



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS BLUMENAU
CENTRO TECNOLÓGICO, DE CIÊNCIAS EXATAS E EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA TÊXTIL

Paula Malburg Rebelo

**Diagnóstico da inserção da tecnologia *wearable* no setor têxtil e de
vestuário em Blumenau**

Blumenau/SC

2023

Paula Malburg Rebelo

Diagnóstico da inserção da tecnologia *wearable* no setor têxtil e de vestuário em Blumenau

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Têxtil da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Profa. Dra. Ana Julia Dal Forno
Coorientador: Prof. Dr. José Alexandre Borges Valle

Blumenau/SC

2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Rebelo, Paula Malburg

Diagnóstico da inserção da tecnologia wearable no setor têxtil e de vestuário em Blumenau / Paula Malburg Rebelo ; orientador, Ana Julia Dal Forno, coorientador, José Alexandre Borges Valle, 2023.

72 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Blumenau, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Têxtil, Blumenau, 2023.

Inclui referências.

1. Engenharia Têxtil. 2. Wearable. 3. E-têxtil. 4. Indústria 4.0. 5. KPI. I. Dal Forno, Ana Julia . II. Valle, José Alexandre Borges. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Têxtil. IV. Título.

Paula Malburg Rebelo

Diagnóstico da inserção da tecnologia *wearable* no setor têxtil e de vestuário em Blumenau

O presente trabalho em nível de Mestrado foi avaliado e aprovado, em 30 de outubro de 2023, pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof.^a Liane Mählmann Kipper, Dr.^a
UNISC – Universidade de Santa Cruz do Sul

Prof.^a Rosiane Serrano, Dr.^a
IFRS – Instituto Federal do Rio Grande do Sul campus Erechim

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

**Coordenação do Programa de Pós Graduação em Engenharia Têxtil
UFSC campus Blumenau**

Prof.^a Ana Julia Dal Forno, Dr.^a
Orientadora

Blumenau/SC, dezembro de 2023.

Dedico este trabalho aos meus pais, por sempre estarem ao meu lado, me apoiando diariamente e me incentivando a ir mais longe e assim, sempre me mostrando o melhor caminho a ser seguido, sem eles não estaria onde estou.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Federal de Santa Catarina e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Têxtil, por permitir que o estudo fosse realizado.

A Deus, por me permitir chegar até aqui.

À minha orientadora, Prof.^a Dra. Ana Julia Dal Forno, que foi especial durante minha jornada do mestrado. Sua paciência, didática e atenção foram essenciais para obtenção do título. Ao meu coorientador Prof. Dr. José Alexandre Borges Valle, que me acompanhou e coorientou ao longo desses dois anos e meio. Também a todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Têxtil, com quem tive contato e aprendi durante esta trajetória.

Aos meus superiores no trabalho, os quais me deram liberdade e flexibilidade para atender as aulas e todas as demandas do programa de mestrado. Sem esta disponibilidade e confiança não teria conseguido. Muito obrigada!

Por fim, mas não menos importante, à minha família, que me apoiou durante esta jornada e ao meu noivo que esteve junto comigo mesmo quando eu estava ausente, me suportando e apoiando. Tudo por nós!

RESUMO

Em um ambiente econômico de crescimento desenfreado, as tecnologias existentes no mercado vêm ganhando força, principalmente aquelas que buscam proporcionar ao usuário uma melhor qualidade de vida. Por sua vez, a indústria têxtil, objeto deste estudo, é considerada um dos setores com maior relevância quando se trata de transformação e inovação. Deste modo, a tecnologia *wearable*, ou também conhecida como dispositivo vestível, vêm crescendo e se desenvolvendo mais e mais ao passar dos anos, seja por meio de acessórios ou roupas. As aplicações são em sua maioria focadas na saúde, principalmente no monitoramento de sinais fisiológicos. Dentre as vantagens há o conforto de integrar a tecnologia ao usuário e os benefícios que proporcionam, mas, em contrapartida, ainda é preciso explorar as barreiras quanto à durabilidade desses dispositivos para torná-los sustentáveis. Deste modo, o presente estudo tem como objetivo identificar a inserção da tecnologia *wearable* no setor têxtil e de vestuário em Blumenau, realizando a revisão sistemática de literatura sobre *wearable* e identificando quais são as empresas têxteis que utilizam esta tecnologia na região. Para tanto, foi desenvolvido um questionário com o intuito de conhecer a situação e desejo das empresas referente a implantação da tecnologia em questão. Por fim, como resultado buscou-se apresentar os conceitos e evolução do tema, países referências em publicações sobre a tecnologia e como é abordado *wearable* em documentos nacionais, além de trazer as respostas adquiridas através do questionário divulgado. Além disso, foram encontrados indicadores utilizados para medir o desempenho dos dispositivos vestíveis, como eficiência e fator de potência e por fim, foi realizada a proposta de um indicador com base nas características dos dispositivos.

Palavras-chave: E-têxtil, indústria 4.0, tecnologia vestível, *wearable*, *KPI*.

ABSTRACT

In an economic environment of unbridled growth, existing technologies on the market have been gaining strength, especially those that seek to provide the user a better quality of life. However, the textile industry, the subject of this study, is considered one of the most relevant sectors when it comes to transformation and innovation. Therefore, wearable technology, or also known as wearable devices, has been growing and developing more and more over the years, whether through accessories or clothing. The applications are mostly focused on health, mainly on monitoring physiological signals. Among the advantages there is the comfort of integrating the technology to the user and the benefits they provide, but, on the other hand, it is still necessary to explore the barriers regarding the durability of these devices to make them sustainable. Therefore, the present study aims to identify the insertion of wearable technology in the textile and clothing sector in Blumenau, carrying out a systematic review of literature on wearables and identifying which textile companies use this technology in the region. To this end, a questionnaire was developed with the aim of understanding the situation and desires of companies regarding the implementation of the technology in question. Finally, as a result, we sought to present the concepts and evolution of the topic, reference countries in publications about technology and how wearables are addressed in national documents, in addition to bringing the answers acquired through the published questionnaire. Furthermore, we sought to find indicators used to measure performance of wearables, such as efficiency and power factor, and lastly an indicator was proposed based on the characteristics of the devices.

Keywords: E-textile, industry 4.0, wearable, KPI.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Região de Blumenau..... | 14 |
| Figura 2 - Etapas revisão sistemática | 17 |
| Figura 3 - Histórico wearable | 23 |
| Figura 4 - Classificação wearable..... | 25 |
| Figura 5 - Segmentação wearable..... | 26 |
| Figura 6 - Exemplos de wearables..... | 27 |
| Figura 7 - Vantagens wearables..... | 31 |
| Figura 8 - Desvantagens wearables | 31 |
| Figura 9 - Evolução temática..... | 32 |
| Figura 10 - Países que publicaram sobre wearables x textile (Web of Science)..... | 38 |
| Figura 11 - Países que publicaram sobre wearables x textile (Scopus)..... | 38 |
| Figura 12 - Países destaques em publicação..... | 39 |
| Figura 13 - Classificação dos têxteis inteligentes..... | 42 |
| Figura 14 - Protótipo exoesqueleto..... | 45 |
| Figura 15 - Medição de glicose através da lente inteligente | 46 |
| Figura 16 - Alertas sensor..... | 47 |
| Figura 17 - Protótipo sensor coluna vertebral | 49 |
| Figura 18 - Condições de acordo com mobilidade | 50 |
| Figura 19 - Segmentação empresas respondentes | 51 |
| Figura 20 - Aplicação tecnologia wearable | 52 |
| Figura 21 - Segmentação das características wearable..... | 60 |
| Figura 22 - Pilares da sustentabilidade | 61 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Objetivos específicos e metodologia aplicada para alcançá-los..... | 16 |
| Tabela 2 - Foco e objetivo das questões | 20 |
| Tabela 3 - Exemplos práticos wearable | 29 |
| Tabela 4 - Análises dos trabalhos relacionados ao tema de pesquisadores brasileiros .. | 39 |
| Tabela 5 - Comparação e identificação de indicadores nos textos analisados | 54 |
| Tabela 6 - Características wearable | 57 |

SUMÁRIO

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO..... | 12 |
| 2 | METODOLOGIA..... | 16 |
| 2.1 | ETAPA A – Revisão sistemática da literatura | 17 |
| 2.2 | ETAPA B – Diagnóstico das empresas | 19 |
| 2.3 | ETAPA C – Definição de indicadores para comparação da tecnologia <i>wearable</i> | 21 |
| 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES..... | 22 |
| 3.1 | Definição, histórico, vantagens e desvantagens do <i>wearable</i> | 22 |
| 3.2 | Aplicação da tecnologia <i>wearable</i> | 31 |
| 3.3 | Países referência no tema | 37 |
| 3.4 | Diagnóstico da inserção da tecnologia <i>wearable</i> em Blumenau/SC | 50 |
| 3.5 | Indicadores para avaliar a tecnologia <i>wearable</i> | 52 |
| 4 | CONCLUSÕES..... | 62 |
| | REFERÊNCIAS..... | 65 |
| | APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO..... | 72 |

1 INTRODUÇÃO

Com a globalização, cada vez mais a tecnologia faz parte das pessoas para diferentes finalidades. Esse avanço e a aceleração da tecnologia fez com que estudos sobre tecnologias vestíveis, tecnicamente conhecidos como *wearables*, se tornassem uma realidade. Deste modo, a constante busca por desenvolvimento e melhoria contínua nos grandes setores industriais, revela novas oportunidades de pesquisas e aprimoramento de produtos inovadores (Cavalcanti e Dos Santos, 2022).

No ramo da moda busca-se conectar tendências que interligam passado, presente e futuro, seja através de temas, modelagens e padronagens, mas a evolução da indústria têxtil segue em contínuo crescimento, seja através de *softwares*, materiais, metodologias e processos, ou maquinários (Gonçalves e Karam, 2021). A indústria têxtil é, segundo a ABIT (Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção, 2022), considerada a segunda maior empregadora da indústria de transformação, portanto tem um grande potencial de inovação. Por isso, uma das iniciativas que a indústria têxtil mais tem investido recentemente é a inovação e consequentemente a automatização de alguns processos e criação de novos produtos, como os têxteis inteligentes, por exemplo, buscando sempre ser mais competitiva no mercado, alcançando novos padrões com foco na indústria 4.0.

Os tecidos inteligentes têm o intuito de, não somente vestir, mas sim de contribuir para vida pessoal do usuário, seja para controle de temperatura, níveis hormonais, proteção térmica, monitoramento de sinais vitais e entre outros e com esta razão, os têxteis eletrônicos têm passado por grandes evoluções nos últimos anos, devido ao progresso contínuo da ciência dos materiais e nanotecnologia, miniaturização e revolução sem fio (Islam *et al.*, 2022). Estes materiais possuem funcionalidades como detecção, computação, exibição e comunicação que melhoram a produção de roupas e de tecidos inovadoras, com o intuito de funcionar como sensores, atuadores e geradores e armazenadores de energia.

Entretanto, há a necessidade de mais pesquisas sobre fontes de energia, métodos de lavagem e descarte destes eletrônicos, tendo em vista o crescimento tecnológico desses dispositivos nos últimos anos. Este crescimento se dá pelo grande potencial em revolucionar nosso mundo e nossa vida cotidiana futuramente (Mokhtari *et al.*, 2020).

Anwer *et al.* (2022) abordam alguns dados em sua pesquisa que remetem ao contínuo crescimento do valor de mercado dos *wearables*, enfatizando o valor estimado de oitenta bilhões de dólares em 2020 e com previsão de alcançar cento e trinta e oito bilhões até o ano de 2025. Estes dados demonstram o potencial dos dispositivos vestíveis e a perspectiva em cima deles. Outros estudos apontam mais crescimento ainda em 2026, resultando em um valor de 160 bilhões de dólares (Mokhtari *et al.*, 2020). Com base nestes dados, percebeu-se o grande potencial dos *wearables* e com isso, a necessidade de continuar inovando e evoluindo.

Além disto, Mokhtari *et al.* (2020) afirmam que as roupas inteligentes integradas com tecnologia são altamente desejadas para aplicações vestíveis inteligentes da próxima geração. Deste maneira, é nítido que a procura por este tipo de tecnologia vem crescendo cada vez mais nos últimos anos, retratando o potencial deste setor e, por sua vez, evidenciando o motivo de grandes investimentos da indústria, uma vez que as pessoas, cada vez mais, buscam por produtos que possam facilitar o seu dia a dia, gerando qualidade de vida e otimização de tempo.

Entretanto, para justificar os investimentos e o desenvolvimento de novos produtos, é de importante que exista um indicador de desempenho, o qual, segundo Neely e Gregory (1995) pode ser um processo de quantificar uma ação, no qual a mensuração busca quantificar o que provoca o desempenho. Outrossim, os indicadores podem servir para medir diversos segmentos dentro de uma empresa, como produtividade, finanças, eficiência, entre outros objetivos estratégicos e organizacionais (Kiyani, 2001).

Deste modo, o presente estudo busca identificar a tecnologia *wearable* no setor têxtil e de vestuário de Blumenau, abordando suas definições e considerações de autores referência no tema, quais são as empresas que possuem essa tecnologia dentro desta região e com base nisso, propor indicadores para implementação da tecnologia *wearable*.

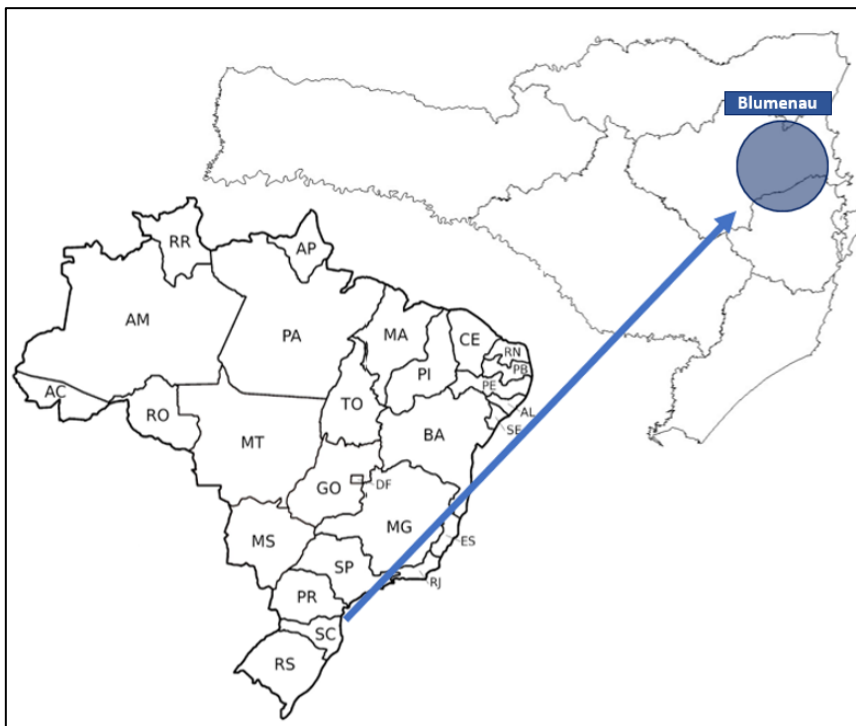
Sendo assim, essa dissertação tem como perguntas de pesquisa:

- Q1. Qual a definição de *wearable* no século XXI e histórico desta tecnologia?
- Q2. Conforme a literatura, em quais setores a tecnologia *wearable* mais se aplica?
- Q3. Quais as aplicações, vantagens e desvantagens desta tecnologia no setor têxtil?
- Q4. Quais os países referência no tema?

Q5. Quais os indicadores da tecnologia *wearable*?

Portanto, o presente trabalho, tem por finalidade apresentar a contextualização de *wearable*, desenvolvimento e ascensão do tema e entender suas aplicações, vantagens, desvantagens, práticas e indicadores utilizados no segmento têxtil em Blumenau. A Figura 1 representa de forma visual a região que o presente trabalho abordará, mais especificamente a cidade de Blumenau, grande polo industrial têxtil no estado de Santa Catarina (Lima, 2021).

Figura 1 - Região de Blumenau



Fonte: Adaptado de IBGE (2023).

O objetivo geral deste trabalho foi identificar a inserção da tecnologia *wearable* no setor têxtil e de vestuário em Blumenau. Para o mesmo ser atingido, há um conjunto de objetivos específicos, que foram:

- Realizar a revisão sistemática de literatura sobre tecnologia *wearable* no ecossistema de valor têxtil e de vestuário;
- Identificar quais são as empresas têxteis que utilizam a tecnologia *wearable* em Blumenau (Santa Catarina);

- Propor indicadores para a implementação da tecnologia *wearable* no setor têxtil e de vestuário.

Essa dissertação foi estruturada em cinco capítulos, sendo esse que iniciou com a contextualização do tema, os objetivos gerais e específicos. O capítulo dois é destinado à metodologia da pesquisa, explicando as etapas da revisão sistemática de literatura e a construção das perguntas para o diagnóstico. Após, o terceiro capítulo detalha os resultados teóricos, assim como a fundamentação do tema principal, como a identificação de artigos por período, conceito de *wearable* e a produção científica por países que foram resultantes da utilização do *software VosViewer*. Por fim, nessa dissertação são apresentados os resultados e discussões e conclusões.

2 METODOLOGIA

Para atingir os objetivos específicos do trabalho, o mesmo iniciou com a revisão sistemática de literatura. Para isso, os *softwares Vosviewer* e *SciMAT (Science Mapping Analysis Software Tool)* foram utilizados, assim como as bases de dados *Scopus* (1046), *Scielo* (143), *Web of Science* (850), *Ebsco* (208), *Emerald* (6) e *Science Direct* (150). Na Tabela 1 são apresentados os objetivos e a respectiva metodologia que foi utilizada para obtenção dos resultados esperados.

Tabela 1 - Objetivos específicos e metodologia aplicada para alcançá-los

| Objetivos | Métodos |
|---|---|
| 1. Realizar a revisão sistemática de literatura sobre tecnologia <i>wearable</i> no ecossistema de valor têxtil e de vestuário. | Pesquisa em base de dados estudos relevantes sobre o Estado da Arte (autores e países de referência, conceitos-chave, evolução do tema, indicadores utilizados, etc). Foram selecionadas palavras-chave com base nos assuntos pertinentes a <i>wearable</i> e escolhidas algumas bases de dados para pesquisa, como <i>Scopus</i> , <i>Web of Science</i> , <i>Scielo</i> , <i>Ebsco</i> , <i>Emerald</i> e <i>Science Direct</i> . |
| 2. Identificar quais são as empresas têxteis que utilizam a tecnologia <i>wearable</i> em Blumenau. | Participação de reuniões do sindicato das indústrias têxteis para descobrir quais empresas utilizam a tecnologia <i>wearable</i> . Essa participação consistiu na presença como ouvinte e realização de <i>networking</i> com representantes das empresas que estavam presentes; Entrevistas com empresas da região, Federação das Indústrias e entidades representativas do setor através de questionário online, o qual foi divulgado por <i>e-mail</i> , <i>WhatsApp</i> e apresentado em reuniões do sindicato das indústrias têxteis. O questionário foi desenvolvido com base nas informações necessárias para identificação de empresas que possuíssem a tecnologia <i>wearable</i> ; Classificação de quais as empresas e como elas utilizam a tecnologia <i>wearable</i> . |
| 3. Propor indicadores para a avaliação da tecnologia <i>wearable</i> no setor têxtil e de vestuário. | Definição indicadores para a medição da tecnologia <i>wearable</i> com base na literatura. Foram realizadas pesquisas com foco em algumas palavras chaves como “ <i>KPI</i> ”, “ <i>textile</i> ” e “ <i>wearable</i> ” afim de encontrar possíveis exemplos de indicadores para <i>wearable</i> . |

Fonte: Autora (2023).

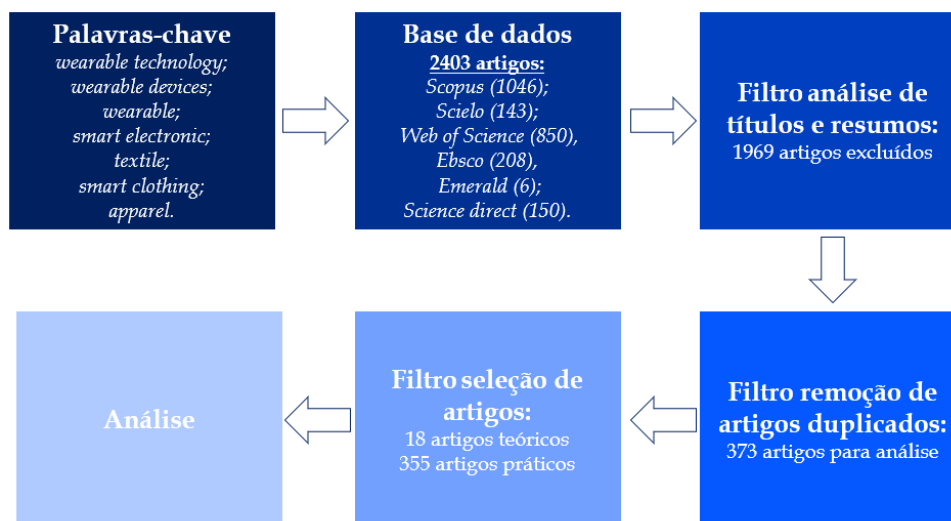
Deste modo, afim de viabilizar a revisão da literatura sobre os temas pertinentes, identificar as empresas que utilizam a tecnologia em questão e definir indicadores, o presente trabalho seguiu as etapas de a) revisão sistemática da literatura; b) diagnóstico das empresas e c) definição de indicadores

2.1 ETAPA A – Revisão sistemática da literatura

Com o intuito de criar uma fundamentação teórica sobre os temas e atingir o primeiro objetivo específico, foram escolhidas as bases de dados, palavras-chave e períodos, bem como critérios de inclusão e exclusão de documentos. As palavras-chaves utilizadas foram selecionadas a partir do estudo de Serrano *et al.* (2023) que avaliou os últimos vinte anos da evolução da tecnologia wearable, na qual foi utilizado o *software* SciMat. Nesta perspectiva, a estrutura de pesquisa se deu primeiramente com a definição das palavras-chave para pesquisa nas bases de dados. Em sequência os artigos encontrados foram filtrados para posterior análise, conforme exemplificado na Figura 2.

