

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE TECNOLOGIA  
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA – ÊNFASE EM SISTEMAS ELETRÔNICOS  
EMBARCADOS

LUCAS HENRIQUE DE SOUZA LIMA SILVA  
MATHEUS AUGUSTO DE SOUZA LIMA SILVA

INTERNET DAS COISAS APLICADA AO DESENVOLVIMENTO DE DISPOSITIVO  
PARA MONITORAMENTO REMOTO DE IDOSOS

CURITIBA  
2019

LUCAS HENRIQUE DE SOUZA LIMA SILVA  
MATHEUS AUGUSTO DE SOUZA LIMA SILVA

INTERNET DAS COISAS APLICADA AO DESENVOLVIMENTO DE PULSEIRA  
PARA MONITORAMENTO REMOTO DE IDOSOS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica com Ênfase em Sistemas Eletrônicos Embarcados do Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Parente Ribeiro.

CURITIBA

2019

## TERMO DE APROVAÇÃO

LUCAS HENRIQUE DE SOUZA LIMA SILVA  
MATHEUS AUGUSTO DE SOUZA LIMA SILVA

INTERNET DAS COISAS APLICADA AO DESENVOLVIMENTO DE PULSEIRA  
PARA MONITORAMENTO REMOTO DE IDOSOS

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial para à obtenção do título de Engenheiro Eletricista com Ênfase em Sistemas Eletrônicos Embarcados, do Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, pela seguinte banca examinadora:

Prof. Dr. Eduardo Parente Ribeiro  
Orientador – Departamento de Engenharia Elétrica, UFPR

Prof. Dr. José Carlos da Cunha  
Departamento de Engenharia Elétrica, UFPR

Prof. Dr. Wilson Arnaldo Artuzi Junior  
Departamento de Engenharia Elétrica, UFPR

Curitiba, 09 de setembro de 2019.

## RESUMO

O envelhecimento da população mundial trata-se de um processo de transição demográfica irreversível, logo, o desenvolvimento de dispositivos inteligentes voltados para essa faixa etária se mostra de fato relevante. Na contemporaneidade, observa-se que as tecnologias ditas disruptivas como a Internet das Coisas, vêm ganhando notoriedade, visto seu potencial de transformação da interação humana em diversas áreas, sendo que dentre essas, pode-se destacar a área da saúde do idoso, esse que passa por diversos riscos diários. O emprego dessas novas tecnologias no auxílio ao cuidado dessa crescente população, que ao contrário de gerações anteriores, está muito mais amistosa ao novo e a utilização dos dispositivos móveis e da *internet*, pode transformar a relação entre os idosos e seus entes queridos, proporcionando um maior cuidado sem retirar a autonomia desse. Nesse contexto, o presente trabalho tem por objeto o estudo e o desenvolvimento de um dispositivo para monitoramento remoto de idosos através de uma pulseira capaz de realizar o monitoramento dos batimentos cardíacos e a detecção de possíveis quedas através de sensores que se comunicam via *Bluetooth Low Energy (BLE)* com o *smartphone* do idoso, que por sua vez se comunica com um servidor na “nuvem”, esse que envia notificações via aplicativo *Android* aos seus familiares e responsáveis, podendo assim facilitar a comunicação para que seja evitado o pior em situações de risco.

Palavras-chave: Idosos. Internet das Coisas. ESP32. Quedas. *Firestore*. *Android*. Quedas. Fotopletismografia. *Bluetooth Low Energy*.

## ABSTRACT

The aging of the world population is irreversible demographic transition a process, so the development of intelligent devices aimed at this age group is indeed relevant. At the present time, it is observed that the so-called disruptive technologies such as the Internet of Things have been gaining notoriety, because its potential for transforming human interaction in several areas, among which the health area of the elderly can be highlighted, which goes through several daily risks. The use of these new technologies to help care for this growing population, which unlike previous generations, is much more friendly to the new and the use of mobile devices and the internet, can transform the relationship between the elderly and their loved ones, providing a care without withdrawing its autonomy. In this context, the present study aims to study and develop a device for remote monitoring of the elderly through a bracelet able of monitoring the heart rate and detecting possible falls through sensors that communicate via Bluetooth Low Energy (BLE) with the smartphone of the elderly, which in turn communicates with a server in the "cloud", which sends notifications via Android application to their relatives and responsible, and thus facilitate communication to avoid the worst in risk situations.

Key-words: Elderly. Internet of Things. ESP32. Falls. Firebase. Android. Falls. Photoplethysmography. Bluetooth Low Energy.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
1.1	JUSTIFICATIVA.....	8
1.2	OBJETIVOS.....	10
1.2.1	Objetivo Geral.....	10
1.2.2	Objetivos Específicos.....	10
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>12</b>
2.1	INTERNET OF MEDICAL THINGS (IOMT) E INTERNET OF M- HEALTH THINGS (M-IOT).....	12
2.2	MONITORAMENTO DE IDOSOS NO BRASIL .....	13
2.3	REDE SEM FIO (WIRELESS NETWORK).....	15
2.3.1	A Tecnologia Bluetooth (IEEE 802.15) .....	15
2.3.2	Bluetooth Low Energy (BLE).....	17
2.4	O SISTEMA OPERACIONAL ANDROID .....	22
2.4.1	Especificações do Sistema Operacional <i>Android</i> .....	23
2.4.2	Ambiente para Desenvolvimento.....	24
2.4.3	O Android Studio .....	24
2.5	COMPUTAÇÃO EM NUVEM.....	25
2.5.1	Banco de Dados Não-Relacional .....	26
2.5.2	O Firebase .....	27
2.6	CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS DA PULSEIRA.....	29
2.6.1	A Placa Controladora – ESP32.....	29
2.6.2	Sensores.....	33
2.6.3	Alimentação do Dispositivo .....	42
2.6.4	Periféricos Externos .....	45
2.6.5	Mecânica.....	48

<b>3</b>	<b>MÉTODO .....</b>	<b>51</b>
<b>4</b>	<b>DESENVOLVIMENTO.....</b>	<b>52</b>
4.1	DESCRIÇÃO DOS REQUISITOS DO DISPOSITIVO .....	52
4.1.1	Alarme.....	53
4.1.2	Sensor de Frequência Cardíaca.....	53
4.1.3	Sensor de Quedas.....	53
4.1.4	Botão de Pânico .....	54
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>55</b>
5.1	TESTE DE COMUNICAÇÃO COM SERVIDOR WEB.....	55
5.2	TESTE DO MÓDULO GY-521 .....	57
5.3	TESTE DO SENSOR DE BATIMENTO CARDÍACO.....	58
5.4	TESTE DO DISPLAY OLED.....	59
5.5	TRANSMISSÃO BLUETOOTH LOW ENERGY .....	63
5.6	AUTENTICAÇÃO DO USUÁRIO NO APLICATIVO .....	66
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>70</b>
6.1	TRABALHOS FUTUROS .....	71
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>72</b>

# 1 INTRODUÇÃO

A *Internet* das Coisas (ou IoT, sigla da expressão em inglês *Internet of Things*) é uma tecnologia que já tem mudado a forma de interação do mundo físico com o mundo virtual, interação essa tanto de máquina para máquina, quanto de pessoas para máquina, trazendo uma gama de possibilidades de aplicações, tornando os processos mais rápidos e inteligentes.

De acordo com Laplante e Laplante (2016), a *Internet* das Coisas (IoT) de modo geral é qualquer rede de sensores, atuadores, processadores e computadores conectados via *Internet*.

Uma aplicação emergente nesse contexto é a utilização desse conceito na área da saúde, a chamada *Internet of Medical Things* (IoMT) tem atraído o interesse de muitos centros de pesquisa e desenvolvimento, visto ser uma tecnologia que visa facilitar a comunicação médico-paciente e familiares-paciente, evitando o agravamento de quadros que podem ser facilmente detectados, principalmente no que diz respeito à idosos.

O desenvolvimento de dispositivos inteligentes vestíveis baseados em *IoT* para o apoio ao cuidado para essa faixa etária, pode ser um grande aliado na promoção da qualidade de vida e segurança desses, sem lhes tirar a autonomia e a privacidade, visto que muitos quando atingem essa idade preferem continuar mantendo sua independência e se recusam à ir morar na casa de parentes.

O grande aumento da utilização de dispositivos móveis inteligentes trouxe consigo uma gama de possibilidades no que diz respeito à comunicação *sem fio*, viabilizando que esse dispositivo através de aplicativos se comunique com outros dispositivos próximos ou distantes, facilitando assim a troca de informação não só entre pessoas, mas também entre sensores e dispositivos e, entre dispositivos e pessoas.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

De acordo com a Organização das Nações Unidas (2002), ou ONU, foi no ano de 1982, data da primeira Assembleia Mundial sobre o Envelhecimento, que se

começou a abordar sobre a questão do envelhecimento da população mundial, essa transição de processo demográfico que, de acordo com dados levantados por essa organização, é irreversível e que resultará em populações mais idosas em todos os lugares do mundo.

A ONU (2002) afirma ainda que essa transição é resultado direto do aumento da expectativa de vida e da diminuição da taxa de natalidade e estima-se que o número de idosos deve mais que triplicar, atingindo a marca aproximadamente 2 bilhões, e ainda que, o número de pessoas acima dos 80 anos deve quadruplicar, atingindo cerca de 400 milhões de pessoas até 2050.

Segundo a ONU (2002) também, no ano de 2002, mais precisamente de 8 à 12 de abril de 2002, a cidade de Madri sediou a Segunda Assembleia Mundial sobre o Envelhecimento. Os países participantes adotaram dois documentos fundamentais: uma Declaração Política e o Plano Internacional de Ação de Madri sobre o Envelhecimento.

Ambos os documentos incluíam compromissos dos governos de elaborar e implementar medidas para enfrentar os desafios colocados pelo envelhecimento, além de mais de 100 recomendações de ações baseadas em três temas prioritários: idosos e desenvolvimento; promover a saúde e o bem-estar na velhice; e assegurar ambientes de capacitação e de apoio, tudo isso, devido a preocupação com esse crescente público idoso.

De acordo a Organização Mundial da Saúde (2017), ou OMS, as doenças cardiovasculares (DCV) são uma das principais causas de morte no mundo, tirando a vida de 17,7 milhões de pessoas todos os anos, atingindo a marca de 31% de todas as mortes globais. Segundo o Departamento de informática do Sistema Único de Saúde (2014), ou DATASUS, cerca de 100 mil óbitos anuais são devidos ao infarto agudo do miocárdio (IAM) no Brasil, onde a característica de idade avançada é um agravante.

Observa-se também que as quedas são um problema muito comum entre idosos, essas que podem provocar fraturas com danos graves. A demora no atendimento pode agravar o quadro, prejudicando ainda mais a qualidade de vida, saúde, mobilidade e altos índices de mortalidade no pós-cirúrgico.

Segundo o Sistema Único de Saúde (2017), mais conhecido como SUS, são registrados por ano um gasto de mais de cinquenta e um milhões reais com tratamento de fraturas decorrentes de quedas.

Nesse contexto, aplicações de *IoT* na área da saúde segundo Laplante e Laplante (2016) podem potencialmente oferecer uma gama de possibilidades para o cuidado do paciente em diversos cenários, seja emergência, seja cuidados contínuos em lares de idosos ou mesmo cuidados *homecare*, atingindo principalmente idosos com doenças crônicas ou dificuldades motoras que necessitam de uma maior atenção.

Entende-se que o atendimento imediato ao paciente aumenta as possibilidades de manutenção da vida e uma recuperação com um mínimo de sequelas. Logo o dispositivo a ser desenvolvido propõe além de facilitar a comunicação, proporcionar maior segurança e comodidade ao usuário, e ainda reduzir custos de possíveis gastos advindos de eventuais quedas.

## 1.2 OBJETIVOS

Os objetivos são subdivididos em dois tipos: Objetivo Geral e Objetivos Específicos.

### 1.2.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem por objetivo a pesquisa e o desenvolvimento de um dispositivo portátil, baseado em *IoT* aplicado à *healthcare* para monitoramento remoto de idosos, esse que utilizando-se de sensores como acelerômetro, sensor de frequência cardíaca, botão de pânico e interfaces de aplicação proporcionará alerta de possíveis situações críticas, como quedas e paradas cardíacas, além de monitoramento sinais dos sinais vitais básicos de idosos.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

Nesse trabalho, o foco do estudo volta-se ao desenvolvimento do dispositivo de monitoramento remoto de idosos e está dividido nos seguintes objetivos:

1) Estudo comparativo de *hardwares* disponíveis no mercado para desenvolvimento de *IoT*, para se determinar qual possui o melhor custo benefício para utilização no presente projeto.

2) Estudo para determinação de protocolo de comunicação, fluxo de dados e arquitetura que atendam de melhor modo às funcionalidades do projeto.

3) Estudo de *datasheets* e documentações de sensores disponíveis no mercado para se selecionar quais se adequam melhor ao objetivo geral deste trabalho.

4) Estudo do funcionamento e teste dos sensores para o levantamento de limiares comparativos e calibração da leitura para se obter melhor índice de acerto.

5) Estudo das API's de desenvolvimento para dispositivos Android para o desenvolvimento do aplicativo.

6) Estudo de aprimoramentos para as aplicações previstas no projeto a partir dos primeiros resultados.

7) Estudo de usabilidade, melhor formato e posição no corpo do usuário para o dispositivo, de modo a ser mais confortável e ao mesmo tempo continuar funcional.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo Minerva et al. (2015) o ITU (*International Telecommunication Union*) – T Study Group 13, define a *IoT* como: “uma infraestrutura global para a sociedade da informação, permitindo serviços avançados por meio da interligação das coisas (físicas e virtuais) baseadas na interoperabilidade das tecnologias de informação e de comunicação existentes e em evolução”.

O referido T Study Group 13 define ainda que a Internet das Coisas se dá por meio da exploração de capacidades de identificação, captura, processamento e comunicação de dados, utilizando de modo pleno as coisas para oferecer serviços aos mais variados tipos de aplicações, devendo garantir o cumprimento dos requisitos de segurança e privacidade.

De acordo ainda com Minerva et al. (2015), o projeto *Coordenation and Support Action for Global RFID-related Activities and Standardisation* (CASAGRAS) apresenta a *IoT* como uma estrutura de rede global, que integra ou interliga objetos físicos e virtuais através da captura de dados e capacidades de comunicação, sendo que essa infraestrutura propriamente dita inclui a *internet* bem como o desenvolvimento da rede.

Minerva et al. (2015) dizem ainda que a *IoT* deverá fornecer identificação específica de objetos, capacidade de monitoramento via sensores e de conexão como base para o desenvolvimento de aplicações e serviços independentes e cooperativos, possuindo elevado grau de captura autônoma de dados, atuação em eventos, conectividade e interoperabilidade de rede.

### 2.1 INTERNET OF MEDICAL THINGS (IOMT) E INTERNET OF M-HEALTH THINGS (M-IOT)

Com o advento da *IoT* dentre suas inúmeras opções de aplicações em muitas indústrias, que influenciam diretamente na vida dos consumidores, existe a indústria da saúde, a qual começa a se utilizar dessa tecnologia emergindo assim uma categoria industrial única denominada *Internet of Medical Things (IoMT)* que promete revolucionar a forma de trabalho da indústria da saúde.

Observa-se que pela tendência natural a procura por serviços de saúde irá sofrer um grande aumento, sendo necessárias medidas para reagir a essa demanda da falta de pessoal, e locais adequados para o cuidado de idosos. Por esta razão, sabe-se que as tecnologias da informação e da comunicação (TIC) devem dar resposta aos problemas surgidos no domínio da saúde.

Através da *IoT* aplicada a saúde existe a possibilidade de monitorar pessoas, equipamentos, amostras e suprimentos, e analisar os dados obtidos. (LAPLANTE;LAPLANTE, 2016).

Salientam ainda a possibilidade de monitorar pacientes em comunidades mais afastadas dos centros urbanos, e aqueles que recebem cuidados domiciliares, propiciando atuação com maior rapidez, melhor qualidade de atendimento, além de maior eficiência na utilização dos recursos.

Outro conceito dentro desse contexto é o *Mobile Health (M-health)*, que de acordo com Istepanian et al. (2011) define *M-health* como: “dispositivo móvel, sensor médico, e tecnologias de comunicação para cuidados médicos”.

O *M-health* é o que dá origem ao *m-IoT*, e de acordo com Istepanian et al. (2011), trata-se de um novo conceito que alia as funcionalidades do *m-health* e a *IoT*. Seu objetivo é desenvolver aplicações móveis, visto o desenvolvimento da tecnologia 4G. O *m-IoT* integra tecnologias de comunicação baseadas em IP como 6LoWPAN com a emergente rede 4G visando a utilização em serviços de saúde.

## 2.2 MONITORAMENTO DE IDOSOS NO BRASIL

Fazendo-se um estudo sobre produtos relacionados ao monitoramento de idosos com atuação no mercado nacional de modo a verificar como está esse mercado no Brasil e possíveis concorrentes foram encontradas algumas empresas que oferecem alguns tipos de produtos e serviços, as três empresas com maior expressividade na pesquisa serão apresentadas nesse capítulo.

No Brasil a empresa *Telehelp*<sup>1</sup> atua na área de monitoramento de idosos desde 2006, afirma ter clientes hoje em todo Brasil. O serviço prestado trata-se de assistência 24 horas e equipamentos eletrônicos para monitoramento.

---

<sup>1</sup> Disponível em: <<http://www.telehelp.com.br/dentro-de-casa>>. Acesso em: 11 de setembro de 2018.

Dentre os equipamentos, estão os painéis os quais através da linha telefônica do cliente, pode enviar sinais de emergência à Central de Atendimento 24h e um comunicador viva-voz com bateria de emergência.

Oferecem também um botão em forma de pulseira ou colar, que assim como um relógio, pode ser adaptado ao tamanho de seu pulso ou pescoço. Esse dispositivo (pulseira ou colar) possui um alcance de até 300 metros lineares de sinal e é à prova d'água.

