

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE**

**CAMPUS DE NATAL**

**DEPARTAMENTO DE COMPUTAÇÃO**

**CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**

**CLAUDIA DA GUIA DE MEDEIROS SILVA**

**IVERT: DISPOSITIVO VESTÍVEL PARA AUXILIAR NA CORREÇÃO DA  
POSTURA CORPORAL**

NATAL

2019

**CLAUDIA DA GUIA DE MEDEIROS SILVA**

**DISPOSITIVO VESTÍVEL PARA AUXILIAR NA CORREÇÃO DA  
POSTURA CORPORAL**

Monografia apresentada à Universidade do Estado do Rio Grande do Norte - UERN como requisito obrigatório para obtenção do título de Bacharela em Ciência da Computação.

**ORIENTADOR:** Prof. Dr. Felipe Denis Mendonça Oliveira.

NATAL

2019

© Todos os direitos estão reservados a Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do(a) autor(a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu(a) respectivo(a) autor(a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

**Catálogo da Publicação na Fonte.  
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte.**

S586l Silva, Claudia da Guia de Medeiros  
IVert: Dispositivo Vestível para Auxiliar na Correção da Postura Corporal. / Claudia da Guia de Medeiros Silva. - Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, 2019. 55p.

Orientador(a): Prof. Dr. Felipe Denis Mendonça Oliveira.

Monografia (Graduação em Ciência da Computação). Universidade do Estado do Rio Grande do Norte.

1. Ciência da Computação. 2. Tecnologias Vestíveis. 3. Coluna Vertebral. 4. Postura Corporal. 5. Wearables.. I. Oliveira, Felipe Denis Mendonça. II. Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. III. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pela Diretoria de Informatização (DINF), sob orientação dos bibliotecários do SIB-UERN, para ser adaptado às necessidades da comunidade acadêmica UERN.

**CLAUDIA DA GUIA DE MEDEIROS SILVA**

**DISPOSITIVO VESTÍVEL PARA AUXILIAR NA CORREÇÃO DA  
POSTURA CORPORAL**

Monografia apresentada à Universidade do Estado do Rio Grande do Norte - UERN como requisito obrigatório para obtenção do título de Bacharela em Ciência da Computação.

Aprovado em 02/10/2019

Banca Examinadora

---

Prof. Dr. Felipe Denis Mendonça Oliveira – Orientador  
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN

---

Prof. Dr. Wilfredo Blanco Figuerola  
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN

---

Prof. Dr. Anderson Abner de Santana Souza  
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN

Aos meus Pais, Irineu Rodrigues e Maria José,  
com AMOR.

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus por ter me mantido na trilha correta durante este projeto de pesquisa, com saúde e forças para chegar até o final. Sou grata à minha família, meu pai Irineu Rodrigues e minha mãe Maria José que sempre estiveram ao meu lado me apoiando ao longo de toda a minha trajetória, minhas irmãs pelo apoio que sempre me deram durante toda a minha vida, ao meu amigo e companheiro Alex Aquino que sempre me ajudou e me incentivou durante minha caminhada até aqui, e desde o início deste projeto de pesquisa. A todos os meus professores do curso de Ciência da Computação da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte pelo conhecimento compartilhado e excelência da qualidade técnica de cada um.

## RESUMO

Tendo em vista que uma boa postura corporal é fundamental para os seres humanos, não apenas para aparência, mas também para evitar problemas de saúde e que são inúmeros os problemas causados pela má postura, esse estudo científico disserta sobre o desenvolvimento de um dispositivo vestível para auxiliar na reeducação postural, a fim de que o usuário seja alertado através de um *feedback* tátil vibratório, sempre que identificado uma postura inadequada e possibilitando que aos poucos o usuário possa readquirir uma posição adequada da coluna vertebral. Para tanto, foi realizado uma fundamentação teórica sobre os conceitos de *wearables technologies*, de anatomia da coluna vertebral, postura corporal de conceitos de eletrônica, *software* e dispositivos embarcados, para que fosse possível o desenvolvimento de *hardware* e *software* do protótipo do dispositivo proposto. O *hardware* do dispositivo foi desenvolvido utilizando componentes eletrônicos como micro motor *vibracall* responsável por fornecer *feedback* tátil vibratório, módulo MPU6050 para aquisição dos dados da postura do usuário, *buzzer* para *feedback* auditivo, LED RGB para *feedback* visual, um Arduino Nano R3, duas pilhas botão e uma case de acrílico de material reciclado. Este trabalho focou no desenvolvimento de um protótipo e principalmente em sua validação em termos de realizar o que lhe é proposto, ao final do desenvolvimento verificou-se através de experimentos realizados que o dispositivo é válido para ser utilizado auxiliando na detecção da má postura corporal, quando o dispositivo está em funcionamento e o indivíduo comporta-se ou obtém uma postura inadequada, o usuário é alertado, o que impõe a constatação de que o dispositivo está funcionando de acordo com o esperado.

**Palavras-chave:** Tecnologias Vestíveis. Coluna Vertebral. Postura Corporal. Wearables.

## ABSTRACT

*Given that good body posture is critical for humans, not only for appearance but also to prevent health problems and that numerous problems are caused by poor posture, this scientific study discusses the development of a wearable device for assist in postural reeducation, so that the user is alerted through vibratory tactile feedback, whenever an inappropriate posture is identified and gradually allowing the user to regain an appropriate position of the spine. For that, a theoretical basis was made about the concepts of wearables technologies, anatomy of the spine, body posture of electronics concepts, software and embedded devices, so that it was possible to develop hardware and software prototype of the proposed device. The device hardware was developed using electronic components such as vibracall micro motor responsible for providing vibratory tactile feedback, MPU6050 module for user posture data acquisition, auditory feedback buzzer, RGB LED for visual feedback, one Arduino Nano R3, two button cells and an acrylic case from recycled material. This work focused on the development of a prototype and mainly on its validation in terms of accomplishing what is proposed to it. At the end of the development it was verified through experiments that the device is valid to be used to assist in the detection of poor body posture. When the device is in operation and the individual behaves or attains an improper posture, the user is alerted, which requires the realization that the device is working as expected.*

**Keywords:** *Wearable Technologies. Vertebral Column. Body Posture. Wearables.*



## LISTA DE FIGURAS

Regiões e Vértexbras da Coluna Vertebral .....	17
Posição da coluna .....	18
Planos do corpo humano.....	20
Postura corporal correta lateral (a) posterior (b).....	21
Problemas Posturais, Coluna Normal, Cifose, Lordose e Escoliose.....	24
Placa Lilytiny CJMCU.....	28
Módulo sensor GY-521 MPU6050 .....	29
Micro motor Vibracall.....	30
Buzzer Ativo.....	31
Camiseta para Reabilitação Neurológica.....	32
Dispositivo para Auxiliar no Diagnóstico e na Correção Postura.....	33
Colete para Auxiliar na Correção da Coluna Vertebral.....	34
Passo a passo para a utilização do iVert.....	35
Representação dos componentes e circuito do iVert v2.0.....	36
Representação dos componentes e circuito do dispositivo.....	37
Trecho de código referente a atualização de dados do iVert v2.0.....	38
Trecho de código referente a feedback de dados do iVert v2.0.....	38
Fluxograma do sketch iVert v2.0.....	39
Teste com o dispositivo e dados sendo apresentados no serial monito .....	42
Alerta de desvio Frontal.....	43
Alerta de desvio posterior .....	43
Alerta de desvio lateral esquerdo.....	44
Alerta de desvio lateral direito.....	44
Sequência de posições da postura.....	45

## LISTA DE ABREVIACÕES

<i>WEB</i>	<i>World Wide Web</i>
<i>OMS</i>	<i>Organização Mundial de Saúde</i>
<i>AAOS</i>	<i>American Academy of Orthopaedic surgeon</i>
<i>RPG</i>	<i>Reeducação Postural Global</i>
<i>OSHW</i>	<i>Open Source Hardware</i>
<i>IDE</i>	<i>Integrated Development Environment</i>
<i>FTDI</i>	<i>Future Technology Devices International</i>
<i>LED</i>	<i>Light Emitting Diode</i>
<i>USB</i>	<i>Universal Serial Bus</i>
<i>EEPROM</i>	<i>Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory</i>
<i>SRAM</i>	<i>Static Random Access Memory</i>
<i>DMP</i>	<i>Digital motion Processor</i>
<i>VCC</i>	<i>Tensão em corrente contínua</i>
<i>GND</i>	<i>Graduated Neutral Density Filter</i>
<i>SCL</i>	<i>Serial Clock</i>
<i>SDA</i>	<i>Serial Data</i>
<i>XDA</i>	<i>Auxiliary Serial Data</i>
<i>XCL</i>	<i>Auxiliary Serial Clock</i>
<i>ADO</i>	<i>Address Select</i>
<i>INT</i>	<i>Interrupt</i>
<i>MEMS</i>	<i>Micro-Electro-Mechanical Systems</i>
<i>RGB</i>	<i>Red, Green, Blue</i>

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
1.1 JUSTIFICATIVA.....	12
1.2 CONTRIBUIÇÕES.....	13
1.3 METODOLOGIA.....	13
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	14
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>15</b>
2.1 TECNOLOGIAS VESTÍVEIS.....	15
2.2 COLUNA VERTEBRAL.....	18
2.2.1 Postura Corporal.....	20
2.2.2 Má Postura.....	22
2.2.3 Problemas Posturais.....	24
2.2.3 Reeducação Postural.....	26
2.3 PLATAFORMA ARDUINO.....	26
2.3.1 LilyPad Arduino.....	27
2.3.2 Lilytiny CJMCU.....	28
2.3.3 Arduino Nano R3.....	29
2.4 ACELERÔMETRO E GIROSCÓPIO MPU6050 - Placa GY-521.....	29
2.5 MICRO MOTOR VIBRACALL.....	31
2.6 BUZZER.....	32
<b>3 TRABALHOS RELACIONADOS.....</b>	<b>33</b>
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>36</b>
4.1 O iVERT.....	36
4.1.1 Hardware: iVert v2.0.....	37
4.1.2 Software: iVert v2.0.....	38
4.1.2.1 Bibliotecas Utilizadas: iVert v2.0.....	41
<b>5 EXPERIMENTOS E RESULTADOS.....</b>	<b>42</b>
5.1 EXPERIMENTO 1: TESTANDO O DISPOSITIVO.....	42
5.2 EXPERIMENTO 2: TESTANDO O DISPOSITIVO.....	45
5.3 CONCLUSÕES SOBRE OS EXPERIMENTOS.....	45
<b>6 CONCLUSÕES.....</b>	<b>47</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>49</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento tecnológico e a busca crescente em encontrar soluções para as necessidades humanas, já é possível observar a presença da tecnologia em quase todas as áreas que permeiam a vida cotidiana, inclusive na moda, em acessórios e no vestuário, redefinindo a interação do humano com as máquinas. Nessa nova abordagem de computação, os dispositivos tecnológicos estão diretamente conectados com usuários, de modo que eles possam ser utilizados pelos mesmos como peças de vestuário, situação em que são denominados “computação vestível”, “tecnologia vestível” ou ainda, *wearables technologies* (BUSCH, 2017).

O mundo das *wearables technologies* vem apresentando um forte crescimento devido seu potencial de inovação e uso de tecnologias recentes, que permitem o acesso aos dados do dispositivo e a interação do usuário com a *World Wide Web* (WEB) em tempo real (VIEGAS, 2016; BUSCH, 2017). Hoje essa tecnologia já possui diversas aplicações, sejam elas: roupas e acessórios esportivos, de trabalho, resgate, segurança, apoio a idosos, reabilitação e saúde (SEYMOUR, 2010).

Na área da saúde, existem vários tratamentos médicos que exigem a necessidade do monitoramento constante dos sinais vitais do indivíduo como pulso, temperatura, frequência respiratória, pressão arterial e batimento cardíaco, que podem orientar o diagnóstico inicial e o acompanhamento da evolução do quadro clínico (AVENEL-AUDRAN, 2003). O uso de sensores, eletrodos, circuito de transmissão, armazenamento e processamento de dados proporcionando conforto, mobilidade e tratamento de sintomas de algumas doenças por meio de *wearables technologies* já é uma realidade.

Na saúde já existem várias *wearables technologies* desenvolvidas para auxiliar e prevenir doenças em pacientes. Dentre elas podem ser citados: luvas, relógios, pulseiras, próteses tecnológicas, camisas, jaquetas, entre outros. A área da medicina é uma das mais beneficiadas com as tecnologias vestíveis. Um problema de saúde bastante comum no ser humano moderno é a má postura corporal, com isso algumas pesquisas estão sendo exploradas para o desenvolvimento de *wearables technologies* com o objetivo de monitorar e prevenir este problema (FRANCO, 2013).

A má postura corporal é o mau posicionamento da coluna, causado geralmente pelo próprio indivíduo, na maioria das vezes por portar-se com a coluna de forma incorreta através de hábitos sedentários e inadequados, aumentando o esforço da coluna para manter o equilíbrio do corpo e resultando de doenças posturais (SOUZA, 1996; LONGO, 2008). A prevenção da má postura corporal é necessária para evitar problemas posturais e possibilitar a permanência de um perfeito funcionamento do corpo humano (LONGO, 2008). Diante do exposto, esse trabalho propõe o desenvolvimento de um protótipo de baixo custo de um dispositivo vestível para auxílio na prevenção e reeducação da má postura corporal.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

A coluna vertebral suporta o peso do corpo, contém e protege a medula espinhal que conduz todos os estímulos nervosos do cérebro humano para os membros superiores, tronco e membros inferiores. Ela permite e controla todas as funções musculoesqueléticas, viscerais do abdômen e estrutural do tórax e qualquer doença que possa comprometer a coluna pode colocar em risco essas estruturas e suas funções (MACHADO, 2008).

Portanto, uma boa postura corporal é fundamental para os seres humanos, não só para aparência, mas também para evitar problemas de saúde. Uma pessoa que possui má postura, apresenta ombros projetados para frente, leve cifose, retroversão pélvica e retificação da coluna lombar, além da flacidez abdominal associada a uma escoliose, que pode levar a desvio na coluna. São inúmeros os problemas causados pela má postura, entre eles, destacam-se a algia da coluna vertebral, que é conhecida por dor nas costas. Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), 80% da população mundial sofre de dores na coluna (SECAD, 2018).

Esse estudo científico tem como propósito o desenvolvimento de um dispositivo baseado em sensores giroscópio e acelerômetro (módulo MPU6050) que será utilizado para coletar dados referentes às posições da coluna vertebral, plataformas de prototipagem eletrônica, inicialmente com o *Lilytiny CJMCU* e finalizando com o Arduino Nano R3, atuador *vibracall* para fornecimento de *feedback* tátil vibratório, *buzzer* para *feedback* auditivo e LED RGB para *feedback* visual. O dispositivo irá auxiliar na prevenção e correção da má postura corporal, fixado nas costas do usuário, na parte superior da região cervical da coluna,

que, indicará através de um *feedback* tátil vibratório quando a coluna estiver de postada de forma inadequada. Desse modo, justifica-se esta investigação científica, pois trata-se de uma pesquisa com potencial para contribuição da prevenção e reeducação da má postura corporal, auxiliando indivíduos a terem uma boa postura e conseqüentemente evitando os problemas de saúde que poderiam ser obtidos decorrentes da má postura, bem como possibilitando uma melhor qualidade de vida. Esse trabalho também poderá para ser utilizado como material de apoio para pesquisas relacionadas à postura corporal.

