

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

ISHMAEL THOMAZ PADILHA
RODRIGO ALLAN VENTURI MORAS

**DISPOSITIVO DE PULSO COM CENTRAL ELETRÔNICA WIRELESS PARA
AUXÍLIO DE PESSOAS SURDAS**

CURITIBA

2019

ISHMAEL THOMAZ PADILHA
RODRIGO ALLAN VENTURI MORAS

**DISPOSITIVO DE PULSO COM CENTRAL ELETRÔNICA WIRELESS PARA
AUXÍLIO DE PESSOAS SURDAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da
Universidade Federal do Paraná, como requisito
parcial à obtenção do título de Engenheiro
Eletricista.

Orientador: Prof. Dr. José Carlos da Cunha

CURITIBA

2019

TERMO DE APROVAÇÃO

Dedicamos este trabalho a comunidade surda que por anos lutam por seus direitos
de autonomia e inclusão na sociedade.

Dedicamos também àqueles que se foram antes que pudéssemos completar essa
jornada: Solon Thomaz Coelho de Souza Padilha e Olinda Metzger

AGRADECIMENTOS

À minha namorada, Rafaela S. O. Suzuki que me deu apoio nessa reta final da faculdade e durante todos os meses de realização do projeto.

Aos meus colegas João Victor Predebon, Aphek Gusso de Brito, João Pedro C. M. da Silva e Rafael Silva Ribeiro Gonçalves que auxiliaram ao longo dessa jornada com seus conhecimentos, apoio e opiniões.

À Adriana de Mello Guzzo pela sua paciência e compreensão nos explicando algumas das dificuldades da comunidade surda trazendo ideias e inspiração para nosso trabalho.

À minha gata Ammit por ter me aturado desde o primeiro ano da graduação ainda não tendo fugido de casa (em grande parte por eu ter impedido as vezes em que ela tentou).

Ao professor Dr. André Bellin Mariano pelo grande apoio em conciliar as atividades neste último ano.

Ao professor orientador Dr. José Carlos da Cunha pelas grandes dicas e conhecimento fornecido ao longo dessa jornada possibilitando a realização do projeto.

- Ishmael T. Padilha

A minha mãe Valdeline Venturi, por toda a sua garra, persistência, amor incondicional, por estar sempre do meu lado me apoiando e por me dar o que mais é importante, e ninguém pode tirar: a Educação

A minha avó Ofélia pelos momentos em família e por me ajudar em momentos que precisei.

A minha tia-avó Olinda (*in memorium*) pelos momentos incríveis, presente e muito especial na minha vida.

A minha namorada Isabela, por ser uma pessoa tão parceira, pelo suporte nos momentos mais difíceis da minha graduação, pelo amor, pela ajuda na graduação e ser uma pessoa tão admirável e minha fã número um.

Aos meus amigos Aphek Gusso Brito e João Victor Predebon pelo apoio na reta final do curso.

Aos meus amigos GRR2014, GRR2013 e GRR2015 pelos momentos da faculdade, grupos de trabalho, almoços no RU, comemorações seja por aprovação em disciplina da faculdade ou em momentos de descontração.

A minha amiga Evelize pela parceria, por ser uma grande amiga a qual contei ao longo da graduação e pelos momentos loucos.

Ao meu orientador André Augusto Mariano, pela confiança ao me deixar guiar turmas com mais de 40 pessoas pela paixão de ensinar, assim como aprender muito sobre o curso.

Ao meu orientador José Carlos da Cunha, por me guiar pela instrumentação biomédica e tornar possível este trabalho.

- Rodrigo Allan Venturi

"NEVER BE SORRY FOR YOUR LITTLE TIME

IT'S NOT WHEN YOU GET THERE, IT'S ALWAYS THE CLIMB"

(Transistor, 2014)

RESUMO

Diversas situações cotidianas acabam se tornando verdadeiros desafios para pessoas que possuem surdez. Seja pela dificuldade ao se comunicar e ser compreendida, ou seja pelos obstáculos de interpretação de situações cotidianas relacionados a necessidade de audição. Visto isso, este trabalho procurou desenvolver uma série de dispositivos capazes de auxiliar pessoas surdas na percepção de eventos que normalmente necessitam da interpretação de sons. Tais dispositivos são: sensor de gás, babá eletrônica, campainha e despertador. Para isso, foi utilizado um dispositivo *wearable* (pulseira) com capacidade de vibrações características de acordo com a notificação, módulos com sensores pela casa do usuário e uma central de processamento, a qual analisa o sinal dos módulos, os repassa para o *wearable* e também gerencia uma interface web para fácil interpretação do usuário a respeito do funcionamento geral do sistema, bem como se tem algum módulo acionado. A comunicação entre os diversos módulos, *wearable* e central, ocorre por meio de conexão sem fio *Wi-Fi*. Os principais motivos para realização deste projeto, além dos citados anteriormente, está em criar um dispositivo de baixo custo de forma que seja acessível, de fácil instalação, ser intuitivo em sua interface e ter vibrações que possam ser facilmente sentidas e diferenciadas pelo usuário. Através disso, busca-se oferecer maior autonomia para pessoas surdas garantindo que elas possam estar cientes mais facilmente de novos eventos no seu meio.

Palavras-Chave: Wearable. Dispositivo Vibrador. Sensor de gás. Despertador. Babá eletrônica. Campainha. Surdo. Tecnologia Assistiva.

ABSTRACT

Many simple situations on a daily basis turn out to be real challenges for people that have hearing differences. Whether due to the difficulty in communicating and being understood, or the obstacles to interpreting everyday situations related to the need for hearing. Given this, this work establishes a development of a series of devices capable of assisting deaf people in the perception of events that normally require the interpretation of sounds. Such devices are: gas sensor, baby monitor, doorbell and alarm clock. For this, we used a wearable device with vibration capacity according to the notification, electronic modules with sensors around the user's house and a processing center, which analyzes the signal of the modules, passes them to the wearable device and also manages a web interface for easy user interpretation of the general operation of the system, as well as if any module has been activated. Communication between the various modules, wearable device and central, takes place via *Wi-Fi* wireless connection. The main reasons for carrying out this project, besides those mentioned above, is to create a low cost device so that it is affordable, easy to install, intuitive in its interface and has vibrations that can be easily felt and differentiated by the user. Through this, we seek to offer greater autonomy to deaf people by ensuring that they can be more easily aware of new events in their midst.

Key words: Wearable. Vibrating device. Gas sensor. Alarm clock. Baby monitor. Doorbell. Deaf. Assistive technology.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - ESP8266 nodemcu esp-12e	25
Figura 2 - Sensor de gás MQ-9	26
Figura 3 - Sensor de tensão P8	27
Figura 4 - MAX 9814	27
Figura 5 - Despertador Digital	27
Figura 6 - Diagrama de blocos do dispositivo sensor de gás	30
Figura 7 - Diagrama de blocos do dispositivo babá eletrônica	30
Figura 8 - Diagrama de blocos do dispositivo de campainha	31
Figura 9 - Diagrama de blocos do dispositivo despertador	31
Figura 10 - Diagrama de blocos da central de processamento	32
Figura 11 - Diagrama de blocos do dispositivo wearable	32
Figura 12 - Esquemático para sensor de gás	34
Figura 13 - Esquemático para babá eletrônica	35
Figura 14 - Esquemático para campainha	35
Figura 15 - Esquemático para despertador	36
Figura 16 - Esquemático para central de processamento	36
Figura 17 - Esquemático para dispositivo wearable	39
Figura 18 - Layouts para PCB dos circuitos	39
Figura 19 - Interface web	42
Figura 20 - Placa de madeira com os dispositivos	47
Figura 21 - Microcontrolador e bateria da pulseira sem a case	47
Figura 22 - Placa e bateria da pulseira, sem a case	48
Figura 23 - Choro baixo	50
Figura 24 - Conversa	50
Figura 25 - Som ambiente residencial	50
Figura 26 - Choro alto	50
Figura 27 - Antes do condicionamento	51
Figura 28 - Depois do condicionamento	51
Figura 29 - Volume alto antes do condicionamento	52
Figura 30 - Volume alto depois do condicionamento	52
Figura 31 - Volume baixo	52
Figura 32 - Despertador desligado	52
Figura 33 - Consumo da pulseira após a conexão com a central	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Materiais adquiridos para o projeto.

53

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AC	- Alternating Current (Corrente Alternada)
ACK	- Acknowledge
ADC	- Analog-to-Digital Converter (Conversor Analógico-Digital)
AMP OP	- Amplificador Operacional
CO	- Monóxido de Carbono
CPU	- Central Processing Unit (Unidade de Processamento Central)
DC	- Direct Current (Corrente Contínua)
DUT	- Device Under Test (Dispositivo Sob Teste)
GLP	- Gás Liquefeito de Petróleo
GND	- Ground (Terra)
GPIO	- General Purpose Input/Output
GUI	- Graphical User Interface (Interface Gráfica com o Usuário)
HSPI	- Hardware Serial Peripheral Interface
I2C	- Inter-Integrated Circuit
I2S	- Inter-IC Sound
IEEE	- Institute of Electrical and Electronic Engineers
IoT	- Internet of Things (Internet das Coisas)
IP	- Internet Protocol address
IR	- Infrared (Infravermelho)
LAN	- Local Area Network

Li	Lítio
OUT	- Output (Saída)
PCB	- Printed Circuit Board (Placa de Circuito Impresso)
PWM	- Pulse Width Modulation (Modulação de Largura de Pulso)
RAM	Random Access Memory
SW	- Software
TCC	- Trabalho de Conclusão de Curso
TCP	- Transmission Control Protocol (Protocolo de Controle de Transmissão)
UART	- Universal Asynchronous Receiver/Transmitter
UFPR	- Universidade Federal do Paraná
USB	- Universal Serial Bus (Barramento Serial Universal)
VCC	- Voltage Common Collector (Coletor Comum de Tensão)
WECA	- Wireless Ethernet Compatibility Alliance
Wi-Fi	- Wireless Fidelity
WLAN	- Wireless Local Area Network

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
1.1 PROBLEMATIZAÇÃO	17
2 OBJETIVOS	19
2.1 OBJETIVO GERAL	19
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	20
3.1 SURDEZ	20
3.2 VIBRAÇÃO X AUDIÇÃO	20
3.3 Wi-Fi	21
3.4 PROTOCOLO TCP IP	22
3.5 WEARABLE	22
4 MATERIAIS E MÉTODOS	23
4.1 MATERIAIS	23
4.1.1 ESP8266 NODEMCU ESP-12	23
4.1.2 Sensor de gás MQ-9	24
4.1.3 Sensor de tensão AC 127/220V - P8	25
4.1.4 Microfone de Eletreto	25
4.1.4.1 Módulo microfone de Eletreto MAX 9814	25
4.1.5 Despertador digital	26
4.1.6 Motovibrador	27
4.1.7 Bateria e módulo de carregamento	27
4.1.8 Software de design de circuitos KICAD	28
4.2 MÉTODOS	28
4.2.1 Diagrama de blocos	28
4.2.1.1 Sensores	28
4.2.1.2 CENTRAL DE PROCESSAMENTO	31
4.2.1.3 DISPOSITIVO WEARABLE	31
4.2.2 ESQUEMÁTICOS	32
4.2.2.1 SENSOR DE GÁS	32
4.2.2.2 BABÁ ELETRÔNICA	33
4.2.2.3 CAMPAINHA	34
4.2.2.4 DESPERTADOR	34
4.2.2.5 CENTRAL DE PROCESSAMENTO	35
4.2.2.6 DISPOSITIVO WEARABLE	36
4.2.3 LAYOUT PCB	37
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	39

5.1 CENTRAL	39
5.1.1 INTERFACE WEB	40
5.2 MÓDULOS SENSORES	41
5.2.1 GÁS	42
5.2.2 BABÁ-ELETRÔNICA	42
5.2.3 CAMPAINHA	43
5.2.4 DESPERTADOR	43
5.3 PULSEIRA	43
5.4 HARDWARE	44
5.4.1 BABÁ-ELETRÔNICA	46
5.4.2 CAMPAINHA	48
5.4.3 DESPERTADOR	49
5.4.4 PULSEIRA	51
5.5 ORÇAMENTO	52
6 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	53
APÊNDICE 1 - DIAGRAMA DE BLOCOS COMPLETO	56

1 INTRODUÇÃO

O avanço da tecnologia acarreta em maior facilidade e comodidade na vida das pessoas. Em uma pesquisa simples em um navegador, pode-se verificar com facilidade tendências como IoT (Internet of Things), *Smart Devices*, entre outros. Seguindo esta tendência, foi constatada uma dificuldade latente para o público surdo, com dispositivos audíveis pela casa.

