



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Faculdade de Engenharia e Ciências de Guaratinguetá**

BEATRIZ APARECIDA LOPES FRANCO

Revisão sistemática e crítica sobre desenvolvimento de eletromiógrafo a baixo custo

Guaratinguetá
2023

Beatriz Aparecida Lopes Franco

Revisão sistemática e crítica sobre desenvolvimento de eletromiógrafo a baixo custo

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia e Ciências do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Mecânica.

Orientadora: Prof.^a Me. Sofia Glyniadakis
Coorientador: Prof. Dr. Marcelo Sampaio Martins

Guaratinguetá
2023

F825r	<p>Franco, Beatriz Aparecida Lopes</p> <p>Revisão sistemática e crítica sobre desenvolvimento de eletromiógrafo a baixo custo. / Beatriz Aparecida Lopes Franco. – Guaratinguetá, 2023.</p> <p>93 f : il.</p> <p>Bibliografia: f. 68-76</p> <p>Trabalho de Graduação em Engenharia de Mecânica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia e Ciências de Guaratinguetá, 2023.</p> <p>Orientadora: Prof.^ª Me. Sofia Glyniadakis</p> <p>Coorientador: Prof. Dr. Marcelo Sampaio Martins</p> <p>1. Eletromiografia. 2. Custo-benefício. 3. Tecnologia apropriada. I. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDU 620.1.058</p>
-------	--

BEATRIZ APARECIDA LOPES FRANCO

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO PARTE
DO REQUISITO PARA OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
"GRADUADA EM ENGENHARIA MECÂNICA"

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA


Prof. Dr. CELSO EDUARDO TUNA
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:


Prof.^a Me. SOFIA GLYNIADAKIS
Orientadora UNESP-FEG


Prof. Dr. ANGELO CAPORALI FILHO
UNESP-FEG


Prof. Dr. EVALDO CHAGAS GOUVÊA
UNESP-FEG

Janeiro 2023

AGRADECIMENTOS

À minha família, Regiane, Marcelo e Gustavo, pelo conforto, apoio e liberdade nas minhas decisões, dados nestes anos da minha vida. Aos demais familiares por demonstrarem orgulho e encorajamento na conclusão da minha graduação.

Aos meus amigos, Beatriz, Carolina, Enzo, Fernanda, Gustavo, Isabella, Mayumi, Stefany, Ricardo, Helena, Hugo e Celine, pela companhia e motivação ao longo dos anos, além dos momentos de risadas e desabafos compartilhados.

Aos meus orientadores pela ajuda e condução deste trabalho, mas também pelos conselhos profissionais.

Por fim, às amigadas obtidas durante o intercâmbio, em especial Katrin, Marion, Letícia, Paulo e Érica pelo incentivo na decisão de voltar ao Brasil, conselhos sobre o futuro da minha carreira na Alemanha e interesse na minha volta para lá.

“Never look back at your past, everything happens for a reason, keep your head up and look forward. The more you look back the more beautiful things you will miss in life”;
Brandon Smith

RESUMO

Este trabalho aborda opções de projetos do equipamento eletromiógrafo, conforme literaturas nacionais e internacionais, numa perspectiva estatística e de desenvolvimento. Quanto a estatística apresenta-se países, autores e quais anos o assunto é foco de pesquisa, além dos tópicos que ele é discutido, segundo a análise de palavras apresentada., e também se indica quais são as referências centrais neste tipo de discussão. Na perspectiva de desenvolvimento, menciona-se diversas tecnologias atuais usadas nas obras para construção do equipamento de forma sucedida, possibilitando a escolha da configuração conforme objetivo da análise de um projeto.

PALAVRAS-CHAVE: revisão. Eletromiografia. sEMG. baixo custo. tecnologia.

ABSTRACT

This work addresses design options for electromyograph equipment, according to national and international literature, from a statistical and development perspective. As for statistics, countries, authors and which years the subject is the focus of research are presented, in addition to the topics that it is discussed with, according to the analysis of terms presented, and it also indicates which are the main references in this type of discussion. From the perspective of development, several trending technologies are mentioned to be used in articles for building a device successfully, allowing the choice of configuration according to the aim of analysis from the project.

KEYWORDS: review. Electromyography. sEMG. low cost. technologies.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Realização do exame de eletromiografia.....	17
Figura 2 – Uso do eletromiógrafo BTS-FREEEMG 100.....	18
Figura 3 – Rede de comunicação viável a tecnologia Bluetooth.....	20
Figura 4 – Exemplo de código em Python.....	21
Figura 5 – Programa exemplo no MatLab com representações gráficas.....	22
Figura 6 – Esquema de placa de Arduino Uno.....	23
Figura 7 – Ilustração de código exemplo no Arduino IDE.....	24
Figura 8 – Estrutura do microprocessador ARM.....	25
Figura 9 – Diagrama de usos e classificações de <i>machine learning</i>	27
Figura 10 – Esquema ilustrativo do <i>deep learning</i>	28
Figura 11 – Ilustração da arquitetura CNN e RNN.....	30
Figura 12– Circuito comercial e interno do amplificador operacional.....	31
Figura 13 – Ilustração da comunicação de dados entre <i>smartwatch</i> e celular.....	32
Figura 14 – Exemplos de aparelhos inteligentes.....	33
Figura 15 – Esquema ilustrativo da conexão <i>wireless</i>	34
Figura 16 – Impressora 3D de filamento.....	36
Figura 17 – Gráfico de progresso de artigos publicados por ano.....	38
Figura 18 – Áreas de estudo que abordam a temática.....	39
Figura 19 – Contribuição em publicações dos 15 primeiros países.....	40
Figura 20 – Mapeamento de coautores significativos ao tema.....	41
Figura 21 – Relação de coautoria baseado em citações.....	42
Figura 22 – Ampliação do círculo vermelho contendo Itália.....	43
Figura 23 – Mapa de similaridades por citações.....	44
Figura 24 – Mapa das palavras recorrentes ao tema.....	45
Figura 25 – Mapa destacando conexões de custo.....	46
Figura 26 –Mapa de palavras conforme método de contagem total.....	47

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Listagem dos artigos escolhidos.....	48
Quadro 2 – Descritivo artigos relatando baixo custo.....	51
Quadro 3 – Descritivo artigos utilizando Bluetooth.....	55
Quadro 4 – Artigos com softwares de programação.....	57
Quadro 5 – Placas eletrônica mencionadas.....	60
Quadro 6 – Documentos utilizando ARM.....	61
Quadro 7 – Obras que utilizaram machine learning no projeto.....	62
Quadro 8 – Artigos com metodologia deep learning e CNN-RNN.....	63
Quadro 9 – Descritivo do uso da impressão 3D nos artigos.....	63
Quadro 10 – – Descritivo da relação com próteses.....	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Preços referentes a diferentes modelos e fabricantes de eletromiógrafos 18

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ARM	Advanced RISC Machine
AD	Analógico - digital
Ag	Prata
AgCl	Cloreto de prata
CMOS	Semicondutor de óxido metálico complementar
CNN	Convolutional Neural Network
COM	Comunicação
DAQ	Data acquisition
DC-DC	Corrente contínua (Direct current)
DRL	Driven Right Leg
EEG	Eletroencefalografia
FFC	Flexible Flat cable
GPU	Graphic Processing Units
IDE	Integrated Development Environment
IMU	Unidade de medida inercial
LiPo	Polímero de lítio
MMG	Mecanomiograma
NFC	Near Field Communication
PCB	Printed Circuit Board
RF	Radio Frequency
RFID	Radio-Frequency IDentification
RISC	Reduced Instruction Set Computing
RNN	Recurrent Neural Network
sEMG	surface Electromyography
SPI	Serial Peripheral Interface
SPP	Serial Port Profile
SoC	System-on-a-chip
UDP	User Datagram Protocol
USART	Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter
USB	Universal Serial Bus

LISTA DE SÍMBOLOS

Hz	Hertz
μV	microVolts
mV	milivolts
€	Euro (moeda europeia)
US\$	Dólar americano (moeda dos Estados Unidos da América)
V	Volts
Ω	Ohm
μF	micro Faraday
m	metro
h	hora
mAh	miliampère-hora
kbps	Kilobits por Segundo
MB/s	Megabyte por segundo

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	OBJETIVOS	14
2	REVISÃO LITERÁRIA	15
2.1	TRABALHO DE REVISÃO	15
2.2	ELETROMIOGRAFIA	15
2.2.1	Custos de eletromiógrafos	16
2.3	TECNOLOGIAS ALTERNATIVA	17
2.3.1	Bluetooth	18
2.3.2	Python	19
2.3.3	Matlab	20
2.3.4	Arduino	21
2.3.5	Arquitetura ARM	23
2.3.6	Machine learning	25
2.3.7	Deep learning	26
2.3.8	Arquitetura CNN-RNN	27
2.3.9	Amplificador operacional	29
2.3.10	Aparatos vestíveis	30
2.3.11	Aparatos inteligentes	31
2.3.12	Wireless	32
2.3.13	Impressão 3D	33
3	METODOLOGIA	36
4	RESULTADOS	37
5	CLUSTER	50
5.1	CLUSTER CUSTO	50
5.2	CLUSTER TECNOLOGIA.....	54
5.2.1	Bluetooth	56
5.2.2	Software de programação	59
5.2.3	Arduino	59
5.2.4	ARM	60
5.2.5	Machine learning	61
5.2.6	Deep learning e CNN-RNN	62
5.2.7	Impressão 3D	63

5.3	CLUSTER PRÓTESE.....	63
6	CONCLUSÃO.....	66
	REFERÊNCIAS.....	67
	BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	76

1 INTRODUÇÃO

Eletromiografia é um exame fundamental à área da saúde quanto ao suporte no diagnóstico de disfunções musculares, degenerativas ou inflamatórias, efeitos de desuso no nível de ativação muscular, doenças sérias afetando células nervosas ou nervos periféricos, como também, efeitos e especificidade do exercício físico na função neuromuscular. A versatilidade de análise do procedimento o torna necessário não apenas a médicos, mas também para outras áreas, na odontologia quanto a incômodos na articulação temporomandibular, fonoaudiologia no desenvolvimento dos músculos faciais ou traumas e cirurgias de pacientes. Na fisioterapia, a resposta das fibras musculares ao longo do tratamento, assim como aos profissionais de educação física com enfoque nas condições dos músculos.

Disponibilizar o monitoramento da atividade elétrica das unidades motoras, durante a execução de exercícios para tratamento, auxilia os profissionais na identificação apurada da anomalia ou disfunção da musculatura em análise, porque os sinais projetados em gráficos relacionam o número de unidades ativadas e força muscular.

Mesmo o procedimento de uso do aparelho ser simples, é necessário familiarização na interpretação e compreensão dos sinais, sendo fundamental tal aprendizado durante a graduação dos profissionais. Contudo, para aquisição do dispositivo demanda-se alto investimento da instituição educadora e, conseqüente posterior gastos em manutenção. E essa característica financeira foge do cenário da educação superior no país, e mesmo que a instituição detenha um poder financeiro, outra limitação enfrentada é a quantidade insuficiente dos dispositivos para a proporção de discentes.

1.1 OBJETIVOS

Realizar uma revisão bibliográfica com coleta de informações relevantes ao desenvolvimento de um eletromiógrafo de superfície (sEMG) de baixo custo funcional. Identificar componentes, estrutura e tendências tecnológicas associadas ao equipamento, e criar um mapa visual com características e instruções fundamentais na elaboração prática do sEMG, a fim de corroborar com o desenvolvimento futuro do equipamento.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Este capítulo intenta apresentar os principais tópicos relacionados à abordagem do trabalho e sua temática.

1.1 TRABALHO DE REVISÃO

Realizar um trabalho de revisão implica em saber o que já se realizou, identificar quais limitações de conhecimento na área, delimitar problemas nos projetos de pesquisa e consciência da atual conjuntura temática. Durante a elaboração do trabalho, expõem-se uma visão geral do tema, discorrendo os pontos principais de forma coesa e coerente e para tal, a base de pesquisa são artigos em periódicos científicos, em congressos, teses, dissertações, com ordem de relevância preferencialmente internacional e nacional reconhecido, posterior bons editores, conferências e teses. Visto que os dados advêm de uma grande gama de artigos e livros, é extremamente importante organizá-los de forma que o acesso às informações seja bem fácil.

Mortimer Adler, em seu livro *How to read a book: the classic guide to intelligent reading* apresenta 4 níveis de leitura: leitura elementar, de inspeção, analítica e sintópica. Destas, apenas as últimas três são pertinentes a um trabalho de revisão: o primeiro contato resume-se na leitura de inspeção - rápida leitura, normalmente focada no título, sinopses, pré- e posfácio, com intuito de pesquisa generalizada e catalogação.

Posteriormente, a leitura analítica para compreensão íntegra do texto, identificando o texto pelo tema central, resumindo-o em suas próprias palavras. Como última etapa, realiza-se a leitura sintópica, a mais fundamental e o conceito do trabalho de revisão. Em suma, é uma leitura comparativa e de intertextualidade, em que o leitor procura outras fontes de diferentes autores e opiniões do assunto, relaciona-os e possivelmente alcançar conclusões não reportadas em nenhuma das obras consultadas.

2.2 ELETROMIOGRAFIA

A eletromiografia é o estudo da atividade elétrica muscular de repouso e contração com uso de eletrodo introduzidos no músculo de análise ou colados na pele, como instrumentação, utiliza-se os eletromiógrafos para identificar a atividade elétrica, denominada eletromiograma (EMG) ou sinal miográfico, conforme visto na Figura 1.

Segundo Vera Button (2002), a natureza do sinal miográfico é de grande complexidade e influenciável pela configuração dos instrumentos em uso, propriedades anatômicas e fisiológicas do músculo e o controle do sistema nervoso, por isso, apresentará frequência dentro do intervalo [20-1000 Hz], amplitudes de 100 μ V a 90mV.

A aplicação do eletromiógrafo pode ser intramuscular (EMG) – há inserção do eletrodo até o músculo, usado em avaliações cinesiológicas, sem intuito diagnosticar comprometimento do sistema nervoso periférico - ou de superfície (sEMG), colocado na pele sobre o músculo, analisam comportamento motor, controle de dispositivos externos e limitado a músculos superficiais.

Quanto aos eletrodos, há 2 tipos de eletrodos: monopolar – filamentos únicos revestidos de material teflon e ponto de captação descoberto, ideal para análise em repouso e exige um eletrodo de referência na pele próximo ao ponto de introdução – e coaxial, de metal formato biel cuja parte externa serve de referência e filamento interno eletrodo ativo, sem que seja fixado na pele.

Figura 1: Realização do exame de eletromiografia



Fonte: Eureka (2022).

2.2.1 Custo de eletromiógrafos

Em prévia consulta às literaturas e artigos deste trabalho, junto a profissionais da área de fisioterapia, coletou-se dados quanto a faixa de preços de empresas populares fabricantes de dispositivos eletromiógrafos. Após contato por e-mail com vendedores e pelo site das próprias empresas ou de vendas de equipamentos seminovos e novos, coletaram os dados

apresentados na tabela 1.

Tabela 1: preços referentes a diferentes modelos e fabricantes de eletromiógrafos

Modelo	Fabricante	Preço	Fonte
sEMG 6 canais – seminovo	EMG Brasil	R\$ 12.720,00	https://www.portaldomedico.com/produto/ELETROMIOGRAFIA-DE-SUPERFICIE--6-canais
Sistema de EMG 8 canais – MTEST 8	DX Systems	USD 2500- 5000 (+/- R\$ 13.500,00 - 27.000,00)	Consulta a vendedor pelo portal myMedicalExpo
sEMG MioTool Wireless 4 canais, 2 sensores	Miotec	R\$ 12.000,00	Consulta a vendedor oficial da marca

Fonte: autoria própria (2022).

Figura 2: Uso do eletromiógrafo BTS FREEEMG 100



Fonte: Kinetec (2022).

2.3 TECNOLOGIAS ALTERNATIVAS

Como a abordagem do trabalho foca na tecnologia do eletromiógrafo, as bibliografias consultadas relatam uso complementar de outros equipamentos e tecnologias para análise de sinais musculares, portanto, neste capítulo apresenta-se uma revisão deles.

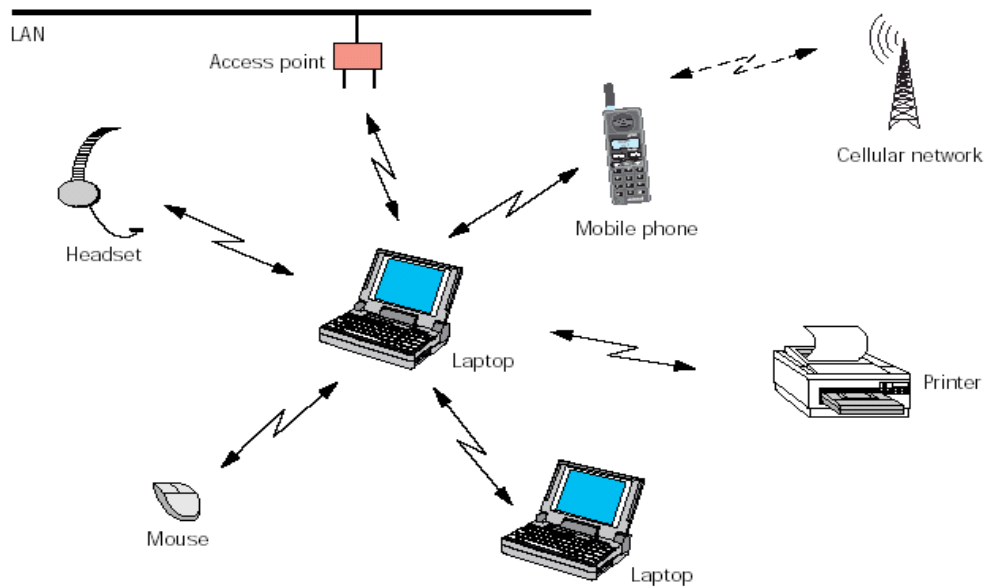
2.3.1 Bluetooth

Projetado como protocolo de comunicação pela empresa Ericsson em 1994, esta tecnologia possibilita a troca de informações entre dois dispositivos a distância de baixo alcance e baixo consumo de energia, sem uso de cabos, transmitindo-as por frequências específicas de ondas de rádio.

A comunicação do *Bluetooth*, esquematizado na Figura 2, funciona através de frequências de rádio aberta e curta onda - faixa ISM (*Industrial, Scientific, Medical*) operando a 2,45GHz - junto ao FH-CDMA (*Frequency Hopping - Code-Division Multiple Access*) que divide a frequência em vários canais e garante a não interferência no sinal *Bluetooth*. Os dispositivos em modo *Bluetooth* conseguem tanto receber e enviar dados devido ao modo *full-duplex*, tendo apenas de alterar os slots, períodos de 625µs, para transmitir e receber - FH/TDD (*Frequency Hopping/ Time Division Duplex*). Para se conectar com outros dispositivos, ambos devem estar em frequências similares e, receptor e emissor nos padrões SCO (*Synchronous Connection-Oriented*) - realiza conexão síncrona entre emissor e receptor, usado principalmente para envio contínuo de dados - e ACL (*Asynchronous Connection-Less*) - conectará o dispositivo iniciador e gestor da comunicação com os na rede.

O fato de consumir pouca energia, torna o raio de alcance baixo, ou seja, a comunicação ocorre entre equipamentos próximos, respeitando a distância de sua classe correspondente: classe 1 (100m de distância), classe 2 (10m de distância) e classe 3 (1m de distância). Porém, atualmente, a tecnologia *Bluetooth* possibilita a conexão entre até 8 aparelhos distintos numa mesma operação.

Figura 3: Rede de comunicação viável a tecnologia Bluetooth



Fonte: Universidade Federal do Rio de Janeiro -UFRJ (2022).

A conectividade dos aparelhos com o *Bluetooth* decorre da posse destes em ter um microchip transmissor, de baixo custo, estando em compatibilidade com o outro aparelho, compartilha-se documentos, músicas, vídeos, fotos e arquivos, controle de dispositivos ou transmissão de dados simultaneamente, existindo neste quesito a classificação quanto a velocidade de transmissão: *Bluetooth 1.2* (1Mb/s), *Bluetooth 2.0 + EDR* (3Mb/s), *Bluetooth 3.0* (24Mb/s), *Bluetooth 4.0* (25Mb/s) e *Bluetooth 5.0* (50Mb/s). Importante ressaltar que durante o uso do *Bluetooth*, o aparelho não é impossibilitado de uso ou realizar demais operações.

2.3.2 Python

Criada pelo matemático Guido Van Rossum nos anos 90, Python foi desenvolvido no intuito de ganhar tempo e aumentar a eficiência de um projeto de Guido, além de ajudar desenvolvedores a escreverem com menos linhas de código. Por isso, é considerada uma linguagem de programação de alto nível - sua sintaxe tem maior proximidade com a linguagem humana do que da máquina, ou seja, simples e facilmente compreensível -, dinâmica, intuitiva, orientada a objetos (procedimentos submetidos a classes, o que permite controle e estabilidade do código), apresenta vasto acervo de bibliotecas e alta aplicabilidade, como para análise de dados, *machine learning* e inteligência artificial, a ser exemplificado na Figura 4.

Figura 4: Exemplo de código em Python

```

31     def __init__(self, settings):
32         self.file = None
33         self.fingerprints = set()
34         self.logdups = True
35         self.debug = debug
36         self.logger = logging.getLogger(__name__)
37         if path:
38             self.file = open(os.path.join(path, "requests.log"),
39                             "a")
40             self.file.seek(0)
41             self.fingerprints.update(s.request() for s in self.requests)
42
43     @classmethod
44     def from_settings(cls, settings):
45         debug = settings.getbool("SUPERFILTER_DEBUG")
46         return cls(job_dir(settings), debug)
47
48     def request_seen(self, request):
49         fp = self.request_fingerprint(request)
50         if fp in self.fingerprints:
51             return True
52         self.fingerprints.add(fp)
53         if self.file:
54             self.file.write(fp + os.linesep)
55
56     def request_fingerprint(self, request):
57         return request_fingerprint(request)

```

Fonte: freeCodeCamp (2022).

Em razão da possibilidade de criação de scripts simples a complexos, baixa curva de aprendizagem e a sintaxe fácil de entender, esta linguagem apresenta constante crescimento no número de usuários, sejam eles desenvolvedores de software, engenheiros ou biólogos, e por ser *open source* - código aberto-, cria-se novas bibliotecas ou aprimora-as, enriquecendo a programação Python com bibliotecas e frameworks de acesso direto.

O acesso e instalação ao software são gratuitos. Essa linguagem é multiplataforma, sendo seus códigos usados no desenvolvimento de scripts de automação, aplicações para *web* por conta das diversas *frameworks*, realização de testes em projetos, análise e interpretação de dados (*Big Data*), programação de microcontroladores e robôs.

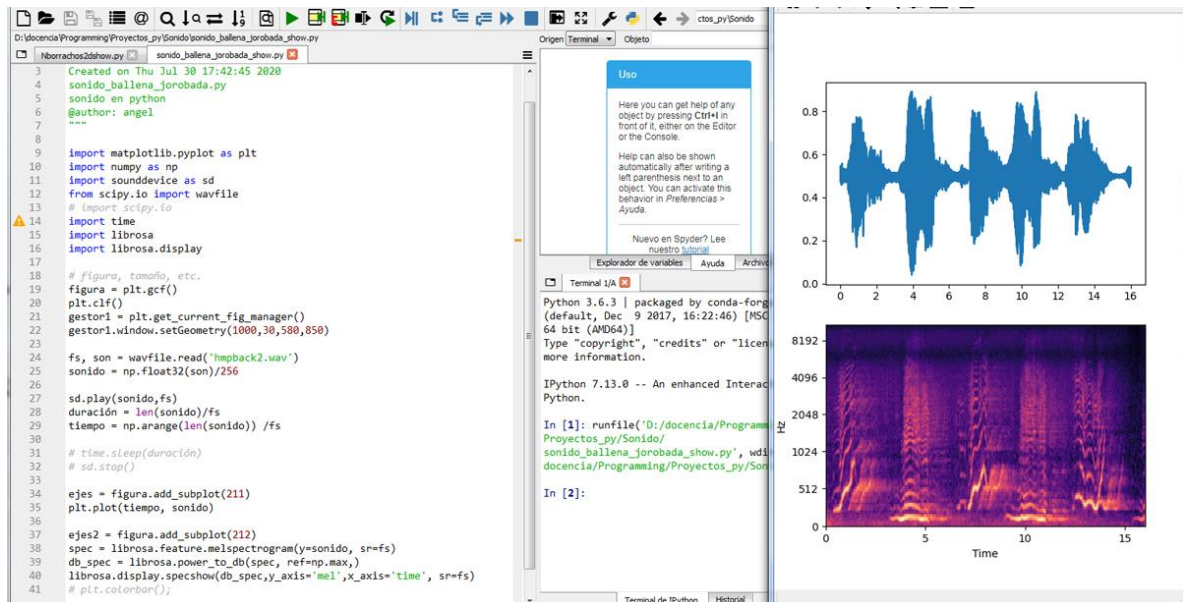
2.3.3 Matlab

Como produto da empresa MathWorks, a aquisição do software ocorre por compra de uma licença. O MatLab (MATrix LABoratory) originou-se para uso em operações matemáticas sobre matrizes sem exigir dimensionamento, mas atualmente usa-se como software interativo de alta performance focado em cálculos numéricos, possibilitando análise

numérica, construção gráfica, processamento de sinais e cálculo de matrizes de forma simples sem necessário adaptação a comandos de programação.

Este mesmo software apresenta uma linguagem de programação por blocos derivada do Simulink, ferramenta de diagramação gráfica também da MathWorks para modelagem, simulação e análise de mecanismos dinâmicos. Integrada com próprio *Integrated Development Environment* (IDE) e detendo um conjunto de bibliotecas auxiliares, a estrutura do MatLab é flexível, capaz de expansão, e com funções para variadas áreas como: elementos finitos, inteligência artificial e processamento em tempo real. Outras utilidades são os recursos visuais da ferramenta, os quais garantem visualização imediata do resultado, e a escrita das soluções e problemas em linguagem matemática, a se ver na Figura 5.