## 1.2 CONTRIBUIÇÕES

A contribuição desta monografia se dá pela concepção de um dispositivo para auxílio, reabilitação e prevenção da má postura corporal, através do desenvolvimento de um protótipo de dispositivo vestível (*wearable technologie*) portátil para fornecimento de *feedback* quando da identificação de postura considerada inadequada ao usuário. De forma mais ampla, em termos de objetivos específicos pretendidos e alcançados, podem ser citados, o estudo de *wearables technologies*, conceitos e anatomia da coluna vertebral, o desenvolvimento de *hardware* e *software* que compõem o dispositivo, documentação e validação através de testes e documentação do estudo realizado.

## 1.3 METODOLOGIA

A metodologia de desenvolvimento foi dividida em cinco etapas. A primeira etapa foi dedicada à pesquisa em material escrito, resultantes de publicações científicas (monografias, dissertações, teses, livros) com objetivo de coletar e selecionar material para fundamentação teórica e desenvolvimento deste trabalho, bem como para revisão de literatura.

Na segunda etapa foi realizado o planejamento e o desenvolvimento do *hardware* do sistema através de uma plataforma de prototipagem eletrônica e demais componentes, bem como o desenvolvimento do *software*. Inicialmente foram definidos e adquiridos a plataforma de prototipagem eletrônica e demais componentes a serem utilizados, em seguida foram realizados o desenho esquemático, a montagem do circuito e a escrita do *software* que coleta os dados dos sensores de acelerômetro e giroscópio através do módulo GY-521 MPU6050 e

controla o *feedback* tátil fornecido ao usuário através de um micro motor *vibracall*, que indica postura inadequada.

Em seguida, após a validação das etapas anteriores, foi realizada a integração do dispositivo desenvolvido, com o usuário, a integração com o usuário foi feita através de fita dupla face transparente.

Na etapa quatro foram realizados diversos experimentos para verificar se o dispositivo se comportou como esperado, comprovando o seu funcionamento. Após isso os resultados foram descritos e documentados.

Como etapa final, a documentação descritiva do projeto foi finalizada e posteriormente submetida à banca examinadora para avaliação.

## 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este documento está dividido em 7 capítulos incluindo esta introdução que apresenta de forma geral o que o trabalho propõe. O capítulo 2 apresenta conceitos de *wearables*, coluna vertebral, postura corporal, doenças posturais, Arduino Nano V3, *Lilytiny CJMCU*, micro motor *vibracall*, acelerômetro e giroscópio MPU6050, que são a base para a fundamentação desta investigação científica. No capítulo 3 são apresentados os trabalhos relacionados. O capítulo 4 descreve os materiais e métodos utilizados no desenvolvimento da pesquisa. Experimentos e resultados são apresentados e discutidos no capítulo 5. O capítulo 6 apresenta as conclusões e propostas para o avanço dessa pesquisa. E por fim, o capítulo 7 apresenta os trabalhos futuros para esse estudo científico.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 TECNOLOGIAS VESTÍVEIS

Com o passar dos anos a tecnologia vem progredindo constantemente, e assim permitindo a evolução de eletrônicos, à miniaturização dos processadores, a redução do custo de baterias, sensores e dispositivos de comunicação, proporcionando computadores cada vez mais compactos, possibilitando sua utilização em tecnologias vestíveis (FARIAS, 2017; MATOS, 2015) O desenvolvimento da microeletrônica proporcionou duas funções essenciais para a criação dos dispositivos vestíveis, as grandes capacidades computacionais em pequenos volumes e o aumento de funcionalidades com a diminuição de custos (OHTA, 2015).

A popularidade das tecnologias vestíveis vem em uma crescente dia após dia, tornando-se cada vez mais presente em nosso cotidiano e fazendo com o que, essa tecnologia gradativamente seja inserida no cenário tecnológico e expandindo-se para diversos setores, possibilitando que dispositivos possam ser acoplados ao corpo através de vestimentas ou como acessórios (FARIAS, 2017; MATOS, 2015). O pesquisador Steve Mann, considerado “o pai da computação wearable” no ano de 1998, definiu os dispositivos vestíveis da seguinte forma:

Um computador vestível é um computador que é incluído no espaço pessoal do usuário, controlado pelo usuário, e possui constância operacional e interacional, ou seja, está sempre ligado e sempre acessível. Mais notavelmente, é um dispositivo que está sempre com o usuário e no qual o usuário sempre pode inserir comandos e executar um conjunto desses comandos inseridos, e no qual o usuário pode fazê-lo enquanto caminha ou realiza outras atividades (MANN, 1998, traduzido).

A tecnologia vestível é predominantemente digital, sendo definida como um tipo de computador cuja suas características básicas são estar fixado ao corpo humano e através disso permitir acesso a informações. A diferença de uma tecnologia vestível para uma peça de vestuário tradicional é a capacidade de receber a entrada de seu usuário ou de seu ambiente e usar esta entrada para ativar ou alterar o estado de uma tecnologia associada, possibilitando que o usuário possa ser monitorado constantemente sem interferi-lo, com isso uma das áreas



que mais tem se beneficiado é a da saúde (GERALDO, 2018). Atualmente o mundo dos *wearables* vem ganhando variedades de produtos cuja finalidade se voltam em benefício à saúde (CORSO, 2013; JESUS, 2016).

*Wearables* para o cuidado com a saúde, podem hoje serem desenvolvidos por profissionais de diversas áreas com conhecimento em eletrônicos e programação, através de dispositivos eletrônicos de menores dimensões, peso e resistência que possibilitam o monitoramento das atividades humanas diárias e que podem ser expostos através de pulseiras, relógios, óculos, camisas, sapatos, dentre outros (CANTANHEDE, 2018). Sendo assim, já existem vários dispositivos de saúde que, conseguem monitorar, armazenar e compartilhar dados relativos ao corpo e a saúde (COPETTI, 2018). Essas tecnologias trouxeram inovações eficazes, e através delas o usuário pode garantir uma rotina mais saudável e confortável, possibilitando uma melhor qualidade de vida (SCIATH, 2019).

As primeiras tecnologias vestíveis que contribuíram para a medicina, tinham o objetivo de acompanhar a prática de atividades físicas através do monitorando de batimentos cardíacos e pulsação durante os exercícios, porém com o passar dos anos e os diversos avanços existentes na tecnologia. Hoje já é possível observar uma série de sensores que através de tecnologias vestíveis contribuem para uma melhor qualidade de vida de pacientes, contribuindo com o aumento da organização de tarefas, incentivando a prática de exercícios, acompanhando programas de perda de peso e muitos possibilitam o monitoramento remoto, permitindo que pacientes possam ser acompanhados fora de consultórios médicos (SCIATH, 2019). Segundo Medplus (2018), as tecnologias vestíveis são classificadas em cinco categorias:

- **MONITORAMENTO DE SAÚDE E BEM ESTAR**

São as tecnologias vestíveis que permite em tempo real a análise dos dados fisiológicos do paciente, facilitando a análise para futuras intervenções médicas (CARNEIRO, 2018).

- **SUPERVISÃO E SEGURANÇA**

São as tecnologias vestíveis que emitem sinal de alerta quanto a detecção de quedas, convulsões epiléticas e entre outros, possibilitando o cuidado imediato

ao usuário, seja através do envio de equipes médicas ou cuidadores em caso de idosos ou crianças (CARNEIRO, 2018).

- **REABILITAÇÃO DOMICILIAR**

São as tecnologias vestíveis que possibilitam reabilitação domiciliar através de sensores, criando uma sistema de *feedback* aumentado. Bastante utilizadas na fisioterapia, em pacientes com problemas cardíacos, idosos, adolescentes e adultos (CARNEIRO, 2018).

- **AVALIAÇÃO DE EFICÁCIA**

São as tecnologias vestíveis que permitem avaliar com precisão e eficácia, como os exames e terapias estão se desenvolvendo, através do rastreamento das alterações fisiológicas (CARNEIRO, 2018).

- **DETECÇÃO PRECOCE**

São tecnologias vestíveis utilizadas para detectar sintomas e alterações no estado de saúde do paciente, efetivamente obtendo um resultado precoce sobre doenças e consequentemente garantido que ela seja descoberta antes que seus sintomas se manifestem totalmente (CARNEIRO, 2018).

Inicialmente esse estudo pode ser classificado na categoria de reabilitação domiciliar, visto que irá auxiliar o indivíduo na reabilitação de sua postura corporal adequada, fornecendo através de um dispositivo vestível, um *feedback* sempre que identificado uma postura corporal inadequada. Em trabalhos futuros poderá ser enquadrado também nas categorias de avaliação de eficácia e detecção precoce, fornecendo dados para avaliação da reabilitação ao longo do tempo através de um dispositivo *mobile*, bem como ajudando na prevenção de doenças causadas pela má postura corporal.

## 2.2 COLUNA VERTEBRAL

A coluna vertebral é responsável por dois quintos do peso corporal, sendo um dos elementos mais importantes para o corpo humano, é constituída por tecido conjuntivo e por vértebras, as quais estão sobrepostas em forma de uma coluna garantindo a posição bípede do corpo humano (FERREIRA, 2010; FILHO, 2015). Ela é composta de vértebras móveis e flexíveis que, em conjunto com os músculos e ligamentos garantem, sua estabilidade. Quando esses elementos são conectados formam o eixo central do esqueleto humano. Sua estrutura é constituída de 24 vértebras pré-sacrais (7 cervicais, 12 torácicas e 5 lombares), 5 vértebras abaixo das lombares que formam o sacro e logo abaixo 4 que formam o cóccix, totalizando 33 vértebras (NATOUR, 2004). Sendo assim, constituída de 4 regiões e o cóccix, cada uma definida por suas especificidades anatômicas e características funcionais. A região cervical é responsável pela conexão do corpo com a cabeça, a torácica forma a coluna torácica, a lombar começa logo após a torácica e por último o sacro que se articula com o quadril e com o cóccix (JUNQUEIRA, 2012). A Figura 1 exibe as regiões e vértebras que constituem a coluna vertebral.

**Figura 1:** Regiões e vértebras da coluna vertebral.



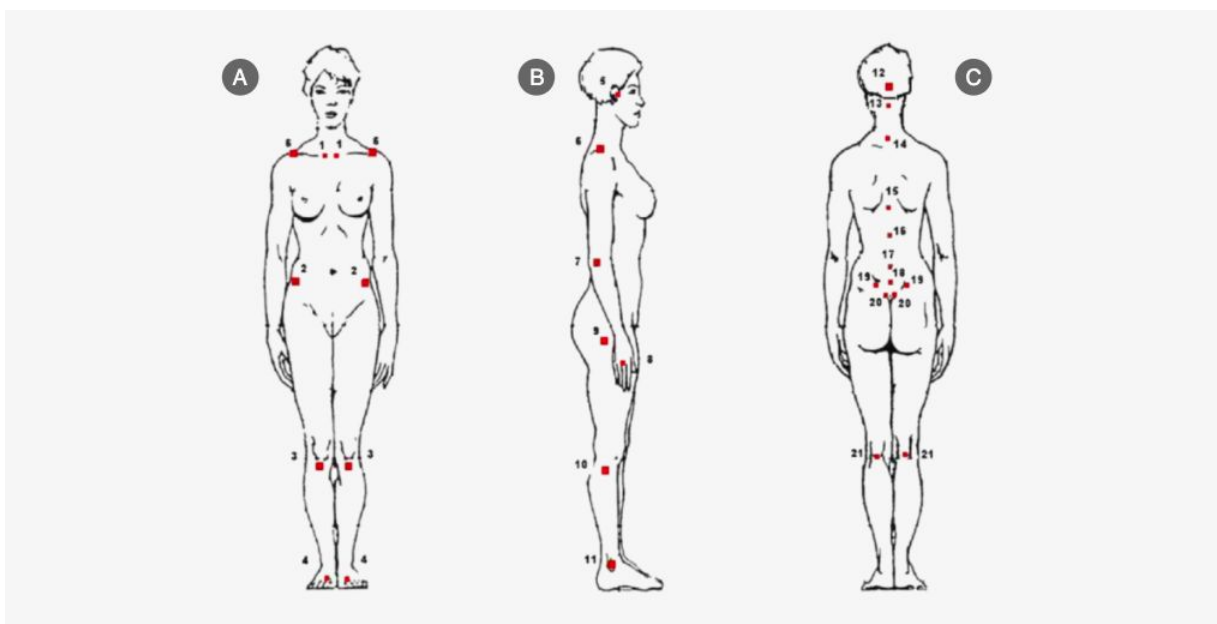
**Fonte:** Imagem Modificada (MONTTOABMATONOR, 2014).

Como observado na Figura 1, a região cervical se forma na parte superior da coluna, que constitui o esqueleto axial do pescoço e garante a sustentação da cabeça, a torácica é

responsável por suportar a cavidade torácica, a lombar tem a responsabilidade de suportar a cavidade abdominal e permite o movimento entre o tronco e a pelve, a sacrococcígea integra a coluna vertebral com a cintura pélvica, por último tem a coccígea que é uma estrutura básica, porém possui função no suporte do assoalho pélvico. As curvaturas sagitais da coluna vertebral são constituídas pelas curvaturas cervical, torácica, lombar e sacral, sendo a cervical e torácica e sacral curvaturas convexas e consideradas primárias devido possuir sua estrutura na mesma direção da coluna fetal e a cervical e lombar, curvaturas côncavas que se formam apenas depois do nascimento (NATOUR, 2004).

Quando visualizada frontalmente em ângulo anterior e posterior a coluna vertebral deve ser linear, sem nenhum tipo de desvio ou curvatura, diferentemente de quando for observada na lateral que deverá apresentar as curvaturas naturais da coluna, apresentadas inicialmente. Através delas que o corpo humano garante uma resistência, melhora a distribuição de carga e compressões sobre a coluna, que tem um papel fundamental no corpo humano, tendo como principais funções: proteger a medula espinhal, dando o principal eixo de suporte ao corpo, suportando o peso do tronco e o distribuindo para os outros membros do corpo, além de exercer o papel importante na postura e locomoção do ser humano (FILHO, 2015). A Figura 2 exibe a postura ideal vista de frente (a), lateral (b) e costas (b) ambos sem nenhum tipo de desvio.

**Figura 2:** Posição da coluna.



**Fonte:** Imagem modificada (FERREIRA *et al.*, 2014)

Segundo Kapandji (2000, p.12) “a coluna vertebral é o eixo do corpo e deve conciliar dois imperativos mecânicos contraditórios: a rigidez e a flexibilidade”. De forma simples podemos definir a coluna vertebral como uma haste firme e flexível, composta por elementos que são unidos por articulações, conectadas por ligamentos e suportados por uma poderosa massa musculotendinosa, seu bom funcionamento garante um equilíbrio para o corpo humano e uma qualidade de vida melhor para as pessoas (NATOUR, 2004; VARELLA, 2019 ).