A referida empresa disponibiliza o serviço em vários planos com valores diferenciados. O plano mais básico inclui a pulseira, monitoramento 24 horas e uma ligação semanal de um orientador pelo preço de R\$ 135. O plano mais caro tem orientação médica por telefone, monitoramento fora de casa e chamada de ambulância pelo preço de R\$ 210,00, acrescido uma taxa de adesão no valor de R\$ 599.

Outra empresa no Brasil é a *24/7 Care*<sup>2</sup>, possuem três planos de atendimento: O básico inclui a instalação de um equipamento. Nesse plano, o atendente oferece orientação médica por telefone e liga para um parente próximo se houver necessidade pelo preço de R\$ 129,00.

O plano *plus* oferece, além do que o básico dispõe detector de quedas, que é instalado na pulseira, ao se detectar o impacto a central recebe um sinal de alerta. O atendente liga para o idoso e, se não houver resposta, avisa um parente para ir até o local, isso pelo preço de R\$ 149,00.

O *master* oferece tudo o que os demais dispõem, e além disso o serviço de chamada de ambulância, se for necessário pelo preço de R\$ 179,00.

A empresa *LineCare*<sup>3</sup> inaugurada no começo de 2017, assim como as outras empresas, oferece uma pulseira com botão de emergência, mas a empresa criou um aplicativo para família acompanhar o dia do idoso, possibilitando o acompanhamento de sinais vitais e deslocamento. A empresa tem um único plano de serviços, que custa R\$ 59,90 possuindo ainda uma taxa de adesão no valor de R\$ 490,00.

---

<sup>2</sup> Disponível em: <<http://www.ocuidadorvirtual.com.br/como-funciona/>>. Acesso em: 11 de setembro de 2018.

<sup>3</sup> Disponível em: <<http://lincare.com.br/>>. Acesso em: 11 de setembro de 2018.

## 2.3 REDE SEM FIO (WIRELESS NETWORK)

Redes, ou “sem fio”, são redes, como sugere o nome, nas quais os cabos são substituídos por ondas de rádio(Engst & Fleishman, 2005).

A comunicação digital sem fios não é uma novidade. O físico italiano Guglielmo Marconi demonstrou como funcionava um telégrafo sem fio que transmitia informações de um navio para o litoral por meio de código morse. Os sistemas digitais sem fios modernos, têm um desempenho melhor, mas a idéia básica é a mesma(Tanenbaum, 2007).

Tipos de rede sem fio:

- Redes Locais Sem Fio ou WLAN (Wireless Local Area Network), utilizadas para pequenas área como uma escola, casa ou universidade. Usa sinais de ondas de rádio e seguem padrão IEEE 802.11.
- Redes Metropolitanas sem Fio ou WMAN (Wireless Metropolitan Area Network), possuem alcance de 30 a 50 km. Por exemplo o WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access).
- Redes de Longa Distância sem Fio ou WWAN (Wireless Wide Area Network).
- Redes WLL (Wireless Local Loop) e o novo conceito de Redes Pessoais Sem Fio ou WPAN (Wireless Personal Area Network).
- Redes de área pessoal sem fio, ou WPANs, por exemplo: Bluetooth que segue a IEEE 802.15.1, e Zigbee que segue o padrão IEEE 802.15.4. Esses que são eficientes, portáteis e baratos.

### 2.3.1 A Tecnologia Bluetooth (IEEE 802.15)

Impulsionado pela troca constante de dados entre milhares de dispositivos e sensores, o avanço da Internet das Coisas está acelerado. A tecnologia Bluetooth® está possibilitando uma visão global para conectar mais dispositivos em mais lugares, como por exemplo, de telefones celulares para automóveis ou equipamentos médicos para fábricas e centros de atendimento.

A tecnologia Bluetooth é um dispositivo de curto alcance, que tem como objetivo a eliminação dos cabos nas conexões entre dispositivos eletrônicos,

portáteis ou fixos. Essa tecnologia tem como principais características sua confiabilidade, baixo consumo e mínimo custo.

Várias das funções das especificações são opcionais, o que permite a diversificação dos produtos. Dispositivos Bluetooth operam na faixa ISM (Industrial, Scientific, Medical) centrada em 2,45 GHz em sua camada física de Radio (RF) que era formalmente reservada para alguns grupos de usuários profissionais. Nos Estados Unidos, a faixa ISM varia de 2400 a 2483,5 MHz. Na maior parte da Europa a mesma banda também está disponível. No Japão a faixa tem uma variação de 2400 a 2500 MHz.

De acordo com as informações no sítio na *web* da tecnologia Bluetooth<sup>4</sup>, os dispositivos são classificados de acordo com a potência e alcance, em três níveis: classe 1 (100 mW, com alcance de até 100 m), classe 2 (2,5 mW e alcance até 10 m) e classe 3 (1 mW e alcance de 1 m, uma variante muito rara).

Cada dispositivo possui um número único de 48 bits para identificação. Os dispositivos *Bluetooth* se comunicam entre si e formam uma rede denominada piconet, na qual podem existir até oito dispositivos conectados. Um deles é o mestre (*master*) e os outros dispositivos são denominados de escravos (*slave*); uma rede formada por diversos "*masters*" (numero máximo de 10) pode ser criada para aumentar o número de conexões.

A banda é dividida em 79 portadoras espaçadas de 1 MHz, logo cada dispositivo pode transmitir em 79 diferentes frequências e para minimizar as interferências, o dispositivo "*master*", depois de sincronizado, pode modificar as frequências de transmissão dos seus "*slaves*" por até 1600 vezes por segundo.

A velocidade de transmissão pode chegar a 3 Mbps em modo de transferência de dados melhorada (EDR) e possui três canais de voz. Toda transferência de dados acontece no canal físico que se subdivide em unidades de tempo, chamadas ranhuras.

Os dados trocados entre os dispositivos transitam em forma de pacotes, estes por sua vez deverão chegar a estas ranhuras para que a transmissão de dados ocorra com sucesso.

Também de acordo com o sítio na *web* Uma das características da tecnologia Bluetooth é a capacidade bidirecional de transmissão de dados, e isso se

---

<sup>4</sup> Disponível em: < <https://www.bluetooth.com/>>. Acesso em: 11 de setembro de 2018.

deve a técnica por ela utilizada de múltiplo acesso ou duplex por divisão de tempo (TDD). Sobre o canal físico pode-se dizer que é composto por uma camada de enlace físico e canais com seus devidos protocolos de controle.

A hierarquia dos níveis de enlaces é a seguinte: canal físico, enlace físico, comunicação lógica, enlace lógico e canal L2CAP. A tecnologia Bluetooth é um sistema de comunicação sem fio, baseado em radiofrequência, e por sua vez possuem suas interferências, por este motivo não se pode considerá-lo um sistema demasiadamente confiável.

Levando isso em conta existem diversos dispositivos de proteção para cada camada do sistema. No cabeçalho dos pacotes da banda base se utiliza técnicas para correção de erros posteriori (FEC) e uma comprovação de erro no cabeçalho (HEC) como método de verificação posterior.

Essa tecnologia também se utiliza técnicas de comprovação de redundância cíclica (CRC). Nas comunicações lógicas ACL utiliza-se algoritmos de detecção de erros simples, em geral um protocolo ARQ simples. Assim se consegue uma confiabilidade na retransmissão de pacotes.

Este padrão de repetição automática pode modificar-se, para admitir-se pacotes sensíveis à latência. Nas camadas L2CAP proporciona um maior controle nos erros, ao detectar aqueles que passam inadvertidos na camada de banda base, solicitando o reenvio dos dados afetados.

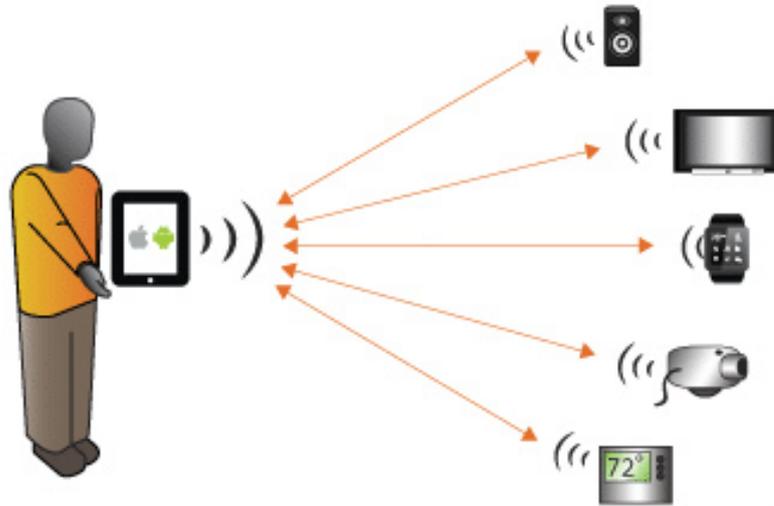
No enlace de difusão não se tem a possibilidade de utilização do padrão ARQ. Porém, com o reenvio de diversas cópias do pacote tem-se uma maior possibilidade de o sistema receber uma sem defeito o que possibilita a esta camada a avaliação do erro no próprio pacote recebido.

### 2.3.2 Bluetooth Low Energy (BLE)

Segundo Pessoa (2016), o conceito de Internet das Coisas trouxe uma demanda de conectar diferentes tipos de aparelhos, englobando dispositivos vestíveis, sensores e atuadores para que se comuniquem. Dentro desse contexto surge como opção mais viável dependendo do projeto o Bluetooth Smart (ou Bluetooth Low Energy - BLE), por causa dos seus atributos de economia de energia.

Ele foi desenvolvido para uma nova categoria de aplicações de entretenimento, saúde e segurança.

FIGURA 1 - COMUNICAÇÃO DE DIVERSOS DISPOSITIVOS POR BLE



FONTE: LEANDRO PESSOA (2016).

O BLE é uma tecnologia de rede de área pessoal sem fios criada e distribuída pela Bluetooth Special Interest Group. Fazendo-se uma comparação com Bluetooth Clássico, o BLE se diferencia por fornecer consumo de energia e custos mais baixos e conserva um alcance de comunicação semelhante.

O BLE é mais direcionado, logo poderia ser superior a outras tecnologias baseadas em localização para *smartphones*, porém a característica que mais se destaca nele é a economia de energia, um dispositivo BLE se mantém em modo IDLE (*sleep*) pela maior parte do tempo. De acordo com Maio (2014), esta tecnologia foi desenvolvida para aplicações que apenas precisam enviar poucas informações, esporadicamente saindo do modo "*sleep*" apenas para realizar conexões que duram apenas milissegundos. Dessa forma, se tem um consumo energético com picos de 6mA, mas com uma média de 1uA apenas.

O Quadro 1 apresenta um comparativo de algumas características das tecnologias de comunicação sem fio mais utilizadas na comunicação entre dispositivos: Bluetooth Clássico, BLE, ZigBee, Wi-Fi.

QUADRO 1 - COMPARAÇÃO ENTRE OS PADRÕES DE COMUNICAÇÃO SEM FIO

	Bluetooth Clássico	Bluetooth Low Energy (BLE)	ZigBee	Wi-Fi
Padrão de camada física	IEEE 802.15.1	GFSK	IEEE 802.15.4	IEEE 802.11abg
Frequências	2.4 GHz	2.4 GHz	868 MHz, 915 MHz, 2.4 GHz	2.4 GHz, 5 GHz
Máxima Taxa de Bits (Mbps)	1 até 3	1	0.25	11(b), 54(g), 600(n)
Distância Máxima (m)	10-100	50	10-100	100-250
Consumo de Energia	Alto	Muito Baixo	Muito Baixo	Muito Alto
Vida Útil da Bateria	Dias	Meses a anos	Meses a anos	Horas
Tamanho da Rede (dispositivos)	7	Indefinido	64,000+	255

FONTE: LEANDRO PESSOA (2016).

### 2.3.2.1 Topologias de Rede BLE

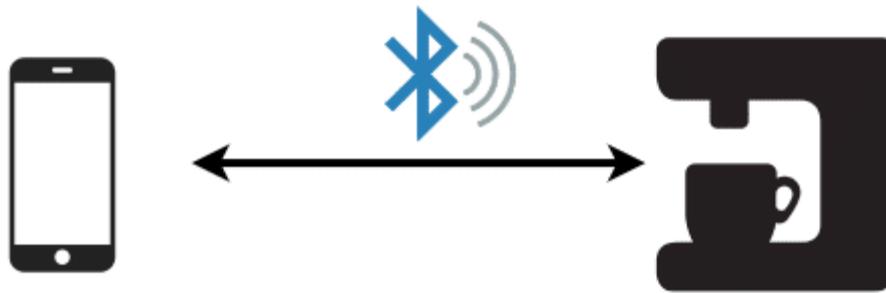
Para BLE geralmente são encontrados três tipos de topologias de rede:

- *peer-to-Peer* (P2P);
- estrela;
- rede *mesh*.

A topologia P2P cria uma conexão ponto a ponto entre dois dispositivos. Na figura 2 é apresentado um exemplo onde um smartphone está interagindo com uma cafeteira.

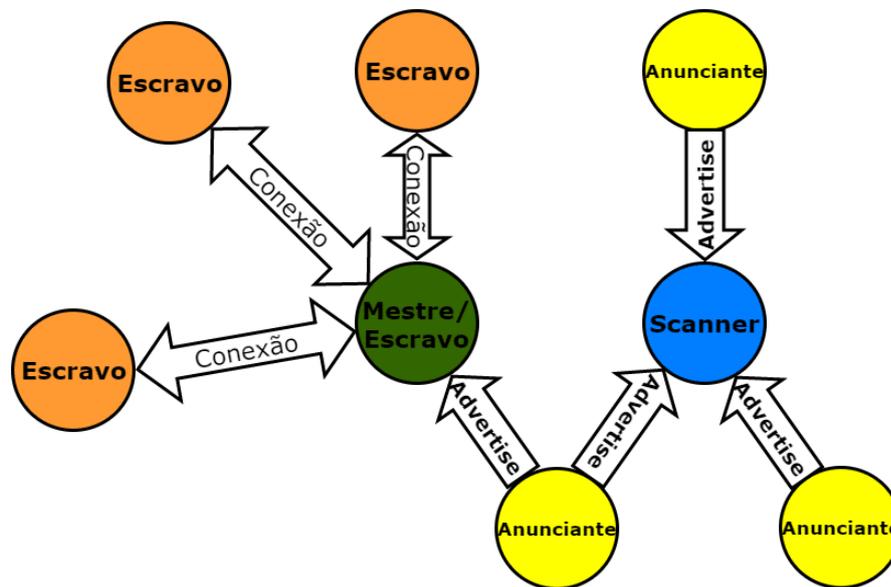
A topologia *Scatternet*, do Bluetooth Clássico, não é encontrada no BLE. Pode-se encontrar apenas a topologia estrela ou uma rede mesh, que é a junção de várias redes em estrela. Contudo, como houve um aumento de 3 bits para 48 bits no espaço destinado aos endereços, um dispositivo mestre consegue ter bilhões de escravos. A figura 3 mostra uma rede *mesh*.

FIGURA 2- SMARTPHONE INTERAGINDO COM UMA CAFETEIRA COM BLE



FONTE: LEANDRO PESSOA (2016).

FIGURA 3 - REDE MESH



FONTE: LEANDRO PESSOA (2016).

### 2.3.2.2 Arquitetura

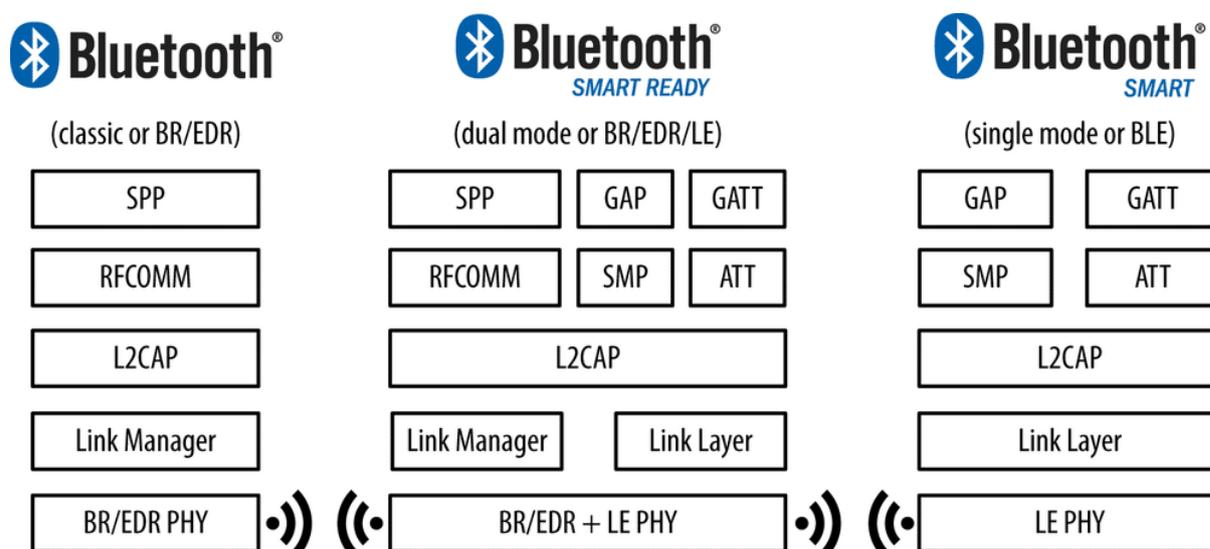
O BLE possui a arquitetura dividida em camadas conforme é apresentado na figura 4. Pode ser separada entre controlador e host. Nessa separação o host corresponde à parcela de cima da pilha de protocolos, já o controlador corresponde à parcela mais abaixo. O controlador é quem permite que o host adormeça por longos períodos, acordando apenas quando for necessário realizar alguma ação.

