

IFSP – Instituto Federal de São Paulo
Câmpus Campinas

Celso Matias Dos Santos Filho
Giovanna Cássia Bernardino Cardoso
Pedro Henrique Fortunato Pereira

BATE CORAÇÃO

CAMPINAS
2018

Celso Matias Dos Santos Filho
Giovanna Cássia Bernardino Cardoso
Pedro Henrique Fortunato Pereira

**BATE CORAÇÃO - MONITORAMENTO DE SINAIS CARDÍACOS A BAIXO
CUSTO**

Orientador: Edson Anício Duarte

Coorientador: João Alexandre Bortoloti

CAMPINAS
2018

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CNPq / IFSP através do edital 017/2014 – Torneios de aplicações de Tecnologias Assistivas e edital CNPq / IFSP 017/2014 – WASH! – Robótica Móvel (WORKSHOP DE AFICIONADOS EM SOFTWARE E HARDWARE) que possibilitou a execução deste projeto.

Agradecemos ao CTI Renato Archer pelo acolhimento do IFSP – Campus Campinas em suas instalações que possibilitou o desenvolvimento deste projeto.

RESUMO

Este projeto tem como finalidade desenvolver um equipamento de baixo custo, capaz de realizar medições de batimentos cardíacos de um feto e apresentar os dados ao usuário final. Foi utilizado um estetoscópio adaptado a um microfone para captar os sinais biológicos que faz a conversão do sinal sonoro em sinal elétrico possibilitando o processamento deste sinal. Um display Oled foi utilizado para apresentar os valores dos batimentos por minuto (BPM) ao usuário. A primeira fase do projeto é medir a frequência cardíaca de um adulto e posteriormente será monitorado a frequência do feto. Foram utilizados microcontrolador, estetoscópio, sensores e display para o processamento do sinal cardíaco captado e apresentá-lo em uma interface para o usuário. No desenvolvimento foram utilizadas várias ferramentas de engenharia para o modelamento mecânico e elétrico do projeto, também foi desenvolvido o modelo de empreendedorismo e inovação do projeto como o desenvolvimento do modelo CANVAS e modelo SWOT para o projeto. Os resultados preliminares mostram que o protótipo já realiza a medição de batimentos cardíacos de usuários adultos apresentando os sinais cardíacos e a temperatura corporal em um display Oled. O protótipo final encontra-se operacional e possibilitando a aquisição do sinal cardíaco.

Palavras chaves: Monitoramento cardíaco, instrumentação biomédica, sinais biológicos.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1- ESTETOSCÓPIO RAPPAPORT-----	8
FIGURA 2- RELÓGIO MONITOR CARDÍACO ATRIO-----	9
FIGURA 3 – DETECTOR FETAL PORTÁTIL DIGITAL-----	9
FIGURA 4 – POPULAÇÃO BRASILEIRA DE 2018- IBGE-----	11
FIGURA 5- DIAGRAMA DE BLOCOS-----	12
FIGURA 6- CRONOGRAMA-----	13
FIGURA 7- ORGANOGRAMA-----	14
FIGURA 8- MICROFONE DE ELETRETO-----	16
FIGURA 9- ESQUEMÁTICO DA ADAPTAÇÃO DO ESTETOSCÓPIO NO MICROFONE -----	17
FIGURA 10- FILTRO BUTTEWORTH-----	18
FIGURA 11- CIRCUITO ELÉTRICO COMPLETO -----	19
FIGURA 12 - MODELO 3D DO CIRCUITO IMPRESSO.-----	19
FIGURA 13- ARDUINO NANO-----	20
FIGURA 14- ÁREA DE DESENVOLVIMENTO DO PROGRAMA-----	21
FIGURA 15- ESQUEMA ELÉTRICO COM DISPLAY OLED E ARDUINO NANO ---	22
FIGURA 16- DISPLAY OLED.-----	23
TABELA 3 - LISTA DE MATERIAIS-----	24
FIGURA 17- MODELO DE NEGÓCIOS CANVAS -----	25
FIGURA 18 - MATRIZ SWOT -----	26
FIGURA 19 - PROTÓTIPO FUNCIONAL-----	27
FIGURA 20 - TESTES INICIAIS COM O PROTÓTIPO-----	28
FIGURA 21 - SINAL CARDÍACO CAPTADO PELO PROTÓTIPO -----	28
FIGURA 22 - PROTÓTIPO INICIAL -----	29
FIGURA 23 - ESQUEMA ELÉTRICO NA PLACA ILHADA -----	29
FIGURA 24 - SINAL DE ENTRADA E SAÍDA DO FILTRO. -----	30
FIGURA 25 - TESTE DO PRIMEIRO PROTÓTIPO ENCAPSULADO-----	31
FIGURA 26- DESENHO DO ENCAPSULAMENTO DO PROTÓTIPO -----	31

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - TABELA DE REFERÊNCIA DA FREQUÊNCIA CARDÍACA FETAL ---	15
TABELA 2 - ENTRADAS E SAÍDAS-----	23
TABELA 3 - LISTA DE MATERIAIS-----	24

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
1.2 JUSTIFICATIVA	10
2 MATERIAL E MÉTODOS	12
2.1 Cronograma	13
2.2 Organograma	14
2.3 SINAIS BIOLÓGICOS: FREQUÊNCIA CARDÍACA	15
2.4 PROJETO ELÉTRICO	16
2.4.1 TRANSDUTORES	16
2.4.2 CONDICIONAMENTO DO SINAL	17
2.4.2.1 PROJETO PLACA PCB	19
2.4.3 PROCESSAMENTO MICROCONTROLADO	20
2.4.4 LISTA DE MATERIAL	24
2.5 PROJETO MECÂNICO	25
2.5.1 MODELO DE NEGÓCIOS E MATRIZ SWOT	25
3 RESULTADOS	27
4 CONCLUSÃO	32
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33

1 INTRODUÇÃO

Para o monitoramento dos sinais biológicos existem uma série de sensores que possibilitam a sua aquisição. Dentre os sinais que podem ser medidos os mais comuns são o monitoramento cardíaco, a pressão arterial, a oximetria sanguínea e a temperatura corporal.

O ritmo cardíaco é um dos sinais mais monitorados na área da saúde, muitos sensores e equipamentos estão disponíveis no mercado que vão desde um relógio, celular até complexos sistemas de ultrassom para monitoramento da frequência cardíaca de um feto. Um dos métodos mais antigos é a ausculta do coração, realizado por médico, que permite saber o ritmo cardíaco. A figura 1 mostra um modelo de estetoscópio comercial.

Figura 1- ESTETOSCÓPIO RAPPAPORT



Fonte: <https://www.maconequi.com.br/estetoscopio-rappaport-lilas-est506-p-a-med/p>

A figura 2 mostra um relógio que faz a medida da frequência cardíaca.

Figura 2- Relógio Monitor Cardíaco Atrio



Fonte: <https://www.wolloko.com.br/p/monitor-cardiaco-atrion-citius---es050>

Este projeto teve a motivação inicial para a medição de sons cardíacos de um feto, uma vez que esta medição é realizada somente em ambiente clínico e os aparelhos utilizados para essa medição são de custo elevado. A figura 3 mostra um modelo de equipamento utilizado para a medição dos batimentos de um feto.