- *wearable devices* (dispositivos vestíveis);
- *wearable* (vestível);
- *smart electronic* (eletrônicos inteligentes);
- *textile* (têxtil);
- *smart clothing and apparel* (roupas e acessórios inteligentes).

Figura 2 - Etapas revisão sistemática



Fonte: Autora (2023).

Com as pesquisas realizadas, foram encontrados 2403 documentos nas bases de dados *Scopus* (1046), *Scielo* (143), *Web of Science* (850), *Ebsco* (208), *Emerald* (6) e *Science Direct* (150). Segundo Duong (2010), devido ao alto número de trabalhos publicados, um grande desafio para os autores foi o gerenciamento dessas informações.

Deste modo, analisaram-se inicialmente os títulos e os *abstracts* e, com isso 1.969 documentos foram excluídos. Em sequência utilizou-se o *software* Mendeley para, diante do material encontrado, remover os arquivos duplicados. Neste caso, foi realizado o *upload* de todos os artigos e com base nas equivalências das informações, o próprio *software* entende, de acordo com o nível de confiabilidade, o que é possível ser excluído. Portanto, mantiveram-se 373 documentos para análise. Ainda, foi realizado o filtro entre artigos práticos e teóricos, resultando em, respectivamente, 355 e 18 artigos, onde todos os teóricos foram lidos para desenvolvimento desta pesquisa e os mesmos são abordados no item “3.2” (aplicação da tecnologia *wearable*).

Para o mapeamento científico dos períodos que os artigos foram publicados, foi utilizado *software* SciMAT (*Science Mapping Analysis Software Tool*), desenvolvido por Cobo *et al.* (2011), para auxiliar no processo de bibliometria e por sua vez, visualização dos resultados esperados. Ele funciona através do processo completo da bibliometria dos temas, que permite a incorporação de métodos, algoritmos e medidas para todas as etapas do mapeamento científico, desde o pré-processamento até a visualização dos resultados (Gutiérrez-Salcedo *et al.*, 2018; Montero-Díaz *et al.*, 2018), na qual foi possível segmentar os artigos entre períodos, tais como: 2001-2005; 2006-2010; 2011-2015; e 2016-2021, concluindo 20 anos de histórico.

Além disto, foi realizado um levantamento de produção científica por países. Para tanto, foi utilizado o *software* Vosviewer, que é um software livre, utilizado para o mapeamento bibliométrico que possibilita a visualização de grandes mapas e propicia uma fácil interpretação (Van Eck e Waltman, 2010), o qual através de dados coletados das bases de dados escolhidas, realiza uma análise das publicações e suas respectivas características como país de origem, palavras-chave, autores e ano de publicação. O intuito é a criação de um mapeamento bibliométrico que tenha uma fácil interpretação (Van Eck e Waltman, 2010).

Neste estudo, o *Vosviewer* foi utilizado para a construção de mapas globais de relações entre os países que mais publicaram sobre os temas “*wearable*” e “*textiles*” entre 2020 e 2023, com base nos bancos de dados da *Scopus* e *Web of Science*. Neste caso, foi acessado o portal de periódicos da CAPES para em sequência pesquisar nas bases de dados os artigos com as palavras-chave em questão, que funcionam como um filtro de busca, além de período, países de publicação, entre outros. Após a pesquisa realizada, foi

possível salvar os artigos encontrados e exportá-los para gerar o arquivo de dados que será introduzido ao *Vosviewer*. Ao entrar nele, é necessário seguir os passos sugeridos pelo próprio *software* até chegar na opção de criar mapa de acordo com os dados bibliográficos baixados. Após essa etapa é necessário escolher o tipo de análise que será realizada e os limites da mesma e enfim o mapa será gerado.

2.2 ETAPA B – Diagnóstico das empresas

Com o foco em diagnosticar a situação das indústrias têxteis referente a inserção da tecnologia *wearable*, se fez necessária a elaboração de um questionário tipo *survey* para melhor entendimento. Para a elaboração das questões, não identificou-se na literatura trabalhos relacionadas ao diagnóstico de *wearables*, então, dado esse contexto, as questões foram validadas por especialistas da academia e profissionais da área. Para a criação deste questionário foram utilizadas como base a real necessidade para desenvolvimento do trabalho, ou seja, para atingir um dos objetivos específicos seria necessário encontrar alguma empresa referência e para isso era imprescindível conhecer seu segmento, porte, região e possíveis tecnologias e suas respectivas características. Por este motivo, buscou-se utilizar uma metodologia qualitativa, a qual segundo Godoy (1995) envolve a obtenção de dados descritivos sobre pessoas, lugares e processos, procurando compreender os fenômenos segundo a perspectiva dos participantes da situação em questão.

Deste modo, o questionário foi enviado por *e-mail* para indústrias da região e por mensagens em grupos de *WhatsApp*. Além disto, houve a tentativa de envio via Guia Têxtil¹ e entidades representativas do setor, dentre elas o Sindicato das Indústrias de Fiação, Tecelagem e Vestuário de Blumenau (Sintex)², porém sem sucesso na taxa de retorno. Como parte da metodologia de exposição e propagação do questionário proposto, o mesmo foi apresentado em dois encontros de Governança de Inovação do eixo Têxtil de Blumenau³, uma estratégia da Secretaria de Desenvolvimento Econômico do

¹ <https://guiatextil.com/>

² <http://www.sintex.org.br/>

³ <https://www.blumenau.sc.gov.br/governo/secretaria-de-desenvolvimento-economico/pagina/plano-desenvolvimento-economico-sedec>

município, juntamente com os outros eixos (metal mecânico, turismo, saúde e tecnologia da informação), no qual todas as hélices do ecossistema tem representação – instituições de ensino, poder público, sociedade e empresas do segmento têxtil. Nestas ocasiões, além da entrega de questionários impressos aos participantes, houve a divulgação destes via *QR Code*, o qual esteve exposto durante as apresentações na reunião.

O formulário⁴, apresentado no Apêndice A, foi composto dos dados pessoais do respondente (nome, *e-mail* e telefone), nome da empresa e seu respectivo cargo e tempo na função. Além disso, foram inseridas as questões referentes a empresa em si, como “Quais os produtos que a empresa fabrica?” que busca, no modo múltipla-escolha, entender qual o segmento que a empresa se encontra (*fitness*, cama, mesa e banho, roupas íntimas), e questões sobre *wearable*, como “Há a utilização da tecnologia *wearable* em alguma linha de produtos da empresa?”. Com essa pergunta busca-se entender se a empresa em questão já possui a tecnologia em algum dos seus produtos e no caso de resposta negativa, é possível responder se pretende implementar em certo período de tempo ou não pretende implementar. De um modo geral, o questionário foi feito de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2 - Foco e objetivo das questões

| Foco da pergunta | Objetivo | Tipo de pergunta |
|--|---|--------------------|
| Caracterização da empresa | Conhecer a empresa e quantidade de funcionários | Aberta |
| Identificação do produto da empresa | Classificar o setor de atuação têxtil da empresa | Fechada – 9 opções |
| Utilização da tecnologia <i>wearable</i> | Mapear se a empresa usa a tecnologia <i>wearable</i> | Fechada - 5 opções |
| Planejamento da inserção da tecnologia | Identificar se há interesse da empresa em adotar a tecnologia <i>wearable</i> | Fechada - 5 opções |

4

<https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSdE5SXP4aK5376RwV0Hpw59dxJC9LPQt9j1qvJrty9ZQXdXuW/viewform>

| | | |
|---|--|--------|
| Entendimento das vantagens de implementação | Observar indicadores e pesquisas de satisfação | Aberta |
|---|--|--------|

Fonte: Autora (2023).

No caso da resposta da pergunta “Há a utilização da tecnologia *wearable* em alguma linha de produtos da empresa” ser positiva (“sim, utiliza” ou “pretende implementar”) é recomendado que siga respondendo o restante das questões. Sendo elas: “Você saberia dizer os pontos fortes e fracos do produto? O que seria necessário fazer para corrigir esses pontos fracos? Qual foi a estratégia de *marketing* utilizada para o produto?” e “Há indicadores para medir os benefícios da implementação dos *wearables*? Se sim, quais?” afim de compreender se o produto com a tecnologia em questão possui uma maturidade nos seus processos, se possui alguma falha que requeira análise e correção e como o mesmo foi ou será vendido, além de indicadores para melhor análise e investigação.

Por fim e não menos importante, o questionário aborda uma pergunta sobre o consumidor final: “Foi realizada uma pesquisa de satisfação do cliente em relação ao produto?” que procura interpretar o real sucesso/fracasso ou oportunidade do produto.

2.3 ETAPA C – Definição de indicadores para comparação da tecnologia *wearable*

Com o intuito de propor formas de medir *wearable*, a etapa C consistiria na análise dos resultados do questionário quanto aos indicadores, porém não teve uma empresa referência para análise. Deste modo, foram realizadas pesquisas em base de dados como *Web of Science*, *Scopus* e periódico da CAPES, utilizando as palavras-chave “*KPI*”, “*textile*” e “*wearable*”, sobre artigos que abordem sobre indicadores e suas respectivas metodologias para uso. Portanto, a etapa C tinha o objetivo de identificar, apoiado na literatura, indicadores para avaliar a tecnologia *wearable*, de maneira a auxiliar na tomada de decisão quanto às vantagens e desvantagens de cada critério focados nos pilares da sustentabilidade – ambiental, econômico e social.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir da metodologia apresentada, nos resultados são apresentadas as respostas as perguntas de pesquisa, tais como a definição teórica de *wearable* identificada nos artigos analisados, desde o início da tecnologia, histórico da mesma, dados relevantes, aplicações, vantagens e desvantagens. Além disto, são apresentados os resultados do questionário aplicado e também, através dos *softwares* mencionados na metodologia, analisados 18 artigos dentro de 4 períodos, 2001-2005; 2006-2010; 2011-2015; e 2016-2021, concluindo 20 anos de histórico.

Não obstante, no mês de maio de 2023, com a utilização das bases de dados *Web of Science* e *Scopus*, foram filtrados para os anos mais recentes, 2020 a 2023, afim de verificar os países com maiores publicações no tema. Com os 4.049 artigos publicados e exportados das bases de dados, foi possível criar um mapa global no *software Vosviewer*, o qual, de maneira clara, ilustra os países com maior relevância neste quesito. Ainda, de forma mais aprofundada nos artigos encontrados, foram realizadas as análises dos 28 artigos de pesquisadores brasileiros no período de 2020 a 2023. Portanto neste capítulo serão apresentadas as definições, histórico, vantagens e desvantagens, aplicações, países de referência no tema, diagnóstico das empresas da região e os indicadores propostos.

3.1 Definição, histórico, vantagens e desvantagens do *wearable*

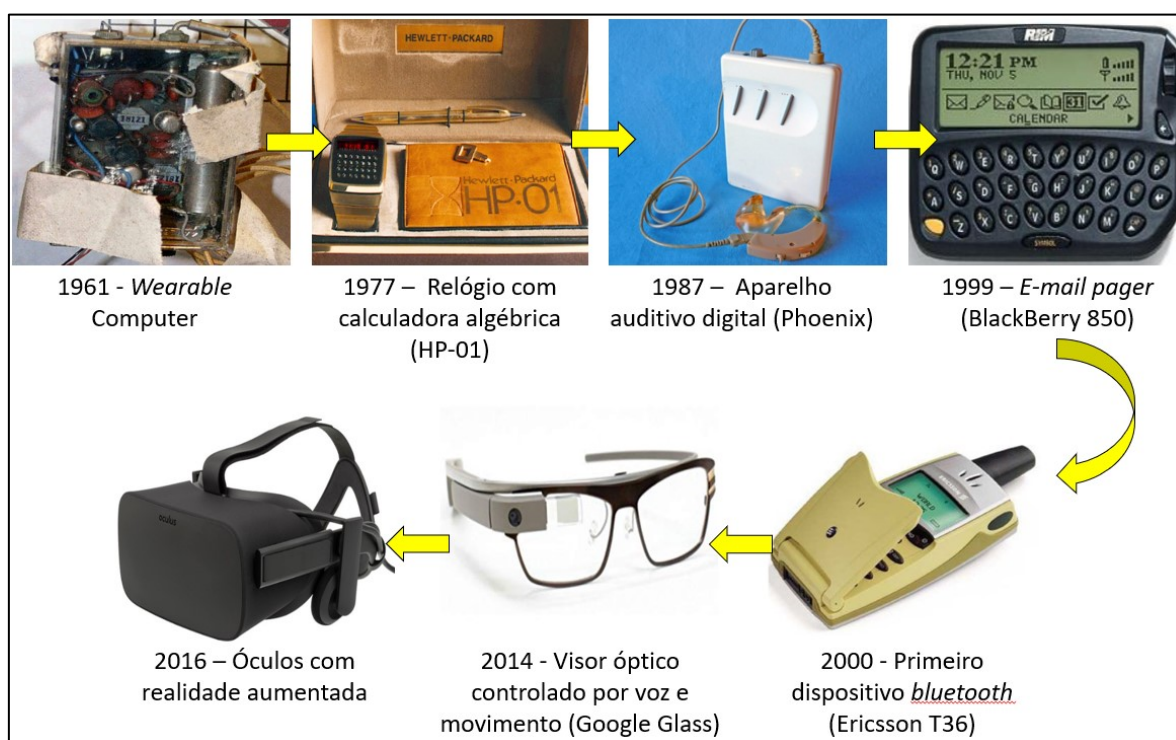
Na década de 60, Thorp (1998) desenvolveu, com apoio de Claude Shannon, o primeiro computador que podia ser vestido. Como naquela época os computadores ainda eram muito grandes, o dispositivo tinha o tamanho de um maço de cigarros. O objetivo era a previsão de roletas e o mesmo foi testado em Las Vegas em 1961, o qual gerou previsões consistentes.

Este computador que poderia ser vestido, hoje em dia conhecido como *wearables* ou também como dispositivos vestíveis são, segundo O’Nascimento (2022) produtos têxteis que funcionam eletricamente e são destinados a serem localizados próximos, sobre ou no corpo para fornecer serviços inteligentes que podem fazer parte de um sistema inteligente maior graças ao uso de interfaces de comunicação (Fernández-Caramés *et al.*, 2018). Desta forma, Iqbal *et al.* (2021) concluiu também que os *wearables* podem ser utilizados diretamente no corpo humano ou nas roupas. Estes dispositivos correspondem

a um receptor que reconhece o analito alvo e também um transdutor que transforma a resposta do receptor em uma informação útil.

Começou a se ouvir falar sobre os termos “tecnologias vestíveis” ou “dispositivos vestíveis” por volta de 1960, porém somente em torno de 1980 e 1990 que as pesquisas sobre o tema começaram a crescer (O’Nascimento, 2020). Nestes primeiros momentos de estudo e pesquisa, eram, de acordo com Mokhtari *et al.* (2020), utilizados têxteis como substratos para componentes eletrônicos rígidos e em miniaturas. Entretanto, esta tecnologia vem evoluindo ao longo dos anos de diferentes formas e proporções, conforme exemplificado na Figura 3.

Figura 3 - Histórico wearable



Fonte: Adaptado de Baiju (2019).

Com ênfase no ramo têxtil, fios e tecidos condutores estão em uso desde 1000 anos atrás como materiais básicos para desenvolvimento de qualquer e-têxtil e que antigamente utilizavam-se ouro e prata, por exemplo para este tipo de produto. Inclusive, há alguns séculos passados, foram criados modelos de tecidos com partes iluminadas e motorizadas e acessórios combinados com eletricidade e joalheria. Outro exemplo prático de *wearable* têxtil são as roupas espaciais dos astronautas modernos, as quais podem inflar e desinflar, acender e aquecer e esfriar de acordo com a exigência do ambiente (Tarafder, 2018).

Deste modo, Tarafder (2018) ressalta que qualquer sistema têxtil inteligente ou tecnologia *wearable* é uma mídia que detecta o corpo humano e o ambiente pela aplicação de vários tipos de sensores, o quais são capazes de detectar, comunicar, navegar e também acionar outros dispositivos. Ainda, de forma conclusiva, influenciado pela tecnologia e sem perder sua essência, o corpo humano torna-se uma mídia para a interação de uma máquina equipada com dispositivo tecnológico (Fiorani, 2006).

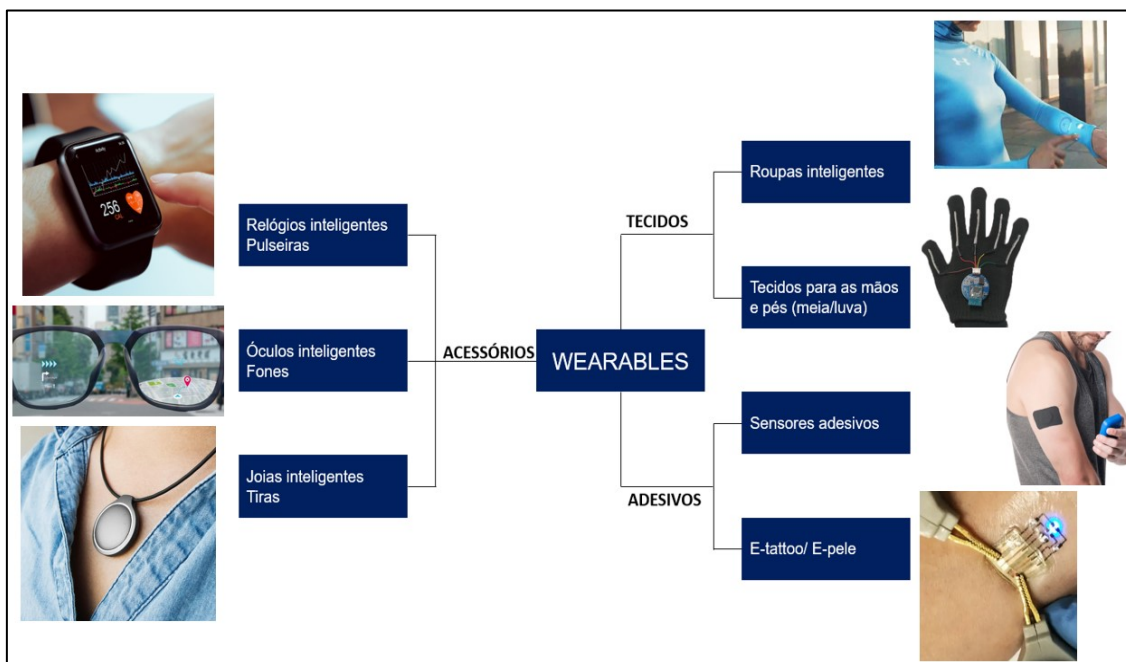
Desta forma, Iqbal *et al.* (2021) ainda relatam vários tipos de aplicações destes dispositivos e com base nos diversos estudos, é factível visualizar alguns resultados positivos e instigantes referentes a capacidade dos mesmos. Embora pequenos em tamanho, Seneviratne *et al.* (2017) enfatiza a grande expectativa referente a eficácia dos dispositivos, visando a detecção, coleta e carregamento de dados fisiológicos a todo momento, buscando sempre oportunidades para a melhoria da qualidade de vida dos usuários (Mokhtari *et al.*, 2020).

Além de dados referentes a saúde das pessoas, dispositivos usáveis estão sendo utilizados para outros fins, como por exemplo localização e navegação em ambientes indoor, pagamentos financeiros, análise de esporte e também para análise de seguro médico, uma vez que é possível saber o estado de saúde dos contratantes (Li *et al.*, 2022; Mokhtari *et al.*, 2020). Por esta e outras razões, Li *et al.* (2022) comentam dos benefícios do processo deste material, envolvendo ciência, engenharia de fabricação, bem como transmissão de sinal e além disto cita algumas aplicações dos sensores vestíveis na área da saúde, como por exemplo na pele, olhos, cavidades orais, monitorando sinais vitais e parâmetros fisiológicos de uma maneira não invasiva no corpo humano.