### **2.2.1 Postura Corporal**

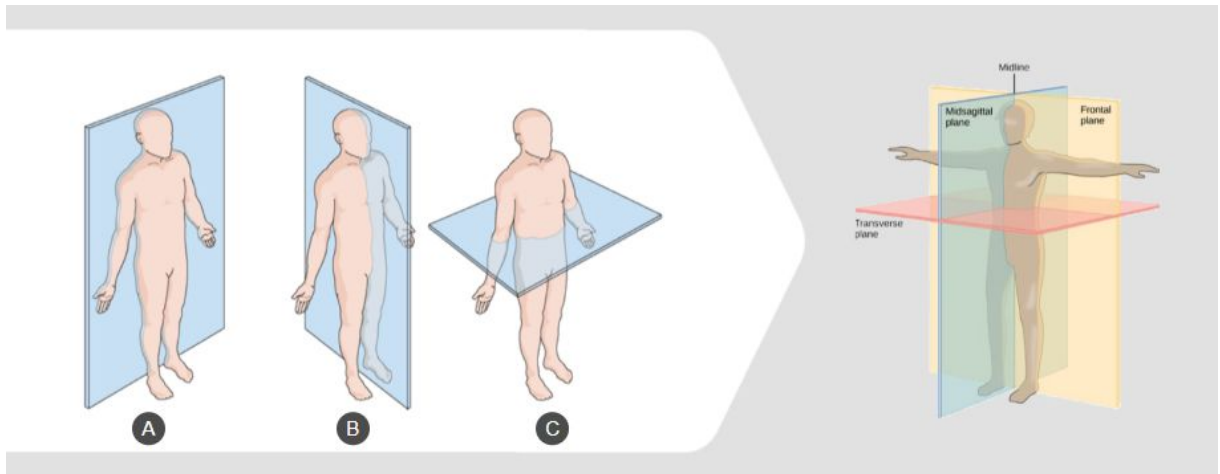
Segundo a academia de ortopedia a postura corporal é um equilíbrio entre os músculos e ossos (CAMPELO, 2003). Cada pessoa possui uma relação com seu corpo, porém as diferentes posturas adotadas pelo ser humano em cada situação depende da imagem corporal que cada ser tem dele mesmo, portanto para uma boa postura é necessário que o ser humano tenha hábitos posturais adequados, proporcionando harmonia corporal (STROTTMANN, 2007). Na literatura podemos encontrar várias definições para postura corporal. Para Ribeiro (2017), a postura corporal humana pode ser definida como uma relação dos segmentos existentes no corpo, além de, envolver o controle do alinhamento corporal em relação à gravidade, à superfície de suporte, ao ambiente visual e às referências internas.

Segundo Cormelato (2007), definição mais tradicional de postura foi a relatada pelo comitê de postura da *American Academy of Orthopaedic surgeon* (AAOS), que faz a definição de postura como sendo a combinação relativa das partes do corpo, que em conjunto com o equilíbrio muscular e esquelético é responsável pela boa postura e eficiência muscular. Para Gonçalves (2010) citado por Christen Junior e Nassário (2011) a postura humana depende do solo em que está se pisando, juntamente com as forças gravitacionais que estão em atuação sobre as atitudes realizadas pelo ser humano.

O corpo humano possui três planos, o plano sagital, o plano coronal e o plano transversal. O plano sagital é vertical (Figura 3B), seu nome deriva da direção do sutura sagital do crânio, esse plano divide o corpo em metades direita e esquerda. O plano coronal vertical (Figura 3A), seu nome deriva da direção do sutura coronal do crânio, divide o corpo em metades anterior e posterior. O plano transversal é horizontal (Figura 3C) e divide o corpo em

partes superior e inferior. O ponto que ocorre o cruzamento dos três planos é denominado o centro da gravidade do corpo humano (KENDALL *et al.*, 2007).

**Figura 3:** Planos do corpo humano.

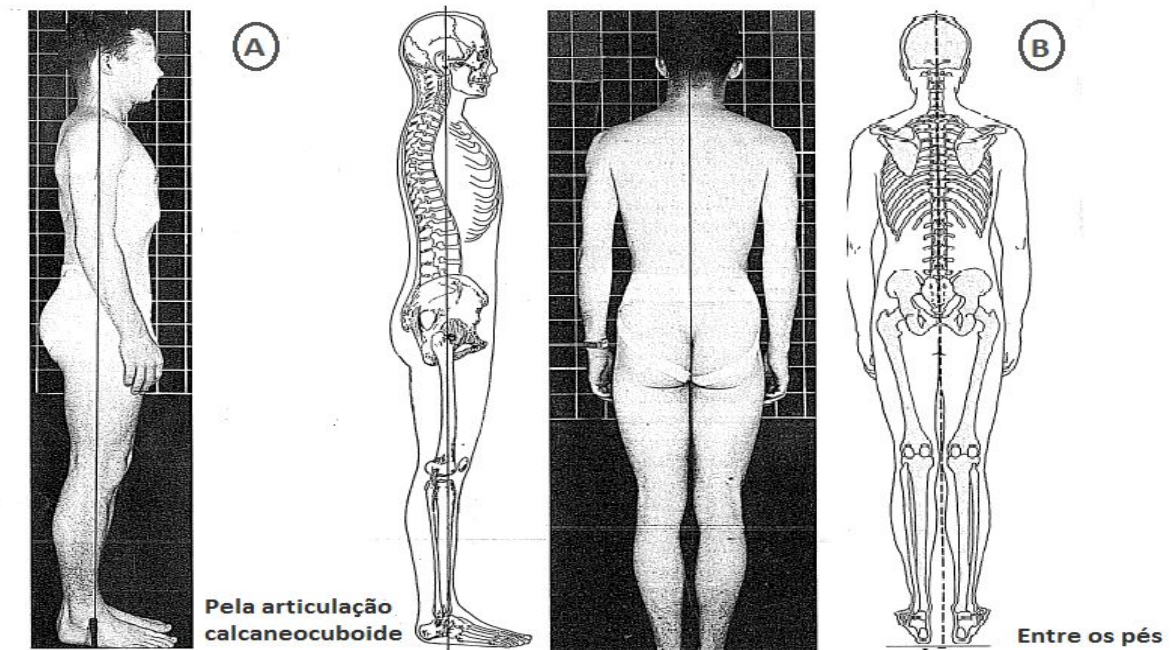


**Fonte:** Imagem modificada (LATERAL EDGE, 2019; WIKIMEDIA COMMONS, 2019 ).

São várias as definições expostas e encontradas na literatura sobre a postura corporal, porém pode-se analisar que todas as definições apresentadas da postura sustentam a ideia que deve haver um equilíbrio entre as partes do corpo juntamente com um alinhamento da gravidade corporal. Nota-se que para uma boa postura não é necessário muito esforços das estruturas que a sustentam, pois independentemente da posição do corpo ela deve ser mantida sem nenhum esforço (CHRISTEN JUNIOR e NASSÁRIO, 2011).

A posição padrão da coluna vertebral apresenta as curvaturas normais da coluna, a cabeça aparece reta, além de os membros inferiores estarem na posição ideal para sustentação do corpo. Segundo Kendall *et al.* (2007) o alinhamento padrão deve seguir a linha vista na Figura 4, a qual na vista lateral (a) o alinhamento começa pela articulação calcaneocubóidea e vai em linha reta até a cabeça e a da vista posterior (b) começa entre os pés e segue até a cabeça (KENDALL *et al.*, 2007).

**Figura 4:** Postura Corporal correta lateral (a) posterior (b).



Fonte: Imagem Modificada (KENDALL *et al.*, 2007).

Segundo Moreira, Cornelian e Barbosa (2013 p.44) “é sabido que má postura é aquela em que a coluna está desalinhada, desencadeando desequilíbrio corporal e maior gasto de energia para a realização das atividades diárias”. Devido esses maus hábitos posturais, é provocada uma sobrecarga mecânica sobre as estruturas ósseas da coluna, prejudicando-as e consequentemente lhes trazendo consequências negativas (MOREIRA, CORNELIAN e BARBOSA, 2013). A postura é importante para os seres humanos pois permite que eles mantenham o corpo em linha e harmonia e consequentemente proporcionando uma melhor qualidade de vida (ABECITRUS, 2018).

### 2.2.2 Má Postura

A saúde pública tem se preocupado cada vez mais com os problemas posturais, principalmente por existir esses problemas em pessoas que estão economicamente ativa no mercado de trabalho, que ao adquirirem problemas posturais acaba incapacitando-as temporariamente ou definitivamente para atividades profissionais. Segundo o Ministério do Trabalho, dor nas costas foi a quinta maior causa de afastamento do trabalho no ano de 2018

(LUCAS NANINI, 2018). Nos tempos atuais, esse problema vem cada vez mais chamando atenção não só de profissionais da área da saúde, mas de diversos segmentos da sociedade (CAILLET, 2002; CANDOTTI, NOLL e CRUZ, 2010).

A coluna vertebral possui uma constituição anatômica excelente, pois é através dela que o ser humano pode obter a posição bípede, como também acompanhar todos os movimentos executados nessa posição, além de permitir o movimento para frente, para trás e para os lados, porém respeitando os seus limites. A má postura pode se dar, por meio de hábitos inadequados adotados pelo ser humano como: pegar ou transportar peso de forma errada, permanecer muito tempo na mesma posição, falta de atividade físicas, posicionamento inadequado em dormir, sentar, carregar objetos, caminhar, trabalhar e entre outros que, associados podem comprometer a coluna vertebral surgindo esquemas corporais alternativos, posturas indesejáveis lesões na coluna, ombros e quadril e conseqüentemente podendo comprometer estruturas do corpo e surgindo os problemas posturais (KUPFER, 2010; SILVA *et al.*, 2014; BOSCATTE, 2017 ).

Outro fator bem preocupante para o desenvolvimento da má postura é em crianças na fase de crescimento quando a coluna ainda é maleável. Através de maus hábitos posturais adotados por elas nessa fase, existe a possibilidade de acarretar problemas crônicos na vida adulta. (PACENKO *et al.*, 2016; OSHIRO, FERREIRA e COSTA, 2007). Na maioria dos casos transforma-se em hábitos, que, através de treinos e repetições pode se tornar subconsciente. No caso dos seres humanos quando adotado uma postura no seu cotidiano isso é automatizado pelo sistema Nervoso central, que só conseguimos modificá-los através de um processo reeducativo de orientação, consciência corporal e mudança de atitude (CARDIA *et al.*, 2006).

A má postura e hábitos adotados pelo ser humano pode gerar grande conseqüências a saúde. Estima-se que esse fator é uma das principais causas de problemas associados a coluna vertebral, onde os mesmos podem ser identificados como: Escoliose lombar, lordose, cifose, dores nas costas (lombalgia), dor cervical e artrose na coluna, além de afetar os movimentos dos membros, devido a tensão sofrida pelos músculos, podendo provocar o estresse sobre as estruturas do corpo através disso, provocando uma série de mudanças no centro da gravidade e conseqüentemente alterações posturais e dor (PINTO e LOPES, 2001; BENINI e KAROLCZAK, 2010). Os problemas posturais são diversos e podem ser determinados por



vários fatores, porém essa pesquisa irá apresentar o estudo da educação, reeducação postural e prevenção para uma boa postura.

### 2.2.3 Problemas Posturais

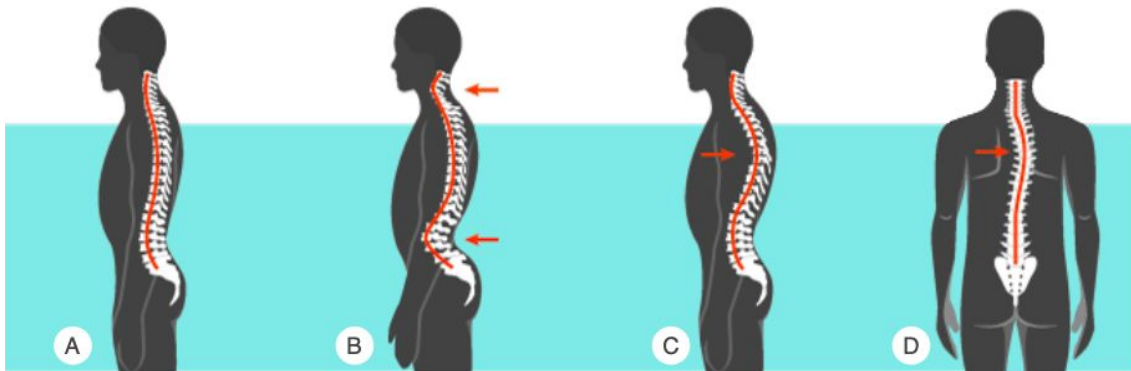
Em pesquisa realizada pelo OMS em 2018, foi constatado que pelo menos 80% da população mundial sofre de dores na coluna (SECAD, 2018), dores essas que podem ser ocasionadas por várias doenças que afetam a coluna vertebral. A lombalgia ou como é bem conhecida dor nas costas, na maioria das vezes se dar devido a má postura, inflamação ou até mesmo hérnia de disco, apresenta-se na região da lombar perto da bacia, sua dor pode ser ocasionada por diferentes causas (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2009).

[...] O problema é postural, isto é, causado por uma má posição para sentar, para se deitar, para se abaixar no chão ou para carregar algum objeto pesado. Outras vezes pode ser causada por inflamação, infecção, hérnia de disco, escorregamento de vértebra, artrose (processo degenerativo de uma articulação) e até emocional (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2009).

Outro problema que afeta a população e que pode está relacionada a posturas inadequadas é a dor cervical. Esse problema caracteriza-se por dores na região do pescoço podendo espalhar-se para os membros, muitas das vezes pode ser adquirido pela posição inadequada da coluna vertebral, seja na posição de deitar, se abaixar, levantar algum peso e entre outros (SOARES *et al.*, 2012).

A escoliose (Figura 5D) é uma doença que também pode ser causada pelo mau posicionamento da coluna vertebral. Segundo Moreira, Cornelian e Barbosa (2013) “essa doença atinge cerca de 1% a 2% da população global, sendo identificada principalmente nos adolescentes, além desse problema, outros podem ser causados em decorrência dela”.

**Figura 5:** Problemas Posturais, (A) Coluna Normal, (B) Lordose, (C) Cifose e (D) Escoliose.



Fonte: (FISIO JORDI SORIANO, 2019).

A escoliose pode provocar uma ou mais curvaturas patológicas da coluna vertebral, gerando desalinhamento no plano frontal do ser humano e altera as projeções verticais da carga gravitacional. Pode ser observado que uma pessoa que possui esse desvio provoca um lado corporal com curvatura côncava e o outro lado convexo sobre a coluna (MOREIRA, CORNELIAN e BARBOSA, 2013).

A cifose (Figura 5C) é uma doença postural que atingem a coluna vertebral, provocando aumento e a diminuição do plano sagital da região torácica. A cifose é uma deformidade que tem afetado pessoas principalmente na fase de crescimento, devido vários aspectos entre eles pode ser citado: psicológicos, tecnológicos, hábitos adquiridos e congênitos. Essas deformidades provocam articulações anatômicas, criando uma curvatura diferente nas costas do ser humano. As dores lombares podem está associadas a pessoas que tem essa doença (NASCIMENTO, 2014; BARBIERI *et al.*, 2014).

A lordose (Figura 5B) é uma doença que atinge a coluna vertebral causando danos às estruturas anatômicas dos indivíduos que apresenta essa doença, além de ficarem sujeitas a outras doenças, como por exemplo hérnia de disco quadros de algias agudas e crônicas e entre outras (MOREIRA, CORNELIAN e BARBOSA, 2013).