Figura 3 – Detector fetal portátil digital



Fonte: Produtos hospitalares, 2018

Assim, este projeto tem o objetivo de desenvolver um equipamento que realiza o monitoramento de batimentos cardíacos inicialmente de adultos e posteriormente

de fetos. A primeira fase do projeto será o desenvolvimento de um protótipo para a monitoração da frequência cardíaca de um adulto.

1.1 Objetivos

Desenvolver um equipamento de baixo custo, que realiza o monitoramento de batimentos cardíacos detectando assim a frequência cardíaca humana, que pode ser usado por profissionais da saúde em hospitais, clínicas, comunidades e até mesmo domiciliar, por ser portátil e de fácil manuseio.

1.1.1 Objetivos específicos

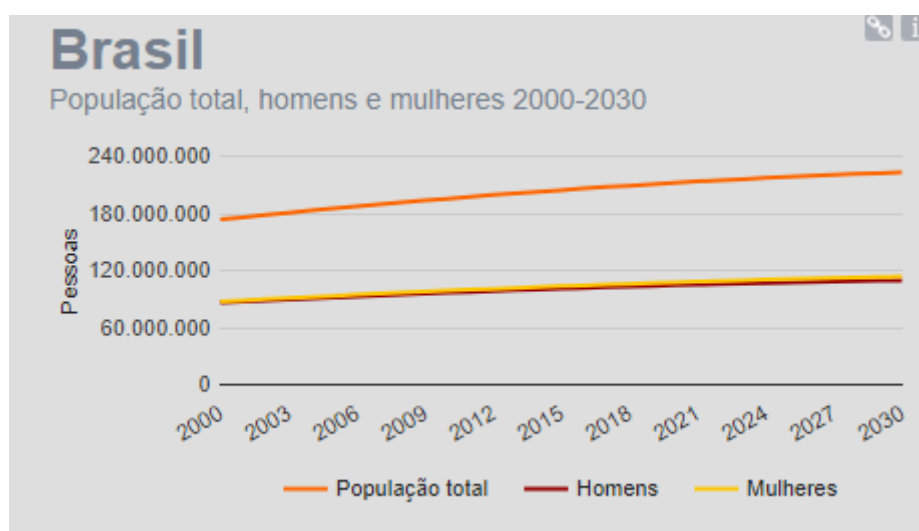
- a) Desenvolver um programa embarcado em um microcontrolador para medir a frequência cardíaca;
- b) Projetar um filtro passa baixa para sinais elétricos;
- c) Projetar o sistema elétrico do protótipo utilizando software de engenharia;
- d) Simular o circuito eletrônico em software específico;
- e) Confeccionar um protótipo;

1.2 Justificativa

Um medidor de batimentos cardíacos é de grande importância, pois as informações da frequência medida é um sinalizador de como está a saúde do usuário ou paciente.

Dados do IBGE mostram que a população brasileira é de 209.186.802 no ano de 2018. A figura 4, mostra a quantidade de brasileiros que são os possíveis usuários desta tecnologia. Este equipamento pode ter o seu uso analogicamente ao uso de um termômetro caseiro. A taxa de natalidade brasileira é de 1,66 filhos por mulher, com cerca de 100 milhões de mulheres estima-se que anualmente mais de 1,6 milhões de novos brasileiros venham a nascer que são possíveis usuários desta tecnologia que está sendo desenvolvida.

Figura 4 – População brasileira de 2018- IBGE



Fonte: <https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>

A monitoração da temperatura corpórea em casa através da utilização de termômetros que são vendidos em farmácias é muito comum no nosso cotidiano. Quando a temperatura medida está fora dos limites, indicando um quadro febril ou de hipotermia, o usuário procura um atendimento especializado em hospitais ou postos de saúde. O mesmo é feito com a medição de pressão arterial, assim, deseja-se realizar o mesmo procedimento com o monitoramento e com a medição da frequência cardíaca.

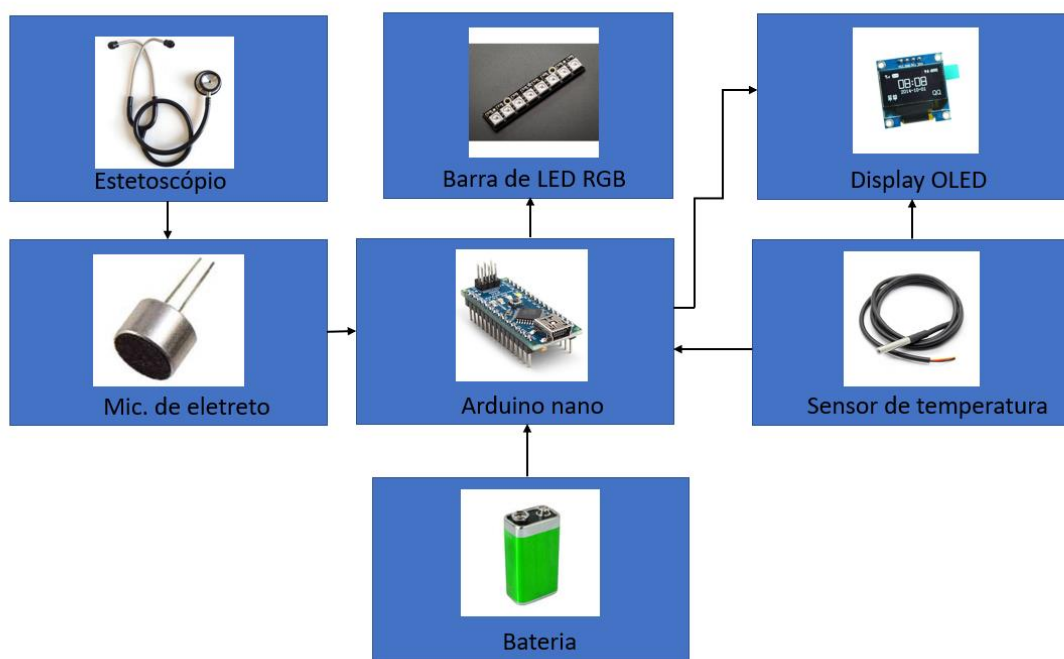
2 MATERIAL E MÉTODOS

Com a proposta de realizar a medição dos sinais cardíacos, inicialmente de adulto e posteriormente de fetos, iniciou-se a pesquisa sobre os sinais biológicos a serem medidos.

A opção para o desenvolvimento deste projeto foi de usar um estetoscópio comercial, pois seu uso já é consagrado e adaptá-lo a um microfone para converter o sinal sonoro em elétrico. Após esta transdução de sinal, pode-se condicionar o sinal para aplicação em microcontroladores que após processamento do sinal irá apresentar as informações desejadas.