São dificuldades as vezes imperceptíveis para muitas pessoas, porém relevantes, como a capacidade de saber a situação de seu filho por meio de uma babá eletrônica, ou simplesmente, ouvir sobre a chegada de uma visita através de uma campainha. Tendo em vista tal complicação, uma simples solução está na codificação desses códigos sonoros para uma outra forma a qual seja perceptível com facilidade por qualquer pessoa, no entanto com foco à comunidade surda.

1.1 PROBLEMATIZAÇÃO

De acordo com o Manual de procedimentos em Audiometria tonal limiar, logaudiometria e Medidas de imitância acústica (SISTEMA DE CONSELHOS FEDERAL E REGIONAIS DE FONOAUDIOLOGIA, 2013) “Entre ‘ouvir bem’ e ‘não ouvir nada’ há uma ampla variedade de diferentes graus de perda auditiva. Especialistas distinguem entre perda auditiva leve, moderada, severa e profunda. A maioria dos casos de perda auditiva é classificada como leve ou moderada.” Levando em consideração o apresentado para identificação do público alvo, assim como suas necessidades, devemos inicialmente partir do conceito de surdez.

A partir de levantamento obtido por Lloyd e Kaplan (1978), para uma pessoa ser considerada com perda auditiva de grau leve, sua média tonal deve ser entre 26 e 40 dBNA. Para uma perda auditiva de grau moderado, este valor está entre 41 e 55 dBNA, já para uma perda auditiva de grau moderado-severo está entre 56 e 70 dBNA, enquanto para uma perda auditiva de grau severo possui média tonal entre 71 e 90 dBNA, acima de 91 dBNA a perda auditiva é considerada profunda.

Conforme dados do Ministério da Educação (2017), aproximadamente 9 milhões de brasileiros são portadores de algum grau de surdez. Além das dificuldades de comunicação encontradas, tal população enfrenta obstáculos

diários, como sons que são considerados comuns no cotidiano mas não possuem substitutos acessíveis para deficientes auditivos, como é o caso de despertadores, campainhas e alarmes.

Com estes levantamentos apontados, é evidente uma motivação para a aplicação deste trabalho com o intuito de melhorar a qualidade de vida de toda uma comunidade sempre presente na sociedade, no entanto, nem sempre beneficiada de novas tecnologias, seja por custo dos dispositivos, viabilidade econômica ou falta de inclusão na sociedade.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um dispositivo wearable em formato de pulseira que se comunica com 4 dispositivos sonoros pela casa, sendo estes: Campainha, Babá eletrônica, Sensor de Gás e Despertador. A pulseira se comunica com estes elementos acionadores por meio de uma central de processamento e emite vibrações de acordo com o dispositivo acionado.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desenvolver dispositivo modular de comunicação entre pulseira e central de processamento de forma *wireless*.
- Desenvolver modo de se comunicar entre dispositivos e central de processamento de forma sem fio.
- Desenvolver uma interface gráfica através de um dispositivo conectado a rede *Wi-Fi* com informações de conexão de cada dispositivo, tal como evento acionado.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Com os objetivos definidos, iniciou-se pesquisas de viabilidade e a forma a qual o projeto tomará forma. Para a determinação do rumo traçado, uma fundamentação teórica foi elaborada, a partir de definições sobre público alvo, necessidades deste público e meios de elaboração de um dispositivo de fácil instalação. Nesta seção buscamos apresentar tais fundamentos e conceitos importantes para o desenvolvimento deste dispositivo,

3.1 SURDEZ

A surdez pode ser causada por uma série de fatores externos, como doenças (meningite, rubéola, caxumba), por danos nervosos na membrana timpânica ou em outras partes do ouvido interno e fatores genéticos (FUNDAÇÃO OTORRINOLARINGOLOGIA, 2007). Ao contrário do que normalmente é pensado, a surdez não é apenas quando se perde completamente a audição, na verdade existem diferentes graus e níveis de surdez, sendo uma forma de classificação destes: leve, moderado, moderado-severo e severo. Nesse contexto, ressalta-se a importância de diferenciar surdo-mudo de um surdo; haja vista o primeiro não ser capaz de falar e ouvir, enquanto o segundo, apenas não ouve. É comum o erro pois a maioria dos surdos não se comunica oralmente, por nunca terem tido contato com a linguagem falada e não conhecerem sua voz, entretanto, se ofendem quando chamados erroneamente.

3.2 VIBRAÇÃO X AUDIÇÃO

Nosso corpo possui diversos tipos de nervos e fibras nervosas capazes de captar sensações distintas ou realizar ações. Dentre os responsáveis por reconhecer elementos do nosso ambiente existem ainda mais divisões e tipos diferentes como nervos espinhais de fibras aferentes (que recebem sinais) somáticas exteroceptivas, responsáveis por sentir dor, temperatura, pressão e vibração e nervos cranianos de fibras aferentes somáticas especiais, responsáveis por receber estímulos auditivos, de visão e equilíbrio. (MACHADO e HAERTEL, 2013).

Além disso, os caminhos dos nervos responsáveis pela sensibilidade de cada local ou por realizar a ação de determinada parte do corpo acaba sendo diferente e se dividem ao longo do caminho, de forma que o dano em uma parte do nervo não necessariamente afeta mais funções do corpo.

Dessa forma, por se tratarem de fibras completamente distintas, nota-se que mesmo tendo perda auditiva, seja por alguma lesão cerebral, nervosa ou mesmo em partes mais periféricas do corpo (como o tímpano), não há uma correlação com a capacidade da pessoa de ter sensações nos membros, como a sensação de vibração.

3.3 *Wi-Fi*

Com o mundo conectado e cada vez mais sem fios, a facilidade trazida pela ausência de cabeamento pela casa (tanto por dificuldades de instalação, como por limitação física), facilita a portabilidade de ideias e dispositivos. A aplicação de conceitos *Wi-Fi* se baseia nos pilares de conexão simplificada e de fácil portabilidade, sem a necessidade de cálculos em eletrodutos para mais um novo cabo.

Conforme ilustra o site Teleco.com.br (2019), “Uma *Wireless LAN* (WLAN) é uma rede local sem fio padronizada pelo IEEE 802.11. É conhecida pelo nome de *Wi-Fi*, abreviatura de ‘*wireless fidelity*’ (fidelidade sem fios) e marca registrada pertencente à *Wireless Ethernet Compatibility Alliance* (WECA)”. (TELECO, 2008). O *Wi-Fi*, em conjunto com o protocolo de comunicação o TCP/IP, é utilizado como forma de transmitir dados por meio de uma rede de computadores, utilizando como meio de propagação o ar (sem fio). Com um dispositivo operando como receptor e outro como transmissor, o último fica encarregado de realizar o início de comunicação TCP, enviando um pacote de informações para o receptor, para em seguida, enviar ao transmissor uma confirmação de que a comunicação foi estabelecida e possui funcionamento correto, o chamado ACK (*acknowledge*). Tal fenômeno de comunicação inicial, confirmando o estabelecimento de comunicação se chama *handshake*. Os padrões de Wi-Fi utilizados atualmente, são

regulamentados pelo IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) a partir de 1990.

O padrão 802.11b foi o primeiro a ser regulamentado, utilizando frequência de 2,45 GHz, permitindo assim um alcance de 100 m e uma transmissão de até 11 Mbit/s, dependendo da distância entre o transmissor e receptor.

O padrão 802.11g, regulamentado posteriormente, possui um ganho de transmissão para 54 Mbit/s. É também introduzido o conceito de *dual-band*, onde a taxa de transferência é dobrada devido a transmissão por dois canais diferentes.

O protocolo 802.11 prevê algumas das faixas de frequência não licenciadas para operação. No Brasil, estas faixas não licenciadas são regulamentadas em 2,4 GHz e 5 GHz (ANATEL, 2008).

3.4 PROTOCOLO TCP IP

O protocolo TCP IP, elaborado na camada de transporte (segundo o modelo OSI) é uma forma confiável de transporte de informações (CISCO, 2005). Devido ao *handshake*, feito ao se estabelecer a conexão, existe uma garantia de transmissão integral e correta dos dados entre o *host* e o destino. O TCP segmenta informações pela camada de aplicação, na qual pequenos blocos com dados são gerados, todos com um cabeçalho inserido no início de cada pacote. Tal cabeçalho possui função de determinação de informações de destino e ordem de cada arquivo, para a correta reconstrução dos dados, posteriormente, no destino (KUROSE, 2013).

3.5 WEARABLE

O termo *wearable* vem do inglês e se refere a algo que pode ser utilizado no corpo como acessórios, adornos e roupas. Com o constante avanço da tecnologia e miniaturização dos dispositivos, iniciou-se uma tendência ao crescimento de dispositivos tecnológicos que podem ser utilizados pelo usuário como acessórios, tentando, na maioria das vezes inclusive, serem esteticamente agradáveis, estes dispositivos ficaram amplamente conhecidos como *wearables*.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Seguindo com o projeto, o desenvolvimento do projeto tange para a fundamentação de ideias a serem implementadas, dando sempre a ênfase ao escopo do projeto, tal como qual o tipo de metodologia, material, abordagem a serem utilizados. Nesta seção serão abordados os materiais que foram utilizados no projeto. Assim como uma forma didática de manipulação dos mesmos, visando a correta construção do protótipo.

4.1 MATERIAIS

Para o desenvolvimento de tecnologias que visam auxiliar em limitações de pessoas surdas, existem dispositivos chave para a elaboração do projeto. Somando-se pequenas partes, como sensores, componentes e microcontroladores pode-se criar uma infinidade de possibilidades e, nesta seção, será discutido os principais materiais e *softwares*, tornando viável a elaboração deste projeto.

Para realizar isso foram utilizados um microcontrolador em cada módulo. Nos módulos com sensores, a finalidade do microcontrolador é de captar e analisar os dados de forma a enviar apenas uma *flag* (indicador) para a próxima etapa. Na central, ele se torna necessário devido a todo processamento envolvido, bem como a manutenção da *interface web*. Na pulseira, ele é necessário devido ao controle do motor vibrador.

4.1.1 ESP8266 NODEMCU ESP-12

O ESP8266 é um microcontrolador com módulo *Wi-Fi* (802.11 b/g/n) integrado e suporte a conexões TCP/IP. Com baixo custo de aquisição e capacidade de armazenamento de até 4 MB em sua memória *flash*, tal dispositivo se torna ideal devido a sua forma de operação em baixo consumo de energia.

Este microcontrolador possui conversor analógico/digital de 10 bits, antena integrada para operações sem fio, acesso aos protocolos: HSPI, UART, I2C, I2S, IR Remote Control, PWM, GPIO, consumo de potência na ordem de 1 mW quando em standby, tensão de operação entre 3 V e 3,6 V, corrente de operação de 80 mA. (ELECTRODRAGON, 2017) (FIGURA 1).

Figura 1 - ESP8266 nodemcu esp-12e



FONTE: User manual for ESP12E, 2019

4.1.2 Sensor de gás MQ-9

MQ-9 é um sensor de monóxido de carbono (CO) e gases combustíveis como metano (CH_4), propano (C_3H_8) e GLP com alta sensibilidade de acordo com o gás detectado. Este sensor é utilizado para detecção de vazamento de gás doméstico, industrial ou detector portátil. Possui uma vida útil longa e baixo custo, bem como tem um circuito de acionamento simples.