As especificações ainda permitem um padrão de comunicação de protocolos entre o Host e o Controlador chamado de *Host Controller Interface* (HCI), permitindo a interoperabilidade entre Host e Controladores feitos por empresas diferentes. Essas camadas podem ser integradas por um simples CI (Circuito Integrado) ou um

chip, ou elas podem ser divididas em vários CIs conectados por uma camada de comunicação (UART, SPI, USB, entre outras).

Como apresenta a figura 4, o BLE possui os modos Single e Dual Mode. O Single Mode ou Smart Chip, é geralmente utilizado quando a necessidade é de consumo de energia mínimo. Já o Dual Mode ou Smart Ready Chip une as duas tecnologias, Bluetooth Clássico e Bluetooth Low Energy.

FIGURA 4 – COMPARAÇÃO DAS ARQUITETURAS



FONTE: LEANDRO PESSOA (2016).

Existem 3 configurações utilizadas no mercado atualmente, são:

- único CI SoC (System on Chip);
- dois CIs com HCI;
- dois CIs com interface proprietária.

### 2.3.2.3 Vantagens do BLE sobre o Bluetooth Classic

O *Bluetooth Low Energy* possui uma abordagem diferente do *Bluetooth Clássico*, portanto não é uma tecnologia de sucessão.

Ao se comparar as tecnologias Bluetooth e Bluetooth *Smart*, como apresentado no Quadro 2, fica visível que elas são utilizados para propostas bem diferentes. O BLE é primordial para aplicações que precisam trocar pequenas quantidades de dados periodicamente. Já o *Bluetooth Clássico* pode alcançar altas

taxas de transmissão e transferir grande quantidade de dados, contudo consome a vida útil da bateria com maior rapidez e possui preço maior.

QUADRO 2 - COMPARAÇÃO DE TECNOLOGIAS

	Bluetooth Clássico	Bluetooth Clássico
<b>Preço</b>	Alto	Muito Baixo
<b>Consumo de Energia</b>	Alto	Muito baixo
<b>Aplicação</b>	Transferências com grandes quantidades de dados	Transferências de pequenas quantidades de dados

FONTE: LEANDRO PESSOA (2016).

## 2.4 O SISTEMA OPERACIONAL ANDROID

Segundo Lecheta (2015) o Android é o sistema operacional (SO) móvel que pertence ao Google e atualmente ocupa a liderança mundial nesse segmento, sucesso esse que não se deve somente à força do Google, mas também se deve as gigantes do mercado de mobilidade, como fabricantes de celulares e operadoras que estão presentes no desenvolvimento de toda a plataforma.

Esse grupo que coopera no desenvolvimento da plataforma, de acordo com Lecheta (2015) é chamado de OI-IA (*Open Handset Alliance*) e conta grandes empresas como Intel, Samsung, LG, Motorola, Sony Ericsson, HTC, Sprint Nextel, ASUS, Acer, Dell, Garmin etc.

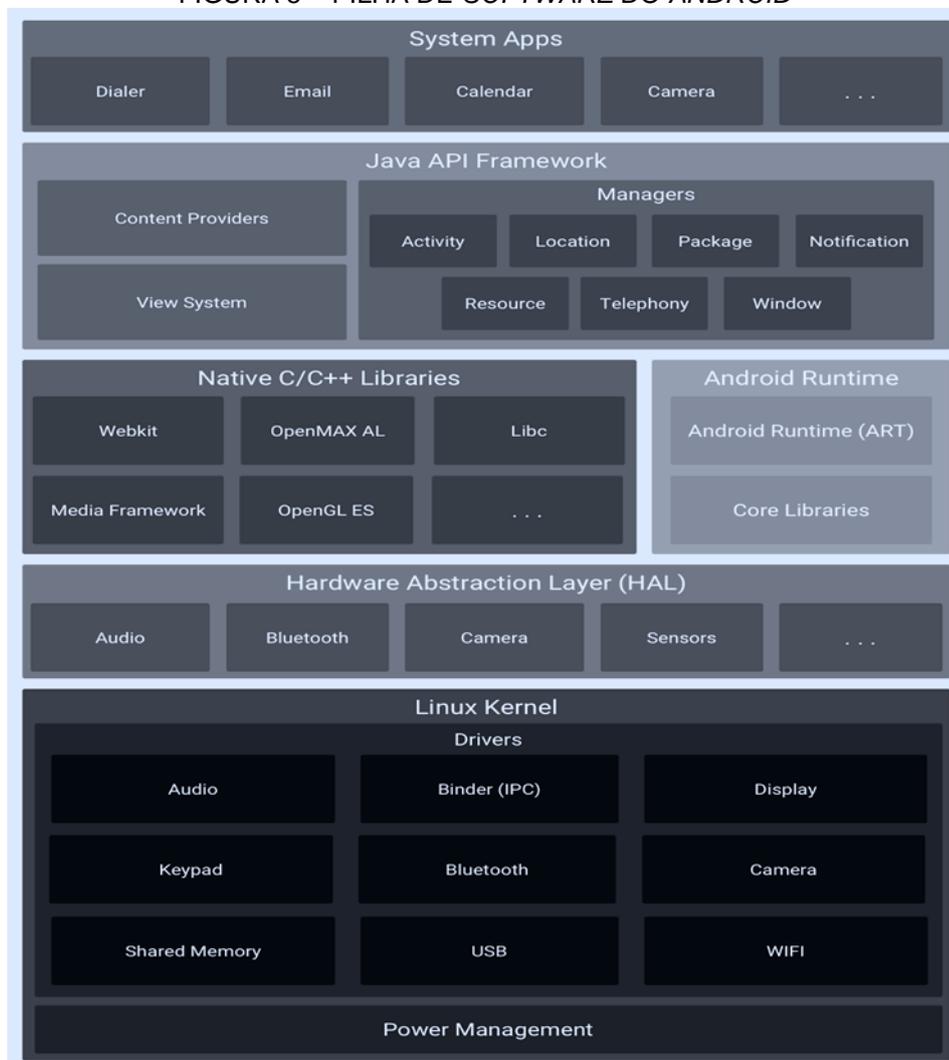
Glauber (2015) afirma que atualmente o SO *Android* está disponível para diversas plataformas, dentre elas estão os *smartphones*, *tablets*, TV (Google TV), relógios (*Android Wear*), óculos (Google) e etc. estando presente em mais de um bilhão de dispositivos. Para Lecheta (2015) o fato de esse sistema operacional ser aberto, contribui de modo contundente para o seu aperfeiçoamento, já que recebe contribuição de desenvolvedores de toda parte do mundo, de modo a promover à adição de novas funcionalidades ou mesmo a correção de falhas. Visto tamanha capilaridade, tal plataforma foi selecionada para somar ao desenvolvimento desse projeto.

### 2.4.1 Especificações do Sistema Operacional *Android*

O SO do *Android*, de acordo com Glauber (2015), possui como base o *kernel* do Linux de código aberto, esse que é responsável pelo controle de processos, *drivers*, memória e energia. Já o *middleware*, gerencia a interação entre os aplicativos instalados no dispositivo, colaborando na comunicação entre eles.

A figura 5 a seguir, apresenta os componentes presentes na pilha de *software* da plataforma *Android*.

FIGURA 5 – PILHA DE SOFTWARE DO ANDROID



FONTE: ANDROID DEVELOPER (2018).

Lecheta (2015) afirma que cada aplicativo no *Android* inicializa um novo processo no sistema operacional, podendo exibir uma tela ao usuário ou ficar em

execução em segundo plano. Os processos podem ser executados paralelamente, sendo que o *kernel* do SO fica responsável por realizar todo o controle de memória, podendo optar por encerrar algum processo para liberação de memória e recursos e, quando a situação estiver resolvida, reiniciar esse mesmo processo.

A segurança do Android, segundo ainda Lecheta (2015), é baseada na segurança do Linux, onde cada aplicação é executada em um processo único, esse, que por sua vez, contém uma *thread* dedicada, logo, para cada aplicação instalada no dispositivo é concebido um novo usuário no SO para acessar a sua estrutura de diretórios. Assim, outros usuários não têm acesso à essa aplicação.

#### 2.4.2 Ambiente para Desenvolvimento

Para desenvolvimento de aplicativos Android, pode-se utilizar de um computador com sistema operacional Microsoft Windows, Linux ou Mac OS X, sendo que o único pré-requisito é ter o JDK (*Java Development Environment*) instalado, esse que pode ser baixado de modo gratuito no *site* da Oracle.

De acordo com Glauber (2015), no que diz respeito a IDE (*Integrated Development Environment*), são disponibilizadas pelo Google duas opções para desenvolvimento: o *Android Development Tools* (ADT) e o *Android Studio* (AS).

Sendo que a primeira trata-se de uma versão do Eclipse que conta com *plugin* do *Android* e que traz inúmeras ferramentas para auxílio no desenvolvimento, análise e depuração dos aplicativos. Já a segunda, é uma personalização do IntelliJ IDEA, lançada em 2013, vindo a ser a IDE oficial para o desenvolvimento de aplicativos *Android*, sendo esse o ambiente selecionado para o desenvolvimento desse projeto.

#### 2.4.3 O Android Studio

O Android Studio, segundo afirma a *Android Developers*, além do editor de código e das ferramentas avançados do IntelliJ para o desenvolvedor, possui inúmeros recursos para aumentar a produtividade na criação de aplicativos *Android*, como:

- Um sistema de compilação flexível baseado no Gradle.
- Um rápido emulador com diversos recursos.

- Um ambiente unificado compatível para o desenvolvimento de todos os tipos de dispositivos *Android*.
- *Instant Run* para executar alterações nos aplicativos em execução sem precisar compilar um novo APK.
- Exemplos de códigos e integração com *GitHub* para ajudar na criação de recursos comuns dos aplicativos.
- Ferramentas e estruturas de teste com inúmeras possibilidades
- Ferramentas de verificação de código para se detectar problemas de desempenho, usabilidade, compatibilidade com versões e etc.
- Compatibilidade com C++ e NDK.
- Compatibilidade integrada com o *Google Cloud Platform*, facilitando a integração do *Google Cloud Messaging* e do *App Engine*.

## 2.5 COMPUTAÇÃO EM NUVEM

A computação na nuvem, de acordo com a Amazon Web Services (2018), trata-se da entrega sob demanda de armazenamento de banco de dados, aplicações, poder computacional e outros recursos de TI por meio de uma plataforma de serviços de nuvem via Internet com preços definidos de acordo com o uso.

Segundo Kim (2011), esse tipo de plataforma vem se desenvolvendo com um potencial de modificar grande parte da indústria de tecnologia da informação (TI), fazendo com que os serviços e custos ligados ao desenvolvimento de aplicativos vinculados a essa sejam cada vez mais interessantes. Os modelos mais evidentes de serviços de computação na nuvem são: *Plataform as a Service (PaaS)*, *Infrastructure as a Service (IaaS)* e *Software as a Service (SaaS)*, porém, observa-se que o serviço que mais se destaca no que diz respeito ao desenvolvimento de aplicativos para dispositivos móveis é o *SaaS*.

A *Amazon Web Services* (2018) afirma que a grande vantagem caso se esteja executando aplicações que compartilham, por exemplo, fotos com milhões de usuários de dispositivos móveis ou mesmo no apoio à operações essenciais de uma empresa, uma plataforma de serviços em nuvem oferece acesso rápido à recursos de TI flexíveis e de baixo custo.

A utilização de computação em nuvem, torna desnecessário a realização de grandes investimentos iniciais em hardware e o gasto de tempo nas atividades de manutenção e gerenciamento desse hardware, antes, torna possível se fazer uma previsão mais exata referente ao tipo e o tamanho correto de recursos computacionais necessários para executar um novo projeto, assim, se pode acessar quantos recursos forem necessários, de modo quase instantâneo, pagando apenas pelo que for usado.

### 2.5.1 Banco de Dados Não-Relacional

A estrutura de banco de dados não-relacional (*NoSQL*), se trata, segundo afirma a *Data Science Academy* (2016), de um tipo de banco de dados cujo projeto foi desenvolvido para suportar os requisitos de aplicações em nuvem e arquitetado de modo que supere em escala, desempenho, no modelo de armazenamento de dados e, principalmente, nas limitações dos bancos de dados relacionais.

O banco utilizado para o presente trabalho foi o *Firebase Realtime Database* que, como informa o *Firebase* (2018), é um banco de dados *NoSQL* hospedado na nuvem, que possui otimizações e funcionalidades diferentes de um banco de dados relacional, visto que, ao contrário das tabelas utilizadas nos bancos de dados relacionais, possui seus dados armazenados como *JSON*, dados esses que são sincronizados em tempo real com todos os clientes conectados.

Essa ferramenta possibilita criar aplicativos em plataformas cruzadas, como por exemplo, para *iOS*, *Android* e *JavaScript*, compartilhando uma instância do *Realtime Database* com todos os cliente que recebem automaticamente atualizações.

O *Firebase* (2018) informa ainda que a API do *Realtime Database* foi desenvolvida especificadamente para facilitar operações rápidas, o que possibilita uma excelente experiência em tempo real para o usuário.

Nesse contexto, para esse trabalho foi selecionada a plataforma *Firebase*, o que pela demanda atual do projeto, não se justificaria, porém, no intuito de aprendizado, visto o crescimento exponencial na utilização de bancos *NoSQL*, e o crescimento de tecnologias que se beneficiam com esse, tais como *Big Data*, *IOT* e o desenvolvimento de aplicativos para dispositivos móveis, optou-se pela utilização dessa plataforma para o projeto. Além disso, a escolha se deu também devido a sua

ampla documentação e facilidade para integração para desenvolvimento em *Android*.

### 2.5.2 O Firebase

O Firebase, de acordo com o Firebase Services (2018), é uma plataforma do Google que possui diversas ferramentas, além de uma excelente infraestrutura de suporte para desenvolvedores web e mobile na criação de aplicações de alta qualidade, agilidade e performance.

Esta plataforma é dividida em quatro seguimentos de serviços: Analytics, Develop, Grow e Earn.

#### 2.3.2.4 Firebase Analytics

O Firebase Analytics é uma das ferramentas dentro dessa plataforma. Trata-se de um serviço gratuito e ilimitado, utilizado para produzir as métricas da aplicação desenvolvida e para mensurar o comportamento do usuário. Atualmente está disponível para aplicações iOS e Android.

#### 2.3.2.5 Firebase Develop

Com a missão de poupar tempo e fornecer um aplicativo de alta qualidade, esta plataforma contém vários recursos para os desenvolvedores, são eles:

- *Cloud Messaging*: O *Firebase Cloud Messaging* – FCM permite a entrega/recebimento de mensagens e notificações entre as plataformas iOS, Android e Web.

- *Authentication*: Este recurso de autenticação é fundamental para as aplicações onde é necessário saber a identidade do usuário e manter o controle do acesso ao app. Também, com o *Firebase Authentication*, é possível utilizar provedores de identidades federais para autenticação como as contas do Google, Facebook, Twitter e GitHub.

- *Realtime Database*: O *Firebase* também disponibiliza um banco de dados NoSQL (*Firebase Realtime Database*) hospedado em nuvem, onde os dados são

armazenados como JSON e sincronizados em tempo real com todos os clientes conectados.

- *Storage*: Útil para armazenar arquivos como imagens, vídeos e áudio, além de outros conteúdos gerados por usuários.

- *Hosting*: Este serviço é oferecido para hospedar HTML, CSS e JavaScript para seu site, além de outros ativos fornecidos pelo desenvolvedor, como gráficos, fontes e ícones. O *Firebase Hosting* possui certificado SSL fornecido automaticamente, é ideal para aplicativos web e web para dispositivos móveis.

- *Remote Config*: Armazena pares de chave-valor especificados pelo desenvolvedor que permite alterar o comportamento e a aparência do aplicativo sem exigir que os usuários baixem uma atualização do app.

- *Test Lab*: O *Firebase Test Lab* fornece toda infraestrutura em nuvem que você precisa para testar seus aplicativos *Android* e mesmo que você não tenha escrito o código de teste para o app, o *Test Lab* pode operar no seu aplicativo automaticamente em busca de falhas. Todos os resultados do teste são disponibilizados no *Firebase* console.

- *Crash Reporting*: Este recurso é capaz de criar relatórios de erro detalhados para os aplicativos *Android* e *iOS*. Os erros são agrupados em conjuntos e são organizados de acordo com a gravidade do impacto para os usuários. Até o momento está na versão beta e já demonstra ser um excelente aliado para os desenvolvedores.

#### 2.3.2.6 Firebase Grow

Entre outros recursos para auxiliar no desenvolvimento das aplicações, o *Firebase* também possui ferramentas voltadas a atração e engajamentos dos usuários para a aplicação, estes recursos são:

- *Notifications*: Com este recurso é possível gerenciar campanhas através de notificações do seu app e se integrado ao *Firebase Analytics* é possível enviar mensagens a um segmento específico de usuários.

- *App Indexing*: através dessa ferramenta se pode aumentar a visibilidade do seu app em pesquisas do Google e do *Now on Tap* em dispositivos *Android*. Um recurso interessante é que se os usuários ao buscarem um conteúdo relacionado,

eles poderão iniciar o aplicativo diretamente dos resultados de busca, caso o app estiver instalado no dispositivo, e caso não esteja, é exibido uma opção para instalação do aplicativo.

- *Invites*: O *Invites*, é uma solução desenvolvida para indicações e compartilhamento de aplicativos. Permite que os usuários do app compartilhem o aplicativo ou o conteúdo por e-mail ou SMS.

- *AdWords*: Este recurso conectado ao *Firebase Analytics* permite que se mostre anúncios direcionados a segmentos de usuários, assim, é possível otimizar a performance de uma campanha de forma eficaz.