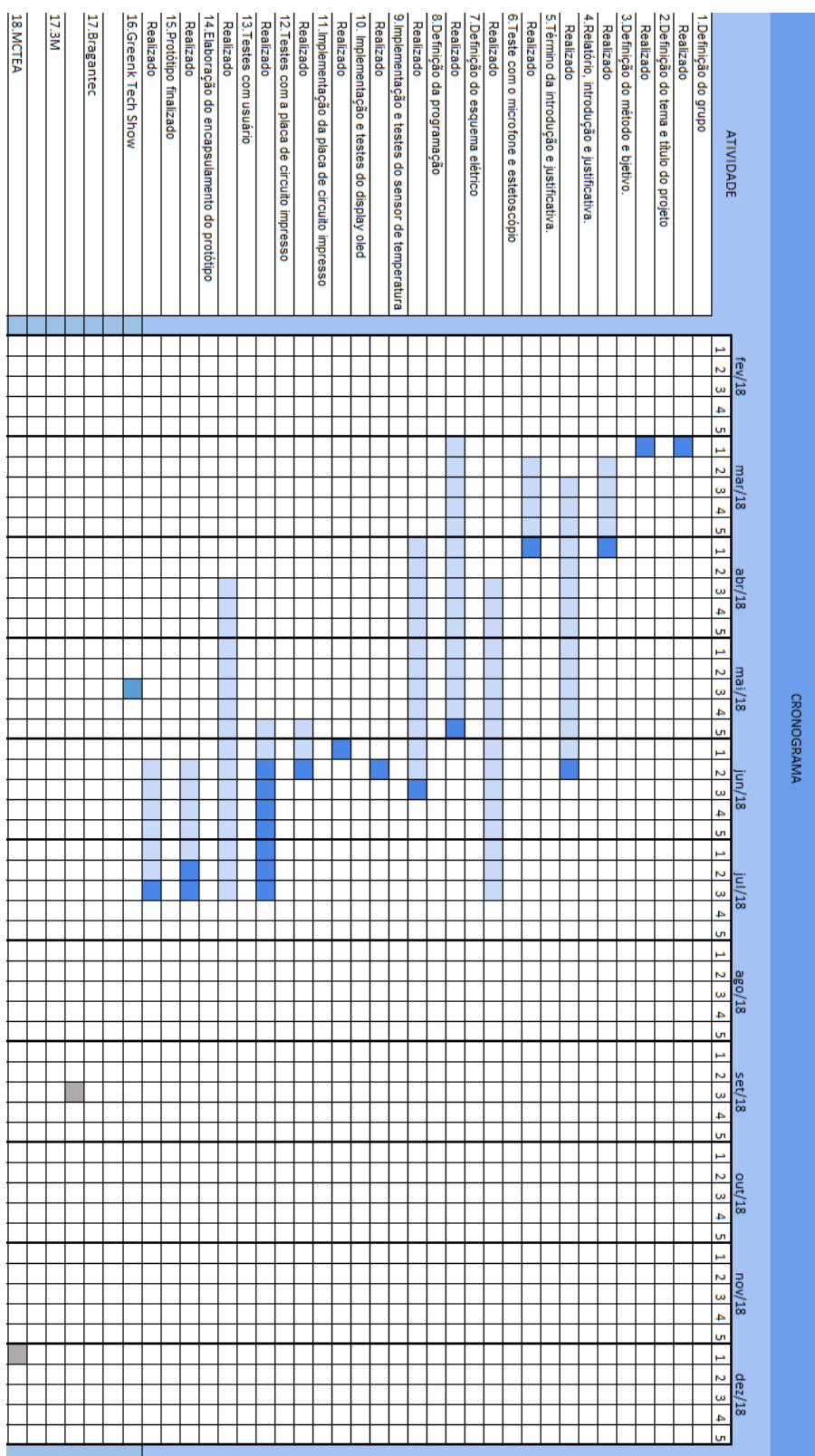
Inicialmente foi desenvolvido o seguinte diagrama de blocos para permitir visualizar a comunicação e a interligação entre os componentes que serão utilizados para a confecção do protótipo. A figura 5 mostra o diagrama de blocos.

Figura 5- Diagrama de blocos



Fonte: Autoria própria.

A figura 5 mostra como os componentes utilizados no projeto se interligam, a captação do sinal cardíaco é realizado pelo estetoscópio e microfone, este sinal é condicionado por uma placa eletrônica que possibilita que o microcontrolador faça a aquisição do sinal. A apresentação dos dados ao usuário é feito através do display Oled e uma barra de leds.



2.2 Organograma

O organograma foi elaborado para dividir as atividades da execução do projeto de acordo com a capacidade, habilidade e afinidade de cada integrante. A figura 7 mostra o organograma.

Figura 7- Organograma



Fonte: Autoria própria.

Também foi realizada a medição da temperatura do usuário através do sensor de temperatura. Após o processamento da informação pelo microcontrolador o display Oled irá apresentar os dados ao usuário, como complemento foi adicionado a barras de leds para disponibilizar os batimentos de forma gráfica.

Neste projeto a fase de desenvolvimento foi dividida em:

- a) Sinais biológicos;
- b) Projeto mecânico;
- c) Projeto elétrico;
- d) Análise de inovação e empreendedorismo.

A seguir será apresentada uma revisão bibliográfica sobre os sinais cardíacos que se deseja medir.

2.3 Sinais biológicos: Frequência cardíaca

Verificou se que os batimentos cardíacos de um adulto está na faixa de 60 BPM (batimentos por minutos) até 150 BPM (GUYTON, 2006) podendo ter a seguinte classificação

- a) Frequência cardíaca abaixo de 60 BPM -> Bradicardia e
- b) Frequência cardíaca acima de 100 BPM -> Taquicardia.

O aumento da frequência cardíaca pode aumentar até 150 a 180 BPM após a perda de sangue, onde os mecanismos de regulação da pressão atuam causando este aumento.

Também pesquisou sobre a frequência cardíaca fetal e a tabela 1 mostra os dados pesquisados.

Tabela 1 - Tabela de Referência da Frequência Cardíaca Fetal

Idade Gestacional/Tamanho do Feto	Frequência Cardíaca Normal (faixas)
Embrião de 2 mm	75 bpm
Embrião de 5 mm	100 bpm
Embrião de 10 mm	120 bpm
Embrião de 15 mm	130 bpm
5 Semanas	inicia com 80 e termina com 103 bpm
6 Semanas	inicia com 103 e termina com 126 bpm
7 Semanas	inicia com 126 e termina com 149 bpm
8 Semanas	inicia com 149 e termina com 172 bpm
9 Semanas	Inicia com 155-195 bpm (média 175 bpm)
12 Semanas	120-180 bpm (média 150 bpm)
Após 12 Semanas	110-160 bpm (média 140 bpm)

Fonte: <http://www.fetalmed.net/qual-e-frequencia-cardiaca-normal-feto/>

Com estes dados verifica-se que em condições normais a frequência cardíaca máxima seria de 180 BPM para o feto.

2.4 Projeto Elétrico

Este tópico do projeto elétrico será dividido em:

- a) Transdutores;
- b) Condicionamento do Sinal;
- c) Processamento Microcontrolado;
- d) Lista de materiais.

2.4.1 Transdutores

Existem vários sensores para a aquisição do sinal cardíaco, que pode ser ópticos, elétricos e de pressão. Cada tipo de sensor com suas características e aplicações definidas, para este projeto a proposta é utilizar sensores de baixo custo para medidas não invasivas.

Neste projeto optou-se por estudar e utilizar um sensor de som que fará a transdução do sinal sonoro em sinal elétrico. Com o sinal obtido será realizada a análise dos sinais adquiridos.