Para seu funcionamento correto é requisitado uma tensão de 5 V, capaz de detectar 10-1000 ppm de CO e 100-10000 ppm de gases combustíveis. O sensor está representado pela Figura 2. (HENAN HANWEI ELECTRONICS CO, LTD).

Figura 2 - Sensor de gás MQ-9



FONTE: Filipe-Flop, 2019

4.1.3 Sensor de tensão AC 127/220V - P8

Na aquisição de informação a nível de tensão, foi utilizado um sensor de detecção de tensão, com tolerância dada pela tensão da rede, sendo 127 V ou 220 V. O sensor utilizado foi de tensão P8, representado pela Figura 3 (GBK ROBOTICS).

Este sensor possui optoacoplador para isolar a parte AC da parte DC do circuito, compatível com diversos microcontroladores e capaz de detectar a presença de tensões de 127 V/220 V. Para isso, ele possui uma entrada para a tensão AC e três pinos DC sendo eles VCC, GND e OUT, o qual deve ser alimentado com 5 V. O sensor também é compacto e acaba apresentando um ótimo custo-benefício.

Figura 3 - Sensor de tensão P8



FONTE: GBK Robotics, 2019

4.1.4 Microfone de Eletreto

Microfones de eletreto possuem baixo custo e tamanho reduzido, aliados com alta precisão. Por conta disso acabaram consolidando-se no mercado atualmente como uma das principais opções para aquisição de áudio.

4.1.4.1 Módulo microfone de Eletreto MAX 9814

O módulo MAX 9814 é composto por um microfone de eletreto já com um circuito de condicionamento de sinal, há também um controle automático de ganho e tensão de operação entre 2,7 V e 5,5 V (FIGURA 4). Dentre suas aplicações estão

gravadores portáteis de alta qualidade, câmeras de vídeo digital e fones *bluetooth* (MAXIM INTEGRATED, 2016).

Figura 4 - MAX 9814



FONTE: Adafruit, 2019

4.1.5 Despertador digital

Utilizou-se um despertador digital comercial (NKS®) para obtenção do sinal de seu alto-falante (*speaker*). A escolha por esse modelo ocorreu por já existir o circuito de regulação de hora e escolha de horário de alarme, alto-falante de fácil acesso e por já termos um modelo disponível conosco, uma imagem dele pode ser vista na Figura 5.

Figura 5 - Despertador Digital



Fonte: Os autores, 2019

4.1.6 Motovibrador

Como interface de percepção do usuário, utilizou-se um motor vibrador como forma de notificação tátil. O motor é contemplado com uma carga descompensada, caso este componente seja acionado, é gerado uma força de giro neste eixo formando instabilidade e vibrações.

O modelo utilizado neste projeto foi do tipo moeda, com parâmetros de entrada de tensão contínua entre 0,9 V e 3,3 V, velocidade de rotação 5400 rpm e corrente operação de 74 mA. Devido a sua origem ser de celulares descartados, houve dificuldade em encontrar os detalhes técnicos do modelo usado de forma precisa, no entanto, após levantamento de parâmetros do motor de forma experimental, com o auxílio de um multímetro e fonte de bancada, os dados foram condizentes com o esperado.

4.1.7 Bateria e módulo de carregamento

Para efeito de portabilidade e mobilidade da pulseira pela residência, foi utilizado uma célula de bateria de *power bank* e seu respectivo circuito de condicionamento. Nesta topologia, o valor de tensão contínuo para carregamento da célula é de 5 V (o que facilita seu devido carregamento), sendo em seguida feito um condicionamento de tensão para o valor suportado pela célula de bateria (LG CHEM, 2014). A escolha deste módulo se deu pela sua capacidade de carga, dada pelo fabricante do *power bank* como 2000 mAh, sendo suficiente para uma boa autonomia de bateria. O circuito de condicionamento de tensão para alimentação da bateria, torna viável o carregamento da célula.

A bateria Lithium Ion INR18650 possui tensão de saída de 3,6 V, 2000 mAh de capacidade de armazenamento nominal de carga e peso de 47 g, composta principalmente por Lítio (Li). Suas dimensões são 18,3 mm de diâmetro e 65 mm de comprimento (LG CHEM, 2014).

4.1.8 *Software* de *design* de circuitos KICAD

Para fazer o *layout* da PCB foi utilizado o *software* KICAD, programa que permite a realização de esquemáticos e *layouts* de PCB gratuito e que segue a filosofia de *software* livre.

4.2 MÉTODOS

Dando sequência ao projeto, depois da definição dos materiais a serem utilizados, foi implementado uma sequência lógica de manipulação dos elementos, de modo a aquisição satisfatória do dispositivo. Nesta parte foi explicitado o modo de organização dos blocos, para o correto funcionamento do projeto.

4.2.1 Diagrama de blocos

Devido a complexidade e tamanho total deste projeto, foi elaborado diagramas de blocos divididos a partir do dispositivo estudado, totalizando seis imagens de diagramas, divididos entre os módulos de sensores, central de processamento e *wearable* vistos a seguir, bem como um diagrama único do projeto com todos os blocos unidos. (ANEXO 1)

4.2.1.1 Sensores

Cada módulo de sensor deve ser capaz de identificar o acionamento do seu evento e colocar uma sinalização com prioridade de 1 a 4 para ser enviada à central. A necessidade dessa ordem de prioridades permite ter um protocolo bem estabelecido caso ocorra de vários eventos simultaneamente.

Seguindo o conceito de elaboração de diagramas, o dispositivo capaz de perceber a presença de vazamento de gás da residência será acionado pelo sensor MQ-9, devidamente condicionado. Em seguida o sinal será enviado para um conversor analógico-digital do microcontrolador. Internamente, o microcontrolador deste respectivo dispositivo irá fazer a análise do sinal e reconhecerá o seu acionamento, fazendo assim inserção de uma identificação (FIGURA 6).

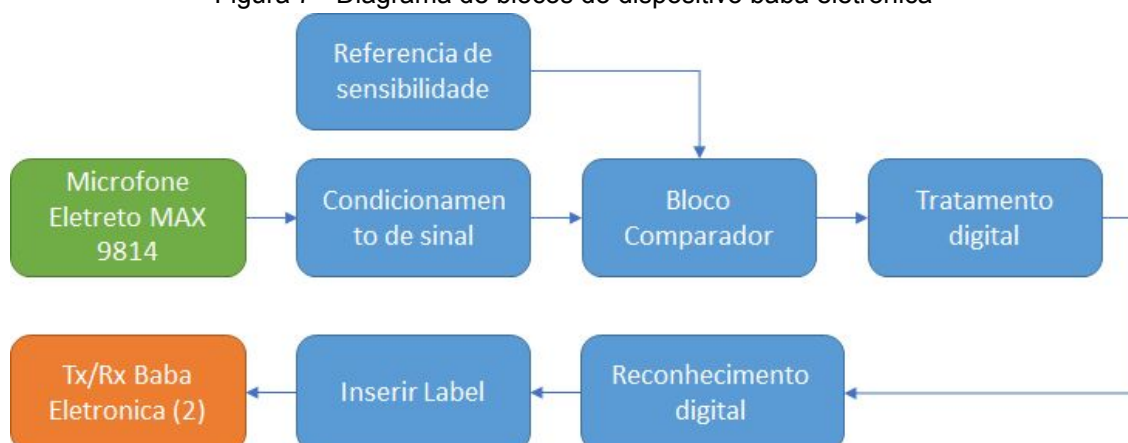
Figura 6 - Diagrama de blocos do dispositivo sensor de gás



Em verde o recebimento de informações dos dispositivos, azul as atividades desempenhadas pelo dispositivo e em laranja o sinal enviado a central de processamento. FONTE: Os autores, 2019

Para o dispositivo de babá eletrônica, o sensor o qual irá obter informações de acionamento será um microfone, modelo MAX 9814. O sinal será devidamente acondicionado e enviado para um bloco de comparação, o qual reconhecerá um pulso de tensão caso o nível sonoro esteja acima de um valor de referência (estabelecido por meio de comparação de níveis de tensão). Em seguida, o reconhecimento e inserção de identificação será elaborado, de forma similar ao visto por demais dispositivos (FIGURA 7).

Figura 7 - Diagrama de blocos do dispositivo babá eletrônica

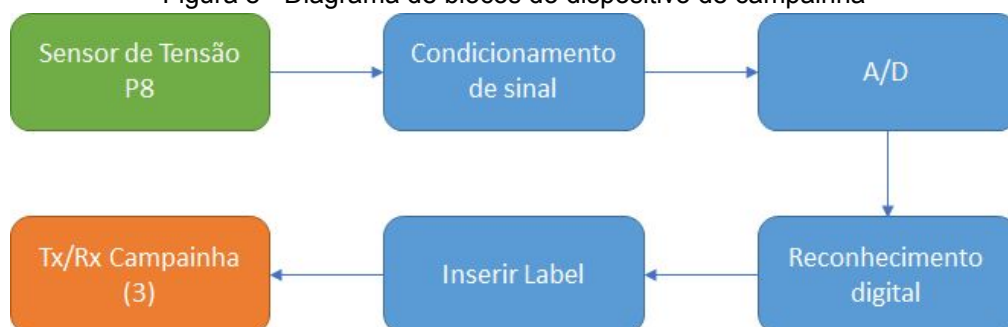


Em verde o recebimento de informações dos dispositivos, azul as atividades desempenhadas pelo dispositivo e em laranja o sinal enviado a central de processamento. FONTE: Os autores, 2019

Para o caso para a campainha, um sensor de tensão perceberá alteração no circuito de acionamento (momento que o botão de acionamento é pressionado). Após isso, o sinal recebido do sensor será condicionado enviando para um

conversor analógico-digital do microcontrolador. Com tal informação, um bloco de identificação digital de acionamento, aliado a uma codificação de identificação será elaborada por *software*, assim referenciando corretamente o acionamento dessa parte específica do projeto. Finalmente, este sinal, já tratado, será enviado para a central de processamento (FIGURA 8).

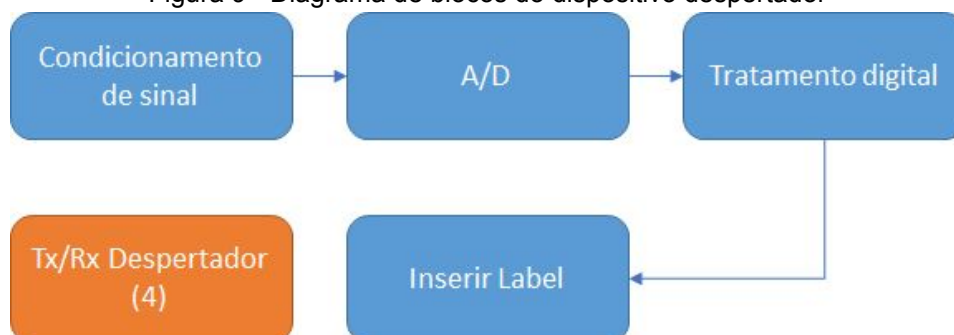
Figura 8 - Diagrama de blocos do dispositivo de campainha



Em verde o recebimento de informações dos dispositivos, azul as atividades desempenhadas pelo dispositivo e em laranja o sinal enviado a central de processamento. FONTE: Os autores, 2019

No caso do despertador, o sinal obtido para a detecção e envio de informações será um pulso detectado internamente no alto falante do dispositivo. Ao se obter as informações que são enviadas do *speaker* interno, este será condicionado, enviado para o conversor ADC do seu respectivo microcontrolador, será elaborado um reconhecimento e identificação digitais (de forma similar ao visto por demais blocos de dispositivos pela casa), em seguida, enviado tais informações para a central de processamento (FIGURA 9).

