

UNIVERSIDADE FEEVALE

FABIAN STEIGLEDER

COMPARATIVO NA AFERIÇÃO DE SINAIS VITAIS ENTRE PLACAS DE
PROTOTIPAGEM COM SHIELD E-HEALTH E INSTRUMENTOS TRADICIONAIS
DA ÁREA DA SAÚDE

Novo Hamburgo

2017

FABIAN STEIGLEDER

COMPARATIVO NA AFERIÇÃO DE SINAIS VITAIS ENTRE PLACAS DE
PROTOTIPAGEM COM SHIELD E-HEALTH E INSTRUMENTOS TRADICIONAIS
DA ÁREA DA SAÚDE

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial à
obtenção do grau de Bacharel em
Ciência da Computação pela
Universidade Feevale

Orientador: Prof.º Me. Vandersilvio da Silva

Novo Hamburgo
2017

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer aos meus pais Edelson e Ana Maria pela educação e apoio incondicional durante todos esses anos, à minha esposa Lisane pelo incentivo, paciência e compreensão nesse período de desafio, aos professores e amigos Marta Bez e Juliano Varella pelo incentivo e apoio no projeto de conclusão, ao professor Cláudio Felipe Kolling Da Rocha pela imensa ajuda na finalização do projeto, ao professor e amigo Vandersilvio da Silva pela orientação, dedicação e ensinamento dados nessa jornada, aos colegas do grupo de Computação Aplicada, em especial aos amigos Ari Renner Filho, Augusto César Rodrigues de Oliveira, Cristiane da Rosa, Henrique Guilherme Berto Rick, Suelem Kleinkauf e Vitor Caetano de Almeida Zandoná. Por último e não menos importante, a Deus por colocar essas pessoas em meu caminho.

RESUMO

Os dispositivos vestíveis (*wearable devices*) vêm se tornando cada vez mais populares na medida em que vão contribuindo para a melhoria da qualidade de vida das pessoas. Em favor a isso, a computação contribui com esse propósito aumentando a gama desses dispositivos, auxiliando profissionais da área da saúde no que se refere à aferição e monitoramento de sinais vitais, sendo estes, em condições normais, fundamentais para uma qualidade de vida saudável. O presente projeto aprimorou a utilização de placas de prototipagem em conjunto com o módulo e-Health (placa desenvolvida pela empresa Cooking Hacks) na captura de dados biométricos de um indivíduo. Foram realizadas melhorias do protótipo criado em um trabalho de conclusão de curso no âmbito do grupo de Computação Aplicada. Tais melhorias focaram na redução do tamanho do protótipo, assim como na praticidade de manuseio e agilidade nas aferições vitais, no que se referem às medições simultâneas de temperatura, batimentos cardíacos e frequência respiratória. Esses avanços também foram apontados pelo autor do projeto original como úteis para tornar o experimento mais prático, preciso e confiável. O objetivo foi contribuir com um protótipo de baixo custo para uso didático nos cursos da área da saúde da Universidade Feevale, baseado nos resultados aceitáveis obtidos acerca dos dados de temperatura corporal e respiração. A evolução do protótipo poderá permitir a aceitação dos resultados referentes aos batimentos cardíacos, visto que os mesmos não alcançaram a validação desejada.

Palavras Chave: e-Health. *Wearable Devices*. Placas de Prototipagem.

ABSTRACT

Wearable devices have become increasingly popular as they contribute to improving people's quality of life. In support of this, computing contributes to this purpose by increasing the range of these devices, assisting health professionals in the measurement and monitoring of vital signs, which are, under normal conditions, fundamental to a healthy quality of life. The present project has improved the use of prototype boards in conjunction with the eHealth module in the capture of an individual's biometric data. Improvements were made to the prototype created in a course completion work within the Applied Computing group. Such improvements have focused on reducing the size of the prototype, as well as on the practicality of handling and agility in vital measurements, regarding the simultaneous measurements of temperature, heart rate and respiratory rate. These advances were also pointed out by the author of the original project as useful to make the experiment more practical, accurate and reliable. The objective was to contribute with a low cost prototype for didactic use in the health courses of the University Feevale, based on the acceptable results obtained on the data of body temperature and breathing. The evolution of the prototype may allow the acceptance of the results referring to the heart beats, since they did not achieve the desired validation.

Keywords: e-Health. Wearable Devices. Prototyping Boards.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Frequência Respiratória: Voluntário 1.....	62
Gráfico 2 – Frequência Respiratória: Voluntário 2.....	63
Gráfico 3 – Frequência Respiratória: Voluntário 3.....	63
Gráfico 4 – Frequência Respiratória: Voluntário 4.....	64
Gráfico 5 – Frequência Respiratória: Voluntário 5.....	64
Gráfico 6 – Temperatura Corporal: Voluntário 1.....	66
Gráfico 7 – Temperatura Corporal: Voluntário 2.....	66
Gráfico 8 – Temperatura Corporal: Voluntário 3.....	67
Gráfico 9 – Temperatura Corporal: Voluntário 4.....	67
Gráfico 10 – Temperatura Corporal: Voluntário 5.....	68
Gráfico 11 – Batimentos Cardíacos: Voluntário 1.....	70
Gráfico 12 – Batimentos Cardíacos: Voluntário 2.....	70
Gráfico 13 – Batimentos Cardíacos: Voluntário 3.....	71
Gráfico 14 – Batimentos Cardíacos: Voluntário 4.....	71
Gráfico 15 – Batimentos Cardíacos: Voluntário 5.....	72

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Arduino Mega	19
Figura 2 – Arduino LilyPad	19
Figura 3 – Arduino Uno	20
Figura 4 – Arduino IDE	21
Figura 5 – Pi 1 Model A+	24
Figura 6 – Pi 2 Model B	24
Figura 7 – Pi 3 Model B	24
Figura 8 – Sistema Operacional Raspbian	25
Figura 9 – Shield e-Health (Parte Superior)	26
Figura 10 – Shield e-Health (Parte Inferior)	26
Figura 11 – Sensores Conectados ao Shield e-Health	27
Figura 12 – Indivíduo Sendo Monitorado pelos Sensores do Shield e-Health	29
Figura 13 – Placa Arduino Uno e Shield e-Health	30
Figura 14 – Acoplamento do Shield e-Health à Placa Arduino Uno	31
Figura 15 – Shield e-Health Integrado à Placa Arduino Uno	31
Figura 16 – Placa Raspberry Pi, Módulo Adaptador e Shield e-Health	31
Figura 17 – Acoplamento da Bridge à Raspberry Pi	32
Figura 18 – Acoplamento do Shield e-Health à Bridge	32
Figura 19 – Shield e-Health Integrado à Placa Raspberry Pi	32
Figura 20 – Protótipo Desenvolvido por Aranda (2016)	37
Figura 21 – Monitor Multiparamétrico	41
Figura 22 – Tela de Seleção de Instalação do Sistema Operacional	42
Figura 23 – Interface Gráfica Raspbian	43
Figura 24 – Terminal Raspberry Pi	44
Figura 25 – Compilação do Código Hello.c	44
Figura 26 – Execução do Código Hello.c	46
Figura 27 – Instalação da Biblioteca ArduPi	46
Figura 28 – Compilação do Arquivo Temperatura.cpp	47
Figura 29 – Compilação do Arquivo Pulso.cpp	48
Figura 30 – Compilação do Código FluxoAr.cpp	48
Figura 31 – Execução do Arquivo Temperatura	48
Figura 32 – Execução do Arquivo Pulso	48

Figura 33 – Execução do Arquivo FluxoAr	49
Figura 34 – Protótipo de Aferição de Sinais Vitais	49
Figura 35 – Sensor de Temperatura	51
Figura 36 – Medição de Tensão do Shield e-Health	51
Figura 37 – Medição do Resistor Ra do Shield e-Health.....	52
Figura 38 – Medição do Resistor Rb do Shield e-Health.....	52
Figura 39 – Medição do Resistor Rc do Shield e-Health.....	53
Figura 40 – Código Original da Biblioteca eHealth.cpp	53
Figura 41 – Código Alterado da Biblioteca eHealth.cpp	54
Figura 42 – Sensor de Oximetria.....	55
Figura 43 – Conexão do Sensor de Oximetria	55
Figura 44 – Sensor de Fluxo Respiratório.....	56
Figura 45 – Conexão do Sensor de Fluxo Respiratório.....	56
Figura 46 – Equipe de Teste do Protótipo.....	58
Figura 47 – PowerLab 26T	59
Figura 48 – Skin Temperature Probes	59
Figura 49 – Pulse Transducer	59
Figura 50 – Respiratory Belt Transducer.....	59
Figura 51 – LabChart	59
Figura 52 – Voluntário Monitorado	60
Figura 53 – Monitoramento Via Terminal	61
Figura 54 – Monitoramento Via LabChart	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Placas Arduino e suas Características	20
Tabela 2 – Placas Raspberry Pi e suas Características.....	25
Tabela 3 – Média de Respirações por Minuto	65
Tabela 4 – Média de Temperatura Corporal	68
Tabela 5 – Temperatura Corporal: Dados Filtrados	69
Tabela 6 – Média de Batimentos Cardíacos.....	72
Tabela 7 – Batimentos Cardíacos: Dados Filtrados	73

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3G	3ª Geração de Padrões e Tecnologias de Telefonia Móvel
AC-DC	<i>Alternating Current–Direct Current</i>
ARM	<i>Advanced Risc Machine</i>
AVR	Microcontrolador da Empresa Atmel
BD	Base de Dados
BPM	Batimentos Por Minuto
CD	<i>Compact Disc</i>
CPU	<i>Central Processing Unit</i>
DVD	<i>Digital Video Disc</i>
DVI	<i>Digital Visual Interface</i>
ECG	Eletrocardiograma
e-Health	Nome da Placa Desenvolvida pela Empresa Cooking Hacks.
EMG	Eletromiografia
GB	Gigabyte
GHz	Gigahertz
GPRS	<i>General Packet Radio Service</i>
GSM	<i>Global System for Mobile Communications</i> ou <i>Groupe Special Mobile</i>
GSR	<i>Galvanic Skin Response</i>
HD	<i>Hard Disk</i>

HDMI	<i>High-Definition Multimedia Interface</i>
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
IOT	<i>Internet of Things</i>
ISO	Imagem de CD, DVD ou BD de um sistema de arquivos ISO9660 (<i>International Organization of Standardization</i>)
LCD	<i>Liquid Crystal Display</i>
LED	<i>Light Emitting Diode</i>
mA	<i>Miliampère</i>
MB	Megabyte
MHz	Megahertz
mm	Milímetros
NTSC	<i>National Television System Committee</i>
PAL	<i>Phase Alternating Line</i>
PWM	<i>Pulse Width Modulation</i>
RAM	<i>Random Access Memory</i>
RCA	<i>Radio Corporation of America</i>
RFID	<i>Radio-Frequency Identification</i>
RJ45	Conector Modular Usado em Terminações de Telecomunicação
SCART	<i>Syndicat des Constructeurs d'Appareils Radiorécepteurs et Téléviseurs</i>
SD	<i>Secure Digital</i>

SO	Sistema Operacional
SpO2	Saturação Arterial de <i>Oxi-Hemoglobina</i>
USB	<i>Universal Serial Bus</i>
<i>Wi-Fi</i>	Tecnologia de Comunicação que Não Faz Uso de Cabos

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	15
1 PLACAS DE PROTOTIPAGEM	18
1.1 ARDUINO	18
1.2 RASPBERRY PI	22
1.3. MÓDULO E-HEALTH	25
1.4 INTEGRAÇÃO ENTRE AS PLACAS DE PROTOTIPAGEM E O MÓDULO E-HEALTH	30
2 ANÁLISE SOBRE A MONOGRAFIA “INTERNET DAS COISAS: UM PROTÓTIPO USANDO A PLATAFORMA DE PROTOTIPAGEM ARDUINO E A PLACA E-HEALTH PARA A COLETA DE SINAIS VITAIS”	34
2.1 OBJETIVO	34
2.2 METODOLOGIA.....	34
2.3 RESULTADOS OBTIDOS	35
2.4 PROBLEMAS ENCONTRADOS.....	36
3 TRABALHOS CORRELATOS	38
3.1 TRABALHO A: “RASPBERRY PI E RFID NO MONITORAMENTO DE ATIVIDADES DE NATAÇÃO”	38
3.2 TRABALHO B: “DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA PARA RECOLHA, ARMAZENAMENTO, PROCESSAMENTO E ANÁLISE DE SINAIS BIOMÉTRICOS PARA CLASSIFICAÇÃO DE PROCESSOS FISIOLÓGICOS”	39
3.3 TRABALHO C: “PROPOSTA DE PROTÓTIPO DE MONITOR DE TEMPERATURA CORPORAL UTILIZANDO SOFTWARE EMBARCADO E TEMPO REAL BASEADO EM COMPUTAÇÃO UBÍQUA”	39
4 DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO	41
4.1 INSTALAÇÃO DO SISTEMA OPERACIONAL	41
4.1.1 Primeiros Problemas	43
4.2 INSTALAÇÃO DAS BIBLIOTECAS E-HEALTH	46
4.2.1 Testes de Compilação.....	47
4.3 SENSORES UTILIZADOS E SUAS FUNÇÕES	49
4.3.1 Sensor de Temperatura Corporal	49
4.3.2 Sensor de Oximetria e Pulsação Cardíaca	54
4.3.3 Sensor de Fluxo Respiratório (Fluxo Aéreo).....	55
4.4 ALGORITMO DO PROTÓTIPO	56
4.5 METODOLOGIA DO EXPERIMENTO.....	58
4.6 RESULTADOS E ANÁLISE.....	61
4.6.1 Respiração.....	62
4.6.2 Temperatura	65

4.6.3 Batimentos Cardíacos	69
4.7 CONSIDERAÇÕES PÓS-TESTES	73
4.7.1 Possibilidades de Melhoria.....	74
CONCLUSÃO	75
REFERÊNCIAS.....	77
APÊNDICE A – FOLHA DE ROSTO PARA PESQUISAS ENVOLVENDO SERES HUMANOS	80
APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	81
APÊNDICE C – DECLARAÇÃO DE COMPROMISSO DE PESQUISADOR RESPONSÁVEL	83
APÊNDICE D – PARECER CONSUBSTANCIADO DA COMISSÃO DE ÉTICA EM PESQUISA DA UNIVERSIDADE FEEVALE	84
APÊNDICE E – QUESTIONÁRIO RESPONDIDO PELO PROFESSOR DA ÁREA DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE FEEVALE PARTICIPANTE DO EXPERIMENTO	87
APÊNDICE F – DADOS COLETADOS PELO PROTÓTIPO: VOLUNTÁRIO 1	88
APÊNDICE G – DADOS COLETADOS PELO PROTÓTIPO: VOLUNTÁRIO 2.....	92
APÊNDICE H – DADOS COLETADOS PELO PROTÓTIPO: VOLUNTÁRIO 3	96
APÊNDICE I – DADOS COLETADOS PELO PROTÓTIPO: VOLUNTÁRIO 4.....	100
APÊNDICE J – DADOS COLETADOS PELO PROTÓTIPO: VOLUNTÁRIO 5.....	104

INTRODUÇÃO

O termo *wearable devices*, conforme Corso (2015), é definido como um dispositivo de computação ligado ao corpo e que permite interação com o usuário, podendo funcionar ligado a algum equipamento, como, por exemplo, *smartphone*, ou de maneira independente. É possível utilizar tais equipamentos de diferentes formas: sobre o corpo em forma de tecidos inteligentes, em torno do corpo, com o uso de relógios ou acoplados ao corpo, através de sensores incorporados à pele. A literatura indica que a tecnologia vestível, na maioria das vezes, não amplia ou configura as capacidades humanas, apenas monitora o que acontece no corpo e no ambiente que o rodeia, diferente do conceito de computação vestível (Corso, 2015).

A autora citada anteriormente classifica as tecnologias vestíveis em três categorias. A primeira, denominada *Wearable Health Technologies*, que consiste em aplicações para a saúde, especialmente permitindo o monitoramento do estado de saúde do usuário, coletando e processando informações em tempo real. A segunda, *Wearable Textile Technologies*, indica a integração de tecnologias em produtos têxteis, geralmente com a função de sensoriamento de funções corporais, oferecendo facilidades de comunicação, transferência de dados e controle do ambiente. Por último, *Wearable Consumer Electronics*, que são equipamentos eletrônicos desenvolvidos para uso diário, destinados a entretenimento, comunicação e produtividade (Corso, 2015).

Entrando na categoria de *Wearable Health Technologies*, é possível notar que o campo da saúde é uma excelente área de utilização para a tecnologia vestível. Panisson (2009) destaca o crescimento de estudos e desenvolvimento de protótipos que monitoram sinais vitais como a pressão arterial, os batimentos cardíacos e a temperatura corporal e ajudam a fazer diagnósticos precisos sobre o bem-estar do usuário.

Com o auxílio da informática é possível criar equipamentos e componentes para os mais diversos fins e a utilização de complementos eletrônicos nessas áreas é de extrema importância para o sucesso dessa união. Desse modo, a introdução de placas de prototipagem e sensores diversos está se tornando aliada no desenvolvimento de aplicações com a finalidade de monitorar o estado de saúde das pessoas.

A utilização de placas de prototipagem na área da saúde vem se tornando frequente à medida que a tecnologia permite a utilização da informática para alcançar certos objetivos. Além de oferecerem custos mais baixos, os projetos utilizando placas de prototipagem permitem que, não só pessoas da área de tecnologia, mas também profissionais da área da saúde e até pacientes possam manuseá-las. Entre as placas mais populares utilizadas atualmente, foram pesquisadas duas: Arduino e Raspberry Pi.

A primeira pode ser considerada uma plataforma de computação embarcada que interage com o seu ambiente por *hardware* e *software*, através de conexões de entradas e saídas (McRoberts, 2011). A programação é feita por meio de um ambiente de desenvolvimento (IDE) próprio e através dele instrui-se a placa sobre as ações a serem realizadas. Com o passar do tempo, o dispositivo começou a mudar adaptando-se a novas necessidades, como, por exemplo, aplicações da chamada Internet das Coisas (*IoT*), *wearable devices* e ambientes embutidos. O *software* (Arduino IDE) é *open-source*, baseado na linguagem de programação AVR C e pode ser expandida através de bibliotecas C++. Pode ser executado em sistemas operacionais Windows, Macintosh OSX e Linux (What is Arduino, 2017).

A segunda é praticamente um computador de pequeno porte, concebido para o ensino de programação para crianças (Raulino, 2013). É composto por processador, *slot* para cartão de memória, portas USB e *Ethernet*, conector HDMI, saídas de áudio analógico e vídeo composto, entre outros. Em função da arquitetura de seu *chipset* (baseado em dispositivos móveis), possui requisitos de *software* diferentes em relação aos computadores tradicionais. Para o seu funcionamento é necessário instalar um Sistema Operacional, sendo que o mais popular é baseado na distribuição Debian do Linux, chamado Raspbian (Richardson e Wallace, 2013).

No auxílio para a aferição de sinais vitais, o *shield* (placa acoplável às placas Arduino e Raspberry Pi) e-Health se mostra uma opção prática e simples para o alcance dos objetivos desejados. O módulo permite o monitoramento dos sinais vitais de um indivíduo, utilizando nove sensores distintos. Essas informações biométricas captadas podem ser utilizadas para verificar em tempo real o estado de um usuário ou para obter dados sensíveis para serem, subsequentemente, analisados para diagnóstico médico (Cooking Hacks, 2013).

A placa em questão conta com sensores que captam e monitoram os sinais de pulsação, oxigenação do sangue, fluxo de ar, temperatura corporal, glicose,

condutância da pele, pressão arterial, além de verificar a posição física do indivíduo. Também é possível fazer exames de eletrocardiograma e eletromiografia (Cooking Hacks, 2013).

A atual pesquisa comparou dados referentes ao monitoramento de sinais vitais de um indivíduo. Tais informações foram obtidas por meio de instrumentos tradicionais utilizados por profissionais da área da saúde, mais especificamente, um equipamento denominado PowerLab (ADInstruments, 2017) que é capaz de monitorar simultaneamente diversos sinais vitais e, também, através da utilização de placas de prototipagem em conjunto com o *shield* e-Health. Após a obtenção desses valores, a comparação entre os métodos utilizados indicou a eficácia do protótipo desenvolvido, tornando-o apto a ser, em um futuro próximo, uma alternativa de baixo custo a ser utilizada de forma didática nas disciplinas dos cursos da área da saúde.

O presente trabalho está organizado da seguinte forma: o capítulo um abordará as placas de prototipagem estudadas para a pesquisa, no que se refere a Arduino, Raspberry Pi, *shield* e-Health e a integração entre as mesmas. O capítulo dois descreverá a pesquisa intitulada “Internet das Coisas: Um Protótipo Usando Plataforma de Prototipagem Arduino e a Placa e-Health para a Coleta de Sinais Vitais”, cuja mesma foi referência para o projeto em questão. Já o capítulo três apresentará alguns trabalhos correlatos à pesquisa atual, onde os autores também aferiram sinais vitais com o auxílio de placas de prototipagem. O capítulo quatro ilustrará, de maneira detalhada, o desenvolvimento do projeto, incluindo as instalações do sistema operacional e bibliotecas necessárias, os testes executados, a metodologia utilizada, os problemas enfrentados e os resultados alcançados. Por fim, a conclusão mostrará as considerações finais sobre os objetivos atingidos.

1 PLACAS DE PROTOTIPAGEM

Aranda (2016) descreve as placas de prototipagem como dispositivos de placa única, constituídos por um micro controlador e que permitem ao usuário executar as mais diversas funções, como, por exemplo, automações residenciais e industriais, além de aplicações voltadas para a área da saúde (Aranda, 2016). Neste capítulo serão abordadas duas plataformas de prototipagem, Arduino e Raspberry Pi, além do *shield* e-Health e a integração desse último com as placas referenciadas.

1.1 ARDUINO

O Arduino pode ser considerado um computador compacto constituído por entradas e saídas que, através dessas, programa-se a chegada e envio de informações para executarem determinada função. Também pode ser definido como uma plataforma de computação embarcada que pode interagir com o ambiente através de *software* e *hardware* (McRoberts, 2011).

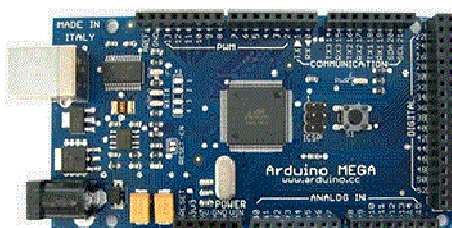
A placa surgiu no Ivrea Interaction Design Institute como uma ferramenta fácil para prototipagem rápida, voltada para estudantes com pouca experiência em eletrônica e programação. É possível controlar LEDs (*Light Emitting Diode*), motores, atuadores, sensores, assim como interpretar ações de botões e interruptores que estejam conectados ao Arduino. Com o tempo, a plataforma começou a mudar adaptando-se a novas necessidades, como, por exemplo, aplicações da chamada Internet das Coisas (*IoT*), *wearable devices* (dispositivos vestíveis), e ambientes embutidos. As versões da placa são *open-source*, facilitando para que usuários as utilizem de forma independente, podendo, inclusive, adaptá-las às necessidades específicas (What Is Arduino, 2017).

O projeto Arduino dispõe de diversas distribuições, cada uma com suas especificações e destinadas a variados objetivos. As placas são constituídas por diferentes componentes, tais como CPU (*Central Processing Unit*) com *chipset* micro controlador, pinos para entradas e saídas de sinais digitais e analógicos, além de conexão USB (*Universal Serial Bus*) e botão de inicialização. Dentre as plataformas destacam-se: Mega, LilyPad, e Uno, sendo este último o mais popular e comumente usado em projetos acadêmicos e pesquisas laboratoriais (Compare Board Specs, 2017).

A versão Mega (Figura 1) do Arduino utiliza os *chipsets* ATmega 1280 e 2560. É constituída por 16 pinos de entradas analógicas e 54 pinos de entradas e saídas

digitais. Pode-se utilizar 15 desses pinos para modulação por largura de pulso (*Pulse Width Modulation*), também chamado PWM, ou seja, técnica que consiste na obtenção de resultados analógicos por meios digitais. Também possui uma entrada USB, um botão de inicialização, além de entrada de energia para a possibilidade de utilizar um adaptador AC-DC (*Alternating Current–Direct Current*) como fonte de alimentação externa. A porta USB também é utilizada para a alimentação elétrica da plataforma (Arduino Mega, 2017).

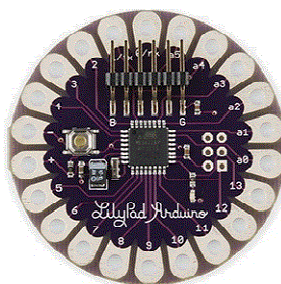
Figura 1 – Arduino Mega



Fonte: Arduino Mega (2017)

Já o modelo LilyPad (Figura 2) possui versões com os *chipsets* ATmega168 e ATmega328V. É composta por 14 pinos de entradas e saídas digitais, sendo seis delas passíveis de usar como PWM. Também possui seis pinos de entradas analógicas, além de botão de inicialização. Não contém conexão USB. Esta plataforma de prototipagem possui menos interfaces, pois é utilizada em projetos que envolvem dispositivos vestíveis. Em função de seu tamanho compacto é possível costurá-la em roupas e tecidos diversos e programá-la para interagir com o ambiente, conectando-se a sensores, LEDs e outros dispositivos eletrônicos. Um tipo especial de linha é necessário para costurar o LilyPad e seus módulos. A mesma é condutiva e age como fios de ligação em um circuito convencional, além de prender as placas no tecido. Desta forma, é possível construir circuitos completos usando a placa, os módulos adicionais e a referida linha (LilyPad Arduino Main Board, 2017).

Figura 2 – Arduino LilyPad



Fonte: LilyPad Arduino Main Board (2017)

Por último, o Arduino Uno (Figura 3) utiliza o *chipset* ATmega328P. Assim como a LilyPad, é composto por 14 pinos de entradas e saídas digitais, sendo seis deles para utilizar como PWM. Também possui seis pinos de entradas analógicas, entrada de energia para alimentação externa, além de entrada USB, que também é utilizada para energização. Possui um botão de inicialização. (Arduino Uno & Genuino Uno, 2017).

Figura 3 – Arduino Uno



Fonte: Arduino Uno & Genuino Uno (2017)

Demais detalhes de cada versão da placa de prototipagem Arduino podem ser conferidos na Tabela 1. As características e especificações que as compõem também constam na referida tabela.