Figura 5: Programa exemplo no MatLab com representações gráficas



Fonte: Universidade de Navarra (2022).

Como o software não exige dimensionamento das matrizes, ou seja, seus códigos são rápidos, e tem compatibilidade de carregamento e visualização de dados de outras fontes, ele é bastante usual no ramo da engenharia enfoque para sistemas de controle e no desenvolvimento e implementação de softwares de monitoramento e manutenção preditiva a sistemas de produção.

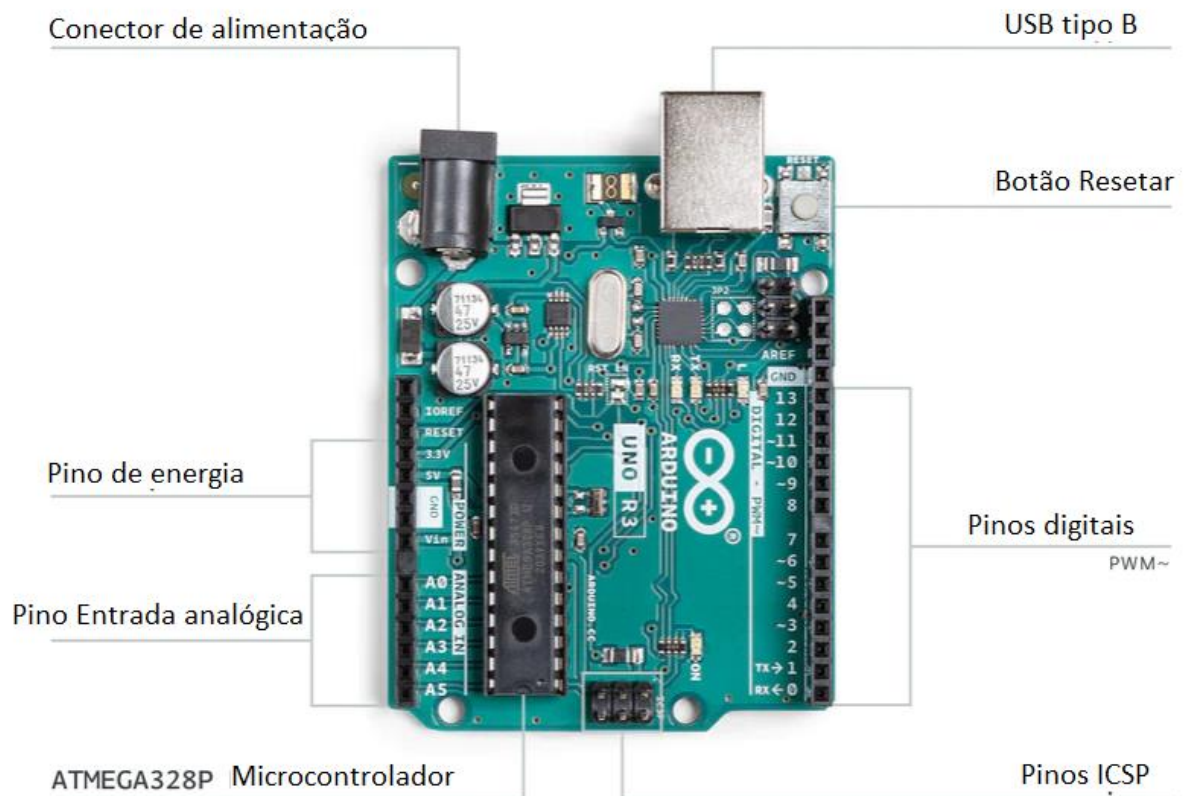
2.3.4 Arduino

Surgiu em 2005, na Itália, por elaboração de um grupo da cidade de Ivrea objetivando

ajudar projetos escolares na elaboração de sistemas de prototipagem a baixo custo orçamentário. O Arduino é uma plataforma eletrônica *open source* (código aberto), *hardware* livre - acessível a qualquer pessoa - e de prototipagem (visto na Figura 6), ou seja, é um auxiliar no controle de ambientes interativos via conexão por pino entre a placa e um circuito eletrônico, possibilitando envio e recepção de dados.

A parte *hardware* consiste numa placa de microcontrolador ATMEL, microcomputador de circuito único processador do código escrito, suportado com pinos de entrada/saída digital e analógica (conexão com outros circuitos), uma interface serial ou Universal Serial Bus (USB), conector de alimentação para energia externa e conversor Serial-USB (chip ponte na comunicação microcontrolador e computador). A placa é pré-programada com *bootloader*, viabilizando carregamento dos programas ao chip de memória *flash* embutido.

Figura 6: Esquema da placa de Arduino Uno

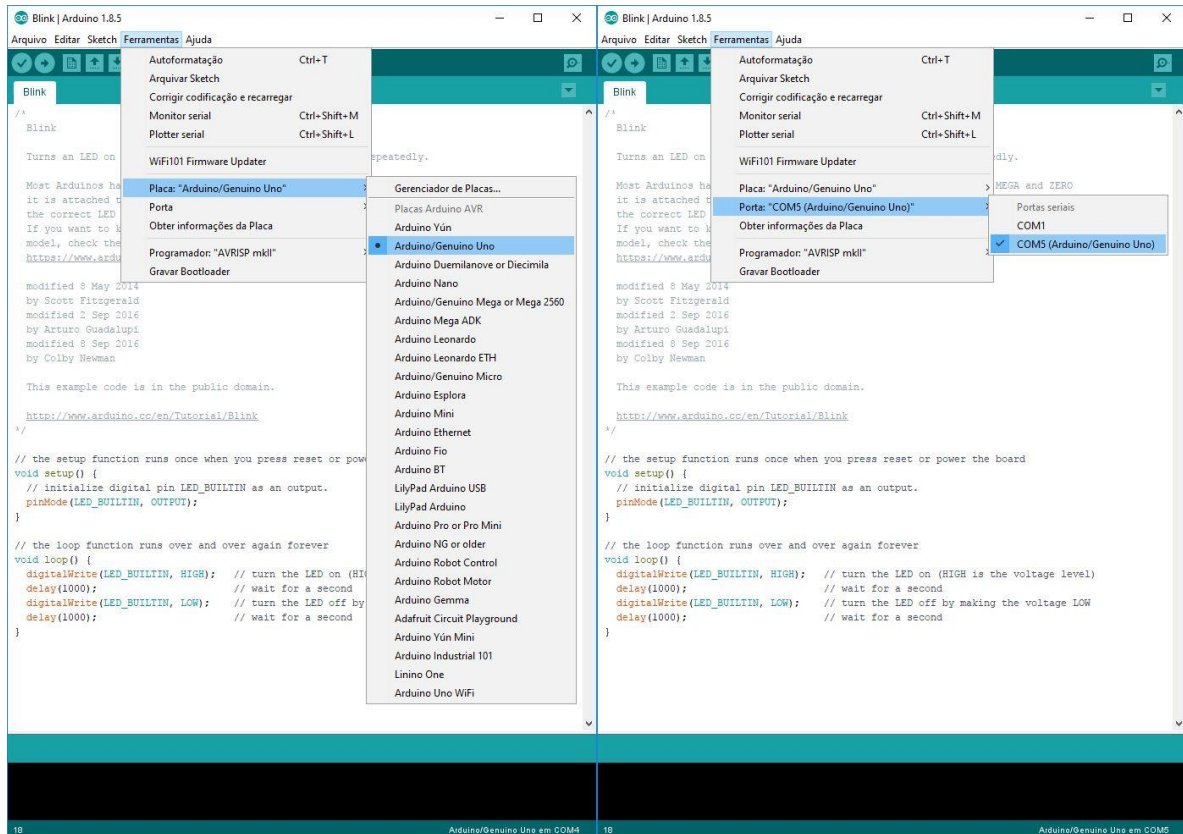


Fonte: Arduino (2022).

O *software* Arduino IDE, exemplificado na Figura 7, é baixado no site oficial do arduino e gratuitamente, é linguagem de programação originada em Wiring, capaz de

programar em C/C++, e sua aplicação multiplataforma em Java. A estrutura do programa inclui editor de código com ferramentas de indentação automática e realce de sintaxe.

Figura 7: Ilustração de código exemplo no Arduino IDE



Fonte: UsinaInfo (2022).

Os atuais usos do Arduino destinam-se à elaboração de projetos em desenvolvimento, a baixo custo, com aplicações em impressoras 3D, aplicativos IoT e robótica.

2.3.5 Arquitetura ARM

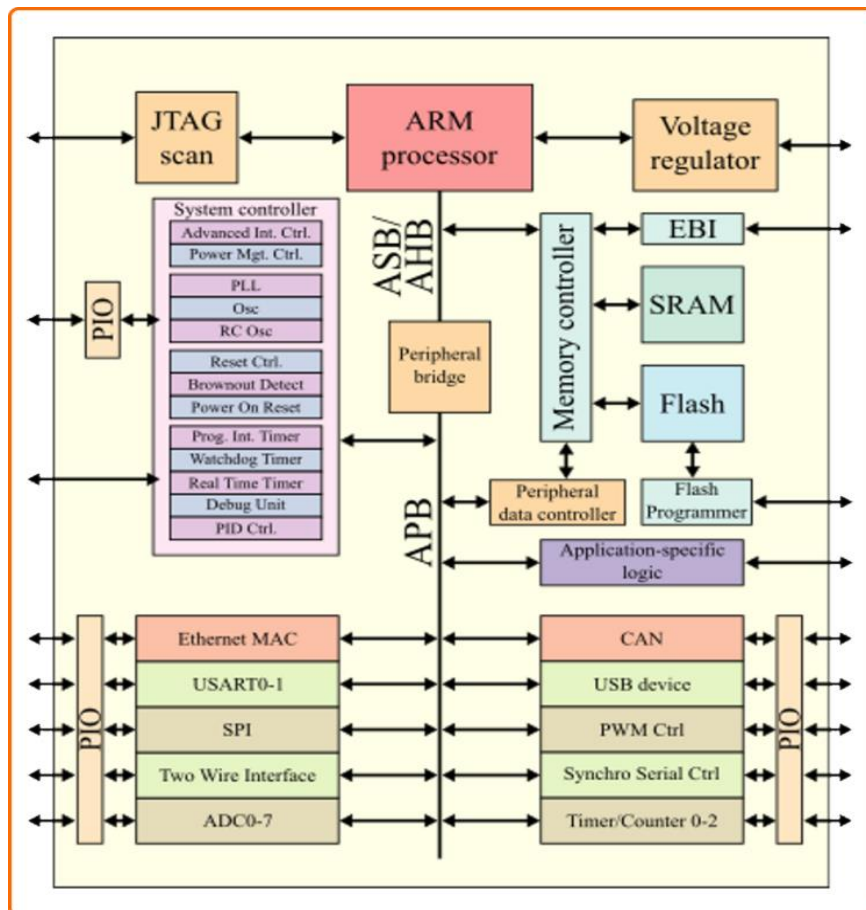
As siglas ARM significam Advanced RISC Machine, grupo de arquiteturas de unidades centrais de processamento (CPU) de computador adeptas da linha RISC (Reduced Instruction Set Computing - conjunto reduzido de instruções), exigindo menos energia, menor custo e dissipação de calor, disponíveis em 32 ou 64bits. Tal padrão é adotado para processadores, os quais não conseguem executar softwares desenvolvidos para sistemas x86, e concentra todos os componentes funcionais (memória, processador, GPU - Graphic Processing Units, unidades de processamento gráfico - e modem) do sistema num único

conjunto junto ao *hardware*.

Os microprocessadores ARM não têm fabricantes, sua disponibilidade ocorre pela venda do licenciamento dos designs e padrão de instruções pela *Arm Holdings* aos fabricantes de *hardware*. Assim, os fabricantes configuram a microarquitetura conforme seus próprios critérios, por isso, encontra-se variados modelos de processadores e diferentes quanto ao desempenho.

O layout do ARM, ilustrado na Figura 8, contém 37 registradores, sendo 30 para uso geral. Cada registrador corresponde a um tipo de operação, por isso somente 15 são visíveis e dois relacionados ao ponteiro pilha e *link register* - armazena endereços de retorno ao chamarem instruções.

Figura 8: Estrutura do microprocessador ARM



Fonte: Iperius Backup Brasil (2022).

As instruções ocupam campo de 4 *bits*, reservada a condição de executar operações, existindo 4 estados de flag: N (negative), Z (Zero), C(Carro) e V (Overflow), e esses estados informam se a situação de cumprimento das operações. Existe outro *bit*, S, representado no

caso de o resultado da operação mudar o estado das *flags*. Devido a este sistema - instrução de desvio condicional sem processamento efetivo, somente mudança do fluxo - os microprocessadores reduzem a quantidade de instruções explícitas e auxiliam num melhor desempenho e menor consumo energético. Instruções disponíveis são: *load/store* (escrita de dados e carregamento na memória), *load/store* em blocos (permite ler e escrever de blocos com até 16 registradores numa instrução só, conectando-se a uma banda de comunicação maior que a instrução de único registrador), desvio condicional, processamento de dados (ações de soma e subtração, lógicas AND, OR, XOR, e comparativas e teste) e extensão (remanejamento de dados).

Aplicações atuais dos processadores ARM são servidores, computação em hiper escala e nuvem, telecomunicações e edge computing.

2.3.6 Machine learning

Aprimorando a informática de Alan Turing, Arthur Lee Samuel - cientista da computação - cria um software de jogo de damas virtual capaz de aprimorar a performance conforme partidas são jogadas. Sendo uma vertente da inteligência artificial e ciência da computação, *machine learning* baseia-se na máquina absorver dados e algoritmos, e identificar padrões. Posteriormente, com uso de ferramentas estatísticas, os algoritmos são treinados para classificações ou previsões e assim, possibilitar a máquina a tomar decisões quanto a aplicativos ou negócios. Na atualidade vem sendo um componente relevante no campo crescente da ciência de dados.

Fundamentado no treinamento de sistemas analisando grandes bancos de dados e constante inserção de dados para facilitar identificação de novos padrões. Segundo estudo da Universidade de Berkeley em 2020, a metodologia de *machine learning* compõem-se em 3 etapas: processo de decisão - dependendo dos dados de entrada, rotulados ou não, o algoritmo estima um padrão -, função de erro para comparar e julgar a precisão do modelo previsto, e processo de otimização do modelo, ajuste ponderado para os pontos de dados em treinamento da máquina, minimizando a diferença entre conhecido e estimado. Essa última etapa repete-se de forma autônoma até atingir o limite da precisão.

O uso de *machine learning* categoriza-se em dois: supervisionado e não supervisionado, como mostra a Figura 9. Para o tipo supervisionado, uso de dados de treinamento para classificação dos mesmos ou previsão precisa dos resultados, com ajuste ponderado conforme dados são adicionados até limite adequado. Esse método auxilia

empresas na solução de amplos problemas do cotidiano, mas em grande escala.

O método não supervisionado faz uso dos algoritmos para análise e reunir dados sem atenção humana, reconhecendo similaridades e diferenças para concluir uma solução apropriada ou para corte de recursos num modelo através da diminuição de dimensões.

Figura 9: Diagrama de usos e classificações de *machine learning*



Fonte: DatAt (2022).

2.3.7 Deep learning

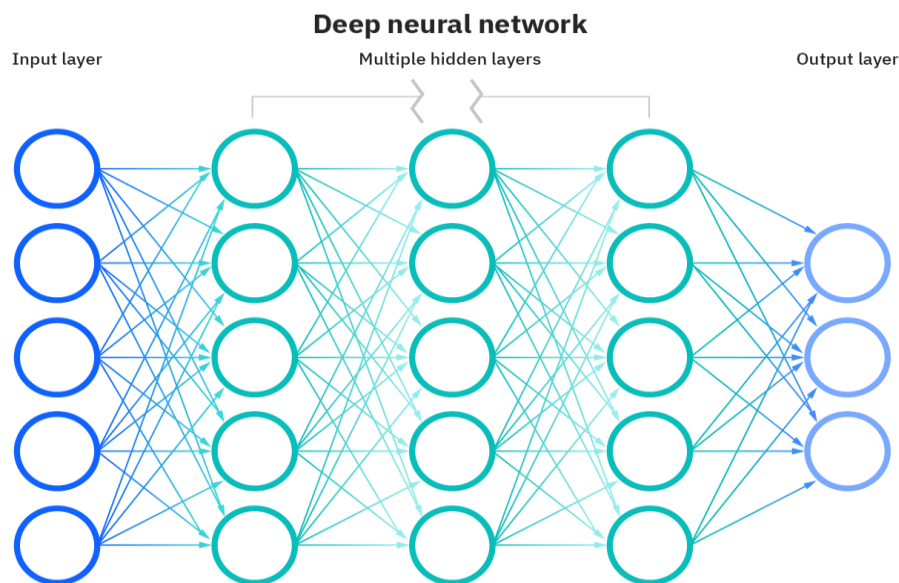
Deep learning é uma derivada de *machine learning*, que usa da própria rede neural para verificar a precisão dos seus resultados e aprender de forma aprofundada com eles. A rede neural artificial do algoritmo são camadas de algoritmo imitando a estrutura do cérebro humano, potencializando o aprendizado de máquinas, exemplos da aplicação dessa tecnologia são ferramentas Cortana (assistente da Microsoft) e Google Tradutor.

Seu funcionamento parte do ensinamento à máquina em ler documentos, com restrição quanto o tamanho dos dados, e abordando algoritmos sem necessidade de pré-processamento e com propriedades invariantes automáticas nas camadas de representação. Tais camadas por não serem lineares, estruturam os dados numa hierarquia complexa e abstratamente. Na

primeira camada encontra-se os dados sensoriais e da saída do seu processamento, tem-se a entrada da superior e assim, configurando um empilhamento e subsequente rede neural, na qual a última camada será a de fornecimento dos resultados. Ao processar os dados de entrada, os algoritmos diferenciam as características, repassando a informação a camadas superiores para cálculos matemáticos ponderados, cada característica destina-se a um peso, criando uma relação entre detalhes analisados e resultado esperado, visto na Figura 10.

O *Deep learning* é utilizado nas aplicações de reconhecimento de fala, imagens, processamento de linguagem humana, realização de tarefas complexa e o crescente acervo de algoritmos online demanda o uso dessa tecnologia para melhor e rápida compreensão dos sistemas sobre diversos temas, já que apresenta uma linguagem natural.

Figura 10: Esquema ilustrativo do *deep learning*



Fonte: IBM (2022).

2.3.8 Arquitetura CNN-RNN

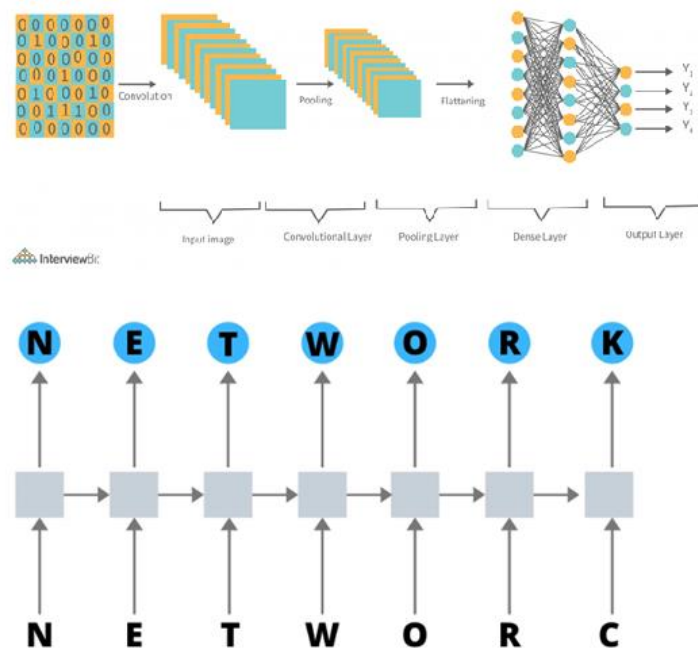
O ramo da *deep learning*, nos últimos, sofre grande influência da combinação CNN-RNN quanto a melhoria no cálculo das previsões., com destaque à análise de dados temporais. No entanto, é necessário conhecer as redes neurais individualmente para assim, compreender o funcionamento da combinação de ambas.

Redes neurais Convolucionais (CNNs) são arquitetura de redes neurais mais usadas na visão computacional (*computer vision*), para reconhecimento de objetos e padrões em topologia de grade, ou seja, com imagens. O processamento de dados é por camadas de

convolução – diferencial desta arquitetura, pois transforma a entrada antes de transferir para a camada seguinte, portanto processa entrada por campos receptivos locais e utiliza-se das interações esparsas, pesos compartilhados e representações equivariantes para melhorar sistema de aprendizado. A CNN transforma os dados usando filtros – matriz de números aleatórios -, ou seja, na camada de convolução existe uma quantidade de filtros que se movem na imagem e é responsabilidade do filtro combinar os pixels desta imagem, alterando seus valores antes que o dado repasse para a próxima camada.

O modelo RNN (Rede Neural Recorrente) é mais complexo, trata-se de redes especializadas no processamento de dados sequenciais de diferentes tamanhos, sendo mais fundamental para grandes sequencias. Outra característica é o fluxo de informação consistir na passagem da informação do instante t para o instante $t + 1$, exigindo a existência da propriedade de memória do estado anterior para uso no processamento atual. Em seu funcionamento, a RNN salva a saída dos pontos de processamento e retornam o resultado ao modelo, por realizar isso em mais de uma direção, configurando a arquitetura capacidade em aprender a prever o resultado de uma camada. Assim, cada ponto é uma célula de memória que dá continuidade ao implementações das operações como aparece na Figura 11.

Figura 11: Ilustração da arquitetura CNN e RNN



Fonte: InterviewBit (2022).

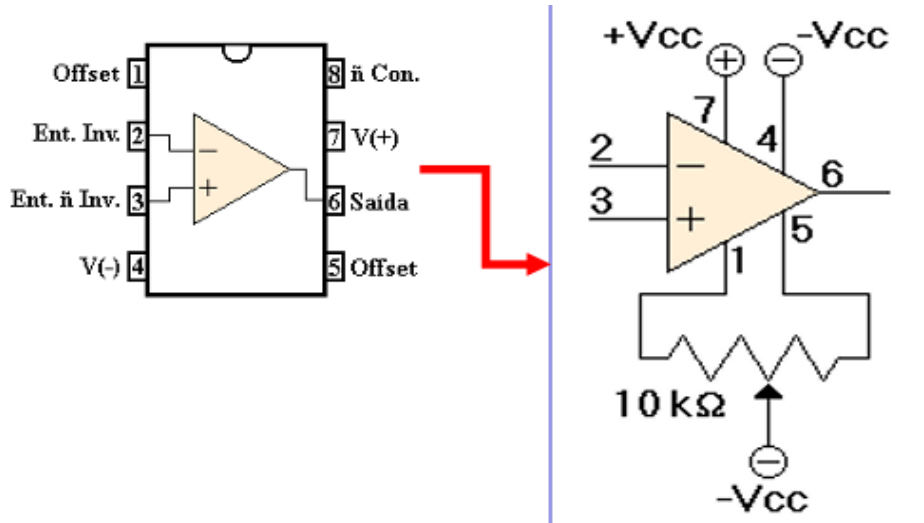
2.3.9 Amplificador operacional

Como componente eletrônico, é um amplificador multiestágio caracterizado similar a um amplificador ideal, com resposta de frequência infinita, impedância infinita na entrada e nula na saída, funcional em altas temperaturas e ganho de tensão infinito. Esse circuito integrado amplia sinal de entrada, realiza funções matemáticas e é capaz de controlar altas quantidades energéticas. A estrutura baseia-se em dois terminais de entrada, um negativo nomeado terminal inversor e outro positivo não inversor, e um terminal de saída. Adicional, há dois terminais - de alimentação positiva e alimentação negativa - limitadoras da tensão de saída, a qual tem como mínimo a tensão de alimentação negativa e máximo, a positiva. Em sua composição interna do amplificador conta com resistores, capacitores e transistores, visível na Figura 12.

A utilidade do amplificador é gerar na saída o múltiplo aumentado da diferença entre suas entradas, ou seja, um ganho de tensão. Para o modelo ideal, a tensão de saída seria nula, já que ambas tensões de entrada se igualam, porém, diferenças entre os transistores geram desbalanceamento nas correntes e conseqüente variância no valor de tensão, chamado Tensão de *Offset* de Entrada produzindo alteração na tensão de saída (Tensão de *Offset* de saída). Tais tensões de *erro* necessitam ser evitadas ou reduzidas na saída do eletrônico quando em circuitos de elevada precisão, para tal adiciona-se divisor de tensão em conexão ao estágio diferencial de entrada, porque este balanceará as correntes base e de coleta, anulando a diferença de tensão advinda dos transistores - em suma, as entradas inversoras e não inversoras são ligadas ao terra.

Sendo um amplificador operacional, ele apresenta modos de operação: sem realimentação, realimentação positiva e realimentação negativa. O primeiro modo ocorre em malha aberta, usando o ganho operacional de fabricação (não se consegue controlar), portanto utilizado para circuitos comparadores. Na realimentação positiva, ocorre em malha fechada, sujeito a instabilidade no circuito, tendo uso maior em circuitos osciladores. No caso negativo, sendo mais relevante dos três modos, o sinal de saída é replicado à entrada inversora em radiofrequência (RF), permitindo o ganho ser controlado pelo projetista.

Figura 12: Circuito comercial e interno do amplificador operacional 741



Fonte: J.R. Kaschny (2022).

2.3.10 Aparatos vestíveis

São dispositivos integrados a roupas ou acessórios capazes de monitorarem as atividades corporais dos usuários devido à conexão direta com os mesmos. Popularização e avanços tecnológicos, possibilitam os aparatos conectarem-se à internet e a outros dispositivos, medição dos batimentos cardíacos, ritmos respiratórios e gasto calórico. O objetivo de tal tecnologia é auxiliar a pessoa em situações problemas ou diante de alguma necessidade, tornando o usuário passivo ao mesmo tempo que o dispositivo reage a certo comportamento e percepção.