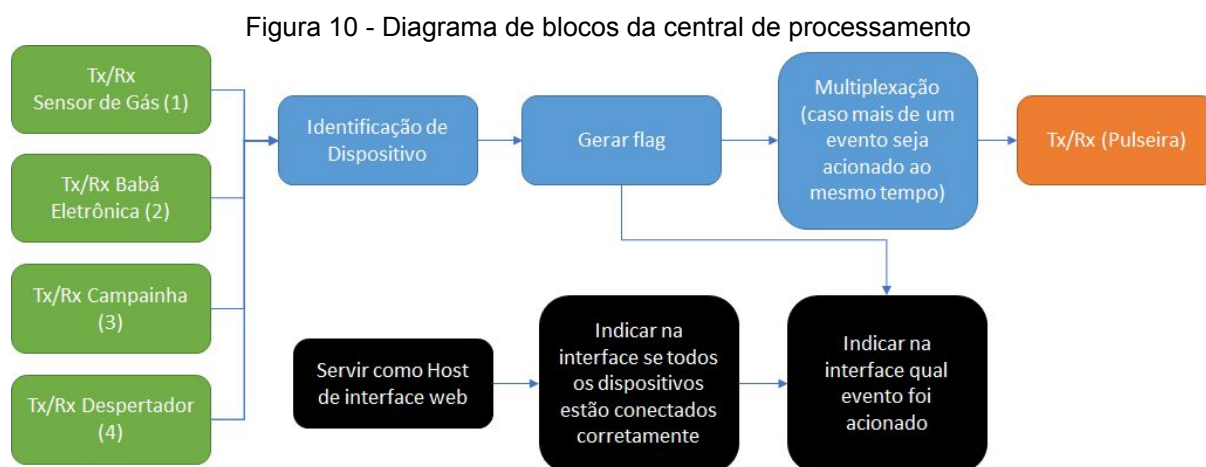
Figura 9 - Diagrama de blocos do dispositivo despertador



Em azul as atividades desempenhadas pelo dispositivo e em laranja o sinal enviado a central de processamento. FONTE: Os autores, 2019

4.2.1.2 CENTRAL DE PROCESSAMENTO

A central de processamento, por sua vez, receberá dos módulos de sensores a informação de detecção local com sua respectiva ordem de prioridade. Com isso, o *software* realiza a identificação do dispositivo, bem como sua análise e condicionamento, caso necessário, para que seja feito o envio apenas de uma *flag* para o *wearable*, de forma a evitar processamento interno no mesmo e economizar bateria. Paralelamente a isso, a central deve servir como *host* para uma interface *web*, permitindo que o usuário tenha conhecimento sobre o funcionamento do sistema, bem como saber quais dispositivos estão acionados no evento de dois ou mais dispositivos acionarem simultaneamente (FIGURA 10).



Em verde o recebimento de informações dos dispositivos, azul as atividades desempenhadas pelo dispositivo, em laranja o sinal enviado a central de processamento e em preto interface web. FONTE: Os autores, 2019

4.2.1.3 DISPOSITIVO WEARABLE

Ao receber informações da central de processamento, tal evento será armazenado na memória interna do microcontrolador, já devidamente identificado. Após isto, será obtido a informação de qual dispositivo foi acionado previamente e, de acordo com a informação, será ativada uma função salva na memória do dispositivo gerando um pulso característico. Com este pulso, um motor vibratório será acionado, dando a percepção ao usuário de que algo em sua residência está necessitando sua atenção, bem como pela característica do pulso, o usuário será capaz de identificar o que necessita sua atenção (FIGURA 11).

Figura 11 - Diagrama de blocos do dispositivo *wearable*

Em verde o recebimento de informações dos dispositivos, azul as atividades desempenhadas pelo dispositivo e em laranja o sinal enviado a central de processamento. FONTE: Os autores, 2019

4.2.2 ESQUEMÁTICOS

O passo seguinte tange na parte de elaboração de circuitos elétricos, conectando os sensores aos controladores. Para o caso dos dispositivos sonoros e gás, existe o desafio de conexão entre sensores e o controlador, uma vez que sua conexão não pode ser de forma direta devido à tensão acima do suportado, caso aconteça, existe a possibilidade de queimar portas no ESP consideradas essenciais para o andamento do projeto. Já para o caso do dispositivo *wearable* há o desafio de conexão do motovibrador ao microcontrolador, uma vez que este também poderá queimar portas caso ligado de forma direta.

4.2.2.1 SENSOR DE GÁS

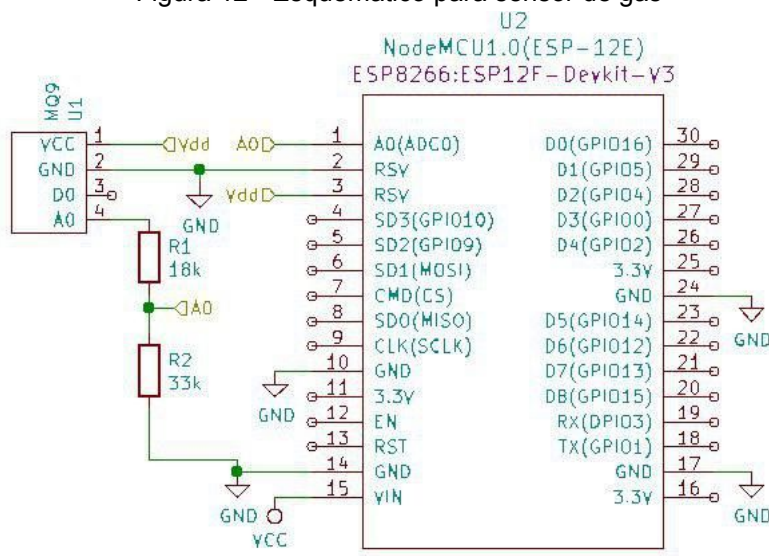
Esquemmatizando o circuito do módulo sensor de gás, notou-se a necessidade de um circuito de condicionamento de sinal entre o controlador e o transdutor, uma vez que a saída analógica do primeiro pode ser de até 5 V, assim havendo a possibilidade de queimar a porta utilizada no ESP, ao se aplicar um divisor de tensão com resistores de 18 kΩ e 33 kΩ, sua faixa de valores analógicos passa a ser de 3,3 V, conforme a seguinte relação (EQUAÇÃO 1):

Equação 1

$$V_{in} = \frac{R2}{R1 + R2} * V_{DC} \quad (1)$$

Após limitação de faixa entre o sensor e o resto do circuito, a figura 12 mostra as conexões para a devida leitura por *software*. Sendo utilizado o pino A0 (entrada analógica) para leitura de dados, tensão 5 V (pino VV, representado no esquemático como pino 2) do sensor e terra (GND) oriundas do controlador.

Figura 12 - Esquemático para sensor de gás

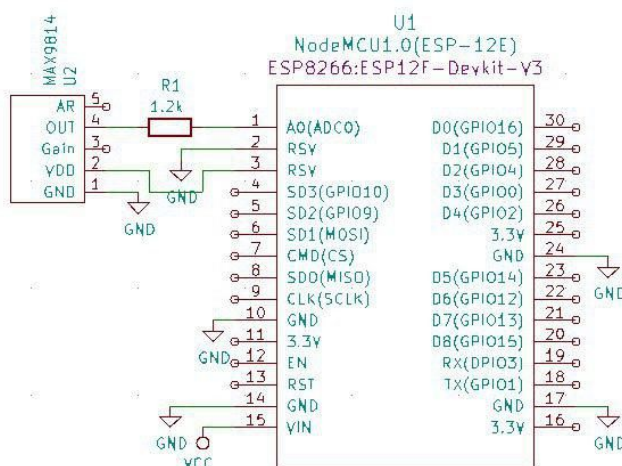


Nota-se a conexão entre A0 do microcontrolador e um nó entre os resistores, com objetivo de obter valores entre 0 V e 3,3 V, suportados pelo ESP. FONTE: Os autores, 2019

4.2.2.2 BABÁ ELETRÔNICA

Ao elaborar o circuito referente a babá eletrônica, foi feita a conexão entre a saída do transdutor e o pino A0 (entrada analógica do controlador) contendo um resistor limitador de corrente como forma de proteger o microcontrolador. Também é visto, assim como no sensor de gás, a alimentação de todo o circuito pelo próprio ESP, conectando o pino “VDD” do sensor na porta “VV” e interconectar ambos os “GND”. A Figura 13 mostra as devidas conexões de alimentação e entrada/saída, junto a parte de limitação de corrente.

Figura 13 - Esquemático para babá eletrônica



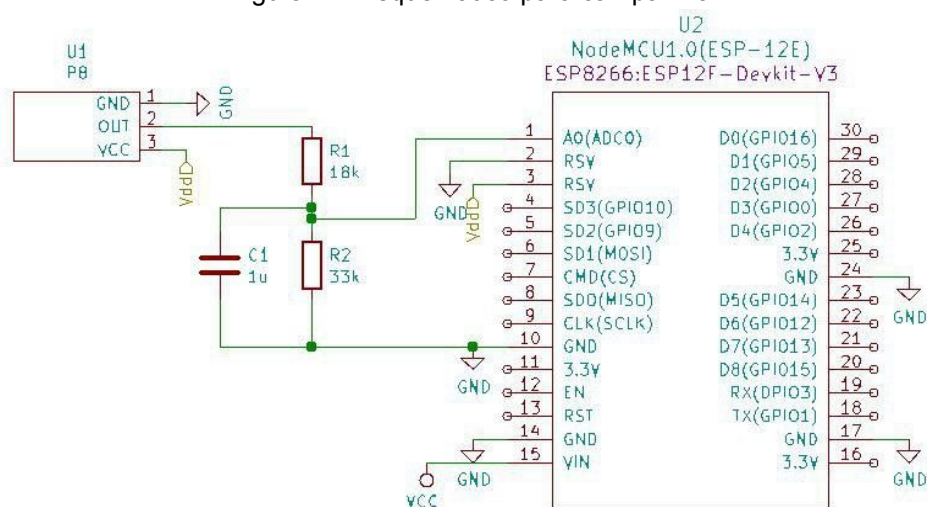
FONTE: Os autores, 2019

4.2.2.3 CAMPAINHA

Na modelagem de esquemático para o dispositivo de campainha, houve a necessidade de elaboração de um circuito de condicionamento de sinal, semelhante ao implementado ao sensor de gás. Devido ao valor de tensão na saída do transdutor ser de 5 V, houve a necessidade do divisor resistivo, segundo a equação (1).

Devido a tensão de saída do sensor P8 ser de forma contínua, porém com uma flutuação de tensão ao redor de seu valor de referência (denominado *ripple*), houve a necessidade de implementação de um capacitor em paralelo ao resistor R2 (FIGURA 14) servindo como filtro e reduzindo a variação indesejada.

Figura 14- Esquemático para campainha



FONTE: Os autores, 2019

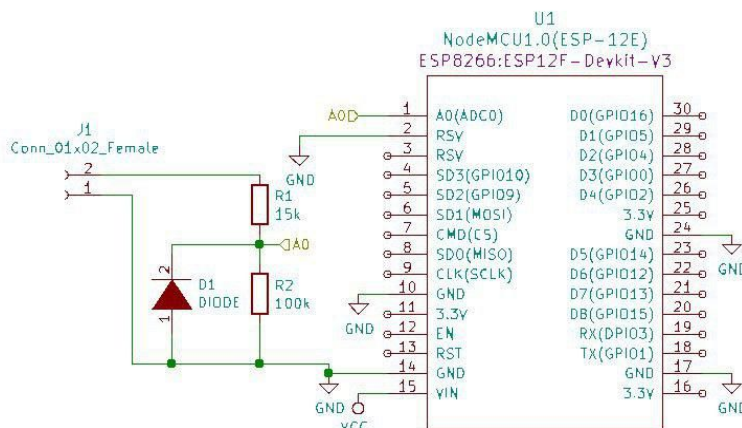
4.2.2.4 DESPERTADOR

Na elaboração do circuito referente ao despertador, devido ao sinal de entrada ser obtida através de um alto falante interno de um despertador digital, houve a necessidade de implementação de circuito condicionador de sinal.