### 2.3.2.7 Firebase Earn

Como ferramenta para se obter ganhos financeiros em aplicativos através da exibição de anúncios, o Firebase disponibiliza o AdMob, através do qual se possibilita monetizar o app mobile com publicidade segmentada dentro do aplicativo e assim gerar receita sem prejudicar a experiência do usuário.

Em suma, o Firebase é uma ferramenta robusta e ágil que fornece tudo que um desenvolvedor precisa para desenvolver aplicações web e mobile para distribuição em massa, desde o desenvolvimento e testes, até a publicação e divulgação do aplicativo nas devidas plataformas.

## 2.6 CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS DA PULSEIRA

A seguir descreve-se as características construtivas do projeto incluindo placa controladora, sensores, alimentação, display e mecânica da pulseira.

### 2.6.1 A Placa Controladora – ESP32

Como placa controladora foi utilizada a placa de desenvolvimento da Espressif Systems chamada ESP32, cuja descrição está no item seguinte.

### 2.6.1.1 O ESP32

O ESP32 é um sistema de baixo consumo e baixo custo em uma série de chips (SoC) criado pela Espressif Systems, o mesmo possui um diferencial em conter *Wi-Fi* e recursos *Bluetooth* de modo duplo. Este microcontrolador é um sucessor do ESP8266 com novos recursos e melhorias. O Quadro 3 apresenta um comparativo entre o ESP32, ESP8266 e o ARDUINO UNO R3.

A série de chips ESP32 atualmente inclui ESP32-D0WDQ6 (e ESP32-D0WD), ESP32-D2WD e ESP32-S0WD. No seu interior, há um microprocessador Tensilica Xtensa LX6 de núcleo duplo (ou núcleo único) com uma taxa de *clock* de até 240 MHz.

O ESP32 possui inúmeras integrações devido aos *switches* de antenas, RF *balun*, amplificador de potência, amplificador de baixa ruído, filtros e módulos de gerenciamento de energia embutidos nele.

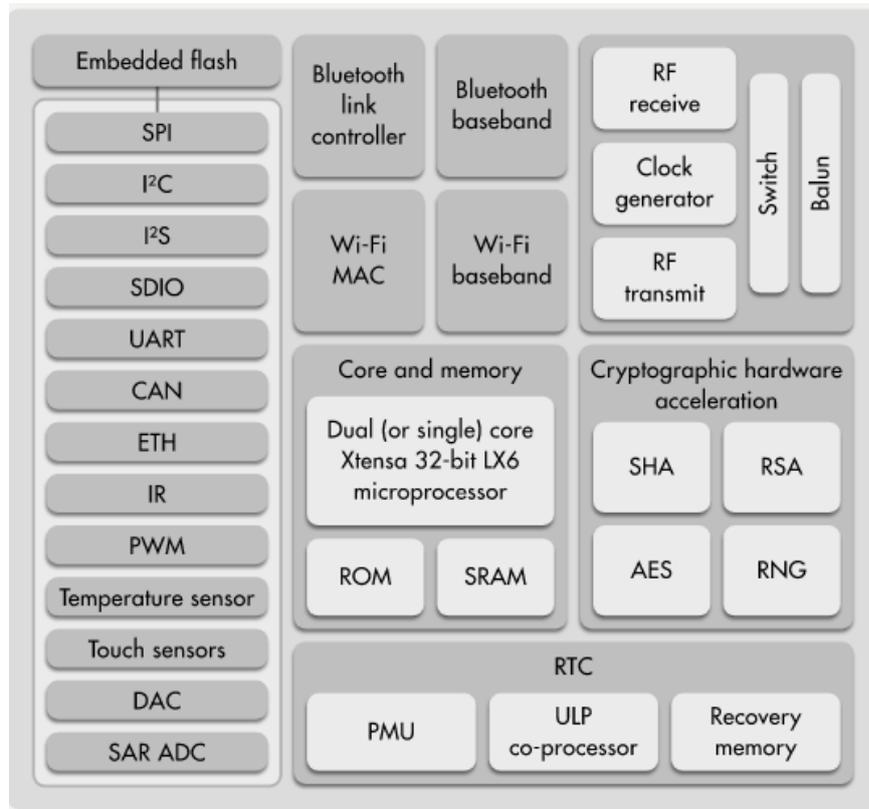
Projetado para dispositivos móveis, eletrônicos vestíveis e aplicações IoT, o ESP32 consegue um consumo de energia ultra-baixo através de recursos de economia de energia, incluindo *clock* com ajuste fino, vários modos de energia e escala de energia dinâmica.

QUADRO 3 – COMPARATIVO ENTRE MICROCONTROLADORES

	ESP32	ESP8266	ARDUINO UNO R3
<b>CORES</b>	2	1	1
<b>ARQUITETURA</b>	32 bits	32 bits	8 bits
<b>CLOCK</b>	160 MHz	80 MHz	16 MHz
<b>Wi-Fi</b>	sim	sim	não
<b>BLUETOOTH</b>	sim	não	não
<b>RAM</b>	512 Kb	160 Kb	2 Kb
<b>FLASH</b>	16 Mb	16 Mb	32 Kb
<b>GPIO</b>	32	17	14
<b>INTERFACES</b>	SPI, I2C, UART, I2S,CAN	SPI, I2C, UART, I2S	SPI, I2C, UART
<b>ADC</b>	18	1	6
<b>DAC</b>	2	0	0

FONTE: O autor (2018)

FIGURA 6 – DIAGRAMA DE BLOCOS DAS FUNÇÕES



FONTE: (Espressif Systems, 2017).

### 2.6.1.2 Especificações do ESP32

As especificações do ESP32 são descritas nos seguintes tópicos:

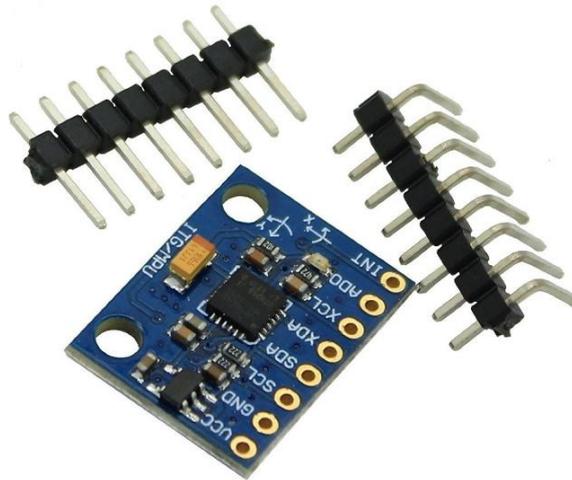
- processador principal: microprocessador lx6 Tensilica Xtensa de 32 bits;
- núcleos: 2 ou 1 (dependendo da variação);
- frequência do *clock*: até 240 MHz;
- desempenho: até 600 DMIPS;
- conectividade sem fio:
  - *Wi-Fi*: 802.11 b / g / n / e / i (802.11n @ 2.4 ghz até 150 mbit/ s);
  - *Bluetooth*: v4.2 BR / EDR e *Bluetooth Low Energy* (BLE);
- baixa potência: as opções de baixa potência utilizam o co-processador ULP para garantir que se possa fazer conversões ADC, computação e limiares de nível dentro do *deep sleep*;
- memória:
  - memória interna:
    - ROM: 448 kB (para inicializar e funções principais);
    - SRAM: 520 kB (para dados e instruções);
    - RTC *Slow* SRAM: 8 kB;
    - RTC Fast SRAM: 8 kB;
    - eFuse: 1 kbit;
- flash interno: 0 MB ou 2 MB (dependendo da variação);
- flash externo e SRAM: ESP32 sem flash incorporado suporta até 4 × 16 MB de flash externo QSPI e SRAM de 8 MB com criptografia de hardware baseada em AES para proteger os programas e dados do desenvolvedor;
  - entrada / saída periférica: interface periférica com DMA que inclui toque capacitivo, ADCs (conversor analógico-digital), DAC (conversor digital-analógico), I<sup>2</sup>C (Inter-Integrated Circuit), UART (receptor / transmissor assíncrono universal ), CAN 2.0 (Rede De Controle De Área), SPI (Interface Periférica Serial), I<sup>2</sup>S (Integrated Inter-IC Sound), RMI (Reduced Media-Independent Interface), PWM (modulação de largura de pulso), entre outros, que podem ser observados na figura 7.



### 2.6.2.1 Acelerômetro e Giroscópio - Módulo GY-521

Esta placa sensor utiliza o MPU-6050, uma UMI (Unidade de medida Inercial) que combina 3 eixos de giroscópio e 3 eixos de acelerômetro juntamente com um processador digital de movimento. O MPU-6050 suprime problemas de alinhamento de eixos que podem surgir em partes distintas. O módulo pode ser visualizado na figura 8 a seguir.

FIGURA 8 - VISTA DO MÓDULO GY-521



FONTE: (AMAZON, 2017).

#### 2.6.2.1.1 Princípios de Funcionamento do Módulo GY-521

O acelerômetro é um equipamento utilizado para mensurar a aceleração própria. A aceleração própria é diferente daquela estabelecida através da relação entre velocidade e tempo. Sendo que esta considera a sensação de peso medida em um dado referencial (PAULA, 2015).

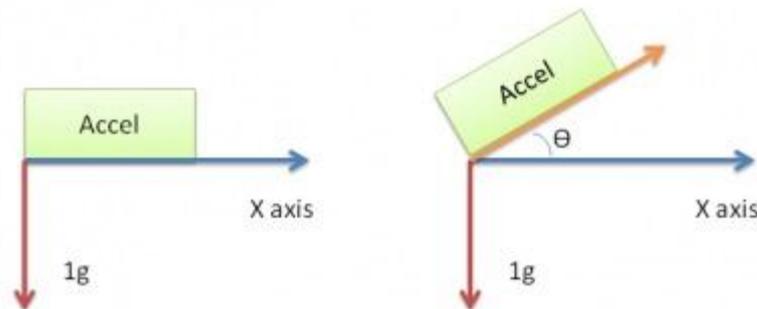
Os acelerômetros podem funcionar a partir de variados efeitos físicos e possui uma grande faixa de valores de aceleração. Esses dispositivos são utilizados comumente em sistemas de posição, sensores de vibração e sensores de inclinação.

Na Terra, ao se considerar o acelerômetro colocado em uma superfície plana, o valor medido será de aproximadamente  $9,81 \text{ m/s}^2$ . A aceleração é medida em força-g, na maioria dos casos, que basicamente é a aceleração sentida como peso. Na superfície da Terra e em condições normais pode-se experimentar 1g.

Na maioria das vezes, a aceleração é tratada como um vetor que pode ser usado para encontrar a orientação do dispositivo, pela *pitch* (inclinação) e *roll* (rotação). Ao se acionar o dispositivo, a aceleração de 1g é distribuída entre os três eixos. Com esse dado é possível calcular o ângulo do dispositivo em cada um dos 3 eixos. A resposta do acelerômetro não é linear, mas senoidal, logo não se pode somente converter força-g de forma proporcional para determinar em graus.

O modo mais simples para medir a inclinação, é a utilização de somente um eixo. Assim, o inverso da função seno dará o ângulo, como pode ser visto na figura 9.

FIGURA 9 – INCLINAÇÃO CONSIDERANDO UM EIXO

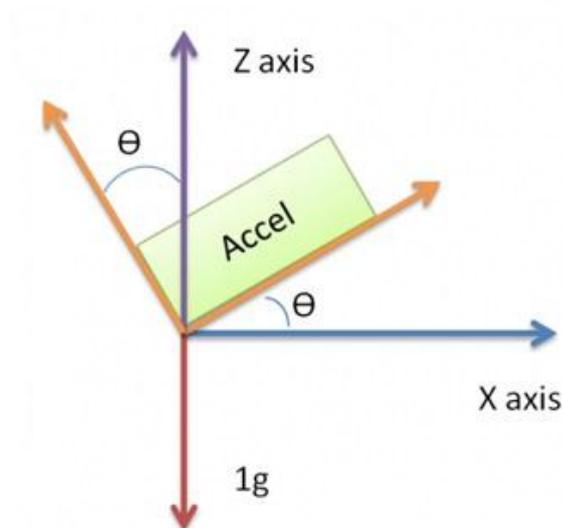


FONTE: PAULA (2015).

Logo,  $\Theta = \text{sen}^{-1}(x)$ . Contudo, devido à natureza da onda senoidal, pode-se medir a inclinação de modo mais confiável entre  $-45^\circ$  a  $45^\circ$ . Além dessa margem, a sensibilidade das medições é substancialmente diminuída.

A utilização de dois eixos é um método um pouco mais confiável para o cálculo da inclinação. Dessa forma, pode-se medir de  $-90^\circ$  a  $90^\circ$ , sem perda de sensibilidade. A figura 10 apresenta a inclinação considerando 2 eixos.

FIGURA 10 – INCLINAÇÃO CONSIDERANDO 2 EIXOS



FONTE: PAULA (2015).

Com base na figura 9, encontram-se as seguintes relações trigonométricas:

$$\tan \theta = \frac{x}{z} \therefore \theta = \tan^{-1} \frac{x}{z}$$

Usando dois eixos melhora consideravelmente a precisão de medição do ângulo. Porém, se o dispositivo for ligeiramente girado na direção do eixo Y, as medições serão imprecisas, já que parte dos componentes do vetor do eixo Z serão perdidos em relação ao eixo Y.

Para melhor precisão na medida da inclinação, devem-se usar os três eixos para determinar o ângulo. Essencialmente, a mesma função  $\tan^{-1}$  é utilizada, mas ao invés de dividir por um único eixo, a magnitude é calculada entre outros dois eixos.

$$\theta = \tan^{-1} \left( \frac{x}{\sqrt{z^2 + y^2}} \right)$$

Através da equação apresentada acima, pode-se calcular o ângulo entre o vetor de gravidade e o eixo X. Dependendo de como o acelerômetro é colocado na superfície, o ângulo pode ser *pitch* (inclinação) ou *roll* (rotação). Basicamente, é preciso determinar quais eixos serão considerados *pitch* e *roll*.

O cálculo de *pitch* e *roll* podem ser verificados nas seguintes equações:

$$Pitch = \tan^{-1}\left(\frac{x}{\sqrt{z^2 + y^2}}\right)$$

$$Roll = \tan^{-1}\left(\frac{y}{\sqrt{z^2 + y^2}}\right)$$

É possível suavizar os dados através de fusão do acelerômetro com o giroscópio e a utilização de filtro. O giroscópio trata-se de um sensor que pode monitorar a orientação, direção, movimento angular e rotação. No smartphone, um sensor giroscópio geralmente executa funções de reconhecimento de gestos. Além disso, os giroscópios em *smartphones* ajudam a determinar a posição e orientação do aparelho.

#### 2.6.2.1.2 Comunicação no Módulo GY-521

Esse sensor utiliza o protocolo de comunicação I2C. O I2C é um protocolo de baixa velocidade de comunicação criado pela Philips para comunicação entre placa mãe e dispositivos, Sistemas Embarcados e circuitos de celulares.

O I2C, além de definir um protocolo, é também composto do barramento que é conhecido como TWI (*Two Wire Interface*), um barramento de dois fios composto por um fio para *Clock* (SCL) e outro para Dados (SDA). Cada um conectado a um resistor que funciona como *Pull Up* para o VCC.

O I2C é composto por dois tipos de dispositivos, mestre e escravos, sendo que normalmente um barramento é controlado por um mestre, e possui diversos outros escravos, porém é possível implementar um barramento com outros mestres que solicitam o controle temporariamente do barramento.

Cada dispositivo no barramento é identificado por um endereço 10 bits, alguns dispositivos podem ser de 7 bits.

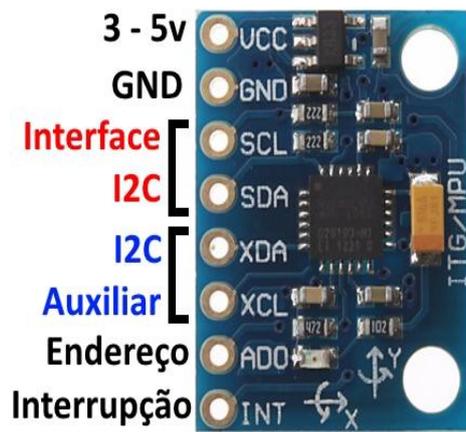
### 2.6.2.1.3 Especificações Técnicas do Módulo GY-521

O referido módulo possui os seguintes pinos:

- Vcc: Alimentação de 3,3V à 5 V;
- GND: 0 V;
- SCL (*Slave\_Clock*): *Clock* de saída para o Mestre (Protocolo I2C);
- SDA (*Slave\_Data*): Dados de saída para o Mestre (Protocolo I2C);
- XDA (*AUX\_Data*): *Clock* de entrada para comunicação com dispositivo auxiliar;
- XCL (*AUX\_Clock*): Data de entrada para comunicação com dispositivo auxiliar;
- ADO: Define o endereço de I2C, se 0 V o endereço é 0x68, se 3,3 V o endereço é 0x69. Esse pino tem um resistor *Pull Down*, mantendo 0V no pino, caso não seja forçado valor contrário;
- INT: Interrompe a saída.

O *pinout* do módulo pode ser observado na figura 11.

FIGURA 11 - VISTA DOS PINOS DO MÓDULO GY-521



FONTE:(THOMSEN, 2014).

### 2.6.2.2 Sensor de Frequência Cardíaca

Para aquisição de dados referentes a batimentos cardíacos foi utilizado um sensor de batimentos cardíacos da empresa *World Famous Electronics Ilc*, que é uma empresa com hardware de código aberto. O hardware do sensor é composto por um foto sensor e por um LED verde de alto brilho, diodo de proteção, um filtro ativo para melhorar a visualização da forma de onda dos pulsos e mais alguns componentes parte do circuito de amplificação do sinal aferido.

O ritmo cardíaco é o número de batimentos do coração por unidade de tempo, geralmente apresentado em batimentos por minuto ou bpm.