A aparência externa confortável e de usabilidade auxilia na coleta dos dados, seja para medições dos biossinais ou ambiente externo. Adicional, fornecem informações do sistema de rede, a qual se conectam, exemplificado na Figura 13.

O estudo conduzido pela consultora IDC Tracker Brasil no segundo quadrimestre de 2020, ilustraram o forte e crescente mercado da tecnologia *wearable*, 21.1% nas vendas. Os formatos mais comercializados são pulseiras digitais e relógios inteligentes, com extensão para brincos e camisetas. Tamanha variedade decorre da estrutura que tem, com sensores e biossensores, conexão *wireless* com celulares, localizador e pagamento de compras por NFC (*Near Field Communication*).

Figura 13: Ilustração da comunicação de dados entre *smartwatch* e celular



Fonte: Growth Supplements (2022).

2.3.11 Aparelhos inteligentes

Resumem-se a objetos eletrônicos projetados para compreensão de simples comandos dos usuários e como estão conectados à internet, coletam e compartilham dados ao redor ou com outras coisas de forma remota, via Wi-Fi, Bluetooth ou RFID, dispositivos exemplos são: *smartwatches*, lâmpadas ligadas pelo celular, óculos de realidade virtual, entre outros como no exemplo da Figura 14. Caracterização de tais é permitir ação interativa e autônoma e processando informações por transmissão com internet ou nuvem, desde que com acesso remoto. Existe a variação do mesmo termo referenciando à computação onipresente, conceito da engenharia de software que permite ao usuário interagir com diferentes e múltiplos aparelhos simultaneamente.

A base estrutural dos aparelhos apresenta uma camada de hardware com rádio transmissor de sinal, camada de rede para intercomunicação e uma de aplicativo meio de realizar comandos. Em maior detalhamento, tem-se: estrutura estática com hardware e software, recursos de extensões e plug-ins garantindo dinamicidade aos recursos de hardware, acesso a ambientes externos definidos, acesso remoto e execução de serviços externos e autônomo local e interno.

Figura 14: Exemplos de aparelhos inteligentes



Fonte: Clockwise (2022).

2.3.12 Wireless

Em tradução direta significa sem fio, esta tecnologia estabelece conexão entre dois dispositivos distantes por meio de ondas de rádio, havendo necessidade de um ponto de acesso (*hotspot*) que transmite sinal a um dispositivo capaz de comunicar-se wireless. Criando uma rede com acesso à Internet de forma flexível e boa conectividade. Essas praticidades a torna comum em demais tecnologias como: *Wi-Fi* e *Bluetooth*.

A partir de um ponto conectado à internet convencional (*Access Point*) que converte dados da rede em ondas de rádio, instala-se um rádio transmissor de sinal e uma antena para envio de sinal em alta frequência não licenciada e específica – visto na Figura 15-, pois como ocorre de portadoras de rádio estarem no mesmo meio, a especificidade evita a interferências entre as demais. Podendo a transmissão ser aberta ou privada, e ocorrer por radiação infravermelha, satélite ou radiofrequência. Como a tecnologia estabelece a comunicação entre dois pontos, a aplicação desta pode ser *indoor* – dentro de um mesmo local – e *outdoor*, entre dois ambientes.

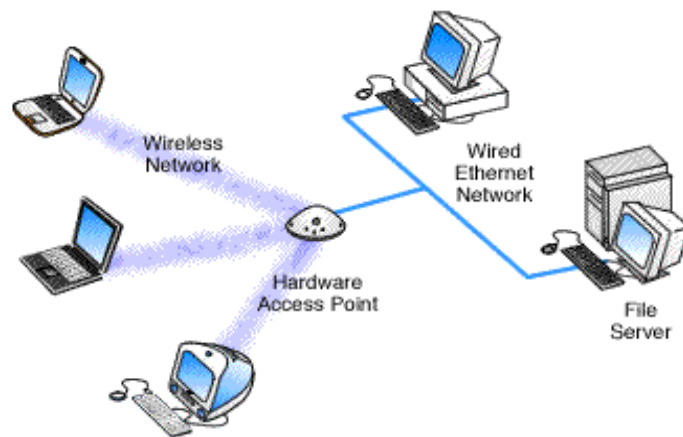
Quanto a suas categorias, a tecnologia pode ser uma rede WAN ou WWAN (*Wireless Wide Area Network*), comum para operadoras telefônicas, porque foca na comunicação de voz, mas há possibilidade da transferência de dados. Outra rede é LAN ou WLAN (*Wireless Local Area Network*), foco na comunicação de aparelhos em locais característicos, pois compartilha recursos computacionais, ampliação na comunicação de ondas de rádio para portáteis.

Estruturalmente, o protocolo constitui-se por BSS (*Basic Service Set*), STA (*Wireless LAN Stations*), AP (*Access Point*), DS (*Distribution System*) e EES (*Extended Service Set*).

- BSS - core de comunicação da rede sem fio;
- STA - vários clientes da rede;

- AP – ligação na comunicação entre a rede sem fio e a rede *Ethernet*, responsável pela comunicação entre as STAs dentro da BSS;
- DS – comunicação entre APs;
- ESS – agrupamento de células BSS, tendo seus APs conectados a *Ethernet*, isso possibilita a STA movimentar suas BSS com outra rede, o que se denomina *roaming*.

Figura 15: Esquema ilustrativo da conexão *wireless*



Fonte: UFRJ (2022).

2.3.13 Impressão 3D

Patenteada em 1984 pelo engenheiro Charles Hill, a técnica também classificada como fabricação aditiva, começou a ser vendida na empresa 3D Systems Corp. Com a impressão 3D cria-se objetos, modelos tridimensionais por adição sucessiva de material em camadas, as quais comumente são de materiais como plástico e ligas de metal, conforme ilustra a Figura 16. A impressão parte da modelagem em um software de desenho, sem necessidade do uso de moldes, seguido do envio do arquivo a máquina. Esta tecnologia permite a criação de protótipos complexos com boa precisão, aparência e funcionalidade.

Assim como o funcionamento de qualquer impressora, na tecnologia 3D libera-se jatos de diferentes composições materiais para compor um objeto sobre uma bandeja. O ponto de partida é o desenho num software de modelagem em 3D, formatação CAD, seguido pela inserção da matéria-prima do objeto impresso, e essa será expelida num jato de camada inicial sobre a bandeja. A orientação de impressão do objeto é de baixo para cima, sendo camada por camada feitas.

Sua classificação estende-se por técnicas de impressão, conforme recurso e matéria-

prima:

- Modelagem por fusão e depósito (FDM) ou fabricação por filamento fundido (FFF), mais comum pelo baixo custo e simplicidade, uso de fios de plásticos. O processo caracteriza pelo aquecimento dos filamentos simultâneo ao movimento biaxial do bico da impressão e injeta o material na bandeja. Posterior, temos a fusão do plástico durante modelagem do objeto. Como o equipamento tem motores de baixa potência, são mais instalados em indústrias e universidades.

- Estereolitografia, faz uso de resina líquida. As etapas constam com endurecimento da resina por feixe de laser ultravioleta emitido pela impressora para formação das camadas, tendo o excesso removido, em seguida, essa vai ao forno para acabamento final. Assim, ao final do processo obtém-se objetos resistentes e complexos, mas com maior duração de processo e preço.

- Sinterização seletiva a laser (SLS), a matéria prima é em pó, possibilita uso de diversas matérias de impressão como poliamidas, elastômeros, cerâmicas e metais. A máquina é robusta, por ter câmara de impressão onde se injeta o pó, nivelado e sofre ação do laser em alta potência para aquecimento e fusão. Ao término da camada, o uso de um role é feito para depósito de mais pó, seguida de aquecimento e fundição, e por fim, ar comprimido e escovas removem o excesso do pó.

- Sinterização Direta de metal a Laser, combina partículas metálicas e utilizada em objetos de formato complexo. Simular ao SLS, aplicação de laser para aquecer e unir material.

- Polyjet, utiliza fotopolímero líquido e seu funcionamento é bem parecido com uma impressora de fotocópia, sobreposição de camadas perfeita e agilmente.

Figura 16: Impressora 3D de filamento



Fonte: Metropoles (2022).

3 METODOLOGIA

O trabalho apresentado é uma revisão bibliográfica de acervos científicos internacionais e nacionais sobre a temática de eletromiógrafos de superfície. A procura das publicações científicas ocorreu pelo portal Periódicos CAPES, uma biblioteca virtual consultada por instituições superiores brasileiras para acesso a publicações científicas internacionais. A ferramenta Mendeley também é usada, porém com intuito de organizar todos os artigos lidos para a revisão.

As etapas iniciais da revisão foram pesquisar diversos artigos contendo palavras-chaves do tema: sEMG, módulos Bluetooth e sensores de baixo custo, criar um banco de dados através do site Scopus, registrar dados sobre cada artigo numa planilha em Excel, a qual era formatada em 11 diferentes colunas contendo: nome dos autores, ano de publicação, referência do artigo conforme normas da ABNT, artigo de pesquisa ou revisão, palavras-chaves do artigo, objetivo da pesquisa, método, descobertas, implicações práticas/limitações, originalidade, sugestão de futura pesquisa.

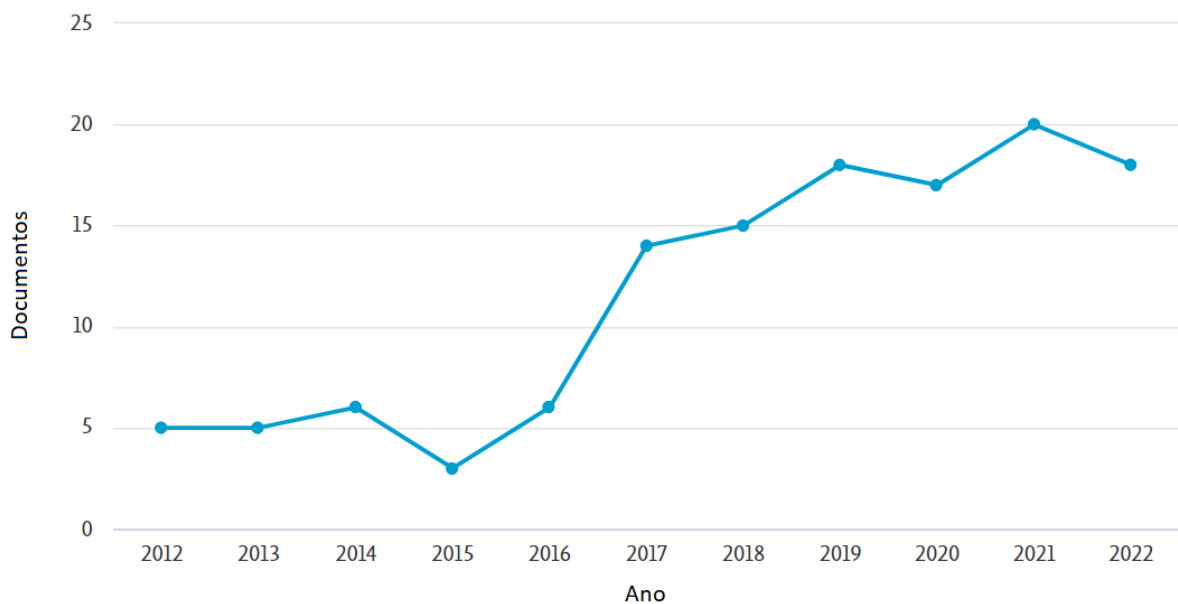
Depois da coleta de dados sobre cada artigo reunido, utilizando do software VOSviewer, uma ferramenta para construção e visualização de redes bibliométricas, referente a relações de citação, cocitação, acoplamento bibliográfico ou coautoria. E avaliou-se possíveis temáticas que os artigos poderiam se enquadrar, o que chamaremos de clusters. Com a identificação dos clusters, classificou-se artigos ao seu referente cluster, por meio da criação de mais uma coluna na mesma planilha de Excel.

4 RESULTADOS

Para análise da coletânea de artigos referentes ao tema deste trabalho, extraiu-se banco de dados da plataforma online SciVerse Scopus. Na pesquisa de artigos utilizou-se os seguintes filtros: eletromiógrafo de superfície, baixo custo, artigos e limitado ao intervalo de 10 anos (2012 – 2022), resultando num acervo total de 127 artigos.

O site do Scopus disponibiliza alguns infográficos sobre o banco de dados criado quanto algumas temáticas, como se apresentará ao longo deste capítulo, começando pela Figura 17.

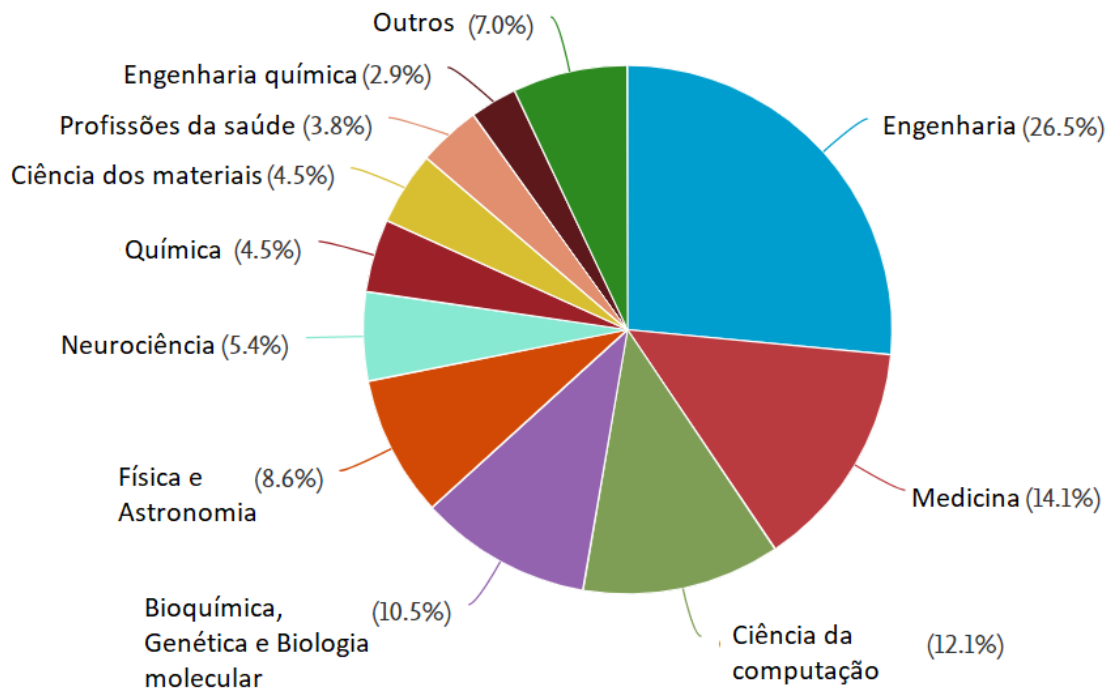
Figura 17: Gráfico de progresso de artigos publicados por ano



Fonte: Scopus (2022).

O gráfico da figura 17 ilustra que no intervalo entre 2012 e 2015, realizaram-se poucas pesquisas sobre o tema, mantendo um certo patamar (máximo de 6 artigos e pequena caída em 2015) nesses 4 anos. A partir de 2016, nota-se crescimento considerável nas publicações, como a imagem mostra, mesmo com quedas em 2020 e 2022, a quantidade de publicações recompõe-se sucessivamente com um grande aumento de pesquisas publicadas, destacando os anos 2017 e 2021, pois no primeiro a contribuição em pesquisa triplica quando comparado a anos anteriores (14 publicações) e, no segundo momento têm-se o maior número de publicações – 20.

Figura 18 – Áreas de estudo que abordam a temática



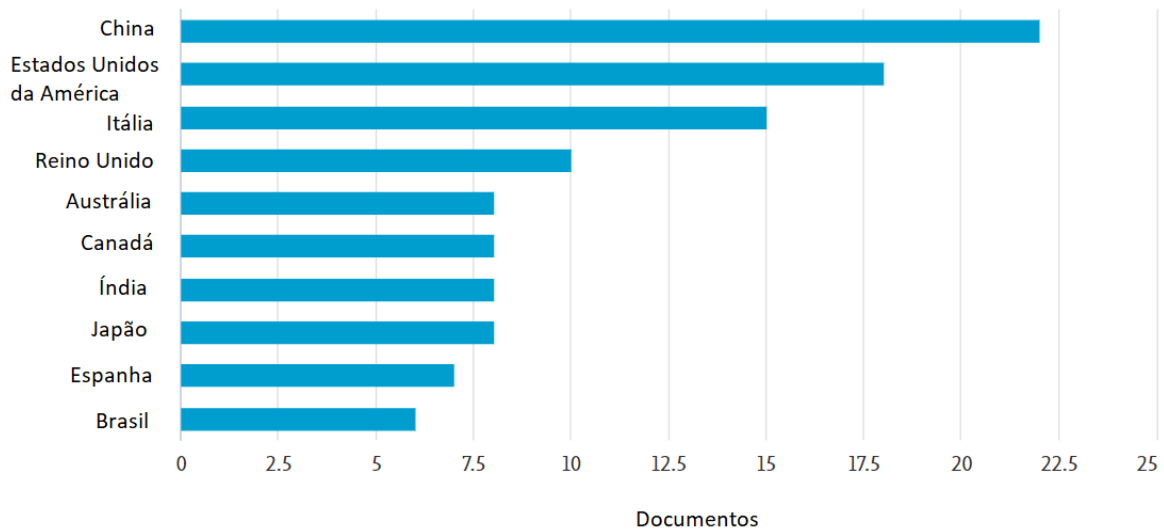
Fonte: Scopus (2022).

Neste segundo gráfico (Figura 18) depara-se com as múltiplas áreas que abordam sobre o sEMG e suas parcelas respectivas de contribuições em artigos publicados. Como esperado, presencia-se muitas áreas de estudo ligadas à saúde, medicina (14,1%), bioquímica, genética e biologia molecular (10,5%), neurociência (5,4%) e profissões de saúde (3,8%), no entanto, de forma inusitada, a engenharia detém maior contribuição em pesquisas sobre tal temática, com 26,5%, e a ciência da computação aparece em terceira, depois da medicina, 12,1%. A aparição da química e engenharia química, embora com baixas contribuições também é um fator surpresa quanto a contribuição em pesquisa para o assunto.

Essa variedade nas áreas, sem tanta exclusividade para a saúde, confirma a versatilidade do dispositivo eletromiógrafo e suas aplicações.

Na Figura (19) observa-se um ranqueamento dos principais países do banco de dados criados que mais contribuiram em pesquisas publicadas dentro do tema.

Figura 19 – Contribuição em publicações dos 15 primeiros países



Fonte: Scopus (2022).

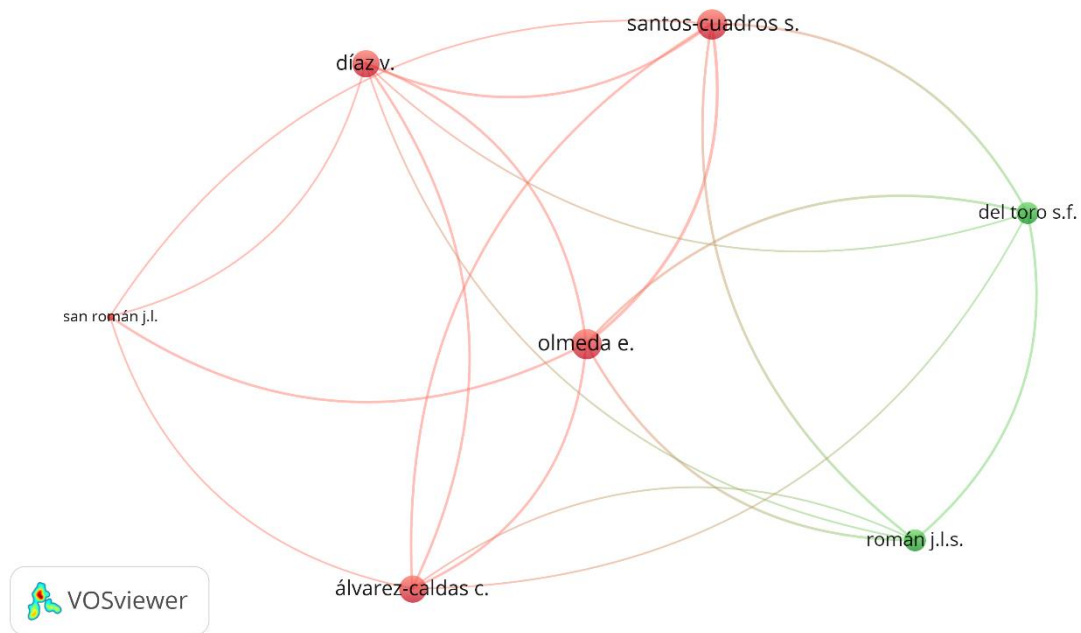
Como análise, a China encontra-se muito à frente dos demais países, ocupando a primeira posição com um total de 22 artigos, seguido dos Estados Unidos da América com 18 e Itália, 15 artigos. Em outra análise ao gráfico, nota-se certa contribuição do continente asiático no desenvolvimento de pesquisas quanto ao assunto, pela posição que China, Índia e Japão ocupam e sua somatória de 38 documentos, seguidos do continente europeu com Itália, Reino Unido e Espanha, somados 22.

Um destaque ainda quanto ao gráfico é a aparição do Brasil, mesmo que listado em último, o país mostra-se relevante para pesquisas sobre eletromiógrafo de baixo custo.

Como comentado no capítulo de metodologia, a ferramenta principal para análise dessa revisão é o VOSviewer. Portanto, nessa seção iniciar-se-á o detalhamento das análises feitas e quais parâmetros e funções utilizou-se para gerar tais gráficos a serem apresentados.

Criou-se um mapa de dados bibliográficos com leitura de arquivo de dados base também bibliográficos gerado no Scopus. Em primeira análise quanto a coautoria, Figura 20, sendo autores a unidade de análise e o método de full counting (cada nome tem peso 1), sem ignorar artigos com muitos autores e repetição de nomes sendo mínima de 2 vezes.

Figura 20 – Mapeamento de coautores significantes ao tema



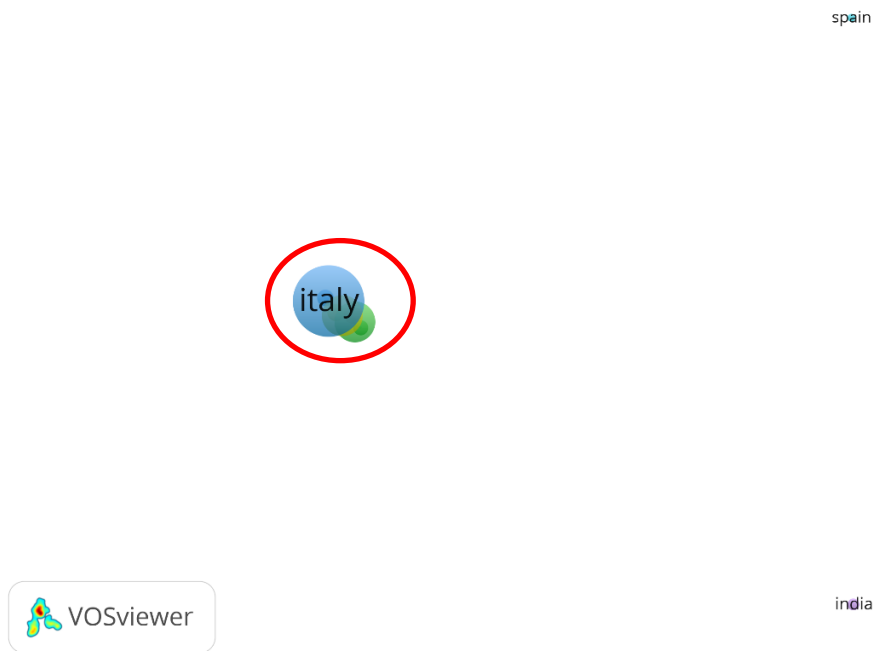
Fonte: autoria própria (2022).

É notável a presença de um centro na imagem, identificado com a autora Ester Olmeda, que se liga a outros nomes em diferentes tamanhos de círculo. Assim como pela presença de dois *clusters*, em vermelho e verde, destacando que o primeiro (vermelho) contém 5 nomes (Santos-Cuadros S., Díaz Y., San Román J.L, Álvarez-Caldas C. e Olmeda E.), enquanto o de verde 2 (Román J.L.S e Del Toro S.F)

A disposição ilustrada direciona à interpretação de grande envolvimento de Olmeda em publicações sobre tema, sendo (co-)autora ou referenciada, como indicado pela conexão de seu nome ao *cluster* em verde. No entanto, no comparativo da quantidade de documentos pelo tamanho do elemento circular, outros 3 nomes juntam-se a Olmeda, em ordem decrescente: Santos-Cuadros, Díaz e Álvarez-Caldas. Outro ponto interessante para comentar é a contribuição pequena do autor San Román nas obras e em co-autorias com os autores do outro *cluster*, já que não existem linhas os conectando, algo observado diferente quanto aos demais autores.

Outro critério de análise é a coautoria em relação a países, repetição mínima de 5 vezes, proporcionando uma listagem de 10 países dentre os 45 - ilustrado na Figura 21-. Para esta análise considera-se como unidade a quantidade de citações.