Deste modo, os *wearables* estão em quase todas as discussões sobre internet das coisas, tendo em vista o aumento de pessoas idosas que é projetado para os próximos anos (Haghi *et al.*, 2017) e a necessidade do automonitoramento com o intuito de melhorar a qualidade de vida dos usuários e ainda conclui que os sensores são os itens essenciais de qualquer dispositivo vestível, fazendo com que os mesmos sejam, através do avanço da tecnologia, ferramentas confiáveis para monitoramento de saúde. Além dos benefícios destes aparelhos, estes devem respeitar alguns requisitos rigorosos. De acordo com Lin *et al.* (2022) é importante que sejam leves, com alta elasticidade, flexibilidade, durabilidade, energeticamente econômico e biocompatível.

Segundo uma análise feita por Seneviratne *et al.* (2017), que leva em consideração somente os *wearables* que não requerem um procedimento médico, como por exemplo sensores ingeríveis e injeções, é possível segmentá-los como acessórios, roupas inteligentes e adesivos, conforme apresentado na Figura 4.

Figura 4 - Classificação *wearable*

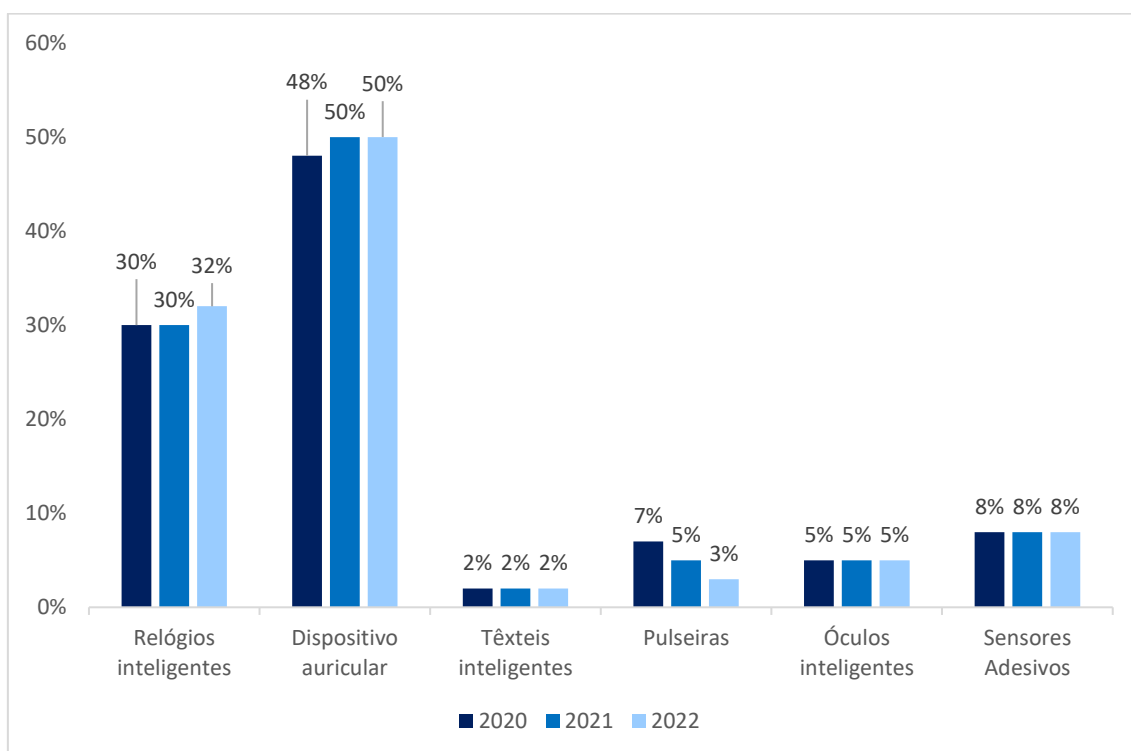


Fonte: Adaptado de Seneviratne *et al.* (2017).

Os *wearables* focados nos e-têxteis são as roupas com alguma tecnologia, de vestuário comum, porém com detecção, atuação e transmissão de dados. Já os e-adesivos são aqueles que podem estar na própria pele, colados ou tatuados, com mini sensores e circuitos e são utilizados para controlar sinais fisiológicos e biomecânicos e para aplicações háptico ou sensoriais, respectivamente (Seneviratne *et al.*, 2017).

Dentro desta classificação, os mais comuns e utilizados são os acessórios por serem facilmente encontrados no mercado. Esta afirmação se dá com base em Anwer *et al.* (2022), o qual relata uma participação de mercado 85% (48% *smart watches* e 37% *ear-worn*) para os acessórios no ano de 2019 e expõe que dentre eles, os mais utilizados são os dispositivos auriculares e a concretização do aumento destes números nos anos seguintes, conforme Figura 5.

Figura 5 - Segmentação *wearable*



Fonte: adaptado de Anwer *et al.* (2023).

O aumento da utilização dos dispositivos auriculares são justificáveis devido ao lançamento da marca *Apple*, os *AirPods*, e também a pandemia do Corona vírus (COVID-19) que fez com que, pela necessidade de isolamento, muitos trabalhassem de suas casas, buscando por soluções práticas e confortáveis para o dia a dia. Entretanto, considerando as tecnologias têxteis, os sensores adesivos ainda se destacam. Grande procura deste material é pelo cenário de crescente aumento da preocupação da sociedade com qualidade de vida, que por sua vez utilizam deste método para medições *fitness*. Outrossim, a tecnologia vem trazendo diversas oportunidades de agregação de valor ao têxtil, considerando utilização de novas fibras, estruturas e acabamentos e até mesmo a integração de sistemas eletrônicos (De Souza e Borelli, 2017), como também ilustrado na Figura 6, onde apresentam-se imagens relacionadas a *wearable*, como celulares, fones, camisetas e relógios.

Figura 6 - Exemplos de *wearables*



Fonte: Autora (2023).

Os autores Sucharitha *et al.* (2022) em seu estudo sobre a revolução da internet das coisas (*IoT*) cita a necessidade que a moda tem em se reinventar, seja em design ou tecnologia e inovação. Por sua vez, a integração de moda com tecnologia faz com que seja possível incorporar sensores nos tecidos e deste modo, praticar o chamado *smart clothing*, que seriam as roupas inteligentes, ou seja, tecidos capazes de controlar batimentos cardíacos, nível de sono, temperatura, respiração, tensão e níveis hormonais, por exemplo.

Com base nesta conjuntura, Fernández-Caramés *et al.* (2018) concluíram que roupa é o único vestível que se ajusta ao nosso estilo de vida diário ao longo da vida. Por exemplo, é muito mais fácil e comum uma pessoa utilizar uma camiseta do que uma pulseira ou uma faixa. Ou seja, por este motivo a tecnologia integrada aos tecidos das roupas é um dos mais fortes candidatos a se tornar um dos *wearables* mais avançados e utilizados, podendo até mesmo substituir ou ampliar *smartphones* ou qualquer outro dispositivo conectado. Além disto, ainda enfatizam que a combinação da utilização dos tecidos com sensores é excelente, devido a modelagem e adaptabilidade dos mesmos.

Fernández-Caramés *et al.* (2018) declaram que, a junção da *IoT* e *wearables* com o avanço da tecnologia 5G podem trazer diversos benefícios aos tecidos inteligentes, que por sua vez podem e provavelmente irão transformar a comunicação e interação de humano-para-humano e humano-para-máquina. Por fim, Islam *et al.* (2022) descrevem que os têxteis eletrônicos (e-têxteis) têm atraído atenção significativa da próxima geração e da comunidade científica como itens vestíveis confortáveis pela capacidade de interagir, monitorar, coletar e comunicar vários sinais fisiológicos.

Apesar dos diversos benefícios que os *wearables* podem trazer para os usuários e para a globalização como um todo, existem alguns pontos negativos que devem ser levados em consideração, como por exemplo a durabilidade destes dispositivos, uma vez que são vulneráveis à deformação física induzida durante lavagens e uso repetidos (Shak Sadi e Kumpikaité, 2022) e por utilizarem condutores, sensores, os processos de lavagem podem ser inviáveis, bem como seu futuro descarte (Fortunati e Serrano, 2022). Com base nesta conjuntura, a possibilidade de aplicação de componentes removíveis pode ser uma opção para garantir uma maior durabilidade dos *wearable*, uma vez que seria possível remover itens como sensores da peça para lavagem e demais necessidades (Serrano *et al.* 2023).

Deste modo, a robustez dos *wearables* precisa ser cada vez melhor, sendo esse um dos maiores desafios para pesquisadores e desenvolvedores, afim de trazer uma ainda melhor experiência para o consumidor, mas também com cuidado com o meio ambiente.

Considerando que o *wearable* é uma tecnologia em potencial justamente pela aplicação em roupas, de uso diário e fácil utilização, essas peças deverão passar por processo de lavagem com determinada frequência. Entretanto, a lavagem tradicional destas peças pode ocasionar, além do desgaste das mesmas, um grande impacto no ecossistema aquático devido aos produtos químicos tóxicos liberados por estes tecidos tecnológicos (Shak Sadi e Kumpikaité, 2022).

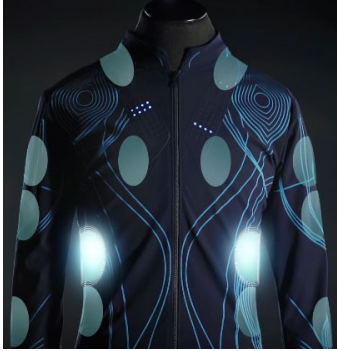

A combinação inteligente dos têxteis eletrônicos com a pele humana pode potencialmente criar um sistema que possa ser integrado com nervos, músculos e ligamentos biológicos, fazendo com que, no futuro, os usuários destas tecnologias possam realizar mais funções de maneira autônoma (Islam *et al.*, 2022). Entretanto, um dos maiores desafios para a comercialização e crescimento destes dispositivos é a falta de fontes de energia compatíveis, apesar de que este campo de captação de energia vem

sendo estudado desde os anos de 1990, e o progresso tecnológico nesse campo tem acelerado, especialmente nos últimos anos (Mokhtari *et al.*, 2020).

Entretanto, de forma prática vale ressaltar alguns exemplos de tecnologias wearable, com foco em desenvolvimento têxtil, de modo a contextualizar os conceitos abordados, de acordo com Tabela 3.

Tabela 3 - Exemplos práticos *wearable*

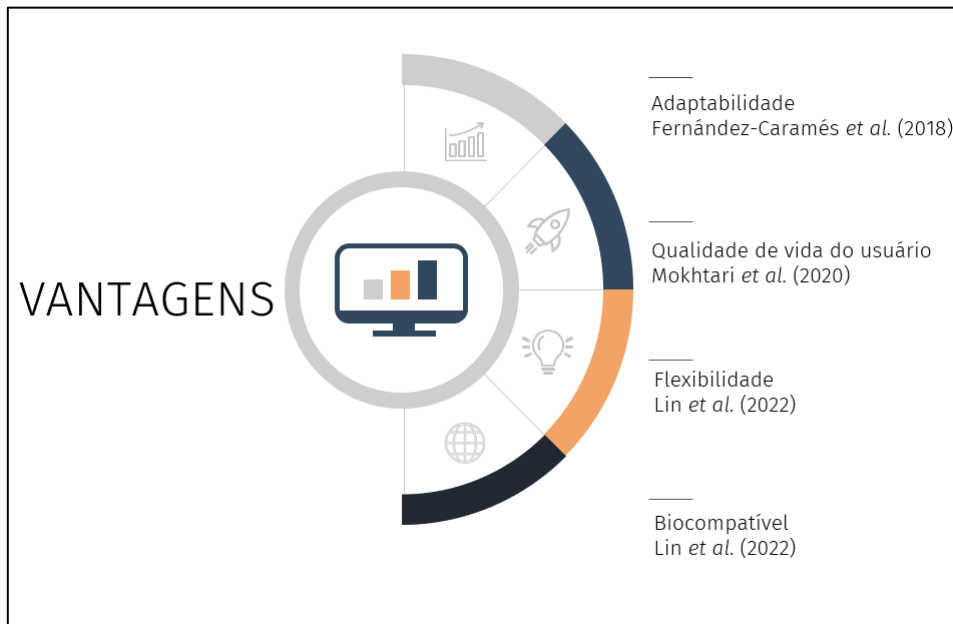
| | | |
|-----------------------------------|---|--|
| <p><i>Commuter Trucker</i></p> | <p>Jaqueta desenvolvida em parceria pelas Levi's e Google que conecta a jaqueta com o celular, sendo possível controlá-lo através de toques no punho da jaqueta</p> |  |
| <p><i>Nike HyperAdapt 1.0</i></p> | <p>Tênis da marca Nike que amarra o cadarço sozinho</p> |  |
| <p><i>iMiniSkirt</i></p> | <p>Saia da marca Cute Circuit que projeta animações digitais</p> |  |

| | | |
|-----------------------|---|---|
| <i>Soundshirt</i> | Roupa desenvolvida pela Cute Circuit, a qual capta som e transforma em vibrações |  |
| <i>Running jacket</i> | Projetada pela marca Illumio para ciclistas e corredores, a jaqueta é integrada com LEDs de alto brilho costuradas diretamente no tecido |  |
| Issho | Jaqueta de algodão que é capaz de memorizar a intensidade de um abraço dado e em algum momento do dia te relembra gerando a mesma sensação. |  |

Fontes: Pegrucci (2020) e Monteiro (2019).

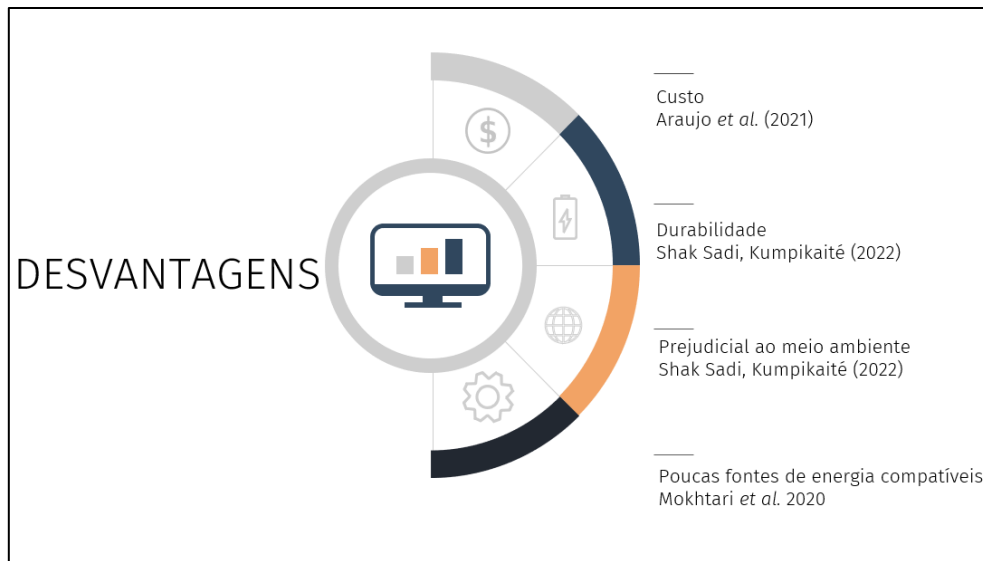
Por fim, entende-se que a evolução desta temática e suas aplicações estão em ascensão, porém ainda existem algumas barreiras a serem quebradas para um melhor e mais robusto desenvolvimento e potencialização desta tecnologia, como retratado na Figura 7, que mostra algumas vantagens dos *wearables* como adaptabilidade e qualidade de vida do usuário, flexibilidade e biocompatibilidade com o corpo humano, e na Figura 8, que apresenta algumas desvantagens do mesmo, como custo, durabilidade, a qual devido a lavagens tende a ser pequena, também pode ser prejudicial ao meio ambiente e possui poucas fontes de energia compatíveis.

Figura 7 - Vantagens *wearables*



Fonte: Autora (2023).

Figura 8 - Desvantagens *wearables*



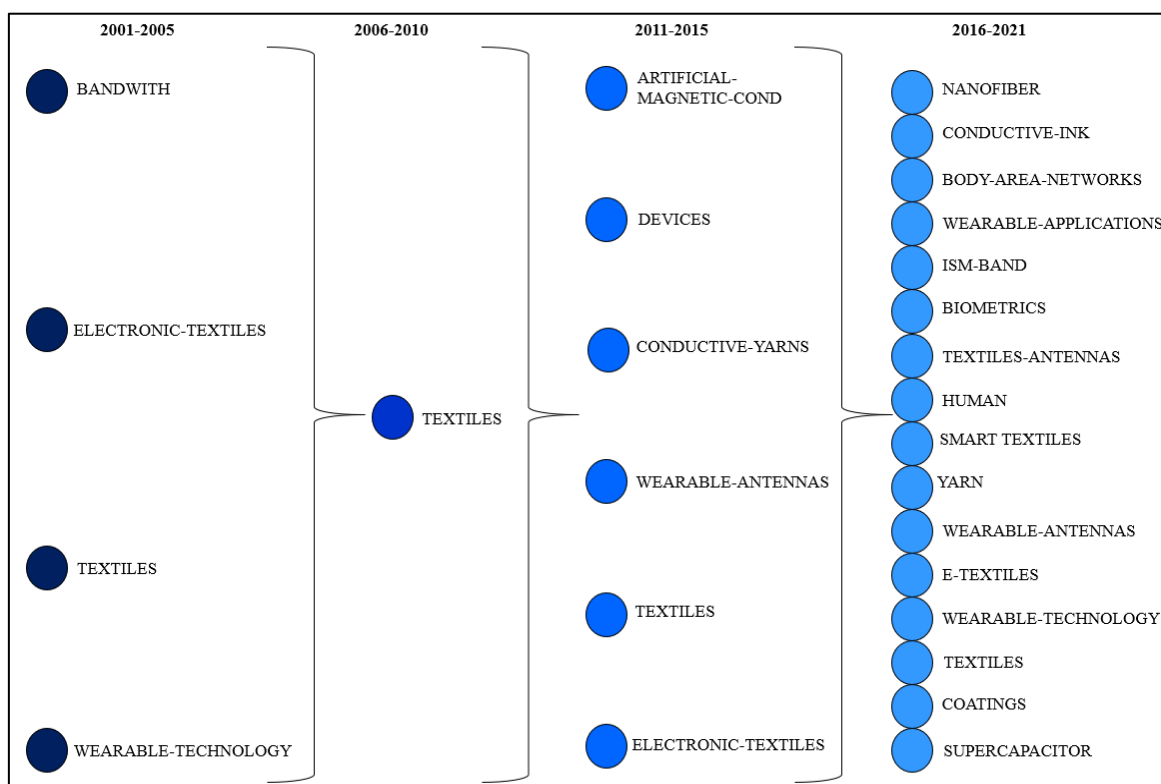
Fonte: Autora (2023).

3.2 Aplicação da tecnologia *wearable*

De acordo com as pesquisas realizadas é possível concluir que a pesquisa sobre *wearable* e indústria têxtil têm crescido exponencialmente nos últimos anos. Para a análise da evolução temática foi realizada a separação dos documentos em períodos, quais

sejam: 2001-2005; 2006-2010; 2011-2015; e 2016-2021, perfazendo 20 anos de análise. Com base no período avaliado, os anos de 2001-2005; 2006-2010, as palavras-chave se mantêm constante e nos últimos dois períodos (2011-2015; 2016 – 2021) é visível o aumento da variedade de palavras, evidenciando a evolução temática, principalmente nos últimos dois períodos, conforme Figura 9.

Figura 9 - Evolução temática



Fonte: Autora (2022), utilizando o *software SciMat*.

No período 2001-2005 foram identificadas quatro palavras mais utilizadas no desenvolvimento de pesquisas, sendo elas:

- *Bandwith*;
- *Electronic-textile*;
- *Textiles*;
- *Wearable-technology*.

Destas, o tema *bandwidth* (largura de banda) apresenta-se como um tema altamente desenvolvido e isolado e tem relação com antenas e suas aplicações. Nesta perspectiva, para este intervalo, o artigo de Klemm, Locher e Tröster (2004), apresenta a primeira antena têxtil com polarização circular. Deste modo, há quase duas décadas atrás

na Inglaterra, Klemm, Locher e Tröster (2004), tentavam atuar na nova tecnologia, *wearables*, ainda pouco falada, através da miniaturização e microeletrônica, afim de buscar aplicações totalmente novas. Além disto, neste artigo são apresentadas algumas técnicas com substratos e manchas têxteis condutivas.

Para o período seguinte, de 2006 a 2010, a temática reduz para um único tema – *textiles*, que por sua vez abrange todo o seguimento têxtil. Entretanto, de modo a referenciar estudos relevantes da época, dois artigos compõem o período, um sobre sensores vestíveis para auxiliar o desempenho esportivo e outro sobre sistemas de monitoramento de sinais vitais.

Em seu estudo sobre sensores integrados, Coyle *et al.* (2009) demonstram as possibilidades desta tecnologia para melhoria de desempenho, como por exemplo monitoramento fisiológico, cinemática corporal e fluidos corporais, através de sensores químicos. Neste caso, é apresentada a oportunidade de avaliar a composição e quantidade do suor, viabilizando uma estratégia de reidratação individualizada para cada usuário e localização, para aclimatação por exemplo.

