

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS
EDUCACIONAIS EM REDE – MESTRADO PROFISSIONAL

Denis Pohlmann Gonçalves

**IFFARHEART: UMA PROPOSTA DE SOLUÇÃO COMPUTACIONAL
IOHT PARA AUXILIAR A PRÁTICA PEDAGÓGICA DE EDUCAÇÃO
FÍSICA**

Santa Maria, RS
2022

Denis Pohlmann Gonçalves

**IFFARRHEART: UMA PROPOSTA DE SOLUÇÃO COMPUTACIONAL IOHT PARA
AUXILIAR A PRÁTICA PEDAGÓGICA DE EDUCAÇÃO FÍSICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Educacionais em Rede, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Tecnologias Educacionais em Rede.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Roseclea Duarte Medina

Santa Maria, RS
2022

Gonçalves, Denis Pohlmann

IFFARHEART: uma proposta de solução computacional IoHT para auxiliar a prática pedagógica de Educação Física / Denis Pohlmann Gonçalves.- 2022.

146 p.; 30 cm

Orientador: Roseclea Duarte Medina

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Educação, Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Educacionais em Rede, RS, 2022

1. Educação Física 2. Frequência cardíaca 3. Internet of Healthcare Things 4. Prática pedagógica I. Duarte Medina, Roseclea II. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

Declaro, DENIS POHLMANN GONÇALVES, para os devidos fins e sob as penas da lei, que a pesquisa constante neste trabalho de conclusão de curso (Dissertação) foi por mim elaborada e que as informações necessárias objeto de consulta em literatura e outras fontes estão devidamente referenciadas. Declaro, ainda, que este trabalho ou parte dele não foi apresentado anteriormente para obtenção de qualquer outro grau acadêmico, estando ciente de que a inveracidade da presente declaração poderá resultar na anulação da titulação pela Universidade, entre outras consequências legais.

Denis Pohlmann Gonçalves

**IFFARRHEART: UMA PROPOSTA DE SOLUÇÃO COMPUTACIONAL IOHT
PARA AUXILIAR A PRÁTICA PEDAGÓGICA DE EDUCAÇÃO FÍSICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Educacionais em Rede da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Tecnologias Educacionais em Rede.**

Aprovado em 7 de novembro de 2022.

**Roseclea Duarte Medina, Dr.^a (UFSM)
(Presidente/Orientadora)**

Gleizer Bierhalz Voss, Dr. (IFFar-SVS)

Vinícius Maran, Dr. (UFSM)

Santa Maria, RS
2022

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado saúde e força para superar todas as adversidades a fim de concluir este trabalho com êxito.

A minha esposa por me apoiar e compreender os momentos em que estive ausente para os estudos do mestrado.

A todos os professores do PPGTER por me transmitirem seu conhecimento, em especial a minha orientadora, professora Dr.^a Roseclea Duarte Medina pela sua dedicação, apoio e confiança.

Aos integrantes da banca examinadora, professores Dr. Gleizer Bierhalz Voss e Dr. Vinícius Maran, pelas ótimas contribuições ao trabalho.

Aos profissionais de Educação Física do IFFar-SVS, professores Dr. Haury Temp, Me. Marcelo Kopp Toescher e Me. Rodrigo Dahmer, pelo auxílio nos testes em campo desta pesquisa.

Aos bolsistas do laboratório *Maker* do IFFar-SVS, alunos Lucas da Silveira Leal e Daniel Henrique de Souza, que realizaram a impressão 3D de parte dos produtos desenvolvidos neste trabalho.

Aos demais que indiretamente contribuíram a este estudo, o meu muito obrigado!