Lordose aumenta a curvatura tanto cervical quanto lombar. Isso está associado frequentemente com músculos abdominais enfraquecidos e inclinação pélvica anterior. São várias as causas que contribuem para essa doença como: deformidade vertebral congênita, fraqueza dos músculos abdominais, hábitos posturais inadequados e treinamento excessivo nos desportos que exigem hiperextensão lombar repetida. A região da lombar é muito importante para a coluna vertebral, pois esta assiste a manutenção da postura vertical. As

alterações nessa região provocam danos nos tecidos adjacentes às vértebras, resultando em redução de força dos músculos extensores, aumenta o risco de lesões nos ligamentos da coluna e entre outros, interferindo na mecânica da coluna vertebral (NASCIMENTO, 2014; CHRISTEN JUNIOR e NASSÁRIO, 2011).

### 2.2.3 Reeducação Postural

Na literatura podemos encontrar vários programas de reeducação postural para pessoas que tenham algum tipo de problema na postura, seja através de fisioterapia utilizando o método de Reeducação Postural Global (RPG), atividades físicas ou outras alternativas. Porém esse estudo científico busca a reeducação postural do usuário através do uso de um dispositivo vestível que fornecerá *feedback* tátil vibratório sempre que identificada uma postura corporal inadequada, possibilitando que aos poucos o indivíduo possa readquirir uma posição adequada da coluna vertebral, obedecendo às definições relatadas na literatura de postura corporal. A reeducação postural tem objetivo de colaborar para que o indivíduo possa ter uma postura adequada, orientando-o para que o mesmo possa desenvolver suas atividades diárias corretamente (NICOLINO, 2007).

## 2.3 PLATAFORMA ARDUINO

A plataforma *Arduino* foi desenvolvida em 2005 por uma equipe de desenvolvedores liderada por Massimo Banzi, criador do projeto. O *Arduino* é uma plataforma flexível, *Open Source Hardware* (OSHW), constituída de um microcontrolador central. A plataforma é baseada na linguagem *wiring* e o ambiente de desenvolvimento baseada em *processing*. À placa base, Arduino UNO é composta por 14 pinos de entrada e saída, 6 pinos de entradas analógicas, 6 pinos de saídas analógicas (ALMEIDA, 2015; FBS, 2019).

Nos dias atuais a placa *Arduino* é o principal conjunto de *hardware* e *software* de código aberto do mundo, oferecendo uma série de ferramentas e documentação que possibilita a qualquer pessoa com o mínimo ou nenhuma experiência anterior em eletrônica ou programação de microcontroladores, programá-la. O ambiente utilizado para desenvolvimento no *Arduino* é o *Arduino Integrated Development Environment* ou *Arduino Software* (IDE do

inglês Integrated Development Environment) é derivado do *Processing* e implementado em Java (ARDUINO, 2019a).

No decorrer dos anos o *Arduino* tem sido utilizado em milhares de projetos, desde objetos do cotidiano como também projetos científicos mais complexos sendo uma placa fundamental na aprendizagem de coisas novas (ARDUINO, 2019b).

Os fontes desenvolvidos para a plataforma *Arduino* são chamados *sketchs* e possuem duas funções principais, a função *setup()* e a função *loop()*. A função *setup()* será executada apenas uma vez após cada energização ou reinicialização da placa *Arduino* e é utilizada para inicializar variáveis, configurar o modo dos pinos, iniciar o uso de bibliotecas, entre outras coisas da placa. Logo após gerar a função *setup()* que é responsável por inicializar e definir os valores iniciais, a função *loop()* é executada continuamente permitindo que o programa escrito funcione dinamicamente. Ela é utilizada para controlar de forma ativa a placa *Arduino* (ARDUINO, 2019c).

### 2.3.1 LilyPad Arduino

Segundo *Arduino* (2019c), o *LilyPad Arduino* é um *hardware* de código livre, foi projetado e desenvolvido por Leah Buechley e SparkFun Electronics especificamente para projetos *e-textiles wearables*, permitindo que desenvolvedores de projetos possam costurar através de linhas condutoras a fontes de alimentação nos tecidos e em sensores, atuadores e entre outros. O *LilyPad* possui 9 pinos para entrada e saída, além de um conector JST e um circuito para carregamento de baterias integrado na placa. Sua placa é baseada no ATmega328P.

O *LilyPad* permite que o desenvolvedor ligue e desligue a placa através de um interruptor de bordo. Apartir do momento em que a placa passa a ser alimentada por uma bateria para que a placa possa ser acionada e desligada é necessário o controle através do botão de bordo onde *ON* liga e *OFF* desliga a placa. Já quando a alimentação é através de um adaptador FTDI o *LilyPad* permanece ligado o tempo todo (Arduino, 2019c).

Para se usar uma fonte de alimentação externa no *LilyPad* ela deve fornecer uma tensão entre 2,7V e 5,5V. Ele foi projetado com o uso das baterias de polímero de lítio de 3,7 volts que permite que seja conectada diretamente ao conector JST. A placa possui um *chip* de

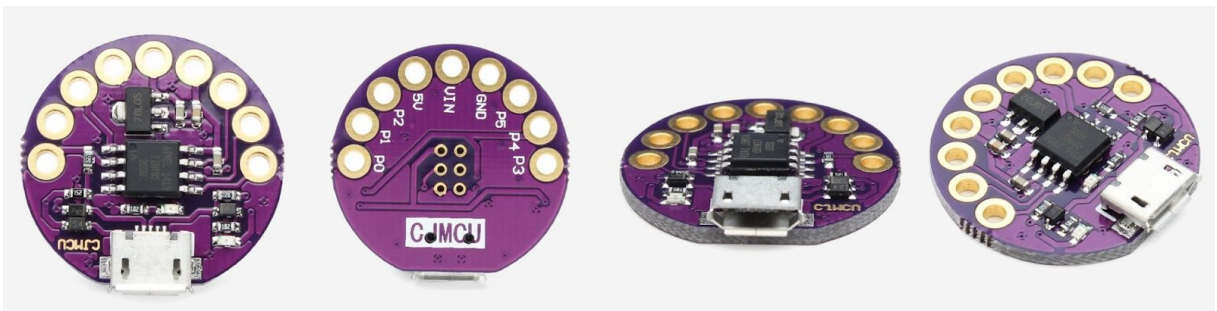
carregamento de bateria o MCP73831 LiPo. Esse chip permite que a bateria carregue enquanto a placa estiver conectada a uma conexão FTDI. Quando a bateria está sendo carregada o LED adjacente ao interruptor fica aceso (Arduino, 2019c).

Para programar o *LilyPad* simples, é necessário um adaptador compatível com FTDI, pois ele não possui um adaptador USB serial ou conector serial. Ele pode ser programado com o *Arduino Software* IDE (Arduino, 2019d) que é o *software* utilizado para programar as placas *Arduino*. Cada um dos pinos de E/S digitais do *LilyPad* pode ser usado como entrada ou saída, utilizando as funções *pinMode()*, *digitalWrite()* e *digitalRead()*. Operando em uma voltagem de 5V. Os pinos podem receber no máximo 40mA e possui um resistor de *pull-up* interno de 20KOhms (Arduino, 2019c).

### 2.3.2 Lilytiny CJMCU

Inicialmente no desenvolvimento do dispositivo proposto, foi utilizada a placa *Lilytiny CJMCU* (Figura 6) para o desenvolvimento da versão 1.0 do iVert (dispositivo proposto). A placa *Lilytiny CLMCU* é uma placa baseada no *LilyPad Arduino*, utiliza um microcontrolador ATTINY85 e é voltada para projetos de computadores vestíveis. Optamos por utilizá-la pois é uma opção de baixo custo, baixo consumo de energia e dimensões reduzidas, pensado para ser utilizado em projetos de dispositivos vestíveis, ideal para ser utilizada em um dispositivo que será afixado no corpo do usuário.

**Figura 6:** Placa *Lilytiny CJMCU*.



**Fonte:** (ROBO HELP, 2017).

A placa possui 6 pinos de entrada/saída, sua tensão de operação é de 5V e pode ser programada utilizando a IDE do *Arduino*. A alimentação pode ser feita via USB ou por fontes

e baterias. As especificações incluem ainda uma memória *flash* de 8KB, EEPROM de 512 *bytes*, SRAM de 512 *bytes* e suas dimensões são de 25 x 5mm (ROBO HELP, 2017).

### 2.3.3 Arduino Nano R3

Para este estudo, o *Arduino Nano R3* foi selecionado como plataforma para o desenvolvimento da versão 2.0 do iVert, visto que a plataforma *Lilytiny CJMCU* utilizada inicialmente demonstrou algumas limitações quanto à quantidade reduzida de pinos disponíveis, o que impossibilitaria em trabalhos futuros a adição de módulos *wifi* ou *bluetooth* para comunicação com dispositivos externos, bem como adição de atuadores para fornecimento de outros tipos de *feedback*, o que nos levou a substituí-lo na versão 2.0 pelo *Arduino Nano*.

De acordo com *Arduino* (2019a), o *Arduino Nano* é uma placa microcontroladora baseada no ATmega328P, pequena, leve e fácil de usar. Possui 14 pinos digitais que podem ser usados como entrada ou saída por meio das funções *digitalRead()*, *digitalWrite()* e *pinMode()* e 8 entradas analógicas. Os pinos do *Arduino Nano* operam com tensão de 5V e cada pino pode receber ou fornecer no máximo 40mA de corrente. Possui ainda várias facilidades para comunicação com um computador, outro *Arduino* ou outros microcontroladores (ARDUINO, 2019a).

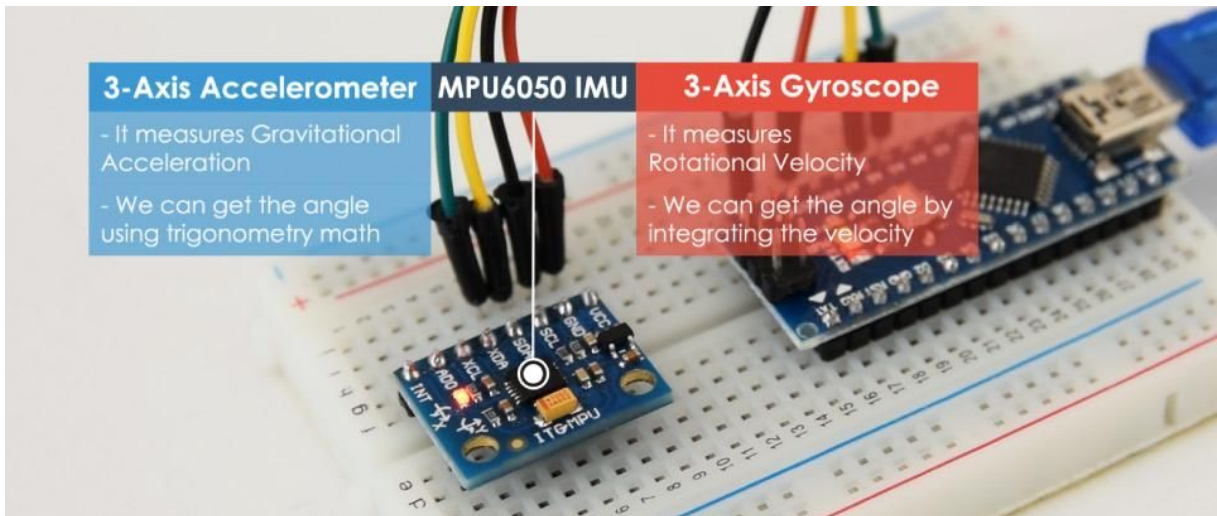
## 2.4 ACELERÔMETRO E GIROSCÓPIO MPU6050 - Placa GY-521

Para desenvolvimento do protótipo foi utilizado um módulo sensor Gy-521 MPU-6050 (Figura 7) que possui o sensor MPU-6050. Os MPU-6050 foram os primeiros dispositivos *MotionTracking* projetados para requisitos de baixo custo de energia e alto desempenho. O mesmo contém um acelerômetro e um giroscópio em um único *chip*, possui 6 eixos de saída sendo 3 para o acelerômetro e 3 para o giroscópio, além de conter 16 pinos analógicos e um processador DMP (*Digital motion Processor*) responsável pelos cálculos do sensor (TDK, 2019; GODOY e HASHINAGA, 2017).

O sensor giroscópio pode monitorar a orientação, direção, movimento angular e rotação de dispositivos, sendo bastante importante para a medição de variações na orientação

e a inclinação do dispositivo (GODOY e HASHINAGA, 2017). O giroscópio quando acoplado em uma placa de circuito integrada recebe o nome de GY-521, a qual foi utilizada no desenvolvimento do dispositivo através dele é possível capturar os sinais de três canais ao mesmo tempo denominado respectivamente X, Y e Z (JUNIOR e SILVIA, 2014).

**Figura 7:** Módulo sensor GY-521 MPU6050.



**Fonte:** (DJAN, 2019).

Na (Figura 7) pode ser observado todos os pinos do GY-521 MPU6050, o pino VCC é responsável por fornecer energia para o módulo que pode ser entre + 3V a + 5V, o pino GND é conectado ao terra do sistema, SCL e SDA usado para fornecer comunicação I2C e usado para transferir dados através da comunicação I2C respectivamente, XDA e XCL seriais auxiliares, ADO é utilizado caso contenha mais de um MPU6050, pois esse pino poderá ser usado para variar o endereço e o INT que indica que os dados estão disponíveis para a leitura do MCU (COMPONENTS101, 2019).

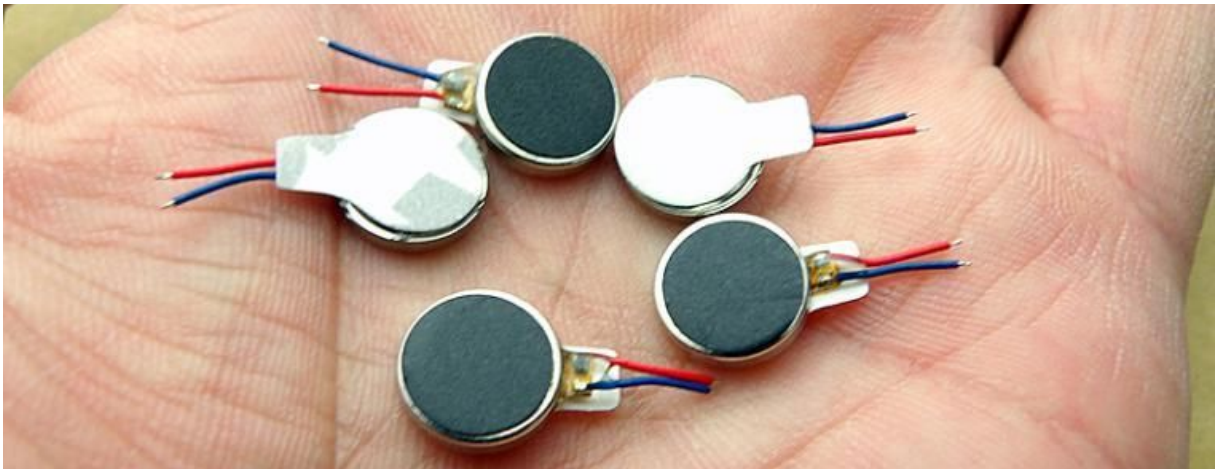
A placa também possui um regulador de tensão, porque ao utilizar 3.3V para VCC (diferença de potencial que se aplica um ponto), a tensão resultante pode ser baixa, o que pode provocar um mau desempenho do I2C-bus. É preferível aplicar 5V para o pino VCC da placa de sensores, pois a placa possui resistores *pull-up* no I2C-bus (JUNIOR, SILVIA, 2014). O sensor é baseado na tecnologia MEMS (*Micro-Electro-Mechanical Systems*), possui um intervalo de  $\pm 250^\circ/s$ ,  $\pm 500^\circ/s$ ,  $\pm 1000^\circ/s$  e  $\pm 2000^\circ/s$  para o giroscópio é de  $\pm 2g$ ,  $\pm 4g$ ,  $\pm 8g$  e  $\pm 16g$  para o acelerômetro, que pode ser programado pelo usuário dentro desse intervalo de

escala, através disso sendo possível a detecção de movimentos rápidos ou lentos captados pelo sensor (TDK, 2019).