Devido ao baixo consumo de energia (4mA), e por ser de fácil utilização, o sensor de batimentos cardíacos que pode ser visualizado na figura 12, se mostra aplicável para projetos embarcados e dispositivos vestíveis.

O batimento cardíaco é lido por esse sensor através da fotopletismografia, onde pode-se identificar a variação do volume de sangue pela luz. Grande parte da luz é absorvida ou refletida pelos órgãos, porém um pouco de luz passa pelos tecidos se forem finos o suficiente.

O sangue, que é vermelho, absorve a luz verde, através da reflexão da luz do LED o fotodiodo consegue detectar quantidade de sangue que está fluindo no momento da leitura, já que durante o bombeamento do sangue através do corpo, o sangue é comprimido para dentro dos tecidos capilares, assim o volume dos tecidos aumenta ligeiramente. Em seguida, entre batimentos cardíacos, o volume diminui.

FIGURA 12 - VISTA DO SENSOR DE FREQUÊNCIA CARDÍACA



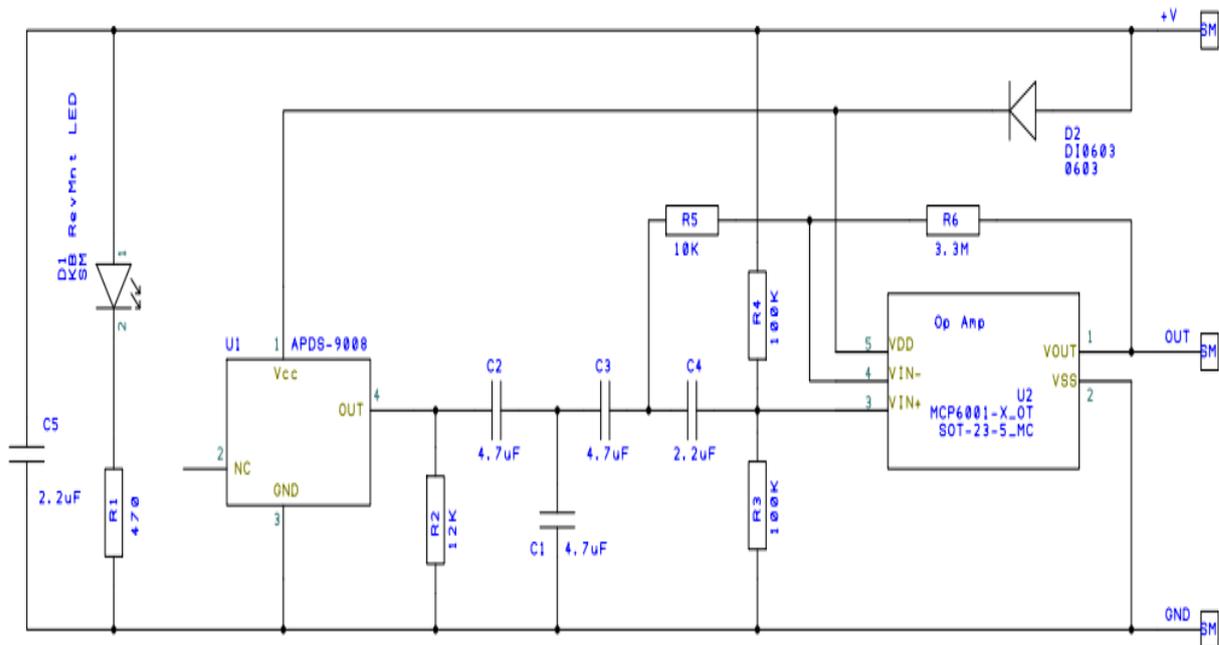
FONTE: (AUTOCORE ROBÓTICA, 2017).

Essa mudança de efeitos de volume afeta a quantidade de luz que passa através do corpo. A variação é muito pequena, por isso torna-se necessária a utilização de um circuito eletrônico de amplificação e filtragem para percebê-la.

Como fonte de luz é utilizado um LED verde de alto brilho e como detector de luz é utilizado um sensor de fotodiodo. É de suma importância o alinhamento dos dois dispositivos, de modo que o comprimento de onda de saída de luz do LED seja detectado pelo fotodiodo.

O fotodiodo é um dispositivo que gera uma pequena tensão e corrente, quando atingido por fótons de luz. Para se evitar ruídos o fotodiodo precisa ser protegido de luz ambiente.

FIGURA 13 – ESQUEMÁTICO DO SENSOR DE FREQUÊNCIA CARDÍACA



Pulse Sensor Amplified    Designed by Joel Murphy    Licensed under the TAPR Open Hardware License ([www.tapr.org/OHL](http://www.tapr.org/OHL))  
Serina 2012

FONTE: (Murphy, 2012)

Para amplificar o pequeno sinal que sai do fotodiodo, é utilizado um conversor de corrente para tensão, circuito muito conhecido em eletrônica analógica que pode ter o esquemático conferido na figura 13.

### 2.6.2.2.1 Especificações Técnicas do Sensor de Frequência Cardíaca

O sensor apresenta as seguintes especificações:

- tensão de operação: 3 - 5V;
- fácil conexão com o microcontroladores;
- sensor ótico integrado;
- dimensões: 16 x 2,7mm, essas que são bem reduzidas, facilitando a utilização em dispositivos vestíveis;
- ampla documentação para IDE Arduino.

### 2.6.2.3 Botão - Push-Button Lilypad

Um Push-button (botão de pressão) é uma chave que contém um botão que ao ser pressionado abre ou fecha os contatos de um circuito, abrindo ou fechando o circuito onde ele está conectado, geralmente possui ação de contato momentânea, ou seja, a conexão é aberta ou fechada apenas momentaneamente, enquanto o botão estiver sendo pressionado. (REIS, 2016)

Esse tipo de chave pode ser Normalmente Fechada / NF (Normally Closed / NC), quando a conexão entre os contatos está estabelecida por padrão e é interrompida ao pressionamento do botão; ou então Normalmente Aberta / NA (Normally Open / NO), caso no qual a conexão é fechada (estabelecida) ao pressionarmos o botão.

A chave *Push-Button LilyPad*, que pode ser observada na figura 14, foi projetada para utilização em dispositivos vestíveis, podendo ser usada para ativação de sensores, luzes, leds, *buzzers* e outros dispositivos. (FILIPFLOP, 2017)

Além da utilização com fios, a chave pode ser soldada no circuito.

Essa que possui as seguintes especificações:

- material chave: plástico e metal;
- dimensões: 30 x 7 x 2 mm.

FIGURA 14 – VISTA DO *PUSH-BUTTON* LILYPAD 1027



FONTE: (FILIPFLOP, 2017).

### 2.6.3 Alimentação do Dispositivo

O dispositivo será alimentado por uma bateria recarregável, essa que poderá ser recarregada por um módulo carregador via USB micro-B. As características da bateria e do módulo carregador serão descritas a seguir.

#### 2.6.3.1 A Bateria

De acordo com Rosolem et al. (2012), os principais desafios tecnológicos a serem vencidos em relação à bateria para aplicação são:

- alta confiabilidade;
- alto desempenho (ciclos de vida e profundidade de descarga);
- alta densidade energética (Wh/kg e Wh/l);
- ampla faixa de temperatura de operação;
- tempo de recarga reduzido;
- vida útil elevada;
- peso e volume reduzidos;
- custo razoável;
- segurança;
- não agressividade ao meio ambiente.

Rosolem et al. (2012) afirmam ainda que, as baterias à base de lítio mostram maiores níveis de potência e energia por unidade de massa, uma vez que o lítio é um elemento leve e apresenta um alto potencial redox. Sua energia específica é duas vezes maior em comparação à energia da bateria de níquel-hidreto metálico, e quatro vezes maior em relação aos níveis da bateria chumbo-ácida, além do aspecto de baixo impacto ambiental de seus materiais constituintes.

Para este trabalho foi selecionada a bateria Li-Po (Lítio-Polímero), tendo em vista o tamanho, a capacidade de 300 mAh e a possibilidade de ser carregada.

#### 2.6.3.2 Módulo Carregador de Baterias de Lítio TP4056

O Módulo carregador de baterias TP4056 para baterias de lítio possui um LED (*Light Emitting Diode*) indicador de carga, conexão via cabo mini USB (Universal Serial Bus), possibilitando que as baterias sejam recarregadas sem a necessidade de removê-las do circuito. Ele pode ser visualizado na figura 15.

FIGURA 15 - MÓDULO CARREGADOR DE BATERIAS DE LÍTIO TP4056



FONTE: (FILIPFLOP, 2017).

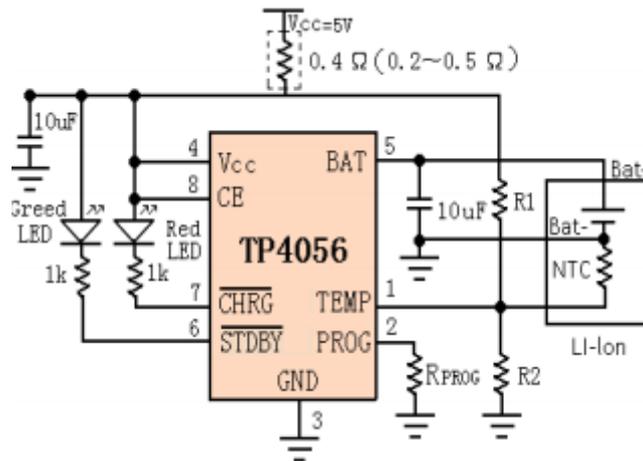
Este módulo é indicado para utilização em robôs, drones e outros equipamentos, microcontrolados ou não, onde se pode usufruir da facilidade de recarga no próprio aparelho. Basta que seja conectada a bateria nos terminais B+ e B- e o módulo alimentado por meio de um cabo mini-usb. O LED vermelho indica que a bateria está sendo carregada, e o LED verde indica que o processo de carga foi finalizado.

#### 2.6.3.1.1 Especificações Técnicas do Módulo Carregador

O módulo carregador de baterias de lítio TP4056 funciona de acordo com o circuito apresentado na figura 16 e possui as seguintes especificações:

- tensão de operação: 5V
- capacidade máxima de carga: 1A (ajustável);
- tensão de corte na saída: 4.2V +/- 1%;
- proteção contra sobrecarga;
- conexão mini USB;
- LEDs indicadores;
- temperatura de operação: -10°C à 85°C;
- dimensões: 26 x 17 x 5mm.

FIGURA 16 – ESQUEMÁTICO DO CARREGADOR DE BATERIAS DE LÍTIO TP4056



FONTE: (FILIPFLOP, 2017)

## 2.6.4 Periféricos Externos

O dispositivo possui dois periféricos externos, o display OLED (Organic Light-Emitting Diode) e o motor de vibração, esses que serão apresentados e especificados a seguir.

### 2.6.4.1 Display OLED

O OLED é um dispositivo de estado sólido composto por camadas finas de compostos orgânicos de reduzida espessura, entre 0,0001-0,0005 milímetros. O principal fenômeno de funcionamento de um OLED é baseado na eletroluminescência, isto é, na emissão de luz por parte do material quando sujeito a um campo elétrico (Oliveira & Falcão, 2015).

A estrutura comum de um OLED está baseada em cinco componentes. Na base encontra-se presente uma lâmina de vidro ou um plástico transparente, como substrato, no qual é depositado o dispositivo. No centro estão localizadas duas camadas orgânicas, uma designada como camada orgânica condutora e outra camada orgânica emissora. Estas camadas, por sua vez, encontram-se entre dois eletrodos, sendo um o terminal positivo (ânodo) e outro o terminal negativo (cátodo).

Quando uma tensão elétrica é aplicada nos eletrodos deste dispositivo ocorre uma série de fenômenos físicos que resultam na emissão de luz. A cor da luz produzida depende do tipo de plástico utilizado como camada orgânica emissora. A intensidade e o brilho da luz emitida dependem da quantidade de tensão elétrica

aplicada, sendo que quanto mais elevada esta for maior intensidade e brilho terá a luz.

Existem vários tipos de OLEDs que possuem funcionamentos diferenciados, como é o caso do OLED branco, que emite luz branca mais brilhante, mais uniforme e com mais eficiência energética do que a luz emitida pelas lâmpadas fluorescentes, sendo assim uma potencial solução para a substituição destas, resultando uma redução de custos energéticos.

Outro tipo de OLED são os OLEDs flexíveis e, como o próprio nome indica, possuem flexibilidade, são muito leves e de longa duração, sendo assim muito utilizados, por exemplo, em celulares reduzindo a possibilidade de quebra da tela.

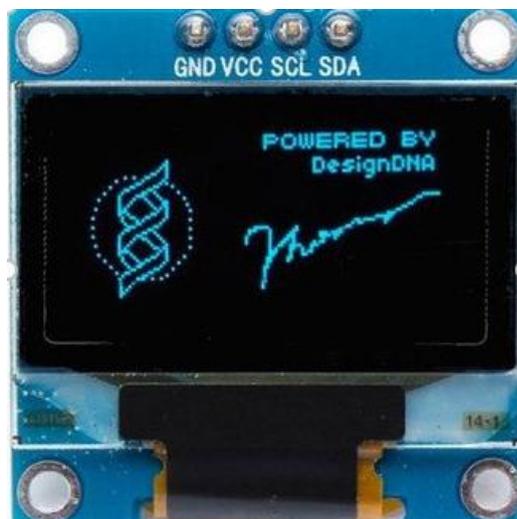
Os OLEDs já são comercializados no mundo da tecnologia, sendo encontrados em televisões, computadores, smartphones, tablets e câmeras fotográficas. No entanto, é uma área que está em crescente desenvolvimento com perspectiva em muitas aplicações em diversos ramos da tecnologia.

Os OLEDs apresentam um conjunto de vantagens ligadas à sua utilização em aplicações presentes na vida diária da sociedade, como a flexibilidade, leveza, incremento da intensidade e brilho da luz emitida.

#### 2.6.4.1.1 Especificações Técnicas do Display OLED

Para o projeto foi selecionado o Display OLED apresentado na figura 17.

FIGURA 17 – DISPLAY OLED 0.96" I2C AZUL



FONTE: (ELETROGATE, 2019)

O display apresenta as seguintes especificações:

- Tensão de operação: 3 à 5V.
- Controlador SSD1306.
- Cor: Azul.
- Nível lógico: compatível 3,3 e 5V.
- Interface: I2C.
- Resolução: 128x64 pixels.
- Dimensões: 30 x 27mm.
- A barra de pinos.

Pinos:

- GND.
- VCC.
- SCL.
- SDA.

#### 2.6.4.2 Motores de Vibração

Existem dois tipos básicos de motor de vibração. Um é o motor de vibração de massa rotativa excêntrica (ERM) que usa uma pequena massa desequilibrada em um motor DC, quando gira, cria uma força que se traduz em vibrações. Outro é um atuador ressonante linear (LRA), o mesmo contém uma pequena massa interna ligada a uma mola, que cria uma força quando acionada.

Os pequenos motores de vibração têm tido ênfase desde a década de 1960. Primeiramente, foram desenvolvidos para produtos de massagem, mas o seu desenvolvimento tomou uma nova vertente na década de 90, quando os consumidores exigiram *vibracall* em seus telefones móveis.

Atualmente, desenvolvedores e usuários aprenderam com duas décadas de telefones celulares, que o alerta de vibração é uma excelente maneira de alertar os operadores para um evento.

Os motores de vibração em miniatura são usados em variados produtos, como ferramentas, scanners, instrumentos médicos, rastreadores GPS. Sendo sua utilização uma maneira barata de aumentar o valor de um produto, e diferenciá-lo da concorrência.

Esse motor embutido no dispositivo proposto nesse trabalho poderia atuar como despertador e aviso de horário para tomar remédio.

#### 2.6.4.2.1 Motor de Vibração 1027

O motor selecionado para esse projeto possui as seguintes especificações:

- tensão de operação: 2,5 – 4V;
- corrente de operação: 90mA Max;
- velocidade de rotação: 9000 RPM;
- comprimento do cabo: 30 mm;
- dimensão total: 40 x 10 x 3 mm.

O referido motor pode ser visualizado na figura 18.

FIGURA 18 - VISTA DO MOTOR DE VIBRAÇÃO 1027



FONTE: (FILIPFLOP, 2017).

#### 2.6.5 Mecânica

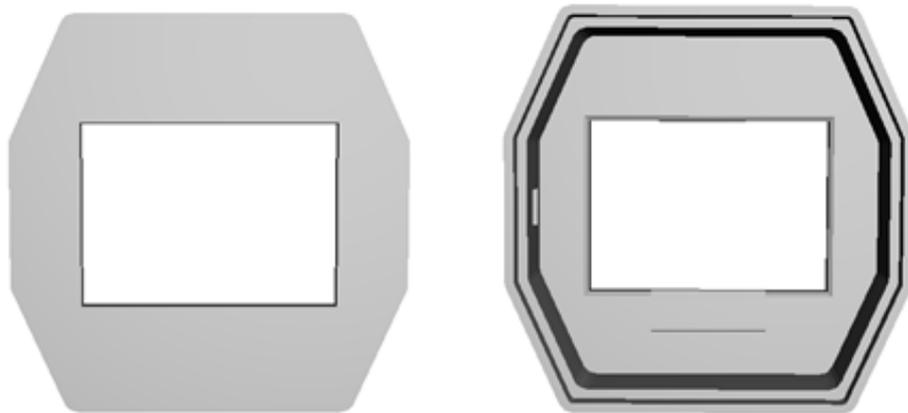
A parte mecânica do protótipo pode ser dividida em duas partes: chassi e pulseira, como pode-se verificar a seguir.

### 2.6.5.1 Chassi Plástico

O chassi foi desenvolvido em modelo 3D de modo que pudesse abrigar todo o conjunto do dispositivo descrito anteriormente: placa controladora, sensores, periféricos, bateria e módulo carregador de bateria. Além disso, para que pudesse se fixar as pulseiras.