Tabela 1 – Placas Arduino e suas Características

	LilyPad	Mega	Uno
Processador	Atmega 168 e 328V	Atmega 1280 e 2560	Atmega 328P
Tensão de Entrada	2.7 V / 5.5 V	5 V	5 V
Tensão de Operação	2.7 V / 5.5 V	7 V / 12 V	7 V / 12 V
Velocidade da CPU	8 MHz	16 MHz	16 MHz
Entradas Analógicas	6	16	6
Saídas Analógicas	0	0	0
Entradas e Saídas Digitais	14	54	14
PWM	6	15	6
Memória EEPROM (kB)	0.512	4	1
Memória SRAM (kB)	1	8	2
Memória Flash (kB)	16	256	32
Conexão USB	-	Regular	Regular

Fonte: Adaptado de Compare Board Specs (2017)

Para complementar as funcionalidades das referidas plataformas de prototipagem, existe a possibilidade da utilização de *shields*, que são placas acopláveis ao Arduino e que desempenham funções que não estão agregadas à

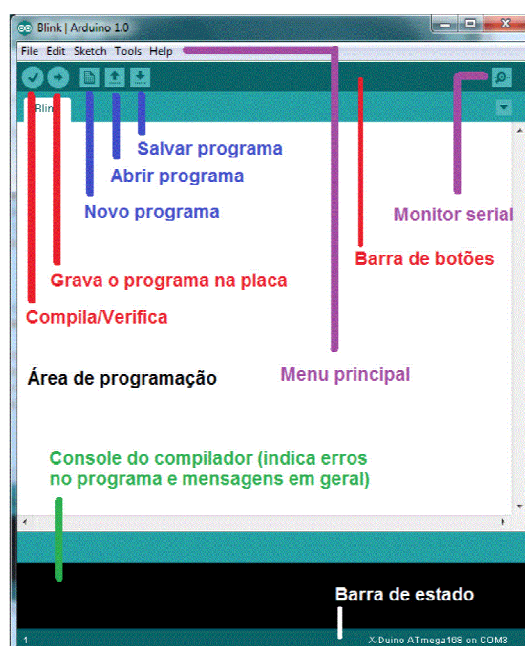
placa principal. Entre as mais utilizadas estão os módulos de comunicação *Wi-Fi* (tecnologia de comunicação que não faz uso de cabos), *Ethernet* e *GSM* (*Global System for Mobile Communications* ou *Groupe Special Mobile*), além de placas com relés, adaptadores para *SD (Secure Digital) Card*, *displays LCD (Liquid Crystal Display)*, entre outros (Shields, 2017).

Porém, para fazer essa integração e utilizar os sinais captados pelas *shields* em conjunto com as plataformas Arduino, é necessário utilizar um ambiente de programação. Este é utilizado para indicar as entradas e saídas que estão sendo utilizadas pelo conjunto *Arduino-Shield*.

Todas as distribuições da placa Arduino utilizam a mesma plataforma de desenvolvimento. O *software* (Arduino IDE - *Integrated Development Environment*) pode ser executado em sistemas operacionais Windows, Macintosh OSX e Linux. É fácil de usar para iniciantes, mas flexível para que usuários avançados também possam aproveitar. O Arduino IDE é uma ferramenta de código aberto, baseado na linguagem de programação AVR (micro controlador da empresa Atmel) C e pode ser expandida através de bibliotecas C++ (What Is Arduino, 2017).

Através da IDE (Figura 4) é permitido a escrita de um conjunto de instruções para que posteriormente efetue-se o *upload* do código desenvolvido para a memória da placa Arduino. Este executará essas instruções, interagindo com o que estiver conectado a ele (McRoberts, 2011).

Figura 4 – Arduino IDE



Fonte: ResearchGate (2014)

1.2 RASPBERRY PI

A placa de prototipagem Raspberry Pi é praticamente um computador de pequeno porte, concebido para o ensino de programação para crianças (Raulino, 2013). É mais robusta que a plataforma Arduino no que diz respeito a interfaces de conexão, armazenamento e processamento. Em sua composição constam processador, *slot* para cartão de memória, portas USB e *Ethernet*, conector HDMI (*High-Definition Multimedia Interface*), saídas de áudio analógico e vídeo composto, entre outros.

O processador do Raspberry Pi é o mesmo encontrado nos *smartphones* iPhone 3G e Kindle 2. Este componente é construído utilizando a arquitetura ARM (*Advanced Risc Machine*) de 32 bits e velocidade de 700 MHz (Megahertz). Tais *chips* oferecem arquiteturas com diferentes núcleos configurados para fornecer diferentes capacidades. Porém, as últimas versões da placa contam com o modelo Cortex A53 de 64 bits (Richardson e Wallace, 2013).

Em função da Raspberry Pi não possuir disco rígido, todo o armazenamento de *softwares* e arquivos é feito em um cartão de memória. Através do *slot* para SD Card é possível, por exemplo, instalar um sistema operacional, editor de texto, guardar músicas e fotos, entre outros (Richardson e Wallace, 2013).

A plataforma também possui conexão USB que oferece a possibilidade de utilização de *pendrives*, adaptadores ou HD (*Hard Disk*) externos. Essa interface da placa evoluiu no decorrer do tempo. As primeiras forneciam 100mA (*Miliampère*) de corrente elétrica, o que era insuficiente pois alguns dispositivos necessitavam de 500mA para funcionar. Contudo, as versões mais recentes alcançam até a especificação completa das portas USB 2.0 (Richardson e Wallace, 2013).

A conectividade está presente na placa através da porta *ethernet* padrão RJ45 (conector modular usado em terminações de telecomunicação). Dependendo do modelo da plataforma Raspberry Pi, essa interface não está presente, porém é possível conectá-la à rede de dados utilizando adaptadores USB *Ethernet* ou *Wi-Fi* (Richardson e Wallace, 2013).

A porta HDMI da Raspberry Pi oferece saída de áudio e vídeo digital e suporta quatorze resoluções de vídeo diferentes. O sinal HDMI, pode ser convertido para DVI (*Digital Visual Interface*), vídeo composto (sinal de vídeo analógico) ou SCART (*Syndicat des Constructeurs d'Appareils Radiorécepteurs et Téléviseurs*),

norma europeia para conexão de equipamentos audiovisuais, por meio de adaptadores externos (Richardson e Wallace, 2013).

A plataforma também possui um conector de saída analógica de áudio padrão, de 3,5mm (milímetros), que é destinado a alto-falantes amplificados ou fones de ouvidos. A qualidade do som, ao utilizar esses componentes, é muito inferior em relação ao resultado obtido ao utilizar a saída HDMI, devido a problemas com o *software* controlador de áudio. Porém, o mesmo continua em desenvolvimento para corrigir as irregularidades apresentadas (Richardson e Wallace, 2013).

Já a saída de vídeo composto é um conector padrão tipo RCA (*Radio Corporation of America*) que fornece sinais de vídeo nos formatos NTSC (*National Television System Committee*) ou PAL (*Phase Alternating Line*). Esses formatos de vídeo têm resolução extremamente baixa se comparados com HDMI (Richardson e Wallace, 2013).

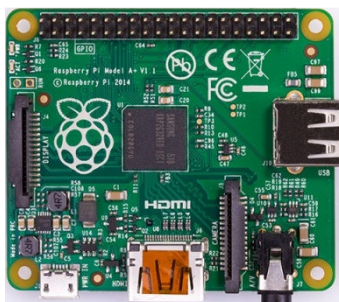
A Raspberry Pi não possui interruptor de alimentação. A energização se dá através do conector micro USB e foi projetada devido ao fato do conector ser barato e fontes de alimentação USB são fáceis de encontrar (Richardson e Wallace, 2013).

Semelhante ao Arduino, a plataforma de prototipagem Raspberry Pi também possui pinos de entrada e saídas para usos diversos. Através deles é possível interagir com motores, relés, botões, interruptores, LEDs, entre outros. Também possui interfaces seriais para conexão com *displays* e câmeras (Richardson e Wallace, 2013).

A Raspberry Pi, também possui diferentes versões e estas são diferenciadas em função do número de portas USB, controladores *Ethernet*, memória, processador e outros. Entre elas destacam-se as versões Raspberry Pi 1 Model A+, Raspberry Pi 2 Model B e Raspberry Pi 3 Model B.

O modelo Pi 1 Model A+ (Figura 5) possui processador ARM1176JZF-S de 1 núcleo e 700MHz de *clock*, além de 512MB (Megabytes) de memória RAM (*Random Access Memory*). Possui uma porta USB e nenhuma *Ethernet* (Raspberry PI Models Comparison, 2017).

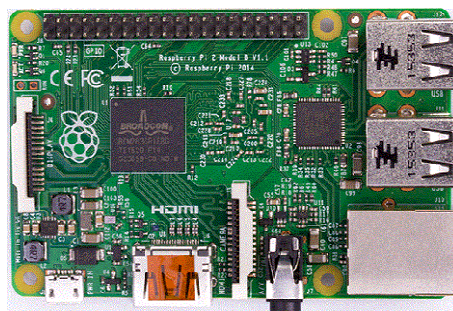
Figura 5 – Pi 1 Model A+



Fonte: Raspberry Pi 1 Model A+ (2017)

Já a Raspberry Pi 2 Model B (Figura 6) conta com o processador Cortex-A7 com *clock* de 700MHz e 4 núcleos. Possui 1GB (Gigabyte) de memória RAM, quatro portas USB e uma porta *Ethernet* (Raspberry Pi Models Comparison, 2017).

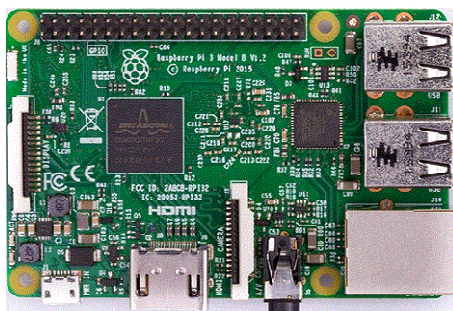
Figura 6 – Pi 2 Model B



Fonte: Raspberry Pi 2 Model B (2017)

Por fim, o Raspberry Pi 3 Model B (Figura 7) é a última versão lançada e também a mais poderosa em relação aos componentes embarcados. Incorpora o processador Cortex-A53 de 64 bits com *clock* de 1.2GHz (Gigahertz) e 1GB de memória RAM. Possui quatro portas USB e uma porta *Ethernet* (Raspberry Pi Models Comparison, 2017).

Figura 7 – Pi 3 Model B



Fonte: Raspberry Pi 3 Model B (2017)

Na Tabela 2 é possível verificar os modelos disponíveis e as características das plataformas.

Tabela 2 – Placas Raspberry Pi e suas Características

	Pi 1 A+	Pi 2 B	Pi 3 B
Tipo de Núcleo	ARM1176JZF-S	Cortex-A7	Cortex-A53
Número de Núcleos	1	4	4
Clock CPU	700 MHz	900 MHz	1.2 GHz
RAM	512 MB	1 GB	1 GB
Portas USB	1	4	4
Ethernet	Não	Sim	Sim
HDMI	Sim	Sim	Sim
Saída de Vídeo Analógico	Sim	Sim	Sim
Saída de Áudio Analógico	Sim	Sim	Sim
Painel LCD	Sim	Sim	Sim
Wi-Fi	Não	Não	Sim
Bluetooth	Não	Não	Sim
Comprimento	66 mm	85 mm	85 mm
Largura	56 mm	56 mm	56 mm
Fontes de Energia	MicroUSB	MicroUSB	MicroUSB

Fonte: Adaptado de Raspberry PI Models Comparison (2017)

Em função da arquitetura de seu *chipset* (baseado em dispositivos móveis), a Raspberry Pi possui requisitos de *software* diferentes em relação aos computadores tradicionais. Para seu funcionamento é necessário instalar um Sistema Operacional e, entre os existentes, destacam-se: Linux Educacional Raspberry Pi, Arch Linux, Xbian, QtonPi e Raspbian (Figura 8), sendo esse o mais popular e baseado na distribuição Debian do Linux (Richardson e Wallace, 2013).

Figura 8 – Sistema Operacional Raspbian



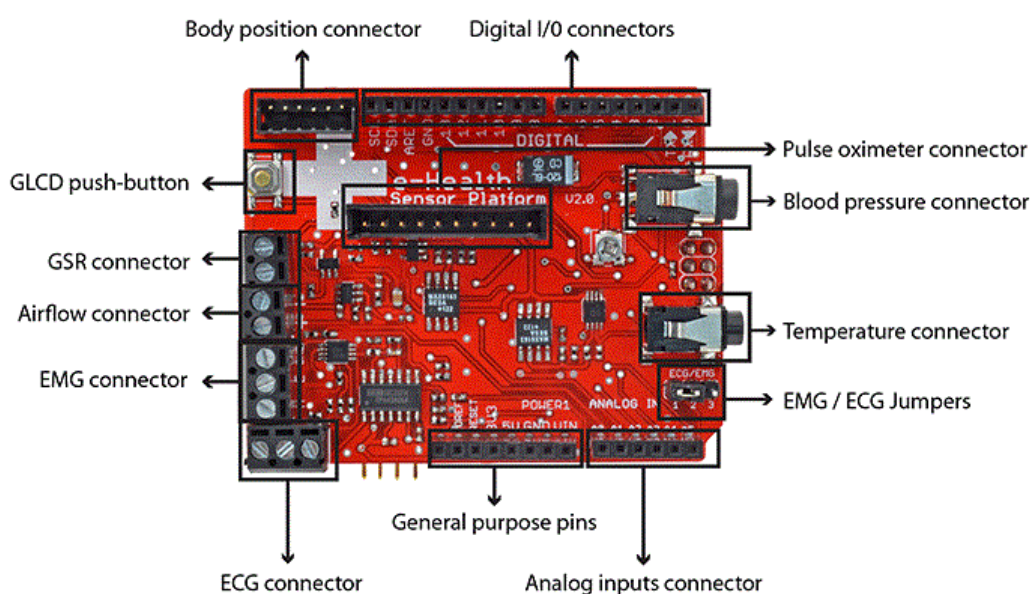
Fonte: Sparkfun (2017)

1.3. MÓDULO E-HEALTH

No auxílio para a aferição de sinais vitais, o *shield* (placa acoplável às plataformas de prototipagem Arduino e Raspberry Pi) e-Health (Figuras 9 e 10) se

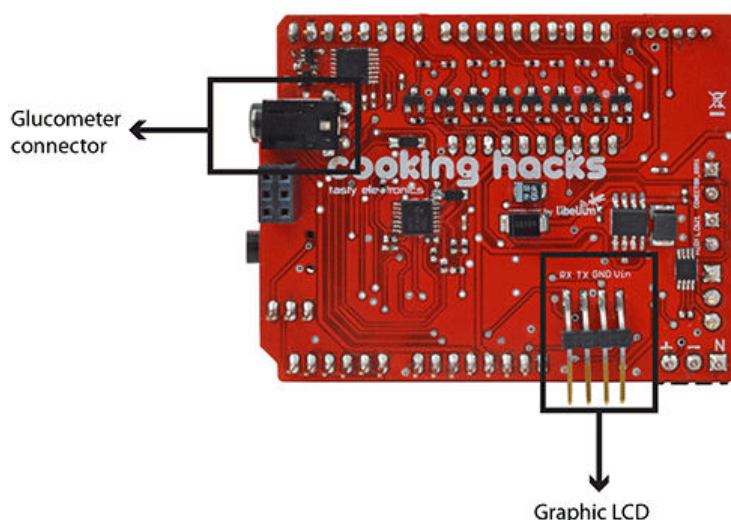
mostra uma opção prática para o alcance dos objetivos desejados. O módulo permite a captura e o monitoramento dos sinais vitais de um indivíduo, utilizando nove sensores distintos. Essas informações biométricas captadas podem ser utilizadas para verificar em tempo real o estado de um usuário ou para obter dados sensíveis para serem, subsequentemente, analisados para diagnóstico médico (Cooking Hacks, 2013).

Figura 9 – Shield e-Health (Parte Superior)



Fonte: Cooking Hacks (2013)

Figura 10 – Shield e-Health (Parte Inferior)



Fonte: Cooking Hacks (2013)

A placa em questão conta com sensores (Figura 11), que captam e monitoram os sinais de pulsação, oxigenação do sangue, fluxo de ar, temperatura corporal, glicose, condutância da pele, pressão arterial, além de verificar a posição

- Evidência de aumento da espessura (hipertrofia) do músculo cardíaco.
- Evidência de danos nas várias partes do músculo cardíaco.
- Evidência de insuficiência de fluxo sanguíneo para o músculo cardíaco.
- Padrões de atividade elétrica anormal que podem predispor o paciente a distúrbios anormais do ritmo cardíaco.

Glucômetro: é um dispositivo médico para determinar a concentração aproximada de glicose no sangue. Uma pequena gota de sangue, obtida por picada da pele com uma lanceta, é colocada numa tira de teste descartável que o medidor lê e usa para calcular o nível de glicose no sangue (Cooking Hacks, 2013).

Resposta Galvânica da Pele (GSR - *Galvanic Skin Response*): A condutância da pele, também conhecida como resposta galvânica da pele, é um método de medir a condutância elétrica que pode variar em função do nível de umidade. Como as glândulas sudoríparas são controladas pelo sistema nervoso simpático, momentos de forte emoção podem alterar a resistência elétrica da pele. Emoções como excitação, estresse e choque podem resultar na flutuação dessa condutividade. A medição da condutância da pele é utilizada nos dispositivos de polígrafo e é usada em pesquisas científicas de excitação emocional ou fisiológica (Cooking Hacks, 2013).

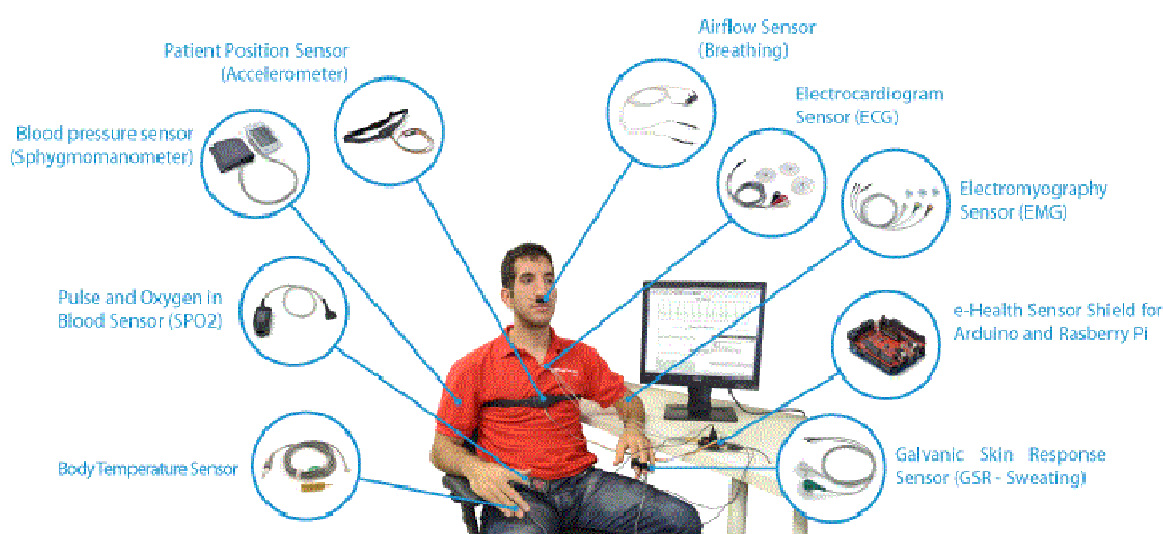
Pressão Arterial (Esfigmomanômetro): é a pressão do sangue bombeado pelo coração nas artérias em torno do corpo. É registrada com dois números: a pressão sistólica (quando o coração bate) e a pressão diastólica (quando o coração relaxa). A pressão arterial não permanece a mesma todo o tempo, pois se altera para atender às necessidades do corpo. Ela é afetada por diversos fatores como a posição do corpo, respiração, estado emocional, exercícios físicos realizados e o sono. A pressão arterial elevada (hipertensão) pode levar a problemas graves como ataque cardíaco, acidente vascular cerebral ou doença renal (Cooking Hacks, 2013).

Posição do Paciente (Acelerômetro): monitora cinco diferentes posições que um indivíduo pode assumir (em pé ou sentado, supino, bruços, esquerda e direita). É necessário monitorar as posições do corpo e movimentos realizados em função de suas relações com determinadas doenças, como apneia do sono e síndrome das pernas inquietas. Analisar os movimentos durante o sono também ajuda a determinar a qualidade e os padrões de sono irregular. O sensor de posição corporal também pode ajudar a detectar desmaios ou queda de pessoas idosas ou com deficiência (Cooking Hacks, 2013).

Eletromiografia (EMG): mede a atividade elétrica dos músculos em repouso e durante a contração. Detecta o potencial elétrico gerado pelas células musculares quando são ativadas elétrica ou neurologicamente. Os sinais podem ser analisados para detectar anormalidades médicas, nível de ativação, ordem de recrutamento ou, também, analisar a biomecânica do movimento humano ou animal. Tais sinais são usados em muitas aplicações clínicas e biomédicas e podem identificar doenças neuromusculares, avaliando dor lombar, cinesiologia e distúrbios do controle motor. Também são usados como controle para próteses de membros inferiores e superiores (Cooking Hacks, 2013).

A Figura 12 ilustra os sensores do módulo e-Health monitorando os diversos sinais vitais de uma pessoa. A imagem detalha, onde cada sensor é conectado no indivíduo, além de indicar a posição do *shield* e-Health e os resultados das aferições exibidas em um monitor.

Figura 12 – Indivíduo Sendo Monitorado pelos Sensores do Shield e-Health



Fonte: Cooking Hacks (2013)

Os sinais vitais aferidos podem ser enviados através de qualquer uma das seis opções de conectividade disponíveis: *Wi-Fi*, 3G (3ª geração de padrões e tecnologias de telefonia móvel), GPRS (*General Packet Radio Service*), *Bluetooth*, 802.15.4 e *ZigBee*, dependendo da aplicação. Se o diagnóstico de imagem em tempo real for necessário, uma câmera pode ser conectada ao módulo 3G para enviar fotos e vídeos do paciente para um determinado centro de diagnóstico médico. Os dados podem ser enviados para a nuvem, a fim de realizar

armazenamento permanente ou serem visualizados em tempo real, enviando os mesmos diretamente para um *laptop* ou *smartphone* (Cooking Hacks, 2013).

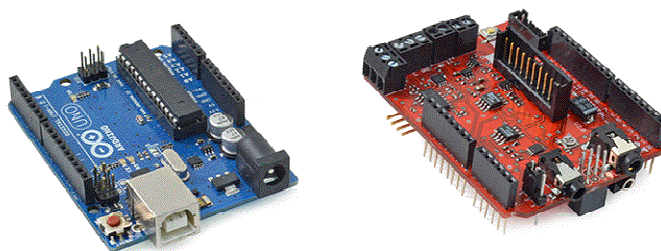
A placa e-Health possui uma biblioteca na linguagem de programação C++, que permite ler todos os sensores e enviar as informações usando qualquer uma das interfaces de comunicação disponíveis. Esta biblioteca oferece um sistema de código aberto simples de utilizar.

1.4 INTEGRAÇÃO ENTRE AS PLACAS DE PROTOTIPAGEM E O MÓDULO E-HEALTH

A integração do módulo e-Health com as placas de prototipagem Arduino e Raspberry Pi se dá através da conexão do módulo às plataformas. Esse encaixe é possível devido ao fato de que os pinos de entrada e saída do *shield* e-Health estejam distribuídos de forma semelhante aos pinos das plataformas. É válido mencionar que nem todas as versões das plataformas de prototipagem são compatíveis com o *shield* e-Health (Cooking Hacks, 2013).

A conexão com o Arduino Uno se dá de maneira simples, pois o acoplamento não necessita módulos extras ou adaptações para que a integração funcione. Os pinos de conexão do *shield* e-Health coincidem com os pinos da placa Arduino Uno devido ao posicionamento dos mesmos em ambas as placas (Figura 13).

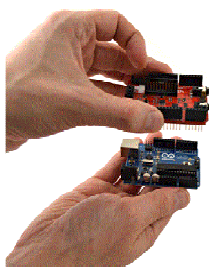
Figura 13 – Placa Arduino Uno e Shield e-Health



Fonte: Cooking Hacks (2013)

A Figura 14 mostra a facilidade e simplicidade para unir o *shield* e-Health à placa Arduino Uno, bastando posicionar o módulo sobre a plataforma de prototipagem. Também é possível observar o tamanho de ambos dispositivos em relação à mão que os manuseia.

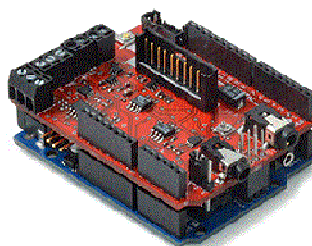
Figura 14 – Acoplamento do Shield e-Health à Placa Arduino Uno



Fonte: Cooking Hacks (2013)

A compatibilidade oferecida pelo *shield* e-Health com a placa de prototipagem permite um conjunto compacto e sem dispositivos intermediários (Figura 15). A esse conjunto, basta conectar os sensores de aferição de sinais vitais em suas respectivas entradas no módulo e-Health.

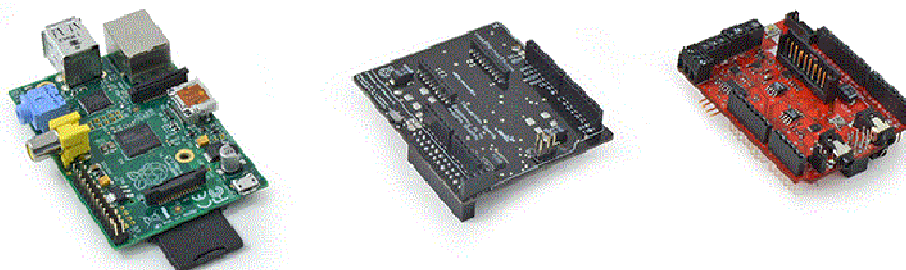
Figura 15 – Shield e-Health Integrado à Placa Arduino Uno



Fonte: Cooking Hacks (2013)

Já a integração com a Raspberry Pi requer o auxílio de um módulo complementar. Esse *shield* é projetado para que os pinos do módulo e-Health possam se interligar aos pinos da placa de prototipagem, pois os mesmos não estão dispostos de forma que o acoplamento seja possível (Figura 16). Tal dispositivo intermediário é também chamado de *bridge* (Cooking Hacks, 2013).

Figura 16 – Placa Raspberry Pi, Módulo Adaptador e Shield e-Health

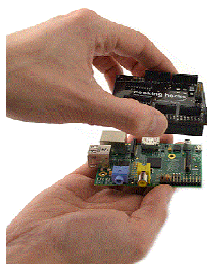


Fonte: Cooking Hacks (2013)

A Figura 17 demonstra a conexão da *bridge* na placa Raspberry Pi. Os pinos da parte inferior do módulo adaptador coincidem com os pinos da parte superior da plataforma de prototipagem. Dessa forma, o dispositivo intermediário funciona como

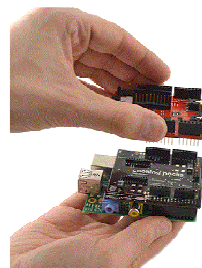
uma ponte, interligando a Raspberry Pi ao *shield* e-Health. Por sua vez, a Figura 18 ilustra o acoplamento do *shield* e-Health com a *bridge*. Essa conexão é possível devido ao alinhamento dos pinos da parte inferior do módulo e-Health estarem distribuídos da mesma forma dos pinos da parte superior do adaptador.

Figura 17 – Acoplamento da Bridge à Raspberry Pi



Fonte: Cooking Hacks (2013)

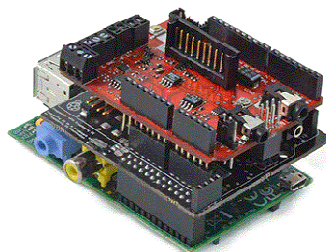
Figura 18 – Acoplamento do Shield e-Health à Bridge



Fonte: Cooking Hacks (2013)

Embora aumente o número de módulos envolvidos, devido ao fato dos pinos da parte superior da placa Raspberry Pi e os pinos da parte inferior do *shield* e-Health não coincidirem, o conjunto final também se mostra de tamanho diminuto (Figura 19).

Figura 19 – Shield e-Health Integrado à Placa Raspberry Pi



Fonte: Cooking Hacks (2013)

Para utilizar o potencial do conjunto formado pelas placas de prototipagem e o *shield* e-Health, é necessário instruir os mesmos a executarem ações de acordo com os componentes conectados ao mesmo. Nesse caso, é preciso carregar códigos de programação, baseados na linguagem C/C++, para a memória das plataformas com o *shield* e-Health devidamente acoplado às mesmas. Este, por sua vez, capta as informações transmitidas por seus sensores de aferição de sinais vitais interligados aos devidos conectores.