A mente é o limite. Enquanto a mente puder
imaginar o fato de que você pode fazer algo,
você pode fazê-lo. Desde que você
realmente acredite no seu sonho.
(Arnold Schwarzenegger)

RESUMO

IFFARRHEART: UMA PROPOSTA DE SOLUÇÃO COMPUTACIONAL IOHT PARA AUXILIAR A PRÁTICA PEDAGÓGICA DE EDUCAÇÃO FÍSICA

AUTOR: Denis Pohlmann Gonçalves
ORIENTADORA: Roseclea Duarte Medina

Este trabalho tem por objetivo apresentar e propor o uso de uma solução computacional que utiliza o paradigma da Internet das Coisas nos cuidados com a saúde, ou *Internet of Healthcare Things* (IoHT), voltada para atividades de Educação Física escolar. Tal estudo buscou integrar variadas temáticas da Tecnologia da Informação, como Internet das Coisas, Computação em Nuvem, Computação em Névoa, Programação e Redes de Computadores, além de, Eletrônica Digital e Impressão 3D, com o propósito de criar objetos computacionais para apoiar a prática pedagógica docente no Instituto Federal Farroupilha Campus São Vicente do Sul (IFFar-SVS). O problema de pesquisa identificado é o método manual de aferição da frequência cardíaca (FC) dos estudantes, sendo por técnica de palpação ou frequencímetros convencionais. Para a Metodologia, primeiramente foi realizado uma revisão sistemática de literatura consolidado por Kitchenham (2004), a fim de reunir todo aporte teórico necessário para projetar este estudo, e na sequência, foi proposta uma arquitetura IoHT voltada para cunho educacional. Com o desenvolvimento desse trabalho, foram construídos objetos, tais como, três cintas cardíacas e um *gateway*, sendo implementado também uma página *web* oportunizada com a plataforma ThingsBoard, compondo assim a solução nomeada IFFarHeart. Esta solução foi avaliada em campo envolvendo 33 alunos e três professores de Educação Física do IFFar-SVS, tanto nas aulas quanto nos treinamentos dos atletas da instituição. Foi aplicado também uma pesquisa de satisfação com os envolvidos, a fim de avaliar o uso e aplicação da solução em ambiente de ensino. Como resultados, a IFFarHeart permitiu aos professores monitorar a FC de até três alunos simultaneamente e em tempo real, atingindo distâncias de até 85 m ao ar livre entre as cintas cardíacas e o *gateway*, se diferenciando nesses aspectos da maioria das soluções comerciais atuais. A solução foi construída para ser utilizada totalmente sem fios, trazendo uma ótima experiência aos usuários em relação a mobilidade, possuindo bateria suficiente para o trabalho docente ininterrupto durante um dia inteiro. Com base nas respostas da pesquisa de satisfação, os produtos construídos tiveram ótima avaliação em geral, sendo considerados atrativos e confortáveis de utilizar, indicando potencial de ensino, questões estas que estimulam os alunos e favorecem o processo ensino-aprendizagem, tornando possível o engajamento de uso por parte destes. Na questão da fidedignidade na mensuração da FC pela IFFarHeart, foi realizado um teste comparativo com uma solução comercial semelhante, marca Magene modelo H64, apresentando uma variação percentual média geral de 1,3% com a solução IFFarHeart, considerando a solução comercial como referência.

Palavras-chave: Educação Física. Frequência cardíaca. IoHT. Prática pedagógica.

ABSTRACT

IFFARRHEART: AN IOHT COMPUTATIONAL SOLUTION PROPOSAL TO HELP THE PEDAGOGICAL PRACTICE OF PHYSICAL EDUCATION

AUTHOR: Denis Pohlmann Gonçalves
ADVISOR: Roseclea Duarte Medina

This work aims to present and propose the use of a computational solution that uses the Internet of Things paradigm in health care, or Internet of Health Things (IoHT), aimed at school Physical Education activities. This study sought to integrate various topics of Information Technology, such as Internet of Things, Cloud Computing, Fog Computing, Programming and Computer Networks, in addition to Digital Electronics and 3D Printing, with the purpose of creating computational objects to support the practice. pedagogical teaching at the Instituto Federal Farroupilha Campus São Vicente do Sul (IFFar-SVS). The research problem identified is the manual method of measuring the heart rate (HR) of students, using palpation technique or conventional frequency meters. For the Methodology, first, a systematic review of the literature was carried out, consolidated by Kitchenham (2004), in order to gather all the theoretical support necessary to design this study, and then, an IoHT architecture focused on educational nature was proposed. With the development of this work, objects were built, such as three heart belts and a gateway, and a web page was also implemented with the ThingsBoard platform, thus composing the solution named IFFarHeart. This solution was evaluated in the field involving 33 students and three Physical Education teachers from IFFar-SVS, both in classes and in the training of the institution's athletes. A satisfaction survey was also carried out with those involved, in order to evaluate the use and application of the solution in a teaching environment. As a result, IFFarHeart has enabled teachers to monitor the HR of up to three students simultaneously and in real time, achieving distances of up to 85 m outdoors between the heart rate belts and the gateway, differentiating in these respects from most commercial solutions today. The solution was built to be used completely wirelessly, bringing a great experience to users in terms of mobility, having enough battery for uninterrupted teaching work for a whole day. Based on the answers to the satisfaction survey, the products built had an excellent evaluation in general, being considered attractive and comfortable to use, indicating teaching potential, questions that stimulate students and favor the teaching-learning process, making it possible to engage use by them. On the issue of reliability in the measurement of HR by IFFarHeart, a comparative test was carried out with a similar commercial solution, brand Magene model H64, showing a general average percentage variation of 1.3% with the IFFarHeart solution, considering the commercial solution as a reference.