Por ser um sinal de áudio centrado em 0 V, a sua forma de onda possui uma componente negativa. Devido a esta faixa estar fora da faixa de operação da porta analógica do ESP, foi feito um condicionamento utilizando um diodo para eliminar os componentes negativos de tensão. Tal diodo, em modelagem ideal, permite a passagem de valores superiores a 0 V somente, na prática ele possui uma queda de

tensão de 0,6 V. Além disso foi utilizado também um divisor de tensão garantindo que os valores estejam dentro dos suportados pelo ESP como visto na Figura 15.

Figura 15 - Esquemático para despertador

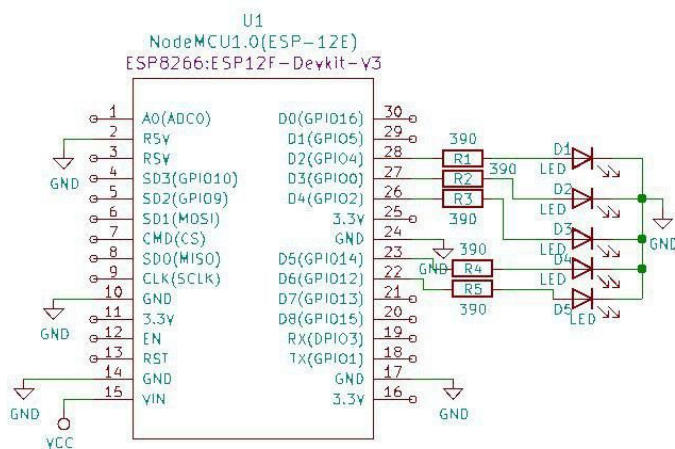


FONTE: Os autores, 2019

4.2.2.5 CENTRAL DE PROCESSAMENTO

Para a central de processamento, diferente dos módulos, não há a existência de nenhum sensor acoplado para obter informações. No entanto, foram implementados LEDs com limitadores de corrente, que, ao se estabelecer conexão de forma sem fio com qualquer outro dispositivo mencionado, e de acordo com o sensor conectado, acionam uma luz de aviso. Isto significa que, por exemplo, ao se conectar o módulo sensor de gás, juntamente a central, seu led (no caso o led ligado na porta D2 do ESP) será acionado. Como visto na Figura 16 os LEDs foram colocados nas portas D2 a D5 seguindo a ordem de prioridades definida e mantendo a luz de aviso da pulseira conectada ao D5.

Figura 16 - Esquemático para central de processamento



FONTE: Os autores, 2019

A central logo que é ligada cria uma rede *Wi-Fi* que denominamos de “Buzz4Me” nome dado ao projeto, esta rede possui uma senha, temporariamente definida como “12345678” para evitar que pessoas não autorizadas acessem a rede. Após isso, a rotina da central se baseia em analisar se há a tentativa de conexão de cliente e, caso exista, qual mensagem este cliente está querendo enviar.

Os módulos após a conexão enviam como mensagem sua função seguido de 0 (indicando que seu sensor não está notificando nenhuma ocorrência) ou 1 (indicando a notificação), por exemplo “babá 0” ou “babá 1”. A partir disso, essa notificação 0 ou 1 é salva num vetor *flag* de 5 elementos, sendo eles em ordem, os 4 módulos seguindo prioridade (gás, babá, campainha e despertador) e por último uma informação que indica se deve ser enviada informação para a pulseira ou não, evitando assim, que fique sendo enviada informação quando não há necessidade de vibração, o que gastaria energia desnecessariamente. Caso o quinto elemento do vetor seja “1”, é enviado este vetor para a pulseira na forma de um byte apenas, evitando consumo de energia por parte dela.

4.2.2.6 DISPOSITIVO *WEARABLE*

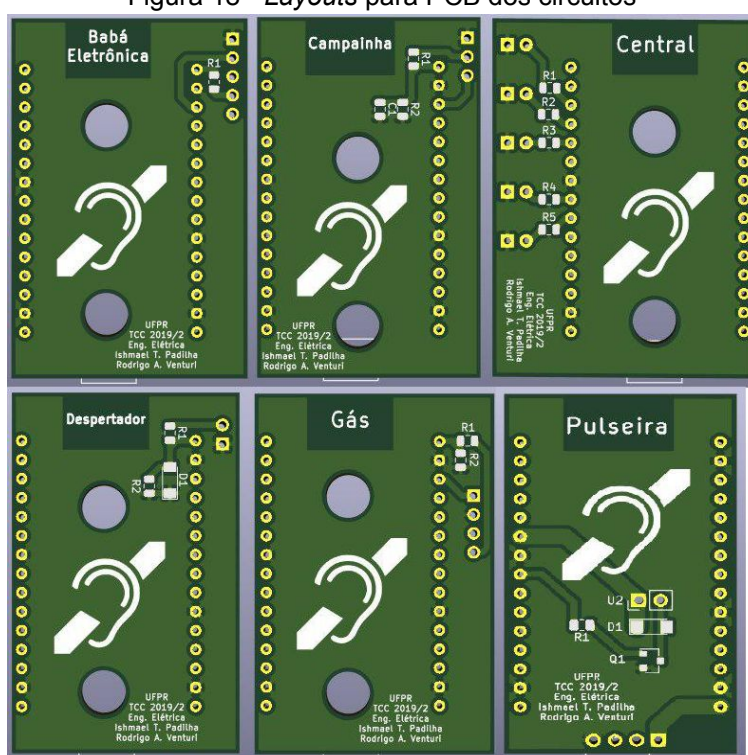
O dispositivo *wearable* tem como objetivo economizar energia, com isso ele é apenas conectado a um motovibrador, havendo necessidade de implementação de um circuito de atuação.

Um dos motivos por trás do circuito de atuação está na corrente de pico necessária para o funcionamento do motor (formando a vibração pela carga descompensada). Devido a especificações obtidas em *datasheet* compatível com o motor (K’OTL JINLONG MACHINERY, 2009), sua corrente de operação máxima é de 90 mA e em medições experimentais chegou a 74 mA. Como o ESP suporta em suas portas somente 12 mA, (SZDOIT, 2015), um transistor, com sua base conectada ao pino D5 se torna necessário, para assim, evitar danos ao microcontrolador. Neste trabalho, o modelo de transistor utilizado para acionamento foi o BC817-25 do tipo npn.

primeiramente tem-se a placa a qual será utilizada pela babá eletrônica, com o controlador centralizado e o microfone de eletreto (MAX 9814). Seguido pela PCB da campainha com seu circuito de condicionamento. Finalmente a placa da central de processamento é representada pelo controlador no centro e 5 leds indicadores.

Na linha de baixo, seguindo a mesma ordem, pode-se ver, o layout do despertador, a placa do sensor de gás com o sensor MQ-9 localizado à direita. Por último, o esquemático da pulseira com a conexão do motor representada pelo componente U2.

Figura 18 - *Layouts* para PCB dos circuitos



FONTE: Compilado pelos autores, 2019

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados serão apresentados e discutidos neste tópico, sendo divididos em programação e hardware. Cada um dos módulos será abordado de forma conjunta e posteriormente de forma individual levando em consideração as características de cada um.

5.1 CENTRAL

Um detalhe reparado durante a programação da central de processamento, é que a variável de notificação só deveria ser zerada após receber uma mensagem do respectivo módulo, avisando que a ocorrência foi resolvida. A justificativa ocorre porque em uma ocasião, na qual exista um vazamento de gás na casa, e supostamente o módulo do sensor apresente defeitos após notificar o vazamento de gás, não se pode assumir que o gás parou de vazar apenas porque o sensor desconectou. Dessa forma, com a desconexão de um módulo, que estava acionado à pulseira, continuará a ser notificada até o momento que o módulo for reconectado e enviar uma nova informação ou caso a central seja reiniciada.

Durante testes com a conexão sem fio e verificando o *datasheet* do microcontrolador, percebemos o limite de 4 conexões simultâneas, assim, foi definido que sempre após o recebimento de alguma mensagem, o cliente tem sua conexão *Wi-Fi* interrompida, de forma que outro cliente possa se conectar, a exceção para isso é o dispositivo *wearable*, o qual se mantém sempre conectado garantindo que receba a notificação o mais rápido possível. Entretanto, devido ao artifício de conexão empregado, os módulos ficam constantemente conectando e desconectando, o que acaba aumentando o tempo entre o sensor captar uma alteração e ela ser recebida pela central.

Em testes realizados o tempo de conexão variou entre 240 ms e 6300 ms. Como o tempo de resposta humana costuma ser muito superior, bem como os eventos analisados (com exceção do tempo de pressionamento do interruptor da campainha, a solução para o problema será tratada posteriormente) duram períodos maiores, este tempo de conexão deixa de se tornar um problema.

Para saber se os módulos estão devidamente conectados, como eles mantêm a rotina de conexão, existe a impossibilidade de visualização de conexão de uma forma simplificada através de comandos básicos de funcionamento da conexão, então foi utilizado um protocolo onde cada vez que uma mensagem é recebida, é analisado quem enviou a mensagem e salvo o tempo em que isso ocorreu. Após é comparado com uma variável “*timeout*”, que definimos como 10 segundos, levando em consideração o tempo de conexão. Caso o tempo desde a última mensagem seja superior à *timeout*, o módulo é considerado desconectado, caso este tempo seja inferior, o módulo é considerado conectado. Para a pulseira ser definida como conectada através desse mesmo protocolo, ela envia para a central a mensagem “pulseira” a cada 4,5 segundos.

5.1.1 INTERFACE WEB

Além dos módulos, a central aceita como cliente, em uma porta diferente da porta usada pelos módulos, um computador, celular ou *tablet* usando o navegador de internet. Para isso basta conectar na rede *Wi-Fi* criada pelo microcontrolador e entrar no endereço 192.168.4.1 (IP padrão definido para a rede). Com isso o usuário pode visualizar uma interface web como vista na Figura 19 contendo o *status* de conexão e notificação de cada módulo. Esta interface foi pensada para ser simples e intuitiva de forma que o usuário não se confunda com a informação. As principais vantagens do acesso da central são: permitir que o usuário verifique a conexão de todos os módulos sem necessidade de ir até a central para ver seus LEDs, bem como ser mais intuitiva, e permitir que numa situação onde mais de um módulo está notificando, o usuário veja exatamente quais módulos estão ativos e não apenas a notificação do módulo com maior prioridade.

Quanto a distância de conexão foram feitos testes em uma casa com aproximadamente 150 m² distribuídos em 3 andares, mantendo a central em um ponto no canto do andar térreo da casa e tentando realizar a conexão em todos os andares da casa e nos mais distantes pontos. Em todos os pontos a conexão ocorreu sem nenhum tipo de problema.

Figura 19 - Interface web



FONTE: Captura de tela dos autores, 2019

5.2 MÓDULOS SENSORES

O funcionamento geral dos módulos é o mesmo no ponto de vista de programação. É inicialmente realizada uma conexão com a central, roda uma rotina de análise de dados do sensor e após isso é completamente desconectado o *Wi-Fi*, garantindo que a conexão esteja disponível para os outros módulos. Após esta primeira conexão, os módulos apenas conectam na rede logo antes de enviar uma informação para a central.

Essa rotina de reconexão também garante que no evento de algum módulo ou central ser desligado (como numa queda de energia), após o religamento a conexão ocorrerá sem necessidade de nenhuma ação do usuário.

Todos os módulos são programados para mandar a notificação sempre que houver uma mudança de estado da sua *flag* ou caso seja passado um tempo máximo, chamado também de *timeout*, definido como 3,5 segundos garantindo que o módulo mantenha-se com o estado de conectado na central.

5.2.1 GÁS

No módulo de gás o condicionamento digital é feito recebendo a leitura do AD e através de manipulações matemáticas, transformar o sinal digital numa representação dos valores de tensão medidos. Após isso, o sinal é comparado com um valor de referência e caso seja superior ao mesmo é dado *flag* 1, caso contrário *flag* 0. Além disso, de acordo com especificações do sensor, caso a tensão seja superior ao valor de referência deve-se esperar 5 segundos antes de uma nova medição, para evitar uma medição errada.