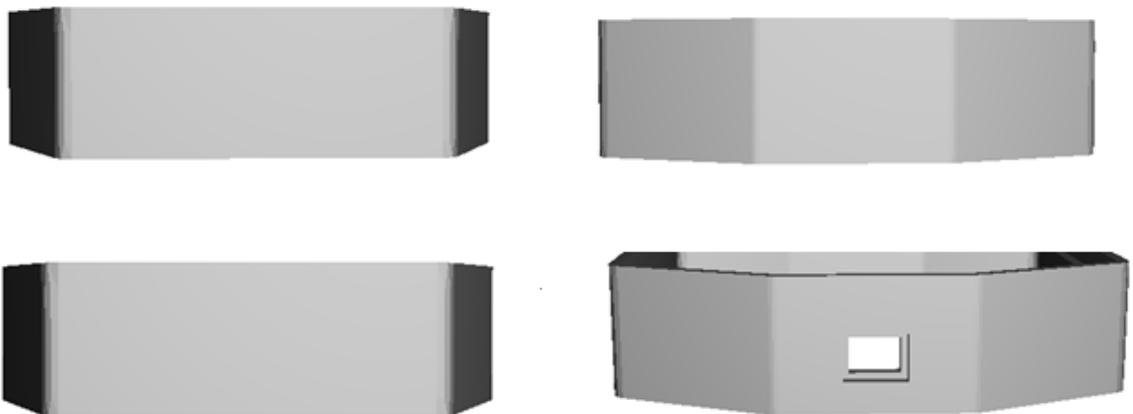
A peça foi dividida em duas partes (base e tampa) que se encaixam perfeitamente de modo a limitar a abertura. A base apresenta abertura para encaixe do sensor de frequência cardíaca, já a tampa apresenta duas aberturas, uma para o encaixe do display OLED e outra para o botão. Nas figuras seguintes, pode-se visualizar as vistas das duas peças que compõem o referido conjunto.

FIGURA 19 – VISTAS 3D FRONTAL E POSTERIOR DA TAMPA



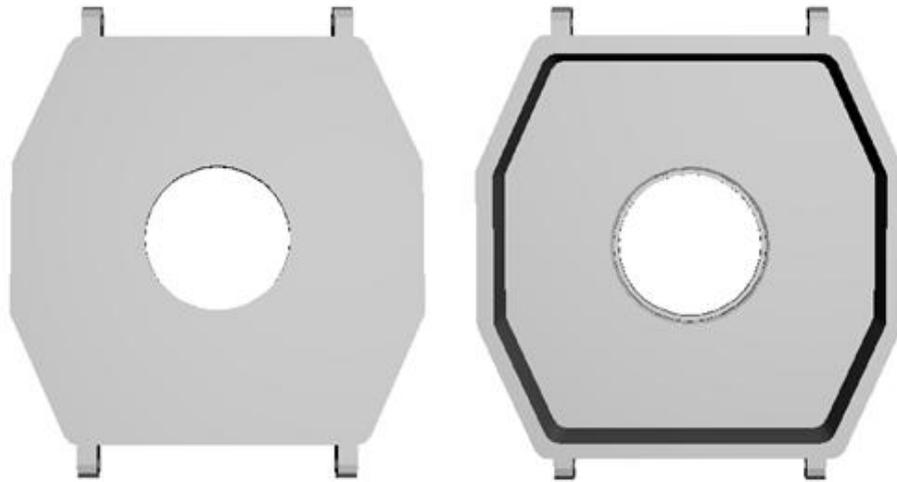
FONTE: (Próprio autor, 2018)

FIGURA 20 – VISTAS 3D LATERAIS DA TAMPA



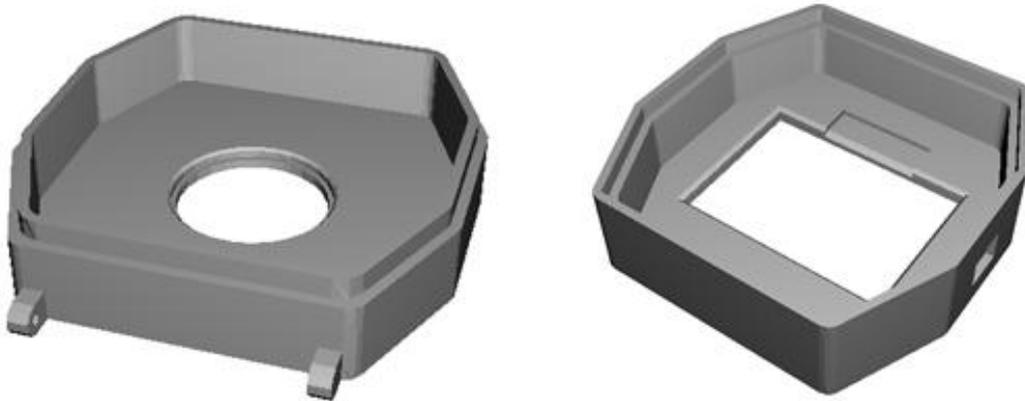
FONTE: (Próprio autor, 2018).

FIGURA 21 – VISTAS FRONTAL E POSTERIOR DA BASE



FONTE: (Próprio autor, 2018).

FIGURA 22 – VISTAS PERSPECTIVAS DA TAMPA E DA BASE



FONTE: (Próprio autor, 2018).

#### 2.6.5.2 A Pulseira

Para que o protótipo do dispositivo possa ser fixado no corpo do usuário, será utilizada pulseira de borracha retirada de um relógio comum e adaptada para encaixe no chassi desenvolvido, essa que pode ser visualizada na figura 23.

FIGURA 23 – PULSEIRAS PARA FIXAÇÃO



FONTE: (Próprio autor, 2018).

### 3 MÉTODO

O trabalho será desenvolvido baseando-se à priori através de pesquisa a nível teórico aplicado aos temas que fundamentam este trabalho. Começando assim por uma revisão bibliográfica sobre o conceito de *Internet* das coisas e de suas aplicações na área da saúde, buscando informações em artigos científicos e livros que abordam essa temática.

Na sequência se inicia-se a busca em bases de dados de instituições governamentais a nível nacional e mundial, para colhimento de dados quantitativos.

Dados esses referentes à ocorrência e evolução de quedas em Idosos, anomalias cardíacas que podem evoluir à óbito, e ainda empresas brasileiras que possivelmente atuam no ramo ao qual se aplica o tema desse trabalho.

Em seguida direciona-se na pesquisa para o desenvolvimento do protótipo, começando pela pesquisa e escolha de baterias disponíveis no mercado que sejam compactas e eficientes. Pesquisa por sensores de pulso cardíaco, acelerômetros e giroscópios disponíveis no mercado e compatíveis para a aplicação nesse trabalho.

Além disso, se segue na pesquisa e comparação por *hardwares* que possam receber esses dados dos sensores e enviá-los para um dispositivo móvel (smartphone) que por sua vez enviará esses dados para um servidor, através de *datasheets*, *sites* e lojas *on-line*.

Selecionados os componentes adequados, se parte para a fase de testes dos sensores, calibração e filtragem dos dados gerados por esses, e escolha da

linguagem de programação que seja suportada pelo *hardware* para lidar com os dados gerados e banco de dados.

Por fim, a montagem dos sensores e hardware de controle em um dispositivo para apresentação do trabalho.

## 4 DESENVOLVIMENTO

O projeto é descrito pelos objetivos específicos e pode ser representado por um hardware coletor de dados do idoso através de sensores não invasivos, acoplados em uma pulseira, do dispositivo os dados serão analisados e enviados para um *smartphone* e dele para “nuvem”.

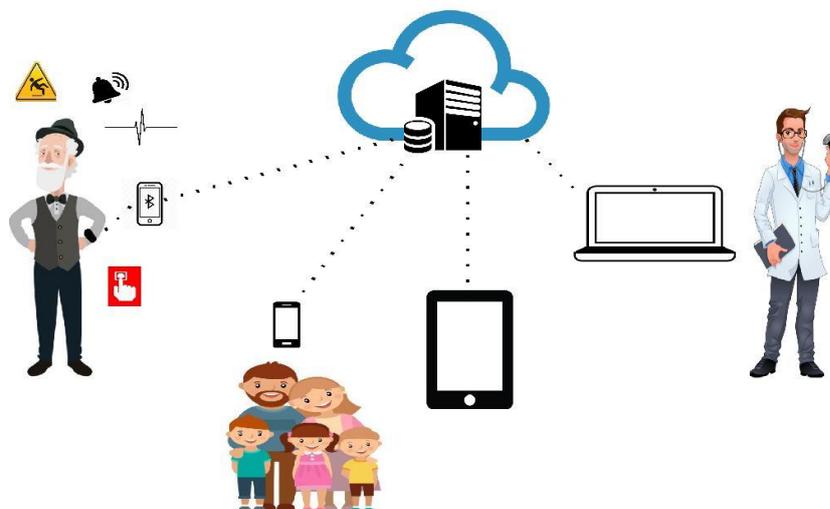
Esses dados poderão ser acessados através de dispositivos móveis pelos interessados na informação, como pode-se observar na figura 24.

Para o projeto é necessário que o acelerômetro/giroscópio identifique o que é estar de pé, sentado ou queda, para selecionar corretamente a queda. O motor de vibração precisa ser como o utilizado em celulares, que é pequeno e serve para funcionalidade de chamar a atenção, como um despertador. O botão é um componente mais simples, mas terá a funcionalidade de acionar pânico em situações críticas.

### 4.1 DESCRIÇÃO DOS REQUISITOS DO DISPOSITIVO

As funcionalidades que se requisitou para o dispositivo estão apresentadas no esquema da figura 24, essas que serão descritas individualmente nos subitens a seguir. Em suma o dispositivo deve identificar quedas, dar alertas, fazer o monitoramento cardíaco e ter um botão de emergência. Com dados sendo transferidos via *wireless* para um *smartphone* ou *tablet* e então para um servidor, disponibilizando os dados via web ou aplicativo Android para *smartphones* ou *tablets* de familiares e outros que se fizerem necessários.

FIGURA 24 - ESQUEMA DE FUNCIONAMENTO DO DISPOSITIVO



FONTE: (Próprio autor, 2017).

#### 4.1.1 Alarme

O dispositivo possui conectividade *Bluetooth* que comunicará com um *smarthphone*. Em um aplicativo nesse *smarthphone* o usuário poderá configurar alarme para os horários que precisa tomar seus remédios.

No horário selecionado, o motor de vibração acoplado ao dispositivo acionará, e no *display* mostrará o remédio configurado previamente.

#### 4.1.2 Sensor de Frequência Cardíaca

O sensor de frequência cardíaca estará acoplado ao dispositivo e fará o monitoramento da frequência cardíaca. Esses dados ficarão armazenados na nuvem e poderão ser acessados mediante a login e senha de familiares e interessados (médicos/plano de saúde).

#### 4.1.3 Sensor de Quedas

Através do módulo GY-521, composto por giroscópio e acelerômetro, serão detectadas possíveis quedas, pela aceleração gravitacional e giro brusco. Quando

na ocorrência da queda, o dispositivo enviará alerta via aplicativo para os familiares cadastrados.

#### 4.1.4 Botão de Pânico

A chave *Push-Button* acoplada ao dispositivo terá a funcionalidade de botão de pânico. Assim, quando na ocorrência de situação de emergência o usuário poderá acionar esse botão, esse que por sua vez, via o dispositivo enviará aviso de emergência para os demais usuários cadastrados na mesma conta.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para essa fase do trabalho, desenvolveu-se uma série de testes para homologação dos itens selecionados e comprados, ou seja, testes para verificação do funcionamento básico desses itens e, se os mesmos atendem as necessidades do equipamento a ser desenvolvido.

Tendo em vista que essa fase objetiva apenas testes e não implementação, como se verificará a seguir, esses testes foram realizados se utilizando da plataforma IDE Arduíno, essa que é compatível com o ESP32 e possibilita a realização desses testes.

Os testes realizados estão descritos nos itens a seguir.

### 5.1 TESTE DE COMUNICAÇÃO COM SERVIDOR WEB

Neste teste, objetivou-se verificar a funcionalidade de *Wi-Fi* do ESP32. Para isso foi desenvolvido *script* em plataforma de desenvolvimento Arduino, através do qual via protocolo IP, o supracitado dispositivo comunica com servidor web e, através da página web pode-se controlar o acendimento de um *led* conectado ao ESP32 via *Wi-Fi*.

Como mostra a figura 16, obteve-se um resultado satisfatório na implementação da página web em HTML. Caso aperte “ON” o *led* deve acender, caso “OFF” o *led* deve apagar.

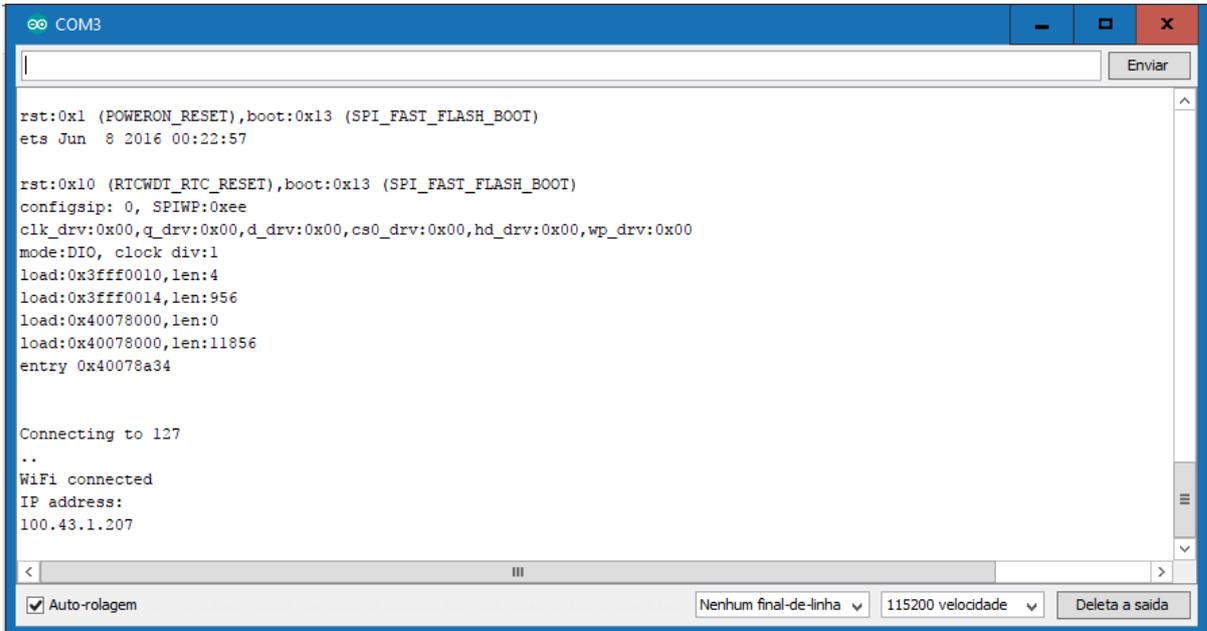
FIGURA 25 - PÁGINA WEB PARA CONTROLE REMOTO DE LED



FONTE: (Próprio autor, 2016).

O *login* e a senha da rede *Wi-Fi* foram inseridos diretamente no código. Na figura 17 pode-se observar a saída na serial da IDE Arduino, que apresenta a conexão do esp32 com a rede “127” e o endereço IP para acesso da página *web*.

FIGURA 26 – INTERFACE SERIAL DO ARDUINO



```
COM3
Enviar

rst:0x1 (POWERON_RESET),boot:0x13 (SPI_FAST_FLASH_BOOT)
ets Jun  8 2016 00:22:57

rst:0x10 (RTCWDT_RTC_RESET),boot:0x13 (SPI_FAST_FLASH_BOOT)
configsip: 0, SPIWP:0xee
clk_drv:0x00,q_drv:0x00,d_drv:0x00,cs0_drv:0x00,hd_drv:0x00,wp_drv:0x00
mode:DIO, clock div:1
load:0x3fff0010,len:4
load:0x3fff0014,len:956
load:0x40078000,len:0
load:0x40078000,len:11856
entry 0x40078a34

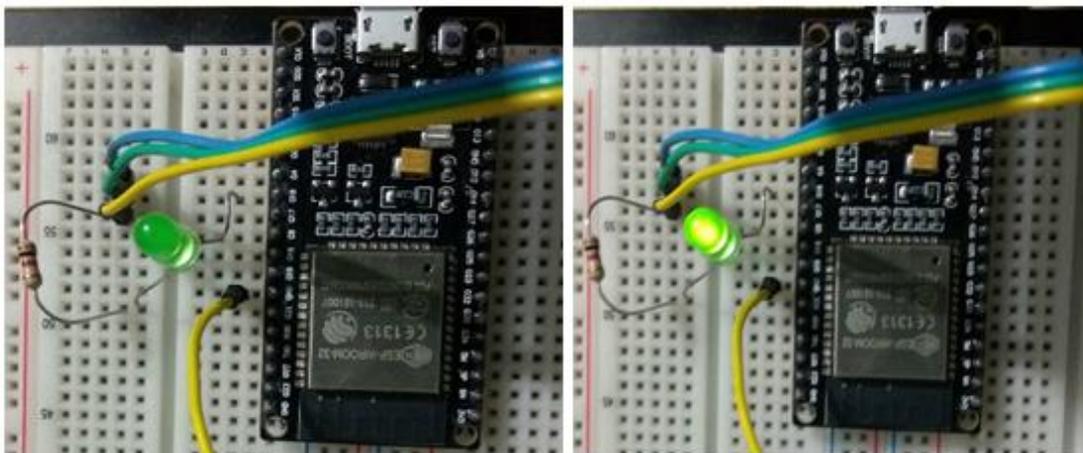
Connecting to 127
..
WiFi connected
IP address:
100.43.1.207

 Auto-rolagem
Nenhum final-de-linha
115200 velocidade
Deleta a saída
```

FONTE: (Próprio autor, 2016).