O Arduino utiliza a própria IDE, apresentada na seção 1.1 (Figura 4), para o carregamento dos códigos. Já a Raspberry Pi pode utilizar alguma IDE compatível com a linguagem de programação utilizada, e que esteja instalada em seu sistema operacional, mencionado na seção 1.2 (Figura 8).

A biblioteca do *shield* e-Health fornece os códigos-fonte para utilizar os diferentes sensores que o acompanham, tanto para Arduino quanto para Raspberry Pi. O escopo do código-fonte a ser implementado na IDE e, posteriormente carregado na memória do Arduino para que este execute ações é o seguinte:

```
#include < eHealth.h >
void setup() {
    // put your setup code here, to run once:
}
void loop() {
    // put your main code here, to run repeatedly:
}
```

Porém, para a programação utilizando a placa Raspberry Pi, o escopo do código-fonte é o seguinte:

```
#include < eHealth.h >
// Function setup():
// Function loop():
int main () {
    setup();
    while (1) {
        loop();
    }
    return (0);
}
```

Visto isso, é importante salientar que cada sensor que acompanha o módulo e-Health possui seu código-fonte específico. Este, por sua vez, possui suas versões, tanto para Arduino, quanto para RaspberryPi. Porém, independentemente da plataforma utilizada com o *shield* e-Health, o resultado obtido deve ser o mesmo. O único cuidado é atribuir a biblioteca e o código-fonte correto aos respectivos sensor e placa, seja Arduino ou Raspberry Pi.

Neste capítulo foram referenciadas as placas de prototipagem Arduino e Raspberry Pi e também o módulo e-Health e sua integração com as citadas plataformas. O capítulo seguinte descreve a pesquisa “Internet das Coisas: Um Protótipo Usando Plataforma de Prototipagem Arduino e a Placa e-Health para a Coleta de Sinais Vitais”, que é referência para o corrente experimento.

2 ANÁLISE SOBRE A MONOGRAFIA “INTERNET DAS COISAS: UM PROTÓTIPO USANDO A PLATAFORMA DE PROTOTIPAGEM ARDUINO E A PLACA E-HEALTH PARA A COLETA DE SINAIS VITAIS”

A evolução da chamada Internet das Coisas (*IoT*), através de suas conectividades, sensores, dispositivos e demais meios tecnológicos, motivou a elaboração da pesquisa “Internet das Coisas: Um Protótipo Usando Plataforma de Prototipagem Arduino e a Placa e-Health para a Coleta de Sinais Vitais” (Aranda, 2016). Nela, o autor organiza os dados de desenvolvimento do trabalho no que diz respeito aos objetivos almejados, a metodologia utilizada para alcançar tais metas, os resultados obtidos no experimento e também os problemas encontrados nesse processo. Tais tópicos podem ser conferidos de maneira sucinta nas seções subsequentes desse capítulo.

2.1 OBJETIVO

Analisando as ideias acerca da telemedicina, Aranda (2016) pesquisou métodos de aferições de sinais vitais em indivíduos e, utilizando as opções oferecidas pela *IoT*, transmitir estas informações através das conectividades disponíveis. Esses dados, uma vez captados, tornam-se fontes de estudos para profissionais das áreas da saúde e tecnologia.

O principal objetivo foi identificar uma maneira prática, precisa e de baixo custo de obter os sinais vitais e transmiti-los para um repositório de arquivos na internet. O intuito com isso foi disponibilizar essas informações para que possam ser consultadas por tempo indeterminado pelos profissionais que possam se interessar pelas mesmas.

2.2 METODOLOGIA

Para alcançar os objetivos almejados, Aranda (2016) utilizou a placa de prototipagem Arduino Uno em conjunto com o *shield* e-Health. Depois de uma série de estudos e testes foi necessário a integração de um *shield* para transmissão dos dados via rede sem fio.

Aranda (2016) também configurou o repositório de arquivos *Thingspeak* para que o mesmo pudesse receber os dados captados pelo módulo e-Health e transmitido pelo *shield* de comunicação *Wi-Fi*, também acoplado ao Arduino. Através

das propriedades de configuração do *Thingspeak* foi possível tratá-los para mostrá-los graficamente para quem os consultasse.

Uma vez que o protótipo estivesse criado e o ambiente de tratamento dos dados configurado, foi preciso validar o experimento. Para isso, foram recrutadas atletas da equipe de vôlei feminino da Universidade Feevale, para que as mesmas se submetessem à bateria de exames realizados por Aranda (2016) e seus auxiliares para a obtenção dos sinais vitais.

Foram examinadas seis atletas, onde cada uma se submeteu à aferição de batimentos cardíacos, através do sensor de Pulsação e Oxigênio no Sangue (SpO2), temperatura corporal e pressão arterial, necessariamente nessa ordem. Os sinais vitais foram aferidos antes e após os treinos da equipe, ou seja, as atletas foram submetidas a duas aferições para cada um dos três sensores utilizados. Os testes foram realizados em dois dias distintos, totalizando 12 coletas de dados por atleta.

É válido comentar que duas atletas não compareceram ao treino no último dia do experimento. Essas ausências fizeram com que não fossem contabilizadas as 72 aferições caso a equipe estivesse completa.

2.3 RESULTADOS OBTIDOS

Através da metodologia utilizada, foi possível organizar os dados de aferição de sinais vitais e obter resultados conclusivos. Durante esse processo, muitos aspectos estavam sendo experimentados e todos obtiveram sucesso.

A compreensão do funcionamento das placas, tanto o Arduino quanto o módulo e-Health foi realizada com perfeição. A integração das mesmas, apesar de contratempos encontrados por Aranda (2016), se mostrou eficaz e apta a alcançar os objetivos almejados.

A criação do protótipo se mostrou viável e funcional. Os ajustes feitos com a inclusão do *shield Wi-Fi*, auxiliado por um conversor de voltagem para que este módulo funcione em sua tensão nominal, funcionou conforme o planejado pelo autor.

A transmissão dos dados pelo protótipo e a configuração do ambiente *Thingspeak* para o tratamento das informações enviadas também funcionou de maneira satisfatória. Os gráficos elaborados através dos dados dos sinais vitais das atletas se mostraram coerentes e compreensíveis, já que os mesmos indicam um histórico sobre o período de aferição nos testes do protótipo (Aranda, 2016).

A aferição dos sinais vitais das atletas ocorreu de maneira tranquila. A colaboração das mesmas também contribuiu para o ideal funcionamento da aplicação de Aranda (2016), já que as mesmas compreenderam que os testes experimentais poderiam não atingir o sucesso esperado. De acordo com pesquisas pós-teste, o experimento não causou desconforto de nenhuma espécie às atletas (Aranda, 2016).

Em relação aos resultados finais das aferições, é notória a satisfação pelo funcionamento do protótipo. Durante as aferições, cinco medições apresentaram erros na transmissão dos dados para o ambiente *Thingspeak*. Levando em consideração a totalidade de 60 aferições, já descontando as ausências das duas atletas no último dia de testes, as falhas representaram algo em torno de 8,3% de erro (Aranda, 2016).

Finalizando, o autor desenvolveu um aplicativo para dispositivo móvel que permite ao treinador da equipe de vôlei verificar os dados vitais de suas atletas, acessando-os no repositório a que foram enviados no momento das aferições. Tal aplicativo permite ao treinador, através das informações consultadas, identificar algum fator que possa influenciar no rendimento de suas comandadas. O *software* obteve êxito, pois o mesmo foi aprovado pelo técnico da equipe.

2.4 PROBLEMAS ENCONTRADOS

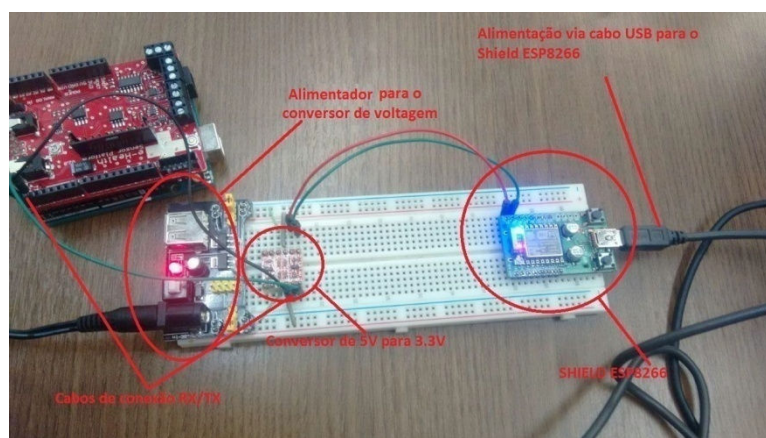
Embora os resultados alcançados tenham sido considerados exitosos, alguns aspectos merecem atenção para a melhoria do projeto. Aranda (2016) indicou alguns pontos passíveis de serem analisados de maneira mais minuciosa. Tais apontamentos, se melhorados, tornarão o protótipo mais preciso e confiável.

O sistema de medição, por exigência do protótipo, se mostrou pouco ágil, pois cada sinal vital foi medido de maneira individual. A investigação para fazer as mesmas aferições de maneira simultânea tornaria o processo mais dinâmico e, consequentemente, mais rápido.

Outro fator que merece atenção para melhoria é o valor das temperaturas corporais aferidas. Em alguns momentos da aferição, os dados obtidos chegavam a 40°C, ou seja, alto demais para um indivíduo em situação saudável. A exatidão desses dados tornaria o protótipo mais confiável no intuito de conseguir algum diagnóstico através do uso dessas informações.

Por fim, a compactação do protótipo (Figura 20) poderia torná-lo mais prático ao utilizá-lo. A utilização de um *laptop* ligado ao Arduino acoplado do *shield* e-Health, e estes por sua vez, conectados a uma placa *protoboard* contendo o *shield* *Wi-Fi*, torna o processo de montagem moroso. Diminuir o número de dispositivos utilizados tornaria o conjunto mais prático e ágil ao manuseá-lo, já imaginando a utilização do mesmo em caso de uma emergência médica, por exemplo.

Figura 20 – Protótipo Desenvolvido por Aranda (2016)



Fonte: Aranda (2016)

Nesse capítulo foi analisada a pesquisa realizada por Aranda (2016), onde o autor utilizou a placa de prototipagem Arduino em conjunto com o módulo e-Health para captar os sinais vitais e transmiti-los para um repositório de arquivos na internet. A seguir são exemplificados três projetos que também utilizaram placas de prototipagem com sensores distintos para a aferição de sinais vitais.

3 TRABALHOS CORRELATOS

A combinação de placas de prototipagem com o *shield* e-Health, ou com sensores diversos, sem necessariamente utilizar o módulo da Cooking Hacks, vem despertando interesse e aguçando a curiosidade de acadêmicos e pesquisadores. Sua praticidade e facilidade de implementação, somados a um baixo custo de investimento são citados como os principais atrativos para utilização de tais dispositivos. A análise de trabalhos nesta linha permite buscar conhecimentos externos ao projeto de Aranda (2016), desta forma, estudando novas alternativas.

3.1 TRABALHO A: “RASPBERRY PI E RFID NO MONITORAMENTO DE ATIVIDADES DE NATAÇÃO”.

A pesquisa realizada por Raulino (2013) visa desenvolver um protótipo para monitoramento em atividades esportivas, mais precisamente na natação. Utilizando o Raspberry Pi e a identificação por radiofrequência (RFID), o autor pretende obter dados dos treinos do referido esporte para acompanhamento do rendimento dos atletas. A ideia também foi desenvolver um *software* para processar as informações em conjunto com a plataforma de prototipagem (Raulino, 2016).

Para alcançar os objetivos, o protótipo utilizou a plataforma Raspberry Pi 1 Model B, composta por um micro controlador ARM11 de 700 MHz, unidade de processamento gráfico, memória RAM com 256 MB, placa *ethernet*, entrada para cartão SD, saídas de vídeo RCA e HDMI, saída de áudio e duas portas USB 2.0 (Raulino, 2013). O *software* foi desenvolvido em Java, funcionando em ambiente Linux, em função do sistema operacional utilizado na plataforma Raspberry Pi.

O processo consiste na captação dos sinais enviados pelos atletas, através das etiquetas RFID (*Radio-Frequency Identification*) conectadas aos nadadores, para os leitores desses sinais. Estes, por sua vez, transmitem os dados para a placa Raspberry Pi, que juntamente com o *software* desenvolvido, processa e analisa as informações recebidas. Através das informações recebidas, é possível obter a quantidade, tempo e velocidade de cada volta dada pelos atletas em uma piscina (Raulino, 2013).

Após testes realizados, o projeto atingiu as expectativas. O protótipo foi experimentado em dois atletas, que se submeteram a dar oito voltas, divididos em dois treinos em uma piscina de 25 metros de comprimento. Os tempos de cada volta

foram aferidos pelo sistema de Raulino (2013) e simultaneamente por um cronômetro tradicional.

Após a comparação entre os dois métodos, foi possível constatar que o sistema de Raulino (2013) obteve tempos de aproximadamente seis milésimos de segundos a mais em relação ao cronômetro. Esses dados foram considerados satisfatórios pelo autor, em função do protótipo estar em fase experimental.

3.2 TRABALHO B: “DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA PARA RECOLHA, ARMAZENAMENTO, PROCESSAMENTO E ANÁLISE DE SINAIS BIOMÉTRICOS PARA CLASSIFICAÇÃO DE PROCESSOS FISIOLÓGICOS”.

A meta nesse projeto, desenvolvido por Lourenço (2016), foi criar um sistema capaz de adquirir, armazenar, processar e analisar sinais biométricos para a detecção de episódios de stress. Para tal, foi utilizado a placa de prototipagem Arduino Uno em conjunto com sistema *e-Health Sensor Platform Complete Kit V2.0*, desenvolvido pela Cooking Hacks. As informações vitais foram obtidas através dos sensores de eletromiografia, condutividade elétrica da pele, respiração e batimentos cardíacos. (Lourenço, 2016).

Após uma série de coletas, os dados foram armazenados para futura análise. O estudo das informações coletadas foi baseado em algoritmos de classificação, cálculos aritméticos e a criação de uma estrutura de correlação, através de coeficientes, para o cruzamento dos diferentes valores referentes aos distintos sinais vitais.

Baseado nessa vasta gama de análise, Lourenço (2016) conclui que é possível detectar a existência ou não de *stress* em um indivíduo. O sistema criado pela autora, através dos métodos utilizados, permitiu a fácil integração de novas informações adquiridas em tempo real, por meio do *shield* e-Health. Além disso, foi possível visualizar e classificar os dados de forma imediata, à medida que eram aferidos, de acordo com o nível de *stress* indicado (Lourenço, 2016).

3.3 TRABALHO C: “PROPOSTA DE PROTÓTIPO DE MONITOR DE TEMPERATURA CORPORAL UTILIZANDO SOFTWARE EMBARCADO E TEMPO REAL BASEADO EM COMPUTAÇÃO UBÍQUA”.

Alencar et al. (2013) sugeriram um protótipo para medição de temperatura e monitoramento de um indivíduo em tempo real. Tal aferição, segundo os autores, permite o auxílio em hospitais, por exemplo, onde o cuidado com a saúde dos

pacientes é constante e a temperatura corporal é um indicador essencial para um possível diagnóstico.

A utilização da placa de prototipagem Arduino Uno se faz presente na pesquisa, assim como o *shield* e-Health. Alencar et al. (2013) elaboraram uma documentação completa sobre o desenvolvimento do projeto, coletando informações dos dispositivos a serem utilizados, além de desenvolverem os diagramas de caso de uso e de sequência do funcionamento do protótipo.

Tais esquemas serão necessários para o desenvolvimento de um *software* que processará as informações recebidas pelo módulo e-Health e exibirá os mesmos para análise de uma equipe médica. Os dados coletados serão armazenados em um banco de dados, criando, desta forma, um histórico de aferições do paciente. O intervalo entre as medições está estimado em no máximo um segundo, de acordo com os autores.

Por fim, embora a pesquisa esteja em andamento no período desse projeto, o objetivo dos autores é evoluir o protótipo ao ponto de o mesmo transmitir os dados através de comunicação sem fio. O intuito com essa evolução é não deixar os pacientes com seus movimentos restritos em função dos fios de comunicação entre os sensores e as placas.

Também pretendem desenvolver melhorias no *software* de captação das informações. Tais aprimoramentos visam à ampla utilização do mesmo, tornando-o multitarefa. Sendo assim, vários pacientes poderiam estar conectados ao protótipo de maneira simultânea, diferente do que acontece na versão original do sistema.

Neste capítulo vimos alguns trabalhos que utilizaram placas de prototipagem e sensores diversos para captura de sinais biométricos para diferentes objetivos. O capítulo seguinte descreverá de maneira detalhada o desenvolvimento do protótipo da atual pesquisa, os problemas encontrados, os testes realizados e os resultados obtidos.

4 DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO

Baseado nas informações apresentadas, este capítulo visa detalhar os passos de desenvolvimento do protótipo desde sua aquisição, passando pela configuração do sistema operacional e instalações de bibliotecas, até as compilações exitosas de códigos-fonte utilizados como exemplo. Também abordará os problemas enfrentados, assim como os testes efetuados e os resultados alcançados durante o experimento. Tal pesquisa visa tornar o protótipo, em um futuro próximo, uma alternativa viável aos tradicionais monitores multiparamétricos (Figura 21) para aferições de sinais vitais, possibilitando que o mesmo possa ser utilizado didaticamente nas disciplinas dos cursos da área da saúde na Universidade Feevale.

Figura 21 – Monitor Multiparamétrico



Fonte: Center Medical (2017)

4.1 INSTALAÇÃO DO SISTEMA OPERACIONAL

A confecção do protótipo iniciou com a aquisição de uma placa de prototipagem Raspberry Pi 3 Model B, juntamente com os acessórios necessários para sua utilização, como cabo de energia, cabo HDMI e cartão SD com 32GB de capacidade de armazenamento. O conjunto custou, aproximadamente, trezentos e trinta reais.

Com o equipamento disponível, foi necessário instalar o sistema operacional (SO) no cartão SD para o funcionamento da placa. O sistema utilizado, em função dos requisitos da placa Raspberry Pi, foi o Raspbian e sua aquisição foi através de *download* no site <http://www.multibootpi.com/builds/quad-boot-raspbian-pixel-retropie-rasplex-kodi/>. O arquivo baixado continha um diretório chamado “*NOOBS Files*”, com aproximadamente 2GB de conteúdo. Todo esse processo foi efetuado em um computador pessoal utilizando o SO Microsoft Windows 7.

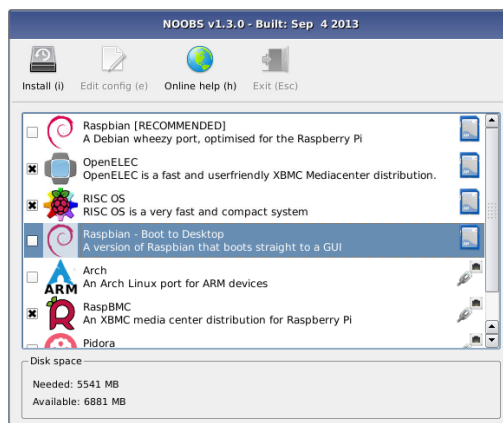
Uma vez que o SO Raspbian estava armazenado no computador após o *download*, foi necessário preparar o cartão SD para a instalação do mesmo para funcionamento da placa Raspberry Pi. Para isso foi necessário formatar o cartão

usando o sistema de arquivos "FAT32", já que este método torna possível o reconhecimento de dispositivos com capacidade acima de 8GB. Sendo assim, o cartão utilizado de 32GB estava apto a receber a instalação do Raspbian. Para a formatação foi utilizado o aplicativo "*SD Formatter*", adquirido via *download* no site https://www.sdcard.org/downloads/formatter_4/ e instalado no mesmo computador pessoal com SO Microsoft Windows 7.

Com o cartão SD pronto, iniciou-se a instalação, de fato, do SO Raspbian e, para isso, foi necessário utilizar um dispositivo de armazenamento auxiliar (*pendrive*) no processo. Este também precisou ser formatado de forma idêntica ao cartão SD. Feito isso, a manipulação dos arquivos adquiridos anteriormente se tornou possível. O diretório "*NOOBS Files*", citado anteriormente, possuía três diretórios e 14 arquivos necessário para a instalação do sistema operacional. Todos os arquivos e diretórios foram copiados para o cartão SD, exceto o diretório chamado "os". Este por sua vez, foi copiado para o *pendrive* auxiliar.

Após esse procedimento, o cartão SD foi inserido no *slot* apropriado da placa Raspberry Pi e o *pendrive* conectado a uma das portas USB existentes na plataforma. O equipamento foi conectado ao monitor através do cabo HDMI e, ao ser energizado, começou a ler o conteúdo do cartão SD. A tela inicial que surgiu no monitor após a inicialização da Raspberry Pi, semelhante a Figura 22, solicitou a escolha do sistema a ser instalado, visto que a compilação utilizada oferecia, além do sistema Raspbian, outras aplicações no que se refere a entretenimento e jogos. Tais aplicações estavam contidas no diretório "os" que foi copiado para o *pendrive*, ou seja, a placa leu o cartão SD e, os arquivos contidos no mesmo, apontaram para os sistemas operacionais disponíveis no *pendrive*.

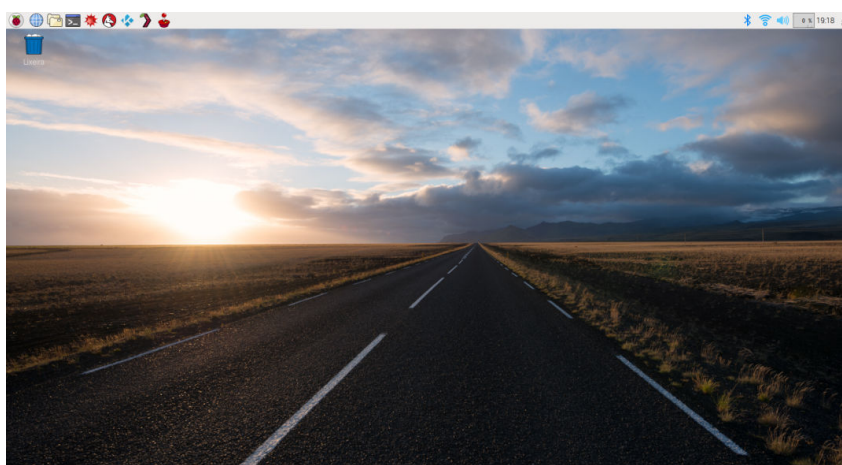
Figura 22 – Tela de Seleção de Instalação do Sistema Operacional



Fonte: Raspberry Pi Foundation (2013)

Tendo indicado o SO Raspbian na tela de seleção foi preciso aguardar aproximadamente 35 minutos para a conclusão da instalação do mesmo. Após o término, o sistema foi inicializado carregando o Raspbian e tornando a placa Raspberry Pi disponível para uso. Foram conectados teclado e mouse para utilização da interface gráfica do SO (Figura 23), que nada mais é do que uma versão da distribuição Debian do sistema Linux.

Figura 23 – Interface Gráfica Raspbian



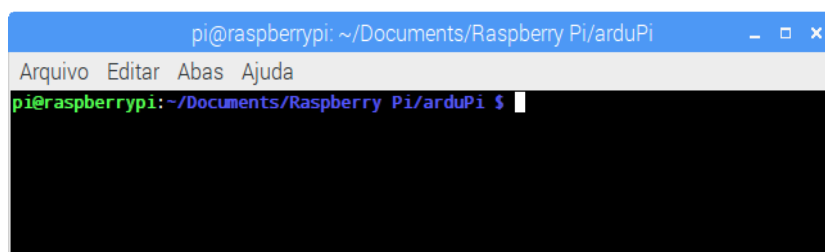
Fonte: O Autor (2017)

4.1.1 Primeiros Problemas

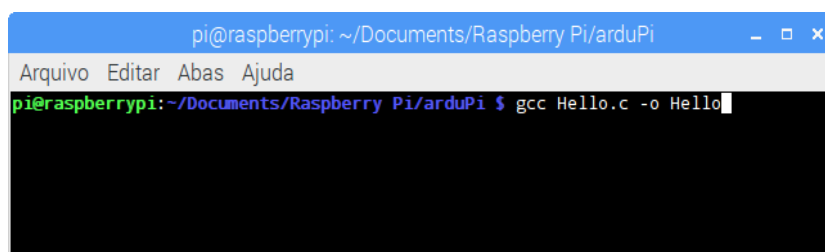
Uma vez que a placa Raspberry Pi ficou disponível para uso, foi criado um pequeno programa utilizando a linguagem de programação C, com o intuito de testar a funcionalidade do sistema instalado e conhecer os comandos de compilação de códigos-fonte existentes nos sistemas operacionais baseados em Linux. Esse teste de compilação utilizou um arquivo texto chamado “*Hello.c*”, que incluía um código simples para mostrar no monitor a famosa frase “*Hello World*”, amplamente utilizado em disciplinas que ensinam linguagens de programação. Eis o código:

```
#include <stdio.h>
int main() {
    printf ( "Hello, World!\n" );
    return 0;
}
```

Para compilar tal código, foi acessado o terminal no sistema Raspbian (Figura 24) no diretório onde estava o arquivo “*Hello.c*”, e digitado o código `gcc Hello.c -o Hello` (Figura 25). Porém, o seguinte erro ocorreu e o código não foi compilado: *fatal error: sys/cdefs.h: No such file or directory.*

Figura 24 – Terminal Raspberry Pi

Fonte: O Autor (2017)

Figura 25 – Compilação do Código *Hello.c*

Fonte: O Autor (2017)

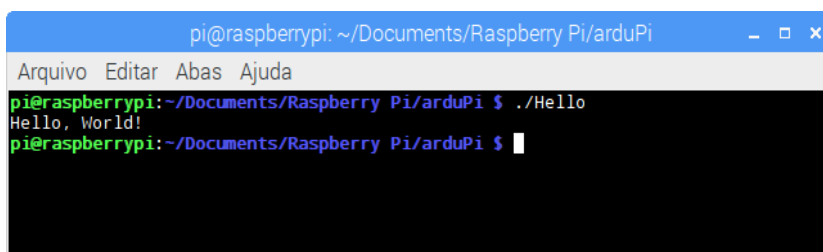
Em pesquisa efetuada em fóruns de discussões sobre programação, foram feitas várias tentativas de reinstalar as bibliotecas nativas do Raspbian, seguindo orientações dos usuários dos referidos fóruns, mas o erro persistia. Um colaborador do site repositório *Git Hub*, identificado através do endereço <https://github.com/dschmenk/apple2pi/issues/2>, sugeriu a atualização de todo o sistema Raspbian. A solução do problema consistiu em utilizar os seguintes comandos na ordem em que aparecem:

- 1) *sudo apt-get update*: O sistema de empacotamento do Linux usa um banco de dados próprio para saber quais pacotes estão instalados, quais não estão e quais estão disponíveis para instalação. O *apt-get* usa esse banco de dados para instalar os pacotes solicitados pelo usuário e para saber quais pacotes são necessários para que o pacote selecionado rode perfeitamente. Para atualizar essa lista, foi utilizado o comando *apt-get update*. Ele procura pelas listas de pacotes nos repositórios, indicados no arquivo */etc/apt/sources.list*. Esse comando deve ser utilizado regularmente para conhecer possíveis atualizações nos pacotes, principalmente as que envolvem segurança do sistema (Silva, 2005).
- 2) *sudo apt-get upgrade* : Esse comando atualiza pacotes de arquivos em uma distribuição Linux em função das informações contidas no arquivo */etc/apt/sources.list*. É possível atualizar tanto pacotes dentro de uma mesma distribuição quanto atualizar para uma nova distribuição. O *APT* baixará as

últimas versões de cada pacote e as instalará numa ordem coerente. Essa opção não remove pacotes, apenas atualiza os existentes (Silva, 2005).