Figura 21 – Relação de coautoria baseado em citações

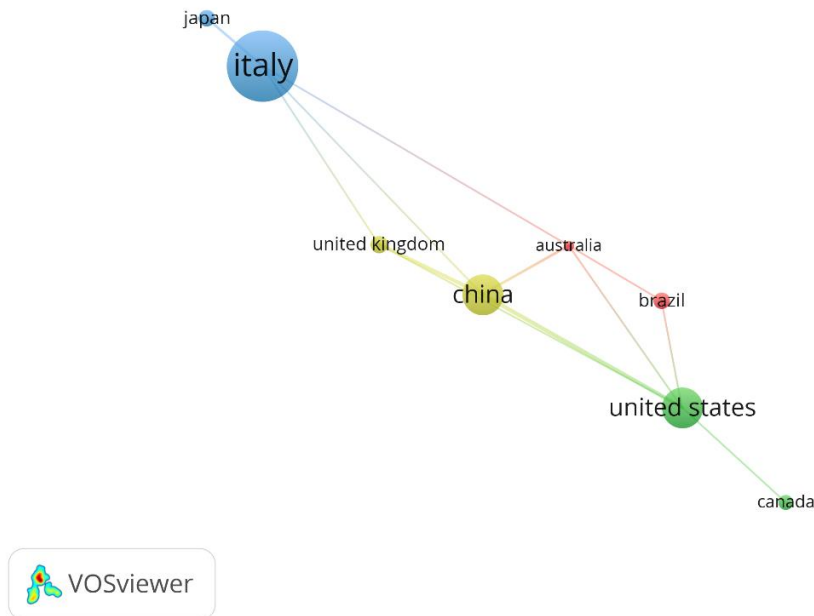


Fonte: autoria própria (2022).

Nesta análise percebe-se desconexão entre os 3 pontos distribuídos no espaço, indicando que publicações dos países Espanha (*Spain*) e Índia (*India*) não trabalham tanto com autorias de outros países, a não o próprio, diferentemente dos trabalhos quando comparado com o terceiro ponto, composto por muitos círculos e com colorações diversas, mas destacando o nome Itália (*Italy*). Ainda observando a Figura 21, sobressai a comparação do tamanho representado por cada país, a Itália aparece em dimensões bem superior à Espanha e Índia, porque tem 557 citações de coautoria.

O ponto com Itália em destaque e circulado em vermelho configura-se com outros círculos coloridos e menores na proximidade, portanto, resolveu ampliar este ponto na Figura 22 para análise mais detalhada do tópico coautoria por países.

Figura 22 – Ampliação do círculo vermelho contendo Itália



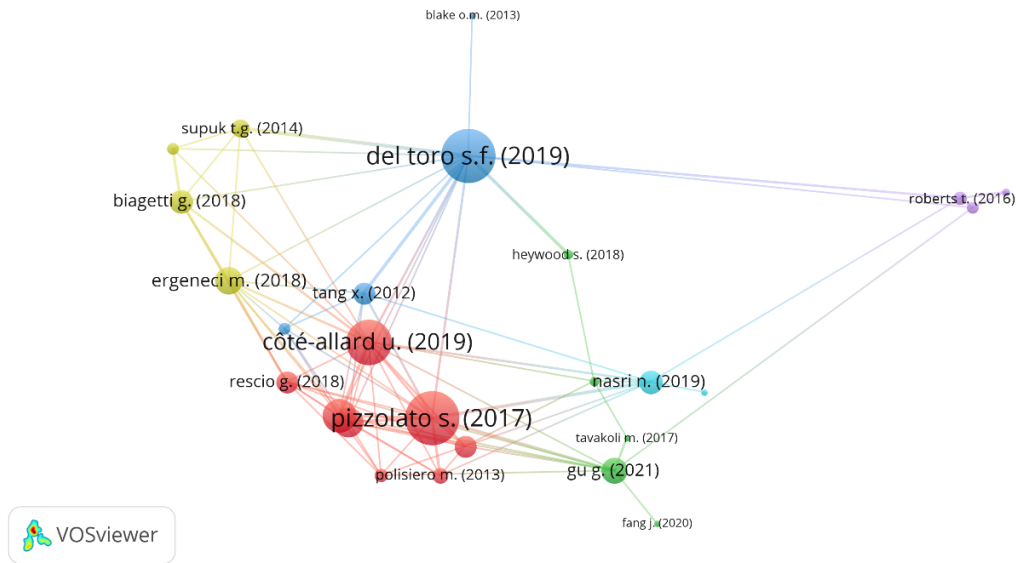
Fonte: autoria própria (2022).

As relações nesta imagem (22) são diferentes do panorama da (21), há ligação entre os países e identifica-se 3 polos principais: azul encabeçado por Itália, amarelo com China e verde com Estados Unidos. Na imagem, os Estados Unidos são o país com mais conexões (5) sendo elas entre China, Canadá, Brasil, Austrália e Reino Unido, no entanto, a China ocupa uma posição mais centralizada, conectando os polos opostos (Itália e Estados Unidos), indicando que citações dos artigos chineses se baseia nos tais países pesquisadores e converge as divergências a favor da sua pesquisa.

O polo vermelho contendo Brasil e Austrália por suas dimensões são pouco citados nas obras quando comparado aos demais polos. No caso de análise nacional, as citações envolvendo artigos brasileiros ou com que os artigos nacionais utilizam em citações, existe apenas com Austrália e China.

Em segunda análise, na Figura 23 considera-se a análise de similaridade por acoplamento bibliográfico, dois artigos referenciam um terceiro artigo mútuo em suas bibliografias. A primeira medida de análise é quanto aos documentos, método de contagem *full counting* com mínimo de 20 citações, relevando a força total das conexões.

Figura 23 – Mapa de similaridades por citações



Fonte: autoria própria (2022).

O mapa da imagem (23) exhibe quais documentos são referenciados conforme o banco de dados em análise identifica-se 6 clusters, dos quais aqueles com coloração vermelha conectam-se a grande parte dos artigos presentes, destaque ao Pizzolato (2017) e Côté-Allard (2019), e concentram várias obras ao redor, pois há o compartilhamento da temática quanto a análise dos músculos da mão. Outro artigo de destaque é Del Toro (2019), sutilmente mais destacado que os já mencionados e perceptível ser o único que se interliga com todos os *clusters* apresentados na Figura, justificável pois a obra visa responder sobre a validade dos dados adquiridos num dispositivo eletromiógrafo de baixo custo na análise de fadiga musculares, referenciando-se em artigos que desenvolveram modelos e numa análise comparativa de montagem do dispositivo comercial.

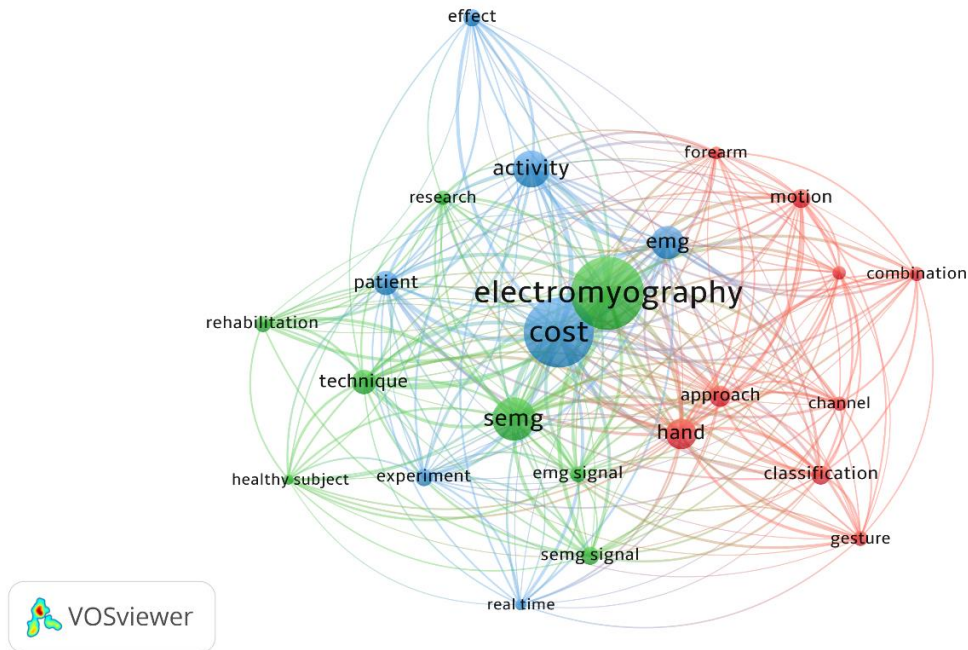
Ainda sobre a Figura (23), as obras pertencentes ao cluster em amarelo abordam sobre sistema de medição ser wireless, no roxo foca-se nos elétrodos – material, aplicação confortável.

As próximas análises a serem comentadas desviam da perspectiva bibliográfica trabalhada até o momento e focam na interpretação dos dados do texto.

A configuração para formar a Figura 24 é análise da coocorrência de termos extraídos do título e espaço destinado ao abstrato nos artigos, com as exclusões padrões do software (rótulos de abstrato estruturado e declarações de direitos autorais). Adotando o método de contagem binário (*binary counting*) – considera a presença ou ausência do termo nos documentos e ignora as ocorrências - com mínimo de repetição do termo sendo 10 vezes,

nesta análise o próprio VOSViewer recomenda mapear 60% dos termos mais relevantes. Adicional a pré-seletiva, filtrou-se termos pertinentes ao assunto.

Figura 24: Mapa das palavras recorrentes ao tema



Fonte: autoria própria (2022).

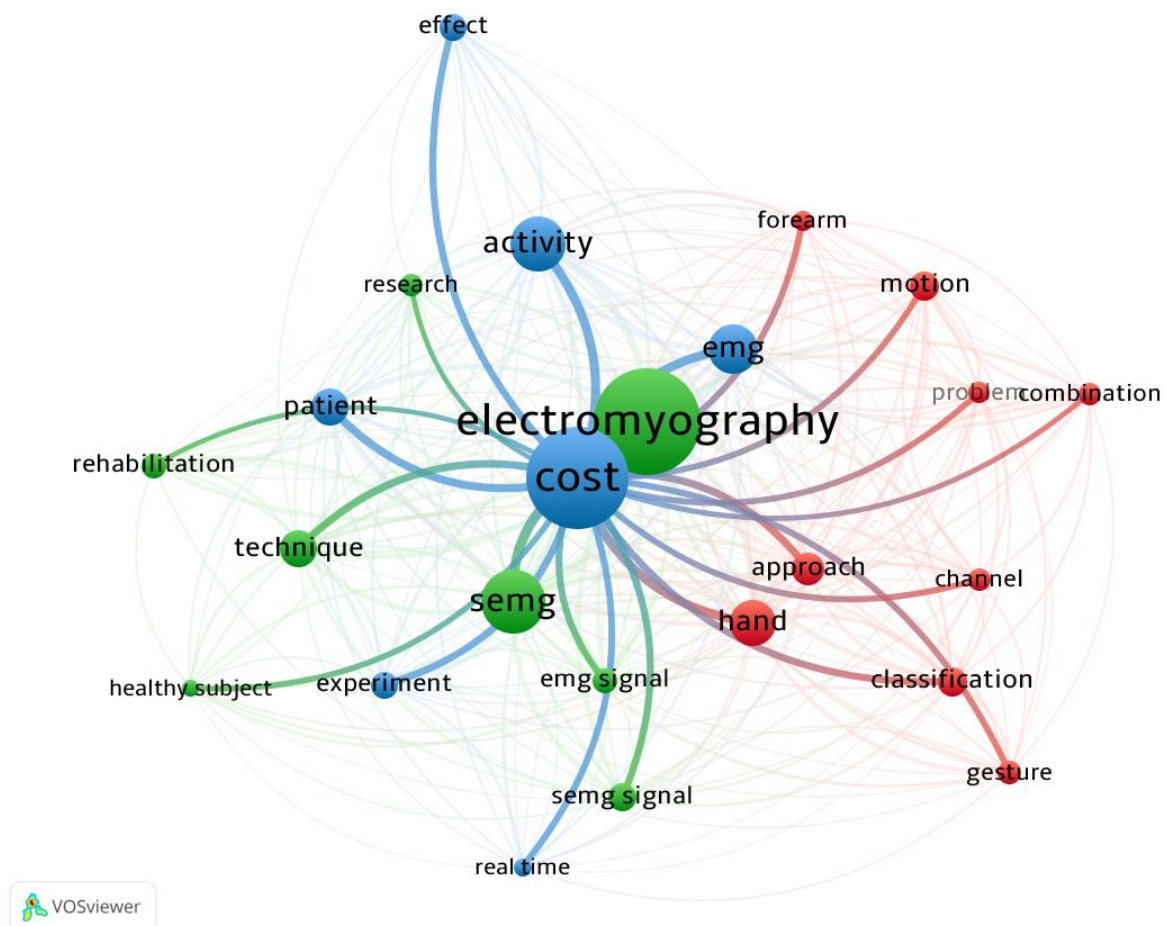
Numa observação da imagem, pode-se adotar dois critérios avaliativos: posição e tamanho do termo. Na análise pelo critério de posição, é relevante comentar a fácil percepção do termo eletromiografia (*electromyography*) como central no mapeamento dos termos relacionados e custo (*cost*) ser o que se encontra mais próximo. Quanto aos demais, termos como abordagem (*approach*), EMG e SEMG também são pertinentes por apresentarem pequena distância do central. A linha de raciocínio deste critério desenvolve-se por maior proximidade ao centro ou termo central, indica alta associação nas abordagens de pesquisa do principal, conseqüentemente, os distantes não são tão relacionados nas pesquisas de eletromiógrafo.

Para o critério de tamanho, destaca-se em ordem decrescente: eletromiografia, custo, SEMG e atividade. Como para esse mapeamento a unidade usado nos termos é ocorrência, entende-se que essas palavras são as mais percorridas nos artigos do banco de dados encontrado. Em adicional, é pertinente relatar a leve discrepância de tamanho entre eletromiografia – maior - e custo, identificando como a questão de custo na eletromiografia é recorrente nas pesquisas e reforça o que já foi notado no critério anterior e,

consequentemente, torna relevante a discussão deste trabalho.

Outro olhar para o mapa da Figura (24) é quanto a distribuição dos *clusters* (verde, azul e vermelho). Há mesclagem, cruzamento entre as palavras em verde e azul, enquanto as em vermelho estão no extremo oposto do mapa, podendo interpretar-se como a existência de duas abordagens distintas para a temática de eletromiografia, ou que os termos dos *clusters* verde e azul apresentam similaridades mais fortes no debate do que qualquer um deles com os do *cluster* vermelho. Devido as características de custo em (24), destaca-se o termo no mapa conforme aparece na Figura 25.

Figura 25 – Mapa destacando conexões de custo

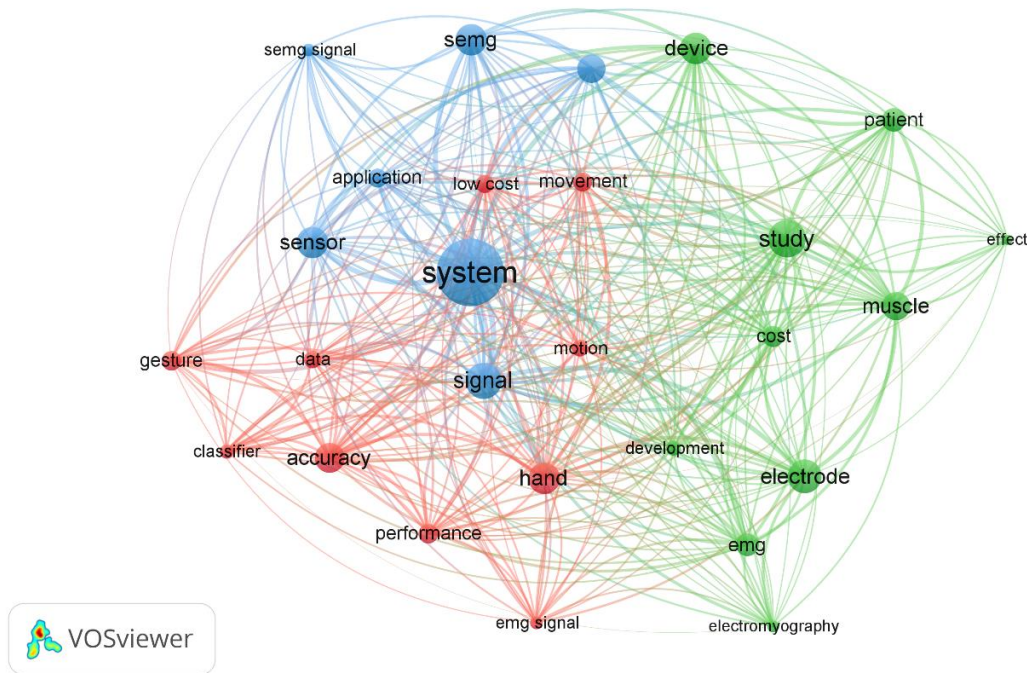


Fonte: autoria própria (2022).

Quanto a imagem 25, permite-se a leitura de total conexão de custo com todos os demais termos (22) e conseqüente foco de debate nas obras que tratam os termos.

Numa segunda análise de texto, ilustrado na Figura 26, utiliza-se o método de contagem total (*full counting*), que considera todas as ocorrências do termo, com mínimo de ocorrência de 17 vezes.

Figura 26 – Mapa de palavras conforme método contagem total



Fonte: autoria própria (2022).

No mapa da imagem (26) há ausência de um termo central, os que se posicionam mais próximo são sistema (*system*), sinal (*signal*) e baixo custo (*low cost*), enquanto eletromiografia é um dos mais afastados. Essa configuração retrata a atenção em pesquisas para o desenvolvimento de um sistema eletromiógrafo a baixo custo capaz de boa captação dos sinais.

Em debate sobre a destinação de cada termo para os respectivos *clusters*, entende-se que os motivos sejam: a temática do *cluster* azul ser características funcionais no aparelho de sEMG; no *cluster* verde quanto a testagem de mudanças no modelo atual e validação das mesmas; *cluster* amarelo quanto a diferentes materiais ou novos modelos de eletrodos na eletromiografia; e ao *cluster* vermelho critérios fundamentais bem executados para eletromiógrafo de qualidade na leitura de músculos da mão.

O banco de dados gerado no *Scopus* contém 127 artigos, dos quais realizou-se uma seletiva dos artigos mais relevantes para a revisão crítica, justificada pela abordagem do tema

eletromiógrafo de baixo custo, desenvolvimento de projeto, aplicação de tecnologias novas e métodos de validação da leitura dos sinais musculares. Diante dos critérios, agrupou-se 30 artigos, sendo 1 de autoria brasileira não encontrados no Scopus - conforme apresentados no quadro 1.

Quadro 1 – Listagem dos artigos escolhidos

(continua)

<i>Autor(es)</i>	<i>Título</i>	<i>Ano</i>
<i>Jianting Fu, Jian Chen, Yizhi Shi, Yao Li</i>	<i>Design of a low-cost wireless surface EMG acquisition system</i>	<i>2013</i>
<i>Md. Asif Ahamed, Md. Asraf-Ul Ahad, Md. Hanif Ali Sohag, Mohiuddin Ahamad</i>	<i>Development of low cost wireless biosignal acquisition system for ECG EMG and EOG. 2015 2nd International Conference on Electrical Information and Communication Technologies (EICT)</i>	<i>2015</i>
<i>Abhishek B. Jani, Ravi Bagree, Anil K. Roy</i>	<i>Design of a low-power, low-cost ECG & EMG sensor for wearable biometric and medical application</i>	<i>2017</i>
<i>Davide Brunelli, Anduaelem Maereg Tadesse, Bernhard Vodermayr, Markus Nowak, Claudio Castellini</i>	<i>Low-cost wearable multichannel surface EMG acquisition for prosthetic hand control</i>	<i>2015</i>
<i>Suzuki R., Muraoka Y., Okazaki S</i>	<i>Development of a low-cost EMG biofeedback device kit as an educational tool for physical therapy students</i>	<i>2017</i>
<i>Everton Lincoln Uehara</i>	<i>Desenvolvimento de um eletrocardiográfico portátil com conexão bluetooth utilizando uma MCU Arm</i>	<i>2015</i>
<i>Sergio Fuentes Del Toro, Yuyang Wei, Ester Olmeda, Lei Ren, Wei Guowu, Vicente Díaz</i>	<i>Validation of a low-cost electromyography (EMG) system via a commercial and accurate EMG device: Pilot study</i>	<i>2019</i>
<i>Arjan Gijsberts, Manfredo Atzori, Claudio Catellini, Henning Müller, Barbara Caputo</i>	<i>The movement error rate for evaluation of machine learning methods for sEMG-based hand movement classification</i>	<i>2014</i>
<i>Sophie Heywood, Yonghao Pua, Jodie MccIelland, Paula Richley Geigle, Ann E Rahmann, Kelly J Bower, Ross Clark</i>	<i>Low-cost electromyography - Validation against a commercial system using both manual and automated activation timing thresholds</i>	<i>2018</i>
<i>Mahmoud Tavakoli, Carlo Benussi, Joao Luis Lourenco</i>	<i>Methodological aspects of SEMG recording for force estimation - A tutorial and review</i>	<i>2017</i>

Quadro 1 – Listagem dos artigos escolhidos

(continuação)

<i>Autor(es)</i>	<i>Título</i>	<i>Ano</i>
<i>Sergio del Toro, Silvia Santos-Cuadros, Ester Olmeda, Carolina Álvarez-Caldas, Vicente Díaz e José Luis San Román</i>	<i>Is the use of a low-cost sEMG sensor valid to measure muscle fatigue?</i>	2019
<i>Ying Sun, Cuiqiao Li, Gongfa Li, Guozhang Jiang, Du Jiang, Honghai Liu, Zhigao Zheng, Wanneng Shu</i>	<i>Gesture recognition based on kinect and sEMG signal fusion.</i>	2018
<i>C.L. Fall, G. Gagnon-Turcotte, J.F. Dubé, J.S.Gagné, Y. Delisle, A. Campeau-Lecours, C. Gosselin, B.Gosselin</i>	<i>A wireless sEMG-based body-machine interface for assistive technology devices</i>	2016
<i>Yu Hu, Yongkang Wong, Wentao Wei, Yu Du, Mohan Kankanhalli, Weidong Geng</i>	<i>A novel attention-based hybrid CNN-RNN architecture for sEMG-based gesture recognition</i>	2018
<i>Giacinto Luigi Cerone, Alberto Botter, Marco Gazzoni</i>	<i>A modular, smart and wearable system for high density sEMG detection</i>	2019
<i>Yu Zhou, Jia Zeng, Kairu Li, Levi J. Hargrove, Honghai Liu</i>	<i>sEMG-Driven functional electrical stimulation tuning via muscle force</i>	2020
<i>Benjamin C. Fortune, Christopher G. Pretty, Logan T. Chatfield, Lachlan R. McKenzie, Michael P. Hayes</i>	<i>Low-cost active electromyography</i>	2019
<i>Zheng Wang, Yinfeng Fang, Gongfa Li, Honghai Liu</i>	<i>Facilitate sEMG-based human-machine interaction through channel optimization.</i>	2019
<i>Xugang Xi, Minyan Tang, Seyed M. Miran, Zhizeng Luo</i>	<i>Evaluation of feature extraction and recognition for activity monitoring and fall detection based on wearable sEMG sensors</i>	2017
<i>Robert Meattini, Umberto Scarcia, Simone Benatti, Danielle De Gregorio</i>	<i>An sEMG-based human-robot interface for robotic hands using machine learning and synergies</i>	2018
<i>Ruiming Luo, Shouqian Sun, Xianfu Zhang, Zhichuan Tang e Weide Wang</i>	<i>A low-cost end-to-end sEMG-based gait sub-phase recognition system</i>	2019
<i>Ulysse Côté-Allard, Gabriel Gagnon-Turcotte, François Laviolette e Benoit Gosselin</i>	<i>A low-cost, wireless, 3-D-printed custom armband for sEMG and gesture recognition</i>	2019
<i>Claudio Batos Heine e Luciano Luporini Menegaldo</i>	<i>Numerical validation of a subject-specific parameter identification approach of a quadriceps femoris EMG-driven mode</i>	2018

Quadro 1 – Listagem dos artigos escolhidos

(conclusão)

<i>Autor(es)</i>	<i>Título</i>	<i>Ano</i>
<i>Yang Xingchen, Jipeng Yan e Hoonghai Liu</i>	<i>Comparative analysis of wearable A-mode ultrasound and sEMG for muscle-computer interface</i>	<i>2019</i>
<i>Xiangxin Li, Oluwarotimi Williams Samuel, Xu Zhang, Hui Wang, Peng Fang e Guanglin Li</i>	<i>A motion-classification strategy based on sEMG-EEG signal combination for upper-limb amputees</i>	<i>2017</i>
<i>Srimantha E. Mudiyansele, Phuong Hoang Dat Nguyen, Mohammad Sadra Rajabi e Reza Akhavian</i>	<i>Automated workers' ergonomic risk assessment in manual material handling using sEMG wearable sensors and machine learning</i>	<i>2021</i>
<i>Gerjan Wolterink, Pedro Dias, Remco G.P. Sanders, Frodo Muijzer, Bert-Jan van Beijnum, Peter Veltink e Gijs Krijnen</i>	<i>Development of soft sEMG sensing structures using 3D-printing technologies</i>	<i>2020</i>
<i>Naishi Feng, Quiorong Shi, Hong Wang, Jiale Gong, Chong Liu, Zhiguo Lu</i>	<i>A soft robotic hand: design, analysis, sEMG control and experiment</i>	<i>2018</i>
<i>Todd Bao, Shane Xie, Ed Zhang</i>	<i>Towards robust, adaptive and reliable upper-limb motion estimation using machine learning and deep learning-a survey in myoelectric control.</i>	<i>2022</i>
<i>Xinjun Sheng, Xuecong Ding, Weichao Guo, Lei Hua, Mian Wang, Xiangyang Zhu</i>	<i>Toward an integrated multi-modal sEMG/MMG/NIRS sensing system for human-machine interface robust to muscular fatigue</i>	<i>2020</i>

Fonte: autoria própria (2023).

5 CLUSTERS

Este capítulo tratará sobre os tópicos similares – denominados clusters - discutidos no acervo final de artigos selecionados listados no quadro. A definição dos clusters resume-se não somente na recorrência do termo nas literaturas, mas sua relevância ao desenvolvimento de um eletromiógrafo.

Todos os *clusters* apresentaram sua discussão na forma de quadros para facilitar a visualização comparativa das obras e também, identificar vantagens e desvantagens obtidas.

5.1 CLUSTER CUSTO

Este cluster apresentará nas colunas os aspectos de preço na montagem do dispositivo, componentes, resultados e limitações.