Keywords: Heart rate. IoHT. Pedagogical practice. Physical Education.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Arquitetura em três camadas	30
Figura 2 - Temas e frequência nas definições.....	32
Figura 3 – Arquitetura para sistema de monitoramento loHT	34
Figura 4 - Arquitetura geral da loMT	35
Figura 5 – Camada Fog na arquitetura loHT	36
Figura 6 - Assento sanitário adaptado com sensores	38
Figura 7 - Design do sistema proposto.....	39
Figura 8 - Fluxo de dados da solução proposta	40
Figura 9 – Arquitetura de sistema eHealth proposto pelos autores.....	41
Figura 10 – Hardwares utilizados pelos autores em sua proposta	42
Figura 11 - Representação em blocos da solução proposta	48
Figura 12 – Proposta de arquitetura loHT para ambiente de ensino.....	48
Figura 13 - Topologia dos módulos NRF24L01	51
Figura 14 - Diagrama em blocos simplificado da cinta cardíaca	52
Figura 15 - Diagrama em blocos simplificado do <i>gateway</i>	52
Figura 16 - Dashboard de exemplo do ThingsBoard.....	54
Figura 17 – Etapas do processo de desenvolvimento da solução proposta.....	59
Figura 18 – Protótipo de laboratório de uma cinta cardíaca.....	60
Figura 19 – Protótipo de laboratório do gateway.....	61
Figura 20 – Tela 1 do gateway	62
Figura 21 – Tela 2 do gateway	62
Figura 22 - Trecho de código realizado no Arduino IDE.....	63
Figura 23 – Adicionando e configurando widgets.....	64
Figura 24 – Corpo das cintas cardíacas produzidos em impressora 3D	65
Figura 25 – Corpo da Cinta 02 finalizado	66
Figura 26 – Cintas cardíacas completas	66
Figura 27 – Vista interna do gateway finalizado	67
Figura 28 – Vista externa do gateway finalizado	68
Figura 29 - Novos layouts de telas	68
Figura 30 - Posicionamento das diferentes soluções.....	73
Figura 31 - Diferença entre antenas dos módulos.....	74
Figura 32 - Circuito de treino para membros superiores e inferiores.....	79

Figura 33 - FC simultânea dos alunos	80
Figura 34 - Partida de basquete 3x3.....	81
Figura 35 – FC no basquete 3x3	82
Figura 36 - Conferência da cinta cardíaca no estudante	83
Figura 37 – Distância máxima de sinal na pista de atletismo	83
Figura 38 - Distância máxima de sinal estável.....	84
Figura 39 - Professor utilizando a solução IFFarHeart com seus alunos.....	85
Figura 40 - Aluna vestindo a cinta cardíaca desenvolvida	85
Figura 41 - Troca das cintas cardíacas entre estudantes	86
Figura 42 - Professor utilizando o gateway.....	88
Figura 43 - Aluna utilizando as duas cintas cardíacas	91
Figura 44 – Aplicativo Wahoo	92
Figura 45 – Página web Thingsboard	92
Figura 46 - Aluno realizando acesso ao questionário	95