- 3) *sudo apt-get dist-upgrade*: Tal instrução é semelhante ao *sudo apt-get upgrade*. Ela serve para atualizar uma distribuição inteira do sistema operacional através da internet, de um CD (*Compact Disc*) ou uma ISO (Imagem de Disco Óptico). É usada também quando mudanças são feitas na inter-relação de pacotes já instalados que devem ser atualizados, mas que são mantidos inalterados. Muitas vezes alguns pacotes precisam ser instalados como dependências para certos aplicativos atualizarem e essa opção faz isso, ao contrário da anterior. É uma forma mais completa, porém, mais arriscada, pois vai modificar o sistema mais profundamente (Silva, 2005).
- 4) *sudo apt-get autoremove*: Quando um pacote é instalado o *APT* busca os arquivos necessários nas listas de informações localizadas em */etc/apt/sources.list* e os guarda em um repositório local (*/var/cache/apt/archives/*). Em algum tempo, tal repositório pode crescer e ocupar muito espaço em disco. O comando *sudo apt-get autoremove* é usado para remover pacotes que foram instalados automaticamente para satisfazer dependências de outros pacotes e que já não são mais necessários (Silva, 2005).

As referidas instruções foram utilizadas com o sistema conectado à internet através de comunicação sem fio (*Wi-Fi*), já que as atualizações foram adquiridas de sites oficiais da Fundação Raspberry, que contêm os arquivos necessários para o melhoramento do sistema operacional. As atualizações duraram cerca de 70 minutos e ao término o sistema operacional foi reinicializado. Uma nova tentativa de compilação do código mencionado anteriormente foi realizada. Desta vez não ocorreram erros, fato este que comprovou a eficácia das atualizações efetuadas no Raspbian. A compilação criou um arquivo executável chamado "*Hello*". Sua execução foi feita através do comando *./Hello* e o terminal do Raspbian exibiu a frase "*Hello World!*" (Figura 26). Finalmente o sistema operacional encontrou-se atualizado e apto a instalar as bibliotecas específicas do *shield* e-Health e executar as instruções referentes ao protótipo da pesquisa, ou seja, executar os códigos-fonte que controlam o funcionamento dos sensores da placa e-Health.

Figura 26 – Execução do Código *Hello.c*


```

pi@raspberrypi: ~/Documents/Raspberry Pi/arduPi
Arquivo  Editar  Abas  Ajuda
pi@raspberrypi:~/Documents/Raspberry Pi/arduPi $ ./Hello
Hello, World!
pi@raspberrypi:~/Documents/Raspberry Pi/arduPi $

```

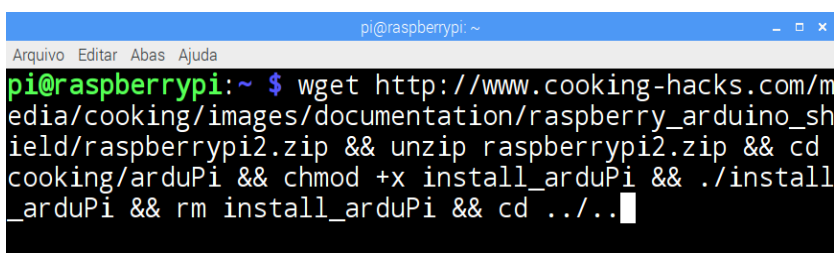
Fonte: O Autor (2017)

4.2 INSTALAÇÃO DAS BIBLIOTECAS E-HEALTH

Com o sistema Raspbian atualizado e com suas bibliotecas nativas funcionando corretamente, iniciou-se a instalação das bibliotecas próprias do *shield* e-Health. Essas, por sua vez, fazem com que os sensores da referida placa possam funcionar e, para isso, é fundamental a instalação das bibliotecas *arduPi* e *eHealth*.

A biblioteca *arduPi.cpp* foi instalada diretamente acessando o site da Cooking Hacks (2013). Para efetuar a instalação foi preciso acessar o terminal do Raspbian e, no *prompt* de comando, digitar a seguinte instrução: `wget http://www.cooking-hacks.com/media/cooking/images/documentation/raspberry_arduino_shield/raspberrypi2.zip && unzip raspberrypi2.zip && cd cooking/arduPi && chmod +x install_arduPi && ./install_arduPi && rm install_arduPi && cd ../..`, conforme Figura 27. Foi necessário conectar a placa Raspberry Pi à Internet para que tal instrução funcionasse.

Figura 27 – Instalação da Biblioteca ArduPi



```

pi@raspberrypi: ~
Arquivo  Editar  Abas  Ajuda
pi@raspberrypi:~ $ wget http://www.cooking-hacks.com/media/cooking/images/documentation/raspberry_arduino_shield/raspberrypi2.zip && unzip raspberrypi2.zip && cd cooking/arduPi && chmod +x install_arduPi && ./install_arduPi && rm install_arduPi && cd ../..

```

Fonte: O Autor (2017)

Além disso, foi preciso fazer o *download* do arquivo *eHealth_raspberrypi_v2.4.zip* no site da Cooking Hacks (2013) e descompactá-lo na mesma pasta criada pela instalação da biblioteca *arduPi* referida anteriormente. Para o funcionamento correto dos códigos-fonte, foi de extrema importância que os arquivos *eHealth.h* e *eHealth.cpp* (obtidos no *download* do arquivo *eHealth_raspberrypi_v2.4.zip*) e *arduPi.h* e *arduPi.cpp* (obtidos na instalação por linha de comando da biblioteca *arduPi*) estivessem no mesmo diretório. Os arquivos referentes aos códigos-fonte dos sensores do *shield* e-Health também estavam nessa mesma pasta. Tais operações foram seguidas de acordo com as orientações do tutorial disponível no site da Cooking Hacks (2013).

4.2.1 Testes de Compilação

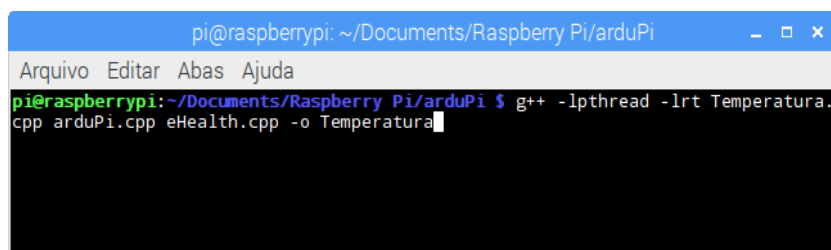
A fim de comprovar as atualizações realizadas, tanto do sistema operacional, quanto das bibliotecas, alguns testes preliminares foram realizados com os arquivos específicos do *shield* e-Health. Esses experimentos não contaram com o protótipo montado, ou seja, a placa e-Health não estava conectada à plataforma Raspberry Pi. Sendo assim, tais testes foram apenas ilustrativos e sem valores válidos.

O arquivo *eHealth_raspberrypi_v2.4.zip*, além de conter as bibliotecas *eHealth.h* e *eHealth.cpp*, também possui os arquivos referentes aos códigos-fonte dos sensores do *shield* e-Health. São eles: *temperature.cpp*, *pulsioximeter.cpp*, *positionometer.cpp*, *glucometer.cpp*, *galvanic.cpp*, *emg.cpp*, *ecg.cpp*, *bloodpressure.cpp* e *airflow.cpp*.

Os arquivos *temperature.cpp*, *pulsioximeter.cpp* e *airflow.cpp* foram renomeados para *Temperatura.cpp*, *Pulso.cpp* e *FluxoAr.cpp*, respectivamente. Estando as bibliotecas instaladas e os três arquivos dispostos no mesmo diretório, teve início o processo de compilação e execução dos códigos-fontes.

A compilação dos arquivos foi feita através de linha de comando no terminal do Raspbian. O escopo de instrução para compilação de um arquivo, cujo código-fonte foi desenvolvido na linguagem C++ é: `g++ -lpthread -lrt user-e-health-app.cpp arduPi.cpp eHealth.cpp -o user-e-health-app`, onde *user-e-health-app.cpp* é o arquivo a ser compilado, *arduPi.cpp* e *eHealth.cpp* são as bibliotecas a serem utilizadas no código-fonte e *user-e-health-app* é o arquivo executável criado após a compilação. No caso desse teste os códigos digitados no *prompt* de comando do terminal foram: `g++ -lpthread -lrt Temperatura.cpp arduPi.cpp eHealth.cpp -o Temperatura` (Figura 28), `g++ -lpthread -lrt Pulso.cpp arduPi.cpp eHealth.cpp -o Pulso` (Figura 29) e `g++ -lpthread -lrt FluxoAr.cpp arduPi.cpp eHealth.cpp -o FluxoAr` (Figura 30), para compilar os arquivos *Temperatura.cpp*, *Pulso.cpp* e *FluxoAr.cpp*, respectivamente.

Figura 28 – Compilação do Arquivo *Temperatura.cpp*



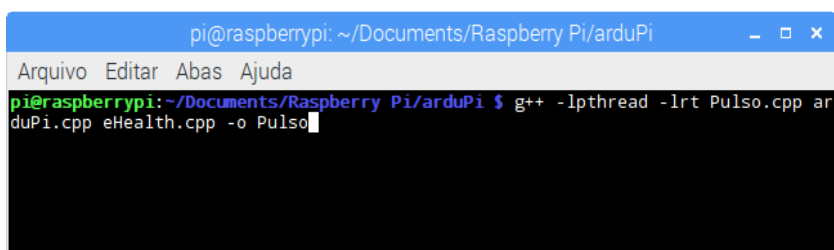
```

pi@raspberrypi: ~/Documents/Raspberry Pi/arduPi
Arquivo Editar Abas Ajuda
pi@raspberrypi:~/Documents/Raspberry Pi/arduPi $ g++ -lpthread -lrt Temperatura.
cpp arduPi.cpp eHealth.cpp -o Temperatura

```

Fonte: O Autor (2017)

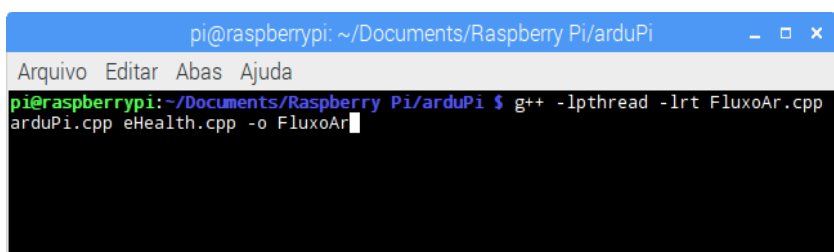
Figura 29 – Compilação do Arquivo *Pulso.cpp*



```
pi@raspberrypi: ~/Documents/Raspberry Pi/arduPi
Arquivo Editar Abas Ajuda
pi@raspberrypi:~/Documents/Raspberry Pi/arduPi $ g++ -lpthread -lrt Pulso.cpp arduPi.cpp eHealth.cpp -o Pulso
```

Fonte: O Autor (2017)

Figura 30 – Compilação do Código *FluxoAr.cpp*

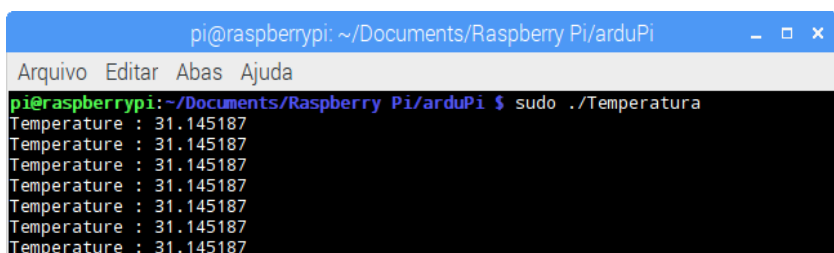


```
pi@raspberrypi: ~/Documents/Raspberry Pi/arduPi
Arquivo Editar Abas Ajuda
pi@raspberrypi:~/Documents/Raspberry Pi/arduPi $ g++ -lpthread -lrt FluxoAr.cpp arduPi.cpp eHealth.cpp -o FluxoAr
```

Fonte: O Autor (2017)

Uma vez compilados, para executar os arquivos criados foram digitadas as seguintes instruções no *prompt* de comando do terminal do Raspbian: *sudo ./Temperatura* (Figura 31), *sudo ./Pulso* (Figura 32) e *sudo ./FluxoAr* (Figura 33). Vale lembrar que o protótipo não estava montado e por isso os valores mostrados no terminal são constantes, visto que não haviam aferições sendo feitas para que os mesmos pudessem variar.

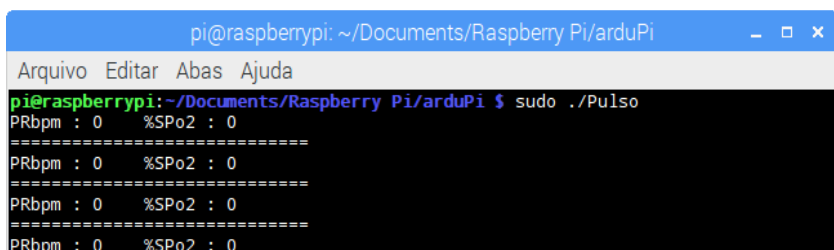
Figura 31 – Execução do Arquivo *Temperatura*



```
pi@raspberrypi: ~/Documents/Raspberry Pi/arduPi
Arquivo Editar Abas Ajuda
pi@raspberrypi:~/Documents/Raspberry Pi/arduPi $ sudo ./Temperatura
Temperature : 31.145187
Temperature : 31.145187
Temperature : 31.145187
Temperature : 31.145187
Temperature : 31.145187
Temperature : 31.145187
Temperature : 31.145187
```

Fonte: O Autor (2017)

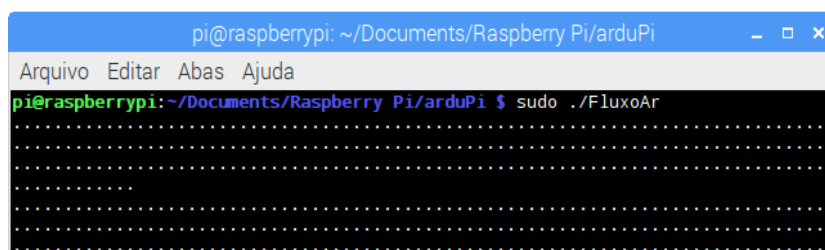
Figura 32 – Execução do Arquivo *Pulso*



```
pi@raspberrypi: ~/Documents/Raspberry Pi/arduPi
Arquivo Editar Abas Ajuda
pi@raspberrypi:~/Documents/Raspberry Pi/arduPi $ sudo ./Pulso
PRbpm : 0 %SPo2 : 0
=====
PRbpm : 0 %SPo2 : 0
=====
PRbpm : 0 %SPo2 : 0
=====
PRbpm : 0 %SPo2 : 0
```

Fonte: O Autor (2017)

Figura 33 – Execução do Arquivo *FluxoAr*



Fonte: O Autor (2017)

Os testes realizados se mostraram eficientes, visto que os arquivos foram compilados e executados sem que ocorressem erros. Com isso, a plataforma de prototipagem Raspberry Pi tornou-se apta para acoplar a placa e-Health e esta, por sua vez, captar os dados referentes aos sensores conectados à mesma e exibi-los no terminal do Raspbian.

4.3 SENSORES UTILIZADOS E SUAS FUNÇÕES

O protótipo (Figura 34) utilizou a placa e-Health com seus sensores de temperatura, pulsação e oxigenação do sangue e, também, de fluxo de ar. Tais dispositivos, aferidos e utilizados de maneira adequada, podem disponibilizar informações acerca da saúde de um indivíduo.

Figura 34 – Protótipo de Aferição de Sinais Vitais



Fonte: O Autor (2017)

4.3.1 Sensor de Temperatura Corporal

A temperatura normal do corpo humano varia entre 36,1°C e 37,2°C (Magalhães et al., 2001). Valores significativos para cima e para baixo dessa faixa caracterizam hipertermia e hipotermia, respectivamente.

Magalhães et al. (2001) definem hipertermia como a elevação da temperatura corporal acima do ponto de regulação térmica, frequentemente associada à ineficiência dos mecanismos de dissipação do calor ou por produção excessiva de calor com dissipação compensatória insuficiente. É considerado hipertermia as temperaturas acima de 40°C.

A hipertermia pode ser causada por diversos fatores, tais como: exposição a ambientes com temperatura elevada, fatores que impedem o mecanismo de perda de calor, prática excessiva de atividade física, desidratação, intoxicações diversas, drogas como fenotiazinas, depressores miocárdicos, barbitúricos, anfetaminas, etc. ou por agentes patológicos (Martinez, 2017).

As consequências da hipertermia podem ser: insuficiência respiratória, insuficiência renal aguda, insuficiência hepática, lesão intestinal isquêmica, pancreatite, trombocitopenia, hemorragia gastrointestinal, coagulação intravascular disseminada e lesão cerebral, onde ao atingir a temperatura de 41°C, o cérebro começa a ser danificado e, ao chegar à temperatura de 50°C, ocorre a rigidez dos músculos e finalmente o óbito (Martinez, 2017).

Já a hipotermia é diminuição da temperatura corporal para valores inferiores a 35°C (95°F), classificada em acidental (primária) ou secundária, relacionada à ausência ou presença de disfunção do centro termorregulador hipotalâmico (Magalhães et al., 2001).

A hipotermia pode ser ocasionada por exposição do indivíduo a ambientes frios, quando não há aquecimento corporal fornecido por roupas adequadas, ficando todos os membros e inclusive a cabeça, desprotegidos. Também é causada pela exposição a chuvas e ventos frios, pois o contato da água com brisas geladas fazem com que a temperatura corporal baixe. Pessoas que sofreram acidente ou que tomam certos tipos de medicamentos também estão susceptíveis a terem hipotermia. Bebês mantidos em ambientes frios também estão aptos a terem hipotermia, se não houver um aquecimento correto de todo seu corpo (Martinez, 2017).

As consequências da hipotermia são: taquicardia, taquipnéia e aumento do consumo basal de oxigênio em até seis vezes. Também ocorre alteração do julgamento crítico, tremores e diurese estimulada pelo frio, além de aumento da pressão causando débito cardíaco. A hipotermia provoca a redução de frequência cardíaca, hipoventilação, diminuição do nível de consciência e diminuição do ritmo

de filtração glomerular. Já na fase final pode ocorrer edema pulmonar, coma, choque, bradicardia e arritmias ventriculares (Zambon, 2014).

Visto isso, o monitoramento da temperatura se torna essencial para a avaliação de um indivíduo com a intenção de prevenção aos problemas mencionados anteriormente. Sendo assim, o sensor de temperatura (Figura 35) do protótipo visa realizar esse monitoramento de maneira prática.

Figura 35 – Sensor de Temperatura



Fonte: Cooking Hacks (2013)

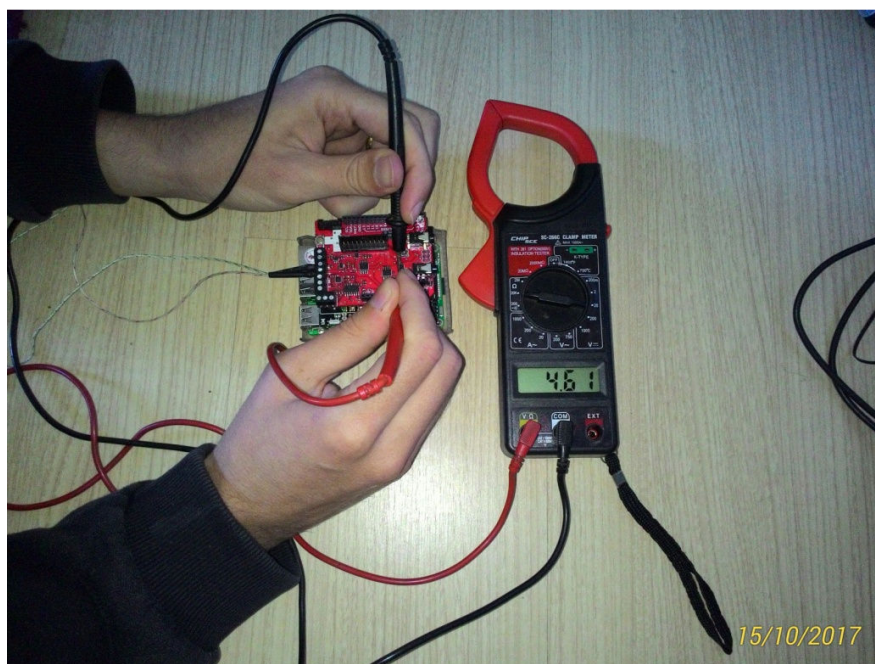
Para realizar tal função, o sensor passou por um procedimento de calibração sugerido pela Cooking Hacks (2013). Tal operação baseou-se na aferição da tensão (*RefTension*) de alimentação do *shield* e-Health (Figura 36) e de três resistores elétricos (R_a , R_b e R_c) nos pinos referentes ao conector do sensor, conforme indicam as Figuras 37, 38 e 39.

Figura 36 – Medição de Tensão do Shield e-Health



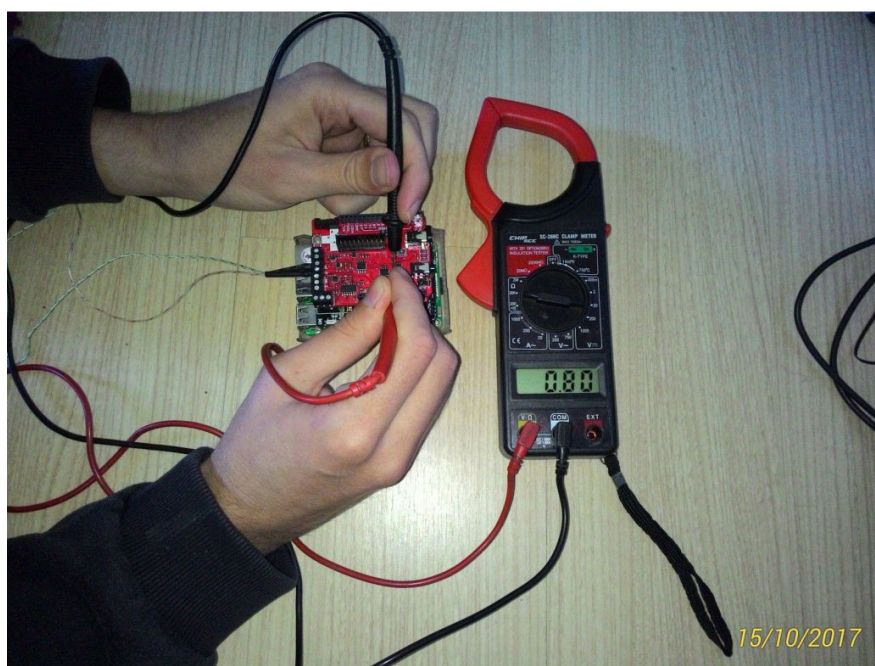
Fonte: O Autor (2017)

Figura 37 – Medição do Resistor R_a do Shield e-Health



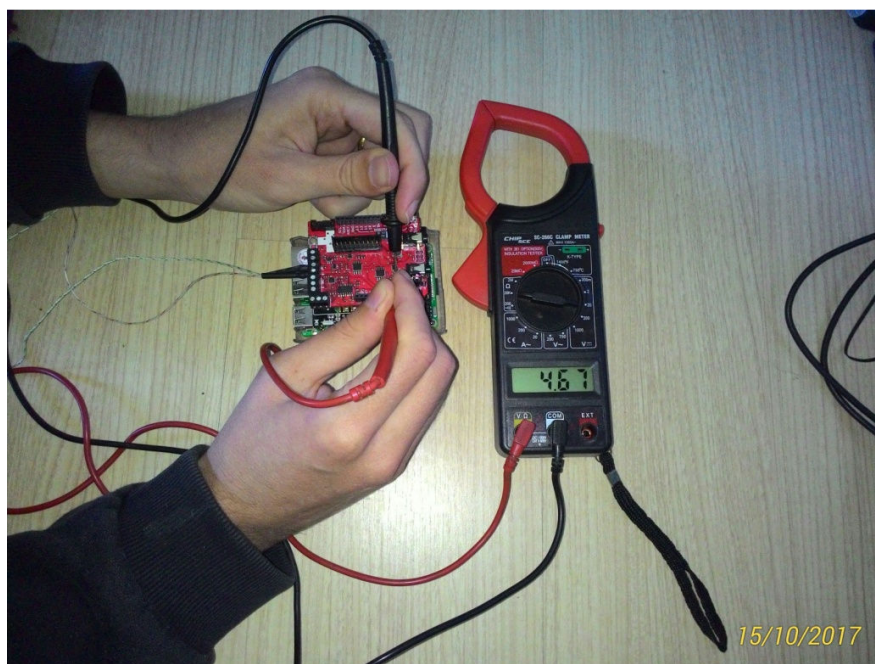
Fonte: O Autor (2017)

Figura 38 – Medição do Resistor R_b do Shield e-Health



Fonte: O Autor (2017)

Figura 39 – Medição do Resistor Rc do Shield e-Health



Fonte: O Autor (2017)

Após a calibração foi necessário alterar o arquivo *eHealth.cpp* no método *getTemperature*, conforme indicado nas Figuras 40 e 41, com os valores medidos pelo multímetro no que diz respeito à tensão de operação do *shield* e-Health e aos resistores contidos na placa e que são responsáveis pelo conjunto de componentes que captam os dados referentes à temperatura corporal. Feito isso, foi necessário apenas conectá-lo em seu local adequado no *shield*.

Figura 40 – Código Original da Biblioteca eHealth.cpp

```

//!*****
//!      Name:      getTemperature()                                *
//!      Description: Returns the corporal temperature.              *
//!      Param : void                                              *
//!      Returns: float with the corporal temperature value.        *
//!      Example: float temperature = eHealth.getTemperature();     *
//!*****

float eHealthClass::getTemperature(void)
{
    //Local variables
    float Temperature; //Corporal Temperature
    float Resistance; //Resistance of sensor.
    float ganancia=5.0;
    float Vcc=3.3;
    float RefTension=3.0; // Voltage Reference of Wheatstone bridge.
    float Ra=4700.0; //Wheatstone bridge resistance.
    float Rc=4700.0; //Wheatstone bridge resistance.
    float Rb=821.0; //Wheatstone bridge resistance.
    int sensorValue = analogRead(3);

```

Fonte: O Autor (2017)

Figura 41 – Código Alterado da Biblioteca eHealth.cpp

```

//!*****
//!    Name:    getTemperature()                                *
//!    Description: Returns the corporal temperature.          *
//!    Param : void                                           *
//!    Returns: float with the corporal temperature value.    *
//!    Example: float temperature = eHealth.getTemperature();  *
//!*****

float eHealthClass::getTemperature(void)
{
    //Local variables
    float Temperature; //Corporal Temperature
    float Resistance;  //Resistance of sensor.
    float ganancia=5.0;
    float Vcc=3.3;
    float RefTension=2.47; // Voltage Reference of Wheatstone bridge.
    float Ra=4610.0; //Wheatstone bridge resistance.
    float Rc=4670.0; //Wheatstone bridge resistance.
    float Rb=800.0; //Wheatstone bridge resistance.
    int sensorValue = analogRead(3);

```

Fonte: O Autor (2017)

4.3.2 Sensor de Oximetria e Pulsação Cardíaca

Para que as funções corporais sejam executadas apropriadamente, o oxigênio deve estar presente em quantidades adequadas em todo o organismo. O nível de saturação desse gás mede a quantidade de oxigênio carregado pelo sangue, que transporta o mesmo para o resto do corpo graças à hemoglobina, uma proteína que contém ferro nas células vermelhas sanguíneas. As moléculas de hemoglobina podem carregar cada uma até quatro moléculas de oxigênio. A porcentagem do gás carregado no sangue é o que se chama de nível de saturação (Lynch, 2017).