5.2.2 BABÁ-ELETRÔNICA

A babá-eletrônica possui a captação de sinal mais complexa. Como o sinal vem de um microfone com *offset* DC, primeiramente o sinal deve ser tratado de forma a subtrair esse *offset*, em seguida, como o som pode ter valores positivos ou negativos de tensão um valor alto pode ter qualquer um dos dois sinais. Por conta disso, com o objetivo de captar dados mais precisos os dados sofrem então uma operação de módulo mantendo todos positivos.

Após essa análise do sinal, é necessário conseguir distinguir um possível som de criança chorando ou um ruído qualquer como algo caindo no chão. Fazendo testes e análises percebemos que interferências sonoras ocorrem por um tempo menor que o choro de um bebê e a partir disso foi definida a seguinte rotina:

Por um período na ordem de milisegundos (definido como 100 ms) é captado o maior número de medições possíveis para identificar valores altos, sendo sempre salvo o maior valor, isto é feito pois como a onda sonora possui valores altos e baixos, no caso de uma medida única ela pode não representar corretamente o valor de pico da onda sonora. Caso este valor seja superior ao referência (definido a partir de testes utilizando um osciloscópio para verificar a amplitude de sinal aproximada de um choro de bebê) é salvo em uma variável auxiliar que a medida foi positiva. É então esperado um tempo também definido no código (atualmente como 1 segundo) e a rotina na ordem de milisegundos é repetida.

Apenas caso três rotinas seguidas sejam positivas é salvo *flag* 1, caso contrário é salvo *flag* 0. Através desse protocolo é possível evitar tanto que sons baixos não sejam captados assim como que sons com curta duração.

5.2.3 CAMPAINHA

Para evitar que o tempo medindo informações seja inferior ao tempo de conexão, é feita uma rotina que mantém o módulo apenas adquirindo os valores tensão por um tempo definido (no momento definido como 4 segundos) e caso durante esse tempo algum valor seja superior a referência é definido *flag* 1, caso contrário *flag* 0. Dessa forma mesmo que a campainha seja apertada por um período curto de tempo o sinal é captado no tempo de coleta de dados.

5.2.4 DESPERTADOR

O despertador por ser um sinal de áudio assim como a babá eletrônica, também passa por uma rotina na ordem de milisegundos captando sinal para garantir que não seja captado apenas um sinal de tensão baixo devido ao tempo na onda. Entretanto, pelo sinal ser oriundo de um despertador digital, quando desligado sua tensão é próxima de zero e apenas quando ligado possui um valor significativo, com isso é possível manter um valor de referência menor e analisar como positivo mesmo um som baixo. Assim como os outros sensores caso seja medido um valor acima da referência é salvo *flag* 1 e caso contrário *flag* 0.

5.3 PULSEIRA

A rotina da pulseira assim como a dos módulos sensores inicialmente se conecta no *Wi-Fi* da central e após isso se mantém em uma rotina de *loop*. A grande diferença nesse ponto é que como a pulseira não mantém o sistema de conexão e desconexão, após sair da rotina principal é testado se o módulo ainda está conectado, caso não esteja ele se mantém tentando reconectar.

Na rotina principal é recebido o byte da central e analisado e separado novamente no vetor *flags* seguindo as mesmas regras que na central. Então é analisado para verificar qual o módulo notificando com maior prioridade. Com isso é

seguido uma rotina de aviso diferente de acordo o que foi notificado. Esta rotina possui pulsos distintos para cada módulo, mas sempre possui o mesmo tempo total que foi definido em 5 segundos garantindo uma regularidade.

Considerando todos os tempos escolhidos no projeto, o tempo máximo que pode levar entre uma situação ocorrer no sensor e ser recebida é de 15 segundos, considerando que tenha ocorrido logo no início da rotina de captura, ter tido uma conexão demorada e no momento em que deveria foi enviado o sinal para a pulseira ela tenha acabado de iniciar uma rotina de aviso.

Além disso, como falado anteriormente, a pulseira envia uma notificação “pulseira” para a central a cada 4,5 segundos para garantir que ela seja sempre considerada conectada.

5.4 HARDWARE

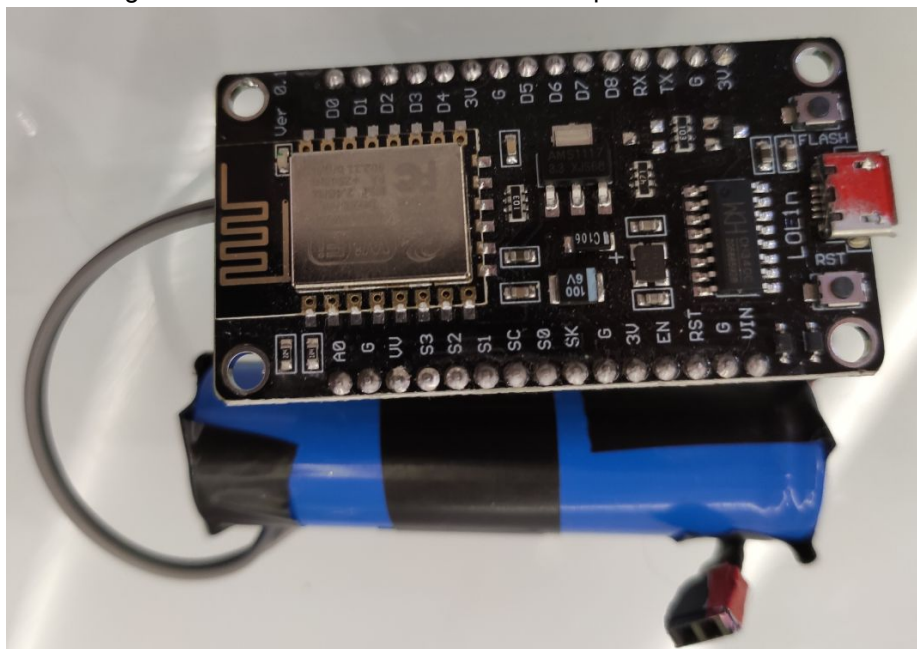
As placas foram impressas conforme definido na seção anterior, além disso todos os dispositivos com exceção da pulseira, foram fixadas numa placa de madeira junto com o despertador e com um filtro de linha, o resultado pode ser visto na Figura 20. A pulseira não foi fixada junto pois esta possui uma *case* impressa em 3D projetada para fixação no pulso, garantindo seu funcionamento como pulseira, sua placa pode ser visto nas figuras 21 (lado do microcontrolador) e 22 (lado da placa).

Figura 20 - Placa de madeira com os dispositivos



FONTE: Os autores, 2019

Figura 21 - Microcontrolador e bateria da pulseira sem a case



FONTE: Os autores, 2019

Figura 22 - Placa e bateria da pulseira, sem a case



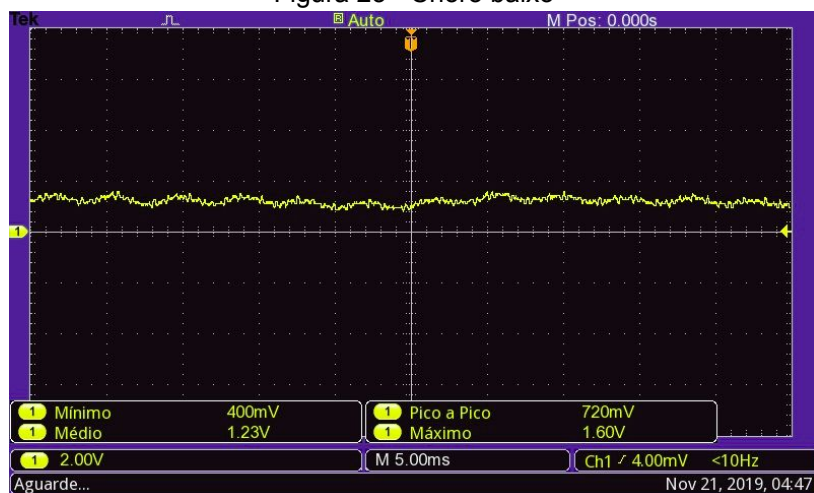
FONTE: Os autores, 2019

Com a definição de programação utilizada em todos os módulos, central de processamento e dispositivo *wearable*, os dispositivos passaram por análises utilizando equipamentos de medição, como o osciloscópio. A respeito dos resultados obtidos nestes equipamentos, estes serão comentados na sequência deste projeto.

5.4.1 BABÁ-ELETRÔNICA

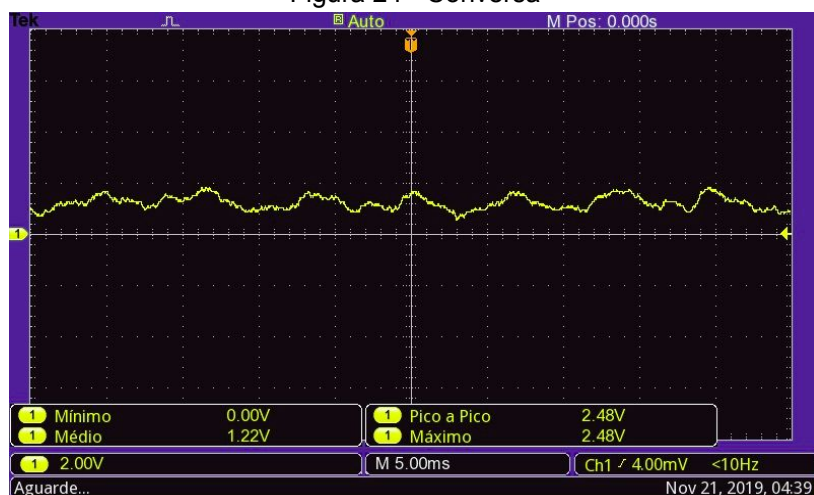
Devido a limitações de infraestrutura nas imediações da Universidade Federal do Paraná, para obter medidas da babá eletrônica foi necessário adquirir níveis de silêncio e de um bebê chorando alto, utilizando um osciloscópio modelo mini-seed DSO NANO V3. A partir das medidas foi possível definir o valor de *offset* DC obtido através do valor médio das ondas bem como os valores máximos em diferentes situações. As medidas representam um choro baixo (FIGURA 23), o som de conversa (FIGURA 24), som ambiente residencial (FIGURA 25) e som de uma criança chorando alto (FIGURA 26).