A proposta é utilizar um estetoscópio comercial, que é um instrumento clássico para ausculta dos batimentos cardíacos para captar o sinal cardíaco e realizar uma adaptação de um microfone de eletreto no estetoscópio, assim consegue-se transformar o sinal sonoro cardíaco em um sinal elétrico. A figura 8 mostra o microfone de eletreto.

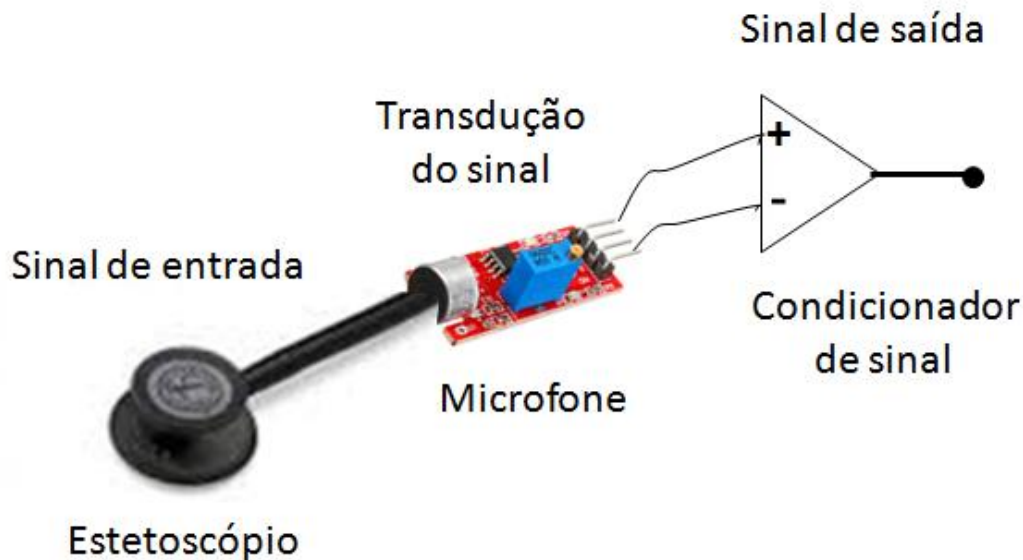
Figura 8- Microfone de eletreto



Fonte: <https://www.usinainfo.com.br/s>

A figura 9 mostra como será realizada a adaptação do microfone ao estetoscópio, assim o sinal sonoro será transformado em um sinal elétrico que será enviado a um circuito eletrônico para processamento e condicionamento do sinal.

Figura 9- Esquemático da adaptação do estetoscópio no microfone



2.4.2 Condicionamento do sinal

O sinal elétrico proveniente do transdutor possui a informação que deseja se processar, porém este sinal possui sinais elétricos indesejáveis sendo o principal deles o ruído elétrico que pode ser de origem dos sensores e componentes utilizados e até de sinais biológicos não desejáveis. Desta forma é necessário projetar um filtro analógico para separar o sinal elétrico desejado (que contém a informação dos batimentos cardíacos) dos sinais não desejados e posteriormente fazer o processamento do sinal no microcontrolador.

Para o projeto do filtro optou-se pela configuração Butterworth de 2º ordem com frequência de corte de $f_c = 4$ Hz. Para o cálculos dos resistores e capacitores utilizou a fórmula mostrada na equação 1.

$$f_c = 1/(2 \cdot \pi \cdot R \cdot C) \quad (1)$$

onde: R = Resistor

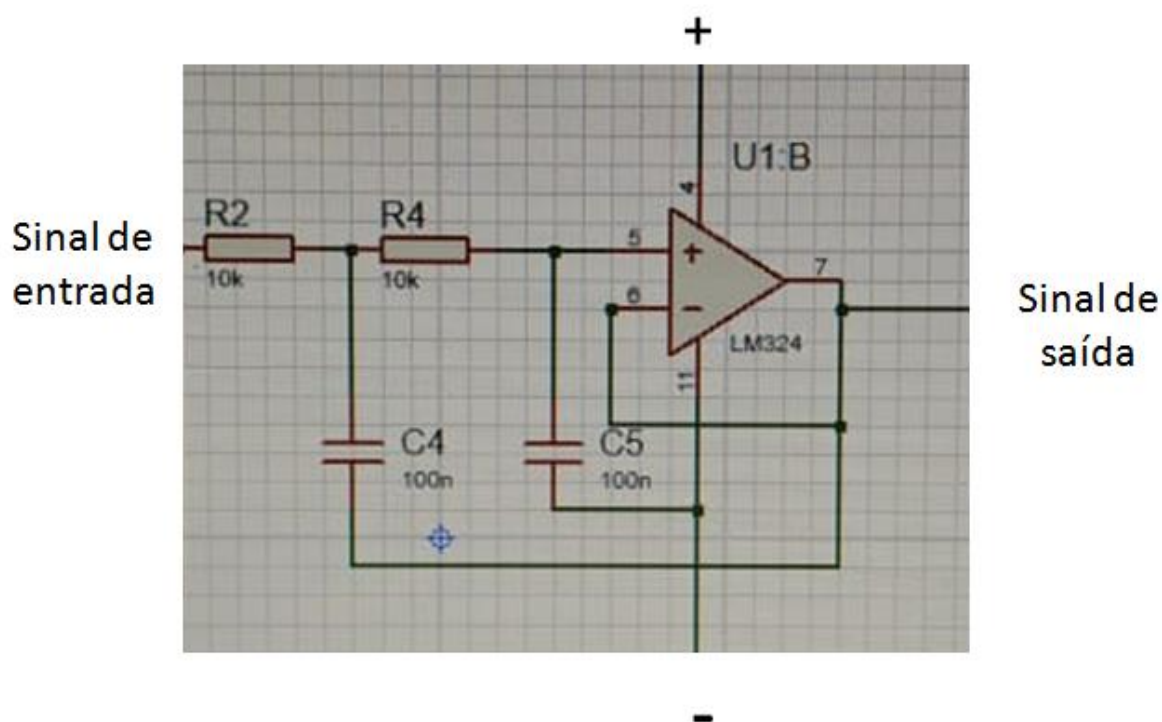
C = Capacitor

f = Frequência de corte

Foi fixado o valor do resistor para 10KOhms, resultando um capacitor com 100nF.

A figura 10 apresenta filtro projetado para condicionar o sinal de entrada minimizando os ruídos captados pelo microfone.