Se o nível de saturação de oxigênio estiver muito baixo significa que quantidades inadequadas de oxigênio estão atingindo os órgãos vitais e as células sanguíneas. Isso pode levar à falência respiratória e, possivelmente, à morte (Lynch, 2017).

Embora níveis ideais possam variar dependendo do indivíduo, o nível de saturação do oxigênio para um adulto jovem e saudável tende a ficar entre 95% e 100%. Se esse valor cair para 90%, já é possível que se tenha falência respiratória. Esses dados não permitem um desvio muito grande entre a taxa normal e a fatal, tornando essencial que os médicos e enfermeiras monitorem o nível de saturação de oxigênio o tempo inteiro (Lynch, 2017).

Os oxímetros de pulso precisam de batimentos cardíacos fortes e regulares para registrar uma leitura precisa de oxigenação. As pessoas com pés e mãos

geladas podem, às vezes, diminuir a pulsação em suas extremidades, levando à imprecisão de dados (Lynch, 2017).

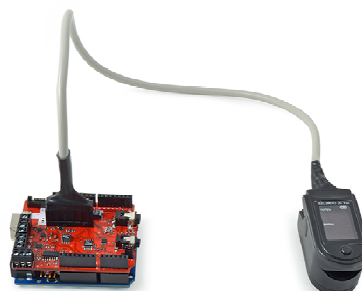
O sensor de pulsação cardíaca do protótipo (Figura 42) não necessitou de procedimentos extras para seu funcionamento. Apenas foi necessário conectá-lo em seu respectivo encaixe da placa e-Health (Figura 43) e colocar o código-fonte responsável pela captação dos dados em funcionamento.

Figura 42 – Sensor de Oximetria



Fonte: Cooking Hacks (2013)

Figura 43 – Conexão do Sensor de Oximetria



Fonte: Cooking Hacks (2013)

4.3.3 Sensor de Fluxo Respiratório (Fluxo Aéreo)

O sensor de fluxo aéreo monitora a frequência respiratória e pode indicar, entre outras coisas, apneia e hipopneia (Duarte et al., 2010). A apneia significa a completa obstrução do fluxo de ar para os pulmões. A hipopneia é uma redução menos acentuada do fluxo de ar, em torno de 30%. Tanto a apneia quanto a hipopneia estão presentes na doença da apneia do sono (Agnese, 2017).

A apneia pode ser causada, entre outras coisas, por: asma ou outras doenças pulmonares, encefalite, meningite, pneumonia, convulsões, parada cardíaca, sufocamentos, overdose, arritmia cardíaca, AVC e outras desordens neurológicas (Agnese, 2017).

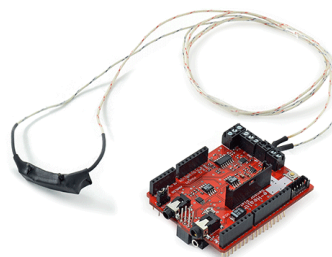
O sensor utilizado no protótipo (Figura 44) pode ser encontrado na literatura sob o nome de termistor nasal ou cânula nasal. Assim como o oxímetro, este também não necessitou de ajustes ou calibrações para melhoria de precisão. Bastou conectá-lo aos seus respectivos pinos da placa e-Health (Figura 45) e fazê-lo funcionar através de seu código-fonte via terminal do Raspbian.

Figura 44 – Sensor de Fluxo Respiratório



Fonte: Cooking Hacks (2013)

Figura 45 – Conexão do Sensor de Fluxo Respiratório



Fonte: Cooking Hacks (2013)

4.4 ALGORITMO DO PROTÓTIPO

Com o intuito de realizar as aferições citadas, foi desenvolvido um algoritmo para captar as informações dos sensores (Temperatura, Pulsação e Respiração) de maneira simultânea. Tal código utilizou os métodos pré-definidos da biblioteca *eHealth.cpp* para a coleta dos dados e foram adaptadas algumas instruções para atingir o objetivo.

O algoritmo captou 180 dados de cada sensor simultaneamente de cada voluntário do experimento, sendo que, entre uma coleta e outra, o tempo de espera foi de um segundo. Dessa forma, o tempo total de medição foi de três minutos para cada indivíduo, totalizando 720 dados por voluntário.

O objetivo foi demonstrar a possibilidade de aferições simultâneas, utilizando apenas um terminal para isso. O código utilizado está demonstrado a seguir:

```
#include "eHealth.h"
int cont = 0;
void readPulsioximeter();
void setup() {
    eHealth.initPulsioximeter();
    attachInterrupt(6, readPulsioximeter, RISING);
}
void loop() {
    int ciclos = 181;
    float contaFluxo = 0;
    int contaTemp = 0;
    int contaBPM = 0;
    int contaSPo2 = 0;
    float somaTemp = 0;
    float somaBPM = 0;
    float somaSPo2 = 0;
    float mediaTemp = 0;
    float mediaBPM = 0;
    float mediaSPo2 = 0;
    float mediaResp = 0;
    int Ar [ciclos];
    float tempoResp = 3;
```

```

for (int i = 1; i < ciclos; i++) {
    float Temp = eHealth.getTemperature();
    int BPM = eHealth.getBPM();
    int SPo2 = eHealth.getOxygenSaturation()+10;
    Ar[0] = 0;
    Ar[i] = eHealth.getAirFlow();
    if ( Temp > 30 && Temp < 41 ) {
        contaTemp ++;
        somaTemp = somaTemp + Temp;
    }
    if ( BPM > 30 && BPM < 130 ) {
        contaBPM ++;
        somaBPM = somaBPM + BPM;
    }
    if ( SPo2 > 70 && SPo2 < 100 ) {
        contaSPo2 ++;
        somaSPo2 = somaSPo2 + SPo2;
    }
    printf("%d- ", i);
    printf("Fluxo de Ar : %d", Ar[i]);
    printf("Temperatura : %.2f ", Temp);
    printf("Batimentos Cardíacos : %d",BPM);
    printf("Oxigenio Sanguine : %d %d\n", SPo2);
    delay(1000);
}
for (int h = 1; h < ciclos; h++) {
    if ((Ar[h] > Ar[h-1]) && (Ar[h] > Ar[h+1])) {
        contaFluxo++;
    }
}

mediaTemp = somaTemp/contaTemp;
mediaBPM = somaBPM/contaBPM;
mediaSPo2 = somaSPo2/contaSPo2;
mediaResp = contaFluxo/tempoResp;
printf("\n");
printf("Qtde de Respirações : %.2f", contaFluxo);
printf("Qtde Temperatura : %d ", contaTemp);
printf("Qtde Batimentos : %d ", contaBPM);
printf("Qtde Oxigenio : %d \n", contaSPo2);
printf("Duração: 3 Minutos");
printf("Temperatura - Total : %.2f", somaTemp);
printf("Batimentos - Total : %.2f ", somaBPM);
printf("Oxigenio - Total : %.2f \n", somaSPo2);
printf("Fluxo de Ar - Media : %.2f ", mediaResp);
printf("Temperatura - Media : %.2f ", mediaTemp);
printf("Batimentos - Media : %.2f ", mediaBPM);
printf("Oxigenio - Media : %.2f \n", mediaSPo2);
}

void readPulsioximeter() {
    cont ++;
    if (cont == 50) {
        eHealth.readPulsioximeter();
        cont = 0;
    }
}

int main () {
    setup();
    loop();
}

```


4.5 METODOLOGIA DO EXPERIMENTO

A experiência foi composta por oito indivíduos (Figura 46), sendo que cinco foram objetos de monitoramento do protótipo e do sistema utilizado nos laboratórios dos cursos da área da saúde da Universidade Feevale. Um indivíduo foi responsável por manusear o *shield* e-Health e um fez parte da equipe de saúde da Universidade Feevale que deu apoio na aferição dos sinais vitais. Também fez parte o Coordenador do Curso de Ciência da Computação que auxiliou na preparação dos voluntários e colaborou registrando as imagens de todo o processo.

Figura 46 – Equipe de Teste do Protótipo



Fonte: O Autor (2017)

O experimento ocorreu dia 04 de Novembro de 2017 por volta das 10h00min na sala 307 do prédio branco da Universidade Feevale e contou com cinco voluntários, denominados Voluntário 1, Voluntário 2, Voluntário 3, Voluntário 4 e Voluntário 5. Todos estavam em condições de saúde consideradas normais.

A equipe da área da saúde foi representada pelo professor Dr. Cláudio Felipe Kolling da Rocha, que operou o equipamento PowerLab Modelo 26T (Figura 47) e seus sensores. Tal equipamento é desenvolvido pela ADInstruments, empresa que projeta produtos e desenvolve soluções para oferecer suporte personalizado a cientistas e educadores (ADInstruments, 2017).

Em conjunto com o instrumento foram utilizados os sensores para medição de temperatura, chamado *Skin Temperature Probes* (Figura 48), para aferição de batimentos cardíacos, denominado *Pulse Transducer* (Figura 49) e para detecção da

frequência respiratória, chamado *Respiratory Belt Transducer* (Figura 50). Os sensores equivalentes do protótipo constituído da placa Raspberry Pi e do *shield* e-Health foram ilustrados, respectivamente, nas Figuras 35 da seção 4.3.1, 42 da seção 4.3.2 e 44 da seção 4.3.3 deste trabalho.

Figura 47 – PowerLab 26T



Fonte: ADInstruments (2017)

Figura 48 – Skin Temperature Probes



Fonte: ADInstruments (2017)

Figura 49 – Pulse Transducer



Fonte: ADInstruments (2017)

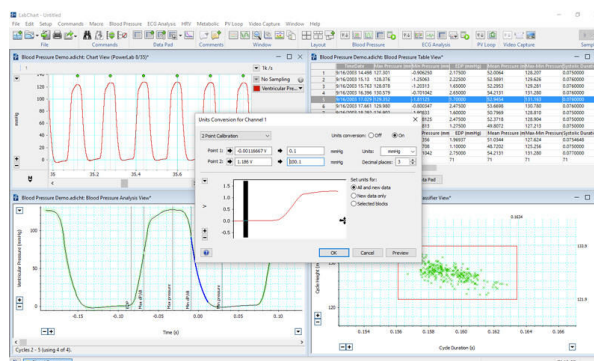
Figura 50 – Respiratory Belt Transducer



Fonte: ADInstruments (2017)

O acompanhamento dos dados registrados pelo PowerLab (ADInstruments, 2017) se deu através de uma aplicação chamada LabChart (ADInstruments, 2017). Tal *software* permite acompanhar graficamente e em tempo real todas as aferições dos sinais vitais dos voluntários (Figura 51). Os resultados do protótipo foram acompanhados via terminal, semelhante ao indicado anteriormente nas Figuras 31, 32 e 33 da seção 4.2.1 da atual pesquisa.

Figura 51 – LabChart



Fonte: ADInstruments (2017)

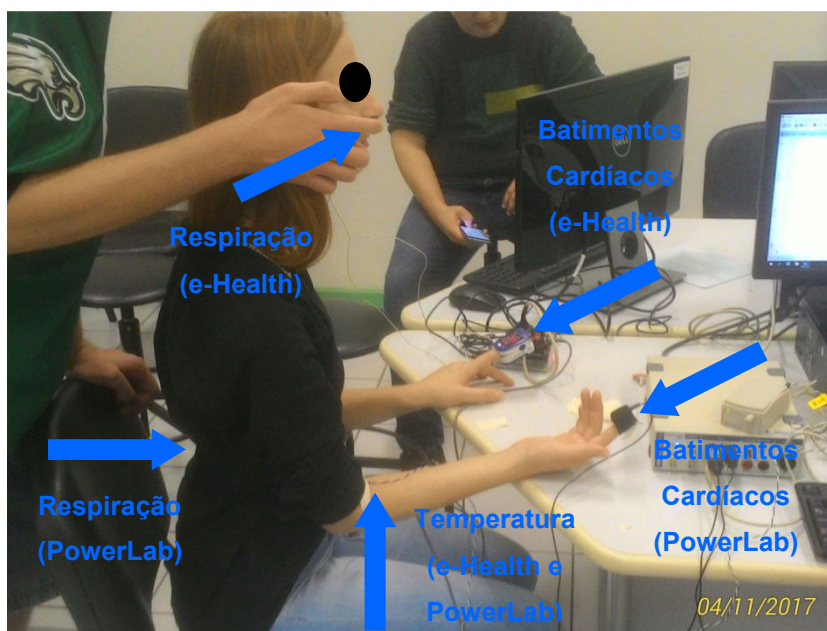
Para o experimento, todos os voluntários tiveram acoplados em seus corpos seis sensores de aferição, sendo três do protótipo e-Health e três do PowerLab (ADInstruments, 2017) de maneira simultânea.

Os sensores do *shield* e-Health foram dispostos da seguinte maneira: no dedo indicador da mão esquerda foi colocado o sensor de oximetria. Nas narinas, o sensor de respiração e, na dobra do cotovelo do braço direito, foi fixado o sensor de temperatura corporal.

Já os sensores do PowerLab (ADInstruments, 2017) foram distribuídos conforme segue: no dedo indicador da mão direita foi colocado o sensor de captação de batimentos cardíacos. Em torno do tórax foi anexado o sensor de respiração, que é semelhante a uma cinta elástica e monitora o movimento do tórax nos momentos de inspiração e expiração. Por fim, na dobra do cotovelo do braço direito, juntamente com o sensor da placa e-Health, foi fixado o sensor de temperatura corporal para que ambos pudessem aferir o sinal vital no mesmo local na pele do voluntário.

A Figura 52 indica cada sensor do *shield* e-Health e do PowerLab (ADInstruments, 2017). Devido a cor da blusa do voluntário ser a mesma do sensor de respiração do PowerLab (ADInstruments, 2017), fica difícil a identificação do mesmo na imagem. Porém, é possível identificar a compressão que a faixa elástica do sensor provoca na vestimenta, mostrando que o voluntário está sob o monitoramento do mesmo.

Figura 52 – Voluntário Monitorado



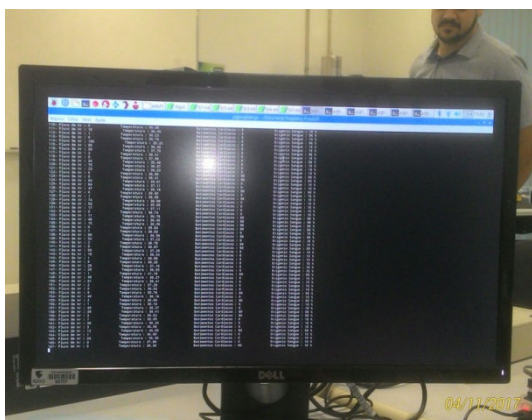
Fonte: O Autor (2017)

Uma vez que os sensores estavam conectados aos voluntários, os testes foram iniciados. As aferições com ambos os equipamentos tiveram início exatamente

no mesmo momento, e durou precisamente três minutos, tempo este definido pelo algoritmo de aferição do protótipo.

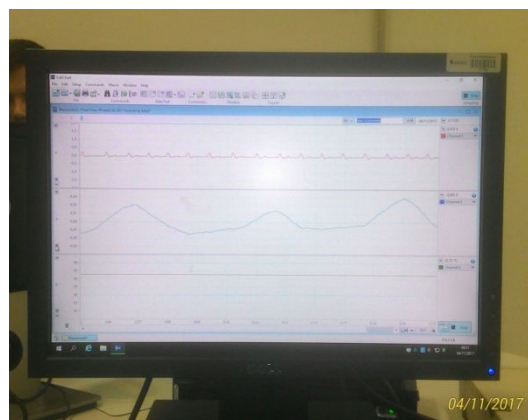
Os resultados foram acompanhados em tempo real tanto pelo protótipo, quanto pelo PowerLab (ADInstruments, 2017). Os resultados obtidos pelo conjunto Raspberry Pi e *shield* e-Health foram monitorados via terminal do sistema operacional Raspbian (Figura 53). Por sua vez, os dados captados pelos sensores do PowerLab (ADInstruments, 2017) foram acompanhados pelo Dr. Cláudio Felipe Kolling da Rocha através de um monitor com o uso do aplicativo LabChart (ADInstruments, 2017), conforme indica a Figura 54.

Figura 53 – Monitoramento Via Terminal



Fonte: O Autor (2017)

Figura 54 – Monitoramento Via LabChart



Fonte: O Autor (2017)

Todo o procedimento foi realizado cinco vezes, uma para cada voluntário. Sendo assim, cada voluntário foi monitorado pelos dois sistemas simultaneamente e tiveram três sinais vitais aferidos por cada sistema (Protótipo e-Health e PowerLab) em um período de três minutos.

Essa experiência resultou na coleta de 720 dados pelo módulo e-Health e 540 pelo PowerLab (ADInstruments, 2017), já que este último não mensurou a oxigenação do sangue. Com as informações coletadas foi possível estudar os resultados e comparar os sistemas utilizados.

4.6 RESULTADOS E ANÁLISE

Com os testes concluídos, foi possível analisar os resultados obtidos de forma comparativa entre o protótipo constituído pela placa de prototipagem Raspberry Pi acoplada do *shield* e-Health, e a plataforma PowerLab 26T (ADInstruments, 2017). Tal equipamento é amplamente utilizado pelos professores e acadêmicos dos cursos

da área da saúde da Universidade Feevale e apresenta grande precisão e consistência nos dados informados.

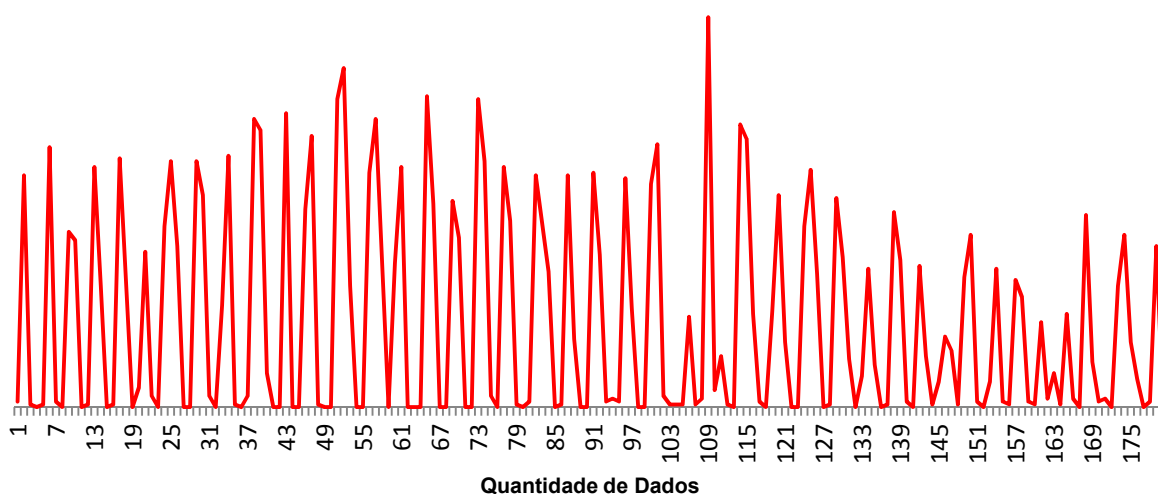
A análise feita utilizou apenas os dados referentes à temperatura, respiração e batimentos cardíacos, visto que a oxigenação do sangue não foi aferida pelo PowerLab (ADInstruments), resultando assim em 540 dados de cada sistema (e-Health e PowerLab) para cada voluntário. A seguir são demonstrados os resultados obtidos dos sinais vitais aferidos.

4.6.1 Respiração

Os dados captados pelo protótipo tornaram possível traçar uma linha referente à frequência respiratória de cada voluntário. Graficamente, essa linha indica picos e cada um deles se refere a um ciclo de inspiração e expiração. Esses picos são criados em função da temperatura do ar que entra e sai dos pulmões a cada respiração. Essa temperatura é captada pelo sensor e transmitida ao *shield* e-Health que a converte em números inteiros. Quanto mais quente é o ar, maior será o inteiro entregue pela plataforma e-Health. Sendo assim, o algoritmo utilizou uma lógica para contabilizar o número de respirações de cada voluntário no período de três minutos utilizando como referência os picos citados.

O Gráfico 1 mostra cerca de 46 picos durante os três minutos da aferição. Sendo assim, a média de respirações por minuto é de aproximadamente 15.

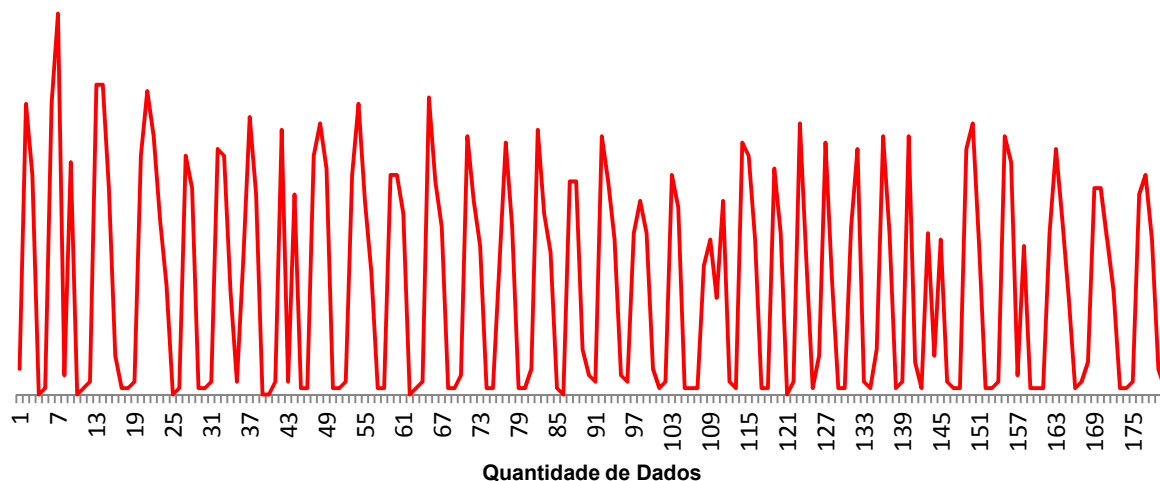
Gráfico 1 – Frequência Respiratória: Voluntário 1



Fonte: O Autor (2017)

Já o Gráfico 2 identifica em torno de 34 picos. Isso leva a média de aproximadamente 11 respirações por minuto.

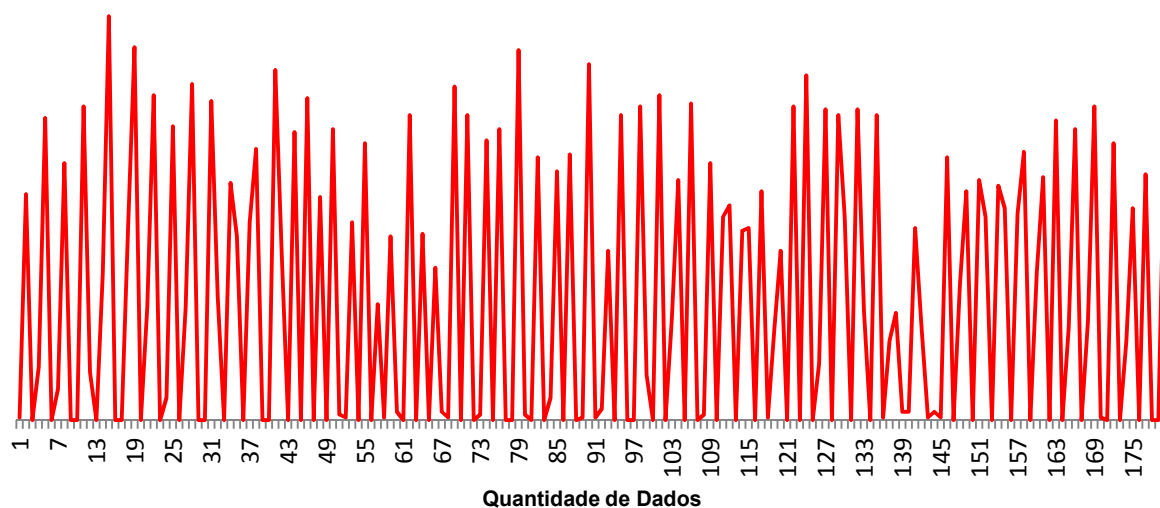
Gráfico 2 – Frequência Respiratória: Voluntário 2



Fonte: O Autor (2017)

O Gráfico 3 aponta 65 picos. Isso indica que o Voluntário 3 respirou aproximadamente 21 vezes por minuto.

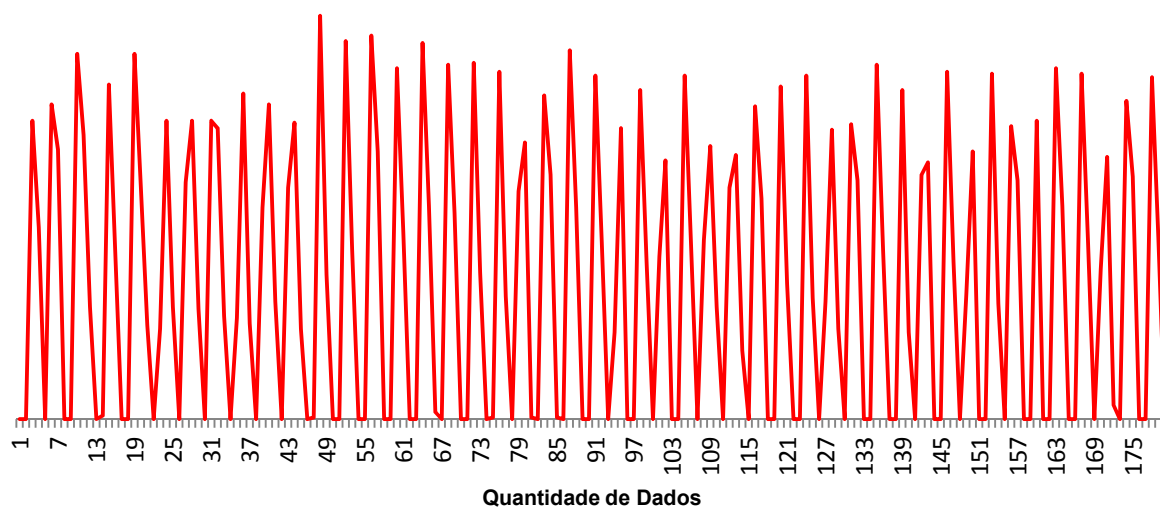
Gráfico 3 – Frequência Respiratória: Voluntário 3



Fonte: O Autor (2017)

Seguindo a mesma lógica, o Gráfico 4 mostra aproximadamente 47 picos. Isso dá a média de quase 16 respirações por minuto.