Dentro do mesmo período sugerido, Di Rienzo *et al.* (2006) abordaram seu sistema MagIC (*Maglietta Interattiva Computerizzata*), o qual obtém gravações discretas de sinais cardiorrespiratórios e de movimento durante o comportamento espontâneo. Com base nesta conjuntura, o sistema tem sido usado para monitorar os sinais vitais de pessoas em duas condições:

1. Pacientes cardíacos internados na cama e durante o exercício físico;
2. Indivíduos saudáveis durante o exercício e sob estresse gravitacional.

Ainda, de forma sucinta, Di Rienzo *et al.* (2006) expõem os resultados positivos obtidos neste estudo enfatizando o uso rotineiro do sistema em um ambiente clínico, ambientes experimentais, condições de vida diária e esporte.

Em sequência, visualiza-se um aumento significativo na temática durante o período seguinte, 2011 a 2015. Neste hiato, foram considerados seis assuntos pertinentes, sendo eles:

- *Artificial-magnetic-conductor*;
- *Devices*;
- *Conductive-yarns*;

- *Wearable-antennas*;
- *Textiles*;
- *Electronic-textiles*.

Entretanto, dois destes tópicos foram considerados temas motores – *artificial-magnetic-conductor* e *conductive-yarns*, que são os condutores magnéticos artificiais e fios condutores, respectivamente. Para o íterim de 2011 a 2015 são selecionadas três pesquisas. Todas as três trazem como base antenas têxteis que, de acordo com Mersani, Osman e Sfar (2015), alimentadas por um guia de ondas coplanar (CPW), integrada e transportada na roupa de uma pessoa. Por sua vez, os autores apresentam um projeto de uma antena têxtil feita com estruturas de materiais produzidos artificialmente como condutor magnético artificial, para, de modo mais eficiente, aumentar o desempenho da antena em termos de radiação e reduzir o acoplamento com o corpo humano.

Ainda no segmento das antenas, Ivsic *et al.* (2013) e (2014) trazem, primeiramente, uma antena que é integrada à roupa, portanto, tanto as partes condutoras quanto as dielétricas da antena devem ser feitas de materiais adequados para garantir seus objetivos, mas também garantir a funcionalidade da própria roupa, que é um dos grandes desafios desta área. Como os próprios Ivsic e Bonefacic (2014) citam, *wearable* devem funcionar como uma comunicação centrada no corpo, porém de forma confortável esteticamente aceitável. Com fundamento nesta colocação, eles sugerem até mesmo o *wearable* aplicado em um botão, considerando que o mesmo é compatível tanto com o tecido quanto com solda. Posteriormente, em uma conferência na Eslováquia, os autores apresentam análises de fios condutores bordados, que resultam em uma redução de tamanho em antenas e é aplicável no projeto de antenas vestíveis.

Seguindo o método proposto de avaliação de temas dentro de alguns períodos delimitados, para o tempo de 2016 até 2021, devido ao progresso da tecnologia, o número cresceu consideravelmente. Dos seis apresentados anteriormente, o índice aumentou para dezesseis palavras-chave:

- *Nanofiber* (Nanofibra);
- *Conductive-ink* (Tinta condutora);
- *Body-area-network* (Rede de área corporal);
- *Wearable-application* (Aplicação dispositivo vestível);
- *ISM-band* (Banda ISM);

- *Biometrics* (Biometria);
- *Textiles-antennas* (Antenas têxteis);
- *Human* (Humano);
- *Smart-textiles* (Têxteis inteligentes);
- *Yarn* (Fio);
- *Wearable-antennas* (Antenas vestíveis);
- *E-textiles* (E-têxteis);
- *Wearable-technology* (Tecnologia vestível);
- *Textiles* (Têxteis);
- *Coatings* (Revestimentos);
- *Supercapacitor* (Supercapacitor).

Para tanto, foi realizada a análise de alguns estudos, com base em alguns destes temas. Focado em nanofibras, foi indicado pelo *SciMat* um artigo sobre preparação de um fio nanofibroso para um tecido inteligente vestível para monitorar o movimento humano. Neste, Dai (2021) demonstra que uma vez este fio fixado nas roupas, o movimento pode ser monitorado coletando sua corrente e o sinal pode ser transmitido sem fio para um smartphone. Portanto, este estudo fornece uma abordagem simples e promissora para projetar um tecido inteligente para monitoramento de movimento humano.

Agora com foco em tinta condutora, dois trabalhos do ano 2017 foram sugeridos. Como já muito aqui citado, antena é um produto que está em alta no ramo tecnologia *wearable* e por este motivo Ghahremani Hanovar e Latifi (2017) sugerem uma solução prática e viável para a fabricação das antenas, a impressão (serigrafia), levando em consideração que a mesma pode ser bastante eficiente e econômica. Este processo nada mais é que uma tinta específica ou pasta impressa, com um processo de cura de acordo com as propriedades do material utilizado. Neste artigo, Ghahremani e Hanovar (2017) também exemplificam alguns benefícios da tecnologia, como a aplicação da mesma em uniformes de soldados para controle e monitoramento de sinais vitais e localização.

Por sua vez Roshni *et al.* (2017) utilizaram a tinta condutora para desenvolvimento de seu produto (antena) e obtiveram sucesso, mostrando assim a eficácia da proposta. Desta maneira, os autores indicam que esta antena pode ser facilmente integrada em

roupas da nova geração, uma vez que elas são finas, flexíveis, resistentes e podem detectar e transferir dados de maneira não intrusiva.

Igualmente no mesmo período de 2016 e 2017, agora com foco em aplicações *wearable*, encontram-se três artigos sobre o desenvolvimento de novas tecnologias. Monti *et al* (2021) focou em um chip totalmente têxtil, com o substrato jeans, para auxiliar na detecção de umidade. Seu projeto alcançou seu objetivo proposto e demonstrou a viabilidade e o potencial da solução sugerida para ser usada para fins de monitoramento de dispositivos vestíveis.

O segundo artigo traz outro substrato na sua fabricação, a lã, que segundo Yaziz e Rahim *et al.* (2016) obteve bons resultados na produção das antenas. Por fim, Sundarsingh, Kanagasabai e Ramalingam (2017), variando dos últimos dois autores aqui citados, utilizam, neste caso, uma antena com substrato de algodão e fio de prata e a mesma é usada para as regiões condutoras da antena têxtil.

Ainda sobre as antenas têxteis, para sua confecção, foi prescrito por Ullah *et al.* (2020) em uma publicação em uma conferência no Paquistão, um tecido condutivo flexível, chamado MKKTN360, o qual é usado como um remendo pois um melhor isolamento é combinado a ele posteriormente. Neste contexto, o maior objetivo deste projeto é a tentativa em melhorar condições em hospitais, através das antenas têxteis pois, como mencionado anteriormente, existem muitas limitações no movimento e disposição do paciente e também por dispositivos e cabos transceptores nos aparelhos comuns. Este modelo sugerido por Ullah *et al.* (2020) torna esse produto mais funcional. Já Singh e Verma (2017) trazem também a mesma proposta de Monti *et al.* (2021), utilização do substrato jeans e portanto, afirma a possibilidade de produção das antenas com este material.

Um grande avanço é visível no estudo de Paul *et al.* (2021), publicado na Índia, o qual pesquisa sobre sensores (antenas têxteis) que podem detectar a presença de tecido cancerígeno, através de uma antena de banda ultra larga, também de substrato jeans, que detecta tumores malignos em células mamárias, os quais se encontrados precocemente podem ser curados. Através dele é possível criar uma correlação entre coeficiente de transmissão e localização e tamanho do tumor.

Para finalizar os artigos sugeridos pelo *software*, do período de 2016 a 2021, sobre as antenas têxteis, Loss *et al.* (2020) estudam aplicações e soluções com antenas têxteis

MIMO (*Multiple-Input Multiple-Output*), as quais tem como foco usar vários transmissores e receptores, portanto, várias antenas, para melhorar o desempenho nos canais de comunicação sem fio, aumentando a cobertura e a confiabilidade em comparação com as soluções de antena única.

Além disto, Loss *et al.* (2020) detalham a evolução da internet das coisas que como isso impulsiona a nova geração de dispositivos vestíveis. Deste modo, o desenvolvimento de antenas utilizando têxteis com um único patch e antena têxtil MIMO com aplicações no corpo mostraram que podem operar na frequência proposta. Entretanto, aconselham o cuidado com a fabricação manual, uma vez que a mesma pode apresentar erros no processo.

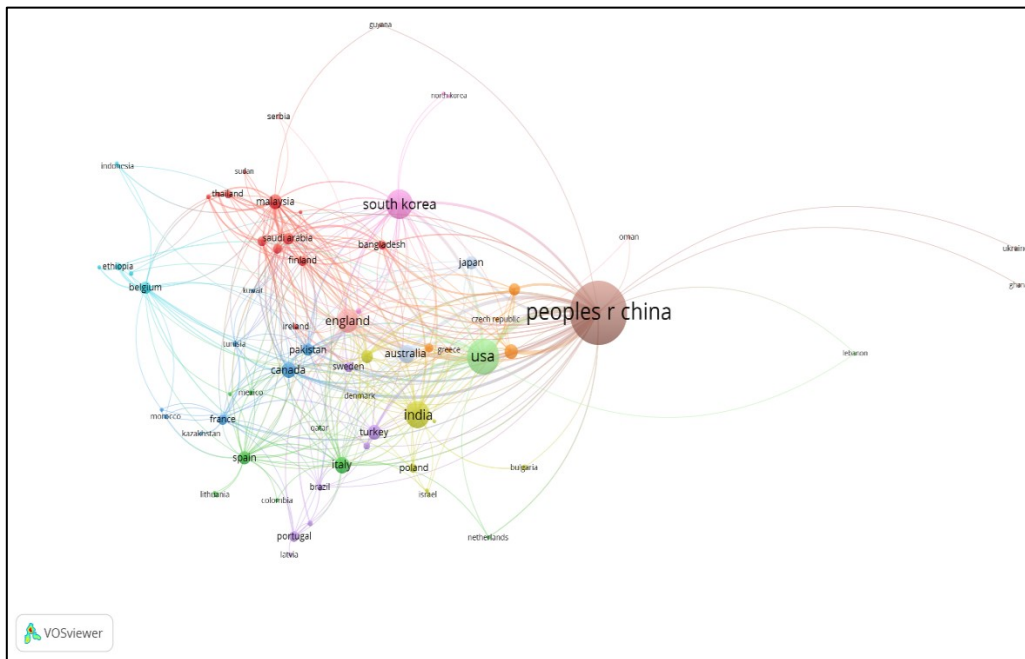
Com base nos artigos aqui apresentados, foi realizada uma análise de acordo com o *software* e por fim, fica clara a evolução do tema, assim como a relevância e necessidade de estudos sobre essa tecnologia. Deste modo, é imprescindível a construção de uma base teórica para melhor entendimento da temática abordada na metodologia.

Com a intenção de descrever de forma clara e compreensível o tema e objetivo da presente pesquisa, alguns assuntos relevantes foram selecionados para serem fundamentados. Portanto, conforme descrito na metodologia, com o auxílio das bases de dados e baseando-se em autores referências, foram encontradas definições sobre os tópicos que serão abordados ao longo deste estudo.

3.3 Países referência no tema

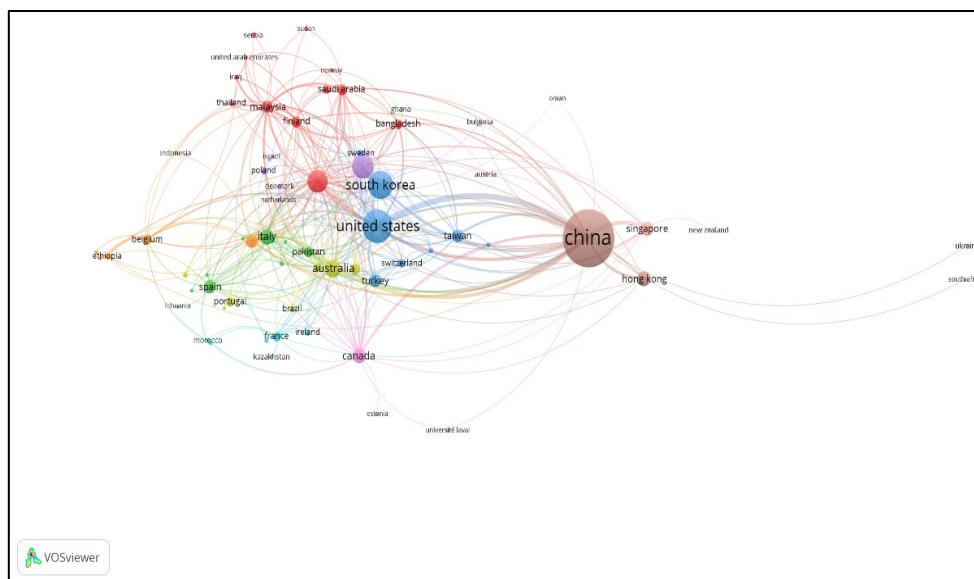
Outrossim, com o intuito de identificar os países que mais publicaram nos últimos anos (2020 a 2023) sobre os temas macro em questão, como *wearable* e têxtil, foi utilizado o *software Vosviewer*. Deste modo, foi feita a construção de um mapa global, com base em 1.813 documentos encontrados na *Web of Science*, referente a esta demanda, fundamentado nas relações entre palavras-chave, autores e países, conforme apresentado na Figura 10.

Figura 10 - Países que publicaram sobre *wearables x textile* (*Web of Science*)



Fonte: Autora, utilizando o software *Vosviewer* (2023).

Figura 11 - Países que publicaram sobre *wearables x textile* (*Scopus*)



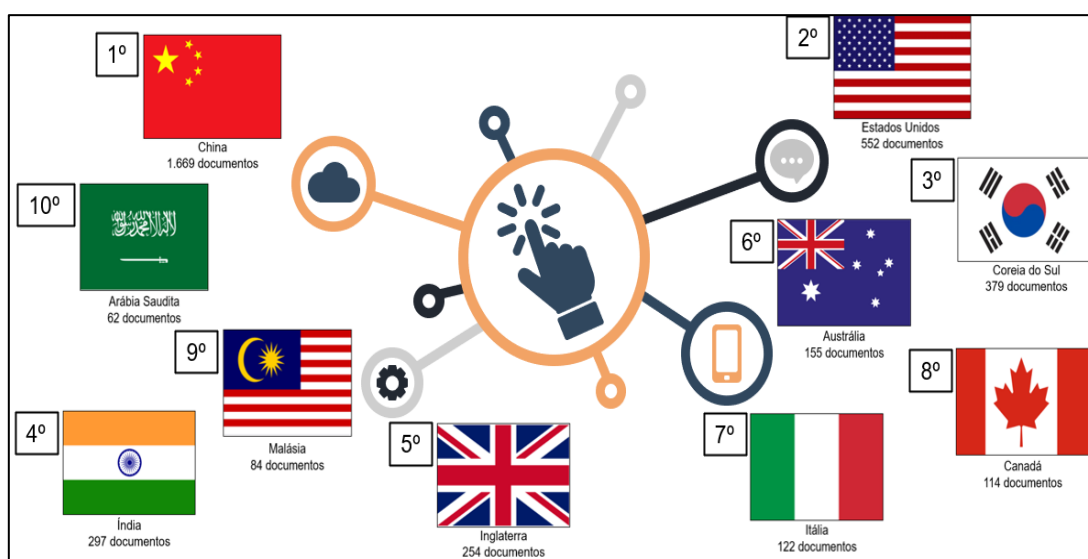
Fonte: Autora, utilizando o software *Vosviewer* (2023).

Os mapas das Figuras 10 e 11 demonstram a China e o Estados Unidos, as maiores potências mundiais, como os países que mais publicaram sobre este assunto entre os anos de 2020 e 2023. Entretanto, neste mapeamento, foram criados doze *clusters*. Além disso, é possível visualizar outros países em destaque nas publicações, como Reino Unido,

Coreia do Sul e Índia. Este mesmo mapeamento foi realizado utilizando como base os 2.236 documentos da Scopus, conforme Figura 11.

A Figura 12 mostra os países que mais publicaram no período de 2020 e 2023, no qual a China liderou com mais que o dobro de publicações que os Estados Unidos. Ainda, além dos cinco países mais citados (China, Estados Unidos, Coreia do Sul, Índia e Inglaterra), outros países estão deixando suas marcas científicas nos últimos três anos, como Austrália, Itália, Canadá, Malásia e Arábia Saudita.

Figura 12 - Países destaques em publicação



Fonte: Autora (2023).

Já o Brasil, nesse mesmo período, fez apenas 28 publicações (*Scopus* e *Web of Science*), em inglês e português, referentes a *wearable* e têxtil, mostrando a relevância e necessidade de estudos e pesquisas sobre o tema em questão. Por este motivo, a sequência de estudos apresenta resultados nacionais e de maneira a resumir e consolidar as informações dos documentos encontrados referentes a publicações de pesquisadores brasileiros entre 2020 e 2023, a elaboração de uma tabela se fez necessária (Tabela 4).

Tabela 4 - Análises dos trabalhos relacionados ao tema de pesquisadores brasileiros

| Autor | Localização dos autores | Área aplicada | Periódico | Relação têxtil |
|----------------------------|--|-------------------------------|---------------------------|---|
| Nawas <i>et al.</i> (2023) | CNPEM - Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais / | Geral - eletrônicos flexíveis | <i>Advanced Materials</i> | Desenvolvimento de material mais flexível mecanicamente |

| | | | | |
|--|--|--------------------------------------|---|--|
| | IPM - Instituto Presbiteriano Mackenzie | | | |
| Maestri <i>et al.</i> (2023) | UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina | Geral - aplicações | <i>Journal of Engineered Fibers and Fabrics</i> | Classificação de têxteis inteligentes |
| Tung <i>et al.</i> (2023) | UNICAMP - Universidade Estadual de Campinas | Saúde - sensores | <i>Colloids and Surfaces B: Biointerfaces</i> | Desenvolvimento de <i>wearable</i> com utilização de grafeno |
| Da Silva Oliveira <i>et al.</i> (2022) | UNIVASF – Universidade Federal do Vale do São Francisco | Saúde - nenogeradores triboelétricos | <i>Materials Advances</i> | Desenvolvimento de <i>wearable</i> substituindo o metal nos eletrodos por derivados de carbono e polímeros condutores (melhor integração com fibras têxteis) |
| Candido <i>et al.</i> (2022) | UNIVASF – Universidade Federal do Vale do São Francisco | Saúde - nenogeradores triboelétricos | <i>ACS Applied Electronic Materials</i> | Desenvolvimento de algodão modificado na presença de agentes condutores e antibacterianos |
| Paschoalin <i>et al.</i> (2022) | USP - Universidade de São Paulo / LNNA - Laboratório Nacional de Nanotecnologia para o Agronegócio | Agricultura - sensores | <i>Biosensors and Bioelectronics</i> | Desenvolvimento de biosensores produzidos por fiação por sopro |
| Agustini <i>et al.</i> (2021) | UFPR - Universidade Federal do Paraná / UNICAMP - Universidade Estadual de Campinas / INCTBio - Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Bioanalítica | Geral - aplicações | <i>Analytical Methods</i> | Dispositivos microfluídicos fabricados com fios têxteis |
| Araujo <i>et al.</i> (2021) | IFRN - Instituto Federal do Rio Grande do Norte / IIN-ELS - Instituto Internacional de Neurociências | Saúde - exoesqueleto | <i>Frontiers in Neuroscience</i> | Impressão tridimensional (3D) em associação com têxteis |

| | | | | |
|----------------------------------|--|------------------|---|---|
| | Edmond e Lily Safra | | | |
| Ma <i>et al.</i> (2021) | Universidade Estadual Paulista - UNESP | Saúde - lente | <i>Advanced Intelligent Systems</i> | Desenvolvimento de lente wireless com biomateriais |
| Santos <i>et al.</i> (2020) | IFES - Instituto Federal do Espírito Santo | Saúde - sensores | <i>Proceedings of the IV School of Systems and Networks</i> | Desenvolvimento de um colete capaz de detectar gases perigosos |
| Leal-Junior <i>et al.</i> (2020) | UFES - Universidade do Espírito Santo | Saúde - sensores | <i>IEEE Sensors Journal</i> | Desenvolvimento de fibra óptica com magnésio e érbio embutida em uma vestimenta |
| Leal-Junior <i>et al.</i> (2020) | UFES - Universidade do Espírito Santo | Saúde - sensores | <i>Scientific Reports</i> | Desenvolvimento de fibra óptica com polímero altamente elástico, o qual é fabricado usando o processo de fiação de polimerização leve |
| Roudjane <i>et al.</i> (2020) | UNESP – Universidade Estadual Paulista | Saúde - sensores | <i>IEEE Sensors Journal</i> | Desenvolvimento de uma camiseta elástica vestível com tecido inteligente e seis sensores sem contato e não invasivos |
| Geraldo <i>et al.</i> (2020) | UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina / IFSC – Instituto Federal de Santa Catarina | Saúde - sensores | <i>Online Biomed. Eng.</i> | Desenvolvimento um protótipo para monitoramento da coluna vertebral com três sensores de medição nas regiões cervical, torácica e lombar, com base nos planos anatômicos do usuário |
| Andre <i>et al.</i> (2020) | UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina | Saúde - sensores | <i>Energy and Buildings</i> | Desenvolvimento de sistema vestível que garante conforto térmico ao usuário |

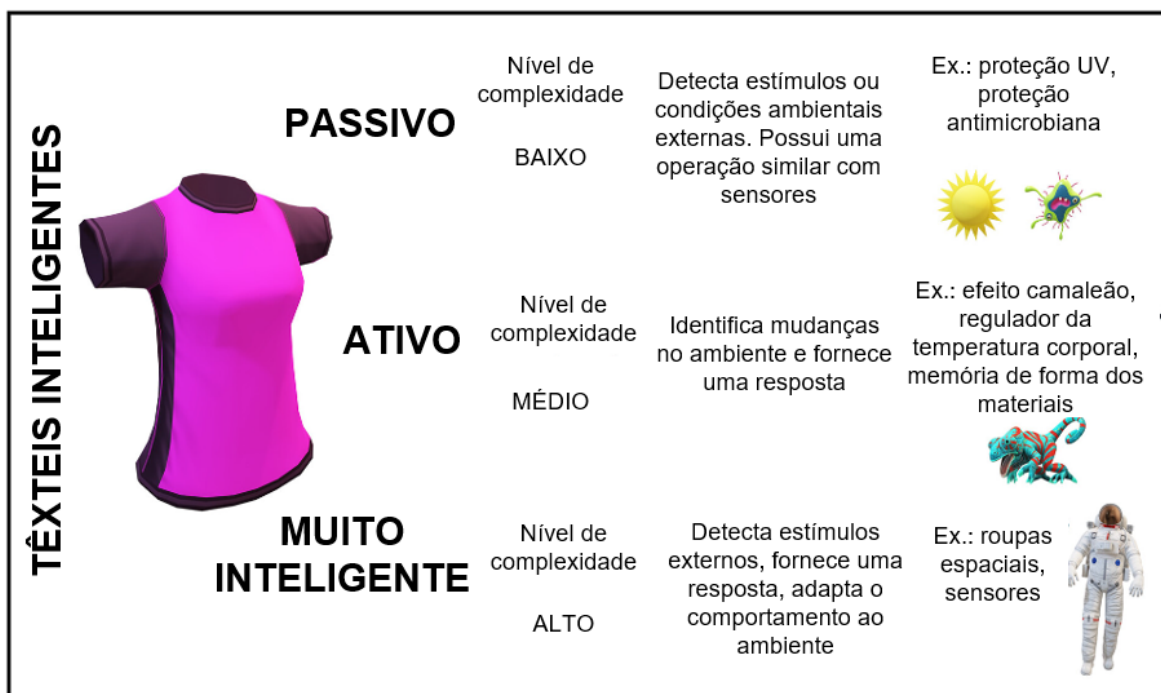
Fonte: Autora (2023).