Figura 10- Filtro Butteworth

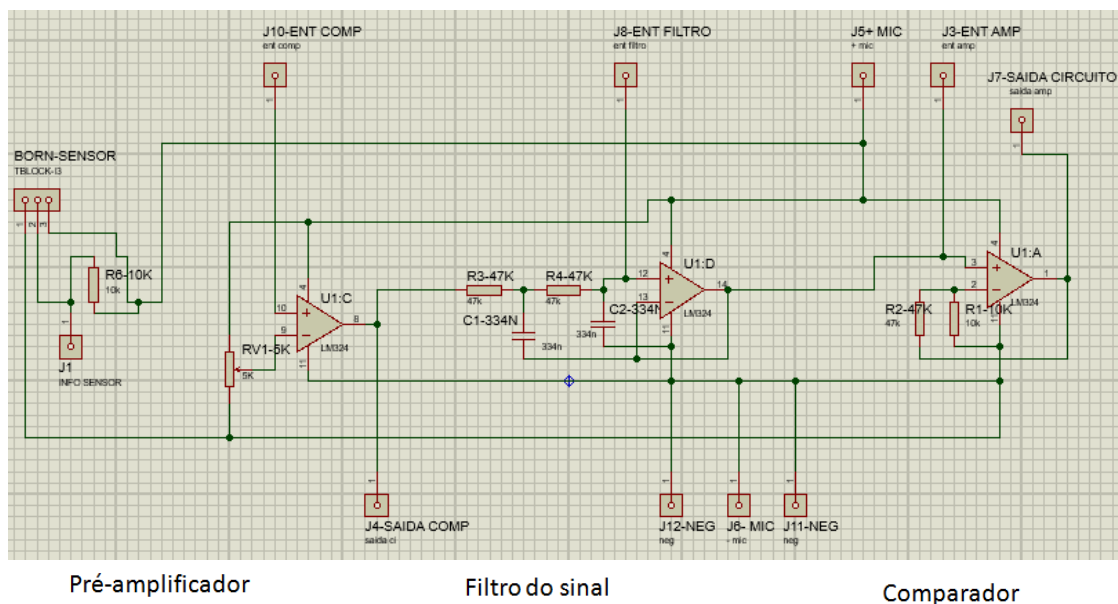


Fonte: Autoria própria.

Analisando os sinais biológicos sabe-se que a faixa que se deseja medir vai até 200 BPM, assim foi definida a frequência de corte para projetar o filtro analógico como sendo de $f_c = 4$ Hz, que corresponde a uma frequência de 240 BPM. Assim, todos os sinais acima desta frequência terão sua amplitude diminuída não interferindo no sinal a ser aquirisitado.

Serão utilizados amplificadores operacionais, componentes eletrônicos como resistores e capacitores para este projeto. Inicialmente, foi projetado um circuito seguidor, para não causar perda no sinal aquirisitado e posteriormente realizada a filtragem do sinal. A figura 11 mostra o circuito elétrico projetado.

Figura 11- Circuito elétrico completo



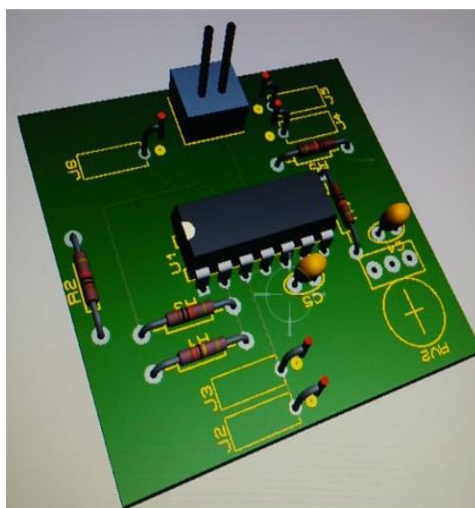
Fonte: Autoria própria

Na figura 11 mostra o circuito elétrico completo, neste circuito estão um circuito pré amplificador, o filtro analógico e no último estágio um circuito comparador que disponibiliza o sinal elétrico para que o microcontrolador faça o processamento do mesmo.

2.4.2.1 Projeto placa PCB

Na figura 12 mostra o projeto do modelo 3D da placa do circuito impresso. Com esse projeto é possível compactar o protótipo.

Figura 12 - Modelo 3D do circuito impresso.



2.4.3 Processamento microcontrolado

Para a programação do protótipo optou-se por utilizar o microcontrolador Arduino nano, por ser compacto e ter capacidade de processamento dos sinais desejados. As principais características deste microcontrolador são dadas a seguir:

É uma placa compacta baseada no ATmega328 ou no ATmega168. Ao contrário de outras placas encontradas no mercado esta, não possui um conector para alimentação externa, deste modo ela é alimentada por um cabo USB Mini-B. E esta placa foi desenvolvida pela Gravitech.

Esta placa de programação possui de 16Kb a 32 Kb de memória sendo que 2Kb são usados para seu bootloader. Tem um tamanho bem inferior a outras placas (4,3 de comprimento x 1,85 de largura) dando assim uma maior facilidade para projetos que necessitam ser compactos e de constante atualização de software.

Veja abaixo na figura 13 Arduino utilizado no projeto.

Figura 13- ARDUINO NANO



Fonte: Autoria própria

A programação foi desenvolvida no ambiente Arduino IDE, a figura 14 mostra a tela de desenvolvimento do programa e uma parte da programação realizada.

Figura 14- Área de desenvolvimento do programa



```

✓ ↻ 📄 ⬆ ⬇ Verificar
sketch_jun09a $
#include "RunningMedian.h"
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#include "U8glib.h"

#define ONE_WIRE_BUS 8
float temp;
int i = 0;
char data[5];
unsigned int valor = 0;
int bat = 2; // pino usado como entrada do sinal cardíaco
volatile long batidas ;
long BPM;
long medianaAtual;
long media;
volatile long T = 0 ;
volatile long T1 = 0;
RunningMedian<long, 5> filtroMediana2;

OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&oneWire);

U8GLIB_SSD1306_128X64 u8g(U8G_I2C_OPT_NO_ACK); // Display which does not send AC

void draw()
{
  u8g.setFont(u8g_font_7x14B);
  //Linha superior - temperatura
  u8g.drawStr( 0, 15, "Bate Coracao");

```

Fonte: Autoria própria

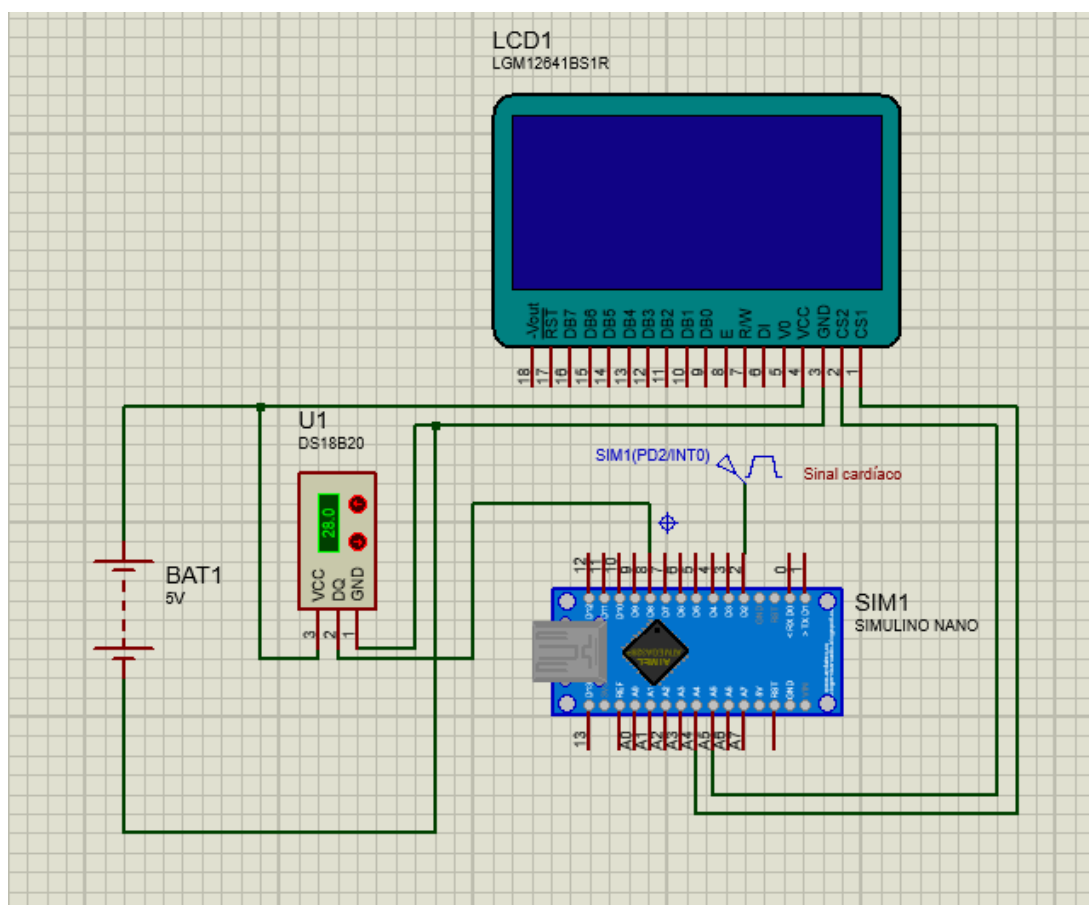
Este programa faz as seguintes funções:

- leitura do sinal condicionado;
- Cálculo da frequência cardíaca;
- Medição da temperatura e;

d) Apresentação da frequência cardíaca.

Na figura 15 temos o esquema elétrico com o display OLED, o arduino nano, o sensor de temperatura DS18B20 e também uma simulação da entrada do sinal de batimentos cardíacos.

Figura 15- Esquema elétrico com display OLED e arduino nano



Fonte: Autoria própria.

Na figura 16 é mostrado o display Oled utilizado no projeto que possui as conexões Vcc, GND, SCL e DAS

Figura 16- Display OLED.



Na tabela 2 temos a identificação, a função e a pinagem do circuito anterior com o display OLED e o arduino nano.

Tabela 2 - Entradas e saídas

Pino LCD	Pino Arduino Nano	Função do Pino no LCD
1	Porta analógica 5	CS1 (SDA)
2	Porta analógica 4	CS2 (SCK)
3	GND	GND
4	Porta digital 2	VCC
5	-	V0
6	-	D
7	-	R/W
8	Sensor de temperatura	E
9	-	DB0
10	-	DB1
11	-	DB2
12	-	DB3
13	-	DB4
14	-	DB5
15	-	DB6

16	-	DB7
17.	-	RST
18.	-	V-out

Fonte: Autoria própria.

2.4.4 Lista de Material

A seguir é apresentado na tabela 3 a lista de materiais básica utilizada na montagem do projeto.

Tabela 3 - Lista de materiais

NOME:	CÓDIGO OU MODELO:	ONDE COMPRAR:	QTD	VALOR
1.Arduino Nano	Atmega328	Mercado Livre	1 unidade	R\$16,40
2.LED RGB	WS2812B	Mercado Livre	1 unidade	R\$ 14,00
3.Amplificador Operacional	LM721	Mercado Livre	1 unidade	R\$ 1,45
4.Bateria	//	Mercado Livre	10 unidades	R\$ 16,00
5.Estetoscópio	//	Mercado Livre	1 unidade	R\$ 60,00
6. Mic. de Eletreto	//	Mercado Livre	x unidades	R\$ 8,00
7. Display OLED	//	Mercado Livre	1 unidade	R\$ 32,90
TOTAL	//	//	14 unidades	R\$143,45

Fonte: Autoria própria.

Pode ser observado na tabela 3 que foram utilizados componentes comerciais que foram adquiridos em lojas nacionais. Isto é um indicativo que o projeto tem potencial de ser replicado sem problema com peças específicas ou de difícil aquisição.

2.5 Projeto Mecânico

O projeto mecânico é o desenvolvimento do encapsulamento do protótipo, inicialmente será desenvolvido uma estrutura para acondicionar as placas eletrônicas, sensores e microcontroladores. A proposta é desenvolver design adequado para que o próprio usuário realize a medição da frequência cardíaca e de temperatura.

2.5.1 Modelo de Negócios e Matriz SWOT

A seguir será apresentado o modelo de negócios CANVAS que foi desenvolvido para este projeto com a proposta de verificar a sua viabilidade em termos de inovação e empreendedorismo, este modelo pode ser visto na figura 17.

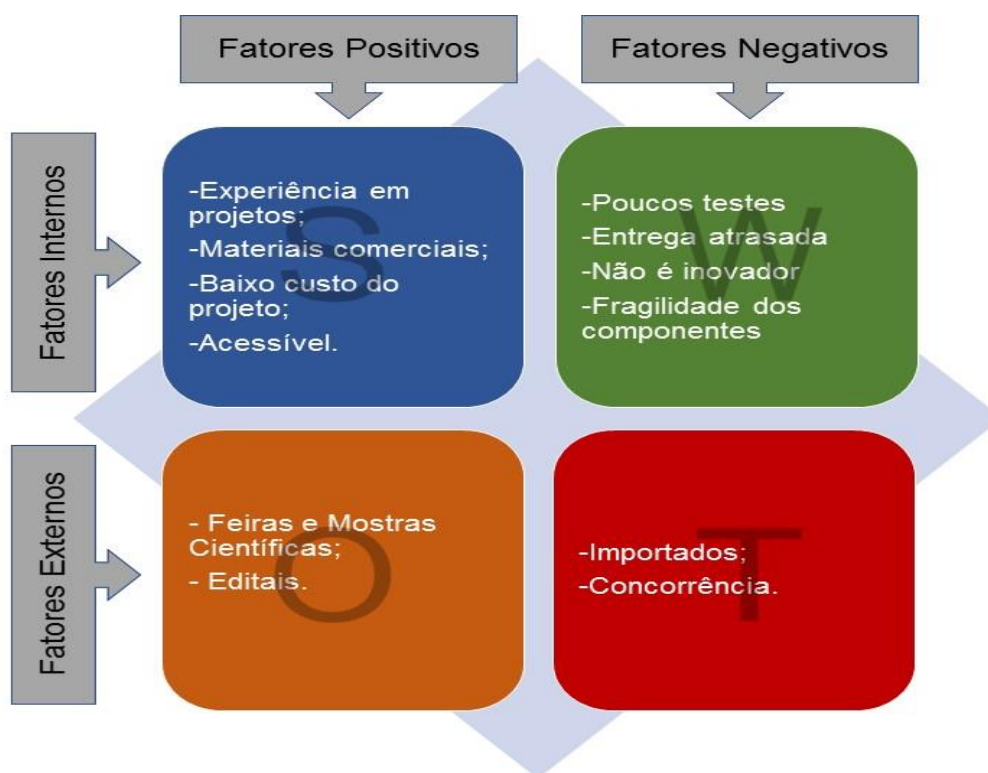
Figura 17- Modelo de negócios CANVAS

8 – Parcerias Principais - Empresas especializadas para o comércio;	7 – Atividades Chave - Desenvolvimento e pesquisa do software e hardware do equipamento.	2 – Proposta de valor - Equipamento que realiza a medição de batimentos cardíacos de um feto a baixo custo.	4 – Relacionamento com Clientes - Web Site.	1 – Segmentos de Clientes - Gestantes; - Empresas de comércio de equipamentos médicos.
- Equipe de vendas.	6 – Recursos Principais - Importação do Microcontrolador/ Estetoscópio/ Microfone.		3 – Canais - Sedex.	
9 – Estrutura de Custos - Matéria prima, - Custo do Web Site.			5 – Fontes de Receitas - Venda de ativos; - Assistência técnica.	