Quadro 2 – Descritivo artigos relatando baixo custo

(continua)

<i>Artigo</i>	<i>Preço</i>	<i>Hardware</i>	<i>Resultado/Limitações</i>
<i>DEL TORO, S. SANTOS-CUADROS, S; OLEMDA, E; ÁLVAREZ-CALDAS, C; DÍAZ, V; SAN ROMÁN, J. Is the use of a low-cost sEMG sensor valid to measure muscle fatigue?</i>	<i>€100.00 (Myoware EMG + Arduino MEGA 2560)</i>	<i>Sensor Myoware EMG, placa de Arduino MEGA 2560, eletrodos Ag/AgCl $\phi = 24$ mm,</i>	<i>Válido na identificação de fadiga, apresentou resultados razoáveis e facilmente reconhecidos</i>
<i>FU, J.; CHEN, J.; SHI, Y.; LI, Y.; Design of a low-cost wireless surface EMG acquisition system</i>	<i>Desconhecido</i>	<i>3 eletrodos de Ag, sensor sEMG, pré amplificador AD8220, módulo conversor wireless de 16 -bit AD, controlador ARM, módulo Bluetotoh</i>	<i>Sucedido na distinção dos 4 gestos com punho Limitação: comunicação wireless de até 15 m e a precisão do sinal dependia fortemente do desempenho do indivíduo.</i>

Quadro 2 – Descritivo artigos relatando baixo custo

(continuação)

<i>Artigo</i>	<i>Preço</i>	<i>Hardware</i>	<i>Resultado/Limitações</i>
<i>AHAMED, M. A.; AHAD, M. A. -U.; SOHAG, M. H. A.; AHMAD, M.; Development of low cost wireless biosignal acquisition system for ECG EMG and EOG.</i>	<i>US\$25.02</i>	<i>3 eletrodos AgCl, Arduino Uno de 6 canais, conversor AC 10-bit, unidade sensor com eletrodo (Bio Protech T716), amplificador de instrumentação AD620, regulador de tensão LM7805, Bluetooth HC-06</i>	<i>Sinais desejados e frequências dentro do alcance normal para EMG, ECG e EOG, Limitação: uso durante 22h</i>
<i>JANI, A. B.; BAGREE, R.; ROY, A. K. Design of a low-power, low-cost ECG & EMG sensor for wearable biometric and medical application</i>	<i>US\$ 10/sensor</i>	<i>Eletrodos não invasivos Ag/AgCl pré-gelificado, 3 amplificadores de instrumentação op-amp, circuito perna direita (DRL), PCB de duas camadas 59x15 mm, osciloscópio Analog Discovery 100MSPS USB e analisador lógicos da Digilent Inc.</i>	<i>Sensor com alta sensibilidade, captura e identificação distinta do movimento do menor músculo, baixo consumo de energia (operando até 700h)</i>
<i>BRUNELLI, D.; TADESSE, A. M.; VODERMAYER, B.; NOWAK, M.; CASTELLINI, C. Low-cost wearable multichannel surface EMG acquisition for prosthetic hand control.</i>	<i>€60.00 (sem eletrodos sEMG)</i>	<i>Eletrodos sEMG Ottobock 13E200, cartões DAQ com chip conversor AD, protocolo Bluetooth wireless e radio de baixa potência, sensor EMG multiplex de 32 inputs, microcontrolador MS430F5529 de 25 Hz e 16-bit, transceptor Bluetooth onboard 2.12</i>	<i>Sistema converte sinais analógicos em fluxo de dados digitais para aparelho móvel via Bluetooth, sinais de saída do sistema wireless correlacionam com placa de aquisição de dados industrial</i>

Quadro 2 – Descritivo artigos relatando baixo custo

(continuação)

Artigo	Preço	Hardware	Resultado/Limitações
<p>SUZUKI, R., MURAOKA, Y., OKAZAKI, S.</p> <p><i>Development of a low-cost EMG biofeedback device kit as an educational tool for physical therapy students</i></p>	<p>US\$ 15.00</p>	<p>Base protoboard de circuito, caixa de bateria, almofadas EMG, bloco terminal de 2 pinos, fios de registro, miniplug de conversão estéreo de 4 polos, 3 garras jacaré e plugue de conexão, 2 resistores 200Ω, amplificador de instrumentação LT1167, conversor DC-DC MAU106, 2 conectores de áudio, 2 capacitores 10 μF</p>	<p>Menor tempo para montagem do sistema, aumento significativo no pós-questionário quanto a envolvimento e mais conhecimento</p>
<p>DEL TORO, S. F.; WEI, Y.; OLMEDA, E.; REN, L.; GUOWU, W.; DIAZ, V.</p> <p><i>Validation of a low-cost electromyography (EMG) system via a commercial and accurate EMG device: Pilot study</i></p>	<p>Desconhecido</p>	<p>3 eletrodos, placa Arduino MEGA2560, sensor de músculo Myoware EMG (SEM-13723 ROHS)</p>	<p>Dispositivo funciona de forma satisfatória, conseguindo construir um dispositivo amigável ao usuário</p> <p>Limitação: lidar com ruído e atraso no sinal, podendo ser um problema no rastreamento de sinal in vivo</p>
<p>HEYWOOD, S; PUA, Y; MCCLELLAND, J; GEIGLE, P; RAHMANN, A; BOWER, K; CLARK, R.</p> <p><i>Low-cost electromyography - Validation against a commercial system using both manual and automated activation timing thresholds</i></p>	<p>Desconhecido</p>	<p>Sensor muscular Myoware com conectores de eletrodo (Advancer Technologies North Carolina), blindagem externa com isolamento elétrico líquido (Star brite) e massa epóxi, amplificador operacional AD8236, alimentado a 5V, equipamento de aquisição de dados USB-6001, eletrodos independentes Ag/AgCl (Duo-Trode)</p>	<p>Potencial para avaliar os níveis de ativação muscular e duração da contração ao longo de específicos exercícios isométricos e dinâmicos. Mudança de modesto a excelente para pico da contração, contração média e duração da contração entre sistema comercial e o desenvolvido</p>

Quadro 2 – Descritivo artigos relatando baixo custo

(continuação)

<i>Artigo</i>	<i>Preço</i>	<i>Hardware</i>	<i>Resultado/Limitações</i>
<i>TAVAKOLI, M.; BENUSSI, C.; LOURENCO, J.L. Single channel surface EMG control of advanced prosthetic hands: A simple, low cost and efficient approach.</i>	<i>Desconhecido</i>	<i>Projetada uma braçadeira com: placa de processamento, 3 eletrodos (Sparkfun Electronics), 1 canal, fonte de alimentação 0.3V</i>	<i>Técnica válida, sem necessitar de calibragem, controle da mão satisfatório e precisão de treinamento garantido acima de 90%ão de treinamento garantido acima de 90% Limitação; não tão conveniente devido alto número de padrões para fechar a mão, o que exige muitos passos até conclusão</i>
<i>FORTUNE, B.C.; PRETTY, C.G.; CHATFIELD, L.T.; MCKENZIE, L.R.; HAYES, M.P. Low-cost active elctromyography.</i>	<i>US\$ 112.00</i>	<i>2 eletrodos Ag/AgCl, conversor analógico-digital ADC, fio de prata 99.99% puro (eletrodo de registro), projeto circuito sEMG feito pelo software Altium Designer, conversor DC-DC e isolador USB, conector de 6 pinos FFC, amplificador de instrumentação, fonte de alimentação 5V com 3.3V lógica CMOS</i>	<i>Equipamento atua bem como alternativa a sEMG de alta qualidade e acessível, amplo e completo alcance de escala de entrada, baixo baseline de ruído e boa pressão de interferência</i>
<i>LUO, R.; SUN, S.; ZHANG,X.; TANG, Z.; WANG, W. A low-cost end-to-end sEMG- based Gait Sub-phase Recognition System.</i>	<i>US\$ 100.00</i>	<i>4 canais de sinal sEMG, sinalis de 2 canais para pressão plantar do pé, placa com diferentes módulos eletônicos presos em fita de velccro, Arduino MEGA 2560, 2 coletores sEMG duplo canal, fios de 2 insoles de pressão ZNX-01, bateria seca, 8 resistores sensíveis a força (FSR), 2 eletrodos sEMG de grupo padrão</i>	<i>Sinais crus de sEMG e mapeamento padrão da subfase gait não lineares, portanto, dispositivo não apropriado para aplicação clínica</i>

Quadro 2 – Descritivo artigos relatando baixo custo

(conclusão)

<i>Artigo</i>	<i>Preço</i>	<i>Hardware</i>	<i>Resultado/Limitações</i>
<i>CÔTÉ-ALLARD, U.; GAGNON- TURCOTTE, G.; LAVIOLETTE, F.; GOSSELIN, B. A low- cost, wireless, 3-D- printed custom armband for sEMG hand gesture recognition.</i>	<i>Desconhecido</i>	<i>10 canais de gravação sEMG, IMU de 9 eixos (ICM 20948), peso 63g, montagem com SoC, braçadeira segura os eletrodos sEMG, transceptor sem fio nRF24L01+, MCU MSP430F5328, bateria LiPo de 100 mAh</i>	<i>Alta performance da braçadeira 3DC em todos os gestos, sistema sEMG de aquisição teve melhor desempenho que a braçadeira comercial Myo Limitação: embora longo treinamento favoreça a 3DC, não é explicável porque os dois sistemas assemelham-se num ciclo de treinamento único, descartando a hipótese do período de aquecimento</i>

Fonte: autoria própria (2023).

5.2 CLUSTER TECNOLOGIA

Como apresentado no capítulo Revisão de literatura, os artigos encontrados projetam dispositivos de forma variada e não necessariamente similar, portanto este cluster será dividido seguindo as tecnologias antes mencionadas. Numa filtragem do acervo, 28 artigos mencionam as tecnologias.

5.2.1 Bluetooth

O quadro 3 apresentará sobre a integração do protocolo no sistema.

Quadro 3 – Descritivo artigos utilizando Bluetooth

(continua)

<i>Artigo</i>	<i>Uso</i>	<i>Observação</i>
<i>UEHARA, E.L. Desenvolvimento de um eletrocardiógrafo portátil com conexão bluetooth utilizando uma MCU Arm</i>	<i>O equipamento desenvolvido conecta-se via Bluetooth com um aparelho móvel (ex.: celular) para visualização dos sinais, não há detalhamento sobre a configuração do módulo Bluetooth usado</i>	<i>Não apresenta limitações nem erros quanto à aplicação do Bluetooth</i>

Quadro 3 – Descritivo artigos utilizando Bluetooth
(continuação)

Artigo	Uso	Observação
<p>XI, X.; TANG, M.; MIRAN, S.M.; LUO, Z. <i>Evaluation of feature extraction and recognition for activity monitoring and fall detection based on wearable sEMG sensors.</i></p>	<p>Protocolo de comunicação do Trigo Wireless EMG, com alcance operacional de 40m</p>	<p>Monitoramento automatizado de diversas atividades do cotidiano e detecção de queda são possíveis utilizando sistema sem fio.</p>
<p>BRUNELLI, D.; TADESSE, A. M.; VODERMAYER, B.; NOWAK, M.; CASTELLINI, C. <i>Low-cost wearable multichannel surface EMG acquisition for prosthetic hand control</i></p>	<p>Transceptor Bluetooth 2.1 compatível (Roving Networks módulo RN-41) de baixa potência, comunicação bidirecional RF suportada pelo perfil de porta (SPP) serial com taxa de dado 240kbps l</p>	<p>Protocolo Bluetooth wireless e radio de baixa potência estabelece enquadramento de pacotes de dados e transmissão para dispositivo móvel</p>
<p>AHAMED, M. A.; AHAD, M. A. - U.; SOHAG, M. H. A.; AHMAD, M.; <i>Development of low cost wireless biosignal acquisition system for ECG EMG and EOG</i></p>	<p>MCU: Bluetooth HC-06, com taxa de transmissão alterada para 38400 bps</p>	<p>Transmissão de dados entre Arduino UNO e computador Alteração da taxa de transmissão via software putty</p>
<p>MEATTINI, R.; SCARCIA, U.; BENATTI, S.; DE GREGORIO, D.; BENINI, L.; MELCHIORRI, C. <i>An sEMG-based Human-Robot Interface for robotic hands using machine learning and synergies</i></p>	<p>Transmissão dos dados adquiridos para computadores via interface padrão Bluetooth 2.0</p>	<p>Conexão MCU ARM CórteX M4 por USART com o módulo Bluetooth</p>
<p>MUDIYANSELAGE, S.E.; NGUYEN, P.H.D.; RAJABO, M.S.; AKHAVIAN, R. <i>Automated workers' ergonomic risk assessment in manual material handling using sEMG wearable sensors and machine learning</i></p>	<p>Modulo Bluetooth</p>	<p>Sinais micro-elétrico dos eletrodos sEMG em tempo real transferidos para o receptor</p>

Quadro 3 – Descritivo artigos utilizando Bluetooth
(conclusão)

<i>Artigo</i>	<i>Uso</i>	<i>Observação</i>
<i>BAO, T.; XIE, S.Q.; YANG, P.; ZHOU, P.; ZHANG, Z. Toward robust, adaptive and reliable upper-limb motion estimation using machine learning and deep learning-a survey in myoelectric control</i>	<i>Módulo Bluetooth</i>	<i>Integrado num sistema de detecção híbrido sEMG-NIRS wireless e multicanais para manipulação de prótese</i>
<i>FU, J.; CHEN, J.; SHI, Y.; LI, Y.; Design of a low-cost wireless surface EMG acquisition system.</i>	<i>Módulo Bluetooth HC-05 tecnologia de comunicação baixa potência de rádio, taxa transferência máxima 1MB/s</i>	<i>Transmissão de dados gravados por meio do protocolo de comunicação serial USRT, Comunicação efetiva até distância de 15m</i>

Fonte: autoria própria (2023).

5.2.2 Software de programação

Esta divisão do cluster une no quadro 4, os softwares de programação e respectivas linguagens citados nas obras.

Quadro 4 – Artigos com softwares de programação
(continua)

<i>Artigo</i>	<i>Software</i>	<i>Observação</i>
<i>UEHARA, E.L. Desenvolvimento de um eletrocardiógrafo portátil com conexão bluetooth utilizando uma MCU Arm.</i>	<i>IDE Eclipse</i>	<i>Plataforma avançada e gratuita Configuração entradas e saídas do ARM TIVA, resetar e configurar multiplexador ADS1291 e Bluetooth, realizar e armazenar as medições, envio dados ao celular</i>
<i>FALL, C.J.; GAGNON-TURCOTTE, G.; DUBÉ, J.F.; GAGNÉ, J.S.; DELISLE, Y.; CAMPEAU-LECOURS, A.; GOSEELIN, C.; GOSELIN, B. A wireless sEMG-based body-machine interface for assistive technology devices</i>	<i>MATLAB (Biblioteca do software JACO integrada)</i>	<i>Sinais digitalizados transferidos em tempo real para MATLAB, uso da comunicação opcional UDP para visualização dos dados Biblioteca integrada utilizando API na comunicação com braço robótico, garantir controle e configuração dos dados</i>

Quadro 4 – Artigos com softwares de programação
(continuação)

Artigo	Software	Observação
<p>XI, X.; TANG, M.; MIRAN, S.M.; LUO, Z. Evaluation of feature extraction and recognition for activity monitoring and fall detection based on wearable sEMG sensors.</p>	<p>MATLAB R2013</p>	<p>Determinação do tempo de calculagem</p>
<p>LI, X.; SAMUEL, O.W.; ZHANG, X.; WANG, H.; FANG, P.; LI, G. A motion-classification strategy based on sEMG-EEG signal combination for upper-limb amputees</p>	<p>MATLAB EEGLAB toolbox (EEG)</p>	<p>Pré processamento offline dos dados EEG e sEMG</p>
<p>HEINE, C.B.; MENEGALDO, L.L. Numerical validation of a subject-specific parameter identification approach of a quadriceps femoris EMG</p>	<p>MATLAB (toolbox System Identification)</p>	<p>Identificar modelo estocástico por meio do MVC EMG do alongamento por 2s do músculo vastus laterallis Uso da função gensit.m na geração de conjunto de valores aleatórios conforme distribuição de probabilidade medida Local das simulações</p>
<p>XINGCHEN, Y.; YAN, J.; LIU, H. Comparative analysis of wearable A-mode ultrasound and sEMG for muscle-computer interface.</p>	<p>MATLAB (2016Rb)</p>	<p>Análise de variância de medida repetida bidirecional (ANOVA), junto ao teste post-hoc da Turquia para avaliação do desempenho de classificação de diferentes classificadores e recursos para reconhecimento do padrão do mioelétrico</p>
<p>MEATTINI, R.; SCARCIA, U.; BENATTI, S.; DE GREGORIO, D.; BENINI, L.; MELCHIORRI, C. An sEMG-based human-robot interface for robotic hands using machine learning and synergies.</p>	<p>MATLAB</p>	<p>Implementação do classificador SVM através da biblioteca libSVM</p>
<p>BRUNELLI, D.; TADESSE, A. M.; VODERMAYER, B.; NOWAK, M.; CASTELLINI, C. Low-cost wearable multichannel surface EMG acquisition for prosthetic hand control.</p>	<p>MATLAB LabView</p>	<p>Análise quantitativa das amostras Mostrar e comparar a precisão online, facilita acesso às portas seriais do computador visto interface VISA integrada e Bluetooth que emula portas COM virtuais no SPP</p>

Quadro 4 – Artigos com softwares de programação
(conclusão)

<i>Artigo</i>	<i>Software</i>	<i>Observação</i>
<i>FENG, N.; SHI, Q.; WANG, H.; GONG, J.; LIU, C.; LU, Z. A soft robotic hand: design, analysis, sEMG control and experiment.</i>	<i>LabView</i>	<i>Identificação dos gestos pela interface</i>
<i>WOLTERINK, G.; DIAS, P.; SANDERS, R.G.P.; MUIJZER, F.; VAN BEIJNUM, B.J.; VELTINK, P. KRIJNEN, G. Development of soft sEMG sensing structures using 3D-printing technologies</i>	<i>MATLAB</i>	<i>Dados EMG coletados a 1250Hz são visualizados e armazenados na interface TMSi</i>
<i>R.; SUN, S.; ZHANG, X.; TANG, Z.; WANG, W. A low-cost end-to-end sEMG-based gait sub-phase recognition system</i>	<i>MATLAB (App Designer)</i>	<i>Visualização do reconhecimento da subfase da marcha</i>
<i>HEYWOOD, S; PUA, Y; MCCLELLAND, J; GEIGLE, P; RAHMANN, A; BOWER, K; CLARK, R. Low-cost electromyography - Validation against a commercial system using both manual and automated activation timing thresholds</i>	<i>LabView</i>	<i>Amostragens a 2000 Hz para ambos sistemas</i>
<i>DEL TORO, S. F.; WEI, Y.; OLMEDA, E.; REN, L.; GUOWU, W.; DIAZ, V. Validation of a low-cost electromyography (EMG) system via a commercial and accurate EMG device: Pilot study.</i>	<i>MATLAB/SIMULINK</i>	<i>Projeção e implementação do sistema</i>
<i>FORTUNE, B.C.; PRETTY, C.G.; CHATFIELD, L.T.; MCKENZIE, L.R.; HAYES, M.P. Low-cost active electromyography</i>	<i>Arduino IDE</i>	<i>Definição dos registradores integrados necessário, permite ganho ajustável e captura dos dados ADC</i>
<i>CERONE, G.L.; BOTTER, A.; GAZZONI, M. A modular, smart and wearable system for high density sEMG detection.</i>	<i>Software autônomo (Plataforma C++)</i>	<i>Aquisição e visualização online dos sinais sEMG no receptor, uso das bibliotecas Qt Uso do protocolo Zero de configuração de rede (Zeroconf)</i>

Fonte: autoria própria (2022).

5.3.3 Arduino

Na seção anterior listou-se artigos que usaram a plataforma de programação Arduino IDE, mas nesta, o quadro 5 listará as placas eletrônicas Arduino utilizadas.

Quadro 5 – Placas eletrônicas mencionadas

<i>Artigo</i>	<i>Placa Arduino</i>	<i>Configuração</i>
<i>AHAMED, M. A.; AHAD, M. A. -U.; SOHAG, M. H. A.; AHMAD, M.; Development of low cost wireless biosignal acquisition system for ECG EMG and EOG</i>	<i>Arduino Uno</i>	<i>Converter sinal analógico em digital e transmissão de sinal (taxa de 38400 bps) Conversor AD de 6 canais 10-bit</i>
<i>H.; GONG, J.; LIU, C.; LU, Z. A soft robotic hand: design, analysis, sEMG control and experiment.</i>	<i>Arduino Uno</i>	<i>Recebe a transferência de dados pelo protocolo de comunicação serial RS232, enviando posteriormente para circuito do interruptor por meio dos pinos I/O, seguido de controle da carga e descarga da bomba de ar</i>
<i>R.; SUN, S.; ZHANG, X.; TANG, Z.; WANG, W. A low-cost end-to-end sEMG-based gait sub-phase recognition system</i>	<i>Arduino MEGA 2560 (microprocessador)</i>	<i>Aquisição e transmissão, síncrona, de sinal</i>
<i>DEL TORO, S. F.; WEI, Y.; OLMEDA, E.; REN, L.; GUOWU, W.; DIAZ, V. Validation of a low-cost electromyography (EMG) system via a commercial and accurate EMG device: Pilot study</i>	<i>Arduino MEGA 2560</i>	<i>Manter comunicação com sensores, registro de informação e envio para computador</i>

Fonte: autoria própria (2022).

5.3.4 ARM

Em consulta à bibliografia, os documentos que mencionam uso da arquitetura ARM a fazem como microcontrolador (MCU), portanto, no quadro 6 descrever-se-á a configuração desenvolvida.

Quadro 6 – Documentos utilizando ARM

<i>Artigo</i>	<i>Modelo ARM</i>	<i>Configuração</i>
<i>UEHARA, E.L. Desenvolvimento de um eletrocardiógrafo portátil com conexão bluetooth utilizando uma MCU Arm</i>	<i>TIVA TM4C123GH</i>	<i>32 bits com memória Flash de 256kB, 32 kB SRAM e 2 kB de EEPROM FPU calcula com números decimais, auxiliando o aplicativo móvel a ser mais leve na execução</i>
<i>CERONE, G.L.; BOTTER, A.; GAZZONI, M. A modular, smart and wearable system for high density sEMG detection.</i>	<i>Cortex M4 MCU (processador principal) MCU adicional (processador de rede)</i>	<i>Funciona a 80 MHz O de rede atua como subsistema processador de rede Wi-Fi, incluído pilha embutida TCP/IP</i>
<i>CÔTÉ-ALLARD, U.; GAGNON-TURCOTTE, G.; LAVIOLETTE, F.; GOSSELIN, B. A low-cost, wireless, 3-D-printed custom armband for sEMG hand gesture recognition.</i>	<i>Córtex M4 MCU</i>	<i>Gerenciamento de dados Controle do SoC, IMU e transceptor wireless usando 3 barramentos SPI dedicados</i>
<i>MEATTINI, R.; SCARCIA, U.; BENATTI, S.; DE GREGORIO, D.; BENINI, L.; MELCHIORRI, C. An sEMG-based human-robot interface for robotic hands using machine learning and synergies.</i>	<i>Cortex M4 MCU</i>	<i>Conectado ao Cérebro (Analog Front End) de alto desempenho, por SPI</i>

Fonte: autoria própria (2022).

5.3.5 Machine Learning

O quadro 7 reúne os documentos que abordam sobre machine learning.

Quadro 7 – Obras que utilizaram machine learning no projeto

Artigo	Aplicação
BAO, T.; XIE, S.Q.; YANG, P.; ZHOU, P.; ZHANG, Z. <i>Toward robust, adaptive and reliable upper-limb motion estimation using machine learning and deep learning-a survey in myoelectric control</i>	Obtenção sucedida de modelos treinados de machine learning através de muitos conjuntos de dados de referência compartilhados online (pacotes de livre acesso BioPatRec e Myoelectric Control Development) Uso de computação neuromórfica, projetando sistemas analógico-digital mistos
MUDIYANSELAGE, S.E.; NGUYEN, P.H.D.; RAJABO, M.S.; AKHAVIAN, R. <i>Automated workers' ergonomic risk assessment in manual material handling using sEMG wearable sensors and machine learning</i>	Identificar atividades perigosas Uso do modelo tradicional na classificação dos dados coletados para atividades de levantamento conforme risco ergométrico (métodos Árvore de decisão, SVM, KNN, Floresta aleatória – mais preciso na classificação) Utiliza linguagem programável R via RStudio v1.3.959
GIJSBERTS, A.; ATZORI, M.; CASTELLINI, C.; MÜLLER, H.; CAPUTO, B. <i>The movement error rate for evaluation of machine learning methods for sEMG-based hand movement classification</i>	Algoritmo Kernel regularizado dos mínimos quadrados, semelhante ao SVM, permite aprendizado simultânea de múltiplas dimensões de saída Cálculo de regressões e classificação
MEATTINI, R.; SCARCIA, U.; BENATTI, S.; DE GREGORIO, D.; BENINI, L.; MELCHIORRI, C. <i>An sEMG-based human-robot interface for robotic hands using machine learning and synergies.</i>	Classificação dos gestos com mão para diferentes tipos de aperto por implementação da técnica SVM
XI, X.; TANG, M.; MIRAN, S.M.; LUO, Z. <i>Evaluation of feature extraction and recognition for activity monitoring and fall detection based on wearable sEMG sensors.</i>	Uso do algoritmo FCM com uma das técnicas de classificação representativa. Quanto aos resultados de detecção de queda apresentou baixa sensibilidade e especificidade
BRUNELLI, D.; TADESSE, A. M.; VODERMAYER, B.; NOWAK, M.; CASTELLINI, C. <i>Low-cost wearable multichannel surface EMG acquisition for prosthetic hand control.</i>	Prever movimentos dos dedos correspondentes, classificação construído por filtragem e pré processamento, segmentação, características de extração e classificação. Obtendo bom desempenho, destaque a taxa de reconhecimento na classificação quanto ao tipo de aperto

Fonte: autoria própria (2023).