Nesta perspectiva nacional, Nawas *et al.* (2023) abordam eletrônicos flexíveis e adaptáveis, suas vantagens e características, com foco em transistores orgânicos de efeito de campo, conhecidos como OFETs (*Organic Field-Effect Transistors*). Deste modo, trazem no trabalho uma comparação técnica entre POFETs (*Planar Organic Field-Effect Transistors*) e VOFETs (*Vertical Organic Field-Effect Transistors*), que são transistores planares e transistores verticais, respectivamente. A comparação destes é voltada para as principais aplicações de ambos, circuitos lógicos integrados, dispositivos emissores de luz, memórias e sensores.

Em outra pesquisa, os têxteis inteligentes são definidos como materiais que podem responder e adaptar seu comportamento com base nos estímulos obtidos (Maestri *et al.*,

2023). Além disto, são abordadas algumas aplicações, sendo elas em saúde, transporte, segurança, construção civil e esportes. Como complemento das descrições, os autores trazem uma imagem abordando algumas classificações dos têxteis inteligentes, conforme Figura 13.

Figura 13 - Classificação dos têxteis inteligentes



Fonte: Maestri *et al.* (2023).

Entretanto, os autores relatam alguns desafios desta tecnologia, como por exemplo a energia necessária para funcionamento dos dispositivos. Como essa busca é focada em encontrar soluções mais sustentáveis, como fontes de energia sustentáveis, uma das oportunidades é a utilização de têxteis piezoelétricos, os quais tem a capacidade de transformar movimento em energia elétrica e podem ser obtidos na forma de diversos substratos têxteis, como fios e filamentos.

A variedade de materiais que podem ser utilizados para desenvolvimentos de *wearables* é enorme, como descrito ao longo desta pesquisa. Por sua vez, Tung *et al.* (2023) trazem o grafeno como uma dessas possibilidades. Neste estudo, o grafeno é apontado como um ótimo elemento para detecção de deformação e também como sensor de temperatura. Deste modo, apresentam a relevância dos *wearables* para todos os setores, mas em especial para a medicina, com a utilização de sensores para várias finalidades, desde medição de temperatura como para concentração de bactérias.

Outrossim, os dispositivos que são atualmente utilizados são feitos de metais e semicondutores que por sua vez são considerados materiais com baixa flexibilidade e sensibilidade, apesar do baixo custo. Portanto, os autores trazem em sua pesquisa um sensor com base no grafeno incorporado em substrato de filme de polidimetilsiloxano e seus resultados, os quais foram positivos e demonstram a grande oportunidade em desenvolver *wearables* desta maneira devido à, principalmente, a questão de flexibilidade.

Neste mesmo contexto, Da Silva Oliveira *et al.* (2022) abordam outras soluções para o mesmo objetivo, flexibilidade para garantir melhor vestibilidade, conforto, resistência mecânica e facilidade de integração com têxteis. Neste caso, sem utilização do grafeno, os desenvolvedores utilizam nanogeradores triboelétricos devido a viabilidade de conversão da energia mecânica em um sinal elétrico para aplicações biomédicas e sistemas bioeletrônicos.

Entretanto, também foram encontrados alguns desafios para sua aplicação. A integração de componentes condutores e ativos em algodão, lã, seda ou elastômeros sem prejudicar as características dos tecidos originais (Da Silva Oliveira *et al.*, 2022). Além disso, a fragilidade mecânica do eletrodo metálico é crítica para aplicações envolvendo contato com o corpo, que é o caso dos *wearables*, como na detecção de movimento muscular. Afim de solucionar esta situação, foi planejada a utilização de um hidrogel iônico, garantindo uma melhor adesão, elasticidade e outras propriedades. Também utilizando nanogeradores triboelétricos, Candido *et al.* (2022) abordam a utilização dos mesmos com algodão modificado na presença de agentes condutores e antibacterianos para o desenvolvimento de dispositivos autônomos para serem aplicados em tratamentos antibacterianos acionados eletricamente.

Com uma finalidade um pouco diferente das demais apresentadas ao longo do texto, a pesquisa de Paschoalin *et al.* (2022) trata soluções para agricultura e segurança dos alimentos. Deste modo, relatam o desenvolvimento de um sensor eletroquímico não enzimático vestível capaz de detectar pesticidas carbamato e bupiridílio na superfície de amostras agrícolas e alimentares.

Considerando a necessidade do monitoramento da presença de pesticidas para a agricultura de precisão, principalmente considerando a globalização atual e o crescimento da demanda por alimentos, o estudo é de extrema relevância para o setor em questão. Por

sua vez, hoje em dia este tipo de trabalho é realizado por equipamentos caros operados por pessoas altamente capacitadas e com uma resposta demorada de processamento (Li *et al.*, 2021).

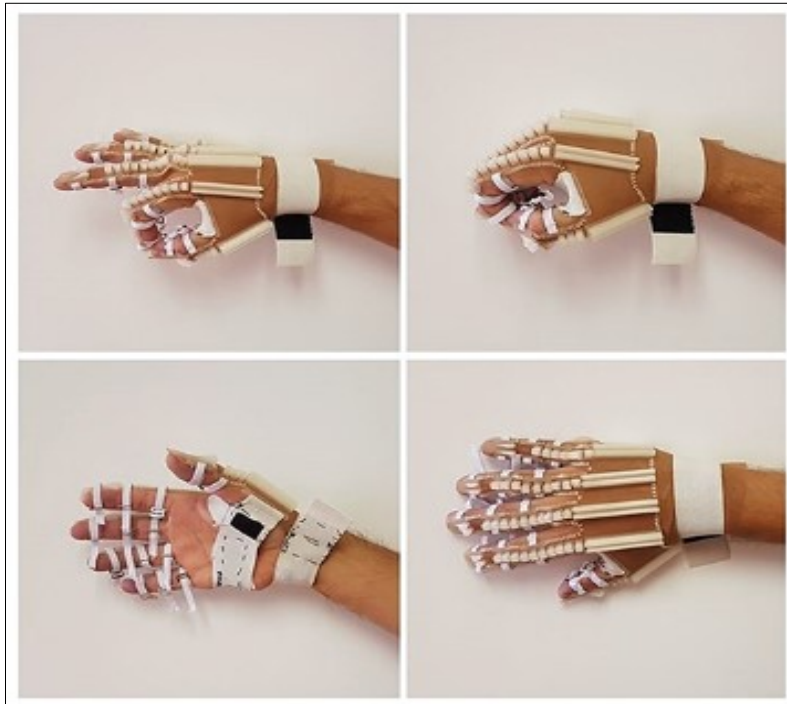
Portanto, com base nos *wearables* já existentes e suas finalidades, visualizou-se a oportunidade de aplicação para a agricultura. Entretanto, alguns dos biossensores vestíveis são produzidos de polímeros plásticos impermeáveis, incapazes de se fixar em superfícies irregulares, onduladas e curvas como seria o caso das plantas, folhas e sementes. Uma das alternativas indicadas pelos autores é substituição por celulose bacteriana ou mantas de fibras de poli (ácido lático) produzidas por fiação por sopro. Neste caso, seriam materiais sustentáveis com baixo impacto ambiental, baixo custo, biocompatibilidade, biodegradabilidade e flexibilidade (Paschoalin *et al.*, 2022).

Em suas revisões, Agustini *et al.* (2021) descrevem os fundamentos, aplicações, desafios e perspectivas de dispositivos microfluídicos fabricados com fios têxteis, diferentes dos materiais tradicionais, como polímeros e substratos inorgânicos. Uma das vantagens citadas, quando em comparação com os comuns (silício e vidro, por exemplo), é o processo de fabricação em si, que é muito mais simples e por sua vez, mais barato. Neste estudo, os autores abordam as possíveis aplicações e métodos de análise como eletroquímica e colorimétrica, por exemplo. Por fim, ainda abordam a combinação de alguns substratos como componentes e/ou tecidos impressos em 3D com smartphones, possibilitando o desenvolvimento de dispositivos portáteis, analíticos e vestíveis.

Voltando ao panorama medicinal, pessoas que sofrem AVC podem desenvolver diversos problemas motores em alguns membros. Como solução, os avanços da tecnologia já permitem a utilização de equipamentos robóticos associados a IMC (interface cérebro-máquina) para reabilitação. Contudo, não são todos os pacientes que conseguem utilizá-los, uma vez que ainda existe muita rejeição dos dispositivos tanto pelo paciente quanto por clínicos, principalmente pelo custo desta tecnologia (Araujo *et al.* 2021).

Com base no contexto apresentado, Araujo *et al.* (2021) projetaram um exoesqueleto de mão para reabilitação com foco em recuperação dos movimentos de extensão e flexão dos dedos. A técnica utilizada foi a de impressão tridimensional (3D) em associação com têxteis, os quais foram utilizados para que o dispositivo pudesse ser leve e usável, além de reduzir os custos do equipamento, de acordo com Figura 14.

Figura 14 - Protótipo exoesqueleto

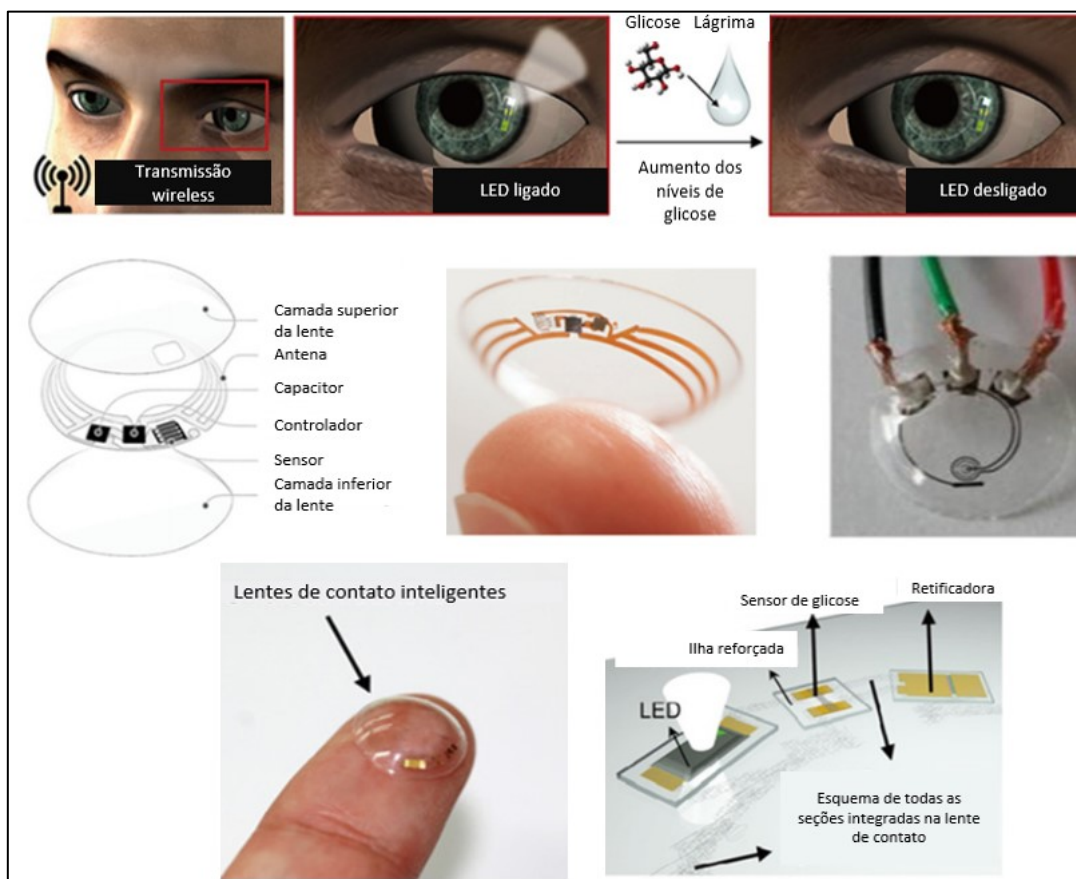


Fonte: Araujo *et al.* (2021).

O exoesqueleto desenvolvido funciona através de um sinal neuro elétrico, a eletroencefalografia (EEG) e de um atuador que transforma o torque dos motores em força linear transmitida por cabos Bowden para mover os dedos passivamente. Os resultados dos testes foram positivos, possibilitando a utilização do mesmo para auxílio na reabilitação e treinamento de sobreviventes de AVC (Araujo *et al.*, 2021).

Outro estudo dentro do setor de saúde, focado na área de oftalmologia, é sobre lentes *wearable*, feitas de hidrogel, as quais, segundo Ma *et al.* (2021) são capazes de fornecer diagnóstico de doenças oculares como glaucoma, ceratite e até mesmo a diabetes. Além disto, podem auxiliar na administração de medicamentos. Com esta tecnologia destacam-se os biossensores implementados nestas lentes de contato para medir ácido láctico, pressão intraocular e glicose, conforme exemplificado na Figura 15. Este tipo de lente *wireless* consiste na junção de várias tecnologias, incluindo biomateriais, microfluídica, biossensores, fonte de alimentação, transmissão de dados e circuitos de exibição.

Figura 15 - Medição de glicose através da lente inteligente



Fonte: Ma *et al.* (2021).

Além destas pesquisas sobre desenvolvimento de tecnologias que podem auxiliar tratamentos médicos, existem algumas soluções para prevenir algumas situações, como é o caso de roupas capazes de detectar gases perigosos e monitorar os sinais vitais das pessoas em um ambiente. De acordo com Santos *et al.* (2020), substâncias perigosas podem estar presentes em diversos lugares, até mesmo dentro da casa das pessoas, uma vez que são utilizadas como fontes de energia para diversos fins. Nesta perspectiva, a utilização da ciência é imprescindível para reduzir os riscos causados por estes produtos e por este motivo os autores desenvolveram um sistema vestível composto por uma rede de sensores *wireless* embutidos em uma armadura corporal (colete) que pode ser capaz de detectar a presença de gases perigosos no ambiente.

Os dados gerados pelo sensor, depois de criptografados, são transmitidos por uma rede de internet sem fio para um observador externo onde eles podem ser acessados através de um aplicativo com interface gráfica instalada em um dispositivo móvel.

Portanto, se os limites permitidos forem excedidos, a informação é transmitida para o *smartwatch*, segundo Figura 16.

Figura 16 - Alertas sensor



Fonte: Santos *et al.* (2020).

Ainda com foco em desenvolvimento, Leal-Junior *et al.* (2020) apresentam um tecido inteligente vestível para avaliação de perturbações mecânicas com base em um sistema de sensores de fibra óptica distribuída usando a análise de reflexão de transmissão (TRA). Para elaboração deste tecido a fibra óptica possui magnésio e érbio para garantir um alto espalhamento e alta resolução espacial para a técnica e então é embutida em uma vestimenta. Deste modo, foram aplicados deslocamentos controlados em locais pré-definidos, onde a avaliação da amplitude e localização do deslocamento foi obtida usando uma técnica de inclinação assistida. De acordo com os resultados demonstrados na pesquisa, é viável a abordagem proposta na detecção, entretanto somente das perturbações mecânicas induzidas transversais (Leal-Junior *et al.* 2020).

Em outra pesquisa, Leal-Junior *et al.* (2020) abordam ainda sobre sensores de fibras ópticas, os quais têm experimentado um grande crescimento em muitos campos de aplicação, incluindo industrial e saúde. Os mesmos oferecem diversas vantagens que são especialmente importantes para aplicações em vestíveis, onde é possível obter sensores compactos com operação segura (já que não há correntes elétricas) e imune a interferências eletromagnéticas. Neste estudo, os autores tratam a aplicação de um sistema inteligente multiparâmetros têxtil baseado em sensores embutidos de fibra óptica de polímero altamente elástico (POF), o qual é fabricado usando o processo de fiação de

polimerização leve e são baseados na variação de potência óptica, o que resulta em um técnica portátil e de baixo custo.

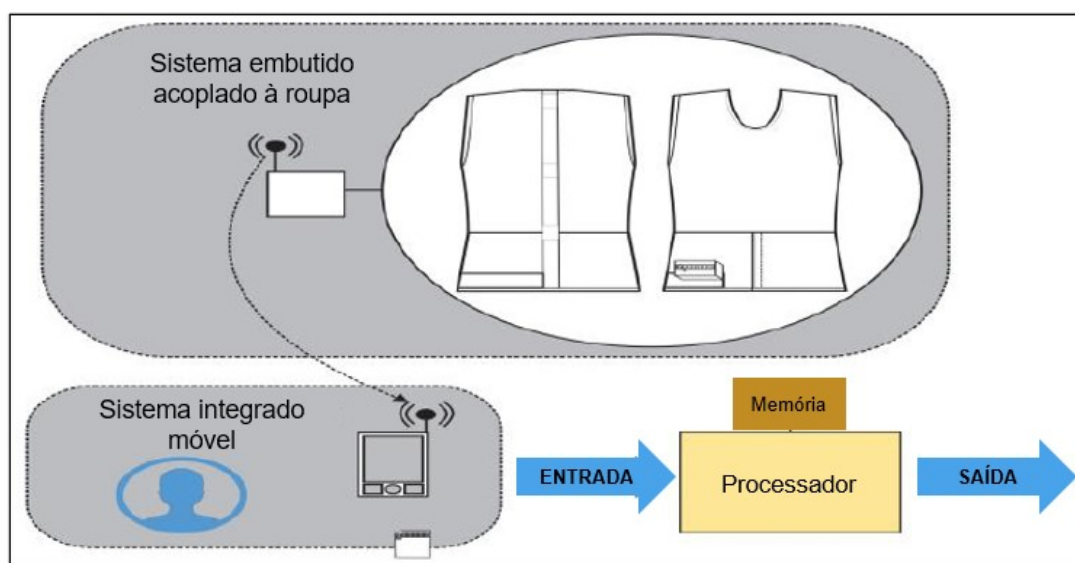
Igualmente no foco no desenvolvimento de sensores, Roudjane *et al.* (2020) trabalharam com projeto e validação de um novo tecido inteligente desenvolvido para monitoramento da respiração humana em tempo real. O tecido inteligente consiste em uma camiseta elástica vestível com seis sensores sem contato e não invasivos colocados nas paredes toraco-abdominais do ser humano, sem comprometer o conforto.

Neste caso, os sensores se comunicam por *bluetooth* e o mecanismo de detecção do sistema é baseado na mudança da frequência central da antena (fibra multimaterial em forma de espiral com frequência central de 2,4 GHz) de fibra espiral induzida pela deformação do tórax e do abdômen durante a respiração, garantindo uma abordagem mais confiável, uma vez que monitora o movimento de forma simultânea. Por fim, a camiseta inteligente pode detectar padrões respiratórios e pausas na respiração, o que pode ser muito útil para monitorar a apneia do sono e o acompanhamento clínico dos pacientes (Roudjane *et al.*, 2020).