Figura 23 - Choro baixo



FONTE: Os autores, 2019

Figura 24 - Conversa



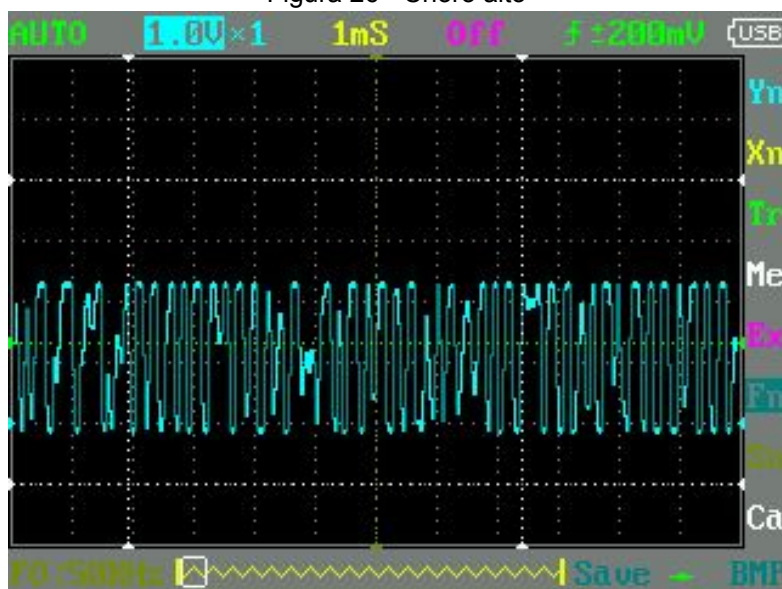
FONTE: Os autores, 2019

Figura 25 - Som ambiente residencial



FONTE: Os autores, 2019

Figura 26 - Choro alto



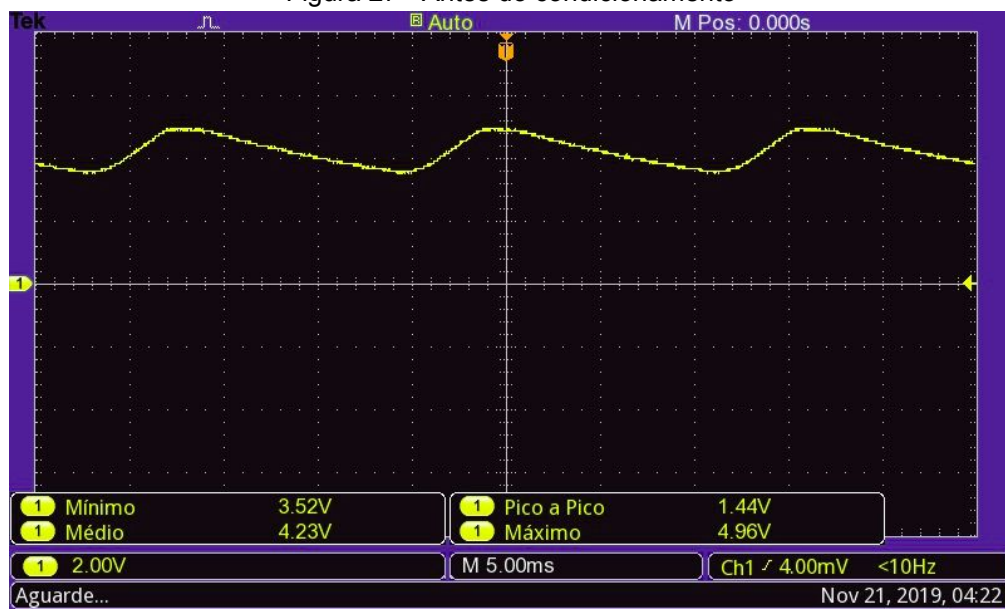
FONTE: Os autores, 2019

Através destas medidas também foi possível verificar a tensão limite de saída do sensor, uma vez que a onda é ceifada nesse valor bem como verificar que não é possível distinguir o som de um bebê chorando baixo com o som de uma conversa um pouco mais alta.

5.4.2 CAMPAINHA

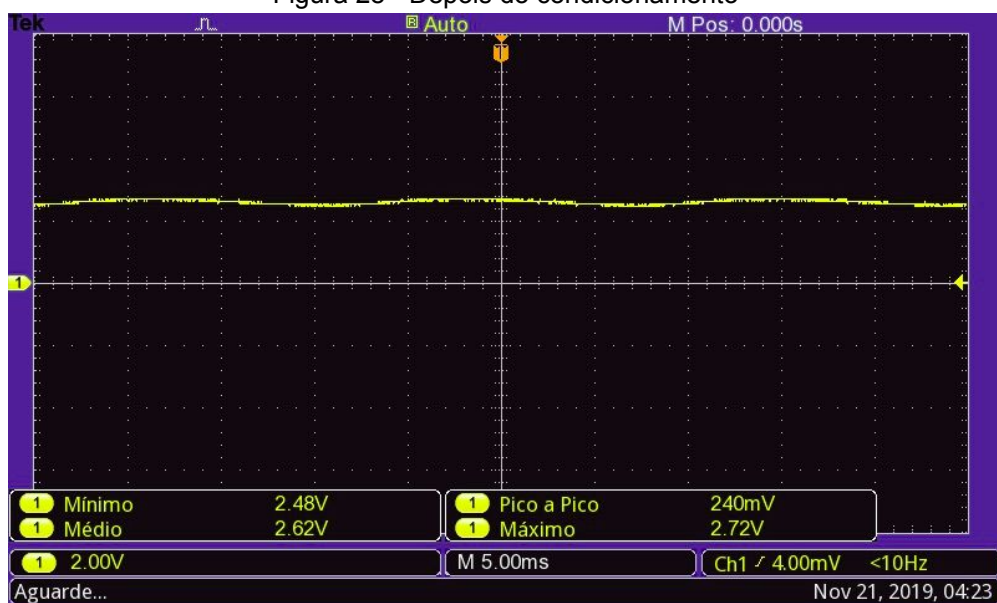
Para o caso da campinha, são representados abaixo as formas de onda antes (FIGURA 27) e depois (FIGURA 28) do condicionamento de sinal mostrando a necessidade do condicionamento bem como seu resultado, diminuindo o *ripple* de 1.44 V para 240 mV e tendo a tensão dentro do suportado pelo microcontrolador.

Figura 27 - Antes do condicionamento



FONTE: Os autores 2019

Figura 28 - Depois do condicionamento

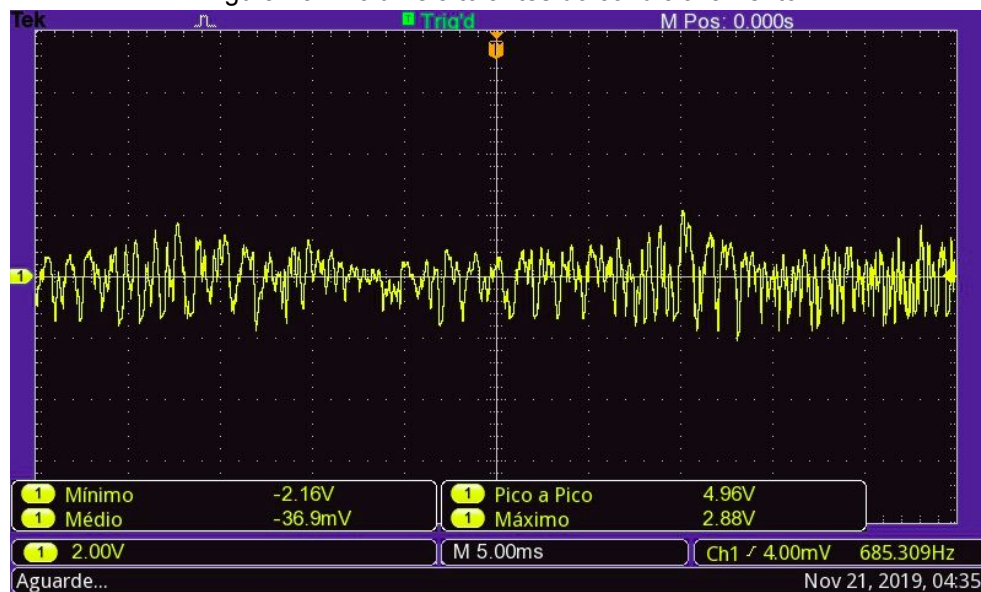


FONTE: Os autores, 2019

5.4.3 DESPERTADOR

Assim como no caso da campainha, abaixo é possível ver o sinal com o volume alto antes (FIGURA 29) e depois (FIGURA 30) do condicionamento, bem como o som condicionado com volume baixo (FIGURA 31) e desligado (FIGURA 32), evidenciando a necessidade desse processo e mostrando a diferença que a mudança de volume causa na medição.