Fonte: Autoria própria.

A figura 18 mostra a matriz SWOT que foi desenvolvida para o grupo. Nela pode ser visualizada os pontos fortes e fracos da equipe como também foram mapeadas as oportunidades e ameaças.

Figura 18 - Matriz SWOT



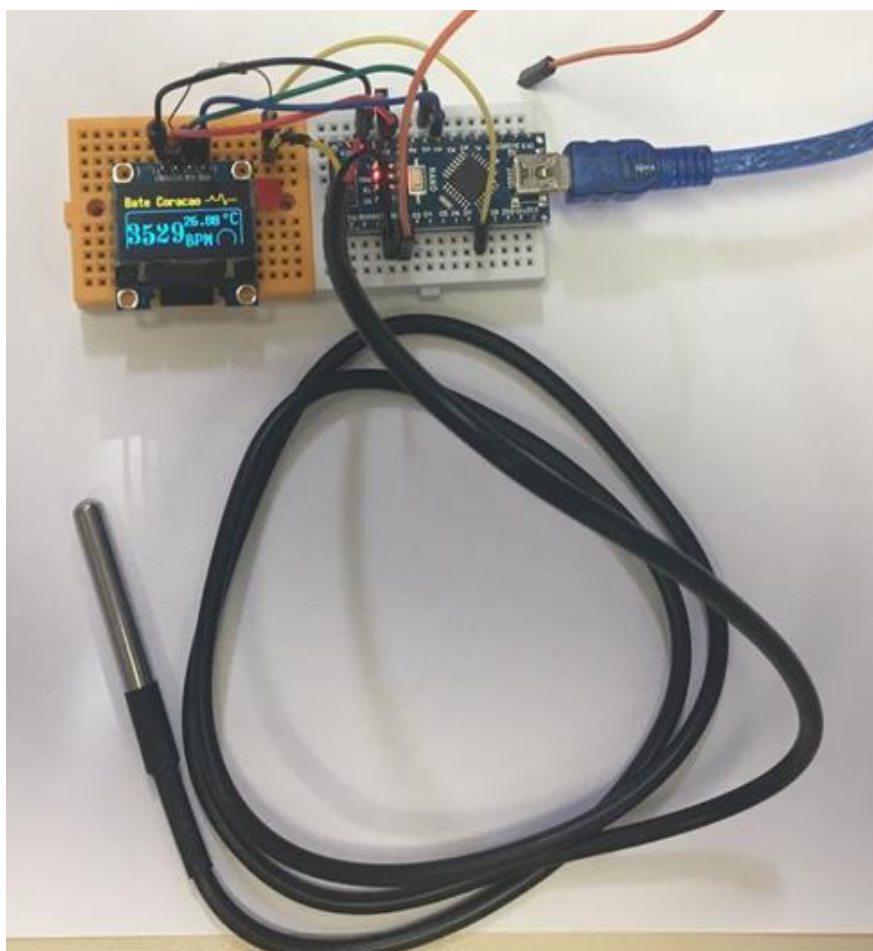
Fonte: Autoria própria.

3 RESULTADOS

Neste capítulo serão mostrados os resultados deste trabalho com a montagem do protótipo e apresentação do projeto nas feiras de ciência e tecnologia. A figura 17 mostra o primeiro protótipo desenvolvido.

Na figura 19 podem ser visualizados o display de Oled, o sensor de temperatura, o microcontrolador Arduino nano e as conexões no protoboard.

Figura 19 - Protótipo funcional



Fonte: Autoria própria.

Na figura 20 pode ser visto o primeiro teste realizado para verificar a captação do do sinal elétrico utilizando o microfone acoplado ao estetoscópio. Neste projeto foi utilizado um osciloscópio para verificar os sinais captados.

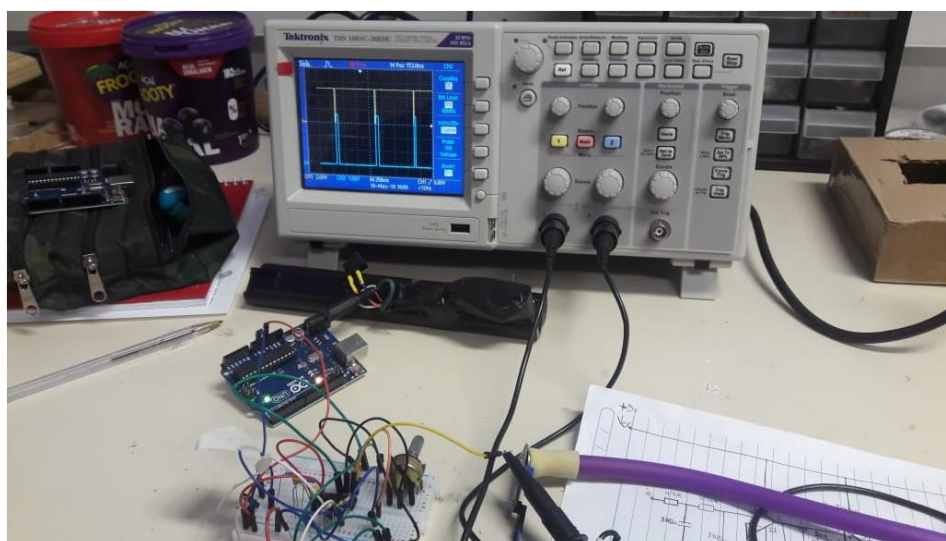
Figura 20 - Testes iniciais com o protótipo



Fonte: Autoria própria.

Na figura 21 é mostrado o conjunto com o filtro analógico em funcionamento, a linha amarela é o sinal de entrada, saindo do microfone e o sinal azul é o sinal filtrado.

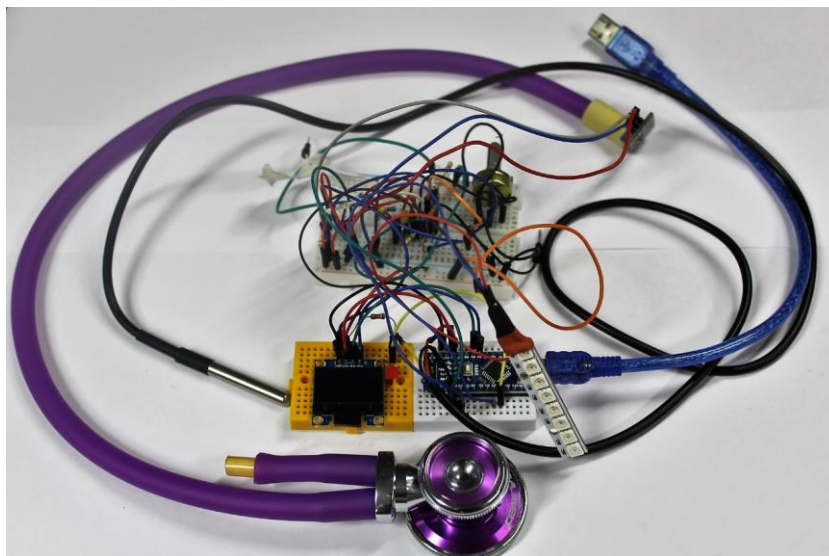
Figura 21 - Sinal cardíaco captado pelo protótipo



Fonte: Autoria própria.