Ainda no âmbito saúde, uma pesquisa com base em monitoramento da coluna vertebral foi realizada. Desta maneira, Geraldo *et al.* (2020) desenvolveram um protótipo de tecnologia vestível com sensores que monitoram a coluna vertebral através movimentos da coluna como a variação angular quando o indivíduo realiza uma atividade funcional e registram os dados em um aplicativo para smartphone que foi desenvolvido nesta pesquisa para posterior utilização pelos profissionais de saúde. Os autores embasam seus trabalhos em um dado da Organização para Cooperação Econômica e Desenvolvimento (OCDE), os quais mostram o aumento considerável dos gastos com saúde em relação ao Produto Interno Bruto (PIB) (Geraldo *et al.*, 2020).

Neste contexto, foi desenvolvido um protótipo o qual consiste em um vestível e três sensores de medição, conectados e calibrados para as regiões cervical, torácica e lombar, com base nos planos anatômicos do usuário. A entrada representa o sinal gerado pelos sensores e a saída representa as informações geradas pelo software aplicativo que é exibido na tela do celular, conforme Figura 17.

Figura 17 - Protótipo sensor coluna vertebral



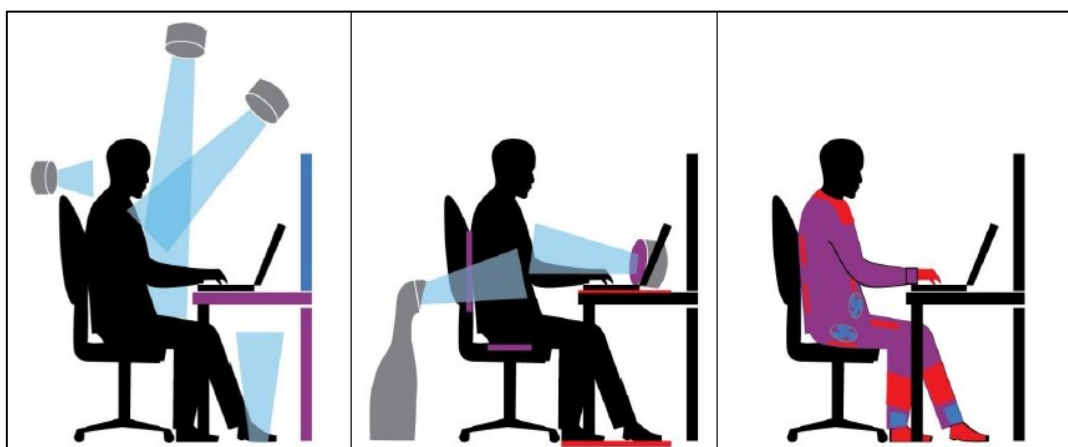
Fonte: Geraldo *et al.* (2020).

Ao instalar o sistema no celular, ele gera uma pasta em que os arquivos são salvos, e o nome representa a data e hora em que a planilha foi gerada. Enfim, esta tecnologia se sobressai quanto á sensores já existentes devido a facilidade de uso. Enquanto nesta proposta apresentada o usuário utilizaria uma peça de roupa comum, tradicionalmente são necessários sensores fixados ao corpo, que podem causar alergias e também desconforto para à rotina do indivíduo (Geraldo *et al.* 2020).

Com enfoque na atual globalização e as recentes perspectivas sobre o aquecimento global, é possível o aumento considerável da utilização de ar condicionado nas residências e estabelecimentos. Sendo que a alta demanda de energia das edificações já corresponde a 55% da de demanda mundial (Andre *et al.*, 2020). Por sua vez, os autores buscam garantir que os usuários dessas energias permaneçam em conforto térmico, através de algumas tecnologias, como sistemas de condicionamento pessoal (PCS). Citam também que mantendo uma temperatura única em um ambiente de uso coletivo não proporciona conforto térmico para a maioria (80%) dos ocupantes. Portanto, além de não atender a variação de preferências pessoais, a escolha da temperatura é inadequada, gerando desperdício de energia e desconforto térmico. Isso enfatiza a necessidade de repensar a maneira como os ambientes estão sendo condicionados.

Por sua vez, ao longo do estudo, são realizadas análises de outros artigos sobre o tema em questão dentro da plataforma *Scopus*. Deste modo, com base nos trabalhos analisados, avaliou-se algumas situações, tal como Figura 18.

Figura 18 - Condições de acordo com mobilidade



Fonte: Andre *et al.* (2020).

A Figura 18 mostra um caso de sistema fixo e estacionário em um ambiente de trabalho, muitas vezes causando desconforto para outros envolvidos; um sistema portátil, porém que não permite o conforto térmico em momentos de movimentação e por fim um sistema vestível, que garante conforto térmico para o usuário independentemente de onde estiver, de movimento ou não, acompanhado ou não.

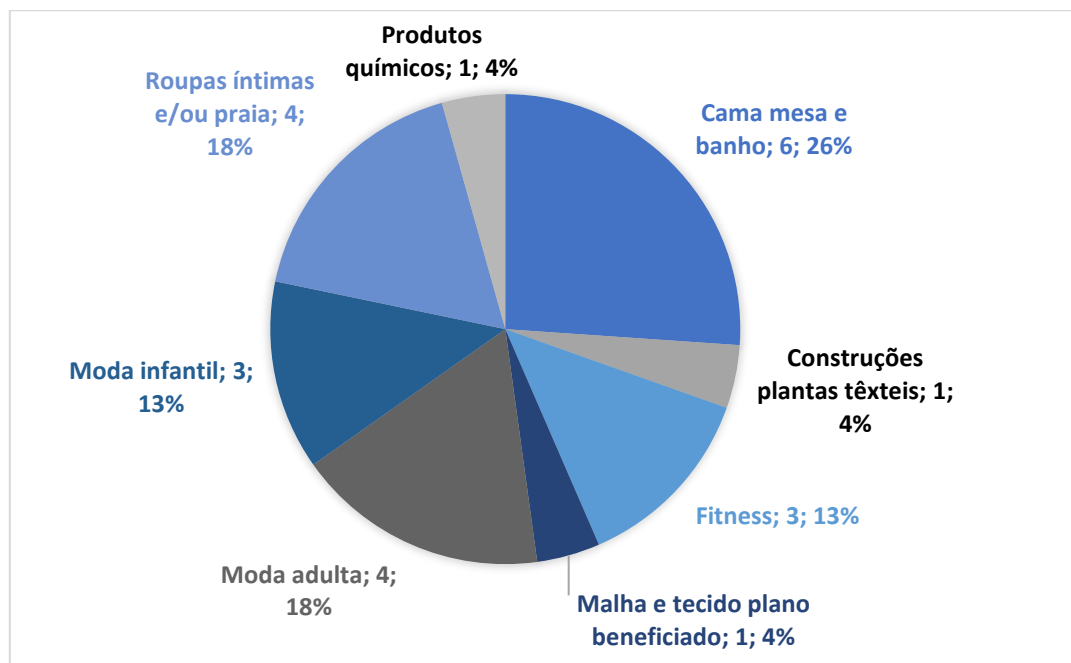
3.4 Diagnóstico da inserção da tecnologia *wearable* em Blumenau/SC

Pra complementar o embasamento teórico do presente estudo, foi elaborado um questionário para entender mais sobre a aplicação da tecnologia *wearable* nas empresas do Vale do Itajaí. O questionário aberto foi divulgado via *WhatsApp* para grupos da área têxtil e para contatos empresariais, por e-mail e em encontros, como na reunião de Governança Têxtil e Inova Têxtil, que aconteceram, ambas em Blumenau/SC, nos dias 15/02/2023 e 19/06/2023, respectivamente. Nestes encontros foram realizados dois tipos de tratativas em busca de respostas, *QR code* com acesso direto ao formulário *online* e questionários impressos para resposta imediata. Após a aplicação dos questionários, resultaram vinte e cinco respostas. Destas, duas foram desconsideradas devido a segmentação das próprias empresas, resultando em 23 respondentes.

Com base na ferramenta utilizada para coleta de dados, considera-se esta uma pesquisa com metodologia qualitativa, onde a mesma é dinâmica e construída pelos sujeitos que dela participaram. Deste modo, faz-se necessária a análise das respostas do questionário de modo a identificar, interpretar e compreender as (auto)representações das

empresas referente a utilização da tecnologia *wearable* dentro do setor têxtil e de vestuário. Deste modo, através das respostas, foi possível visualizar a segmentação das empresas respondentes, conforme Figura 19.

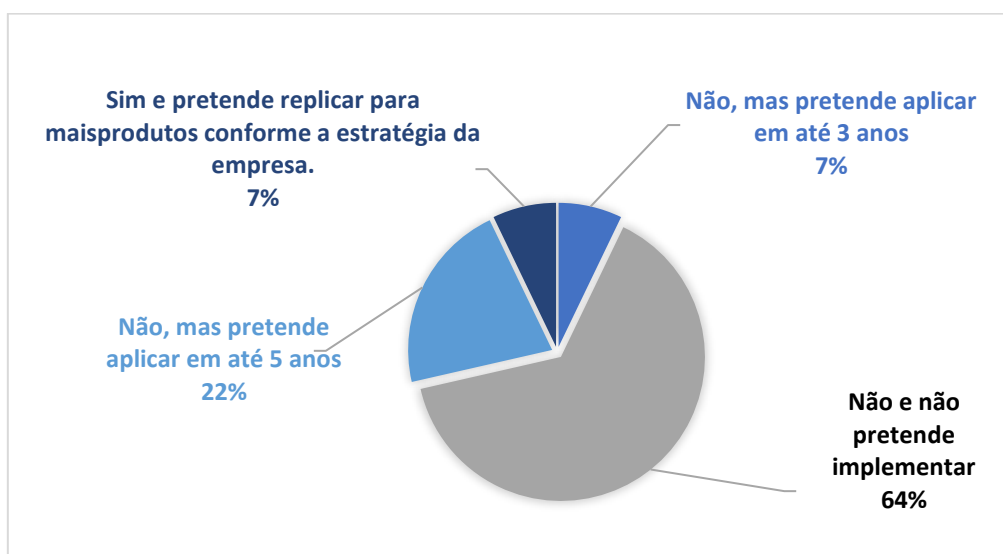
Figura 19 - Segmentação empresas respondentes



Fonte: Autora (2023).

Outro dado coletado foi sobre a aplicação da tecnologia dentro das empresas, onde 64% das empresas respondentes não possuem *wearable* na sua produção e não pretendem implementar; 7% não possui e pretende implementar nos próximos 3 anos; 22% não possui e pretende implementar nos próximos 5 anos e; apenas 7% possui a tecnologia e pretende implementar em novos produtos, conforme Figura 20.

Figura 20 - Aplicação tecnologia *wearable*



Fonte: Autora (2023).

Fundamentado nas respostas obtidas, foi possível visualizar que hoje em dia a grande parte das empresas não tem a tecnologia aplicada em nenhum produto e poucas tem interesse em implementá-la. Com base neste contexto de poucas empresas respondentes interessadas em implementar a tecnologia, houve a proatividade e entusiasmo em solicitar uma amostra a uma das empresas do Vale do Itajaí que possuem a tecnologia em questão, para melhor entendimento do funcionamento, cadeia de fornecedores, testes e afins, entretanto sem sucesso.

3.5 Indicadores para avaliar a tecnologia *wearable*

Para responder à pergunta de pesquisa referente aos indicadores utilizados para medir a tecnologia *wearable*, foi inserido no questionário esta pergunta, porém sem sucesso. Desta forma, foi realizado um *benchmark* através de algumas buscas em bases de dados buscando como palavras chaves “*wearable*” AND “*textile*” AND “*KPI*”. A busca não rendeu os resultados esperados, uma vez que não encontrou artigos que de fato atendessem as palavras pesquisadas. Todavia, foram encontrados alguns estudos sobre utilização de indicadores de desempenho (*KPI*) a respeito de *wearables*.

Nesta conjuntura, um artigo chinês, que fala sobre os avanços recentes em biossensores vestíveis para detecção não invasiva de lactato humano, o qual é de suma importância no diagnóstico e tratamento de doenças e demonstra que o nível de lactato

no biofluido é um indicador crucial de saúde porque está relacionado a diversas doenças como hipóxia, distúrbios metabólicos, insuficiência renal, cardíaca e respiratória (Taranova *et al.* 2022). Deste modo, os autores trazem como indicador as nanopartículas, faixa de detecção linear e limite de detecção, o qual é mensurado através da equação 1.

$$LOD = Xb1 + 3Sb1 \quad (1)$$

Onde, “ $Xb1$ ” é a concentração média e “ $Sb1$ ” é o desvio padrão.

Em um estudo realizado na Inglaterra sobre geradores termoelétricos vestíveis com dois tipos de algodão impregnados, os quais, segundo Pope e Lekakou (2019), normalmente necessitam de um valor máximo de mérito e por isso utilizam como principal indicador a eficiência (Eq. 2).

$$\eta = \left(\frac{TH-TC}{TH} \right) \times \left(\frac{\sqrt{1+ZTavg}-1}{\sqrt{1+ZTavg}+\frac{TC}{TH}} \right) \quad (2)$$

Onde:

- TH e TC são as temperaturas absolutas no lado quente e frio, respectivamente e;
- $ZTavg$ é o valor médio do mérito baseado nas propriedades médias;
- α médio (coeficiente de Seebeck);
- σ médio (condutividade elétrica) e;
- k médio (condutividade térmica) na faixa de temperatura de uso.

Outro indicador, não menos importante, é o fator de potência, o qual não está atrelado a eficiência do dispositivo e é medido através da equação 3.

$$PF = \alpha^2 \sigma \quad (3)$$

Suplementar aos artigos já apresentados, Qaim *et al.* (2020) apontam que durante os anos de 2010 a 2020 os estudos realizados sobre *wearable* são segmentados por 48% sobre saúde, 22% soluções gerais, 20% reconhecimento de atividades e 10% ambientes inteligentes. Com base nas pesquisas mencionadas, os autores elaboraram tabelas de

análise comparativa de acordo com o conteúdo dos mesmos como indicador de desempenho das tecnologias referidas na qual avaliaram as condições dos *wearables* (Tabela 5).

Tabela 5 - Comparação e identificação de indicadores nos textos analisados

| | Consumo de energia | Sinal | Latência | Vida útil de rede | Taxa de transferência | Acuracidade | Relação sinal-ruído | Taxa de compressão | Confiabilidade |
|--------------------------------|--------------------|-------|----------|-------------------|-----------------------|-------------|---------------------|--------------------|----------------|
| Djelouat <i>et al.</i> (2020) | ✓ | ✓ | | | | | | | |
| Pereira <i>et al.</i> (2019) | ✓ | | ✓ | ✓ | | | | | |
| Awan <i>et al.</i> (2019) | | | ✓ | ✓ | ✓ | | | | |
| Wang <i>et al.</i> (2019) | ✓ | | | | | ✓ | ✓ | ✓ | |
| Mahmud <i>et al.</i> (2019) | ✓ | | | | | ✓ | | | |
| Roy <i>et al.</i> (2018) | ✓ | | | | ✓ | | | | |
| Anwar <i>et al.</i> (2018) | ✓ | | | ✓ | ✓ | | | | |
| Beach <i>et al.</i> (2018) | | | | | | ✓ | | | |
| Mahmud <i>et al.</i> (2018) | | | | | | ✓ | | | |
| Yang <i>et al.</i> (2018) | | | | | | ✓ | | | |
| Al Disi <i>et al.</i> (2018) | ✓ | | | | | | | ✓ | |
| Hooshmand <i>et al.</i> (2017) | ✓ | | | | | ✓ | | ✓ | |
| Preejith <i>et al.</i> (2017) | | | | | | ✓ | | | |
| Xu <i>et al.</i> (2017) | | ✓ | | | | | ✓ | | |
| Djelouat <i>et al.</i> (2017) | | ✓ | | | | | | | |
| Touati <i>et al.</i> (2016) | ✓ | | ✓ | | ✓ | | | | |
| Hu <i>et al.</i> (2015) | | | ✓ | | ✓ | | | | |
| Kim e Kim (2016) | ✓ | | ✓ | | ✓ | | | | |
| Sarker <i>et al.</i> (2017) | ✓ | | | | ✓ | | | | |
| Gao <i>et al.</i> (2015) | ✓ | | ✓ | | | | | | |
| Liao <i>et al.</i> (2018) | ✓ | | ✓ | ✓ | ✓ | | | | |
| Rachim e Chung (2016) | | | | | | ✓ | | | |
| Aguirre <i>et al.</i> (2016) | | | | | | | ✓ | | |

| | | | | | | | | | |
|-----------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|---|
| Dagale <i>et al.</i> (2015) | | | | | | | | | ✓ |
|-----------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|---|

Fonte: Adaptado de Qaim *et al.* (2020).

A adaptação realizada na Tabela 5 consiste no conteúdo abordado por Qaim *et al.* (2020), o qual traz em seu estudo uma tabela similar, com o mesmo objetivo da aqui apresentada, porém sem descrever quais eram os artigos analisados, trazendo somente referências deles. Deste modo, a adaptação consiste na criação de uma tabela com informação dos autores dos textos com suas respectivas características.

Portanto, a Tabela 5 serve para análise dos artigos, os quais são classificados de acordo com suas características, como acuracidade, taxa de transferência e confiabilidade, por exemplo. Além das características apresentadas na tabela, outras mais são levadas em considerações como possíveis indicadores de performance, como vida útil da bateria, sensibilidade, qualidade de vídeo e tempo de execução e transmissão. De acordo com a Tabela 5 é possível verificar qual das tecnologias apresentadas nos artigos selecionados é a mais promissora, levando em consideração a linha com maior quantidade de marcações “✓”.

Ao considerar a sensibilidade, um dos atributos mensurados na pesquisa de Qaim *et al.* (2020), Roy *et al.* (2019) citam que a mesma é um indicador chave para qualificar *wearables*, uma vez que os sensores dos dispositivos precisam ter muita precisão para suas atuações. Ainda com foco em *benchmark* sobre indicadores de desempenho para os *wearable*, um estudo realizado na Coreia do Sul por Ajakwe *et al.* (2022), trazem, em um princípio, em sua revisão sobre os principais parâmetros de tecnologias de dispositivos vestíveis para fornecimento inovador de cuidados de saúde na rede B5G (ou também conhecida como 6G), uma equação (4) foi usada como base de cálculo do desempenho, sendo a mesma representada na Equação 4.

$$\text{Dispositivo } \rho = \int [\sum (\Delta Sp + \Delta Up, \dots + \Delta Stp)] \quad (4)$$

A equação 4 demonstra a relação do dispositivo, que é demonstrado sendo o desempenho do *wearable*, “ ΔSp ” é a variação da segurança do dispositivo, “ ΔUp ” é a variação da descrição do dispositivo e “ ΔStp ” é a mudança no fator de padronização do dispositivo. Entretanto, foi visualizado pelos autores que os parâmetros medidos na equação são interligados e deste modo, Ajakwe *et al.* (2022) desenharam outra equação, com base nos cinco principais indicadores de desempenho:

- Eficiência energética (número de bits que podem ser transmitidos por joule de energia);
- Discretização (quanto mais discreto for um dispositivo vestível, maior será sua aceitabilidade pelo usuário);
- Inteligência (inteligência artificial para tomada de decisões, envio de alertas e outras funções autônomas alinhadas com as tecnologias da indústria 4.0);
- Padrões personalizáveis (de acordo com as necessidades e especificações de cada usuário) e;
- Rede segura (privacidade, sem dados vulneráveis, cibersegurança).

Portanto, fundamentado com os indicadores citados acima, a equação (5) proposta pelos autores para medição de desempenho é a representada adiante.

$$\Delta Wearable \kappa = \int [\sum (Ee, Di, Ir, Sn, Cs)] \quad (5)$$

Onde:

- “*Ee*” significa taxa de eficiência energética,
- “*Di*” é a discretização,
- “*Ir*” é a robustez da inteligência do dispositivo,
- “*Sn*” é a força de segurança de rede do dispositivo e;
- “*Cs*” é a interoperabilidade e flexibilidade de customização do dispositivo.

Assim, na pesquisa de Ajakwe *et al.* (2022), é utilizada a equação para analisar, de forma empírica e introspectiva, a necessidade de evolução da rede 5G para a B5G para dispositivos *wearables*. Contextualizando, e buscando encontrar o melhor método de medir desempenho, como exemplo, analisou-se os artigos nacionais tratados nos resultados da presente pesquisa, com fundamento na sistemática de Qaim *et al.* (2020), conforme ilustrado na Tabela 6.