Figura 29 - Volume alto antes do condicionamento



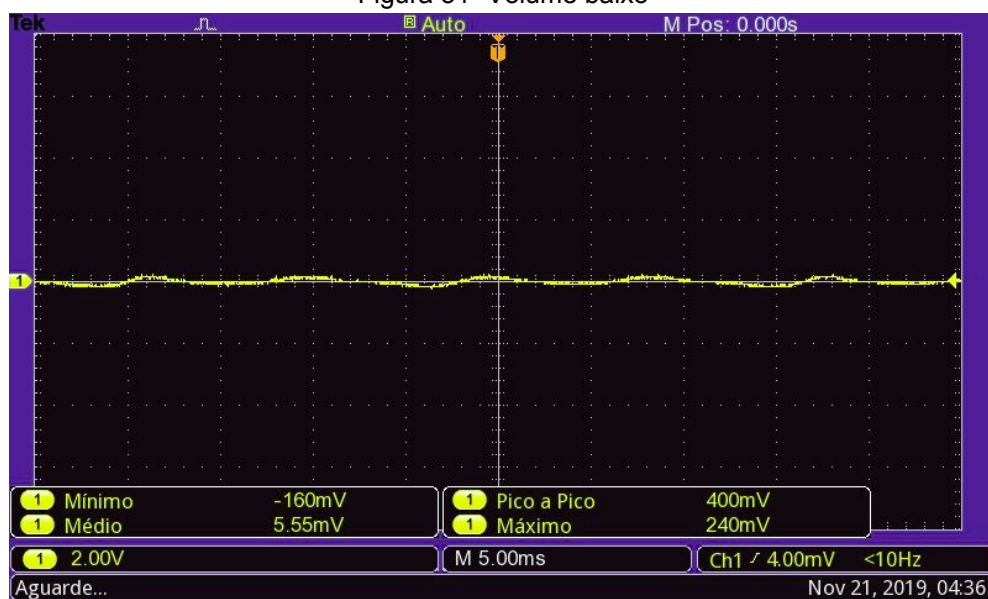
FONTE: Os autores, 2019

Figura 30- Volume alto depois do condicionamento



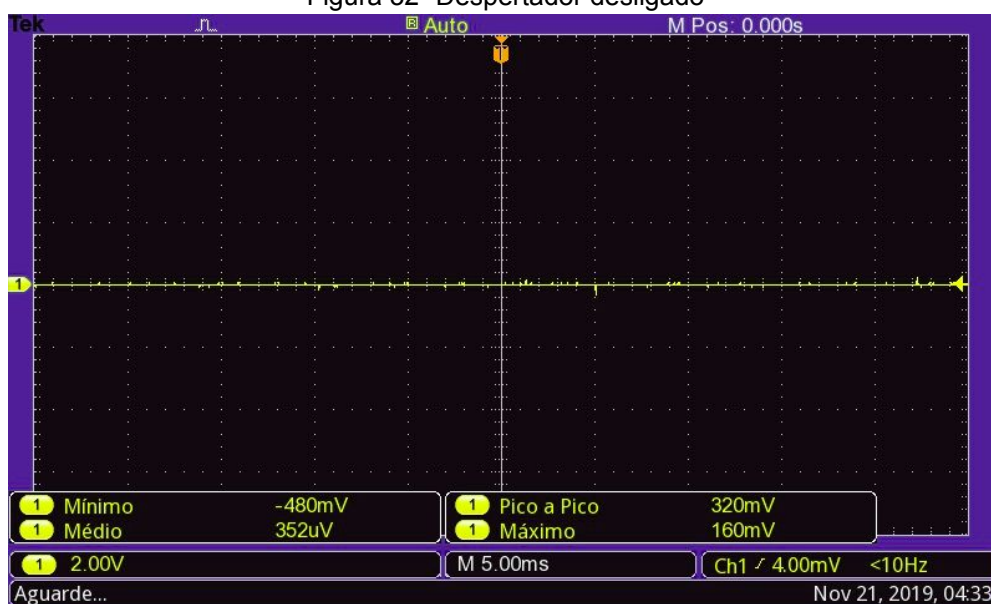
FONTE: Os autores, 2019

Figura 31- Volume baixo



FONTE: Os autores, 2019

Figura 32- Despertador desligado



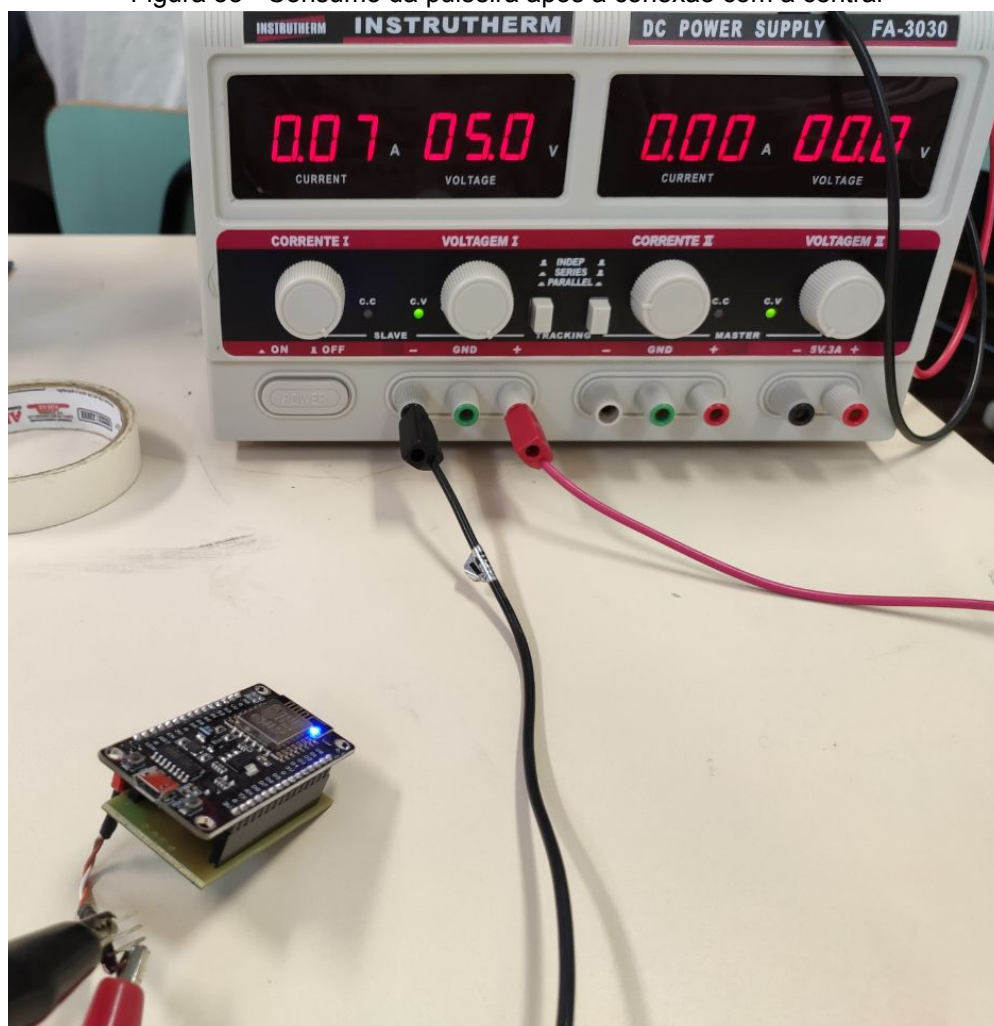
FONTE: Os autores, 2019

A partir desses dados pode-se perceber que mesmo com o condicionamento, devido a não idealidade do diodo ainda existe uma tensão negativa de 560 mV, devido ao valor ser muito próximo da referência do sistema, este não o afetou negativamente. Também é possível verificar que com o despertador desligado, a tensão é nula existindo a vantagem de utilizar uma referência de valor baixo para garantir que o sinal seja identificado, mesmo caso o volume seja baixo.

5.4.4 PULSEIRA

Na pulseira os testes apresentados são diferentes. Ela foi alimentada por uma fonte de bancada com controle e medição de corrente, para verificarmos seu consumo nas diversas situações. Verificamos seu comportamento desconectada da central, após a conexão e com o motor ligado (FIGURA 33). O único caso em que houve mudança foi no momento de partida do motor vibrador que ocorreu um pico de 13 mA porém, neste caso acabamos não conseguindo registrar esse pico em fotografia devido a ocorrer num período de tempo muito curto. No caso da medida fornecida pela fonte de bancada, esta possui precisão baixa, no entanto o indicativo de corrente utilizada pode ser visualizado.

Figura 33 - Consumo da pulseira após a conexão com a central



FONTE: Os autores, 2019

5.5 ORÇAMENTO

Após a confecção de placa, compra dos componentes, teste e término do projeto, foi realizado um levantamento de custo total. A Tabela 1 mostra como foram distribuídos o custo do projeto, assim como mostrar parte crítica do projeto. Dentro desta especificação, foi incluso seis microcontroladores, sensores para confecção dos dispositivos, cabos do tipo micro-USB com carregadores incluso, preço para a confecção de placa de circuito impresso, *power bank* para retirada de componentes utilizados na pulseira assim como demais componentes básicos como capacitores, resistores, diodos e transistor. Para este cálculo foi considerado um pedido de dez unidades e desconsiderado o valor das *cases*.

Tabela 1 - Materiais adquiridos para o projeto.

Componente	Quantidade	Preço
ESP8266 NodeMCU	6	R\$ 50,82
Sensor de tensão P8	1	R\$ 21,90
MAX 9814	1	R\$ 4,15
MQ-9	1	R\$ 5,77
Despertador NKS	1	R\$ 45,99
Powerbank 2000 mAh	1	R\$ 14,99
Cabo micro USB + tomada	5	R\$ 64,00
Placas de circuito impresso	6	R\$ 12,57
Demais componentes	-	R\$ 5,50
Total		R\$ 225,69

FONTE: Os autores (2019)

6 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Os objetivos traçados inicialmente foram alcançados com êxito. Em relação aos tempos de conexão com a central, ao se fazer a conexão e emitir a sinalização, este tempo varia de acordo com o instante o qual o dispositivo tenta se conectar, podendo chegar a até 6 s. No entanto, de acordo com a aplicação desejada, como o usuário do projeto recebe as notificações em um tempo acima do obtido experimentalmente, a percepção das notificações não são comprometidas.

Notamos que as maiores dificuldades encontradas durante este trabalho foram fazer com que todos os módulos se mantivessem conectados, devido ao limite de conexões simultaneas com a central de processamento. O limite de memória RAM existente no microcontrolador acabou apresentando problemas na realização da *interface web* (onde aplicar a imagem dentro da página web acaba apresentando erros de compilação de código por conta de seu tamanho, necessitando modificar a abordagem de sua inserção) e garantir que todos os dados sonoros fossem analisados e adquiridos corretamente.

Pode-se também identificar o relativo baixo custo de toda a produção, se comparado com o ganho proporcionado às pessoas surdas, assim como o alto custo dos dispositivos, se comprados isoladamente.

Como trabalhos futuros, propomos que a *interface web* passe a permitir que o usuário defina e escolha os valores de referência ao invés dos pré definidos em código. Propõe-se que o microcontrolador da central seja trocado por um com maior processamento permitindo mais conexões, melhor manutenção da interface e menor tempo de conexão. Sugere-se I também desenvolver uma conexão *bluetooth* entre a pulseira e central com objetivo de ter um menor consumo de energia, bem como conexão com celulares do tipo *smartphone*, para que seja utilizado o despertador a partir do mesmo. Quanto a pulseira, utilizar um microcontrolador e bateria de menor tamanho, bem como diminuir seu consumo de energia utilizando modos de baixo consumo (a partir do uso de *bluetooth*) para consequentemente reduzir seu tamanho final.

REFERÊNCIAS

ADAFRUIT. **Datasheet Adafruit AGC Electret Microphone Amplifier - MAX9814**. 2018. Disponível em:

<<https://cdn-learn.adafruit.com/downloads/pdf/adafruit-agc-electret-microphone-amplifier-max9814.pdf>>. Acesso em: 09 set. 2019.

ANATEL, SOARES, F.C.G. **Espectro Panorama Regulatório - Gerência Geral de Certificação e Engenharia do Espectro**. Disponível em:

<https://www.anatel.gov.br/Portal/verificaDocumentos/documento.asp?numeroPublicacao=100846&assuntoPublicacao=Espectro%20-%20Panorama%20Regulatório%20&caminhoRel=null&filtro=1&documentoPath=acontece_anatel/palestras/srf/>.

Acesso em: 21 nov. 2019.

CISCO. **Visão Geral do TCP/IP**. 2005. Disponível em:

<https://www.cisco.com/c/pt_br/support/docs/ip/routing-information-protocol-rip/13769-5.html>. Acesso em: 21 nov. 2019.

ELECTRODRAGON. **Web Datasheet ESP-12F ESP8266 Wifi Board**. 2017.

Disponível em:

<https://www.electrodragon.com/w/ESP-12F_ESP8266_Wifi_Board>. Acesso em: 08 set. 2019.

FILIPE-FLOP. **Sensor de Gás MQ 9 monóxido de carbono**. Disponível em:

<<https://www.filipeflop.com/produto/sensor-de-gas-mq-9-monoxido-de-carbono>>.

Acesso em: 09 set. 2019.

FUNDAÇÃO OTORRINOLARINGOLOGIA. **Diagnóstico de Surdez**. 2007.

Disponível em: <<http://surdez.org.br/conteudo.asp?id=2>>. Acesso em: 21 nov. 2019.

GBK ROBOTICS. **Dados Técnicos p8 - GBK - sensor de tensão**. Disponível em:

<https://www.eletruscomp.com.br/arquivos/1488561410_dados_tecnicos_p8_gbk_sensor_de_tensao_ac.pdf>. Acesso em: 09 set. 2019.

HENAN HANWEI ELECTRONICS CO, LTD. **Datasheet MQ-9**. Disponível em:

<<http://www.haoyuelectronics.com/Attachment/MQ-9/MQ9.pdf>>. Acesso em: 08 set. 2019.

HERRICK, Robert. **DC/AC Circuits and Electronics: Principles & Applications**.

Boston: Delmar Cengage Learning, 2002. Bibliografia: p. 880.

K'OTL JINLONG MACHINERY. **Coin Vibration Motor**. 2009. Disponível:

<<https://www.parallax.com/sites/default/files/downloads/28821-Flat-Coin-Vibration-Motor-Documentation.pdf>>. Acesso em: 21 nov. 2019.

KUROSE, J. & ROSS, K. W. **Redes de Computadores e a Internet: Uma Abordagem Top-Down**. 6 ed. Yorkshire: Editora Pearson, 2013.

LG CHEM. **Product Specification - Rechargeable Lithium Ion Battery Model : INR18650HG23000mAh**. 2013. Disponível em:
<<https://cdn.shopify.com/s/files/1/0674/3651/files/lg-hg2-spec-sheet.pdf>>. Acesso em: 21 nov. 2019.

LLOYD, L. L.; KAPLAN, H. ***Audiometric interpretation: a manual of basic audiometry***. Baltimore: University Park Press, 1978. Bibliografia: p. 16-7, 94.

MACHADO, A; HAERTEL, L. **Neuroanatomia Funcional**. 3 ed. São Paulo: Atheneu, 2013.

MAXIM INTEGRATED. ***Datasheet Microphone Amplifier with AGC and Low-Noise Microphone Bias MAX9814***. 2016. Disponível em
<https://www.usinainfo.com.br/index.php?controller=attachment&id_attachment=637>. Acesso em: 08 set. 2019.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Aplicativo de jornal para surdos é lançado pela TV Ines**. 2017. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/component/tags/tag/33784>>. Acesso em: 08 ago. 2019.

SISTEMA DE CONSELHOS FEDERAL E REGIONAIS DE FONOAUDIOLOGIA. **Manual de Procedimentos em Audiometria Tonal, Logoaudiometria e Medidas de Imitância Acústica**. 2013. Disponível em:
<<https://www.fonoaudiologia.org.br/publicacoes/Manual%20de%20Audiologia.pdf>>. Acesso em: 21 nov. 2019.

SZDOIT (SHENZHEN DOCTORS OF INTELLIGENCE AND TECHNOLOGY). ***Datasheet User Manual for ESP12E DevKit***. 2015. Disponível em
<<https://jgamblog.files.wordpress.com/2018/02/esp8266-esp12e-devkit-user-manual.pdf>>. Acesso em: 08 set. 2019

TELECO. **Wi-Fi e WiMAX I: Características do Wi-Fi**. 2019. Disponível em:
<https://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialww1/pagina_4.asp>. Acesso em: 09 set. 2019.

APÊNDICE 1 - DIAGRAMA DE BLOCOS COMPLETO