Na figura 22 apresenta a evolução do protótipo, onde os batimentos cardíacos é mostrado em um display OLED, incluindo a temperatura corporal.

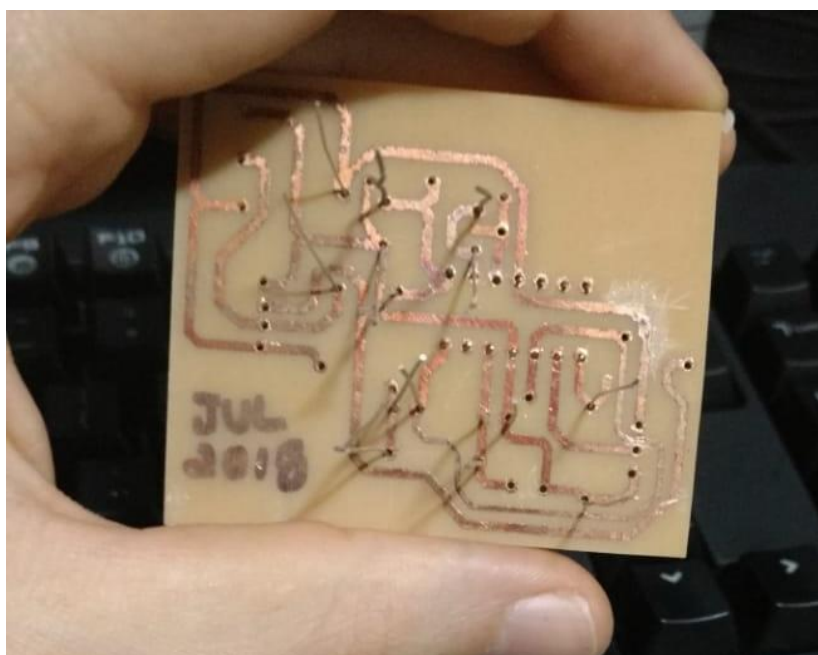
Figura 22 - Protótipo inicial



Fonte: Autoria própria.

Na figura 23 mostra o esquema elétrico para a evolução do protótipo, os componentes são fixados na placa aumentando a profissionalidade e funcionalidade do protótipo.

Figura 23 - Esquema elétrico na placa ilhada

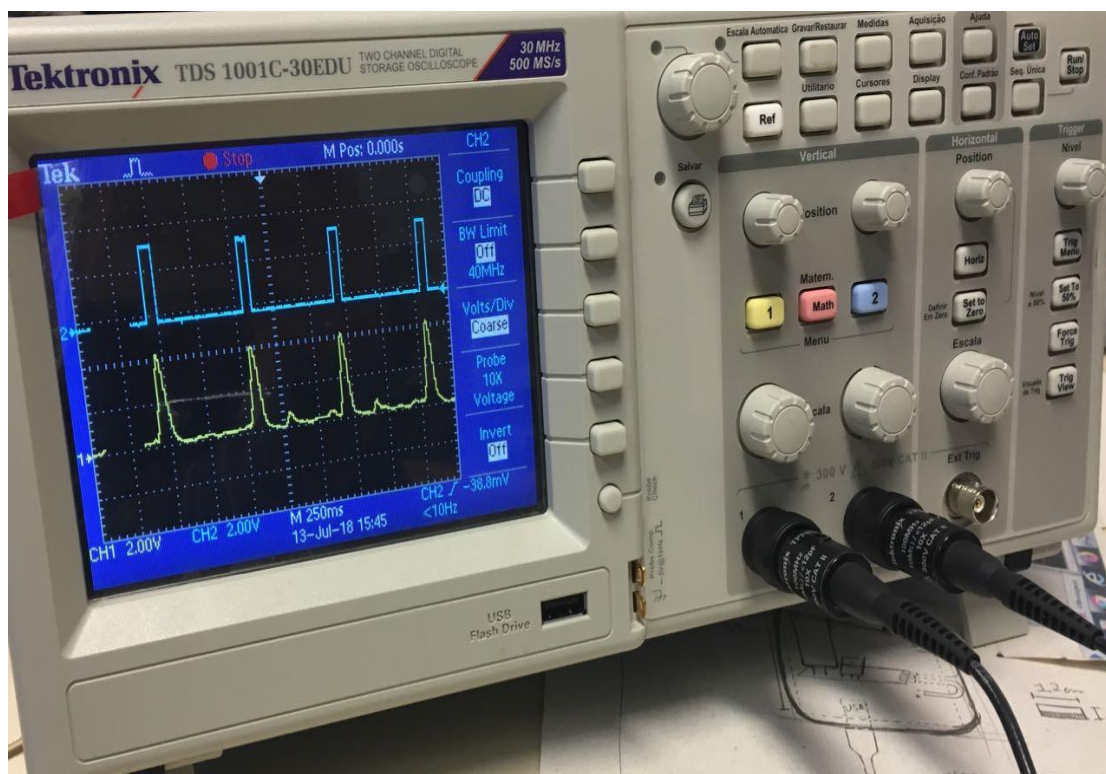


A figura 24 podem ser visualizadas as duas formas de onda medidas, o sinal

no canal 1 é referente a saída do microfone e o sinal no canal 2 refere-se a saída do filtro do sinal.

O sinal que é processado pelo microcontrolador é sinal do canal 2.

Figura 24 - Sinal de entrada e saída do filtro.



Fonte: Autoria própria.

A figura 25 apresenta o protótipo funcional, fazendo a medição dos batimentos cardíacos e a temperatura corporal.

Figura 25 - Teste do primeiro protótipo encapsulado



Fonte: Autoria própria.

A figura 26 mostra o primeiro desenho do encapsulamento projetado utilizando madeira de MDF.

Figura 26- Desenho do encapsulamento do protótipo



Fonte: Autoria própria.

4 CONCLUSÃO

Os resultados deste trabalho mostram que os objetivos iniciais foram alcançados com êxito com a execução do protótipo que se mostra funcional e operacional. Nesta primeira fase do projeto conseguiu-se realizar a medição da frequência cardíaca e temperatura de adultos.

Os próximos passos é evoluir o projeto para a medição da frequência cardíaca de fetos onde envolverá novos estudos.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMABIS & MARTHO. Fundamentos da Biologia Moderna. Volume único. São Paulo, Ed. Moderna.

Arduino - Disponível em <http://www.arduino.cc/>. Acesso em: 09 jun. 2018

GUYTON, A.C.; HALL, J.E. Tratado de Fisiologia Médica. 11^a ed. Rio de Janeiro, Elsevier Ed., 2006. Acesso em: 05 mar. 2018

IBGE. População total, homens e mulheres 2000-2030. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>

<http://svs.aims.gov.br/dantps/centrais-de-conteudos/paineis-de-monitoramento/mortalidade/infantil-e-fetal/>

http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/7720/1/PB_COENC_2016_2_04.pdf