## 2.5 MICRO MOTOR VIBRACALL

Foi utilizado no protótipo o micro motor vibrador *vibracall*, o mesmo utilizado em celulares para vibração. Trata-se de um dispositivo bastante simples, totalmente portátil e de baixo custo, esse dispositivo quando acionado gera uma vibração mecânica que dá-se devido ao círculo em metal que o mesmo possui e sua ponta em formato de meia lua, que ao receber um pulso elétrico gira fazendo-o vibrar, é utilizado em aplicações onde precisa-se de um *feedback* tátil. Na Figura 8 pode-se observar o dispositivo *vibracall* utilizado no protótipo desenvolvido (CAMARGO, 2008; NATALMAKERS, 2019).

**Figura 8:** *Micro Motor Vibracall.*



**Fonte:** (ALIEXPRESS, 2019).

Esse motor possui uma superfície achatada, circular e adesiva que permite o encaixe em aplicações *wearables*. O *vibracall* possui um diâmetro de 10mm e altura de 2,7mm, trabalha sobre tensão de funcionamento de 3V e corrente de funcionamento de 58mA em 3V, pode-se destacar como grande vantagem suas características de volume e peso reduzidos, como também o baixo consumo de energia (CAMARGO, 2008; NATALMAKERS, 2019).



## 2.6 BUZZER

O *buzzer* (Figura 9) é um componente eletrônico que recebe uma fonte de energia e através dela emite uma frequência sonora, esse componente é utilizado em projetos que precisam emitir efeito sonoros. O *buzzer* contém um circuito oscilador embutido que é responsável por emitir um *beep* contínuo. Esse componente possui tensão de operação de 4V a 8V, corrente de operação de 30mA, saída de som mínima 85dB e frequência de ressonância de  $2300\pm 300$  Hz (FELIPEFLOP, 2019).

**Figura 9:** Buzzer Ativo.



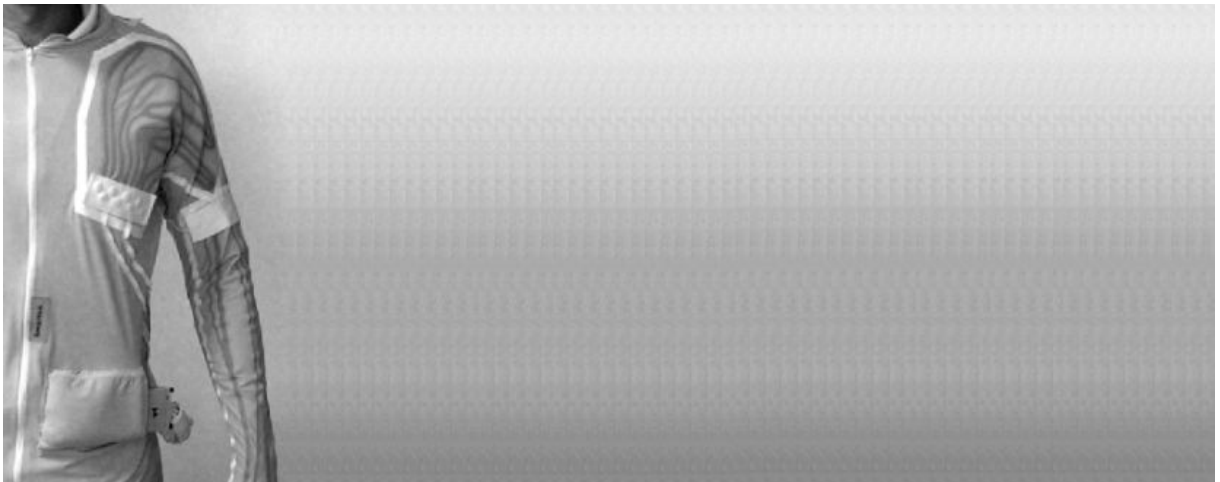
Fonte: (EMAX, 2019).

### 3 TRABALHOS RELACIONADOS

*Wearables technologies* já são uma realidade na área da saúde para diversos tipos de aplicação, inclusive para o controle do usuário sobre sua própria saúde, através do monitoramento de dados emitidos pelo corpo humano. A pesquisa desenvolvida por Lorrusi *et al.* (2004), realizou testes com sensores *Strain Gauge* para a representação computacional da posição do braço, mão e joelho dos indivíduos. A pesquisa obteve sucesso em reconstruir os movimentos realizados em computador com erros menores do que 8% na posição detectada.

Um trabalho realizado por Giorgino *et al.* (2009) utilizou uma camiseta com sensores de tensão *Strain Gauge* para o acompanhamento da reabilitação neurológica de pacientes em fases avançadas de recuperação, na qual o paciente não necessita mais da presença física de um profissional da área, mas que precisa praticar exercícios para a reabilitação motora. O protótipo contém 19 segmentos de sensores distribuídos pelo braço, antebraço e ombro do lado direito ou esquerdo, dependendo do lado em que o paciente está se recuperando. Na Figura 10 pode-se verificar o dispositivo desenvolvido.

**Figura 10:** Camiseta para reabilitação neurológica.



**Fonte:** (Giorgino *et al.*, 2009).

Um trabalho desenvolvido por Merlim (2012) apresenta um estudo de baixo custo para detecção de quedas, que tem como objetivo identificar e alertar sobre a ocorrência de uma queda sem qualquer intervenção humana, possibilitando que a ajuda ao idoso caído possa chegar o quanto antes. Todo o sistema possui comunicação sem fio, via *Bluetooth*, de modo a não limitar as ações cotidianas do usuário. Na primeira etapa do trabalho foi desenvolvido o

*Firmware* para o módulo sensor utilizado, que contém um acelerômetro 3D e módulo de comunicação via *Bluetooth*. Foi implementada também uma interface para o usuário, no qual é possível visualizar a situação do paciente.

O trabalho de Nascimento (2014) descreve o desenvolvimento de uma vestimenta que suporta um dispositivo eletrônico portátil que tem o objetivo de auxiliar no diagnóstico e na correção postural, com base nas medições das curvaturas fisiológicas da coluna vertebral, com objetivo de proporcionar a reeducação postural. O aparelho é alimentado por uma bateria, possui sensores triaxiais conectados a um microprocessador, um *Firmware* dedicado ao processamento dos sinais dos sensores e envio através de um módulo *Bluetooth* para um computador e um *Software* que permite a visualização e armazenamento dos ângulos de curvaturas da coluna vertebral. Na Figura 11 observa-se o dispositivo desenvolvido pelo autor.

**Figura 11:** Dispositivo para auxiliar no diagnóstico e na correção postural.



Fonte: (NASCIMENTO, 2014).

O trabalho de Farias (2017), descreve o desenvolvimento de um *wearable* no qual o objetivo é monitorar os movimentos da coluna a fim de auxiliar pesquisas relacionadas a patologias referentes a coluna vertebral. O dispositivo coleta, armazena e exibe os dados coletados, caso o usuário deseje. Através de um colete com sensores e um aplicativo para *Smartphone* onde são apresentadas todas as informações para o usuário. Para aquisição dos dados de posicionamento da coluna, foram utilizados os sensores *Strain Gauge* e Acelerômetro. Para aquisição de ângulos de flexão da coluna, foi utilizado o sensor MPU-6050, para a transmissão de dados entre o *wearable* e o *smartphone* foram considerados os protocolos de comunicação IEEE 802.11, IEEE 802.15.1 e IEEE 802.15.4. Na Figura 12 pode-se observar o colete desenvolvido por farias para o auxílio da correção da coluna vertebral.

**Figura 12:** Colete para auxiliar na correção da coluna vertebral.



**Fonte:** (Farias 2017).

Os trabalhos acima expostos apresentam *wearables technologies* com aplicações na área da saúde, que trazem soluções para problemas como reabilitações de lesões, monitoramento de quedas, monitoramentos de posturas da coluna vertebral, além de membros superiores humanos. Neste trabalho foi desenvolvido um dispositivo leve, pequeno e móvel, que possa ser fixado no usuário e que indique o *status* de postura inadequada através de *feedback* tátil vibratório e visual. Para isso, foi utilizado como microcontroladores o *Lilytiny CJMCU* para versão 1.0 do dispositivo e o *Arduino Nano V3* para versão final (versão 2.0), um módulo sensor GY-521 MPU6050 para coletar os valores da posição da coluna, um *vibracall* para *feedback* tátil vibratório, um *buzzer* para *feedback* auditivo e um LED RGB para *feedback* visual.

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 O iVERT

O iVert é um dispositivo vestível, cujo o protótipo foi desenvolvido com o objetivo de auxiliar na reeducação postural de indivíduos que possuem problemas de má postura. O iVert fornecerá um *feedback* tátil vibratório sempre que identificado que o usuário encontra-se em uma postura corporal considerada inadequada.

Para utilização, inicialmente o dispositivo deve ser fixado na parte superior das costas, entre os membros superiores, na região torácica do indivíduo (Figura 13A), após fixado o usuário deverá posicionar corretamente a postura e ligar o dispositivo, no momento em que o aparelho for ligado, será fornecido um *beep* indicativo de calibração e o LED indicativo permanecerá na cor azul (Figura 13B) até que a calibração finalize. A calibração coletará os valores da posição adequada da coluna, nesse momento é extremamente importante que o usuário se mantenha imóvel durante o processo de calibração, que dura em torno de cinco segundos, um *beep* duplo e o LED indicativo na cor verde indicará o fim da calibração (Figura 13C). Com a posição padrão identificada (Figura 13D), o iVerte será capaz de identificar posturas consideradas incorretas, caso em que o LED indicativo permanecerá vermelho e o iVert fornecerá *feedback* tátil vibratório constante até que o usuário volte a assumir uma postura adequada, caso em que o LED permanece verde o *feedback* é interrompido.

**Figura 13:** Passo a passo para a utilização do iVert.



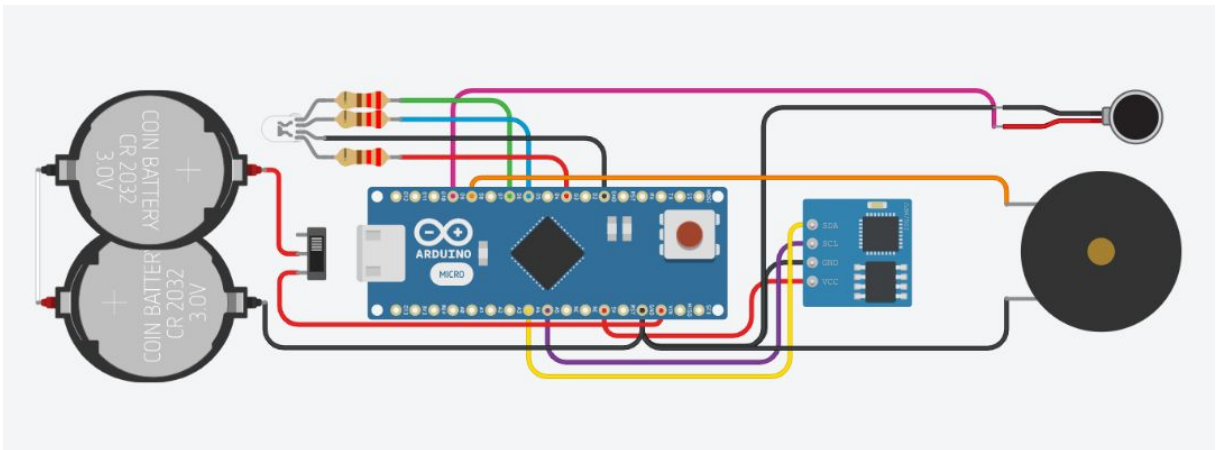
Fonte: (PRÓPRIA, 2019).

O desenvolvimento do *iVert* foi dividido em duas etapas, a montagem dos componentes eletrônicos que compõem o *hardware* e o desenvolvimento do *firmware* do dispositivo. A etapa de montagem do *hardware* e o desenvolvimento do *firmware* da versão 2.0 é descrita nas seções 4.1.1 e 4.1.2 respectivamente.

#### 4.1.1 Hardware: *iVert v2.0*

O *hardware* básico do dispositivo, consiste em uma placa de prototipagem eletrônica *Arduino Nano REV3* que possui um microcontrolador ATmega328P e tensão de operação de 5V, um módulo sensor acelerômetro e giroscópio GY-521 MPU6050, duas pilhas Panasonic (CR2032) *lithium* de 3V conectadas em série, um micro motor *vibracall* com tensão de funcionamento de 2,5V a 4V e velocidade de vibração de 9000 rotações por minuto (RPM), um LED RGB de alto brilho, três resistores de 220Ohms, um *buzzer* ativo, uma chave liga-desliga *LilyPad* e um case de acrílico reciclada (embalagem gillette mach 3 sensitive - 4 unidades). A representação do circuito é apresentada na Figura 14.

**Figura 14:** Representação dos componentes e circuito do *iVert v2.0*.



Fonte: (PRÓPRIA, 2019).

Os pinos VCC, GND, SCL e SDA, do módulo GY-521 MPU6050 foram conectados aos pinos 5V, GND, A5 e A4 do *Arduino* respectivamente. Os polos positivos do micro motor *vibracall* e do *buzzer* foram conectados às portas D9 e D8 respectivamente, já os polos negativos foram conectados ao GND do *Arduino*. Os terminais vermelho, verde e azul do LED RGB foram conectados aos pinos D3, D6 e D5, mas não diretamente, já que à tensão

padrão fornecida pelas portas do *Arduino* é 5V e o LED utilizado suporta tensões entre 2V e 3,2V, foi necessário utilizar resistores de 220Ohms para obter uma tensão suportada pelos LEDs. O terminal negativo foi conectado ao GND. O circuito foi alimentado por duas pilhas botões de 3V conectadas em série, resultando em uma fonte de alimentação de 6V.

#### 4.1.1 Software: *iVert v2.0*

A seguir, é apresentado os principais trechos do código escritos para o dispositivo. A Figura 15 apresenta o trecho de código referente a função *setup()*. Os pinos D9 (*VIBRACALL\_PIN*), D8 (*BUZZER\_PIN*), D3 (*LED\_RGB\_VERMELHO\_PIN*), D5 (*LED\_RGB\_AZUL\_PIN*) e D6 (*LED\_RGB\_VERDE\_PIN*) são definidos como saídas digitais através das chamadas *pinMode(VIBRACALL\_PIN, OUTPUT)*, *pinMode(BUZZER\_PIN, OUTPUT)*, *pinMode(LED\_RGB\_AZUL\_PIN, OUTPUT)*, *pinMode(LED\_RGB\_VERDE\_PIN, OUTPUT)* e *pinMode(LED\_RGB\_VERMELHO\_PIN, OUTPUT)*. *Serial.begin(9600)* inicializa a porta serial para transmissão de dados com taxa de transferência de 9600bps.