Na figura 27 a seguir pode-se observar a mudança de estado do LED (desligado para ligado).

FIGURA 27 – LED DESLIGADO/LED LIGADO



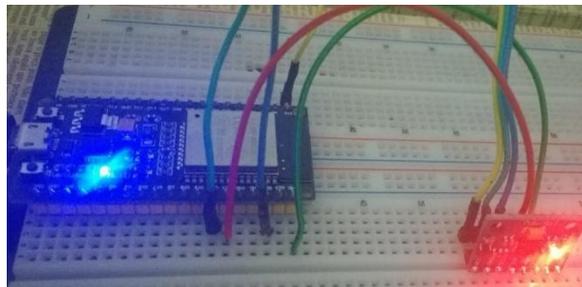
FONTE: (Próprio autor, 2016).

Tendo em vista o resultado satisfatório, o componente ESP32 foi aprovado no teste em sua funcionalidade de conexão Wi-Fi.

## 5.2 TESTE DO MÓDULO GY-521

Para teste do módulo GY-521 (MPU6050), o mesmo foi conectado ao ESP32 nas portas GPIO21 (SDA) E GPIO22 (SDL) que são as portas de comunicação do tipo I2C. Como mostra a figura 28. O módulo está sendo alimentado pela VCC e GND da placa ESP32.

FIGURA 28 – MÓDULO GY-521 EM TESTE



FONTE: (Próprio autor, 2018).

Para esse teste foi feito um programa na IDE Arduino. O endereço I<sup>2</sup>C do MPU6050 é 0x68, o qual precisa ser atribuído a uma variável, pela qual o sensor é habilitado para começar a transmitir dados. Para o envio das posições existem endereços próprios também, para receber esses dados foram criadas as variáveis AcX, AcY, Acz para dados do acelerômetro, Tmp para dado de temperatura e GyX, GyY, GyZ para dados do giroscópio.

Como pode-se verificar na figura 21, existe uma variação de posição ao se movimentar o sensor nos eixos 'x', 'y' e 'z' do acelerômetro e giroscópio, na saída serial pode ser visto em sequência da esquerda para direita a variação do acelerômetro, temperatura, que é um sensor adicional presente no módulo, e variação do giroscópio.

FIGURA 29 – SAÍDA SERIAL APRESENTANDO POSIÇÕES 'X', 'Y', 'Z', TEMPERATURA E POSIÇÕES DO GIROSCÓPIO, PRESENTES NO MÓDULO GY-521

```
AcX = 16672 | AcY = -232 | AcZ = 72 | Tmp = 27.31 | GyX = -124 | GyY = -158 | GyZ = 36
AcX = 16684 | AcY = -260 | AcZ = 104 | Tmp = 27.35 | GyX = -145 | GyY = -131 | GyZ = 55
AcX = 16716 | AcY = -248 | AcZ = 108 | Tmp = 27.31 | GyX = -133 | GyY = -168 | GyZ = 57
AcX = 16788 | AcY = -244 | AcZ = -4 | Tmp = 27.40 | GyX = -165 | GyY = -146 | GyZ = 42
AcX = 16776 | AcY = -160 | AcZ = 40 | Tmp = 27.35 | GyX = -129 | GyY = -143 | GyZ = 36
AcX = 16728 | AcY = -136 | AcZ = 104 | Tmp = 27.31 | GyX = -167 | GyY = -133 | GyZ = 34
AcX = 16712 | AcY = -180 | AcZ = 4 | Tmp = 27.40 | GyX = -141 | GyY = -167 | GyZ = 31
AcX = 16644 | AcY = -200 | AcZ = 268 | Tmp = 27.45 | GyX = -142 | GyY = -121 | GyZ = 55
AcX = 16616 | AcY = -208 | AcZ = 16 | Tmp = 27.45 | GyX = -146 | GyY = -160 | GyZ = 44
AcX = 16736 | AcY = -204 | AcZ = 148 | Tmp = 27.40 | GyX = -152 | GyY = -168 | GyZ = 57
AcX = 16796 | AcY = -144 | AcZ = 120 | Tmp = 27.45 | GyX = -138 | GyY = -167 | GyZ = 51
AcX = 16700 | AcY = -140 | AcZ = 156 | Tmp = 27.40 | GyX = -161 | GyY = -156 | GyZ = 51
AcX = 16696 | AcY = -140 | AcZ = -84 | Tmp = 27.40 | GyX = -147 | GyY = -145 | GyZ = 56
AcX = 16728 | AcY = -144 | AcZ = 72 | Tmp = 27.49 | GyX = -155 | GyY = -145 | GyZ = 32
AcX = 16656 | AcY = -188 | AcZ = 112 | Tmp = 27.54 | GyX = -154 | GyY = -125 | GyZ = 65
AcX = 16692 | AcY = -204 | AcZ = -12 | Tmp = 27.45 | GyX = -144 | GyY = -162 | GyZ = 53
AcX = 16700 | AcY = -264 | AcZ = 92 | Tmp = 27.45 | GyX = -160 | GyY = -162 | GyZ = 46
AcX = 16832 | AcY = -196 | AcZ = 152 | Tmp = 27.49 | GyX = -146 | GyY = -139 | GyZ = 34
AcX = 16780 | AcY = -248 | AcZ = 100 | Tmp = 27.40 | GyX = -158 | GyY = -179 | GyZ = 32
AcX = 16688 | AcY = -244 | AcZ = 184 | Tmp = 27.49 | GyX = -168 | GyY = -130 | GyZ = 56
AcX = 16680 | AcY = -176 | AcZ = 32 | Tmp = 27.49 | GyX = -142 | GyY = -128 | GyZ = 48
```

Auto-rolagem    Nenhum final-de-linha    9600 velocidade    Deleta a saída

FONTE: (Próprio autor, 2018).

Os valores de aceleração e giroscópio não correspondem a nenhuma grandeza física podem ser considerados “brutos”, visto que não foram compensados pelo deslocamento. Os primeiros valores de aceleração e giroscópio após a energização, às vezes, não são válidos. Sendo assim de suma importância a calibração do sensor ao inicializar e a utilização de normalização e filtragem de sinal e conversão em valores com correspondência física.

### 5.3 TESTE DO SENSOR DE BATIMENTO CARDÍACO

Para teste do Sensor de frequência cardíaca, o mesmo foi conectado ao ESP32 pela GPIO0 (ADC2\_CH1), que é uma porta analógica, como pode ser observado na figura 19 a seguir e com auxílio da *Serial Plotter*, apresentado na figura 20, pode-se observar em tempo real a variação do sensor de pulso.

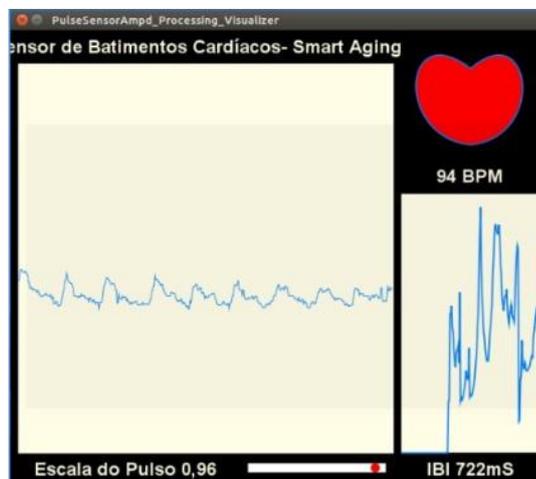
FIGURA 30 – SENSOR DE PULSO EM TESTE



FONTE: (Próprio autor, 2017).

A figura 31 apresenta uma interface desenvolvida para teste do sensor de pulso cardíaco utilizando a ferramenta Processing.

FIGURA 31 – SINAL DE SAÍDA DO SENSOR DE PULSO EM TEMPO REAL UTILIZANDO PROCESSING



FONTE: (Próprio autor, 2018).

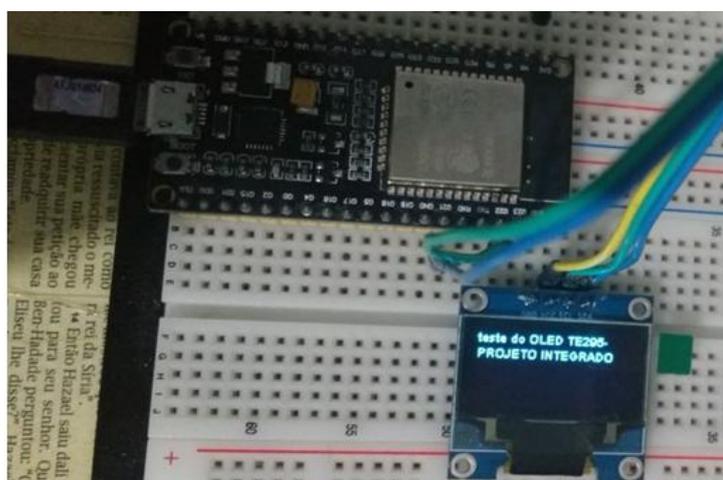
#### 5.4 TESTE DO DISPLAY OLED

Para o teste do *display OLED*, o mesmo foi conectado ao ESP32 nas portas GPIO21 (SDA) E GPIO22 (SDL) que são as portas de comunicação do tipo I2C,

como o dispositivo utiliza esse protocolo de comunicação foi necessária a utilização da biblioteca *wire*.

A figura 32 mostra o texto “teste do OLED TE295-PROJETO INTEGRADO” sendo exibidas no display, nesse teste foi aplicado configurações de tamanho de letra, fonte e troca de texto na tela utilizando a biblioteca SSD1306 que é específica para utilização de displays de tecnologia OLED.

FIGURA 32 – DISPLAY OLED EM TESTE



FONTE: (Próprio autor, 2018).

Além de saber as portas de comunicação I2C do ESP32 é de suma importância saber o endereço do dispositivo, visto que cada dispositivo possui um endereço para transmissão de dados, de modo a viabilizar a comunicação com vários dispositivos pelo mesmo barramento.

O endereço geralmente é encontrado na folha de dados de cada dispositivo ou também pode ser implementado um programa que faz uma varredura nos endereços do barramento e mostra o endereço dos dispositivos conectados. A figura 33 mostra a resposta da saída serial de uma varredura de dispositivos I2C. Pode-se observar que é encontrado dois endereços hexadecimais, 0x3C que é o endereço do display e o endereço 0x68 que é o endereço do acelerômetro.

FIGURA 33 - SAÍDA DA VARREDURA DO BARRAMENTO I2C DO ESP32 COM O ACELERÔMETRO E DISPLAY OLED CONECTADOS



```
/dev/ttyUSB0
Scanning...
I2C device encontrado no endereço 0x3C !
I2C device encontrado no endereço 0x68 !
feito scan

Scanning...
I2C device encontrado no endereço 0x3C !
I2C device encontrado no endereço 0x68 !
feito scan

Scanning...
I2C device encontrado no endereço 0x3C !
I2C device encontrado no endereço 0x68 !
feito scan

 Auto-rolagem  Show timestamp Retorno de cari
```

FONTE: PRÓPRIO AUTOR (2018).

Na implementação, os primeiros dados requeridos são justamente o endereço do dispositivo e as portas de comunicação. Logo, tendo esses dados se partiu para a criação das telas necessárias para o projeto. O display foi utilizado para duas aplicações no projeto.

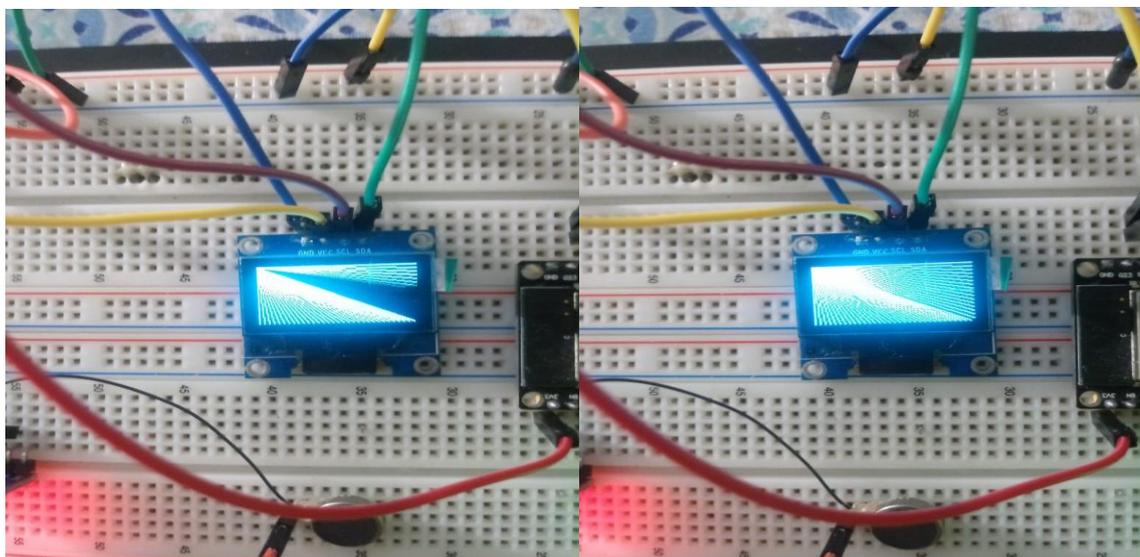
Para cada tela a ser implementada é necessário a criação de uma função que monte a mesma, questões como se é texto e/ou imagem, alinhamento, posição e tamanho da fonte. Para cada função foi importante verificar qual seria o objetivo de cada tela de modo a gerenciar de modo preciso onde se deve mostrar ou apagar a tela, ou ainda por quanto tempo aparecer cada tela.

A primeira aplicação foi a de leitura do dado de batimento cardíaco a ser feita pelo usuário, para essa foram criadas três telas, sendo assim, três funções diferentes que são apresentadas ao usuário em sequência após o toque de um sensor capacitivo na parte frontal do dispositivo.

A primeira tela apresenta uma abertura feita com uma composição de linhas criada em uma função com laço *for*, a montagem é feita em 500 ms, essa imagem pode ser visualizada na figura 34. Logo depois se passa para segunda tela que é a imagem logo do produto que fica aparente 500 ms, a segunda tela pode é mostrada

na figura 35 e então é mostrada uma tela com a imagem de um coração e os dados do batimento cardíaco, que pode ser visualizada na figura 36.

FIGURA 34 – TELA DE ABERTURA DO DISPLAY



FONTE: PRÓPRIO AUTOR (2018).

FIGURA 35 – TELA DE ABERTURA DO DISPLAY.



FONTE: PRÓPRIO AUTOR (2018).

FIGURA 36 – TELA BATIMENTOS CARDÍACOS.

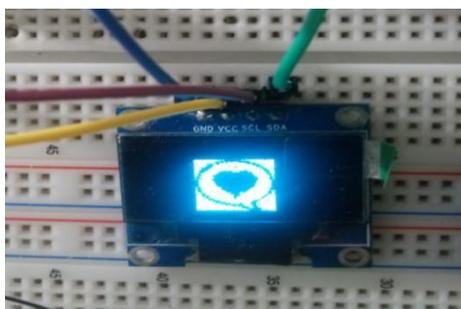


FONTE: PRÓPRIO AUTOR (2018).

Para a importação de uma imagem até o display é necessário alguns requisitos. Assim todas imagens utilizadas foram baixadas em jpg, convertidas para bmp, redimensionadas para um tamanho dentro das dimensões do display e convertidas para xbm, a partir desse último arquivo pode ser criado um arquivo “.h” com o vetor hexadecimal da imagem e as definições do tamanho da imagem e sendo então incluídos no programa principal como uma biblioteca.

A segunda aplicação se trata de um alerta com uma imagem afetiva mandada via aplicativo para a pulseira. Ao digitar “eu te amo” via aplicativo e enviar a pulseira vibra e a display mostra um coração na tela. A imagem do alerta pode ser visualizada na figura 37.

FIGURA 37 – TELA IMAGEM AFETIVA.



FONTE: PRÓPRIO AUTOR (2018).

## 5.5 TRANSMISSÃO BLUETOOTH LOW ENERGY

Para transmissão e recepção dos dados via BLE inicialmente foi preciso incluir as bibliotecas BLEDevice.h, BLEServer.h, BLEUtils.h, BLE2902.h, definir os IDs que a serem usados para o serviço e instanciar um objeto para a transmissão dos dados dos sensores ao cliente, no caso aplicativo no celular. As IDs foram geradas um site na internet que gera de forma aleatória os números.

No *Setup* do programa foi definido o nome do dispositivo como “SA-ESP32” e foi criado o BLE server. O callback do server também foi setado, sendo este responsável por coletar as informações recebidas. Sendo assim criado um serviço, bem como as características do envio de dados.

Ainda no *Setup* foi criado as características para o recebimento de dados e Ativado o callback para o recebimento das informações e se inicializou o serviço.

No Loop, é verificado se existe algum dispositivo conectado e tentamos fazer a leitura do sensor de batimento. Se a ação for concretizada, o batimento é colhido. O valor é convertido para um array de char, é setado e enviado para o smartphone.

FIGURA 38 – TELA IMAGEM AFETIVA.