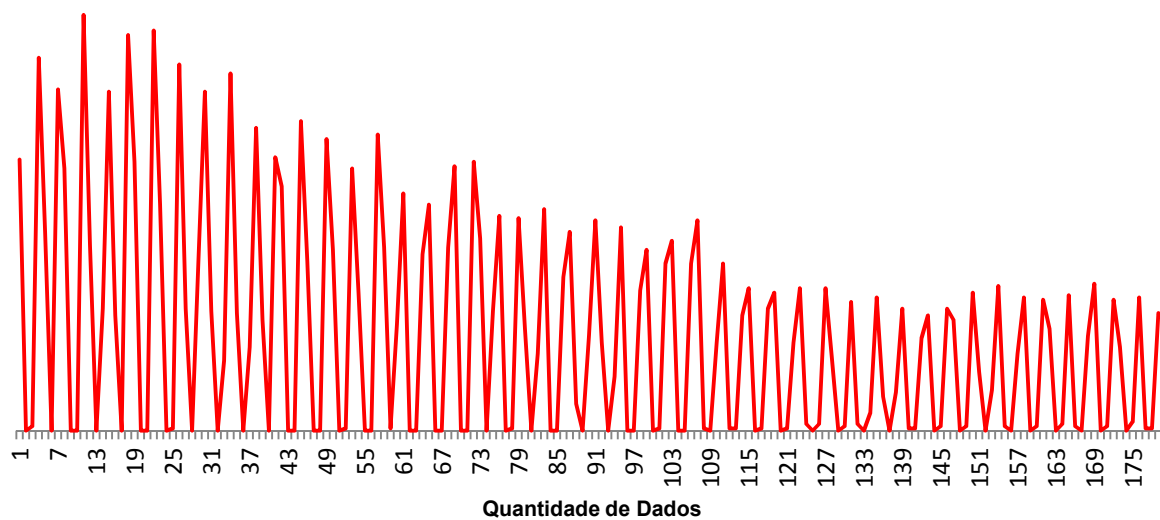
Gráfico 4 – Frequência Respiratória: Voluntário 4



Fonte: O Autor (2017)

Por fim, o Gráfico 5 apresenta em torno de 48 picos. Esse dado indica que o Voluntário 5 respirou 16 vezes por minuto.

Gráfico 5 – Frequência Respiratória: Voluntário 5



Fonte: O Autor (2017)

O *software* LabChart (ADInstruments, 2017) entregou diretamente a média de respirações por minuto de cada voluntário. Isso porque a cada segundo o PowerLab (ADInstruments, 2017) fez 2000 medições da frequência respiratória. Ele não mediu apenas um dado e sim 2000 em cada segundo. Sendo assim, em cada segundo o

software registrou uma média dos 2000 registros adquiridos. Com isso, os 180 registros captados pelo PowerLab indicaram a média de respirações por minuto.

Para fins de comparação, foi calculada a média geral dos 180 registros armazenados. A Tabela 3 indica a diferença entre as médias no período de três minutos que durou cada conjunto de medições.

Tabela 3 – Média de Respirações por Minuto

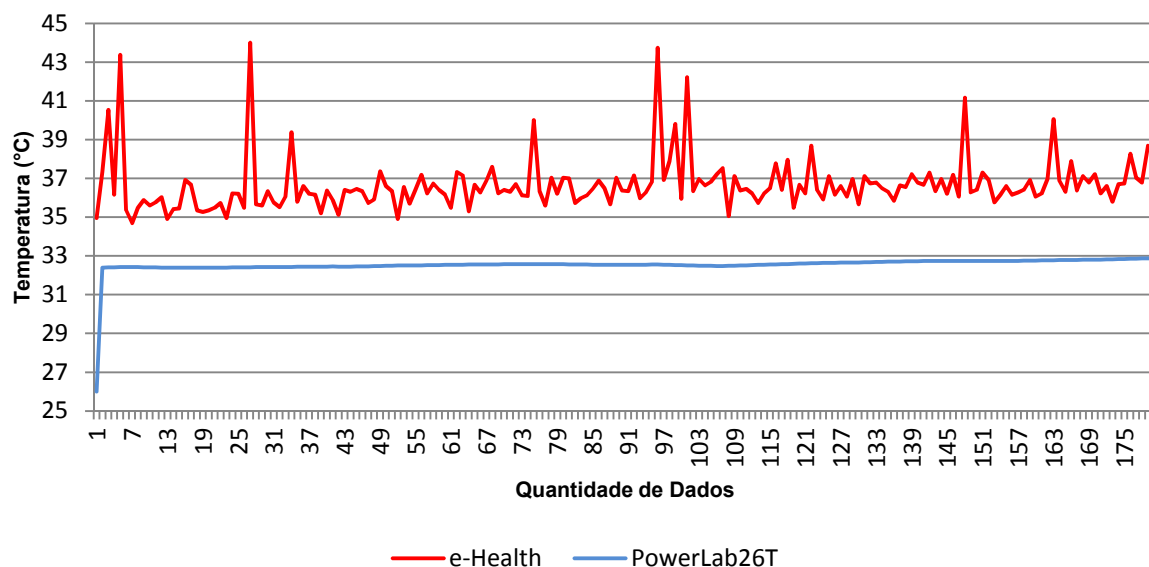
	Número de Respirações (e-Health)	Média de Respirações por Minuto		Diferença
		e-Health	PowerLab 26T	
Voluntário 1	46	15,33	13,94	9,96%
Voluntário 2	34	11,33	10,94	3,57%
Voluntário 3	65	21,67	21,83	0,74%
Voluntário 4	47	15,67	15,74	0,47%
Voluntário 5	48	16,00	15,74	1,63%

Fonte: O Autor (2017)

4.6.2 Temperatura

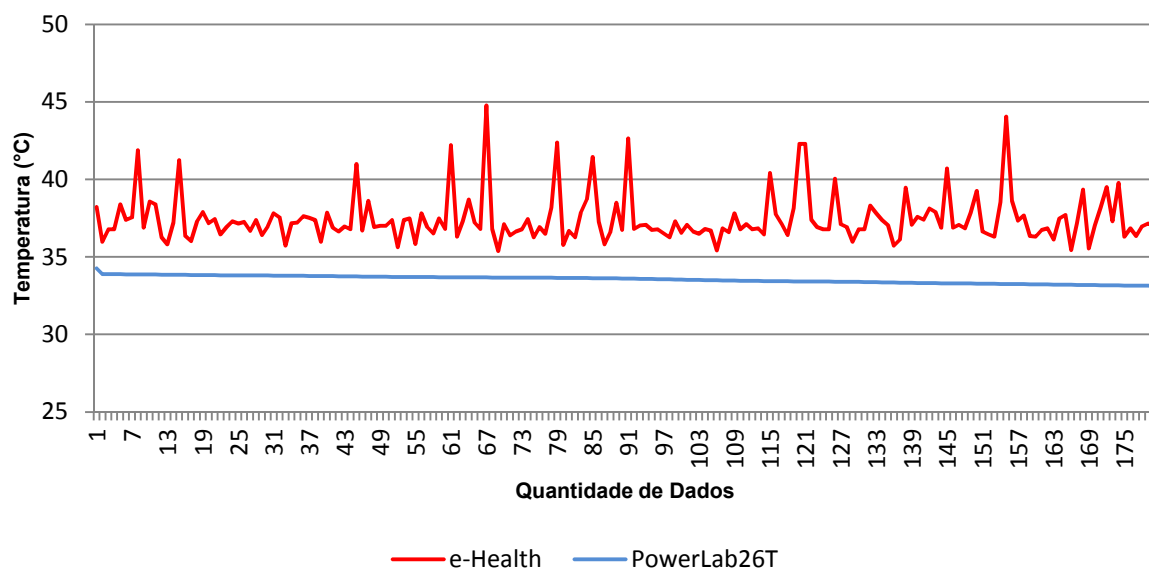
Os dados obtidos de temperatura através do conjunto e-Health variaram durante as 180 aferições realizadas de cada um dos cinco voluntários. Diferente disso, os valores captados pelo PowerLab (ADInstruments, 2017) se mostraram constantes ao longo do processo, porém, com valores abaixo daqueles obtidos pelo protótipo.

No Gráfico 6, a temperatura corporal do Voluntário 1 é mostrada. Percebe-se que os dados referentes ao protótipo registram, na maior parte do tempo, valores condizentes com as taxas consideradas normais para uma pessoa saudável, ou seja, entre 36,1°C e 37,2°C. Já o PowerLab (ADInstruments, 2017) indica temperaturas muito baixas, o que poderia ser considerado um estado de hipotermia do Voluntário 1.

Gráfico 6 – Temperatura Corporal: Voluntário 1

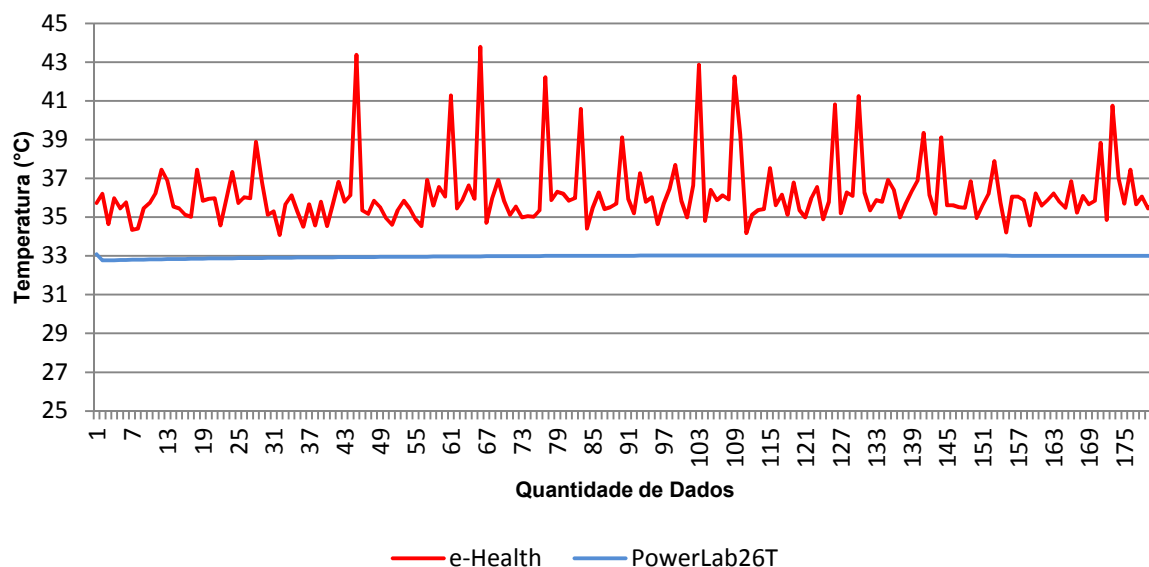
Fonte: O Autor (2017)

O Gráfico 7 mostra a evolução da temperatura corporal do Voluntário 2. As temperaturas captadas pelo PowerLab (ADInstruments, 2017) continuam abaixo dos valores considerados normais, enquanto que os valores aferidos pelo protótipo se mostraram mais semelhantes à normalidade.

Gráfico 7 – Temperatura Corporal: Voluntário 2

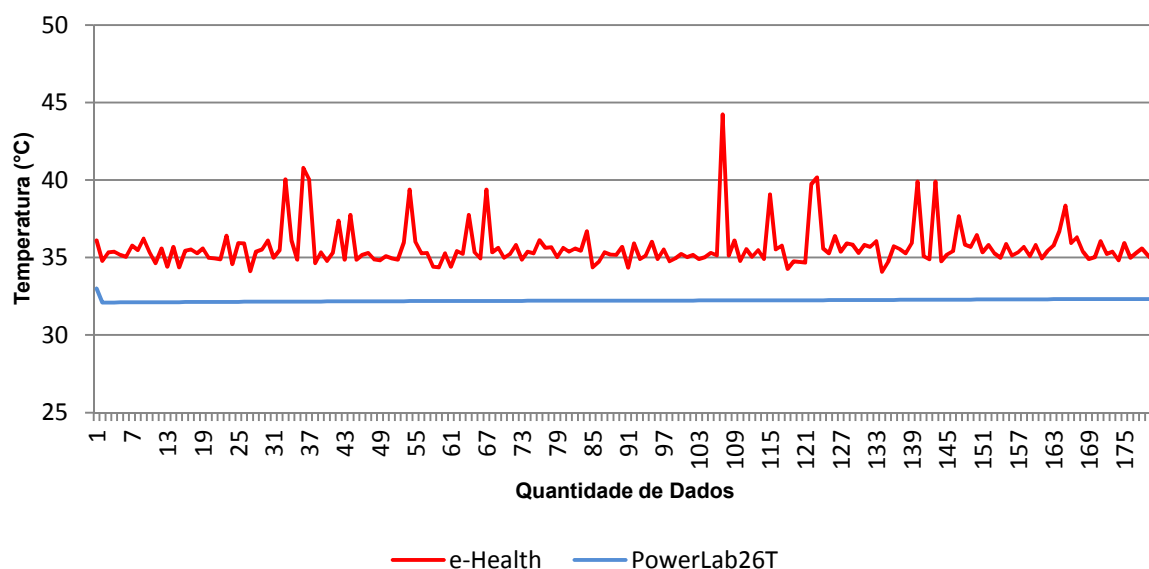
Fonte: O Autor (2017)

O Gráfico 8 indica os registros de temperatura corporal do Voluntário 3. Os valores também apresentam diferença entre os dados do protótipo e do PowerLab (ADInstruments, 2017).

Gráfico 8 – Temperatura Corporal: Voluntário 3

Fonte: O Autor (2017)

No Gráfico 9 os dados aferidos pelo PowerLab (ADInstruments, 2017) mostram valores abaixo da normalidade para uma pessoa saudável e os dados do protótipo estão próximos daqueles considerados ideais para a saúde.

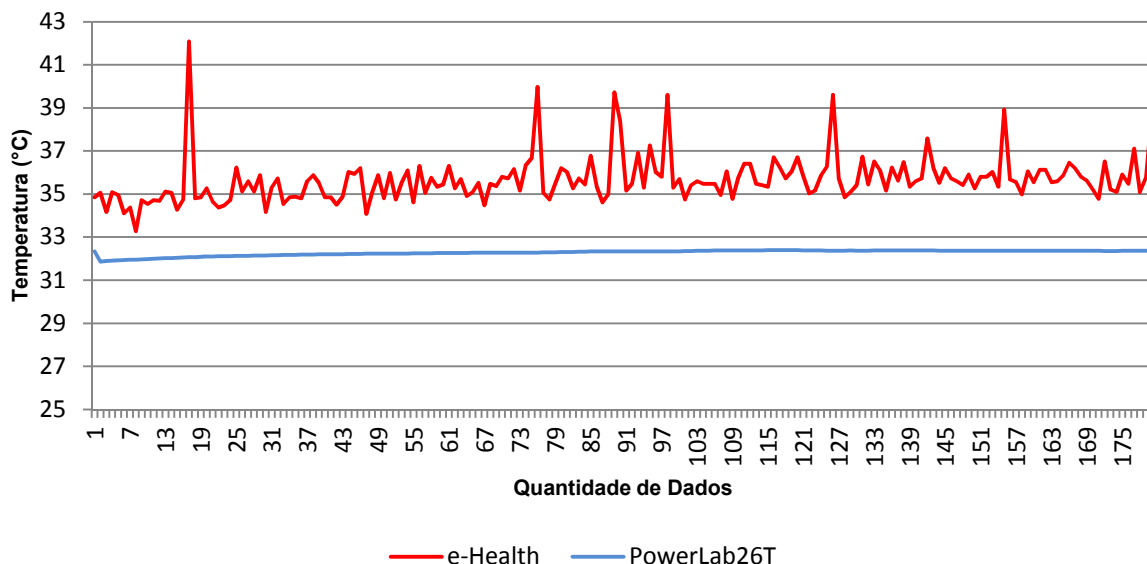
Gráfico 9 – Temperatura Corporal: Voluntário 4

Fonte: O Autor (2017)

O Voluntário 5 apresentou evolução da temperatura corporal conforme mostra o Gráfico 10. Os dados também se mostraram diferentes. Os valores captados pelo *shield* e-Health estiveram na maior parte do processo dentro da faixa de

normalidade, enquanto que as aferições do PowerLab (ADInstruments, 2017) ficaram muito abaixo.

Gráfico 10 – Temperatura Corporal: Voluntário 5



Fonte: O Autor (2017)

A Tabela 4 demonstra as médias de temperatura corporal de cada voluntário e as diferenças entre os meios utilizados para captação. É visto que os valores obtidos através do protótipo e-Health ficaram próximos daqueles considerados ideais para um indivíduo saudável, que seria entre 36,1°C e 37,2°C. Já os valores obtidos pelo PowerLab (ADInstruments, 2017), ficaram bem abaixo do referido intervalo.

Tabela 4 – Média de Temperatura Corporal

	Dados Coletados	Média de Temperatura Corporal (°C)		Diferença
		e-Health	PowerLab 26T	
Voluntário 1	180	36,67	32,54	12,70%
Voluntário 2	180	37,45	33,55	11,62%
Voluntário 3	180	36,20	32,97	9,80%
Voluntário 4	180	35,68	32,22	10,72%
Voluntário 5	180	35,66	32,28	10,50%

Fonte: O Autor (2017)

Tendo observado, durante testes preliminares, que os dados de temperatura corporal poderiam apresentar valores altos, o algoritmo do protótipo limitou as informações para análise, contabilizando apenas os valores entre 30°C e 41°C. Com isso a Tabela 5 indica as médias com a faixa de valores mencionada.

Tabela 5 – Temperatura Corporal: Dados Filtrados

	Dados Válidos	Relação Dados Válidos / Total de Dados	Média de Temperatura (°C) – Dados Válidos
Voluntário 1	175	97,22%	36,49
Voluntário 2	170	94,44%	37,16
Voluntário 3	173	96,11%	35,95
Voluntário 4	179	99,44%	35,63
Voluntário 5	179	99,44%	35,63

Fonte: O Autor (2017)

Analisando os gráficos dos voluntários, percebe-se que alguns valores de temperatura corporal ficaram acima de 39°C. A alteração do algoritmo poderia melhorar as médias apresentadas, aumentando os dados descartados, já que o filtro atual manteve mais de 90% dos dados totais (180).

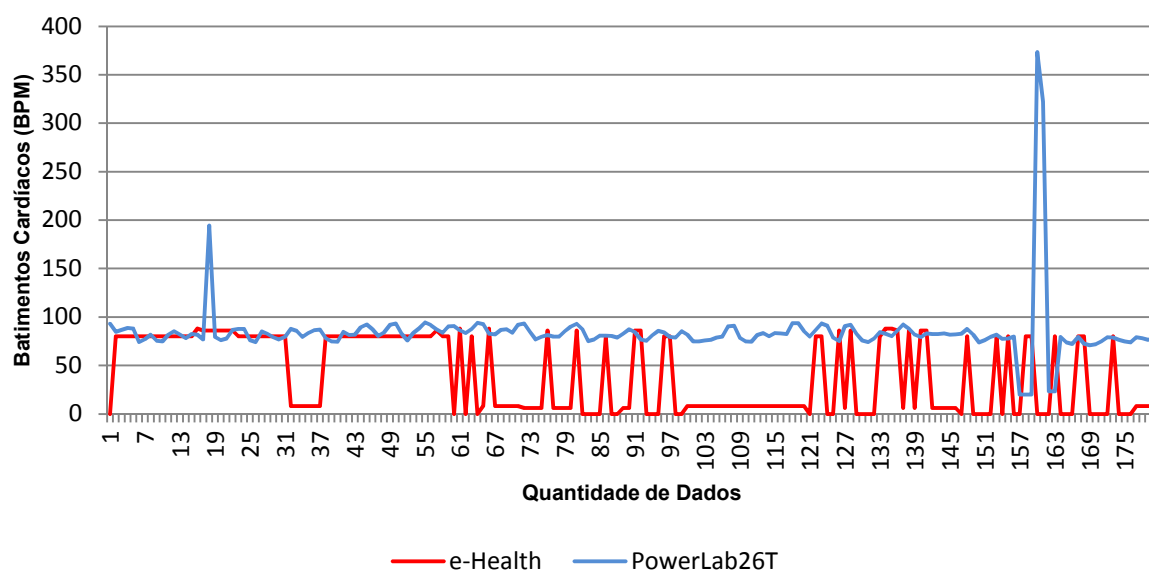
4.6.3 Batimentos Cardíacos

Os dados referentes aos batimentos cardíacos se mostraram os mais preocupantes. Isso porque o protótipo utilizando o *shield* e-Health apresentou valores bastante inconsistentes de todos os voluntários. A aferição do sinal vital realizada pelo sensor de oximetria se mostrou coerente nos valores indicados pelo *display* do sensor, mas após a captação do valor pelo *shield* e-Health para processamento, esses dados mudaram completamente.

Por sua vez, os dados adquiridos pelo PowerLab (ADInstruments, 2017) se mostraram coerentes e com variação normal do começo ao fim do experimento. Tais valores são possíveis de analisar através dos gráficos de cada voluntário.

O Gráfico 11 mostra o registro de batimentos cardíacos do Voluntário 1. Percebe-se que os dados referentes ao *shield* e-Health apresentam um comportamento inconsistente com variações bruscas de valores. Já os valores captados pelo PowerLab (ADInstruments, 2017) indicam poucos momentos de inconsistência.

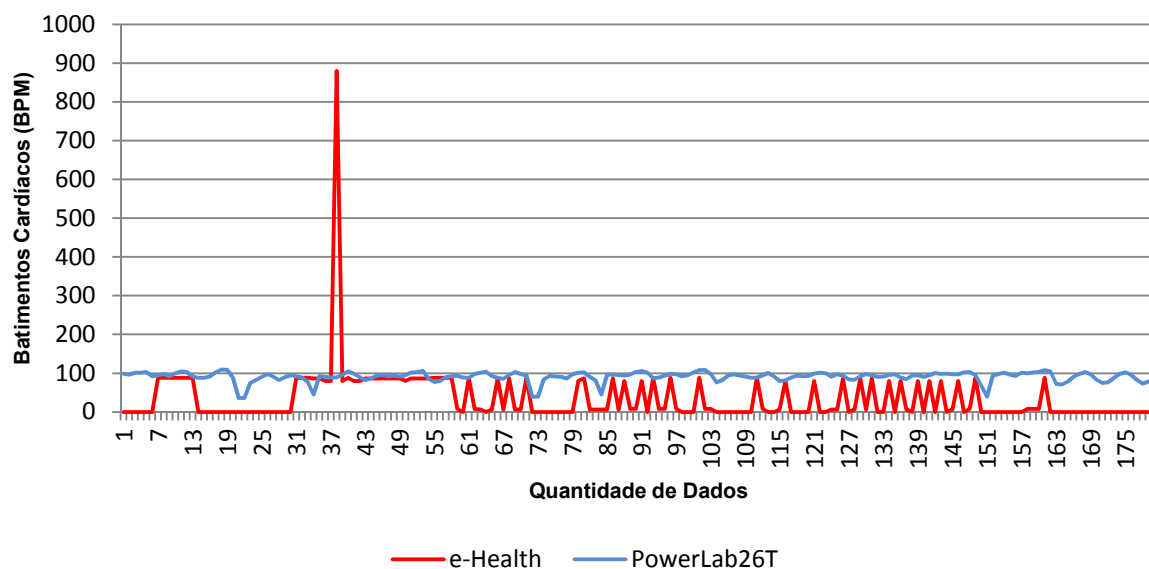
Gráfico 11 – Batimentos Cardíacos: Voluntário 1



Fonte: O Autor (2017)

O Gráfico 12 mostra os valores referentes ao Voluntário 2. Semelhante ao anterior, houve muita variação no processo com o *shield* e-Health e praticamente nenhuma do PowerLab (ADInstruments, 2017).

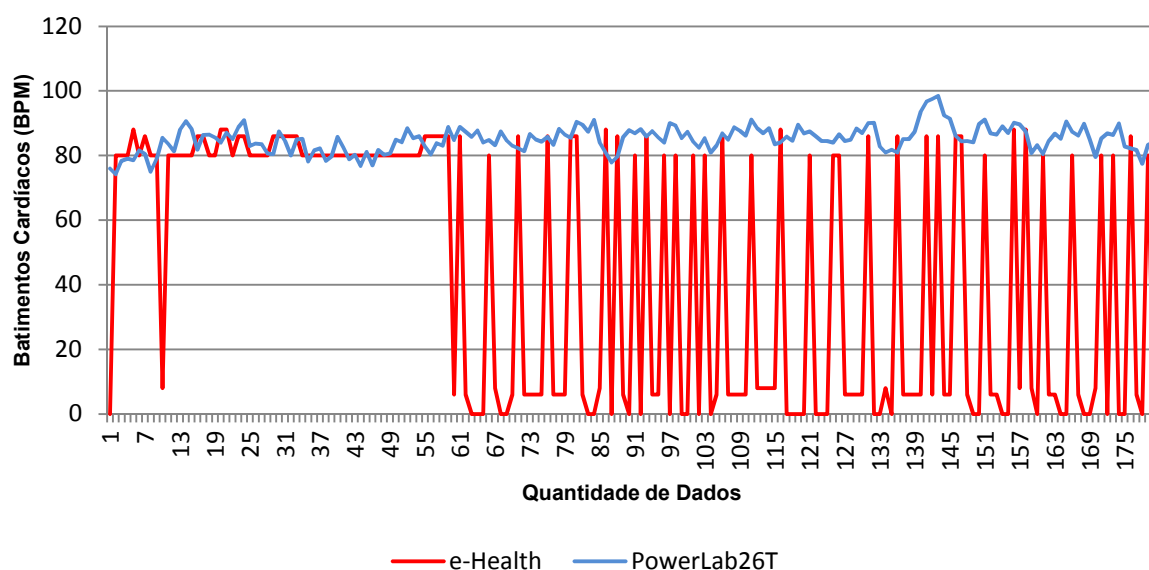
Gráfico 12 – Batimentos Cardíacos: Voluntário 2



Fonte: O Autor (2017)

Os batimentos cardíacos do Voluntário 3 são representados no Gráfico 13. Novamente é visto a precisão do PowerLab (ADInstruments, 2017) e a inconsistência do protótipo.

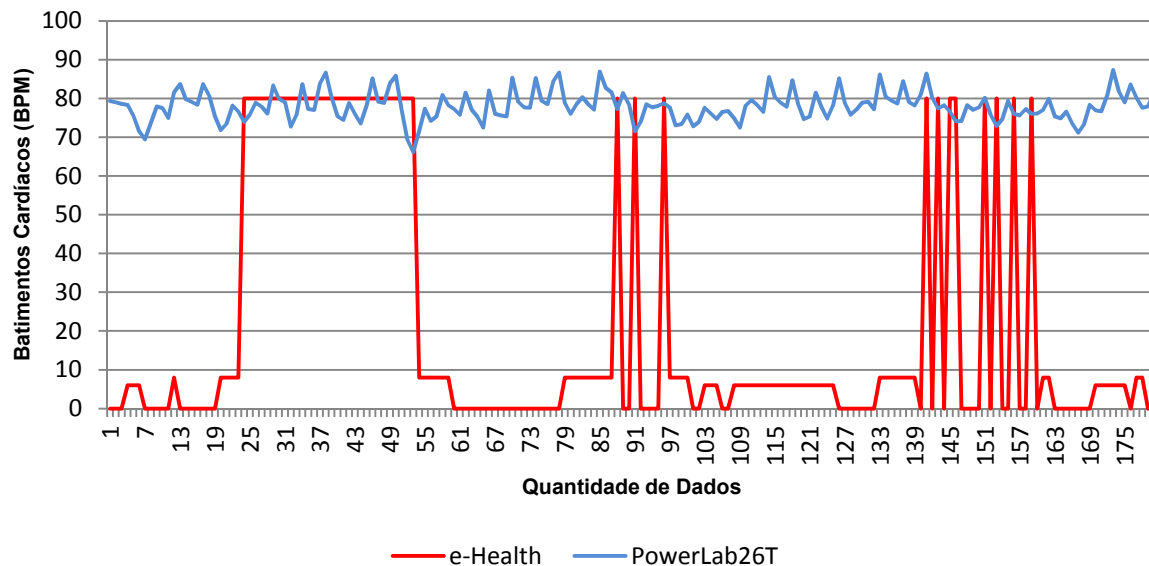
Gráfico 13 – Batimentos Cardíacos: Voluntário 3



Fonte: O Autor (2017)

O Gráfico 14 demonstra os batimentos cardíacos do Voluntário 4. Também são ilustrados os problemas na obtenção dos valores pelo *shield* e-Health.