**Figura 15:** Trecho de código referente a função *setup()* do *iVert v2.0*.

```
pinMode(VIBRACALL_PIN, OUTPUT);
pinMode(BUZZER_PIN, OUTPUT);
pinMode(LED_RGB_AZUL_PIN, OUTPUT);
pinMode(LED_RGB_VERDE_PIN, OUTPUT);
pinMode(LED_RGB_VERMELHO_PIN, OUTPUT);

Serial.begin(9600);
```

Fonte: (PRÓPRIA, 2019).

Na Figura 16 é exibido o trecho referente a função *loop()*. Inicialmente *mpu6050.update()* atualiza os dados dos sensores do módulo MPU6050 e em seguida é atribuído às variáveis *angulo\_x\_atual* e *angulo\_y\_atual* as informações correspondentes as angulações do eixo x e y da postura atual do usuário.

**Figura 16:** Trecho de código referente a atualização de dados do *iVert v2.0*.

```
mpu6050.update();

angulo_x_atual = mpu6050.getAngleX();
angulo_y_atual = mpu6050.getAngleY();
angulo_z_atual = mpu6050.getAngleZ();
```

Fonte: (PRÓPRIA, 2019).

Neste ponto (Figura 17), as informações de angulação atuais são comparadas com as informações de angulação da postura padrão do usuário (obtidas durante a calibração) e será fornecido *feedback* caso o usuário encontre-se com um desvio frontal, superior ao limite adequado (*DESVIO\_Y\_MAX*), nesse caso o LED vermelho será acionado e o *vibracall* vibrará com uma intensidade proporcional à angulação atual obtida, quanto maior for o desvio, mais intensa será a vibração. O mesmo acontecerá quando o usuário encontrar-se com um desvio posterior ou lateral. A intensidade proporcional da vibração foi feita através da função *map* que realiza uma operação de pr

**Figura 17:** Trecho de código referente a *feedback* de dados do *iVert v2.0*.

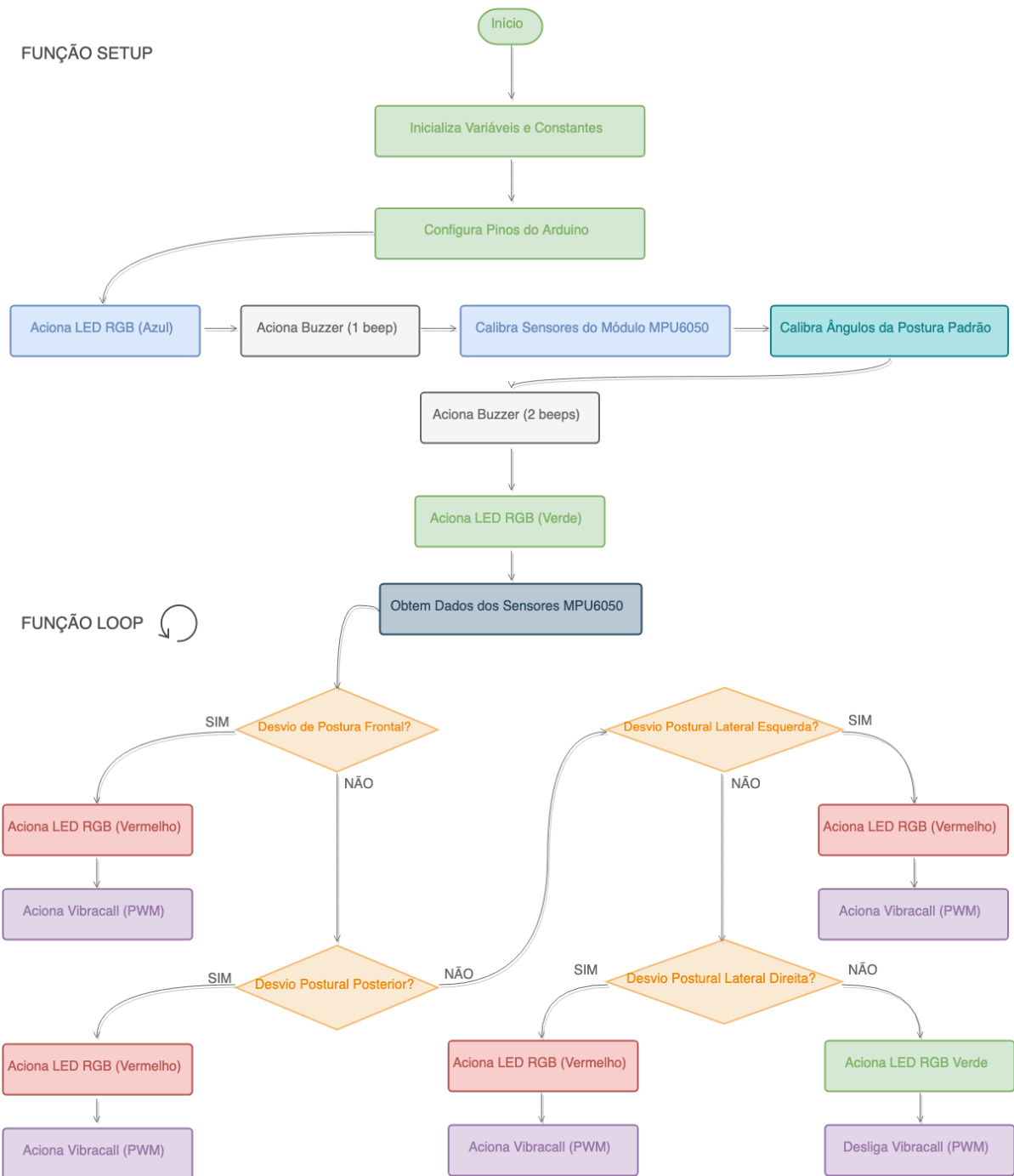
```
if(angulo_y_atual > angulo_y_inicial + DESVIO_Y_MAX) {
  pwm = map(angulo_y_atual, 0, 90, 100, 200);
  Serial.print("Δ DESVIO PARA FRENTE: ");
  Serial.print(angulo_y_atual);
  Serial.print("° ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ \n");
  // LED VERMELHO
  analogWrite(LED_RGB_VERMELHO_PIN, 255);
  analogWrite(LED_RGB_VERDE_PIN, 0);
  analogWrite(LED_RGB_AZUL_PIN, 0);
  // VIBRACALL
  analogWrite(VIBRACALL_PIN, pwm);
```

Fonte: (PRÓPRIA, 2019).

Após a escrita, o *sketch* foi verificado, compilado e o código gerado gravado no *chip* controlador do *Arduino*. Os ambientes de desenvolvimento utilizados para essa tarefa foi o *Arduino Software* (IDE) e o editor de texto *VSCode*. O *VSCode* facilita a escrita do *sketch* e o *Arduino Software* (IDE) o *upload* do código para o microcontrolador do *arduino*. A Figura 18 exibe o fluxograma do *sketch*.



**Figura 18:** Fluxograma do sketch iVert v2.0.



**Fonte:** (PRÓPRIA, 2019).

#### 4.1.1.1 Bibliotecas Utilizadas: *iVert* v2.0

O *iVert* fez uso de duas bibliotecas importantes para obtenção dos dados dos sensores do módulo GY-521 MPU6050, a biblioteca *Wire.h* e a biblioteca *MPU6050\_tockn.h*. A biblioteca *Wire.h* já é instalada por padrão no ambiente *Arduino*, bastando importá-la no *sketch*, já a *MPU6050\_tockn.h* precisa ser instalada antes de poder ser utilizada.

#### **BIBLIOTECA WIRE.H**

Essa biblioteca permite comunicação com dispositivos I2C. Nas placas *Arduino* com o layout R3 (pinagem 1.0), o SDA (linha de dados) e o SCL (linha do relógio) estão nos cabeçalhos dos pinos próximos ao pino AREF. No *Arduino Nano* os pinos I2C estão localizados nos pinos analógicos A4 (SDA) e A5 (SCL) (ARDUINO, 2019a). *Wire.h* é pré-requisito para utilização da biblioteca *MPU6050\_tockn*.

#### **BIBLIOTECA MPU6050\_TOCKN.H**

Essa biblioteca facilita a comunicação com o MPU6050, fornecendo dados de aceleração, giroscópio e angulação de forma simples e descomplicada, tornando o código mais limpo e fácil de manter, além de utilizar filtros complementares para diminuir ruídos do giroscópio e acelerômetro e proporcionando uma melhor precisão. Os filtros complementares gerenciam filtros passa-alta e passa-baixa simultaneamente. O filtro passa-baixa filtra os sinais de alta frequência do acelerômetro no caso de vibração e o filtro passa-baixa filtra os sinais de baixa frequência, em caso de deriva do giroscópio. Com a combinação desses filtros é possível obter um bom sinal dos sensores sem as complicações do filtro *Kalman*, uma outra alternativa, porém bem mais complexo de ser implementado.

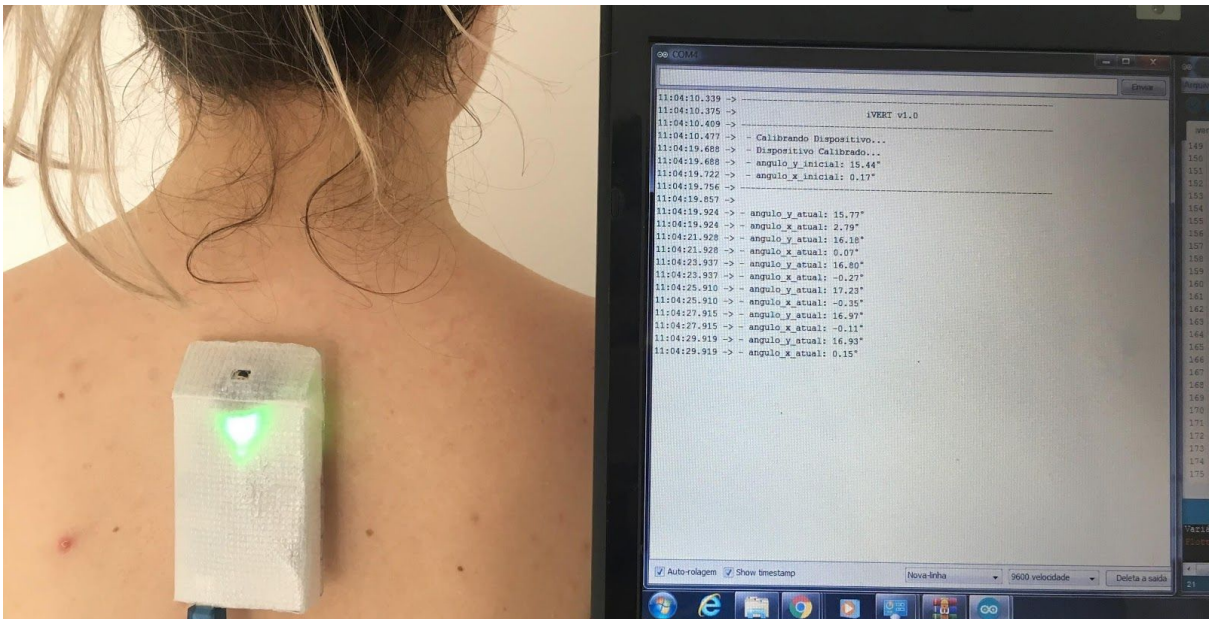
Para instalar o *MPU6050\_tockn* no *Arduino IDE*, é possível usar o gerenciador de bibliotecas da IDE. Basta abrir o IDE e clique no menu *sketch* e em seguida, incluir Biblioteca > gerenciar bibliotecas, procurar por "*MPU6050\_tockn*" e clicar para instalar. Maiores informações e documentação estão disponíveis no endereço: [https://github.com/tockn/MPU6050\\_tockn](https://github.com/tockn/MPU6050_tockn).

## 5 EXPERIMENTOS E RESULTADOS

### 5.1 EXPERIMENTO 1: TESTANDO O DISPOSITIVO

No primeiro teste realizado para validação, primeiramente o dispositivo foi fixado nas costas logo abaixo da região cervical, na parte superior da região torácica, depois foi ligado pela fonte de energia do computador, para que os valores coletados pudessem ser analisados no serial monitor da IDE do arduino. Após ligar o dispositivo, começou o processo de calibração processo esse que utiliza um tempo de 5 segundos para ser concluído e tem a finalidade de coletar os dados da posição inicial da postura, os dados coletados após a calibração podem ser observado na Figura 19.

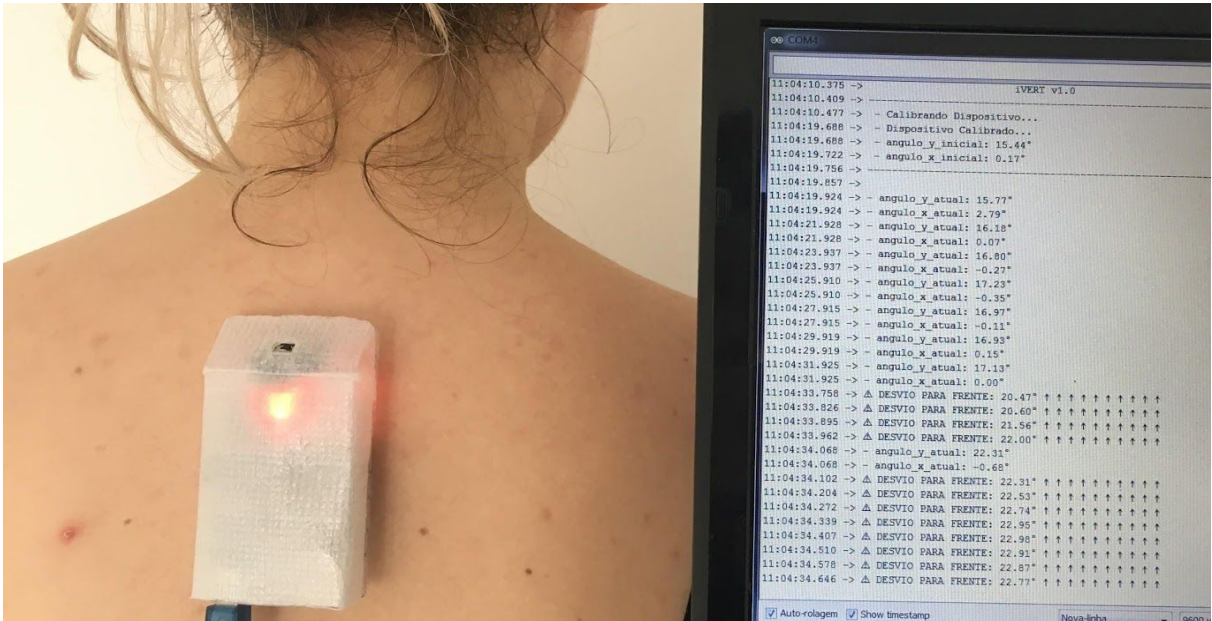
**Figura 19:** Teste com o dispositivo e dados sendo apresentados no serial monitor.



Fonte: (PRÓPRIA,2019).

Inicialmente o teste consistiu em uma inclinação frontal como mostrado na Figura 20, para um teste com foco no desvio frontal e verificação do dispositivo. Neste teste, as funcionalidades do dispositivo vestível foram atendidas com esperado e o usuário foi alertado através do feedback tátil. No serial monitor pode ser observado as informações coletadas e o aviso de desvio frontal.