Status: CONNECTED BONDED	Status: CONNECTED BONDED
<b>GENERIC ATTRIBUTE</b>	<b>GENERIC ATTRIBUTE</b>
0x1801 PRIMARY SERVICE	0x1801 PRIMARY SERVICE
<b>GENERIC ACCESS</b>	<b>GENERIC ACCESS</b>
0x1800 PRIMARY SERVICE	0x1800 PRIMARY SERVICE
<b>CUSTOM SERVICE</b>	<b>CUSTOM SERVICE</b>
AB0828B1-198E-4351-B779-901FA0E0371E PRIMARY SERVICE	AB0828B1-198E-4351-B779-901FA0E0371E PRIMARY SERVICE
<b>CUSTOM CHARACTERISTIC</b> <span style="float: right;">(N)</span>	<b>CUSTOM CHARACTERISTIC</b> <span style="float: right;">(N)</span>
UUID: 0972EF8C-7613-4075-AD52-756F33D4DA91 Properties: NOTIFY <b>Value:PERIGO</b> Hex: 0x50455249474F	UUID: 0972EF8C-7613-4075-AD52-756F33D4DA91 Properties: NOTIFY <b>Value:QUEDA</b> Hex: 0x5155454441
<b>Descriptors:</b>	<b>Descriptors:</b>
Client Characteristic Configuration <span style="float: right;">(R)</span>	Client Characteristic Configuration <span style="float: right;">(R)</span>
UUID: 0x2902	UUID: 0x2902
Notifications enabled	Notifications enabled
<b>CUSTOM CHARACTERISTIC</b> <span style="float: right;">(W)</span>	<b>CUSTOM CHARACTERISTIC</b> <span style="float: right;">(W)</span>

FONTE: PRÓPRIO AUTOR (2018).

Ainda no loop é verificado com relação a batimentos fora do normal. De acordo com os quadros 4 e 5 pode-se ver que algo está ruim para homens em repouso com batimentos acima de 80 bpm e mulheres com batimentos acima de 84 bpm. Logo se o batimento ultrapassa esse valores um aviso de “PERIGO” é enviado e se queda for detectada é avisado “QUEDA” como mostrado na figura 38.

Quadro 4 - Tabela de Frequência Cardíaca para Homens em Repouso

<b>Idade</b>	<b>18-25 anos</b>	<b>26-35 anos</b>	<b>36-45 anos</b>	<b>46-55 anos</b>	<b>56-65 anos</b>	<b>+65 anos</b>
<b>Excelente</b>	49-55	49-54	54-59	58-63	57-61	56-61
<b>Boa</b>	57-61	57-61	60-62	64-67	68-71	62-65
<b>Menos boa</b>	71-73	72-74	73-76	73-83	76-81	74-79
<b>Ruim</b>	+82	+82	+83	+84	+82	+80

FONTE: (Lima, 2019).

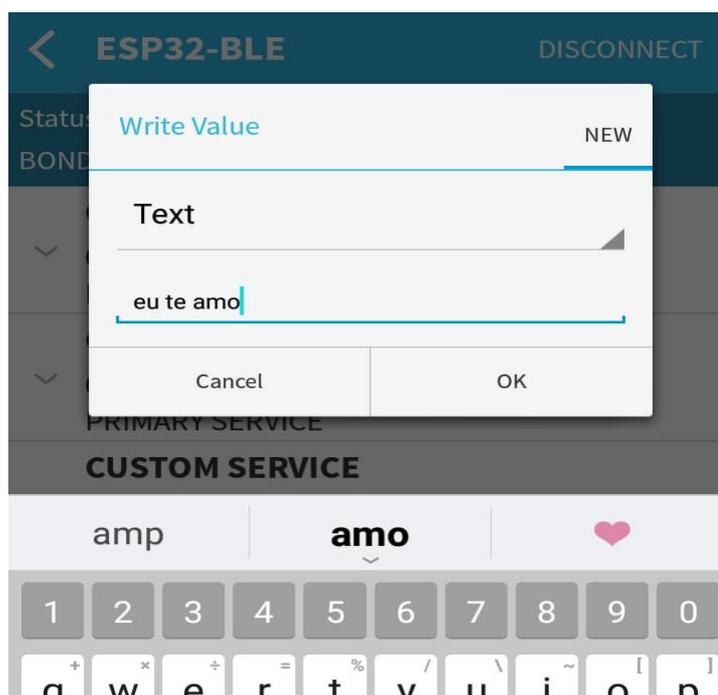
Quadro 5 - Tabela de Frequência Cardíaca para Mulheres em Repouso

<b>Idade</b>	<b>18-25 anos</b>	<b>26-35 anos</b>	<b>36-45 anos</b>	<b>46-55 anos</b>	<b>56-65 anos</b>	<b>+65 anos</b>
<b>Excelente</b>	54-60	54-59	54-59	61-65	60-64	60-64
<b>Boa</b>	61-56	60-64	62-64	66-69	65-68	65-68
<b>Menos boa</b>	74-78	75-76	74-78	78-83	78-83	77-84
<b>Ruim</b>	+82	+83	+85	+84	+84	+84

FONTE: (Lima, 2019).

Existe uma flag que é ativada dentro da classe de callback para recebimento de dados, ao ser ativada, dentro do loop existe uma condicional que faz mostrar no display uma imagem de um coração dentro de um balão de mensagem, se digitado “eu te amo”, como mostrado na figura 39.

FIGURA 39 – CHAMADA PARA IMAGEM AFETIVA.



FONTE: PRÓPRIO AUTOR (2018).

A função Callback é chamada sempre que o dispositivo recebe alguma informação. Então, foi definido uma classe característica, retornando o ponteiro para o registrador contendo o valor atual da característica e verificando se existem dados (tamanho maior que zero). É verificado se o valor de rxValue é “eu te amo”, se sim, o motor de vibração é pulsado duas vezes.

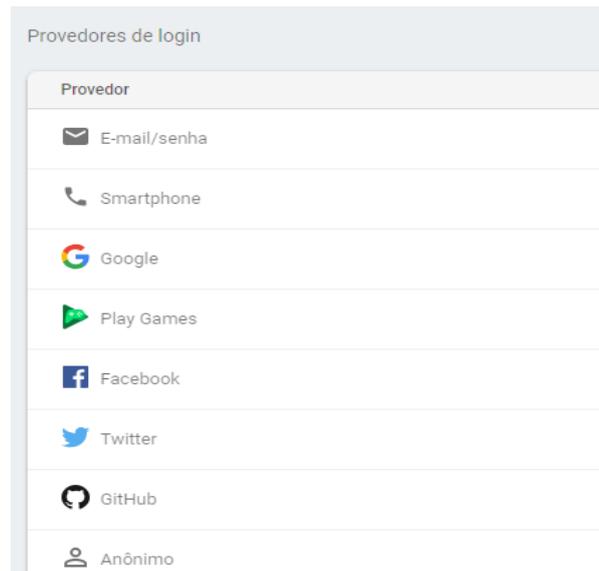
Ainda foi criado uma outra classe de server, onde o callback para recebe os eventos de conexão de dispositivos.

Para os testes de envio e recepção foram utilizados o aplicativo BLE Scanner.

## 5.6 AUTENTICAÇÃO DO USUÁRIO NO APLICATIVO

O *Firebase* possibilita várias formas para cadastro de autenticação do usuário como mostra a figura 40. Para esse projeto foi selecionado o modo via *smartphone*.

FIGURA 40 – POSSIBILIDADES DE LOGIN VIA FIREBASE



FONTE: FIREBASE (2018).

Após a instalação do aplicativo, é solicitado que o usuário preencha obrigatoriamente seu telefone completo com o código do país e da cidade, como mostra a figura 41.

FIGURA 41 – TELA DE AUTENTICAÇÃO PARA ACESSO AO APLICATIVO



FONTE: (PRÓPRIO AUTOR, 2018).

Ao se pressionar o botão 'enviar', o número é enviado para o *Firebase Auth*, recurso dentro da plataforma do *Firebase* que gera um *token* e envia por SMS ao usuário, que por sua vez preenche o campo seguinte e na sequência ao se pressionar o botão 'verificar', o *token* é novamente encaminhado ao servidor, esse que verifica se o *token* está correto, tornando assim a autenticação mais segura, visto que o *token* e a verificação são gerados externamente ao dispositivo móvel, com descreve a figura 42.

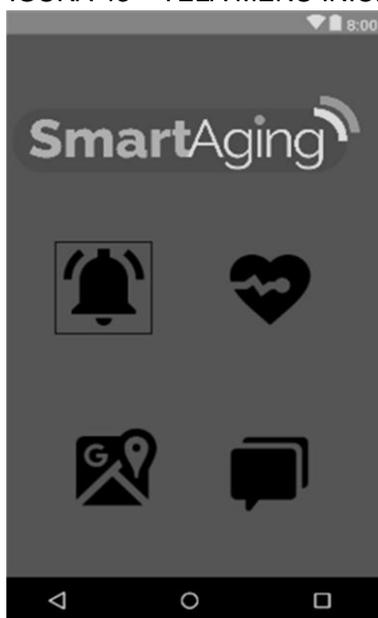
FIGURA 42 – CAMINHO PARA AUTENTICAÇÃO MAIS SEGURA



FONTE: DAMACENO,J (2018).

Na sequência o usuário tem acesso ao menu inicial, como pode-se observar na figura 43.

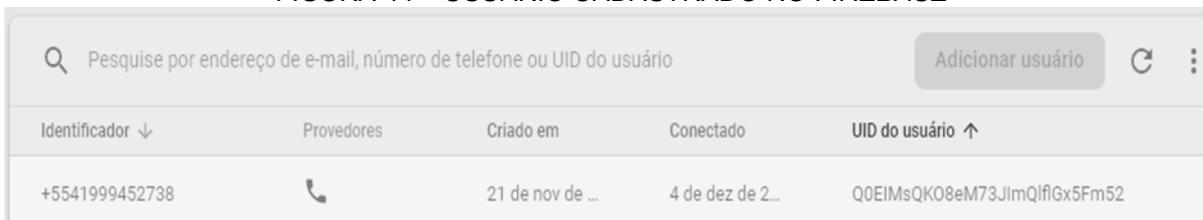
FIGURA 43 – TELA MENU INICIAL



FONTE: (PRÓPRIO AUTOR, 2018).

Após a verificação também é criado o usuário no servidor como mostra a figura 44 a seguir.

FIGURA 44 – USUÁRIO CADASTRADO NO *FIREBASE*



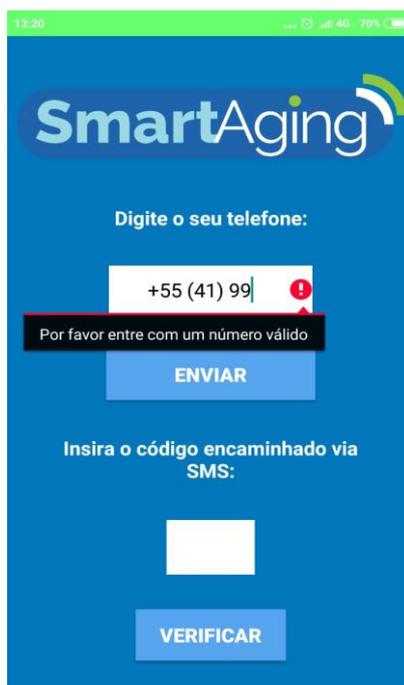
The screenshot shows the Firebase console interface. At the top, there is a search bar with the text "Pesquise por endereço de e-mail, número de telefone ou UID do usuário" and a button labeled "Adicionar usuário". Below the search bar is a table with the following columns: "Identificador", "Provedores", "Criado em", "Conectado", and "UID do usuário". The table contains one row of data.

Identificador ↓	Provedores	Criado em	Conectado	UID do usuário ↑
+5541999452738		21 de nov de ...	4 de dez de 2...	Q0EIMsQK08eM73JImQlflGx5Fm52

FONTE: (PRÓPRIO AUTOR, 2018).

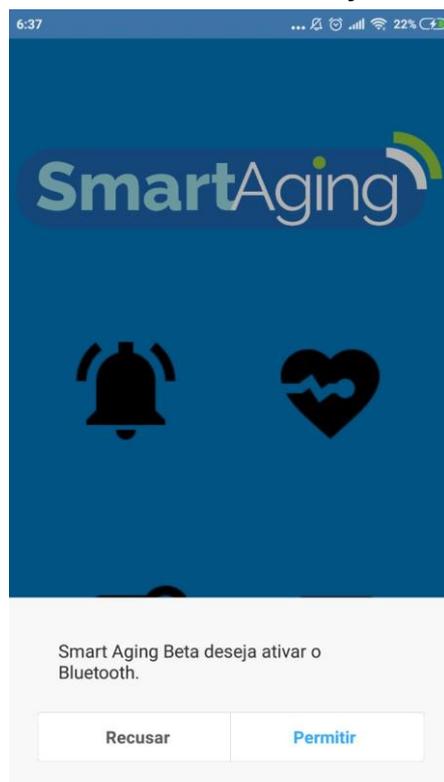
Caso o usuário digite um número inválido, o aplicativo irá solicitar que esse preencha corretamente. Além disso, caso o *Bluetooth* não estiver ligado, ao iniciar o aplicativo será solicitado a permissão para que esse acesse o *Bluetooth* e o ative para o seu funcionamento correto. Isso pode ser verificado na sequência nas figuras 45 e 46.

FIGURA 45 – MENSAGEM DE AVISO DE NÚMERO INVÁLIDO



FONTE: (PRÓPRIO AUTOR, 2018).

FIGURA 46 – MENSAGEM SOLICITANDO ATIVAÇÃO DO *BLUETOOTH* PELO APP



FONTE: (PRÓPRIO AUTOR, 2018).

## 6 CONCLUSÃO

Com essa pesquisa pode-se observar a importância de novas tecnologias que atendam a nova demanda de idosos crescente devido ao envelhecimento da população e aumento da expectativa de vida no planeta, de modo a ajudá-los nesse novo cenário, garantindo um maior cuidado, assistência e ao mesmo tempo independência do idoso. Aprofundar o entendimento do funcionamento dos sensores e atuadores utilizados, bem como compreender melhor a importância do conceito de internet das coisas, o qual certamente irá revolucionar em poucos anos o dia-a-dia das pessoas nas mais diversas áreas.

## 6.1 TRABALHOS FUTUROS

Como trabalhos futuros pontua-se a conclusão e as melhorias do aplicativo na plataforma *Android* para interação de dados tanto para parentes e outros possíveis interessados, como para o próprio idoso; desenvolvimento de *hardware* próprio; melhoria na inteligência de reconhecimento de quedas; algoritmo inteligente para reconhecimento de padrões a respeito de equilíbrio ou ainda anomalias relacionadas ao batimento cardíaco.

## REFERÊNCIAS

ANDROID DEVELOPER. Guide. Acesso em 11 de setembro de 2018, disponível em ANDROID DEVELOPER: <https://developer.android.com/guide/platform/?hl=pt-br>

(s.d.).

AMAZON WEB SERVICE. What is Cloud Computing? Acesso em 5 de outubro de 2018, disponível em AWS: <https://aws.amazon.com/pt/what-is-cloud-computing/>

AMAZON. (2017). *Industrial & Scientific*. Acesso em 09 de maio de 2017, disponível em Amazon: <https://www.amazon.com/Makerfire%C2%AE-Arduino-MPU-6050-Gyroscope-Accelerometer/dp/B00NH8Z6BU>

AUTOCORE ROBÓTICA. (2017). *Módulo Sensor Pulso*. Acesso em 1 de maio de 2017, disponível em AUTOCORE ROBÓTICA: <https://www.autocorerobotica.com.br/modulo-sensor-de-pulso>

Engst, A., & Fleishman, G. (2005). *Kit do Iniciante em Redes Sem Fio: O guia prático sobre redes Wi-Fi para Windows e Macintosh*. São Paulo: Books, Pearson Makron.

Espressif Systems. (2017). *The Internet of things with ESP32*. Acesso em 15 de maio de 2017, disponível em ESP32: <http://esp32.net>

FILIPFLOP. (2017). *Módulos*. Acesso em 6 de maio de 2017, disponível em FILIPFLOP: <http://www.filipeflop.com/pd-36ef09-modulo-carregador-de-baterias-de-litio-tp4056.html>

FILIPFLOP. (2017). *Wearable*. Acesso em 2 de maio de 2017, disponível em FILIPFLOP: <http://www.filipeflop.com/pd-361d89-motor-de-vibracao-1027.html>

GLAUBER, N. **Dominando o Android: Do Básico ao Avançado**.1.ed. São Paulo. Novatec,2015.

K. Kim, "Mobile Cloud Computing," IEEE COMSOCMMTC E-Letter, vol. 6, no. 10, pp. 22–23, 2011.

LECHETA,R.R. **Google Android: Aprenda a criar aplicações para dispositivos móveis com Android SDK**.4.ed.São Paulo. Novatec, 2015.

Murphy, J. (2012). *Open Hardware*. Acesso em 19 de 11 de 2017, disponível em Pulse Sensor: <https://pulsesensor.com/pages/open-hardware>

Oliveira, V., & Falcão, R. (6 de março de 2015). OLED - O que é? (E. d. Ciência, Ed.) *Correio do Minho*, p. 30.

Reis, F. d. (14 de 09 de 2016). *Curso de Eletrônica – Switches e Pushbuttons*. Acesso em 12 de 09 de 2018, disponível em Bóson Treinamentos em Tecnologia: <http://www.bosontreinamentos.com.br>

Tanenbaum, A. S. (2007). *Computer Networks*. Amsterdam, Holanda: Prentice Hall.

THOMSEN, A. (2014). *TUTORIAL: ACELERÔMETRO MPU6050 COM ARDUINO*. Acesso em 11 de maio de 2017, disponível em FILIPFLOP: <http://blog.filipeflop.com/sensores/tutorial-acelerometro-mpu6050-arduino.html>

24/7 CARE. Como funciona. Acesso em: 25 de ago. 2017. Disponível em: [<http://247care.com.br/>](http://247care.com.br/).

Paula, F (2015). *Sensores IMU – Uma Abordagem Completa – Parte 1*. Acesso em 10 de outubro 2018, disponível em: [<http://www.decom.ufop.br/imobilis/sensores-imu-uma-abordagem-completa-parte-1/](http://www.decom.ufop.br/imobilis/sensores-imu-uma-abordagem-completa-parte-1/)