5.3.6 Deep Learning e CNN-RNN

A abordagem do deep learning para pesquisas com sEMG foca em decodificar as interações do movimento humano, e como CNN-RNN é arquitetura central em deep learning, também revisada no quadro 8.

Quadro 8 – Artigos com metodologia deep learning e CNN-RNN

<i>Artigo</i>	<i>Observação</i>
<i>HU, Y.; WONG, Y.; WEI, W.; DU, Y. KANKANHALLI, M.; GENG, W. A novel attention-based hybrid CNN-RNN architecture for sEMG-based gesture recognition</i>	<i>Uso do mecanismo de atenção para classificação, modelagem da informação espaço-temporal e importância dos sinais de entrada eletromiográfico. CNN é extratora de características para transformação em vetor de característica, RNN com loops de feedback e codifica informações contextuais. Estrutura híbrida destaca-se sobre modelos CNN e RNN, mecanismo de atenção melhora desempenho da arquitetura híbrida</i>
<i>BAO, T.; XIE, S.Q.; YANG, P.; ZHOU, P.; ZHANG, Z. Towards robust, adaptive and reliable upper-limb motion estimation using machine learning and deep learning-a survey in myoelectric control.</i>	<i>Potencial existente no uso de deep learning para aplicação e uso clínico. Abordagem deep learning melhora funcionalidade de controle mioelétrico, porém falham na interpretabilidade, porém suas avaliações ocorrem offline (indesejável ao controle mioelétrico). Como solução, usar leve CNN com estimação cinética.</i>

Fonte: autoria própria (2023).

5.3.7 Impressão 3D

O quadro 9 apresenta os artigos que empregam a tecnologia da impressora 3D em seus projetos.

Quadro 9 – Descritivo do uso da impressão 3D nos artigos

(continua)

<i>Artigo</i>	<i>Observação</i>
<i>FENG, N.; SHI, Q.; WANG, H.; GONG, J.; LIU, C.; LU, Z. A soft robotic hand: design, analysis, sEMG control and experiment.</i>	<i>modelo da mão e molde dos dedos feitos na impressora JGAURORA A8 com material PLA. Dedos feitos em molde desenhado imerso em Ecoflex 00-50 e preenchido por cola</i>

Quadro 9 – Descritivo do uso da impressão 3D nos artigos
(continuação)

<i>Artigo</i>	<i>Observação</i>
<i>WOLTERINK, G.; DIAS, P.; SANDERS, R.G.P.; MUIJZER, F.; VAN BEIJNUM, B.J.; VELTINK, P. KRIJNEN, G. Development of soft sEMG sensing structures using 3D-printing technologies.</i>	<i>Par de eletrodo impresso 3D, desenhados em Fusion 360, impressos FlashForge Creator Pro FDM material: PI-ETPU e Ninjaflex não condutivo Impressos em TPU condutivo, bem viáveis para aplicações práticas</i>
<i>FORTUNE, B.C.; PRETTY, C.G.; CHATFIELD, L.T.; MCKENZIE, L.R.; HAYES, M.P. Low-cost active electromyography.</i>	<i>Estrutura não condutiva para placa sEMG, alojando PCB e eletrodos barra de Ag</i>
<i>CERONE, G.L.; BOTTER, A.; GAZZONI, M. A modular, smart and wearable system for high density sEMG detection.</i>	<i>Estrutura para alojamento dos protótipos SU, impressa em PLA</i>
<i>CÔTÉ-ALLARD, U.; GAGNON-TURCOTTE, G.; LAVIOLETTE, F.; GOSSELIN, B. A low-cost, wireless, 3-D-printed custom armband for sEMG hand gesture recognition.</i>	<i>Braçadeira com 10 canais sEMG de gravação e IMU de 9 eixos, pesa 63g e quando dobrada ocupa 1.25 cm² Melhor performance que o modelo comercial</i>

Fonte: autoria própria (2023).

5.3 CLUSTER PRÓTESE

Como a discussão do trabalho é sobre um dispositivo que lê os sinais elétricos musculares para tratar a lesão respectiva, é esperado que muitas pesquisas debatam o desenvolvimento de modelos de próteses implementando a lógica do sistema em sua estrutura e isso é apresentado no quadro 10.

Quadro 10 – Descritivo da relação com próteses
(continua)

<i>Artigo</i>	<i>Observação</i>
<i>XINGCHEN, Y.; YAN, J.; LIU, H. Comparative analysis of wearable A-mode ultrasound and sEMG for muscle-computer interface.</i>	<i>Avaliação desempenho do ultrassom A-mode e sEMG no reconhecimento de gesto e estimação de força, por serem cruciais no controle de dispositivo protético e estimação de força concorrer com reconhecimento de gestos no controle proporcional de gestos.</i>

Quadro 10 – Descritivo da relação com próteses
(continuação)

Artigo	Observação
<i>JANI, A. B.; BAGREE, R.; ROY, A. K. Design of a low-power, low-cost ECG & EMG sensor for wearable biometric and medical application</i>	<i>O design da placa simples com componentes disponíveis, discreto e baratos (catação dos sinais e envio ao microcontrolador ADC), habilitando o sensor a ser útil no controle de instrumentos de próteses.</i>
<i>FU, J.; CHEN, J.; SHI, Y.; LI, Y.; Design of a low-cost wireless surface EMG acquisition system.</i>	<i>Uso de microprocessadores de alto desempenho aplicado no módulo de classificação prevê o comportamento do movimento em aplicações de controle de prótese multifuncional.</i>
<i>GIJSBERTS, A.; ATZORI, M.; CASTELLINI, C.; MÜLLER, H.; CAPUTO, B. The movement error rate for evaluation of machine learning methods for sEMG-based hand movement classification</i>	<i>Uso do MMG medido por acelerômetros para controle de próteses, já que captura o campo gravitacional primário e movimento de membros superiores são úteis ao controle.</i>
<i>BRUNELLI, D.; TADESSE, A. M.; VODERMAYER, B.; NOWAK, M.; CASTELLINI, C. Low-cost wearable multichannel surface EMG acquisition for prosthetic hand control.</i>	<i>Dados coletados são classificados conforme rótulos, para computação e envio dos sinais de posição e controle de velocidade para produção do movimento da prótese de mão Desenvolvimento de interface para controle da prótese</i>
<i>HU, Y.; WONG, Y.; WEI, W.; DU, Y. KANKANHALLI, M.; GENG, W. A novel attention-based hybrid CNN-RNN architecture for sEMG-based gesture recognition</i>	<i>Modelo híbrido de CNN-RNN no GPU pode ser aplicado no controle de prótese</i>
<i>TAVAKOLI, M.; BENUSSI, C.; LOURENCO, J.L. Single channel surface EMG control of advanced prosthetic hands: A simple, low cost and efficient approach.</i>	<i>Usar sinal sEMG para controlar mão multi-DOF programada para atingir número limitado de sinergias motoras pré-definidas, gerando método e sistema simples, barato e eficiente entre homem e terminais protéticos de membros superiores</i>
<i>WOLTERINK, G.; DIAS, P.; SANDERS, R.G.P.; MUIJZER, F.; VAN BEIJNUM, B.J.; VELTINK, P. KRIJNEN, G. Development of soft sEMG sensing structures using 3D-printing technologies.</i>	<i>Fabricação de eletrodos secos por meio da impressão 3D, sendo útil a próteses, devido controle online e longa durabilidade</i>

Quadro 10 – Descritivo da relação com próteses
(conclusão)

Artigo	Observação
<p><i>LI, X.; SAMUEL, O.W.; ZHANG, X.; WANG, H.; FANG, P.; LI, G. A motion-classification strategy based on sEMG-EEG signal combination for upper-limb amputees.</i></p>	<p><i>Próteses controladas pelos sinais sEMG registrados de músculos residuais de membros amputados, mas que não geram dados suficientes para próteses de múltiplos graus de liberdade. O método proposto de classificação da fusão de sinais (sEMG e EEG) mostra-se viável na melhoria de precisão da classificação do movimento e desempenho das próteses mioelétricas multifuncionais</i></p>
<p><i>ZHOU, Y.; ZENG, J.; LI, K.; HARGROVE, L.J.; LIU, H. sEMG-Driven functional electrical stimulation tuning via muscle force.</i></p>	<p><i>Sistema FES movido pela intenção do movimento voluntário visa melhorar a eficiência do controle da neuropróteses, movimento pegada parte de atividades dia-a-dia</i></p> <p><i>FES estimada pelo GMR-P sensação mais intuitiva para controle neuropróteses tendo alto potencial em ser o estimador sEMG-to-FES</i></p>

Fonte: autoria própria (2023).

6 CONCLUSÃO

Realizar uma revisão bibliográfica compõe-se por três níveis de leitura, em ordem: inspeção, analítica e sintópica, os quais significam um avanço na compreensão profunda do leitor quanto ao debatido nas obras. Durante as leituras dos periódicos, estes que devem ser tanto do âmbito de pesquisa nacional como internacional, identifica-se o estado de arte e limitações do tema central, e no nível sintópica, comparação e intertextualidade das opiniões divergentes para formular um ponto de vista ainda não abordado.

A eletromiografia como exame de análise da atividade elétrica de determinado músculo para identificação de disfunção muscular, inflamatória ou degenerativa, tem ampla aplicação nas áreas da saúde, não restringindo-se apenas na medicina ou fisioterapia. No entanto, a aparelhagem disponível em mercado é muito cara, ficando inviável a instituições educacionais oferecerem-no em alta quantidade durante aulas de manuseio e familiarização do dispositivo. Portanto, neste trabalho, analisou-se diversas obras que retratam sobre projetos de eletromiógrafo ou outros dispositivos com princípio similar, todos a baixo custo.

Como os artigos em análise apresentaram variadas configurações para o desenvolvimento do eletromiógrafo, seguindo o objetivo estipulado na pesquisa, descreveu-se a funcionalidade e resultados de cada metodologia e estrutura de projeto por não ser pertinente apresentar um modelo como mais adequado, deixando a questão de quem interesse desenvolver o dispositivo.

No entanto, afim de encaminhar certa instrução, pode-se perceber nos projetos desenvolvidos na área da engenharia, que em sua maioria utilizaram eletrodos Ag/AgCl, 4 canais, protocolos de comunicação sem fio via Bluetooth e como interface de programação, o MatLab. Quanto à medicina identifica-se aplicação em controle de próteses, eletrodos de Ag/AgCl e uso do Bluetooth. Na área da ciência da computação, uso de métodos *deep learning*, transceptor *wireless*, máximo de 4 canais e interface MatLab.

REFERÊNCIAS

AHAMED, M. A.; AHAD, M. A. -U.; SOHAG, M. H. A.; AHMAD, M. Development of low cost wireless biosignal acquisition system for ECG EMG and EOG. **2015 2nd International Conference on Electrical Information and Communication Technologies (EICT)**, p. 195-199, 2015. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7391945>. Acesso em: 12 ago. 2021.

ALMEIDA, A.; CARVALHO, F.; MENINO, F. **Introdução ao machine learning**. Disponível em: <https://dataat.github.io/introducao-ao-machine-learning/index.html>. Acesso em: 18 nov. 2022.

ATENA EDITORA. **Você conhece os 4 níveis de leitura de Mortimer Adler**. Disponível em: <https://www.atenaeditora.com.br/blog/voce-conhece-os-4-niveis-de-leitura-de-mortimer-adler#:~:text=A%20Leitura%20Sint%C3%B3tica&text=O%20leitor%20deve%20buscar%20um,suspendendo%20a%20sua%20pr%C3%B3pria%20opini%C3%A3o>. Acesso em: 30 nov. 2022.

ATHENE. **Wearables: A revolução do hardware vestível**. Disponível em: <https://athenetec.com/a-revolucao-do-hardware-vestivel/#:~:text=Para%20que%20servem%20os%20wearables,que%20algo%20n%C3%A3o%20est%C3%A1%20bem>. Acesso em: 11 nov. 2022.

ARDUINO. *In*: WIKIPEDIA: A enciclopédia livre. 2022. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Arduino>. Acesso em: 10 nov. 2022.

ARDUINO. 2022. Disponível em: <https://www.arduino.cc/>. Acesso em: 09 nov. 2022.

ARQUITETURA ARM. *In*: WIKIPEDIA: A enciclopédia livre. 2022. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Arquitetura_ARM. Acesso em: 12 nov. 2022.

AUTODESK. **Impressão 3D**. Disponível em: <https://www.autodesk.com.br/solutions/3d-printing>. Acesso em: 17 nov. 2022.

BAO, T.; XIE, S.Q.; YANG, P.; ZHOU, P.; ZHANG, Z. Towards robust, adaptive and reliable upper-limb motion estimation using machine learning and deep learning-a survey in myoelectric control. **2022 IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics**, 2022. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/359210249_Towards_Robust_Adaptive_and_Reliable_Upper-limb_Motion_Estimation_Using_Machine_Learning_and_Deep_Learning-A_Survey_in_Myoelectric_Control. Acesso em: 06 out. 2022.

BERKLEY SCHOOL OF COMUNICATION. **What is machine learning?** 26 jun. 2020. Disponível em: <https://ischoolonline.berkeley.edu/blog/what-is-machine-learning/>. Acesso em: 18 nov. 2022.

BITTENCOURT, Sinésio. **O que é Arduino:** Tudo o que você precisa saber. 31 jan. 2017. Disponível em: <https://www.hostgator.com.br/blog/o-que-e-arduino/>. Acesso em: 10 nov. 2022.

BRUNELLI, D.; TADESSE, A. M.; VODERMAYER, B.; NOWAK, M.; CASTELLINI, C. Low-cost wearable multichannel surface EMG acquisition for prosthetic hand control. **2015 6th International Workshop on Advances in Sensors and Interfaces (IWASI)**, p. 94-99, 2015. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7184964>. Acesso em: 17 ago. 2021.

BUTTON, V. **Eletromiógrafo:** IA 748 – instrumentação biomédica. Campinas. Abril 2022. Disponível em: [//efaidnbmnnnibpcajpcgglefindmkaj/https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5050265/mod_resource/content/1/BUTTON%20VLSN_Apostila%20Eletromiografia.pdf](https://efaidnbmnnnibpcajpcgglefindmkaj/https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5050265/mod_resource/content/1/BUTTON%20VLSN_Apostila%20Eletromiografia.pdf). Acesso em: 02 nov. 2022.

BUSCAPE. **Bluetooth:** saiba tudo sobre essa tecnologia. 31 mai. 2021. Disponível em: <https://www.buscape.com.br/celular/conteudo/tudo-sobre-bluetooth>. Acesso em: 17 nov. 2022.

BRASILESCOLA. **Wireless.** Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/informatica/wireless.htm>. Acesso em: 11 nov. 2022.

CERONE, G.L.; BOTTER, A.; GAZZONI, M. A modular, smart and wearable system for high density sEMG detection. **2019 IEEE Transaction on Biomedical Engineering**, v. 66, n.12, pp. 3371-3380, 2019. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8664610>. Acesso em: 20 set. 2022.

CETAX. **Deep learning:** o que é, conceitos e definições. 23 jan. 2022. Disponível em: <https://cetax.com.br/o-que-e-deep-learning/>. Acesso em: 18 nov. 2022.

CHAMLIAM, T. R. **Medicina Física e Reabilitação.** Grupo GEN, 2010. 978-85-277-1960-5. E-book. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/978-85-277-1960-5/>. Acesso em: 10 ago. 2022.

CÍRICO, Diego. **Tecnologias wearables:** entenda como impactam o mundo fitness. 30 out. 2019. Disponível em: <https://blog.gsuplementos.com.br/tecnologias-wearables-entenda-como-impactam-o-mundo-fitness/>. Acesso em: 11 nov. 2022.

CÔTÉ-ALLARD, U.; GAGNON-TURCOTTE, G.; LAVIOLETTE, F.; GOSSELIN, B. A low-cost, wireless, 3-D-Printed custom armband for sEMG hand gesture recognition. **2019 Sensors**, v. 19, p. 2811. 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1424-8220/19/12/2811>. Acesso em: 04 out. 2022.

CRAVO, Edilson. **Arduino:** o que é, para que serve, como funciona e tipos. Disponível em: <https://blog.kalatec.com.br/arduino-o-que-e/>. Acesso em: 09 nov. 2022.

CURSOS ESCOLA EDUCAÇÃO. Diferentes níveis de leitura. Disponível em: <https://cursos.escolaeducacao.com.br/artigo/diferentes-n-veis-de-leitura>. Acesso em: 30 nov. 2022.

DEL TORO, S. F.; WEI, Y.; OLMEDA, E.; REN, L.; GUOWU, W.; DIAZ, V. Validation of a low-cost electromyography (EMG) system via a commercial and accurate EMG device: Pilot study. **Sensors (Basel, Switzerland)**, 2019. Web. Disponível: https://capes-primo.ezl.periodicos.capes.gov.br/primo-explore/fulldisplay?docid=TN_cdi_pubmedcentral_primary_oai_pubmedcentral_nih_gov_6928739&context=PC&vid=CAPES_V3&lang=pt_BR&search_scope=default_scope&adaptor=primo_central_multiple_fe&tab=default_tab&query=any,contains,low%20cost%20EMG&offset=0. Acesso em: 03 ago. 2022.

DEL TORO, S.; SANTOS-CUADROS, S.; OLMEDA, E.; ÁLVAREZ-CALDAS, C.; DÍAZ, V.; ROMÁN, J. Is the use of a low-cost sEMG sensor valid to measure muscle fatigue? **2019 Sensors**, 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1424-8220/19/14/3204>. Acesso em: 20 out. 2022.

DIAS, Gabriel Martins. **O que são as “Coisas”?** Doutor IoT, São Paulo. Disponível em: <https://www.doutoriot.com.br/sensores-e-dispositivos/o-que-sao-smart-devices/>. Acesso em: 17 de nov. de 2022.

DIDÁTICA TECH. **A linguagem Python**. Disponível em: <https://didatica.tech/a-linguagem-python/>. Acesso em: 10 nov. 2022.

DIVINO, Bruno. **Python: Uma introdução à linguagem**. 15 out. 2021. Disponível: <https://www.alura.com.br/artigos/python-uma-introducao-a-linguagem>. Acesso em: 09 nov. 2022.

SANTOS, Diego Marcelo. **Amplificador**. Disponível em: <https://www.infoescola.com/electronica/amplificador/>. Acesso em: 17 nov. 2022.

ECYCLE. **Wearables: entenda o que são os dispositivos vestíveis**. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/wearables/>. Acesso em: 11 nov. 2022.

FALL, C.J.; GAGNON-TURCOTTE, G.; DUBÉ, J.F.; GAGNÉ, J.S.; DELISLE, Y.; CAMPEAU-LECOURS, A.; GOSEELIN, C.; GOSELIN, B. A wireless sEMG-based body-machine interface for assistive technology devices. 2016. Disponível em: https://capes-primo.ezl.periodicos.capes.gov.br/primo-explore/fulldisplay?docid=TN_cdi_proquest_journals_1916521523&context=PC&vid=CAPES_V3&lang=pt_BR&search_scope=default_scope&adaptor=primo_central_multiple_fe&tab=default_tab&query=any,contains,sEMG&facet=topic,include,Electromyography&offset=10. Acesso em: 19 set. 2022

FENG, N.; SHI, Q.; WANG, H.; GONG, J.; LIU, C.; LU, Z. A soft robotic hand: design, analysis, sEMG control and experiment. 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/324215927_A_soft_robotic_hand_design_analysis_sEMG_control_and_experiment. Acesso em: 06 out. 2022.

FIA. **Impressão 3D: o que é, como funciona e exemplos de aplicações**. 2020. Disponível em: <https://fia.com.br/blog/impressao-3d/>. Acesso em: 17 nov. 2022.

FIA. **Machine learnig: como funciona, benefícios, tipos e exemplos**. 12 nov. 2021. Disponível em: <https://fia.com.br/blog/machine-learning/>. Acesso em: 18 nov. 2022.

FILHO, L. **Leitura Analítica**. Instituto Agenda Positiva. Disponível em: <https://agendapositiva.org.br/artigo/leitura-analitica#:~:text=A%20leitura%20anal%C3%ADtica%20%C3%A9%20a,livro%2C%20extaindo%20dele%20o%20conte%C3%BAdo>. Acesso em: 30 nov. 2022.

FORTUNE, B.C.; PRETTY, C.G.; CHATFIELD, L.T.; MCKENZIE, L.R.; HAYES, M.P. Low-cost active elctromyography. 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468067219300501>. Acesso em: 21 set. 2022.

FU, J.; CHEN, J.; SHI, Y.; LI, Y. Design of a low-cost wireless surface EMG acquisition system. **2013 6th International IEEE/EMBS Conference on Neural Engineering (NER)**. 6 jan. 2014. DOI 10.1109/NER.2013.6696030. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6696030/authors>. Acesso em: 12 ago. 2021.

FURTADO, Teresa. **O que é wireless?** 28 dez. 2011. Disponível em: <https://www.techtudo.com.br/noticias/2011/12/o-que-e-wireless.ghtml>. Acesso em: 11 nov. 2022.

GIJSBERTS, A.; ATZORI, M.; CASTELLINI, C.; MÜLLER, H.; CAPUTO, B. The movement error rate for evaluation of machine learning methods for sEMG-based hand movement classification. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/261840086>. Acesso em: 15 ago. 2022

GOGONI, R. **O que é Bluetooth?** 2018. Disponível em: <https://tecnoblog.net/responde/o-que-e-bluetooth/>. Acesso em: 17 nov. 2022.

GUGELMIN, F. **O que são wearables e por que você vai usar um em breve.** 21 jun. 2017. Disponível em: <https://www.tecmundo.com.br/wearables/117937-samsung-wearables-dispositivos-vestiveis-realidade-virtual-camera-360.htm>. Acesso em: 11 nov. 2022.

HARVE. **Python para que serve: top 5 utilidades.** Disponível em: <https://harve.com.br/blog/programacao-python-blog/python-para-que-serve-top-5-utilidades/>. Acesso em: 10 nov. 2022.

HEINE, C.B.; MENEGALDO, L.L. Numerical validation of a subject-specific parameter identification approach of a quadriceps femoris EMG-driven model. 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/322877319_Numerical_validation_of_a_subject-specific_parameter_identification_approach_of_a_quadriceps_femoris_EMG-driven_model. Acesso em: 05 out. 2022.

HEYWOOD, S; PUA, Y; MCCLELLAND, J; GEIGLE, P; RAHMANN, A; BOWER, K; CLARK, R. Low-cost electromyography - validation against a commercial system using both manual and automated activation timing thresholds. **2018 Journal of Electromyography and Kinesiology**, n. 42, p. 74-80. 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1050641117304200?via%3Dihub>. Acesso em: 15 ago. 2022.

HU, Y.; WONG, Y.; WEI, W.; DU, Y. KANKANHALLI, M.; GENG, W. A novel attention-based hybrid CNN-RNN architecture for sEMG-based gesture recognition. **2018 PloS ONE**, 2018. Disponível em: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85055636921&origin=resultslist&sort=lfpt&listId=58699765&listTypeValue=Docs&src=s&nlo=&nlr=&nls=&imp=t&sid=0e0817570a0b5d791335bbce135e9987&sot=sl&sdt=sl&sl=0&relpos=10&citeCnt=175&searchTerm=>. Acesso em: 15 ago. 2022.

IBM CLOUD EDUCATION. **Redes neurais**. 17 ago. 2020. Disponível em: <https://www.ibm.com/br-pt/cloud/learn/neural-networks>. Acesso em: 18 nov. 2022.

IMPRESSÃO 3D. *In*: WIKIPEDIA: A enciclopédia livre. 2013. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Impress%C3%A3o_3D. Acesso em: 17 nov. 2022.

INTERVIEWBIT. **CNN Architecture** – Detailed explanation. 10 jun. 2022. Disponível em: <https://www.interviewbit.com/blog/cnn-architecture/>. Acesso em: 20 nov. 2022.

JANI, A. B.; BAGREE, R.; ROY, A. K. Design of a low-power, low-cost ECG & EMG sensor for wearable biometric and medical application. **2017 IEEE SENSORS**, 2017, pp. 1-3. DOI: 10.1109/ICSENS.2017.8234427. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8234427>. Acesso em: 17 ago. 2021.

KRIGER, D. **O que é Python, para que serve e por que aprender?** 08 jun. 2022. Disponível em: <https://kenzie.com.br/blog/o-que-e-python/>. Acesso em: 09 nov. 2022.

LI, X.; SAMUEL, O. W.; ZHANG, X.; WANG, H.; FANG, P.; LI, G. A motion-classification strategy based on sEMG-EEG signal combination for upper-limb amputees. **2017 Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**, 2017. Disponível em: <https://jneuroengrehab.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12984-016-0212-z>. Acesso em: 05 out. 2022.

LUO, R.; SUN, S.; ZHANG, X.; TANG, Z.; WANG, W. A low-cost end-to-end sEMG-based gait sub-phase recognition system. **2019 IEEE transactions on neural systems and rehabilitation engineering**, 2019. Disponível em: https://capes-primo.ezl.periodicos.capes.gov.br/primo-explore/fulldisplay?docid=TN_cdi_proquest_misellaneous_2311655729&context=PC&vid=CAPES_V3&lang=pt_BR&search_scope=default_scope&adaptor=primo_central_multiple_fe&tab=default_tab&query=any,contains,sEMG&facet=searchcreationdate,include,2013%7C,%7C2023&offset=25. Acesso em: 04 out. 2022.

MATLAB. 2022. Disponível em: <https://www.mathworks.com/products/matlab.html>. Acesso em: 09 nov. 2022.

MATLAB. *In*: WIKIPEDIA: A enciclopédia livre. 2022. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/MATLAB>. Acesso em: 09 nov. 2022.

MATTEDE, Henrique. **O que são amplificadores operacionais?** Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-sao-amplificadores-operacionais/>. Acesso em: 17 nov. 2022.