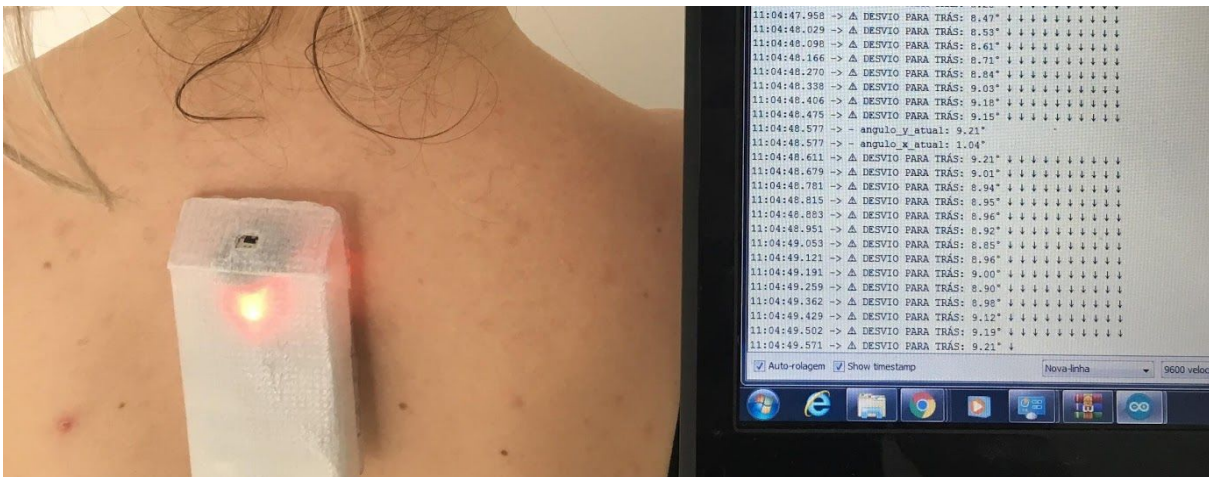
**Figura 20:** Alerta de desvio Frontal.



fonte: (PRÓPRIA, 2019).

Logo depois do teste do desvio lateral foi feito um teste em que a posição da coluna estava inclinada para trás, esse teste consistiu em um desvio posterior para verificar a funcionalidade do dispositivo como mostrado na Figura 21. Neste teste, as funcionalidades do dispositivo vestível foram atendidas com esperado e o usuário foi alertado através do feedback tátil. No serial monitor pode ser observado as informações coletadas e o aviso de desvio posterior.

**Figura 21:** Alerta de desvio posterior.



Fonte: (PRÓPRIA, 2019).

Depois do teste feito com o desvio frontal foi realizado o teste de desvio lateral para esquerda, onde também foi comprovado a funcionalidade do dispositivo para esse tipo de desvio. Na Figura 22 pode ser observado o teste realizado, situação em que o usuário foi alertado através do feedback tátil a má postura e as informações de desvio lateral esquerdo no serial monitor.

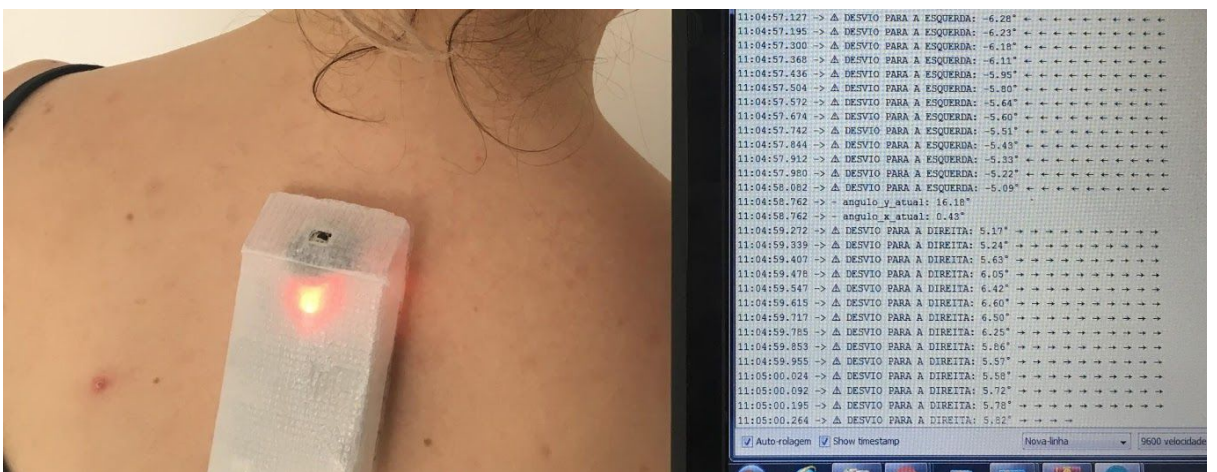
**Figura 22:** Alerta de desvio lateral esquerdo.



Fonte: (PRÓPRIA, 2019).

Após o teste realizado para o desvio lateral esquerdo, foi realizado o teste para o desvio lateral direito, onde também foi possível verificar a funcionalidade do dispositivo. Na Figura 23 foi possível observar a detecção do desvio lateral direito, como também os dados sendo mostrados no monitor serial.

**Figura 23:** Alerta de desvio lateral direito.



**Fonte:** (PRÓPRIA, 2019).

O iVert foi testado por aproximadamente 3 minutos após sua calibração, verificando a funcionalidade do retorno ao usuário, através de testes assumindo posições da postura inadequada, foram elas: desvio frontal (Figura 20), posterior (Figura 21), lateral esquerdo 22 e lateral direito 23. Verificou-se que o usuário recebeu o alerta através do um feedback tátil, no decorrer dos testes realizados pode ser verificado a validação do dispositivo.

## 5.2 EXPERIMENTO 2: TESTANDO O DISPOSITIVO

O segundo teste foi realizado com a fonte de alimentação que foram selecionadas para colocar no dispositivo, duas pilhas Panasonic (CR2032) lithium de 3V conectadas em série, que totalizou 6V. O processo de validação inicial foi o mesmo descrito na seção 5.1, porém o único diferencial foi os dados que não pode ser visualizado, como foi o caso do primeiro teste. Testes (Figura 24) com as posições da coluna inadequadas foram eles: Desvio frontal, lateral esquerdo, lateral direito e posterior, situação em que foi possível validar o funcionamento do dispositivo, resultando também em um feedback tátil vibratório para o usuário.

**Figura 24:** Sequência de posições da postura.



**Fonte:** (PRÓPRIA, 2019).

### 5.3 CONCLUSÕES SOBRE OS EXPERIMENTOS

Com os testes realizados com o dispositivo, foi possível verificar a sua funcionalidade, atendendo ao esperado quanto ao alerta para a postura inadequada, e possibilitando que o usuário possa voltar a postura correta, porém para um dispositivo ainda melhor é necessário a implementação de outras funções, como: identificar e assim o feedback tátil não ser acionado quando o usuário está se abaixando para pegar algo, quando o mesmo estiver deitado e também a criação de um aplicativo para uso integrado com o dispositivo. Mas a proposta principal do dispositivo que foi de informar quando usuário estivesse com a má postura, foi atendida.

## 6 CONCLUSÕES

Como exposto na fundamentação teórica, já é possível observar a presença da tecnologia em quase todas as áreas que permeiam a vida cotidiana, inclusive na moda, em acessórios e no vestuário, tecnologias essas que são denominados tecnologias vestíveis. Essas tecnologias hoje já podem ser encontradas principalmente na área da saúde, diante de tantos problemas de saúde diagnosticados no ser humano um bastante comum nos dias atuais é a má postura corporal. Com interesse em contribuir para solução desse problema, foi desenvolvido um protótipo de um dispositivo vestível iVert para alertar quando o usuário estiver com uma postura inadequada, através de um feedback tátil vibratório, porém para o desenvolvimento do dispositivo foi necessário uma fundamentação teórica sobre: *wearables technologies* na área da saúde, especificamente da coluna vertebral, conceitos de eletrônica, conceitos e anatomia da coluna vertebral, conceitos de problemas posturais e postura corporal, além de teste desenvolvidos para verificar a funcionalidade do dispositivo.

Foi então definidos três objetivos específicos para desenvolvimento do protótipo específicos: o primeiro, estudo dos *wearables technologies* na área da saúde, especificamente da coluna vertebral, conceitos de eletrônica, conceitos, anatomia da coluna vertebral, conceitos de problemas posturais e postura corporal que compôs todo o capítulo 2 do referencial teórico para dar base a pesquisa científica, o segundo foi o desenvolvimento de hardware que está descrito detalhadamente na seção 4.1.1 de materiais e métodos, e o terceiro foi o desenvolvimento de software que também está descrito detalhadamente na seção 4.1.2 de materiais e métodos.

A plataforma *Lilytiny CJMCU* utilizada na versão 1.0 do iVert demonstrou boa capacidade de processamento e baixo consumo de energia para o sistema proposto, além de ser leve e possuir tamanho reduzidos, no entanto a quantidade reduzida de pinos impossibilitaria em trabalhos futuros a adição de módulos *wifi* ou *bluetooth* para comunicação com dispositivos externos, bem como adição de atuadores para fornecimento de outros tipos de *feedback*, visual por exemplo, o que nos levou a substituí-lo na versão 2.0 do dispositivo utilizando a plataforma Arduino Nano R3. Já a plataforma arduino nano utilizado na versão 2.0, além de ter demonstrado boa capacidade de processamento, baixo consumo, ser leve e também possuir tamanho reduzido, contém um número maior de portas em relação a



plataforma Lilytini, possibilitando que em trabalhos futuros possam ser adicionados outros tipos de atuadores, ocasionando nele para a versão final do dispositivo. O módulo sensor MPU6050 utilizado para coletar os dados da postura corporal através do giroscópio e acelerômetro foi suficiente, porém foi utilizado filtros complementares para diminuição dos ruídos, gerando uma melhor otimização ao sistema.

Através dos testes realizados foi possível validar a funcionalidade do dispositivo, que o objetivo principal foi informar ao usuário quando a postura corporal estivesse inadequada, possibilitando a corrija. Apesar de atender o requisito principal, ao longo do desenvolvimento foram encontrados necessidades para melhoramento e aperfeiçoamento do dispositivo.

Pretende-se em trabalhos futuros à implementação de algumas melhorias como o à adição de um módulo *bluetooth* ou *wifi* para comunicação sem fios com dispositivos móveis e o desenvolvimento de um aplicativo que permita ao usuário monitorar os dados coletados da coluna, com tempo em que o mesmo ficou com a coluna inadequada, quantidade de vezes, mostrar a posição da coluna em tempo real e entre outros. Isso possibilitaria o acompanhamento da evolução do usuário ao longo do tempo. Como também a implementação de outras funcionalidades que possa a vir melhorar o dispositivo, como à persistência dos dados na nuvem, possibilitando o acompanhamento médico de forma remota e em tempo real.

Pretende-se também a substituição das pilhas por uma bateria recarregável, que possibilitasse ao usuário recarregar o dispositivo sempre que necessário, visto que seria melhor tanto para o desempenho quanto para o usuário. Bem como a substituição do case por uma de modelo mais adequado e mais leve, de preferência impresso em impressora 3D.

## REFERÊNCIAS

ABECITRUS. **A importância da boa postura.** 2018. Disponível em: <[www.abecitrus.com.br/importancia-da-boa-postura](http://www.abecitrus.com.br/importancia-da-boa-postura)>. Acesso em: 09 set. 2019.

ALMEIDA, A. R. **Construção de uma bengala eletrônica para deficiente visual.** UNIS-MG, Minas Gerais, 2015.

ALIEXPRESS. **Mary's digital store: Vibration Motor.** Disponível em: <[https://ru.aliexpress.com/item/32580040109.html?scm=1007.22893.142324.0&pvid=b082833f-b300-4cf6-a279-f6968ceb501f&onelink\\_page\\_from=ITEM\\_DETAIL&onelink\\_item\\_to=32580040109&onelink\\_duration=0.870727&onelink\\_status=noneresult&onelink\\_item\\_from=32580040109&onelink\\_page\\_to=ITEM\\_DETAIL&dp=33153-62999.7423722&aff\\_platform=api&cpt=1569431383234&sk=4vmFgVw0&aff\\_trace\\_key=00fdf4a3d5db4048b28671c758221bd5-1569431383234-02771-4vmFgVw0&terminal\\_id=030dfac23d584413b856d383baf3d65](https://ru.aliexpress.com/item/32580040109.html?scm=1007.22893.142324.0&pvid=b082833f-b300-4cf6-a279-f6968ceb501f&onelink_page_from=ITEM_DETAIL&onelink_item_to=32580040109&onelink_duration=0.870727&onelink_status=noneresult&onelink_item_from=32580040109&onelink_page_to=ITEM_DETAIL&dp=33153-62999.7423722&aff_platform=api&cpt=1569431383234&sk=4vmFgVw0&aff_trace_key=00fdf4a3d5db4048b28671c758221bd5-1569431383234-02771-4vmFgVw0&terminal_id=030dfac23d584413b856d383baf3d65)>. Acesso em: 09 set. 2019.

ARDUINO. Getting Started with Arduino and Genuino products. **Arduino**, 2019a. Disponível em: <<https://arduino.cc/en/Guide/HomePage>>. Acesso em: 05 janeiro 2019.

ARDUINO. Getting Started | FOUNDATION > Introduction. **Arduino**, 2019b. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Guide/Environment>>. Acesso em: 05 janeiro 2019.

ARDUINO. Getting Started Store home > Introduction. **Arduino**, 2019c. Disponível em: <<https://store.arduino.cc/usa/lilypad-arduino-simplet>>. Acesso em: 21 fevereiro 2019

AVENEL-AUDRAN, M. **Contact dermatitis from electrocardiograph-monitoring electrodes: role of p-tert-butylphenol-formaldehyde resin.** Contact Dermatitis, 48(2), pp.108–111.

BARBIERI, LEANDRO GOMES *et al.* **REVISÃO INTEGRATIVA SOBRE HIPERCIFOSE: análise dos tratamentos fisioterápicos.** Pesquisa em Fisioterapia, Bahia, v. 4, n. 1, p.55-61, abr. 2014. 10.17267/2238-2704rpf.v4i1.

BENINI, JULIANA; KAROLCZAK, B. P. A. Benefícios de um programa de educação postural para alunos de uma escola municipal de Garibaldi. **Revista Fisioterapia e pesquisa**, VOL.17, São Paulo, 2010.

BOSCATTE, ÉRICA. **Fisioterapia em debate: A importância da postura.** Disponível em: <[www.jornaldopadreeustaquio.com.br/fisioterapia-em-debate-por-erica-boscatte](http://www.jornaldopadreeustaquio.com.br/fisioterapia-em-debate-por-erica-boscatte)>. Acesso em: 10 set. 2019.

BUSCH, S. **Moda e Tecnologia- Uma Análise da Relação da Moda com Tecnologia Vestível no Século XXI.** Universidade do Sul de Santa Catarina, 2017.

CAILLET, R. **Compreenda sua dor nas costas**, Porto Alegre: Artmed, 2002.

CARNEIRO, CONRADO. Como os Wearables Estão Mudando o Setor da Saúde. 2018. **Usemobile**. Disponível em: <<https://usemobile.com.br/wearables-setor-da-saude>>. Acesso em: 05 set. 2019.

