D. (2012b). Bio-inspired approaches to design smart fabrics. *Materials & Design (1980-2015)*, *36*, 829–839. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matdes.2011.01.061>
- Taylor, N. A. S., Lee, J.-Y., Kim, S., & Notley, S. R. (2021). Physiological interactions with personal-protective clothing, physically demanding work and global warming: An Asia-Pacific perspective. *Journal of Thermal Biology*, *97*, 102858. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2021.102858>
- Tharion, W. J., & Obusek, J. P. (2000). Effects of a new individual fighting system on marksmanship. *International Journal of Industrial Ergonomics*, *25*(1), 79–84. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0169-8141\(98\)00100-0](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0169-8141(98)00100-0)
- Tu, H., Chen, X., Feng, X., & Xu, Y. (2015a). A post-CMOS compatible smart yarn technology based on SOI wafers. *Sensors and Actuators A: Physical*, *233*, 397–404. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sna.2015.07.034>
- Tu, H., Chen, X., Feng, X., & Xu, Y. (2015b). A post-CMOS compatible smart yarn technology based on SOI wafers. *Sensors and Actuators A: Physical*, *233*, 397–404. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sna.2015.07.034>
- Voit, A., & Schneegass, S. (2017). FabricID: Using Smart Textiles to Access Wearable Devices. In J. Williamson & S. Schneegass (Eds.), *16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON MOBILE AND UBIQUITOUS MULTIMEDIA (MUM 2017)* (Issues 16th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia (MUM), pp. 379–385). <https://doi.org/10.1145/3152832.3156622>
- Vu, C. C., & Kim, J. (2018). Human motion recognition using SWCNT textile sensor and fuzzy inference system based smart wearable. *Sensors and Actuators A: Physical*, *283*, 263–272. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sna.2018.10.005>
- Vukicevic, A. M., Djapan, M., Isailovic, V., Milasinovic, D., Savkovic, M., & Milosevic, P. (2022a). Generic compliance of industrial PPE by using deep learning techniques. *Safety Science*, *148*, 105646. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105646>
- Vukicevic, A. M., Djapan, M., Isailovic, V., Milasinovic, D., Savkovic, M., & Milosevic, P. (2022b). Generic compliance of industrial PPE by using deep learning techniques. *Safety Science*, *148*, 105646. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105646>
- Waltman, L. E. N. (2010). *A unified approach to mapping and clustering of bibliometric networks*.
- Wood, J. (2018). Revolutions in wearable technology for apparel. In J. McLoughlin & T. B. T.-H.-P. A. Sabir (Eds.), *High-Performance Apparel: Materials, Development, and Applications* (pp. 325–339). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100904-8.00016-X>
- Wu, S., Liu, P., Zhang, Y., Zhang, H., & Qin, X. (2017). Flexible and conductive nanofiber-structured single yarn sensor for smart wearable devices. *Sensors and*

- Actuators B: Chemical*, 252, 697–705.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.snb.2017.06.062>
- Yang, K., Meadmore, K., Freeman, C., Grabham, N., Hughes, A.-M., Wei, Y., Torah, R., Glanc-Gostkiewicz, M., Beeby, S., & Tudor, J. (2018). Development of User-Friendly Wearable Electronic Textiles for Healthcare Applications. *Sensors* (14248220), 18(8), 2410. <http://10.0.13.62/s18082410>
- Zhao, Y., Lin, Z., Dong, S., & Chen, M. (2023a). Review of wearable optical fiber sensors: Drawing a blueprint for human health monitoring. *Optics & Laser Technology*, 161, 109227.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.optlastec.2023.109227>
- Zhao, Y., Lin, Z., Dong, S., & Chen, M. (2023b). Review of wearable optical fiber sensors: Drawing a blueprint for human health monitoring. *Optics & Laser Technology*, 161, 109227.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.optlastec.2023.109227>
- Zind, T. (2018). Safety in Fashion: Wearable technology comes into vogue as sensors, monitors, and alerts emerge as tools to improve worker safety. *EC&M Electrical Construction & Maintenance*, 117(5), 18–22.
<https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=ip,shib&db=bth&AN=130119603&authtype=shib&lang=pt-br&site=ehost-live&authtype=ip,shib&custid=s6468359&groupid=main>
- Zopf, S. F., & Manser, M. (2016). Screen-printed Military Textiles for Wearable Energy Storage. *JOURNAL OF ENGINEERED FIBERS AND FABRICS*, 11(3), 1–8.