MEATTINI, R.; SCARCIA, U.; BENATTI, S.; DE GREGORIO, D.; BENINI, L.; MELCHIORRI, C. An sEMG-based human-robot interface for robotic hands using machine learning and synergies. **2018 IEEE Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology**, 2018. Disponível em: https://capes-primo.ezl.periodicos.capes.gov.br/primo-explore/fulldisplay?docid=TN_cdi_proquest_journals_2117049408&context=PC&vid=CAPES_V3&lang=pt_BR&search_scope=default_scope&adaptor=primo_central_multiple_fe&tab=default_tab&query=any,contains,sEMG&facet=searchcreationdate,include,2013%7C,%7C2023&offset=25. Acesso em: 04 out. 2022.

MONTERO, Á. **Course focused on Matlab+Python programming**. Universidad de Navarra. Disponível em: <https://en.unav.edu/web/facultad-de-ciencias/studies/programacion-matlab-python>. Acesso em: 11 nov. 2022.

MUDIYANSELAGE, S.E.; NGUYEN, P.H.D.; RAJABO, M.S.; AKHAVIAN, R. Automated workers' ergonomic risk assessment in manual material handling using sEMG wearable sensors and machine learning. 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2079-9292/10/20/2558>. Acesso em: 06 out. 2022.

NANOTECNOLÓGICO. **O que é wireless e como funciona?** Disponível em: <https://sites.google.com/site/conectply/home/trcnologia/o-que-e-wireless-e-como-funciona>. Acesso em: 11 nov. 2022.

OLIVEIRA, Caio. **Como funciona o Wi-Fi?** 2020. Disponível em: <https://embarcados.com.br/como-funciona-o-wifi/>. Acesso em: 11 nov. 2022.

OPENCADD. **MATLAB: O que é e para que serve**. Disponível em: <https://opencadd.com.br/o-que-e-matlab/>. Acesso em: 10 nov. 2022.

ORACLE. **Computação baseada em arquitetura ARM**. Disponível em: <https://docs.oracle.com/pt-br/iaas/Content/Compute/References/arm.htm#:~:text=Os%20processadores%20Arm%20usam%20uma,mais%20dedicados%20para%20cada%20n%C3%BAcleo>. Acesso em: 12 nov. 2022.

ORACLE. **O que é machine learning?** Disponível em: <https://www.oracle.com/br/artificial-intelligence/machine-learning/what-is-machine-learning/>. Acesso em: 18 nov. 2022.

PIZZOLATO, S.; TAGLIAPIETRA, L.; COGNOLATO, M.; REGGIANI, M.; MÜLLER; H., ATZORI; M. Comparison of six electromyography acquisition setups hand movement classification tasks. 2017. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0186132>. Acesso em: 23 out. 2022.

PUCRS Online. **Wearables: um mercado em ascensão.** 28 set. 2021. Disponível em: <https://online.pucrs.br/blog/public/wearables-um-mercado-em-ascensao>. Acesso em: 11 nov. 2022.

PYTHON. 2022. Disponível em: <https://www.python.org/about/>. Acesso em: 09 nov.2022.

RED HAT. **O que é um processador ARM?** 21 jul. 2022. Disponível em: <https://www.redhat.com/pt-br/topics/linux/what-is-arm-processor>. Acesso em: 12 nov. 2022.

SCHEEREN, E.; M. KRUEGER, E.; FREITAS, C. **Eletromiografia: o que é e para que serve.** 1º ed. Curitiba: PUCPress, 2015. Volume 1. Disponível em: <https://www.pucpress.com.br>. Acesso em: 09 nov. 2022.

SCOPUS. Scopus. Página inicial. Disponível em: <https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic&zone=header&origin=#basic>. Acesso em: 10 ago. 2022.

SHENG, X.; DING, X.; GUO, W.; HUA, L.; WANG, M.; ZHU, X. Toward an integrated multi-modal sEMG/MMG/NIRS sensing system for human-machine interface robust to muscular fatigue. **2021 IEEE Sensors Journal**, 2020. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9195496/authors#authors>. Acesso em: 10 out. 2022.

SMART DEVICE. *In*: WIKIPEDIA: the free encyclopedia. 2022. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Smart_device. Acesso em: 17 nov. 2022.

SOUSA, F. **O que é um processador ARM?** 28 fev. 2021. Disponível em: <https://www.tecmundo.com.br/produto/211758-processador-arm.htm>. Acesso em: 11 nov. 2022.

SUN Y.; LI, C.; LI, G.; JIANG, G.; JIANG, D.; LIU, H.; ZHENG, Z.; SHU, W. Gesture recognition based on kinect and sEMG signal fusion. **2018 Mobile Networks Appl**, v. 23(4), p. 797 – 805, 2018. Disponível em: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85040676068&origin=resultslist&sort=lp-t&listId=58699765&listTypeValue=Docs&src=s&nlo=&nlr=&nls=&imp=t&sid=0e0817570a0b5d791335bbce135e9987&sot=sl&sdt=sl&sl=0&relpos=21&citeCnt=86&searchTerm=>. Acesso em: 19 set. 2022.

SUZUKI, R., MURAOKA, Y., OKAZAKI, S. Development of a low-cost EMG biofeedback device kit as an educational tool for physical therapy students. **2017 Journal of Physical Therapy Science**, p. 1522–1526. <https://doi.org/10.1589/jpts.29.1522>. Acesso em: 13 jul. 2022.

TAVAKOLI, M.; BENUSSI, C.; LOURENCO, J.L. Single channel surface EMG control of advanced prosthetic hands: A simple, low cost and efficient approach. 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417417301574>. Acesso em: 15 ago. 2022.

TELECO. **Rede sem fio: Bluetooth.** Disponível em: https://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialredespbaid/pagina_5.asp#:~:text=Bluetooth%20%C3%A9%20o%20nome%20dado,cabo%20coaxial%20e%20fibra%20%C3%B3ptica. Acesso em: 17 nov. 2022.

TELUS INTERNATIONAL. **What's the difference between CNN and RNN?** 21 jan. 2021. Disponível em: <https://www.telusinternational.com/insights/ai-data/article/difference-between-cnn-and-rnn>. Acesso em: 20 nov. 2022.

UEHARA, E. Desenvolvimento de um eletrocardiógrafo portátil com conexão bluetooth utilizando uma MCU ARM. 2016. 11 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Elétrica) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2016. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/155292>. Acesso em: 12 ago. 2022.

VIA UFSC. **Explorando a impressão 3D – conceito, etapas e futuro.** 24 abr. 2019. Disponível em: <https://via.ufsc.br/explorando-a-impressao-3d-conceito-etapas-e-futuro/>. Acesso em: 17 nov. 2022.

WANG, Z.; FANG, Y.; HONGHAI, L. Facilitate sEMG-based human-machine interaction through channel optimization. **International Journal of Humanoid Robotics.** Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/333085185_Facilitate_sEMG-Based_Human-Machine_Interaction_Through_Channel_Optimization. Acesso em: 04 out. 2022.

WILKINS, Jessica. **The best way to learn Python – Python programming tutorial for beginners.** Disponível em: <https://www.freecodecamp.org/news/the-best-way-to-learn-python-python-programming-tutorial-for-beginners/>. Acesso em: 10 nov. 2022.

WOLTERINK, G.; DIAS, P.; SANDERS, R.G.P.; MUIJZER, F.; VAN BEIJNUM, B.J.; VELTINK, P. KRIJNEN, G. Development of soft sEMG sensing structures using 3D-printing technologies. 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1424-8220/20/15/4292>. Acesso em: 06 out.2022.

XI, X.; TANG, M.; MIRAN, S.M.; LUO, Z. Evaluation of feature extraction and recognition for activity monitoring and fall detection based on wearable sEMG sensors. **Sensors** **2017**, v.17, p.1229, 2017. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1424-8220/17/6/1229/htm>. Acesso em: 04 out. 2022.

XINGCHEN, Y.; YAN, J.; LIU, H. Comparative analysis of wearable A-mode ultrasound and sEMG for muscle-computer interface. **2019 IEEE transactions on bio-medical engineering**, p. 99, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/338205058_Comparative_Analysis_of_Wearable_A-Mode_Ultrasound_and_sEMG_for_Muscle-Computer_Interface. Acesso em: 05 out. 2022.

ZHOU, Y.; ZENG, J.; LI, K.; HARGROVE, L.J.; LIU, H. sEMG-driven functional electrical stimulation tuning via muscle force. **2021 IEEE Transaction on Industrial Electronics**, v.68, p. 10068-10077, 2021. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9209129>. Acesso em: 20 set. 2022.

3D CRIAR. Como funciona uma impressora 3D? Passo a passo. 17 mar. 2020.
Disponível em: <https://3dcriar.com.br/como-funciona-uma-impressora-3d-passo-a-passo/#:~:text=O%20funcionamento%20de%20uma%20impressora%203D&text=A%20impress%C3%A3o%203D%20%C3%A9%20uma,cada%20fatia%20e%20junt%C3%A1%2Dlas>. Acesso em: 17 nov. 2022.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ABDELBASSET, W. K.; ABDELHALIM, N. M. Assessing the effects of 6 weeks of intermittent aerobic exercise on aerobic capacity, muscle fatigability, and quality of life in diabetic burned patients: Randomized control study. **Burns**, v. 46, n. 5. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85077357476&doi=10.1016%2fj.burns.2019.12.013&partnerID=40&md5=3aac9eef92ac02043d4bc76d902eedba>. Acesso em: 15 ago. 2022.

AIAMKLIN, W.; JEWAJINDA, Y.; PUNSAWAD, Y. Light sleep detection based on surface electromyography signals for nap monitoring. **International Journal of Biology and Biomedical Engineering**, v. 16, p. 140–145. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85122851197&doi=10.46300%2f91011.2022.16.18&partnerID=40&md5=85b74e2ce44cd6091d2433baee1f6d97>. Acesso em: 15 ago. 2022.

AKBEN, S. B. Low-cost and easy-to-use grasp classification, using a simple 2-channel surface electromyography (sEMG). **Biomedical Research (India)**, 2017. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85011949615&partnerID=40&md5=53400dfd0b51228415e2af9fb0096e4e>. Acesso em: 15 ago. 2022.

AL-AYYAD, M. Controlling a lower-leg exoskeleton using voltage and current variation signals of a DC motor mounted at the knee joint. **Journal of Medical Systems**, v. 43, n. 7. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85067356707&doi=10.1007%2fs10916-019-1333-2&partnerID=40&md5=4a569a89a80a0ab7c6fb736896f38b2d>. Acesso em: 15 ago. 2022.

ALBITES-SANABRIA, J. Analysis and design of an in-house low cost dry EMG sensor for bionic transradial prosthesis. **International Journal of Scientific and Technology Research**, v. 9, n. 4, p. 2919–2921. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85083433055&partnerID=40&md5=2c3f048faac9c0fb617480784f605b10>. Acesso em: 15 ago. 2022.

ALVARADO CASTILLO, V. Adquisición de señales SEMG con electrodos secos para el control de movimiento de dedos en una prótesis robótica fabricada en una impresora 3D. **Ingeniare. Revista chilena de ingeniería**, v. 27, n. 3, p. 522–536. Acesso em: 15 ago. 2022.

ANTUVAN, C. W.; MASIA, L. An LDA-based approach for real-time simultaneous classification of movements using surface electromyography. **IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering**, v. 27, n. 3, p. 552–561. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85063479593&doi=10.1109%2fTNSRE.2018.2873839&partnerID=40&md5=dfe019a284bb23556c3ed9d9e418c6ba>. Acesso em: 15 ago. 2022.

AO, D. EMG-driven musculoskeletal model calibration with estimation of unmeasured muscle excitations via synergy extrapolation. **Frontiers in Bioengineering and**

Biotechnology, v. 10. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85138402029&doi=10.3389%2ffbioe.2022.962959&partnerID=40&md5=a83124751e8c0485ef32cafde654c552>. Acesso em: 15 ago. 2022.

ARIYANTO, M. Anthropomorphic transradial myoelectric hand using tendon-spring mechanism. **TELKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control)**, v. 17, n. 1, p. 537. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85062374587&doi=10.12928%2fTELKOMNIKA.v17i1.11600&partnerID=40&md5=64b929888245ca5795635bf67d5e1e44>. Acesso em: 15 ago. 2022.

ASLANI, N. Development of a 3D workspace shoulder assessment tool incorporating electromyography and an inertial measurement unit—a preliminary study. **Medical & Biological Engineering & Computing**, v. 56, n. 6, p. 1003–1011. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85033490030&doi=10.1007%2fs11517-017-1745-4&partnerID=40&md5=922514de9b83d4e2bd18dac5005d2e0f>. Acesso em: 15 ago. 2022.

ATWOOD, A. C.; DREES, C. N. Seizure Detection Devices: Five New Things. **Neurology: Clinical Practice**. v. 11, n. 5, p. 367–371. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85130489096&doi=10.1212%2fCPJ.000000000001044&partnerID=40&md5=4eed9c93878a236f539c2b1d41f79c04>. Acesso em: 15 ago. 2022.

BARANSKI, R.; GRZECZKA, A. Simply and low coast electromyography signal amplifier. **Diagnostyka**, 2017.

BEINGOLEA, J. R. Designing a multiaxial extensometric force platform: A manufacturing experience. **Electronics**, v. 10, n. 16, p. 1907. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85041443786&partnerID=40&md5=14356f3ac9093f19afb4fa048c2620f2>. Acesso em: 15 ago. 2022.

BIAGETTI, G. Wireless surface electromyograph and electrocardiograph system on 802.15.4. **IEEE Transactions on Consumer Electronics**, v. 62, n. 3, p. 258–266, ago. 2016. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84994050535&doi=10.1109%2fTCE.2016.7613192&partnerID=40&md5=c2f062e7204eedf8725c54de4cdf9940>. Acesso em: 15 ago. 2022.

BIAGETTI, G. Human activity monitoring system based on wearable sEMG and accelerometer wireless sensor nodes. **BioMedical Engineering OnLine**, v. 17, n. S1, nov. 2018. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85052625046&doi=10.1186%2fs12938-018-0567-4&partnerID=40&md5=ed1b357107e81e88ae3a5a85f0343a58>. Acesso em: 17 ago. 2022.

BITTIBSSI, T. M. Implementation of surface electromyography controlled prosthetics limb based on recurrent neural network. **Concurrency and Computation: Practice and Experience**, v. 34, n. 11, 20 jan. 2022. Disponível em:

<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85123186418&doi=10.1002%2fcpe.6848&partnerID=40&md5=5c5ed4603141f8e7f3915b6cedcdd9d5>. Acesso em: 17 ago. 2022.

BLAKE, O. M.; WAKELING, J. M. Estimating changes in metabolic power from EMG. **SpringerPlus**, v. 2, n. 1, 19 maio 2013. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84878780362&doi=10.1186%2f2193-1801-2-229&partnerID=40&md5=c540b25d30cef1de4bc91b49f36166de>. Acesso em: 17 ago. 2022.

BOOTH, R.; GOLDSMITH, P. A wrist-worn piezoelectric sensor array for gesture input. **Journal of Medical and Biological Engineering**, v. 38, n. 2, p. 284–295, 15 jul. 2017. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85045377752&doi=10.1007%2fs40846-017-0303-8&partnerID=40&md5=e6bcc9a5435a490730d9fbd3ab420f40>. Acesso em: 17 ago. 2022.

BRANDT, M. et al. Accuracy of identification of low or high risk lifting during standardised lifting situations. **Ergonomics**, v. 61, n. 5, p. 710–719, 14 dez. 2017. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85038099642&doi=10.1080%2f00140139.2017.1408857&partnerID=40&md5=a66879998cbdebef489b140b6af8241>. Acesso em: 17 ago. 2022.

BRENNAN, S. F. et al. The effect of cadence on the muscle-tendon mechanics of the gastrocnemius muscle during walking. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 27, n. 3, p. 289–298, 16 fev. 2016. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85012906165&doi=10.1111%2fsms.12656&partnerID=40&md5=1311f12d0693603a7e79d81ffa540cac>. Acesso em: 17 ago. 2022.

CAO, L. et al. A novel adaptive mutation PSO optimized SVM algorithm for sEMG-based gesture recognition. **Scientific Programming**, v. 2021, p. 1–13, 16 jul. 2021. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85111492429&doi=10.1155%2f2021%2f9988823&partnerID=40&md5=c94f19dc4b0f39d4dd7fe5ebe6d090ee>. Acesso em: 17 ago. 2022.

CAO, Y. Muscle activity-driven green-oriented random number generation mechanism to secure WBSN wearable device communications. **Wireless Communications and Mobile Computing**, v. 2018, p. 1–11, 19 ago. 2018. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85053168698&doi=10.1155%2f2018%2f3403456&partnerID=40&md5=1a3d394498d088967a44bd9c038ed8b7>. Acesso em: 17 ago. 2022.

CHEN, H.-M.; LEE, C.-S.; CHENG, C.-H. The weight of computer mouse affects the wrist motion and forearm muscle activity during fast operation speed task. **European Journal of Applied Physiology**, v. 112, n. 6, p. 2205–2212, 12 out. 2011. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84861526085&doi=10.1007%2fs00421-011-2198-3&partnerID=40&md5=522096b8d19ce62808f4ce5eb38ad866>. Acesso em: 17 ago. 2022.

CHEN, P.-C.; RUAN, S.-J.; TU, Y.-W. Power-management strategies in sEMG wireless body sensor networks based on computation allocations: A case study for fatigue assessments. **IEEE Access**, v. 8, p. 181366–181374, 2020. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85102784088&doi=10.1109%2fACCESS.2020.3028706&partnerID=40&md5=1eb47d633d5c43d604348382f3b5b05b>. Acesso em: 17 ago. 2022.

CHING, C. T.-S. Characterization of the muscle electrical properties in low back pain patients by electrical impedance myography. **PLoS ONE**, v. 8, n. 4, p. e61639, 22 abr. 2013. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84876427986&doi=10.1371%2fjournal.pone.0061639&partnerID=40&md5=0967c9edfd4404850f3f6c965bc433a9>. Acesso em: 17 ago. 2022.

FREITAS, R. C. Electromyography-controlled car: A proof of concept based on surface electromyography, Extreme Learning Machines and low-cost open hardware. **Computers & Electrical Engineering**, v. 73, p. 167–179, jan. 2019. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85056732336&doi=10.1016%2fj.compeleceng.2018.11.012&partnerID=40&md5=afd82574868fcebb47f2c32f0afee7da>. Acesso em: 17 set. 2022.

FREITAS, R. C. Surface electromyography classification using extreme learning machines and echo state networks. **Research on Biomedical Engineering**, v. 38, n. 2, p. 477–498, 31 jan. 2022. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85123923326&doi=10.1007%2fs42600-022-00201-7&partnerID=40&md5=d023edf244192493812833dd9b9be4f8>. Acesso em: 17 set. 2022.

MARCHIS, C.; SCHMID, M.; CONFORTO, S. An optimized method for tremor detection and temporal tracking through repeated second order moment calculations on the surface EMG signal. **Medical Engineering & Physics**, v. 34, n. 9, p. 1268–1277, nov. 2012. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84867221806&doi=10.1016%2fj.medengphy.2011.12.017&partnerID=40&md5=bd89fac2c0d55c7eb29a97d2388c13b8>. Acesso em: 17 set. 2022.

DEARMOND, D. T. Toward a next-generation digital chest tube. **Surgical Innovation**, v. 29, n. 5, p. 155335062110425, 17 set. 2021. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85115063046&doi=10.1177%2f15533506211042505&partnerID=40&md5=1f457b26f829e3b9d9d65ba2959235dd>. Acesso em: 17 set. 2022.

DEL TORO, S. F. Study of the emergency braking test with an autonomous bus and the sEMG neck response by means of a low-cost system. **Micromachines**, n. 2072666X, 1 set. 2020. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85092719021&doi=10.3390%2fmi11100931&partnerID=40&md5=00a60f11cbb07de46e57a94ae595a0a3>. Acesso em: 17 set. 2022.

DONG, J. Ultra-stretchable and superhydrophobic textile-based bioelectrodes for robust self-cleaning and personal health monitoring. **Nano Energy**, v. 97, p. 107160, jun. 2022. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85126881059&doi=10.1016%2fj.nanoen.2022.107160&partnerID=40&md5=0d4087310c10886f95b19b5887fc3d07>. Acesso em: 17 set. 2022.

ERGENECI, M. An embedded, eight channel, noise canceling, wireless, wearable sEMG data acquisition system with adaptive muscle contraction detection. **IEEE Transactions on Biomedical Circuits and Systems**, v. 12, n. 1, p. 68–79, fev. 2018. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85034424129&doi=10.1109%2fTBCAS.2017.2757400&partnerID=40&md5=ee71699af01bd40d31e3f8945213a776>. Acesso em: 17 set. 2022.

ERICKSON, J. C. Intsy: a low-cost, open-source, wireless multi-channel bioamplifier system. **Physiological Measurement**, v. 39, n. 3, p. 035008, 29 mar. 2018. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85059829244&doi=10.1088%2f1361-6579%2faaad51&partnerID=40&md5=d649b3024c7004201df14d9899d9d2f6>. Acesso em: 17 set. 2022.

FALL, C. L. Wireless sEMG-based body-machine interface for assistive technology Devices. **IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics**, v. 21, n. 4, p. 967–977, jul. 2017. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85023616599&doi=10.1109%2fJBHI.2016.2642837&partnerID=40&md5=6983866816262b0876ae182ef6e90857>. Acesso em: 17 set. 2022.

FANG, J. Novel accordion-inspired foldable pneumatic actuators for knee assistive devices. **Soft Robotics**, v. 7, n. 1, p. 95–108, 1 fev. 2020. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85079204082&doi=10.1089%2fSORO.2018.0155&partnerID=40&md5=02a76c4a006aa281de59c4147808a021>. Acesso em: 17 set. 2022.

FANG, Y. Attribute-driven granular model for EMG-based pinch and fingertip force grand recognition. **IEEE Transactions on Cybernetics**, v. 51, n. 2, p. 1–12, 2020b. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85099729493&doi=10.1109%2fTCYB.2019.2931142&partnerID=40&md5=9d7f2d14b195e8d913b121c75b080b1a>. Acesso em: 17 set. 2022.

FERRARI, L. M. Ultraconformable temporary tattoo electrodes for electrophysiology. **Advanced Science**, v. 5, n. 3, p. 1700771, 3 jan. 2018. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85039992271&doi=10.1002%2fadvs.201700771&partnerID=40&md5=321f450187f576ffa7c91bbc097b146b>. Acesso em: 17 set. 2022.

FROST, D. M. Is there a low-back cost to hip-centric exercise? Quantifying the lumbar spine joint compression and shear forces during movements used to overload the hips. **Journal of Sports Sciences**, v. 30, n. 9, p. 859–870, maio 2012. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84865604713&doi=10.1080%2f02640414.2012.671532&partnerID=40&md5=bef87c43e89a7f548dca399df246fd07>. Acesso em: 17 set. 2022.

FUENTES DEL TORO, S. Study of the Emergency Braking Test with an Autonomous Bus and the sEMG Neck Response by Means of a Low-Cost System. **Micromachines**, v. 11, n. 10, p. 931, 13 out. 2020. Disponível em: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85092719021&origin=resultslist&sort=lpf->

GOMEZ-DONOSO, F. A hand motor skills rehabilitation for the injured implemented on a social robot. **Applied Sciences**, v. 11, n. 7, p. 2943, 25 mar. 2021. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85103844631&doi=10.3390%2fapp11072943&partnerID=40&md5=65b85df3ccfe596ac99dcd4eb44fdc12>. Acesso em: 8 out. 2022.

GREEN, L. A.; MCGUIRE, J.; GABRIEL, D. A. Effects of the proprioceptive neuromuscular facilitation contraction sequence on motor skill learning-related increases in the maximal rate of wrist flexion torque development. **Frontiers in Human Neuroscience**, v. 15, n. 5, 3 nov. 2021. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85119416114&doi=10.3389%2ffnhum.2021.764660&partnerID=40&md5=0a48fc326142286a51749c7c281d768e>. Acesso em: 8 out. 2022.

GU, G. A soft neuroprosthetic hand providing simultaneous myoelectric control and tactile feedback. **Nature Biomedical Engineering**, 2021. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85112713655&doi=10.1038%2fs41551-021-00767-0&partnerID=40&md5=eb97bcd4391db9d9c423176f459d7c6d>. Acesso em: 8 out. 2022.

HAMEDI, M. EMG-based facial gesture recognition through versatile elliptic basis function neural network. **BioMedical Engineering OnLine**, v. 12, n. 1, p. 73, 2013. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84880828353&doi=10.1186%2f1475-925X-12-73&partnerID=40&md5=63071de11f1b5e7f2ef6cc946f9a1c5d>. Acesso em: 8 out. 2022.

HAYASHI, H. A variance distribution model of surface EMG signals based on inverse gamma distribution. **IEEE Transactions on Biomedical Engineering**, v. 64, n. 11, p. 2672–2681, 2017. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85021250526&doi=10.1109%2fTBME.2017.2657121&partnerID=40&md5=8772f3c83bd864ad40a74641bbc7892c>. Acesso em: 8 out. 2022.

JAMALUDDIN, F. N. Low cost and wearable multichannel surface electromyography data acquisition system architecture. **Journal of Engineering Science and Technology**, 2014. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84949660870&partnerID=40&md5=5d43097bb9454ba7a12330d53b43e7c4>. Acesso em: 8 out. 2022.

KAISER, M. S. A neuro-fuzzy control system based on feature extraction of surface electromyogram signal for solar-powered wheelchair. **Cognitive Computation**, v. 8, n. 5, p. 946–954. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84961616441&doi=10.1007%2fs12559-016-9398-4&partnerID=40&md5=713f28e1af2b4d2f5bf893366f6b5e05>. Acesso em: 8 out. 2022.

KHAN, Y. Inkjet-printed flexible gold electrode arrays for bioelectronic interfaces. **Advanced Functional Materials**, v. 26, n. 7, p. 1004–1013, 10 dez. 2015. Acesso em: 8 out. 2022.