CAMARGO, R. DANIEL. **Desenvolvimento do Protótipo de uma Prótese Antropomórfica para Membros Superiores**. Dissertação - Escola de Engenharia de São Carlo - USP, São Carlos, 2008.

CAMPELO, THIAGO DE SILVA. **Postura e Equilíbrio Corporal**: estudos das relações existentes. 2003. 44 f. TCC (Graduação) - Curso de Educação Física, Faculdade de Educação Física, Unicamp, Campinas, 2003.

CANDOTTI, CLÁUDIA; NOLL, MATIAS; CRUZ, MELISSA. Prevalência de dor lombar e os desequilíbrios musculares em manicures. **Revista eletrônica da escola de educação física e desportos**, UFRJ, VOL.6, Rio de Janeiro, 2010.

CANTANHEDE, LORENA RENATA COSTA *et al.* Comportamento Do Consumidor De Tecnologia Vestível: Características Que Influenciam Na Intenção De Consumo. **Read. Revista Eletrônica de Administração (porto Alegre)**, v. 24, n. 3, p.244-268, set. 2018.

COMPONENTS101. **MPU6050 - Accelerometer and Gyroscope Module**. Disponível em: <<https://components101.com/sensors/mpu6050-module>>. Acesso em: 10 set. 2019.

COPETTI, LICEI. **Comunicação da Saúde na Internet: Redes, Aplicativos e Tecnologias Wearables**. 2018. 171 f. Tese (Doutorado) - Curso de Comunicação, Escola de Comunicação, Artes e Design, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

CORMELATO, TATIANA. **Avaliação da Postura corporal estática no plano frontal a partir de imagem digital**. Dissertação – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

CORSO, ALINE. **Uma Breve Introdução aos Computadores Vestíveis: Corpo, Tecnologia e Ficção Científica**. In: Simpósio Nacional da Associação Brasileira de Pesquisadores em Cibercultura, 7., Paraná. 2013.

CHRISTEN JUNIOR, EDSON IVO; NASSARIO, JÚLIO CESAR. **EDUCAÇÃO POSTURAL PARA SAÚDE. X Congresso Nacional de Educação, Curitiba**, p.11849-11858, nov. 2011.

DEJAN. **Arduino and MPU6050 Accelerometer and Gyroscope Tutorial**. Disponível em: <<https://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/arduino-and-mpu6050-accelerometer-and-gyroscope-tutorial>>. Acesso em: 10 set. 2019.

FARIAS, E. **Sistema de Monitoramento Para o Auxílio do Controle Postural**. Universidade federal de Santa Catarina, 2017.

FBS. **FBS eletrônica**, FBS. Disponível em: <<https://fbseletronica.wordpress.com>>. Acesso em: 31 janeiro 2019.

FELIPEFLOP. Buzzer Ativo 5V. Disponível em: <filipeflop.com/produto/buzzer-ativo-5v>. Acesso em: 10 set. 2019.

FERREIRA, DALVA. *et al.* **Avaliação da coluna vertebral: relação entre gibosidade e curvas sagitais por método não-invasivo**. Bras cineantropom desempenho, São Paulo, 2010.

FERREIRA, MARIANA C. *et al.* Alterações da postura corporal estática de mulheres com migrânea com e sem disfunção temporomandibular. **Brazilian Journal Of Physical Therapy**, São Paulo, v. 18, n. 1, p. 19-29, mar. 2014.

FILHO, ELÁDIO; PEREIRA, FRANCISCO. **Anatomia Geral**. 1. Ed. Sobral: Instituto Superior de Tecnologia Aplicada, p. 364, 2015.

FISIO JORDI SORIANO, **Recupera la elasticidad y el movimiento natural de tu cuerpo**. Barcelona. Disponível em: <fisiojordisoriano.com/reeducacion-postural-global-rpg>. Acesso em 09 set. 2019.

FONSECA, M. P. M. **Os principais desconfortos físico-posturais dos Flautistas e suas implicações no estudo na performance da flauta**. Dissertação (Mestrado em Música) – Escola de Música da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, 2005.

GERALDO, ANA CRISTINA FERREIRA. **Tecnologias Vestíveis Aplicadas à Saúde da Coluna Vertebral**. 2018. 227 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Tecnologias da Informação e Comunicação, Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá, 2018.

GIORGINO T. *et al.* Sensor evaluation for wearable strain gauges in neurological rehabilitation. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 2009.

GODOY, R, ITALO; HASHINAGA, G, RAFAEL. **Interface Eletrônica Homem-Máquina**. 2017. 54p. Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo - Universidade do Vale do Paraíba, São Paulo, 2017.

JESUS, YVES SILVEIRA. **Análise do mercado de wearables e da percepção dos consumidores do estado de São Paulo**. 2016. 42 f. TCC (Graduação) - Curso de Gestão em Comércio Internacional, Faculdade de Ciências Aplicadas, Universidade Estadual de Campinas, Limeira, 2016.

JUNIOR, EDSON; NASÁRIO, JULIO. **Educação Postural para a Saúde**. X congresso nacional de educação - EDUCERE. Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2011.

JUNQUEIRA, LÚCIA. **Análise das curvaturas da coluna vertebral de mães em função do transporte de seus filhos**. Universidade de São Paulo - Instituto de psicologia. São Paulo, 2012.

KAPANDJI, A. I. **Fisiologia Articular: Tronco e coluna vertebral**. São Paulo, Panamericana, 2000. Disponível em: <academia.edu/34539089/Cinesiologia.\_LIVRO\_KAPANJI>. Acesso em: 05 set. 2019.

KENDALL, FLORENCE PERTERSON *et al.* **Músculos provas e Funções**. 5. ed. São Paulo: Manole, 528p, 2007.

KUPFER, F. MARILENE. **Uma questão de Cultura Corporal e Saúde nas Escolas**. Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná. programa de desenvolvimento educacional, Vol 2 Paraná, 2010.

LATERAL EDGE. **A Quick Lesson in the Planes**. Disponível em: <[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Figure\\_33\\_01\\_04.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Figure_33_01_04.jpg)>. Acesso em: 10 set. 2019.

LONGO. R. D. REGINALDO. **A postura e os hábitos de vida como fatores para consciência corporal**. Universidade Estadual de Maringá. Programa de desenvolvimento educacional, Maringá, 2008.

LUCAS NANINI. **Ministério do Trabalho: Dor nas costas é a quinta maior causa de afastamento do trabalho**. 2018. Disponível em: <[trabalho.gov.br/noticias/6516-dor-nas-costas-e-a-quinta-maior-caoa-de-afastamento-do-trabalho](http://trabalho.gov.br/noticias/6516-dor-nas-costas-e-a-quinta-maior-caoa-de-afastamento-do-trabalho)>. Acesso em: 31 de outubro de 2018.

MATOS, DAVI SOUSA. **As Tecnologias Vestíveis no Setor Médico e Seus Desafios**. In: SIMPROD, 7., 2015, São Cristóvão. Anais.... São Cristóvão: Simpósio de Engenharia de Produção de Sergipe, 2015. v. 7, p. 783 - 789.

EMAX. **Super Loud 5V Active Alarm Buzzer Beeper Tracker**. Disponível em: <https://emaxmodel.com/5-pcs-super-loud-5v-active-alarm-buzzer-beeper-tracker-9x5-5mm-for-rc-racing-drone-fpv-quadcopter-helicopter-diy-part.html>. Acesso em: 10 set. 2019.

MATOS, D. S. **As Tecnologias Vestíveis no Setor Médico e Seus Desafios**. VII Simpósio de Engenharia de Produção de Sergipe. Sergipe, 2015.

MANN, S. Definition of "**Wearable Computer**". In: 1998 INTERNATIONAL CONFERENCE ON WEARABLE COMPUTING ICWC-98, 1998, Fairfax. palestra... Fairfax, VA, 1998. Disponível em: <<http://wearcomp.org/wearcompdef.html>>. Acesso em: 04 setembro 2019.

MEDPLUS. **Wearables: saiba como esses dispositivos estão transformando a medicina**. 2018. Materia de homepage. Disponível em: <[www.medplus.com.br/blog/wearables-saiba-como-esses-dispositivos-estao-transformando-a-medicina](http://www.medplus.com.br/blog/wearables-saiba-como-esses-dispositivos-estao-transformando-a-medicina)>. Acesso em: 05 set. 2019

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Lombalgia (dor nas costas)**. 2009. Biblioteca virtual em Saúde. Disponível em: <<http://bvsm.sau.de.gov.br/bvs/dicas/186lombalgia.html>>. Acesso em: 10 set. 2019.

MONTEIRO, SÍLVIA. **Alterações da curvatura da coluna vertebral: Influência da Fisioterapia, a nível neuromuscular**. Escola Superior de Tecnologia da Saúde. Lisboa, abril. 2013.

MONTOABMATONOR. **Tratamento e consequências em adultos com fratura por compressão da coluna torácica.** 2014. Disponível em: <<https://moitramatolog.ru/perelomy/kompressionnyj-perelom-grudnogo-otdela-pozvonochnika>>. Acesso em: 09 set. 2019

MOREIRA, JACQUELINE; CORNELIAN, BIANCA DOS REIS; BARBOSA, CARMEM PATRÍCIA. Importância do bom Posicionamento Postural em Escolares: – o papel do professor de educação física. **Uningá Review**, Maringá, v. 16, n. 3, p.42-48, dez. 2013.

NASCIMENTO T. **Proposta do Uso de Sistemas Inerciais para Medição das Curvaturas da coluna Vertebral.** Universidades Federal de Santa Catarina, 2014.

NATALMAKERS. Natalmakers, 2019. **Mini Motor Vibracall.** Disponível em: <<https://natalmakers.lojaintegrada.com.br/motor-vibracall>>. Acesso em: 06 Abril 2019.

NATOUR, JAMIL. **Coluna Vertebral: Conhecimentos básicos.** 4. Ed. São Paulo: ETCetera. 44p, 2004.

NICOLINO, ANA CAROLINA BORMIO SCHMIDT. **Fisioterapia Preventiva Através de Orientação Postural para Crianças em Idade Escolar.** 2007. 52 f. TCC (Graduação) - Curso de Fisioterapia, Fisioterapia, Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium, Lins, 2007.

OHTA, RICARDO LUÍS *et al.* Passado, Presente e Futuro: Wearables e internet das Coisas. **Revista da Sociedade Brasileira de Computação: Internet das coisa**, Porto Alegre/rs, v. 4, n. 4, p. 38-44, maio 2015.

OSHIRO, V. A.; FERREIRA, P. G.; COSTA, R. F. Alterações posturais em escolares: Uma revisão da literatura. **Revista Brasileira de Ciências da Saúde.** v. 2, n. 13, p. 15-22, 2007.

PACENKO, L. P.; MORALES, P. J. C.; SOUZA, W. C.; MASCARENHAS, L. P. G.; BRASILINO, M. F.; BRASILINO, F. F. A influência do peso da mochila na cifose torácica em escolares. **Movimento e Saúde - Revista Inspirar.** v. 9, n. 2, p. 37-42, 2016.

PINHEIRO, MARCELLE. **O que é Cifose, como se adquire e tratar.** Tua saúde. Disponível em:< [tuasaude.com/cifose](http://tuasaude.com/cifose)>. Acesso em: 08 set. 2019.

PINTO Eloisa; LOPES Ramon. Problemas posturais em alunos do Centro de Ensino Médio 01 Paranoá - Brasília DF. **Revista Digital** - Buenos Aires - Ano 7, N° 42, Novembro de 2001.

RIBEIRO, Ana. *et al.* **Postura corporal em escolares: uma revisão da literatura.** Ciência em movimento/Reabilitação e saúde Vol.19. Mato Grosso,2017.

ROBO HELP. **Attiny85 – LilyTiny, Estude, Trabalhe e Ensine.** 2017. Disponível em: <<https://robohelpmakers.blogspot.com/2017/09/attiny85-lilytiny-estude-trabalhe-e.html>>. Acesso em: 10 set. 2019.

ROBOTTINI. **Kalman filter vs Complementary filter.** Disponível em: <<https://robbottini.altervista.org/kalman-filter-vs-complementary-filter>>. Acesso em: 10 set. 2019.

SCIATH. **Wearables: a tecnologia a favor da saúde.** 2019. Matéria de homepage. Disponível em: <<https://sciath.com.br/wearables-a-tecnologia-a-favor-da-saude>>. Acesso em: 05 set. 2019.

SENA, L. B.; SERAFIM, M. M.; ANDRADE, V. L. B.; SILVA, V. S.; SILVA, C. G. S. A influência da maturação biológica no desenvolvimento motor em escolares. **Revista Digital.** Buenos Aires. v. 18, n. 185, p. 1, 2013.

SEYMOUR, S. **Functional aesthetics: visions in fashionable technology.** SpringerVerlag/Wien, New York, 2010.

SILVA, M. R.; FERRAZ, L.; MARCHIORI, P. M.; BRAGHINI, C. C.; FERRETI, F.; RECH, A. P.; FERRAZZO, J. F. **Autocuidado postural: educação em saúde com adolescentes do meio rural.** FisiSenectus. v. 2, n. 2, p. 35-44, 2014.

SOARES, JULIANA CORRÊA *et al.* Correlação entre postura da cabeça, intensidade da dor e índice de incapacidade cervical em mulheres com queixa de dor cervical. **Sielo.** Santa Maria, p. 68-72. 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/fp/v19n1/13.pdf>>. Acesso em: 09 set. 2019.

STROTTMANN, INGRID BRASIL; SANTANA, RAFAEL RODRIGUES. **Postura Corporal e a Reeducação Postural Global: Definições Teóricas.** São Paulo, p. 1717-1720, 2007.

**TDK InvenSense.** MPU-6050 Six-Axis (Gyro + Accelerometer) MEMS MotionTracking Devices. Disponível em: <[www.invensense.com/products/motion-tracking/6-axis/mpu-6050](http://www.invensense.com/products/motion-tracking/6-axis/mpu-6050)>. Acesso em: 07 Abril 2019.

TEHRANI, K.; MICHAEL, A. Wearable Technology and Wearable Devices: Everything You Need to Know - Wearable Devices Magazine. Disponível em: <[www.wearabledevices.com](http://www.wearabledevices.com)>. Acesso em 07 Abril 2019.

VARELLA, DRAUZIO. **Principais desvios de coluna.** UOL. Disponível em: <<https://drauziovarella.uol.com.br/ortopedia/principais-desvios-de-coluna>>. Acesso em: 08 ago. 2019.

VIEGAS, A. **O futuro da Wearables Technology: O Estudo de Caso da Área Médica.** Instituto Politécnico de Coimbra, 2016.

WATANABE, Nádia. **Avaliação Postural dos ângulos: cervical, torácico e lombar, por meio de fotogrametria em escolares.** Paraná, 2013. 2 v. Secretaria de educação. Disponível em: <[http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes\\_pde/2013/2013\\_uel\\_edfis\\_pdp\\_nadia\\_watanabe.pdf](http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2013/2013_uel_edfis_pdp_nadia_watanabe.pdf)>. Acesso em: 05 set. 2019.

WIKIMEDIA COMMONS. **Figure 33 01 04.jpg**. Disponível em: <[www.lateraleonline.com/2018/10/07/the-necessity-of-exercising-in-the-frontal-plane](http://www.lateraleonline.com/2018/10/07/the-necessity-of-exercising-in-the-frontal-plane)>. Acesso em: 10 set. 2019.