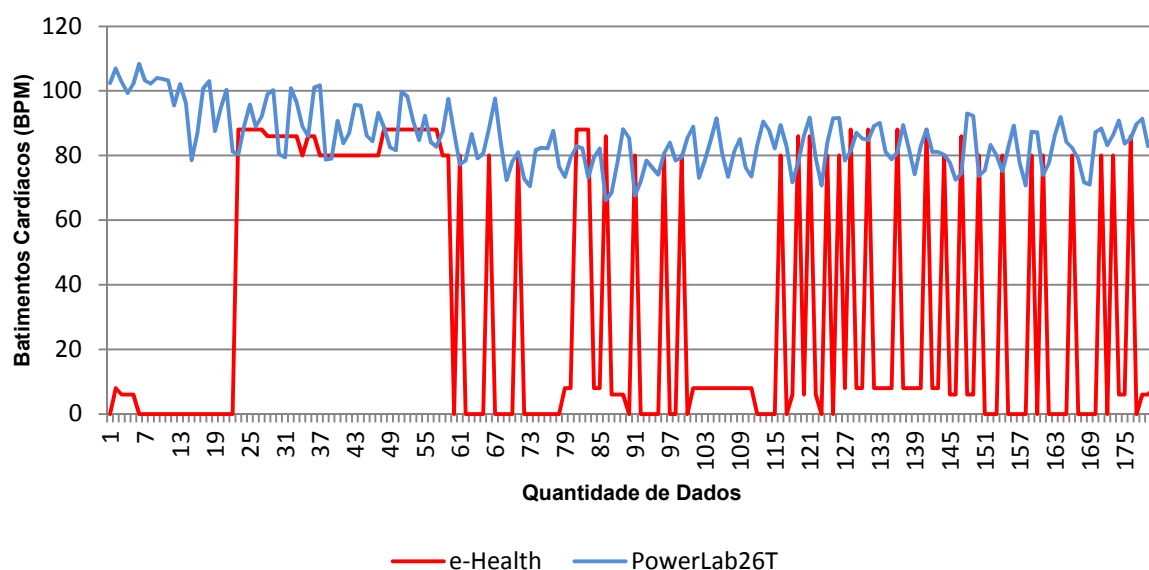
Gráfico 14 – Batimentos Cardíacos: Voluntário 4



Fonte: O Autor (2017)

Por fim, o Gráfico 15 representa os batimentos cardíacos do Voluntário 5. Semelhante aos anteriores, mostra a precisão do equipamento PowerLab (ADInstruments, 2017) e os dados duvidosos obtidos pelo protótipo com o *shield* e-Health.

Gráfico 15 – Batimentos Cardíacos: Voluntário 5



Fonte: O Autor (2017)

Graficamente analisando, os valores obtidos pelo *shield* e-Health do protótipo são duvidosos e, por isso, inconfiáveis. Os dados apresentaram praticamente os mesmos valores, sendo que o limite superior dos gráficos raramente passava dos 80 batimentos por minuto. Também se notou uma grande quantidade de valores zero, o que na prática é impossível de acontecer em um indivíduo saudável.

Para resumir, a Tabela 6 compara as médias de batimentos cardíacos dos voluntários entre os dois equipamentos utilizados (e-Health e PowerLab). É notória a divergência entre os valores, sendo que alguns quase atingem a margem de 300% de diferença.

Tabela 6 – Média de Batimentos Cardíacos

	Dados Coletados	Média de Batimentos Cardíacos (BPM)		Diferença
		e-Health	PowerLab 26T	
Voluntário 1	180	39,48	84,18	113,24%
Voluntário 2	180	34,43	91,08	164,51%
Voluntário 3	180	43,92	85,01	93,54%
Voluntário 4	180	20,78	78,00	275,40%
Voluntário 5	180	32,64	85,32	161,37%

Fonte: O Autor (2017)

De maneira semelhante ao que foi feito com os dados de temperatura corporal, a Tabela 7 ilustra as médias dos batimentos cardíacos contabilizando

valores acima de 30 e abaixo de 130 batimentos por minuto. Tais dados foram obtidos através do filtro contido no algoritmo do protótipo.

Tabela 7 – Batimentos Cardíacos: Dados Filtrados

	Dados Válidos	Relação Dados Válidos / Total de Dados	Média de Batimentos Cardíacos (BPM) – Dados Válidos
Voluntário 1	82	45,56%	81,73
Voluntário 2	60	33,33%	85,07
Voluntário 3	92	51,11%	82,57
Voluntário 4	41	22,78%	80,00
Voluntário 5	66	36,67%	83,65

Fonte: O Autor (2017)

Embora esse filtro aproxime as médias daquelas obtidas pelo PowerLab (ADInstruments, 2017), a quantidade de dados descartados é considerada alta pois em alguns casos foram ignorados aproximadamente 50% dos valores.

4.7 CONSIDERAÇÕES PÓS-TESTES

Com o término dos testes e análise dos resultados, alguns problemas enfrentados no processo envolvendo o protótipo com o *shield* e-Health necessitam atenção. Desde a qualidade dos dados obtidos até a ergonomia de uso dos sensores, alguns aspectos precisam ser melhorados.

Em relação ao sensor de respiração, o mesmo apresentou desconforto por parte dos voluntários. A falta de praticidade de fixação do mesmo também atrapalhou, sendo necessária a ajuda de um voluntário para mantê-lo fixo às narinas. Também atrapalhou o curto comprimento do cabo do sensor, sendo necessário que os voluntários ficassem muito próximos ao conjunto constituído pela placa Raspberry Pi e o *shield* e-Health. Em relação aos outros sensores, nenhuma consideração foi feita, podendo se supor que são confortáveis e práticos de utilizar.

Quanto aos dados obtidos, o maior problema se concentrou na aferição dos batimentos cardíacos. A grande inconsistência dos mesmos gerou desconfiança, mesmo aplicando filtros para selecionar faixas de valores através do algoritmo. Os dados de temperatura, embora diferentes daqueles obtidos com o PowerLab (ADInstruments, 2017), se mostraram coerentes, com poucos momentos de irregularidades. Os valores referentes à respiração revelaram-se os mais precisos no teste de comparação, indicando precisão na contagem de frequência respiratória.

4.7.1 Possibilidades de Melhoria

Após as análises e considerações sobre o projeto, alguns fatores se mostraram passíveis de serem melhorados. Além disso, implementações adicionais podem tornar o protótipo mais agradável e prático de operar. Entre as possibilidades de melhoria podemos citar:

- 1- Estudar a possibilidade de utilização de um sensor de aferição de frequência respiratória mais confortável e prático. A utilização de uma cinta elástica, semelhante à *Respiratory Belt Transducer* (ADInstruments, 2017) se mostraria ideal.
- 2- Investigar um método de aferição de batimentos cardíacos mais confiável, visto que o atual deixou a desejar no quesito precisão. A inconsistência apresentada pode estar relacionada na transmissão dos dados entre as placas e-Health, Raspberry Pi e a *bridge* que as une, visto que no protótipo desenvolvido por Aranda (2016), os dados se mostraram precisos.
- 3- Melhorar o algoritmo em relação à captação da temperatura corporal, a fim de tornar os dados mais estáveis e com menos oscilações. Devido a diferença entre os dados do *shield* e-Heath e do PowerLab (ADInstruments), seria interessante fazer a aferição sob a axila do voluntário, local que é comumente utilizados para obtenção da temperatura corporal e analisar os resultados para comprovar se os mesmos continuam se comportando conforme os apresentados nesse trabalho.
- 4- Incluir no projeto os demais sensores do *shield* e-Heath em conjunto com os testados nessa pesquisa, com o intuito de aumentar a gama de sinais vitais aferidos de um indivíduo.
- 5- Desenvolver uma interface gráfica para realizar as aferições, com o objetivo de tornar o processo mais prático e amigável.

Visto isso, é notório que ainda há muito trabalho na linha desse protótipo. As melhorias sugeridas, assim que efetuadas, certamente abrirão espaço para novas sugestões de aperfeiçoamento do mesmo.

CONCLUSÃO

Tendo explanado sobre as placas de prototipagem é possível perceber a enorme possibilidade de utilização das mesmas. Devido as suas características é notório que sua empregabilidade torna possível o desenvolvimento de variados projetos, com diferentes objetivos e em diversas áreas de atuação.

Visto isso, é possível perceber que o setor da saúde se apresenta como um campo vasto para experimentos que utilizam as placas de prototipagem. Projetos criados para essa área podem apresentar praticidade, precisão e modestos custos de implementação para alcançar objetivos específicos.

Esta pesquisa mostrou que a utilização das placas de prototipagem pode oferecer uma contribuição satisfatória no setor da saúde. Com o auxílio do *shield* e-Health e sensores específicos, o protótipo desenvolvido para aferição de sinais vitais ofereceu uma possibilidade de aceitação do mesmo no meio acadêmico, no que diz respeito a sua usabilidade de forma didática.

Embora alguns resultados não tenham apresentado a precisão esperada, a maior parte dos dados se mostrou condizente com os padrões da realidade. Caso consiga-se aprimorar o protótipo conforme a indicação das possibilidades de melhoria, talvez este possa se tornar bastante preciso e confiável para os fins a que é proposto. Os resultados referentes aos testes de aferição da temperatura corporal e frequência respiratória se mostraram coesos, o que atesta a eficiência do protótipo. Por outro lado, o monitoramento dos batimentos cardíacos deve ser melhorado. A sua utilização imediata é desaconselhável em função da pouca precisão de seus dados, diferentes dos outros sensores testados nesse projeto.

Em relação aos objetivos iniciais, o processo foi exitoso, visto que o protótipo desenvolvido teve seu tamanho físico reduzido em relação ao projeto original desenvolvido por Aranda (2016). Conseguiu-se aferir três sinais vitais distintos e de forma simultânea, adquirindo uma quantidade de dados significativos em um período de três minutos.

A utilização do PowerLab (ADInstruments, 2017) no experimento se mostrou essencial, pois o mesmo foi desenvolvido para obter dados precisos, consistentes e confiáveis, atendendo rigorosos padrões internacionais de segurança. O modelo utilizado, 26T, é considerado ideal para experimentos em sala de aula nas disciplinas da área da saúde (ADInstruments, 2017).

Em função da precisão do equipamento e sua certificação de qualidade ISO9001: 2008, o mesmo se tornou uma excelente referência para o protótipo da atual pesquisa, visto que o mesmo está sendo estudado para uso de forma didática nos laboratórios dos cursos da área da saúde da Universidade Feevale. Além disso, seu custo é muito inferior ao PowerLab 26T (ADInstruments, 2017), que tem preço estimado em torno de vinte mil reais.

Os resultados comparativos, em função da referência citada, tornaram o protótipo desse projeto rico em sua finalidade. Com ajustes, o mesmo poderá, em um futuro próximo, atuar de forma semelhante ao PowerLab 26T nos laboratórios da Universidade Feevale.

REFERÊNCIAS

ADINSTRUMENTS, 2017. Disponível em: <<https://www.adinstruments.com/company/our-story>>. Acesso em: 05 Nov. 2017.

AGNESE, S. D. APNEIA: TRATAMENTOS E CAUSA, 2017. Disponível em: <<http://www.minhavidacom.br/saude/temas/apneia>>. Acesso em: 15 Set. 2017.

ALENCAR, D. C., RODRIGUES, D. P., KODA, E. S., PARANHOS, L., LOSSIO, R. C., & NOGUEIRA, M. PROPOSTA DE PROTÓTIPO DE MONITOR DE TEMPERATURA CORPORAL UTILIZANDO SOFTWARE EMBARCADO E TEMPO REAL BASEADO EM COMPUTAÇÃO UBÍQUA, 2013. Disponível em: <http://www.fadep.br/engenharia-eletrica/congresso/pdf/118487_1.pdf>. Acesso em: 11 Jan. 2017.

ARANDA, J. A. S. INTERNET DAS COISAS: UM PROTÓTIPO USANDO A PLATAFORMA DE PROTOTIPAGEM ARDUINO E A PLACA E-HEALTH PARA A COLETA DE SINAIS VITAIS, 2016. Disponível em: <<http://biblioteca.feevale.br/monografia/MonografiaJorgeASAranda.pdf>>. Acesso em: 11 Jan. 2017.

ARDUINO UNO & GENUINO UNO, 2017. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>>. Acesso em: 10 Abr. 2017.

ARDUINO MEGA, 2017. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega>>. Acesso em: 10 Abr. 2017.

BE A NOOBS V1.3 BETA TESTER!, 2013. Disponível em: <<https://www.raspberrypi.org/blog/be-a-noobs-v1-3-beta-tester/>>. Acesso em: 08 Set. 2017.

CENTER MEDICAL, 2017. Disponível em: <<http://www.centermedical.com.br/monitor-de-sinais-vitais-bionet-multiparametrico-bm3/p>>. Acesso em: 15 Set. 2017.

COMPARE BOARD SPECS, 2017. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Products/Compare>>. Acesso em: 10 Abr. 2017.

COOKING HACKS, 2013. Disponível em: <<https://www.cooking-hacks.com/documentation/tutorials/ehealth-biometric-sensor-platform-arduino-raspberry-pi-medical/>>. Acesso em: 19 Abr. 2017.

CORSO, A. O CORPO APARELHADO: UM ESTUDO SOBRE TECNOLOGIAS E COMPUTADORES VESTÍVEIS NA CULTURA DO PÓS-HUMANO, 2015. Disponível em: <http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/46920498/Aline_Corso___dissertacao_final.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1493296396&Signature=xcEuc%2FvuNXY0cmMrGIQADMfx7m0%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DO_corpo_aparelhado_um_estudo_sobre_tecno.pdf>. Acesso em: 27 Abr. 2017.

DUARTE, R. L. M., SILVA, R. Z. M. & SILVEIRA, F. J. M. MÉTODOS RESUMIDOS NO DIAGNÓSTICO DA APNÉIA DO SONO, 2010. Disponível em: <http://www.sopterj.com.br/profissionais/_revista/2010/n_03-04/05.pdf>. Acesso em: 15 Set. 2017.

LABCHART, 2017. Disponível em: <<https://www.adinstruments.com/products/labchart>>. Acesso em: 05 Nov. 2017.

LILYPAD ARDUINO MAIN BOARD, 2017. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardLilyPad>>. Acesso em: 10 Abr. 2017.

LOURENÇO, D. M. F. DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA PARA RECOLHA, ARMAZENAMENTO, PROCESSAMENTO E ANÁLISE DE SINAIS BIOMÉTRICOS PARA CLASSIFICAÇÃO DE PROCESSOS FISIOLÓGICOS, 2016. Disponível em: <<https://estudogeral.sib.uc.pt/bitstream/10316/32562/1/Diana%20Louren%C3%A7o.pdf>>. Acesso em: 13 Jan. 2017.

LYNCH, W. QUAL A PORCENTAGEM DE SATURAÇÃO DE OXIGÊNIO É NORMAL?, 2017. Disponível em: <http://www.ehow.com.br/porcentagem-saturacao-oxigenio-normal-sobre_33320/>. Acesso em: 15 Set. 2017.

MAGALHÃES, S., ALBUQUERQUE, R. R., PINTO, J. C. & MOREIRA, A. L. TERMORREGULAÇÃO, 2001. Disponível em: <<http://www.uff.br/WebQuest/downloads/Termorreg.pdf>>. Acesso em: 15 Set. 2017.

MARTINEZ, M. HIPERTERMIA, 2017. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/fisiologia/hipertermia/>>. Acesso em: 15 Set. 2017.

MARTINEZ, M. HIPOTERMIA, 2017. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/fisiologia/hipotermia/>>. Acesso em: 15 Set. 2017.

MCROBERTS, M. Arduino Básico. 1ª ed. São Paulo: Editora Novatec, 2011.

PANISSON, L. S. DOS COMPUTADORES VESTÍVEIS ÀS ROUPAS PENSANTES: OS AVANÇOS TECNOLÓGICOS A SERVIÇO DA MODA E DA COMUNICAÇÃO, 2009. Disponível em: <http://coloquiomoda.hospedagemdesites.ws/anais/anais/2-Coloquio-de-Moda_2006/artigos/70.pdf>. Acesso em: 27 Abr. 2017.

POWERLAB, 2017. Disponível em: <<https://www.adinstruments.com/products/powerlab>>. Acesso em: 05 Nov. 2017.

PULSE TRANSDUCER, 2017. Disponível em: <<https://www.adinstruments.com/products/pulse-transducers>>. Acesso em: 05 Nov. 2017.

RASPBERRYPI MODELS COMPARISON, 2017. Disponível em: <<http://socialcompare.com/en/comparison/raspberrypi-models-comparison>>. Acesso em: 19 Abr. 2017.

RASPBERRY PI 1 MODEL A+, s.d.. Disponível em: <<https://www.raspberrypi.org/products/model-a-plus/>>. Acesso em: 24 Abr. 2017.

RASPBERRY PI 2 MODEL B, s.d.. Disponível em: <<https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-2-model-b/>>. Acesso em: 24 Abr. 2017.

RASPBERRY PI 3 MODEL B, s.d.. Disponível em: <<https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/>>. Acesso em: 19 Abr. 2017.

RAULINO, M. F. RASPBERRYPI E RFID NO MONITORAMENTO DE ATIVIDADES DE NATAÇÃO, 2013. Disponível em: <http://200.135.37.76/wiki/images/2/23/TCC_MarioFelipe.pdf>. Acesso em: 13 Jan. 2017.

RESEARCHGATE, 2014. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/268685128_Desenvolvimento_de_Aplicacoes_Ubiquas_com_Arduino_e_Raspbery_Pi>. Acesso em: 19 Abr. 2017.

RESPIRATORY BELT TRANSDUCER, 2017. Disponível em: <<https://www.adinstruments.com/products/respiratory-belt-transducer>>. Acesso em: 05 Nov. 2017.

RICHARDSON, M., & WALLACE, S. Primeiros Passos com o Raspberry Pi. 1ª ed. São Paulo: Editora Novatec, 2013.

SHIELDS, 2017. Disponível em: <<https://store.arduino.cc/usa/arduino/arduino-shields?p=2>>. Acesso em: 17 Abr. 2017.

SILVA, G. N. COMO USAR O APT, 2005. Disponível em: <<https://www.debian.org/doc/manuals/apt-howto/ch-apt-get.pt-br.html>>. Acesso em: 13 Set. 2017.

SKIN TEMPERATURE PROBES, 2017. Disponível em: <<https://www.adinstruments.com/products/skin-temperature-probes>>. Acesso em: 05 Nov. 2017.

SPARKFUN, s.d.. Disponível em: <<https://learn.sparkfun.com/tutorials/setting-up-raspbian-and-doom>>. Acesso em: 20 Abr. 2017.

WHAT IS ARDUINO, 2017. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>> . Acesso em: 10 Abr. 2017.

ZAMBON, L. S. HIPOTERMIA ACIDENTAL, 2014. Disponível em: <http://www.medicinanet.com.br/conteudos/revisoes/5949/hipotermia_acidental.htm>. Acesso em: 15 Set. 2017.

APÊNDICE A – FOLHA DE ROSTO PARA PESQUISAS ENVOLVENDO SERES HUMANOS



MINISTÉRIO DA SAÚDE - Conselho Nacional de Saúde - Comissão Nacional de Ética em Pesquisa – CONEP

FOLHA DE ROSTO PARA PESQUISA ENVOLVENDO SERES HUMANOS

1. Projeto de Pesquisa: COMPARATIVO NA AFERIÇÃO DE SINAIS VITAIS ENTRE PLACAS DE PROTOTIPAGEM COM SHIELD E-HEALTH E INSTRUMENTOS TRADICIONAIS DA ÁREA DA SAÚDE			
2. Número de Participantes da Pesquisa: 5			
3. Área Temática: Equipamentos e dispositivos terapêuticos, novos ou não registrados no País;			
4. Área do Conhecimento: Grande Área 1. Ciências Exatas e da Terra , Grande Área 4. Ciências da Saúde			
PESQUISADOR RESPONSÁVEL			
5. Nome: VANDERSILVIO DA SILVA			
6. CPF: 413.667.350-72		7. Endereço (Rua, n.º): rua Tiradentes,69 Vista alegre IVOTI RIO GRANDE DO SUL 93900000	
8. Nacionalidade: BRASILEIRO	9. Telefone: 51999988894	10. Outro Telefone:	11. Email: vandersilvio@feevale.br
Termo de Compromisso: Declaro que conheço e cumprirei os requisitos da Resolução CNS 466/12 e suas complementares. Comprometo-me a utilizar os materiais e dados coletados exclusivamente para os fins previstos no protocolo e a publicar os resultados sejam eles favoráveis ou não. Aceito as responsabilidades pela condução científica do projeto acima. Tenho ciência que essa folha será anexada ao projeto devidamente assinada por todos os responsáveis e fará parte integrante da documentação do mesmo. Data: <u>09 / 10 / 17</u> Assinatura			
INSTITUIÇÃO PROPONENTE			
12. Nome: ASSOCIACAO PRO ENSINO SUPERIOR EM NOVO HAMBURGO		13. CNPJ: 91.693.531/0001-62	
14. Unidade/Órgão:			
15. Telefone: (51) 3586-8800		16. Outro Telefone:	
Termo de Compromisso (do responsável pela instituição): Declaro que conheço e cumprirei os requisitos da Resolução CNS 466/12 e suas Complementares e como esta instituição tem condições para o desenvolvimento deste projeto, autorizo sua execução. Responsável: <u>LUIS ANDRE TRISAT WERLANG</u> CPF: <u>696.830.930-00</u> Cargo/Função: <u>DIRETOR IGET</u> Data: <u>09 / 10 / 17</u> Assinatura			
PATROCINADOR PRINCIPAL			
Não se aplica.			

APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO



Página 1 de 2

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Você está sendo convidado a participar do TCC de graduação intitulado: Comparativo na Aferição de Sinais Vitais entre Placas de Prototipagem com Shield e-Health e Instrumentos Tradicionais da Área da Saúde. O trabalho será realizado pelo acadêmico Fabian Steigleder do curso de Ciência da Computação da Universidade Feevale, orientado pelo pesquisador responsável, professor Me. Vandersilvio da Silva. Os objetivos deste estudo são: Aferir os sinais vitais de voluntários através de um protótipo constituído por placas eletrônicas. O conjunto será conectado a um monitor para exibição dos resultados. Os dados obtidos serão comparados com as aferições efetuadas por profissionais da área da saúde da Universidade Feevale, utilizando seus tradicionais equipamentos médicos. Tal experimento comprovará a eficácia ou não do protótipo citado. Os sinais vitais aferidos na pesquisa serão: Temperatura corporal através de um sensor específico do protótipo e termômetros digitais da equipe da saúde, além de batimentos cardíacos através de oxímetros específicos tanto do protótipo, quanto da área da saúde. Essas aferições serão realizadas de forma simultânea.

Sua participação nesta pesquisa será voluntária e consistirá em ter os seus sinais vitais aferidos de forma simultânea através dos dispositivos citados. Serão conectados um oxímetro no dedo indicador da mão direita e um termômetro digital sob a axila do braço direito para captura de dados através do método tradicional utilizado por profissionais da área da saúde, a fim de se obter, respectivamente, batimentos cardíacos e temperatura corporal. De forma semelhante, outro oxímetro será acoplado no dedo indicador da mão esquerda e um sensor será conectado no pulso esquerdo do voluntário a fim de aferir os sinais vitais com a utilização do protótipo construído. Essas aferições serão realizadas de forma simultânea. Após isso, o voluntário se exercitará subindo alguns degraus do prédio onde se localiza o laboratório de enfermagem da Universidade Feevale e, quando retornar, será submetido novamente à aferição dos mesmos sinais e utilizando os mesmos métodos. O intuito é obter valores diferentes em função do aquecimento do corpo e alterações cardiorrespiratórias em função do exercício físico realizado. O procedimento durará de três a cinco minutos para a aferição com o voluntário em repouso e o mesmo período após a realização do exercício físico (subir os degraus da escada do prédio).

Não haverá riscos relacionados à sua participação no experimento.

O pesquisador responsável e a Universidade Feevale proporcionarão assistência imediata e integral aos participantes da pesquisa no que se refere às possíveis complicações e danos decorrentes. Os participantes da pesquisa que vierem a sofrer qualquer tipo de dano resultante de sua participação na pesquisa, previsto ou não neste documento, têm direito à indenização, por



parte do pesquisador, do patrocinador e das instituições envolvidas nas diferentes fases da pesquisa.

A sua participação nesta pesquisa estará contribuindo para: validar novos métodos de aferições de sinais vitais, oferecendo à área de saúde alternativa viável e de baixo custo para uso didático em laboratório.

Garantimos o sigilo de seus dados de identificação primando pela privacidade e por seu anonimato. Manteremos em arquivo, sob nossa guarda, por cinco anos, todos os dados e documentos da pesquisa. Depois de transcorrido esse período, os mesmos serão destruídos. Os dados obtidos a partir desta pesquisa não serão usados para outros fins além dos previstos neste documento.

Você tem a liberdade de optar pela participação na pesquisa e retirar o consentimento a qualquer momento, sem a necessidade de comunicar-se com o(s) pesquisador(es).

Este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido será rubricado em todas as folhas e assinado em duas vias, permanecendo uma com você e a outra deverá retornar ao pesquisador. Abaixo, você tem acesso ao telefone e endereço eletrônico institucional do pesquisador responsável, podendo esclarecer suas dúvidas sobre o projeto a qualquer momento no decorrer da pesquisa.

Nome do pesquisador responsável: Me. Vandersilvio da Silva.

Telefone institucional do pesquisador responsável: (51) 3586-8800

E-mail institucional do pesquisador responsável: vandersilvio@feevale.br

Assinatura do pesquisador responsável

Local e data: _____, _____ de _____ 2017.

Declaro que li o TCLE: concordo com o que me foi exposto e aceito participar da pesquisa proposta.

Assinatura do participante da pesquisa

APROVADO PELO CEP/FEEVALE – TELEFONE: (51) 3586-8800 Ramal 9000

E-mail: cep@feevale.br

APÊNDICE C – DECLARAÇÃO DE COMPROMISSO DE PESQUISADOR RESPONSÁVEL



Declaração de Compromisso de Pesquisador Responsável

Eu, Vandersilvio da Silva, pesquisador responsável pelo projeto intitulado Comparativo na Aferição de Sinais Vitais entre Placas de Prototipagem com Shield e-Health e Instrumentos Tradicionais da Área da Saúde, estou ciente e cumprirei os termos da Resolução Nº 466 de 2012 do Conselho Nacional de Saúde do Ministério da Saúde e declaro: (a) que a coleta de dados não foi iniciada; (b) prever procedimentos que assegurem a confidencialidade e a privacidade, a proteção da imagem e a não estigmatização dos participantes da pesquisa, garantindo a não utilização das informações em prejuízo das pessoas e/ou das comunidades, inclusive em termos de autoestima, de prestígios e/ou de aspectos econômico-financeiros; (c) tornar os resultados desta pesquisa públicos sejam eles favoráveis ou não; (d) comunicar ao CEP as alterações no projeto de pesquisa através de comunicação protocolada e atender a solicitação de informações; (e) apresentar o relatório final do presente projeto ao final do estudo via Plataforma Brasil.

Novo Hamburgo, 09 de Outubro de 2017.

Assinatura do Pesquisador Responsável

APÊNDICE D – PARECER CONSUBSTANCIADO DA COMISSÃO DE ÉTICA EM PESQUISA DA UNIVERSIDADE FEEVALE



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: COMPARATIVO NA AFERIÇÃO DE SINAIS VITAIS ENTRE PLACAS DE PROTOTIPAGEM COM SHIELD E-HEALTH E INSTRUMENTOS TRADICIONAIS DA ÁREA DA SAÚDE

Pesquisador: VANDERSILVIO DA SILVA

Área Temática: Equipamentos e dispositivos terapêuticos, novos ou não registrados no País;

Versão: 3

CAAE: 77125817.2.0000.5348

Instituição Proponente: ASSOCIACAO PRO ENSINO SUPERIOR EM NOVO HAMBURGO

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.343.277

Apresentação do Projeto:

De acordo

Objetivo da Pesquisa:

De acordo

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

De acordo

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

De acordo

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

De acordo

Recomendações:

Não há

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

De acordo.