Tabela 6 - Características *wearable*

| Artigos | Consumo de energia | Sinal | Conforto | Vida útil | Resistência mecânica | Baixo custo | Portabilidade (Portátil) | Favorável ao meio ambiente | Personalização |
|--|--------------------|-------|----------|-----------|----------------------|-------------|--------------------------|----------------------------|----------------|
| Agustini <i>et al.</i> (2021) | | | ✓ | | | ✓ | ✓ | | |
| Andre <i>et al.</i> (2020) | ✓ | | ✓ | | | | ✓ | ✓ | ✓ |
| Araujo <i>et al.</i> (2021) | ✓ | | ✓ | | ✓ | ✓ | | | |
| Candido <i>et al.</i> (2022) | ✓ | | ✓ | | | | | | |
| Da Silva Oliveira <i>et al.</i> (2022) | | | ✓ | ✓ | ✓ | | | | |
| Geraldo <i>et al.</i> (2020) | | | ✓ | | | | ✓ | ✓ | |
| Leal-Junior <i>et al.</i> (2020) | | ✓ | | | ✓ | ✓ | ✓ | | |
| Leal-Junior <i>et al.</i> (2020) | | | | | | ✓ | ✓ | | |
| Li <i>et al.</i> (2021) | ✓ | | | ✓ | | | | | |
| Ma <i>et al.</i> (2021) | ✓ | ✓ | ✓ | | | ✓ | | | ✓ |
| Maestri <i>et al.</i> (2023) | ✓ | | | | | ✓ | | ✓ | |
| Nawas <i>et al.</i> (2023) | ✓ | ✓ | | | | ✓ | | | ✓ |
| Paschoalin <i>et al.</i> (2022) | | | | | | ✓ | | ✓ | ✓ |
| Roudjane <i>et al.</i> (2020) | | ✓ | ✓ | | | | | ✓ | |
| Santos <i>et al.</i> (2020) | | | ✓ | | | | | ✓ | |
| Tung <i>et al.</i> (2023) | | | | | ✓ | | | | ✓ |

Fonte: Autora (2023).

Com base na análise dos artigos, foram mapeadas as principais características comuns entre eles, sendo elas:

- **Consumo de energia** - está relacionado à utilização de energia, eficiência energética e fontes de energia, uma vez que atualmente as empresas sabem que a relação entre eficiência energética e melhoria de processos produtivos é fortemente associada (Garcia, 2016). Deste modo, a eficiência energética e o meio ambiente, de acordo com Panesi (2006) são dois aspectos que possuem ligação direta, ou seja, é preciso preservar e combater os desperdícios de energia,

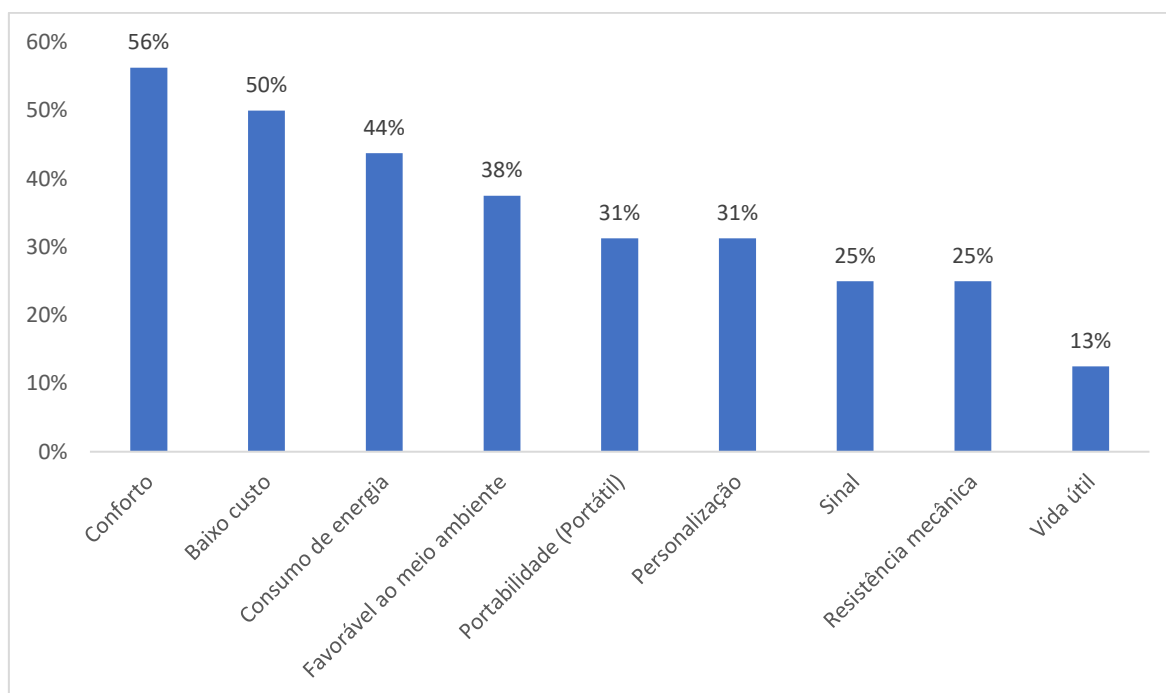
reduzindo impactos ambientais advindos da oferta do seu respectivo consumo. Por isso, o desenvolvimento de produtos e serviços que proporcionem eficiência energética, afim de otimizar o consumo de energia, vem sendo continuamente buscado (Eloi et al. 2019).

- **Sinal** - a característica “sinal” é atribuída a produtos que possuem uma boa transmissão de sinal de rede, ou seja, que tenham boa conexão e comunicação entre transmissor e receptor (Li et al. 2022). Essa transmissão de sinal pode ser realizada com ou sem fio, conectada em rede ou não (Zanon et al. 2021).
- **Conforto** – está vinculado ao fenômeno vivenciado pelo indivíduo ou, no caso, usuário e pode ser compreendido como a situação em que estão satisfeitas as necessidades básicas relativas à alguns estados, como por exemplo alívio, tranquilidade e transcendência (Pereira et al. 2020). Fazendo referência com os *wearables*, o conforto está atrelado a sua utilização, ou seja, como o usuário se sente utilizando-o.
- **Vida útil** - representa a durabilidade como um adjetivo para o produto. Deste modo, a durabilidade, como definida por Garvin (2002), é o tempo de uso de um produto até ele se deteriorar fisicamente. De maneira mais ampla, pode-se concluir que a durabilidade é a possibilidade de utilização de algum produto com base na sua composição, materiais, formas e utilização (Zeferino, 2020).
- **Resistência mecânica** – é a capacidade que um material tem de resistir a uma deformação (Araujo *et al.* 2021) e é indispensável para diversos tipos de *wearable*, uma vez que, como o próprio nome diz, o dispositivo deve ser vestível e por isso, faz-se necessária essa resistência devido aos movimentos corporais (Da Silva Oliveira et al. 2022).
- **Baixo custo** - referenciando custos, Neves (2013) os classifica em diretos e indiretos, ou seja, um é caracterizado por agregar valor ao produto fabricado, como matéria prima, e o outro depende de rateios para serem apropriados aos produtos, respectivamente. Ainda, Collins e Parsa (2006), afirmam que a definição dos preços visa determinar preços capazes de não somente cobrir os custos, mas também de superá-los. Neste contexto, conclui-se que o preço é definido a partir do custo de fabricação do produto e dependendo dos materiais e mão de obra despendido no produto e/ou serviço em questão, o mesmo pode ser alto ou baixo.

- **Portabilidade** – Para Ma *et al.* (2021) se trata de algo portátil, ou seja, algo que o indivíduo possa utilizar e que não dependa de alguma conexão fixa, fazendo com que seja possível a mobilidade do usuário.
- **Favorável ao meio ambiente** - quando se trata da característica “favorável ao meio ambiente”, faz-se a conexão da relação entre o sistema produtivo e o ambiente natural. Entende-se que muitas vezes a tecnologia pode causar impactos ambientais e cabe as organizações buscarem métodos de minimizar os possíveis impactos e inovar também no aspecto ambiental (San Martin *et al.* 2020). Deste modo, neste presente estudo, a característica em questão se dá às pesquisas as quais abordam a preocupação e possíveis soluções para este tema.
- **Personalização** - por fim, a personalização ou também conhecida como customização, é a arte de um produto ou serviço ser exclusivo para o usuário, gerando maior valor agregado e fazendo com que as empresas sejam mais competitivas (Bassi et al. 2020). Deste modo, Davis (1987) define a customização de um produto como algo desenvolvido especialmente ao indivíduo (cliente). Com base nesta conjuntura, a característica “personalização” está atrelada ao wearable que tenham a capacidade de serem ajustados de acordo com as características específicas de cada usuário.

Portanto, com fundamento na Tabela 6 proposta para medição de desempenho dos *wearables* e nas definições apresentadas, com base nas características abordadas no texto, visualizou-se que a maioria das tecnologias propostas trazem o “conforto” como principal característica para os *wearables*, como apresentado na Figura 21.

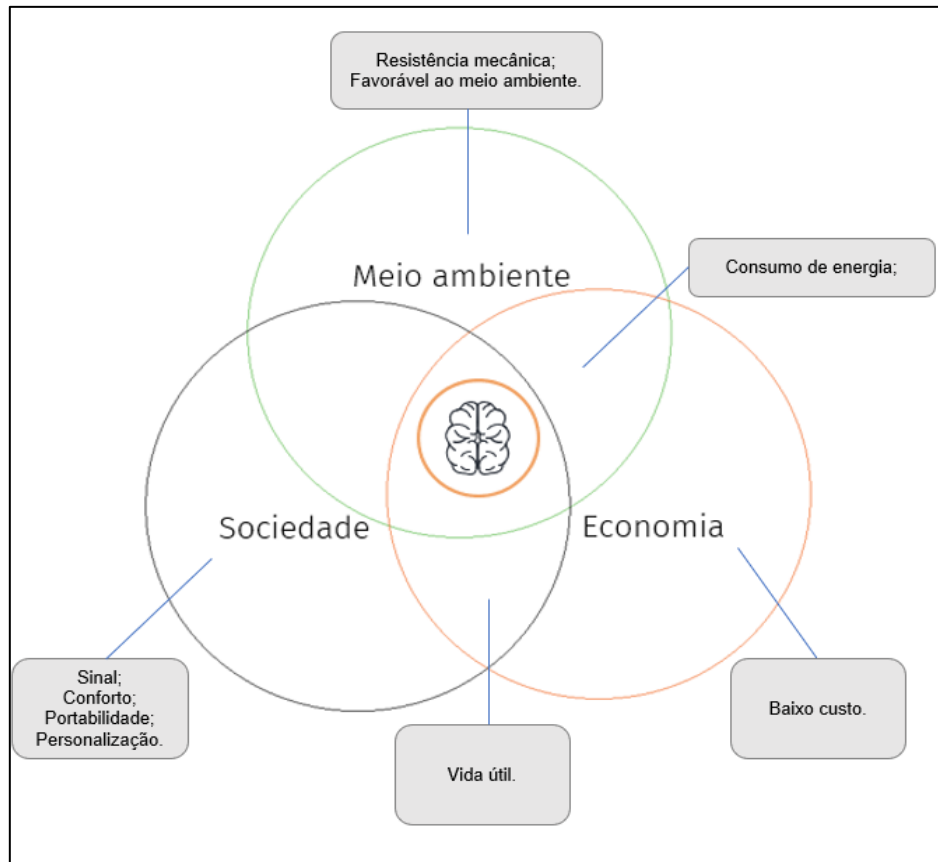
Figura 21 - Segmentação das características *wearable*



Fonte: Autora (2023)

Conforme apresentado no gráfico da Figura 23, visualiza-se a porcentagem dos atributos associados aos trabalhos publicados no Brasil de 2020 a 2023 e o resultado desta análise é o reflexo das perspectivas do referencial bibliográfico, as quais trouxeram sempre como foco o conforto e bem estar do usuário. Assim, fundamentado nas características apresentadas no gráfico e com foco nos três pilares de sustentabilidade (economia, sociedade e meio ambiente), fez-se uma análise, conforme exemplificado na Figura 22.

Figura 22 - Pilares da sustentabilidade



Fonte: Autora (2023)

Segundo a Figura 22, visualiza-se que a maior quantidade de características de *wearable* é focado na sociedade, ou seja, na experiência do usuário.

4 CONCLUSÕES

Como considerações finais deste trabalho, o mesmo teve como objetivo apresentar os conceitos, histórico, aplicações, vantagens e desvantagens dos *wearable*, apresentar os países referências no tema, além de diagnosticar a inserção da tecnologia *wearable* em Blumenau/SC e propor indicadores para avaliação de desempenho da mesma.

Para o objetivo de conceituar wearables, a definição de Fernández-Caramés *et al.* (2018) e O’Nascimento (2022), os quais, de maneira sucinta, trazem a tecnologia como algo que pode entrar sobre ou no corpo e fornecem serviços inteligentes por meio de interfaces de comunicação. Não obstante, Tarafder (2018) também descreveu de forma similar, a qual cita que *wearable* é uma tecnologia que detecta o corpo e o ambiente ao seu redor, através dos sensores nele aplicados e os quais podem detectar, comunicar, navegar e ter interface com outros dispositivos.

Com base na fundamentação teórica apresentada, ficou clara a definição de *wearable*, a qual foi atrelada à referências de diversos autores. Além da sua definição, foram abordados alguns setores e áreas da indústria que mais utilizam a tecnologia *wearable* e concluiu-se que esta área é a da saúde, uma vez que o maior foco e os maiores exemplos apresentados na comunidade acadêmica são com finalidade de monitoramento, controle e detecção de sinais de saúde.

A evolução do tema foi retratada a partir da análise realizada dentro dos 20 anos, 2001-2005; 2006-2010; 2011-2015; e 2016-2021. Nesta, durante detalhamento no capítulo de resultados, fica clara a evolução, que partiu no primeiro período com quatro temas como referência em palavras-chave de pesquisa, sendo eles banda larga, têxteis eletrônicos, têxteis e tecnologia *wearable*. O segundo período segue sem evolução, uma vez que a palavra-chave definida, têxteis, entre os anos de 2006 e 2010 foi uma já mencionada no período anterior. O terceiro período já traz palavras diferentes, além de uma maior variedade, totalizando 6 palavras-chave, como condutor magnético artificial, dispositivos, fios condutores, antenas *wearable*, têxteis e têxteis eletrônicos.

Por fim, finalizou-se o quarto e mais atual período, associando o segmento de pesquisa a um total de dezesseis referências, sendo estas nanofibras, tinta condutora, rede de área corporal, aplicações *wearable*, banda de frequência industrial, biométricas, antenas têxteis, humano, têxteis inteligentes, fios, antenas *wearable*, e-têxteis, tecnologia *wearable*, têxteis, revestimento e supercapacitores. Ainda, respondendo à pergunta

referente a países referências, evidenciou-se, através dos mapas globais apresentados no capítulo de resultados, que as maiores potências em termos de publicação são a China e os Estados Unidos, os quais juntos, dentro dos “top 10” países em publicação, correspondem a 60% de protagonismo. Outrossim, afim de trazer uma abordagem nacional, foi realizada a análise dos artigos publicados no Brasil entre 2020 e 2023. Através das bases de dados *Web of Science* e *Scopus* foram encontrados apenas 28 artigos publicados, os quais foram abordados ao longo do trabalho de modo a enfatizar a carência de conteúdo no país e enfatizando a importância e relevância da presente pesquisa.

Além da parte teórica, conforme proposto na metodologia, o questionário foi aplicado e das 23 respostas válidas, 64% dos respondentes não pretendem implementar a tecnologia em sua empresa e ainda, nenhuma das empresas possui a tecnologia já implementada. Por este motivo, para o diagnóstico das empresas têxteis localizadas em Blumenau, as 23 respostas válidas não mostraram um produto com a tecnologia *wearable* aplicada e desta forma, a estratégia adotada para identificar os indicadores foi uma nova pesquisa nas bases de dados.

Por fim, foi realizada uma busca por indicadores referências para medição de *wearable*. Para tanto, foram utilizadas as palavras-chave “*wearable*” e “*KPI*”, as quais trouxeram como resultados alguns artigos que, de fato, apresentavam a metodologia utilizada para essa medição e que foram apresentadas nos resultados do presente estudo.

Segundo a leitura dos artigos encontrados sobre *wearable* que abordavam indicadores, a revisão sistemática de Qaim *et al.* (2020), que fala sobre a eficiência energética na Internet de coisas vestíveis, traz como *KPI* as características dos itens e sua respectiva tecnologia, como acuracidade, taxa de transferência, confiabilidade e vida útil, por exemplo. Ou seja, os autores comparam os atributos dos dispositivos e utilizam como forma de medir o desempenho dos mesmos.

Com base na atual conjuntura, avaliou-se, entre todos os outros indicadores encontrados nos outros estudos, que a metodologia de Qaim *et al.* (2020) traz, de forma prática, através de tabela, uma melhor abordagem para comparação das tecnologias, além de poder ser aplicada para diferentes tipos de *wearable*, portanto, sua metodologia foi aplicada para medição de desempenho dos artigos publicados no Brasil entre 2020 e 2023, conforme apresentado no tópico anterior. Desta forma, conclui-se que o trabalho busca responder as perguntas pré-definidas, além de contribuir com a comunidade acadêmica

de modo a trazer os principais e mais relevantes conceitos do tema em questão, além de trazer a abordagem da evolução do tema e países relevantes. Para uma perspectiva prática, foi possível, através do questionário, diagnosticar a situação das empresas da região relacionadas a tecnologia *wearable*.

Como limitantes desta dissertação, não foi possível seguir com a proposta de análise de um produto, uma vez que não as empresas não disponibilizaram acesso a elas. Além disto, buscou-se responder quais as aplicações da tecnologia *wearable* no setor têxtil em Santa Catarina, entretanto, com base nas respostas obtidas através do questionário amplamente divulgado, não foi possível encontrar aplicações da mesma na indústria presente na região.

Portanto, como trabalho futuro, sugere-se a contínua busca por empresas que possam ter a tecnologia implementada, e que, de forma a contribuir com a comunidade acadêmica, cedam material para análise e pesquisa. Outrossim, a possibilidade de estender o questionário a empresas de outras regiões, com o intuito de encontrar mais oportunidades. Também, com uma metodologia mais prática, aconselha-se a tentativa de desenvolvimento de algum dispositivo vestível que possa agregar para a sociedade.

REFERÊNCIAS

- ABIT - Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção. Perfil do Setor. 2022. Disponível em: <<https://www.abit.org.br/cont/perfil-do-setor>> Acesso em: 20 nov. 2022
- Aguirre, E., et al. Design and performance analysis of wireless body area networks in complex indoor e-health hospital environments for patient remote monitoring. *Int. J. Distrib. Sensor Netw.*, vol. 12, no. 9, 2016, Art. no. 1550147716668063.
- Agustini, D. *et al.* Microfluidic devices based on textile threads for analytical applications: state of the art and prospects. *Analytical Methods*, v. 13, n. 41, p. 4830-4857, 2021.
- Ajakwe, S. O. *et al.* Key Wearable Device Technologies Parameters for Innovative Healthcare Delivery in B5G Network: A Review. in *IEEE Access*, vol. 10, pp. 49956-49974, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3173643.
- Al Disi, M., et al. ECG signal reconstruction on the IoT-gateway and ef_cacy of compressive sensing under real-time constraints. *IEEE Access*, vol. 6, pp. 69130_69140, 2018.
- Andre, M. *et al.* User-centered environmental control: a review of current findings on personal conditioning systems and personal comfort models. *Energy and Buildings*, v. 222, p. 110011, 2020.
- Anwar, M., et al. Green communication for wireless body area networks: Energy aware link ef_cient routing approach. *Sensors*, vol. 18, no. 10, p. 3237, Sep. 2018.
- Anwer, A. H. *et al.* Recent Advances in Touch Sensors for Flexible Wearable Devices. *Sensors* 2022, 22, 4460. <https://doi.org/10.3390/s22124460>
- Araujo, R. S. *et al.* Development of a low-cost EEG-controlled hand exoskeleton 3D printed on textiles. *Frontiers in Neuroscience*, v. 15, p. 661569, 2021.
- Awan K. M., et al. Apriority-based congestion-avoidance routing protocol using IoT-based heterogeneous medical sensors for energy efficiency in healthcare wireless body area networks. *Int. J. Distrib. Sensor Netw.*, vol. 15, no. 6, 2019, Art. no. 1550147719853980.
- Baiju, N. The complete history of wearable technology: A timeline. Disponível em <<https://roboticsbiz.com/the-complete-history-of-wearable-technology-a-timeline/>>. Acesso em: 20 nov. 2023.
- Bassi, W. D. G. et al. Um estudo sobre a customização de produtos. *Revista Interface Tecnológica*, [S. l.], v. 17, n. 1, p. 292–302, 2020. DOI: 10.31510/infa.v17i1.709. Disponível em: <<https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/709>>. Acesso em: 01 dez. 2023.
- Beach, C., et al. An ultra low power personalizable wrist worn ECG monitor integrated with IoT infrastructure. *IEEE Access*, vol. 6, pp. 44010_44021, 2018.
- Candido, I. C. M. *et al.* Wearable triboelectric nanogenerators based on chemical modification of conventional textiles for application in electrically driven antibacterial devices. *ACS Applied Electronic Materials*, v. 4, n. 1, p. 334-344, 2021.
- Cavalcanti, A. M. e Dos Santos, G. F. A indústria têxtil no BRASIL: uma análise da importância da competitividade frente ao contexto mundial. *Exacta*, [S. l.], v. 20, n. 3, p. 706–726, 2022. DOI: 10.5585/exactaep.2021.17784. Disponível em: <<https://periodicos.uninove.br/exacta/article/view/17784>>. Acesso em: 15 out. 2023.
- Cobo, M. *et al.* Science Mapping Software Tools: Review, Analysis, and Cooperative Study Among Tools. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*. 62. 1382 - 1402. 10.1002/asi.21525. 2011.