KHOMAMI, S. A.; SHAMEKHI, S. Persian sign language recognition using IMU and surface EMG sensors. **Measurement**, v. 168, p. 108471, jan. 2021. Disponível em:

<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84958140534&doi=10.1002%2fadfm.201503316&partnerID=40&md5=72fefa00394c27c1a732482513301282>. Acesso em: 8 out. 2022.

KITAGAWA, K. Foot placement and arm movement combination while turning patients to prevent lower back pain. **International Journal of Human Movement and Sports Sciences**, v. 10, n. 5, p. 1060–1066, out. 2022. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85141204251&doi=10.13189%2fsaj.2022.100524&partnerID=40&md5=1d3ccd2a36f110af215dd1bbfeae59ae>. Acesso em: 8 out. 2022.

LEE, D. Biomechanical comparison of assistance strategies using a bilateral robotic knee exoskeleton. **IEEE Transactions on Biomedical Engineering**, v. 68, n. 9, p. 2870–2879, set. 2021. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85107204647&doi=10.1109%2fTBME.2021.3083580&partnerID=40&md5=5aae50634f928fa790b90fe1cadaf4c8>. Acesso em: 26 set. 2022.

LEE, H.; LEE, Y. Optimal prototype design of dry textile electrode-based compression pants for surface electromyography measurements. **International Journal of Clothing Science and Technology**. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85140266711&doi=10.1108%2fIJCST-01-2022-0011&partnerID=40&md5=2bbc2b82cadeadb84bb03b0853beecd8>. Acesso em: 26 set. 2022.

LÜ, P. Design of a mini-grid surface electromyography acquisition system²⁰. Disponível em: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85090480701&origin=resultslist&sort=lpf-t&src=s&st1=surface+AND+electromyography+low+cost&sid=663e516d3b1e56bda0bf70349cdf5e7f&sot=b&sdt=cl&cluster=scopusbyr%2c%222011%22%2cf%2c%222010%22%2cf%2c%222009%22%2cf%2c%222008%22%2cf%2c%222007%22%2cf%2c%222006%22%2cf%2c%222005%22%2cf%2c%222004%22%2cf%2c%222003%22%2cf%2c%222002%22%2cf%2c%222000%22%2cf%2c%221995%22%2cf%2c%221985%22%2cf%2c%221982%22%2cf%2c%221976%22%2cf%2c%22bscosubtype%2c%22ar%22%2ct&sessionSearchId=663e516d3b1e56bda0bf70349cdf5e7f&relpos=60&citeCnt=0>. Acesso em: 26 set. 2022.

LU, Z. Wearable real-time gesture recognition scheme based on A-mode ultrasound. **IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering**, v. 30, p. 2623–2629, 2022. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85137886496&doi=10.1109%2fTNSRE.2022.3205026&partnerID=40&md5=b0cddf247dc52b7e0f322b0e79d5c10b>. Acesso em: 26 set. 2022.

LUO, R. A low-cost end-to-end sEMG-based gait sub-phase recognition system. **IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering**, v. 28, n. 1, p. 267–276, 2020. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85078345794&doi=10.1109%2fTNSRE.2019.2950096&partnerID=40&md5=060b4853a58f5a6c533ede5c2aec6a09>. Acesso em: 26 set. 2022.

MALONE, H. . Can a bioactive interbody device reduce the cost burden of achieving lateral lumbar fusion? **Journal of Neurosurgery: Spine**, v. 37, n. 5, p. 646–653, 2022.

Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85141690248&doi=10.3171%2f2022.4.SPINE211070&partnerID=40&md5=58290df6b2f82fed3be4ac28fd5a49e>. Acesso em: 26 set. 2022.

MAŃKOWSKI, T.; TOMCZYŃSKI, J.; KACZMAREK, P. Surface electromyography amplifier with high environmental interference resistance. **Advances in Intelligent Systems and Computing**, p. 137–145, 2015. Disponível em: https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84983151056&doi=10.1007%2f978-3-319-15835-8_16&partnerID=40&md5=b9e49ce01039ad04d9fd46184b082858. Acesso em: 26 set. 2022.

MANONI, L. A comparative study of computational methods for compressed sensing reconstruction of EMG signal. **Sensors**, v. 19, n. 16, p. 3531, 2019. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85071280942&doi=10.3390%2fs19163531&partnerID=40&md5=13937f9fd857b0d65f3e15d5bbf48438>. Acesso em: 26 set. 2022.

MANZUR-VALDIVIA, H.; ALVAREZ-RUF, J. Surface electromyography in clinical practice. **A Perspective from a Developing Country. Frontiers in Neurology**, v. 11, 2020. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85094812057&doi=10.3389%2ffneur.2020.578829&partnerID=40&md5=736309e67b86ce745f9f255f9155c294>. Acesso em: 26 set. 2022.

MCKENZIE, L. R. Low-cost stimulation resistant electromyography. **HardwareX**, v. 9, p. e00178, abr. 2021. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85102872872&doi=10.1016%2fj.ohx.2021.e00178&partnerID=40&md5=074b570646faa9dc886c53d7b4a92bc3>. Acesso em: 26 set. 2022.

MENG, L. Automatic upper-limb brunnstrom recovery stage evaluation via daily activity monitoring. **IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering**, v. 30, p. 2589–2599, 2022. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85137872869&doi=10.1109%2fTNSRE.2022.3204781&partnerID=40&md5=28d50ecea55575fc69601ca4f5b15105>. Acesso em: 26 set. 2022.

MI, C. Design of high-accuracy eight-channel surface electromyography acquisition system and its application. **The European Physical Journal Special Topics**, v. 227, n. 7-9, p. 933–942, out. 2018. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85055107139&doi=10.1140%2fepjst%2fe2018-800001-8&partnerID=40&md5=0f64a795564b89214dc29a703dbb4f7e>. Acesso em: 26 set. 2022.

MIHALOV, J. Potential of low cost motion sensors compared to programming environments. **Acta Polytechnica Hungarica**, 2018. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85064593138&doi=10.12700%2fAPH.15.6.2018.6.9&partnerID=40&md5=6595818cd75876cece8aaa433c48bd7f>. Acesso em: 9 set. 2022.

MILLIGAN, A.; MILLS, C.; SCURR, J. The effect of breast support on upper body muscle activity during 5km treadmill running. **Human Movement Science**, v. 38, p. 74–83, dez.

2014. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84907499344&doi=10.1016%2Fj.humov.2014.06.001&partnerID=40&md5=63cb79fd357169b3f83d6b0f9052a7ec>. Acesso em: 9 set. 2022.

MUMTAZ, A.; GOBEE, S.; VENKATRATNAM, C. Development of low-cost wireless emg sensor network. **ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences**, 2017. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85020081880&partnerID=40&md5=6c3804c414b2d873360a8b9cf42532d6>. Acesso em: 9 set. 2022.

NABER, A.; MASTINU, E.; ORTIZ-CATALAN, M. Stationary wavelet processing and data imputing in myoelectric pattern recognition on a low-cost embedded system. **IEEE Transactions on Medical Robotics and Bionics**, v. 1, n. 4, p. 256–266, nov. 2019. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85113171169&doi=10.1109%2FTMRB.2019.2949853&partnerID=40&md5=96d44a78f247665a5cb5e9b196a25af1>. Acesso em: 9 set. 2022.

NASRI, N. Inferring static hand poses from a low-cost non-intrusive sEMG sensor. **Sensors**, v. 19, n. 2, p. 371, 2019. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85060172682&doi=10.3390%2fs19020371&partnerID=40&md5=d587fd93945e29d338934734a2e45066>. Acesso em: 9 set. 2022.

NOWAKOWSKI, M. Developing a new electromyography-based algorithm to diagnose the etiology of fecal incontinence. **International Journal of Colorectal Disease**, v. 29, n. 6, p. 747–754, 18 abr. 2014. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84901391847&doi=10.1007%2fs00384-014-1859-1&partnerID=40&md5=b3fc7b53cf4bc7ee67e28fa4c2801027>. Acesso em: 9 set. 2022.

OKAYAMA, Y.; DAIKUYA, S.; KUROSAWA, K. Physiological cost index and surface electromyography of different walking speeds. **Rigakuryoho Kagaku**, v. 34, n. 5, p. 623–633, 2019. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85074354720&doi=10.1589%2Frika.34.623&partnerID=40&md5=ae350d85fb23e849b7f117f7114707e6>. Acesso em: 9 set. 2022.

PANI, D. Validation of polymer-based screen-printed textile electrodes for surface EMG detection. **IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering**, v. 27, n. 7, p. 1370–1377, 2019. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85068699203&doi=10.1109%2FTNSRE.2019.2916397&partnerID=40&md5=c1e3895c2e8c95ac7f16857a11c4cf38>. Acesso em: 9 set. 2022.

PARISI, L.; RAVICHANDRAN, N. Evolutionary denoising-based machine learning for detecting nee disorders. **Neural Processing Letters**, v. 52, n. 3, p. 2565–2581, 2020. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85092560367&doi=10.1007%2fs11063-020-10361-1&partnerID=40&md5=a2ce67d9578b96b5ea0a6455609b0807>. Acesso em: 9 set. 2022.

PATIL, S. V. Effect of low-cost automation on labor productivity and labor fatigue for corrugated boxes flaps twisting. **Work**, v. 73, n. 1, p. 143–155, 2022. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85139374885&doi=10.3233%2fWOR-211065&partnerID=40&md5=f14e90ffc13df1a4922a6e02d878f201>. Acesso em: 9 set. 2022.

PEREIRA-MONTIEL, E. Automatic sign language recognition based on accelerometry and surface electromyography signals: A study for Colombian sign language. **Biomedical Signal Processing and Control**, v. 71, p. 103201, 2022. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85117219858&doi=10.1016%2fj.bspc.2021.103201&partnerID=40&md5=7147100308f9051d7cebceaeb215d5c4>. Acesso em: 9 set. 2022.

PERRY, B. N. . Clinical trial of the virtual integration environment to treat phantom limb pain with upper extremity amputation. **Frontiers in Neurology**, v. 9, 2018. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85055173474&doi=10.3389%2ffneur.2018.00770&partnerID=40&md5=44b2a39959b9855bd51c5112f38c42e4>. Acesso em: 9 set. 2022.

PITOU, S. Hand-made embroidered electromyography: Towards a solution for low-income countries. **Sensors**, v. 20, n. 12, p. 3347, 2020. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85086381858&doi=10.3390%2fs20123347&partnerID=40&md5=ec48f53bd1d405a0313133ef803f0f0a>. Acesso em: 9 set. 2022.

PIZZOLATO, S. Comparison of six electromyography acquisition setups on hand movement classification tasks. **PLOS ONE**, v. 12, n. 10, p. e0186132, 2017. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85031088739&doi=10.1371%2fjournal.pone.0186132&partnerID=40&md5=7cdfdb5b9985360e82dc3bbe9a6816d8>. Acesso em: 9 set. 2022.

PRAKASH, A.; KUMARI, B.; SHARMA, S. A low-cost, wearable sEMG sensor for upper limb prosthetic application. **Journal of Medical Engineering & Technology**, v. 43, n. 4, p. 235–247, 2019. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85071004186&doi=10.1080%2f03091902.2019.1653391&partnerID=40&md5=57472373828b552e7bf8c7948e5ed0e0>. Acesso em: 9 set. 2022.

PRAKASH, A.; SHARMA, S. A low-cost transradial prosthesis controlled by the intention of muscular contraction. **Physical and Engineering Sciences in Medicine**, v. 44, n. 1, p. 229–241, 2021. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85100707729&doi=10.1080%2f10739149.2021.1880933&partnerID=40&md5=a0e9008c2157e749bf31d01c27514fd1>. Acesso em: 9 set. 2022.

PRAKASH, A.; SHARMA, S. Single-channel surface electromyography (sEMG) based control of a multi-functional prosthetic hand. **Instrumentation Science & Technology**, v. 49, n. 4, p. 428–444, 2021. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85100193479&doi=10.1007%2fs13246-021-00972-w&partnerID=40&md5=61f324bc773d528cc4141f1e1859ffe0>. Acesso em: 9 out. 2022.

PRIADYTHAMA, I. Study of optimum surface electrode positioning for myoelectric signal detection of typical human grasping. 2017. Disponível em:

<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85020772058&partnerID=40&md5=2d64b6f17c13d2330697c6781a31749e>. Acesso em: 9 out. 2022.

REINVEE, M. Applicability of affordable sEMG in ergonomics practice. **Procedia Manufacturing**, v. 3, p. 4260–4265, 2015. Disponível em:

<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85009950398&doi=10.1016%2fj.promfg.2015.07.412&partnerID=40&md5=5a9212ad5579a483d1aa1522107b3883>. Acesso em: 9 out. 2022.

REN, C. Low-cost 3-D positioning system based on sEMG and MIMU. **IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement**, v. 67, n. 4, p. 876–884, 2018.

Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85040902825&doi=10.1109%2fTIM.2017.2789099&partnerID=40&md5=d186cb8611807574f633b958920c2b0c>. Acesso em: 9 out. 2022.

REN, L. Flexible microneedle array electrode using magnetorheological drawing lithography for bio-signal monitoring. **Sensors and Actuators A: Physical**, v. 268, p. 38–45, 2017. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85032576945&doi=10.1016%2fj.sna.2017.10.042&partnerID=40&md5=a907bf00eebc60a4536c2f11be855fa6>. Acesso em: 9 out. 2022.

RESCIO, G.; LEONE, A.; SICILIANO, P. Supervised machine learning scheme for electromyography-based pre-fall detection system. **Expert Systems with Applications**, v. 100, p. 95–105, 2018. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85041533707&doi=10.1016%2fj.eswa.2018.01.047&partnerID=40&md5=a702a7068080b82c8e55d8a6a0f5e129>.

Acesso em: 9 out. 2022.

ROBERTS, T. Flexible inkjet-printed multielectrode arrays for neuromuscular cartography. **Advanced Healthcare Materials**, v. 5, n. 12, p. 1462–1470, 2016. Disponível em:

<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84976567294&doi=10.1002%2fadh.201600108&partnerID=40&md5=9579cb5b9efa815756956485cad5bc73>. Acesso em: 9 out. 2022.

ROSATI, G. Inkjet-printed fully customizable and low-cost electrodes matrix for gesture recognition. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, 2021. Disponível em:

<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85111092400&doi=10.1038%2fs41598-021-94526-5&partnerID=40&md5=b42a8733e9d82b94a5e37496bfacbb21>. Acesso em: 9 out. 2022.

KADHIM, M.; J. ABBAS, S.; HUSSAIN, A. An investigation of improving EMG control of upper limb prostheses with Myo armband device for transradial amputees. **Journal of Engineering and Applied Sciences**, v. 14, n. 9, p. 10589–10593, 2020. Disponível em:

<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85109188106&doi=10.36478%2fJEASCI.2019.10589.10593&partnerID=40&md5=96946f cba3700504f8ffffb96e797f40>. Acesso em: 9 out. 2022.

SAID, S. Machine-learning-based muscle control of a 3D-printed bionic arm. **Sensors**, v. 20, n. 11, p. 3144, 2020. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85086063539&doi=10.3390%2fs20113144&partnerID=40&md5=b6e2301d0c351fe02108827336751c68>. Acesso em: 9 out. 2022.

SANTOS-CUADROS, S. Surface electromyography study using a low-cost system: Are there neck muscles differences when the passenger is warned during an emergency braking inside an autonomous vehicle? **Sensors**, v. 21, n. 16, p. 5378, 2021. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85112610189&doi=10.3390%2fs21165378&partnerID=40&md5=de6b0d79b714553eea38ceedec925ea9>. Acesso em: 9 out. 2022.

SECCIANI, N. A novel application of a surface electromyography-based control strategy for a hand exoskeleton system: A single-case study. **International Journal of Advanced Robotic Systems**, v. 16, n. 1, p. 172988141982819, 2019. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85061624100&doi=10.1177%2f1729881419828197&partnerID=40&md5=a58c9e541b0f21771042fa6dc6d41bda>. Acesso em: 9 out. 2022.

SECCIANI, N. A Novel point-in-polygon-based sEMG classifier for hand exoskeleton systems. **IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering**, v. 28, n. 12, p. 3158–3166, 2020. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85097938175&doi=10.1109%2fTNSRE.2020.3044113&partnerID=40&md5=d1f6fcb19f9e1bd11d75a03af51b85e3>. Acesso em: 9 out. 2022.

SHAHZAIB, M. Classification of forearm EMG signals for 10 motions using optimum feature-channel combinations. **Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering**, v. 24, n. 9, p. 945–955, 2020. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85098516371&doi=10.1080%2f10255842.2020.1861256&partnerID=40&md5=68b499bca f281e20bcd2d0d44f1d1740>. Acesso em: 9 out. 2022.

SONI, S.; LAMONTAGNE, A. Characterization of speed adaptation while walking on an omnidirectional treadmill. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**, v. 17, n. 1, 2020. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85096432091&doi=10.1186%2fs12984-020-00787-y&partnerID=40&md5=36cf9a657e54fd4fb92eb1897a5a42e6>. Acesso em: 9 out. 2022.

SÖNMEZOCAK, T.; KURT, S. Detection of lower jaw activities from micro vibration signals of masseter muscles using MEMS accelerometer. **Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering: Imaging & Visualization**, p. 1–9, 2022. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85131195532&doi=10.1080%2f21681163.2022.2079003&partnerID=40&md5=daad31e2f33ed4e0ddfcb1a79e331c26>. Acesso em: 7 out. 2022.

SPANU, A. Dynamic surface electromyography using stretchable screen-printed textile electrodes. **IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering**, v.

29, p. 1661–1668, 2021. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85113213410&doi=10.1109%2fTNSRE.2021.3104972&partnerID=40&md5=c760270882bb2c0c33e10e589a41d585>. Acesso em: 7 out. 2022.

SRI-IESARANUSORN, P. Classification of 41 hand and wrist movements via surface electromyogram using deep neural network. **Frontiers in Bioengineering and Biotechnology**, v. 9, 2021. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85108441174&doi=10.3389%2ffbioe.2021.548357&partnerID=40&md5=4969846a741a4839d391c287ac931924>. Acesso em: 7 out. 2022.

SUDHARSAN, R. R. An Analysis of different biopotential electrodes used for electromyography. **Journal of Nano- and Electronic Physics**, v. 12, n. 1, p. 01020-101020-7, 2020. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85081265976&doi=10.21272%2fjnep.12%281%29.01020&partnerID=40&md5=b01f949f3ae9b053e84ed038da86d0b6>. Acesso em: 7 out. 2022.

SUPUK, T. G.; SKELIN, A. K.; CIC, M. Design, development and testing of a low-cost sEMG system and its use in recording muscle activity in human gait. **Sensors**, v. 14, n. 5, p. 8235–8258, 2014. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84899977342&doi=10.3390%2fs140508235&partnerID=40&md5=6ffe8736926540231233cfc886cc849f>. Acesso em: 7 out. 2022.

TAKEDA, F. Applying new technologies to transform blueberry harvesting. **Agronomy**, v. 7, n. 2, p. 33. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85018419788&doi=10.3390%2fagronomy7020033&partnerID=40&md5=af017eff9e3f9dd9a16db1523491e5f3>. Acesso em: 7 out. 2022.

TANG, X. Hand motion classification using a multi-channel surface electromyography sensor. **Sensors**, v. 12, n. 2, p. 1130–1147. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84863264787&doi=10.3390%2fs120201130&partnerID=40&md5=4446eee96027e84f2e749a326a985c36>. Acesso em: 7 out. 2022.

TECCHIO, P.; MONTE, A.; ZAMPARO, P. Low-cost electromyography: validity against a commercial system depends on exercise type and intensity. **European Journal of Translational Myology**, v. 31, n. 2. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85110308524&doi=10.4081%2fEJTM.2021.9735&partnerID=40&md5=5c5b2cf962c1a04631352b19bedda7f7>. Acesso em: 7 out. 2022.

TRIWIYANTO, T. Investigation of electrode location to improve the accuracy of wearable hand exoskeleton trainer based on electromyography. **Journal of Biomimetics, Biomaterials and Biomedical Engineering**, v. 55, p. 71–80. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85127899536&doi=10.4028%2fpy7g473&partnerID=40&md5=8b35b7d0511f5bc6375907cbd788fac7>. Acesso em: 7 out. 2022.

TU, X. Upper limb rehabilitation robot powered by PAMs cooperates with FES arrays to realize reach-to-grasp trainings. **Journal of Healthcare Engineering**, v. 2017, p. 1–15, 2017. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85021675486&doi=10.1155%2f2017%2f1282934&partnerID=40&md5=4a5b2dde2ae0903eb119b19cd79db470>. Acesso em: 7 out. 2022.

VIJAYVARGIYA, A. Hybrid deep learning approaches for sEMG signal-based lower limb activity recognition. **Mathematical Problems in Engineering**, v. 2022, p. 1–12. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85143386314&doi=10.1155%2f2022%2f3321810&partnerID=40&md5=a191dc4929bc6ce09b514ee7edde9d15>. Acesso em: 8 out. 2022.

WALTERS, T. J. Validation of a portable EMG device to assess muscle activity during free-living situations. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 23, n. 5, p. 1012–1019. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84882874021&doi=10.1016%2fj.jelekin.2013.06.004&partnerID=40&md5=c115cc5c4abab807daad09c86b535d27>. Acesso em: 8 out. 2022.

WANG, C.. Accurate measurement of handwash quality using sensor armbands: Instrument validation study. **JMIR mHealth and uHealth**, v. 8, n. 3, p. e17001. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85082446329&doi=10.2196%2f17001&partnerID=40&md5=474f96f09dbdc2be6af5159c82479fdb>. Acesso em: 7 out. 2022.

WANG, Z. Real-time and wearable functional electrical stimulation system for volitional hand motor function control using the electromyography bridge method. **Neural Regeneration Research**, v. 12, n. 1, p. 133, 2017. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85049567423&doi=10.16183%2fj.cnki.jsjtu.2018.01.011&partnerID=40&md5=dc0c8de6e48e9aad79047512aadbce7>. Acesso em: 7 out. 2022.

WASSERBERGER, K. W. Lumbopelvic-hip complex and scapular stabilizing muscle activations during full-body exercises with and without resistance bands. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 34, n. 10, p. 1, 2018. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85091808675&doi=10.1519%2fJSC.0000000000002842&partnerID=40&md5=4b5da41382ce494909d43ecb5004784f>. Acesso em: 8 out. 2022.

WEI, X. Muscle activation visualization system using adaptive assessment and forces-EMG mapping. **IEEE Access**, v. 9, p. 46374–46385, 2021. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85103280652&doi=10.1109%2fACCESS.2021.3067360&partnerID=40&md5=308f4a32104655d1dbf71b737a2ea604>. Acesso em: 8 out. 2022.

WONG, A. M. H.; FURUKAWA, M.; MAEDA, T. Robustness of rhythmic-based dynamic hand gesture with surface electromyography (sEMG) for authentication. **Electronics**, v. 9, n. 12, p. 2143, 2020. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85097942451&doi=10.3390%2felectronics9122143&partnerID=40&md5=d865b2d175dc5cae7a4c235f3596c4a9>. Acesso em: 8 out. 2022.

WU, H.; DYSON, M.; NAZARPOUR, K. Arduino-based myoelectric control: Towards longitudinal study of prosthesis use. **Sensors**, v. 21, n. 3, p. 763, 24 jan. 2021. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85099752998&doi=10.3390%2fs21030763&partnerID=40&md5=10340d7a73d317fbc34e7663a6eee7f8>. Acesso em: 7 out. 2022.

WU, Y. T.; FUJIWARA, E.; SUZUKI, C. K. Evaluation of optical myography sensor as predictor of hand postures. **IEEE Sensors Journal**, v. 19, n. 13, p. 5299–5306. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85067090168&doi=10.1109%2fJSEN.2019.2905229&partnerID=40&md5=1790ae8b52a1d33b200a99e5c2b4f6fd>. Acesso em: 7 out. 2022.

XIA, T. Study protocol for patient response to spinal manipulation – a prospective observational clinical trial on physiological and patient-centered outcomes in patients with chronic low back pain. **BMC Complementary and Alternative Medicine**, v. 14, n. 1, 2014. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84908113187&doi=10.1186%2f1472-6882-14-292&partnerID=40&md5=d860c198a1e67339337a288d54664bfe>. Acesso em: 7 out. 2022.

XIAO, F. Proportional myoelectric and compensating control of a cable-conduit mechanism-driven upper limb exoskeleton. **ISA Transactions**, v. 89, p. 245–255, 2019. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85060734035&doi=10.1016%2fj.isatra.2018.12.028&partnerID=40&md5=1584dad92a95a429ba94e901d4270e51>. Acesso em: 7 out. 2022.

XU, X. Continuous grasping force estimation with surface EMG based on huxley-type musculoskeletal model. **IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering**, p. 1–1, 2022. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85140780366&doi=10.1109%2fTNSRE.2022.3214866&partnerID=40&md5=2c55378728ff05b616bfd07ae6535eb2>. Acesso em: 9 out. 2022.

YINA, G. Remote rapid prototyping manufacturing network using optimization recurrent hidden Markov models. **Journal of Vibration and Control**, v. 18, n. 14, p. 2122–2128, 2011. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84869062810&doi=10.1177%2f1077546311428635&partnerID=40&md5=af5ceb14c43bb53eb2cff2ddb32b2f27>. Acesso em: 9 out. 2022.

YOKOYAMA, M.; KOYAMA, R.; YANAGISAWA, M. An evaluation of hand-force prediction using artificial neural-network regression models of surface EMG signals for handwear devices. **Journal of Sensors**, v. 2017, p. e3980906, 2017. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85042449353&doi=10.1155%2f2017%2f3980906&partnerID=40&md5=f6c9dc76802faf39f5917dfc829bb64e>. Acesso em: 9 out. 2022.

ZHANG, T. Biomechatronic design and control of an anthropomorphic artificial hand for prosthetic applications. **Robotica**, v. 34, n. 10, p. 2291–2308, 2015. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0->

84921882875&doi=10.1017%2fS0263574714002902&partnerID=40&md5=573bf89bf1ea9bc794728aba12c2d772. Acesso em: 9 out. 2022.