Considerações Finais a critério do CEP:

Em conformidade com a Resolução nº 466 de 12 de dezembro de 2012, do Conselho Nacional de

Endereço: RS 239, nº 2755

Bairro: Vila Nova

CEP: 93.525-075

UF: RS

Município: NOVO HAMBURGO

Telefone: (51)3586-8800

Fax: (51)3586-8800

E-mail: ranieli@feevale.br



Continuação do Parecer: 2.343.277

Saúde, e com as normas internas do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Feevale, todos os documentos necessários à análise do projeto acima referido por este Comitê foram apresentados.

Este projeto preserva os aspectos éticos dos sujeitos da pesquisa, sendo, portanto, aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Feevale.

Reiteramos que o Comitê de Ética em Pesquisa da Instituição encontra-se à sua disposição para equacionar eventuais dúvidas e/ou esclarecimentos que se fizerem necessários.

O presente projeto, seguiu nesta data para análise da CONEP e só tem o seu início autorizado após a aprovação pela mesma.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BASICAS_DO_PROJETO_989964.pdf	18/10/2017 10:48:09		Aceito
Declaração de Pesquisadores	PesquisadorResponsavel.pdf	18/10/2017 10:47:26	FABIAN STEIGLEDER	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	18/10/2017 10:42:21	FABIAN STEIGLEDER	Aceito
Folha de Rosto	folhaDeRosto.pdf	18/10/2017 10:40:58	FABIAN STEIGLEDER	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Anteprojeto.pdf	20/09/2017 12:29:08	VANDERSILVIO DA SILVA	Aceito
Outros	EncaminhamentoCEP.pdf	20/09/2017 12:27:18	VANDERSILVIO DA SILVA	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Sim

Endereço: RS 239, nº 2755

Bairro: Vila Nova

CEP: 93.525-075

UF: RS

Município: NOVO HAMBURGO

Telefone: (51)3586-8800

Fax: (51)3586-8800

E-mail: ranieli@feevale.br



Continuação do Parecer: 2.343.277

NOVO HAMBURGO, 23 de Outubro de 2017

Assinado por:
Ranieli Gehlen Zapelini
(Coordenador)

Endereço: RS 239, nº 2755
Bairro: Vila Nova
UF: RS **Município:** NOVO HAMBURGO **CEP:** 93.525-075
Telefone: (51)3586-8800 **Fax:** (51)3586-8800 **E-mail:** ranieli@feevale.br

APÊNDICE E – QUESTIONÁRIO RESPONDIDO PELO PROFESSOR DA ÁREA DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE FEEVALE PARTICIPANTE DO EXPERIMENTO



Questionário a respeito do Trabalho de Conclusão de Curso intitulado “Comparativo na Aferição de Sinais Vitais entre Placas de Prototipagem com Shield e-Health e Instrumentos Tradicionais da Área da Saúde”, destinado ao professor da área da saúde responsável pela coleta de dados para o experimento.

- 1) O senhor conhece ou já ouviu falar sobre placas de prototipagem?
(x) Sim () Não
- 2) O senhor conhece projetos da área da saúde que utilizam placas de prototipagem?
(x) Sim () Não
- 3) O senhor conhece a placa e-Health, projetada pela Cooking Hacks (divisão de hardware aberto da empresa Libelium) que é utilizada para aferição de sinais vitais?
(x) Sim () Não
- 4) Após conhecer o protótipo criado utilizando placas de prototipagem e a placa e-Health, o senhor acha válido esse tipo de pesquisa integrando as ciências exatas e as ciências da saúde?
(x) Sim () Não
- 5) Após observar os resultados obtidos pelo protótipo, o senhor diria que tais resultados são úteis para os profissionais e acadêmicos da área da saúde?
(x) Sim () Não
- 6) Após ajustes e implementações no protótipo, o senhor acha que, no futuro, o mesmo poderia auxiliar de forma didática os professores e acadêmicos da área da saúde?
(x) Sim () Não
- 7) O senhor recomendaria a continuação dessa pesquisa no que diz respeito a implementação de novos sensores com intuito de aumentar a gama de sinais vitais aferidos pelo protótipo e seu posterior uso de forma didática?
(x) Sim () Não

Sugestões e/ou comentários:

A pesquisa é muito válida. Dispor de equipamentos de baixo custo e alta portabilidade enriqueceria muito as atividades práticas nos componentes curriculares em que atuo.

APÊNDICE F – DADOS COLETADOS PELO PROTÓTIPO: VOLUNTÁRIO 1

	Respiração	Temperatura	Batimentos
1	2	34,95	0
2	82	37,33	80
3	1	40,54	80
4	0	36,16	80
5	1	43,38	80
6	92	35,37	80
7	2	34,68	80
8	0	35,48	80
9	62	35,87	80
10	59	35,59	80
11	0	35,76	80
12	1	36,02	80
13	85	34,91	80
14	43	35,41	80
15	0	35,44	80
16	1	36,92	88
17	88	36,67	86
18	44	35,34	86
19	0	35,27	86
20	7	35,34	86
21	55	35,48	86
22	4	35,73	86
23	0	34,95	80
24	64	36,23	80
25	87	36,20	80
26	57	35,48	80
27	0	44,00	80
28	0	35,66	80
29	87	35,59	80
30	75	36,34	80
31	4	35,76	80
32	0	35,51	8
33	36	36,05	8
34	89	39,38	8
35	1	35,80	8
36	0	36,60	8
37	4	36,20	8
38	102	36,16	80
39	98	35,20	80
40	12	36,38	80
41	0	35,87	80
42	0	35,12	80
43	104	36,41	80
44	0	36,30	80
45	0	36,45	80
46	70	36,34	80
47	96	35,73	80
48	1	35,91	80
49	0	37,37	80
50	0	36,60	80
51	109	36,34	80
52	120	34,91	80

	Respiração	Temperatura	Batimentos
53	43	36,56	80
54	0	35,69	80
55	0	36,41	80
56	83	37,18	80
57	102	36,23	86
58	51	36,74	80
59	0	36,41	80
60	51	36,16	0
61	85	35,48	88
62	0	37,33	0
63	0	37,15	80
64	0	35,30	0
65	110	36,67	8
66	72	36,27	88
67	0	36,89	8
68	0	37,59	8
69	73	36,23	8
70	60	36,41	8
71	0	36,30	8
72	0	36,70	6
73	109	36,12	6
74	87	36,09	6
75	4	40,01	6
76	0	36,34	86
77	85	35,59	6
78	66	37,03	6
79	1	36,20	6
80	0	37,03	6
81	2	37,00	86
82	82	35,73	0
83	65	35,98	0
84	48	36,12	0
85	0	36,45	0
86	1	36,89	80
87	82	36,49	0
88	24	35,66	0
89	0	37,03	6
90	0	36,38	6
91	83	36,34	86
92	54	37,15	86
93	2	35,98	0
94	3	36,27	0
95	2	36,81	0
96	81	43,73	80
97	35	36,92	80
98	0	37,89	0
99	0	39,81	0
100	79	35,94	8
101	93	42,21	8
102	4	36,34	8
103	1	36,96	8
104	1	36,63	8

	Respiração	Temperatura	Batimentos
105	1	36,81	8
106	32	37,22	8
107	1	37,52	8
108	3	35,05	8
109	138	37,11	8
110	6	36,38	8
111	18	36,45	8
112	1	36,23	8
113	0	35,73	8
114	100	36,20	8
115	95	36,49	8
116	33	37,78	8
117	2	36,41	8
118	0	37,96	8
119	34	35,48	8
120	75	36,67	8
121	23	36,23	0
122	0	38,69	80
123	0	36,41	80
124	64	35,91	0
125	84	37,11	0
126	47	36,16	86
127	0	36,60	6
128	1	36,05	86
129	74	36,96	0
130	53	35,66	0
131	17	37,11	0
132	0	36,74	0
133	11	36,78	80
134	49	36,49	88
135	15	36,30	88
136	0	35,84	86
137	1	36,63	6
138	69	36,56	86
139	52	37,22	6
140	2	36,78	86
141	0	36,67	86
142	50	37,29	6
143	18	36,34	6
144	1	36,96	6
145	9	36,20	6
146	25	37,18	6
147	20	36,05	0
148	1	41,16	80
149	46	36,27	0
150	61	36,41	0
151	2	37,29	0
152	0	36,92	0
153	9	35,76	80
154	49	36,16	0
155	2	36,60	80
156	1	36,16	0

	Respiração	Temperatura	Batimentos
157	45	36,27	0
158	39	36,41	80
159	2	36,92	80
160	1	36,05	0
161	30	36,23	0
162	3	36,96	0
163	12	40,05	80
164	1	36,89	0
165	33	36,30	0
166	3	37,89	0
167	0	36,38	80
168	68	37,11	80
169	16	36,78	0
170	2	37,22	0
171	3	36,23	0
172	0	36,60	0
173	43	35,80	80
174	61	36,70	0
175	23	36,74	0
176	10	38,27	0
177	0	37,03	8
178	2	36,78	8
179	57	38,69	8
180	2	38,08	8

APÊNDICE G – DADOS COLETADOS PELO PROTÓTIPO: VOLUNTÁRIO 2

	Respiração	Temperatura	Batimentos
1	4	38,23	0
2	45	35,98	0
3	34	36,78	0
4	0	36,78	0
5	1	38,38	0
6	45	37,37	0
7	59	37,55	88
8	3	41,87	88
9	36	36,89	88
10	0	38,57	88
11	1	38,38	88
12	2	36,27	88
13	48	35,80	88
14	48	37,22	0
15	32	41,24	0
16	6	36,34	0
17	1	36,02	0
18	1	37,29	0
19	2	37,89	0
20	37	37,18	0
21	47	37,44	0
22	40	36,45	0
23	27	36,92	0
24	17	37,29	0
25	0	37,15	0
26	1	37,26	0
27	37	36,67	0
28	32	37,37	0
29	1	36,41	0
30	1	36,96	0
31	2	37,81	88
32	38	37,55	88
33	37	35,73	88
34	16	37,18	86
35	2	37,22	86
36	21	37,63	80
37	43	37,52	80
38	31	37,37	880
39	0	35,98	80
40	0	37,85	88
41	2	36,89	80
42	41	36,63	80
43	2	36,96	86
44	31	36,78	86
45	1	40,99	86
46	1	36,70	86
47	37	38,61	86
48	42	36,92	86
49	35	37,00	86
50	1	37,00	80
51	1	37,37	86
52	2	35,62	86

	Respiração	Temperatura	Batimentos
53	34	37,37	86
54	45	37,48	86
55	30	35,84	88
56	19	37,81	88
57	1	36,92	88
58	1	36,52	88
59	34	37,48	8
60	34	36,81	0
61	28	42,21	88
62	0	36,30	8
63	1	37,29	6
64	2	38,69	0
65	46	37,22	6
66	33	36,81	86
67	26	44,77	6
68	1	36,81	86
69	1	35,37	6
70	3	37,11	6
71	40	36,38	88
72	30	36,63	0
73	23	36,78	0
74	1	37,44	0
75	1	36,27	0
76	20	36,92	0
77	39	36,49	0
78	26	38,19	0
79	1	42,38	0
80	1	35,76	80
81	4	36,67	86
82	41	36,27	6
83	28	37,85	6
84	22	38,72	6
85	1	41,45	6
86	0	37,26	86
87	33	35,80	6
88	33	36,60	80
89	7	38,49	8
90	3	36,74	8
91	2	42,64	80
92	40	36,81	0
93	33	37,03	88
94	24	37,07	8
95	3	36,74	8
96	2	36,78	88
97	25	36,52	8
98	30	36,27	0
99	25	37,29	0
100	4	36,56	0
101	1	37,07	88
102	2	36,63	8
103	34	36,49	8
104	29	36,81	0

	Respiração	Temperatura	Batimentos
105	1	36,70	0
106	1	35,41	0
107	1	36,85	0
108	20	36,60	0
109	24	37,81	0
110	15	36,78	0
111	30	37,11	88
112	2	36,78	8
113	1	36,85	0
114	39	36,45	0
115	37	40,41	6
116	24	37,74	80
117	1	37,11	0
118	1	36,41	0
119	35	38,15	0
120	25	42,30	0
121	0	42,30	80
122	2	37,40	0
123	42	36,92	0
124	21	36,78	6
125	1	36,78	6
126	6	40,05	86
127	39	37,11	0
128	18	36,92	6
129	1	35,98	86
130	1	36,78	6
131	26	36,78	86
132	38	38,30	0
133	2	37,81	0
134	1	37,37	80
135	7	37,03	0
136	40	35,73	80
137	25	36,12	6
138	1	39,46	0
139	2	37,07	80
140	40	37,59	0
141	5	37,40	80
142	1	38,12	0
143	25	37,89	80
144	6	36,89	0
145	24	40,70	6
146	2	36,89	80
147	1	37,07	0
148	1	36,85	8
149	38	37,85	88
150	42	39,26	0
151	23	36,63	0
152	1	36,45	0
153	1	36,30	0
154	2	38,53	0
155	40	44,05	0
156	36	38,61	0

	Respiração	Temperatura	Batimentos
157	3	37,33	0
158	23	37,67	8
159	1	36,34	8
160	1	36,30	8
161	1	36,74	88
162	25	36,85	0
163	38	36,12	0
164	27	37,48	0
165	15	37,70	0
166	1	35,44	0
167	2	37,18	0
168	5	39,34	0
169	32	35,55	0
170	32	37,03	0
171	24	38,19	0
172	16	39,50	0
173	1	37,29	0
174	1	39,77	0
175	2	36,30	0
176	31	36,85	0
177	34	36,34	0
178	24	36,96	0
179	4	37,15	0
180	1	37,03	0

APÊNDICE H – DADOS COLETADOS PELO PROTÓTIPO: VOLUNTÁRIO 3

	Respiração	Temperatura	Batimentos
1	1	35,73	0
2	80	36,20	80
3	0	34,64	80
4	19	35,98	80
5	107	35,44	88
6	0	35,76	80
7	11	34,34	86
8	91	34,41	80
9	0	35,44	80
10	0	35,73	8
11	111	36,23	80
12	17	37,44	80
13	0	36,89	80
14	52	35,55	80
15	143	35,44	80
16	0	35,12	86
17	0	35,02	86
18	68	37,44	80
19	132	35,84	80
20	0	35,94	88
21	40	35,98	88
22	115	34,58	80
23	0	35,98	86
24	8	37,33	86
25	104	35,73	80
26	0	36,02	80
27	40	35,98	80
28	119	38,88	80
29	0	36,78	86
30	0	35,12	86
31	113	35,30	86
32	44	34,07	86
33	0	35,66	86
34	84	36,12	80
35	65	35,30	80
36	0	34,51	80
37	70	35,66	80
38	96	34,58	80
39	0	35,80	80
40	0	34,54	80
41	124	35,66	80
42	59	36,81	80
43	0	35,80	80
44	102	36,12	80
45	0	43,38	80
46	114	35,34	80
47	0	35,16	80
48	79	35,84	80
49	0	35,51	80
50	103	34,95	80
51	2	34,61	80
52	1	35,37	80

	Respiração	Temperatura	Batimentos
53	70	35,84	80
54	0	35,44	80
55	98	34,91	86
56	0	34,54	86
57	41	36,92	86
58	1	35,59	86
59	65	36,56	86
60	3	36,05	6
61	0	41,28	86
62	108	35,44	6
63	0	35,91	0
64	66	36,63	0
65	0	35,94	0
66	54	43,78	80
67	3	34,71	8
68	1	35,98	0
69	118	36,92	0
70	0	35,84	6
71	108	35,12	86
72	0	35,55	6
73	2	34,98	6
74	99	35,05	6
75	0	35,02	6
76	103	35,34	86
77	0	42,21	6
78	0	35,87	6
79	131	36,30	6
80	2	36,20	86
81	0	35,84	86
82	93	35,98	6
83	0	40,58	0
84	8	34,41	0
85	88	35,48	8
86	0	36,27	88
87	94	35,41	0
88	0	35,51	86
89	1	35,69	6
90	126	39,11	0
91	1	35,94	80
92	4	35,20	0
93	60	37,26	86
94	0	35,80	6
95	108	36,02	6
96	0	34,64	80
97	0	35,69	0
98	111	36,45	80
99	16	37,70	0
100	0	35,84	0
101	115	34,98	80
102	0	36,63	0
103	36	42,86	80
104	85	34,81	0

	Respiração	Temperatura	Batimentos
105	0	36,41	6
106	112	35,87	86
107	0	36,12	6
108	2	35,91	6
109	91	42,25	6
110	0	39,26	6
111	72	34,17	80
112	76	35,12	8
113	0	35,37	8
114	67	35,41	8
115	68	37,52	8
116	0	35,62	88
117	81	36,16	0
118	1	35,12	0
119	32	36,78	0
120	60	35,37	0
121	0	34,98	80
122	111	35,98	0
123	0	36,56	0
124	122	34,88	0
125	0	35,80	80
126	20	40,82	80
127	110	35,20	6
128	0	36,27	6
129	108	36,09	6
130	72	41,24	6
131	0	36,27	86
132	110	35,34	0
133	39	35,87	0
134	0	35,80	8
135	108	36,92	0
136	1	36,41	86
137	28	34,98	6
138	38	35,69	6
139	3	36,34	6
140	3	36,89	6
141	68	39,34	86
142	33	36,16	6
143	1	35,16	86
144	3	39,11	6
145	1	35,62	6
146	93	35,62	86
147	0	35,51	86
148	48	35,48	6
149	81	36,85	0
150	0	34,95	0
151	85	35,59	80
152	72	36,20	6
153	0	37,89	6
154	83	35,76	0
155	75	34,21	0
156	0	36,05	88

	Respiração	Temperatura	Batimentos
157	73	36,05	8
158	95	35,87	88
159	0	34,58	8
160	52	36,23	0
161	86	35,59	80
162	0	35,87	6
163	106	36,23	6
164	0	35,80	0
165	33	35,48	0
166	103	36,85	80
167	0	35,23	6
168	35	36,09	0
169	111	35,66	0
170	1	35,84	8
171	0	38,84	80
172	98	34,85	0
173	0	40,74	80
174	28	37,00	0
175	75	35,69	0
176	0	37,44	86
177	87	35,66	6
178	0	36,05	0
179	0	35,44	80
180	104	35,66	0

APÊNDICE I – DADOS COLETADOS PELO PROTÓTIPO: VOLUNTÁRIO 4

	Respiração	Temperatura	Batimentos
1	0	36,09	0
2	0	34,78	0
3	165	35,34	0
4	106	35,37	6
5	0	35,16	6
6	174	35,05	6
7	149	35,76	0
8	0	35,48	0
9	0	36,23	0
10	202	35,34	0
11	157	34,64	0
12	62	35,59	8
13	0	34,41	0
14	2	35,69	0
15	185	34,37	0
16	92	35,44	0
17	0	35,51	0
18	0	35,27	0
19	202	35,59	0
20	128	34,98	8
21	52	34,95	8
22	0	34,88	8
23	50	36,41	8
24	165	34,58	80
25	62	35,94	80
26	0	35,91	80
27	131	34,11	80
28	165	35,37	80
29	61	35,51	80
30	0	36,09	80
31	165	34,98	80
32	161	35,48	80
33	57	40,05	80
34	0	36,09	80
35	56	34,85	80
36	180	40,78	80
37	53	40,05	80
38	0	34,64	80
39	117	35,34	80
40	174	34,78	80
41	65	35,30	80
42	0	37,37	80
43	128	34,85	80
44	164	37,74	80
45	50	34,85	80
46	0	35,16	80
47	1	35,30	80
48	223	34,88	80
49	80	34,81	80
50	0	35,09	80
51	0	34,95	80
52	209	34,85	80

	Respiração	Temperatura	Batimentos
53	94	35,98	80
54	0	39,38	8
55	0	36,02	8
56	212	35,27	8
57	148	35,30	8
58	0	34,41	8
59	0	34,37	8
60	194	35,27	0
61	103	34,41	0
62	0	35,41	0
63	0	35,23	0
64	208	37,74	0
65	118	35,34	0
66	4	34,95	0
67	0	39,38	0
68	196	35,34	0
69	114	35,62	0
70	0	34,98	0
71	0	35,23	0
72	197	35,80	0
73	81	34,85	0
74	0	35,37	0
75	1	35,27	0
76	192	36,12	0
77	68	35,62	0
78	0	35,66	0
79	126	35,02	8
80	153	35,62	8
81	1	35,37	8
82	0	35,59	8
83	179	35,44	8
84	135	36,70	8
85	1	34,37	8
86	0	34,71	8
87	204	35,34	8
88	117	35,20	80
89	0	35,16	0
90	0	35,69	0
91	190	34,34	80
92	98	35,91	0
93	0	34,91	0
94	48	35,12	0
95	161	36,02	0
96	0	34,91	80
97	0	35,51	8
98	182	34,75	8
99	87	34,95	8
100	0	35,23	8
101	90	35,02	0
102	143	35,16	0
103	0	34,91	6
104	0	35,02	6

	Respiração	Temperatura	Batimentos
105	190	35,30	6
106	96	35,12	0
107	0	44,23	0
108	99	35,12	6
109	151	36,09	6
110	62	34,78	6
111	0	35,55	6
112	128	35,05	6
113	146	35,48	6
114	38	34,91	6
115	0	39,07	6
116	173	35,51	6
117	122	35,76	6
118	0	34,27	6
119	0	34,75	6
120	184	34,71	6
121	75	34,68	6
122	0	39,73	6
123	0	40,17	6
124	190	35,59	6
125	67	35,27	6
126	0	36,38	0
127	65	35,37	0
128	160	35,91	0
129	50	35,84	0
130	0	35,30	0
131	163	35,80	0
132	132	35,69	0
133	0	36,05	8
134	0	34,07	8
135	196	34,71	8
136	93	35,73	8
137	0	35,55	8
138	0	35,27	8
139	182	35,94	8
140	48	39,89	0
141	0	35,09	80
142	135	34,88	0
143	142	39,89	80
144	0	34,75	0
145	0	35,20	80
146	192	35,41	80
147	87	37,67	0
148	0	35,84	0
149	69	35,69	0
150	148	36,45	0
151	0	35,34	80
152	0	35,80	0
153	191	35,27	80
154	64	34,98	0
155	0	35,87	0
156	162	35,12	80

	Respiração	Temperatura	Batimentos
157	132	35,34	0
158	0	35,69	0
159	0	35,09	80
160	165	35,80	0
161	0	34,95	8
162	0	35,41	8
163	194	35,76	0
164	118	36,70	0
165	0	38,34	0
166	0	35,94	0
167	191	36,30	0
168	99	35,37	0
169	0	34,91	0
170	83	35,02	6
171	145	36,05	6
172	8	35,23	6
173	0	35,37	6
174	176	34,81	6
175	134	35,94	6
176	0	34,98	0
177	0	35,30	8
178	189	35,59	8
179	100	35,12	0
180	0	34,75	0

APÊNDICE J – DADOS COLETADOS PELO PROTÓTIPO: VOLUNTÁRIO 5

	Respiração	Temperatura	Batimentos
1	120	34,85	0
2	0	35,05	8
3	2	34,17	6
4	165	35,09	6
5	87	34,95	6
6	0	34,11	0
7	151	34,37	0
8	116	33,28	0
9	0	34,71	0
10	0	34,54	0
11	184	34,71	0
12	82	34,68	0
13	0	35,12	0
14	54	35,05	0
15	150	34,27	0
16	51	34,75	0
17	0	42,08	0
18	175	34,81	0
19	119	34,85	0
20	0	35,27	0
21	0	34,64	0
22	177	34,37	0
23	100	34,48	88
24	0	34,71	88
25	1	36,23	88
26	162	35,12	88
27	54	35,59	88
28	0	35,12	86
29	76	35,87	86
30	150	34,17	86
31	53	35,30	86
32	0	35,73	86
33	31	34,54	86
34	158	34,85	80
35	52	34,88	86
36	0	34,81	86
37	37	35,59	80
38	134	35,87	80
39	49	35,51	80
40	0	34,85	80
41	121	34,85	80
42	108	34,51	80
43	0	34,88	80
44	0	36,02	80
45	137	35,94	80
46	75	36,20	80
47	0	34,07	80
48	0	35,05	88
49	129	35,87	88
50	80	34,81	88
51	0	35,98	88
52	1	34,75	88

	Respiração	Temperatura	Batimentos
53	116	35,55	88
54	61	36,09	88
55	0	34,61	88
56	0	36,30	88
57	131	35,05	88
58	81	35,76	80
59	1	35,34	80
60	47	35,44	0
61	105	36,30	80
62	0	35,27	0
63	0	35,69	0
64	78	34,91	0
65	100	35,09	0
66	0	35,51	80
67	0	34,48	0
68	81	35,48	0
69	117	35,37	0
70	0	35,80	0
71	0	35,73	80
72	119	36,16	0
73	85	35,16	0
74	0	36,34	0
75	53	36,67	0
76	95	39,97	0
77	0	35,05	0
78	1	34,75	0
79	94	35,48	8
80	45	36,20	8
81	0	36,02	88
82	34	35,27	88
83	98	35,73	88
84	0	35,44	8
85	0	36,78	8
86	68	35,34	86
87	88	34,61	6
88	12	34,98	6
89	0	39,73	6
90	42	38,38	0
91	93	35,16	80
92	39	35,48	0
93	0	36,92	0
94	24	35,30	0
95	90	37,26	0
96	0	36,02	80
97	0	35,80	0
98	62	39,61	0
99	80	35,30	80
100	0	35,69	0
101	1	34,75	8
102	74	35,41	8
103	84	35,59	8
104	0	35,48	8

	Respiração	Temperatura	Batimentos
105	0	35,48	8
106	74	35,48	8
107	93	34,95	8
108	1	36,05	8
109	0	34,78	8
110	39	35,76	8
111	74	36,41	8
112	1	36,41	0
113	1	35,48	0
114	51	35,41	0
115	63	35,34	0
116	0	36,70	80
117	1	36,23	0
118	54	35,73	6
119	61	36,05	86
120	0	36,70	6
121	1	35,84	86
122	39	35,02	6
123	63	35,16	0
124	3	35,87	80
125	0	36,27	0
126	3	39,61	80
127	63	35,73	8
128	32	34,85	88
129	0	35,09	8
130	2	35,41	8
131	57	36,74	88
132	3	35,44	8
133	0	36,52	8
134	8	36,09	8
135	59	35,16	8
136	15	36,23	88
137	0	35,62	8
138	17	36,49	8
139	54	35,34	8
140	1	35,59	8
141	1	35,73	88
142	41	37,59	8
143	51	36,20	8
144	0	35,51	80
145	2	36,20	6
146	54	35,73	6
147	49	35,59	86
148	0	35,41	6
149	2	35,91	6
150	61	35,27	80
151	26	35,80	0
152	0	35,80	0
153	18	36,02	0
154	64	35,34	80
155	2	38,92	0
156	0	35,66	0

	Respiração	Temperatura	Batimentos
157	34	35,55	0
158	59	34,98	0
159	0	36,05	80
160	2	35,55	0
161	58	36,12	80
162	45	36,12	0
163	0	35,55	0
164	3	35,59	0
165	60	35,87	0
166	2	36,45	80
167	0	36,20	0
168	42	35,80	0
169	65	35,62	0
170	0	35,20	0
171	2	34,78	80
172	58	36,52	0
173	37	35,20	80
174	0	35,09	6
175	4	35,91	6
176	59	35,48	86
177	1	37,11	0
178	1	35,09	6
179	52	35,76	6
180	48	38,76	8