- Collins, M. e Parsa, H. G. Pricing strategies to maximize revenues in the lodging industry. *Hospitality Management*, v. 25, n. 1, p. 91-107, 2006.
- D'AVENI, R. A. Beating the commodity: how to maximize your competitive position
- Coyle, S. *et al.* Textile-based wearable sensors for assisting sports performance. Sixth International Workshop on Wearable and Implantable Body Sensor Networks (pp. 307-311). IEEE, 2009.
- Da Silva Oliveira, G. *et al.* Metal-free triboelectric nanogenerators for application in wearable electronics. *Materials Advances*, 2022.
- Dagale, H., et al. CyPhySC: A reliable and managed cyber-physical system for old-age home healthcare over a 6LoWPAN using wearable motes. In *Proc. IEEE Int. Conf. Services Comput.*, Jun. 2015, pp. 309_316.
- Dai, Z. *et al.* One-step preparation of a core-spun Cu/P (VDF-TrFE) nanofibrous yarn for wearable smart textile to monitor human movement. *ACS Applied Materials & Interfaces*, v. 13, n. 37, p. 44234-44242, 2021.
- Davis. S. *Future Perfect*. MA: Addison-Wesley Publishing, 1987
- De Souza, L. S.; Borelli, C. *Estudo da Integração de Sensores aos Têxteis Esportivos*. São Bernardo do Campo. 2017.
- Di, M. R. *et al.* Applications of a textile-based wearable system for vital signs monitoring. *International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society* (pp. 2223-2226). IEEE, 2006.
- Djelouat, H., et al. An adaptive joint sparsity recovery for compressive sensing based EEG system. *Wireless Commun. Mobile Comput.*, vol. 2017, pp. 1_10, 2017.
- Djelouat, et al. Realtime ECG monitoring using compressive sensing on a heterogeneous multicore edge-device. *Microprocessors Microsyst.*, vol. 72, Feb. 2020, Art. no. 102839.
- Duong, K. Rolling out Zotero across campus as a part of a science librarian's outreach efforts. *Science and Technology Libraries*, v.29, n.4, p.315-324, 2010.
- Eloi, S. S., et al. Energy efficiency and energy pre-diagnostic in education institutions of João Monlevade - MG. *Research, Society and Development*, [S. l.], v. 8, n. 2, p. e4182762, 2019. DOI: 10.33448/rsd-v8i2.762. Disponível em: <<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/762>>. Acesso em: 3 dez. 2023.
- Fernández-Caramés, T.M., Fraga-Lamas, P. Towards The Internet of Smart Clothing: A Review on IoT *Wearables* and Garments for Creating Intelligent Connected E-Textiles. *Electronics* 2018, 7, 405. <https://doi.org/10.3390/electronics7120405>
- Fiorani E. *Moda, corpo, imaginário. Il divenire moda del mondo fra tradizione e innovazione*. edizioni polidesign; 2006.
- Fortunati, L.; Serrano, R. Potencialidades e restrições presentes no processo de inserção de wearables no ecossistema da moda. *XLII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Anais...Foz do Iguaçu: 2022*.
- Gao, R., et al. Web-based motion detection system for health care. in *Proc. IEEE/ACIS 14th Int. Conf. Comput. Inf. Sci. (ICIS)*, Jun. 2015, pp. 65_70.
- Garcia, R. Eficiência energética no Brasil. Disponível em: <<https://eficienciaenergetica.atlascope.com.br/eficiencia-energetica-no-brasil>>. Acesso em: 20 nov. 2023.
- Garvin, D. A. *Gerenciando a qualidade: a visão estratégica e competitiva*. Tradução: João Ferreira Bezerra de Souza. Rio de Janeiro: ed. Qualitymark, 2002.

- Geraldo, A. C. F. *et al.* Prototype of Wearable Technology Applied to the Monitoring of the Vertebral Column. *Int. J. Online Biomed. Eng.*, v. 16, n. 1, p. 34-50, 2020.
- Gharemani Honarvar, M., Latifi, M. Overview of wearable electronics and smart textiles. *The Journal of The Textile Institute*, v. 108, n. 4, p. 631-652, 2017.
- Godoy, A. S. Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. *RAE-Revista de Administração de Empresas*, v. 35, n. 2, mar-abr, p. 57-63, 1995.
- Gonçalves, A. C. S., Karam, D. A era do futurismo: um estudo sobre wearable technology e sua aplicação em massa. *Brazilian Journal of Development*, v.7, n.7, p. 70150-70159, 2021.
- Gutiérrez-Salcedo, M., *et al.* Some bibliometric procedures for analyzing and evaluating research fields. *Appl Intell* 48, 1275–1287. 2018. <https://doi.org/10.1007/s10489-017-1105-y>
- Haghi, M. *et al.* Wearable Devices in Medical Internet of Things: Scientific Research and Commercially Available Devices. *Healthcare Informatics Research*, 2017, <https://doi.org/10.4258/hir.2017.23.1.4>
- Hooshmand, M., et al. Boosting the battery life of wearables for health monitoring through the compression of biosignals. *IEEE Internet Things J.*, vol. 4, no. 5, pp. 1647_1662, Oct. 2017.
- Hu, L., et al. Design of QoS-aware multi-level MAC-layer for wireless body area network. *J. Med. Syst.*, vol. 39, no. 12, p. 192, Dec. 2015.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Atlas Escolar. Disponível em: <<https://atlascolar.ibge.gov.br/mapas-atlas/mapas-do-brasil>> Acesso em: 16 dez. 2023.
- Iqbal, S.M.A. *et al.* Advances in healthcare wearable devices. *npj Flex Electron* 5, 9, 2021. <https://doi.org/10.1038/s41528-021-00107-x>
- Islam, R. *et al.* Smart Electronic Textile-Based Wearable Supercapacitors. *Advanced Science*, 2022, 9(31), <https://doi.org/10.1002/advs.202203856>.
- Ivšić, B. *et al.* Considerations on embroidered textile antennas for wearable applications. *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 12, pp. 1708-1711, 2013.
- Ivšić, B., Bonefačić, D. Implementation of conductive yarn into wearable textile antennas. 24th International Conference Radioelektronika (pp. 1-4). IEEE, 2014.
- Kim, T. Y. e Kim, E. J. Multi-hop WBAN configuration approach for wearable machine-to-machine systems. *Multimedia Tools Appl.*, vol. 75, no. 20, pp. 12859_12878, 2016.
- Kiyan, F. M. Proposta para desenvolvimento de indicadores de desempenho como suporte estratégico. *São Carlos*, v. 108, 2001.
- Klemm, M., Locher, I., Troster, G. A novel circularly polarized textile antenna for wearable applications. 7th European Conference on Wireless Technology. (pp. 285-288). IEEE, 2004.
- Leal-Junior, A. G. *et al.* Wearable and fully-portable smart garment for mechanical perturbation detection with nanoparticles optical fibers. *IEEE Sensors Journal*, v. 21, n. 3, p. 2995-3003, 2020.
- Leal-Junior, A. *et al.* Smart textiles for multimodal wearable sensing using highly stretchable multiplexed optical fiber system. *Scientific Reports*, v. 10, n. 1, p. 1-12, 2020.
- Li, Y. *et al.* Oral wearable sensors: Health management based on the oral cavity. *Biosensors and Bioelectronics*: X, Volume 10, ISSN 2590-1370, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.biosx.2022.100135>.
- Liao, Y., et al. Relay-enabled task offloading management for wireless body area networks. *Appl. Sci.*, vol. 8, no. 8, p. 1409, Aug. 2018.

Lima, D. Do têxtil ao TI, Blumenau é referência na economia catarinense. Disponível em: <https://ndmais.com.br/economia/do-textil-ao-ti-blumenau-e-referencia-na-economia-catarinense/>. Acesso em: 15 out. 2023.

Lin, L. *et al.* Wearable and stretchable conductive polymer composites for strain sensors: How to design a superior one? *Nano Materials Science*, ISSN 2589-9651, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.nanoms.2022.08.003>.

Loss, C. *et al.* Design and Analysis of the Reproducibility of Wearable Textile Antennas. In: 2020 12th International Symposium on Communication Systems, Networks and Digital Signal Processing (CSNDSP). IEEE, 2020. p. 1-5.

Ma, X. *et al.* Smart contact lenses for biosensing applications. *Advanced Intelligent Systems*, v. 3, n. 5, p. 2000263, 2021.

Maestri, G. *et al.* "Recent advances in piezoelectric textile materials: A brief literature review." *Journal of Engineered Fibers and Fabrics* 18, 2023: 15589250231151242.

Mahmud, M. S. *et al.* SensoRing: An integrated wearable system for continuous measurement of physiological biomarkers. in *Proc. IEEE Int. Conf. Commun. (ICC)*, May 2018, pp. 1_7.

Mahmud, M. S., *et al.* An integrated wearable sensor for unobtrusive continuous measurement of autonomic nervous system. *IEEE Internet Things J.*, vol. 6, no. 1, pp. 1104_1113, Feb. 2019.

Mersani, A., Osman, L., & Sfar, I. Dual-band textile antenna on AMC substrate for wearable applications. *IEEE 15th Mediterranean Microwave Symposium (MMS)* (pp. 1-3). IEEE, 2015.

Mokhtari, F. *et al.* Piezofibers to smart textiles: a review on recent advances and future outlook for wearable technology. *Journal of Materials Chemistry A*, 8(19), 9496–9522, 2020. <https://doi.org/10.1039/d0ta00227e>

Monteiro, L. Wearables - a moda inteligente das tecnologias vestíveis. Disponível em: <https://blog.modacad.com.br/wearables-a-moda-inteligente-das-tecnologias-vestiveis/>. Acesso em: 14 out. 2023.

Montero-Díaz, J. *et al.* A science mapping analysis of ‘Communication’ WoS subject category (1980-2013). *Comunicar* [online], v.26, n.55, pp.81-91. ISSN 1988-3293. 2018. <https://doi.org/10.3916/C55-2018-08>.

Monti, G. *et al.* A textile humidity sensor for wearable applications in the 4.0 era. 2021 5th International Symposium on Instrumentation Systems, Circuits and Transducers (INSCIT). IEEE, 2021. p. 1-5.

Nawaz, A. *et al.* Impact of Planar and Vertical Organic Field-Effect Transistors on Flexible Electronics. *Advanced Materials* (2023): 2204804.

Neves, P. V. S. *Contabilidade de Custos um enfoque direto e objetivo*. 11. ed. São Paulo: Saraiva, 2013.

Neely, A.; Gregory, M. Performance measurement system design. *International Journal of Operations & Product Management*, v. 15, 1995. Disponível em: <http://ebSCO.com> Acesso em: 12 nov. 2023.

O’Nascimento, R. *Roupas Inteligentes: combinando moda e tecnologia*. Editora Senac São Paulo. 2020.

Panesi, A. R. Q. *Fundamentos de eficiência energética*. São Paulo: Ensino Profissional, 2006.

Paschoalin, R. T. *et al.* Wearable sensors made with solution-blow spinning poly (lactic acid) for non-enzymatic pesticide detection in agriculture and food safety. *Biosensors and Bioelectronics*, v. 199, p. 113875, 2022.

- Paul, M. M. R. *et al.* Ultra-Wideband Flexible and Wearable Textile Antenna for Predicting Breast Cancer. In: 2021 Smart Technologies, Communication and Robotics (STCR). IEEE, 2021. p. 1-5.
- Pegrucchi, L. Wearable tech: quando a moda encontra a inteligência artificial. Disponível em: <<https://soudealgodao.com.br/blog/wearable-tech-quando-a-moda-encontra-a-inteligencia-artificial/>>. Acesso em: 14 out. 2023.
- Pereira, C., et al. Open IoT architecture for continuous patient monitoring in emergency wards. *Electronics*, vol. 8, no. 10, p. 1074, 2019.
- Pereira, C. S. C. N. et al.. Análise do conceito de conforto: contribuições para o diagnóstico de Disposição para Conforto melhorado. *Escola Anna Nery*, v. 24, n. 2, p. e20190205, 2020.
- Pope, J.; Lekakou, C. Thermoelectric polymer composite yarns and an energy harvesting wearable textile. *Smart Materials and Structures*, v. 28, n. 9, p. 095006, 2019.
- Preejith, S. P., et al. Accelerometer based system for continuous respiratory rate monitoring. in *Proc. IEEE Int. Symp. Med. Meas. Appl. (MeMeA)*, May 2017, pp. 171_176.
- Qaim, W. B. *et al.* Towards Energy Efficiency in the Internet of Wearable Things: A Systematic Review," in *IEEE Access*, vol. 8, pp. 175412-175435, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3025270.
- Rachim, V. P. e Chung, W. Y. Wearable noncontact armband for mobile ECG monitoring system. *IEEE Trans. Biomed. Circuits Syst.*, vol. 10, no. 6, pp. 1112_1118, Dec. 2016.
- Roshni, S. B. *et al.* Design and fabrication of an E-shaped wearable textile antenna on PVB-coated hydrophobic polyester fabric. *Smart Materials and Structures*, v. 26, n. 10, p. 10
- Roudjane, M. *et al.* Smart T-shirt based on wireless communication spiral fiber sensor array for real-time breath monitoring: Validation of the technology. *IEEE Sensors Journal*, v. 20, n. 18, p. 10841-10850, 2020.
- Roy, K. *et al.* A self-powered wearable pressure sensor and pyroelectric breathing sensor based on GO interfaced PVDF nanofibers. *ACS Applied Nano Materials*, v. 2, n. 4, p. 2013-2025, 2019.
- Roy, M., et al. Designing transmission strategies for enhancing communications in medical IoT using Markov decision process. *Sensors*, vol. 18, no. 12, p. 4450, Dec. 2018.
- San Martin, A. S. et al. Motivos que influenciam as organizações na adoção de práticas sustentáveis na área de Tecnologia da Informação. *Revista de Tecnologia Aplicada*, v. 9, n. 3, p. 3-19, 2021.
- Santos, M. et al. Smart Clothing for Gases Sensing. *Proceedings of the IV School of Systems and Networks (SSN 2020)*, Vitória, Brazil, p. 2-5, 2020.
- Sarker, V. K., et al. Portable multipurpose bio-signal acquisition and wireless streaming device for wearable. in *Proc. IEEE Sensors Appl. Symp. (SAS)*, Mar. 2017, pp. 1_6.
- Serrano, R. et al. Evolução Temática da Tecnologia Wearable no Setor Têxtil e de Vestuário: 2001-2021. In: *ENEGEP – Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, 43. 2022. Fortaleza. Anais. Fortaleza: Abepro, 2023.
- Shak Sadi, M.; Kumpikaité, E. Advances in the robustness of wearable electronic textiles: strategies, stability, washability and perspective. *Nanomaterials*, v. 12, n. 12, p. 2039, 2022.
- Seneviratne, S. *et al.* "A Survey of Wearable Devices and Challenges," in *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 19, no. 4, pp. 2573-2620, Fourthquarter 2017, doi: 10.1109/COMST.2017.2731979.

Singh, S., Verma, S. Compact wearable dual wideband circularly polarized L-strip fed slotted textile antenna with parasitic elements for ISM band applications. *Journal of Electromagnetic Waves and Applications*, v. 35, n. 2, p. 185-197, 2021.

Sucharitha, G., Tannmayee, B., Dwarakamai, K. Revolution in IoT: Smart Wearable Technology. In: Nandan Mohanty, S., Chatterjee, J.M., Satpathy, S. (eds) *Internet of Things and Its Applications*. EAI/Springer Innovations in Communication and Computing. Springer, Cham. 2022. https://doi.org/10.1007/978-3-030-77528-5_21

Sundarsingh, E. F., Kanagasabai, M., Ramalingam, V. S. Completely integrated multilayered weave electro-textile antenna for wearable applications. *International Journal of Microwave and Wireless Technologies*, v. 9, n. 10, p. 2029-2036, 2017.

Tarafder, N. *Applications of wearable electronics as smart clothing*, Hooghly Engineering and Technology, Hooghly, 2018.

Taranova, N. A., Bulanaya, A.A., Zherdev, A.V., Dzantiev, B.B. Triple Enhancement for Sensitive Immunochromatographic Assay: A Case Study for Human Fatty Acid-Binding Protein Detection. *Biosensors*. 2022; 12(12):1166. <https://doi.org/10.3390/bios12121166>

Thorp, E. O. The invention of the first wearable computer. In *Digest of Papers. Second international symposium on wearable computers (Cat. No. 98EX215)* (pp. 4-8). IEEE, 1998.

Touati, F., et al. Feasibility and performance evaluation of a 6LoWPAN enabled platform for ubiquitous healthcare monitoring. *Wireless Commun. Mobile Comput.*, vol. 16, no. 10, pp. 1271_1281, Jul. 2016.

Tung, T. T. *et al.* Graphene woven fabric-polydimethylsiloxane piezoresistive films for smart multi-stimuli responses. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, v. 221, p. 112940, 2023.

Ullah, M. U. *et al.* MIMO textile antenna for 5.2 GHz medical wearable monitoring systems. *IEEE 23rd International Multitopic Conference (INMIC)*. IEEE, 2020. p. 1-4.

Van Eck, N., Waltman, L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, v. 84, n. 2, p. 523-538, 2010.

Waltman, L., Van Eck, N. J., Noyons, E. C. M. A unified approach to mapping and clustering of bibliometric networks. *Journal of Informetrics*, 4(4), 629-635. 2010.

Wang, C., et al. A low power cardiovascular healthcare system with cross-layer optimization from sensing patch to cloud platform. *IEEE Trans. Biomed. Circuits Syst.*, vol. 13, no. 2, pp. 314_329, Apr. 2019.

Xu, K., et al. A data-driven compressive sensing framework tailored for energy-efficient wearable sensing. in *Proc. IEEE Int. Conf. Acoust., Speech Signal Process. (ICASSP)*, Mar. 2017, pp. 861_865.

Yang, G., et al. An IoT-enabled stroke rehabilitation system based on smart wearable armband and machine learning. *IEEE J. Transl. Eng. Health Med.*, vol. 6, pp. 1_10, 2018.

Yaziz, N. S. M., Rahim, M. K. A. Wideband textile antenna for wearable application. *IEEE International RF and Microwave Conference (RFM)*. IEEE, 2016. p. 132-135.

Zanon, V. R., et al. Dispositivo com Interface Vestível para a Aquisição, Processamento e Transmissão do Sinal Cardíaco em Exame de Eletrocardiograma. In: *Simpósio Brasileiro de Computação Aplicada à Saúde (SBCAS)*, 21., 2021, Evento Online. Anais [...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2021. p. 48-59. ISSN 2763-8952. DOI: <https://doi.org/10.5753/sbcas.2021.16052>.

Zeferino, M. A. P. Obsolescência Programada: Proposta de controle jurídico para mitigação de sua prática face aos preceitos ambientais da política nacional dos resíduos sólidos. *Revista*

Reflexão e Crítica do Direito, [S. l.], v. 8, n. 1, p. 279–305, 2020. Disponível em: <<https://revistas.unaerp.br/rcd/article/view/2329>>. Acesso em: 3 dez. 2023.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina – campus Blumenau
PGETEX – Programa de Pós Graduação em Engenharia Têxtil

Dissertação de mestrado – Diagnóstico da inserção da tecnologia *wearable* no setor têxtil e de vestuário em Santa Catarina

Orientadora: Profa. Dra. Ana Julia Dal Forno

Co-orientador: Prof. Dr. José Alexandre Borges do Valle

Discente: Paula Malburg Rebelo

DADOS DA EMPRESA

| | |
|-----------------------------|--|
| Nome da empresa | |
| Quantidade de funcionários | |
| Nome do Respondente | |
| Cargo e tempo na função | |
| Email e fone do respondente | |

Conceito de Wearables

Wearables (dispositivos vestíveis) são produtos têxteis que funcionam eletricamente no corpo para fornecer serviços inteligentes e melhorar a qualidade de vida humana com tecnologia integrada.

QUESTÕES SOBRE WEARABLES

1. Quais os produtos que sua empresa fabrica?

- () fitness
- () cama, mesa e banho
- () roupas infantis
- () roupas íntimas e/ou praia
- () moda adulta
- () acessórios (meias, bonés)
- () tapeçaria
- () fios, linhas e fibras especiais
- () roupas sob medida e/ou uniforme
- () outros: _____

2. Há a utilização da tecnologia *wearable* em alguma linha de produtos da empresa? (somente uma alternativa)
- Não e não pretende implementar.
 - Não, mas pretende implementar nos próximos 5 anos.
 - Não, mas pretende aplicar em até 3 anos.
 - Sim, apenas para um produto.
 - Sim e pretende replicar para mais produtos conforme a estratégia da empresa.
3. Você saberia dizer os pontos fortes e fracos do produto? O que seria necessário fazer para corrigir esses pontos fracos?
- Qual foi a estratégia de *marketing* utilizada para o produto
4. Há indicadores para medir os benefícios da implementação dos *wearables*? Se sim, quais? (resposta aberta)
5. Foi realizada uma pesquisa de satisfação do cliente em relação ao produto?
6. Demais comentários que julgar importante, fique à vontade.