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Tipo de trabalho	71
Gráfico 2 – Sensores utilizados	71
Gráfico 3 – Formas de avaliação.....	72
Gráfico 4 – Avaliados ou não	72
Gráfico 5 - Comparação da FC entre as soluções IFFarHeart e Magene H64.....	93
Gráfico 6 - Faixa etária dos pesquisados	95
Gráfico 7 - Modalidades para utilizar a solução com os estudantes.....	96
Gráfico 8 - Mudanças apontadas para a solução	97
Gráfico 9 – Sexo dos pesquisados.....	98
Gráfico 10 – Faixa etária dos pesquisados	99
Gráfico 11 – Experiência no uso da cinta cardíaca	99
Gráfico 12 – Estética das cintas cardíacas	99
Gráfico 13 – Conforto das cintas cardíacas	100
Gráfico 14 – Mobilidade da cinta cardíaca	100
Gráfico 15 – Contribuição em atividade física escolar.....	100
Gráfico 16 – Uso da página <i>web</i> como ferramenta de aprendizado.....	101
Gráfico 17 – Classificação da solução IFFarHeart	101
Gráfico 18 – Possível reuso da solução nas aulas.....	101

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Resumo comparativo dos trabalhos correlatos.....	44
Quadro 2 – Recursos mais utilizados nos testes em campo	89
Quadro 3 – Informações obtidas com ambas soluções para o aluno 01	93
Quadro 4 - Variação percentual média geral da solução IFFarHeart.....	94

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparativo entre Cloud e Fog Computing	36
Tabela 2 - Materiais utilizados na construção dos protótipos de laboratório das cintas cardíacas.....	50
Tabela 3 - Materiais utilizados na construção do protótipo de laboratório do gateway	50

LISTA DE ABREVIATURAS

un.	Unidade
quant.	Quantidade

LISTA DE SIGLAS

ABS	Acrilonitrila Butadieno Estireno
AVC	Acidente Vascular Cerebral
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos
COVID-19	Coronavirus Disease 2019
ECG	Eletrocardiograma
FC	Frequência Cardíaca
GPS	Global Positioning System
IDE	Integrated Development Environment
IFFar-SVS	Instituto Federal Farroupilha Campus São Vicente do Sul
IoHT	Internet of Healthcare Things
IoMT	Internet of Medical Things
IoT	Internet of Things
IPv6	Internet Protocol Version 6
LCD	Liquid Crystal Display
LTE	Long Term Evolution
MBAN	Medical Body Area Network
MQTT	Message Queuing Telemetry Transport
PPC	Projeto Pedagógico de Curso
PPG	Photoplethysmograph
QR	Quick Response
RENOTE	Revista de Novas Tecnologias
RSL	Revisão Sistemática de Literatura
SMD	Surface Mounted Device
SSID	Service Set Identifier
TI	Tecnologia da Informação
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFSM	Universidade Federal de Santa Maria
USB	Universal Serial Bus
Wi-Fi	Wireless Fidelity

LISTA DE SÍMBOLOS

bpm	Batimento por minuto
mm	Milímetro
pol	Polegada
Ghz	Gigahertz
m	Metro
g	Gramma
min	Minuto

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	21
1.1	PROBLEMA	23
1.2	MOTIVAÇÃO	24
1.3	OBJETIVOS	25
1.3.1	Objetivo Geral	25
1.3.2	Objetivos Específicos	25
1.4	JUSTIFICATIVA	25
1.5	ESTRUTURA DO TRABALHO	26
2	REFERENCIAL TEÓRICO	29
2.1	IOT	29
2.2	TECNOLOGIAS PARA CUIDADOS COM A SAÚDE	31
2.2.1	eHealth	31
2.2.2	mHealth	32
2.2.3	IoHT	33
2.2.4	IoMT	34
2.3	FOG COMPUTING	35
2.4	TRABALHOS CORRELATOS	37
2.4.1	In-Home Cardiovascular Monitoring System for Heart Failure: Comparative Study	37
2.4.2	AT-Mo: Wireless Data Collection System For Physiology Monitoring of Athlete	39
2.4.3	A Cardiopulmonary Monitoring System for Patient Transport Within Hospitals Using Mobile Internet of Things Technology: Observational Validation Study	40
2.4.4	Developing an eHealth System Based on IoT, Fog and Cloud Computing	41
2.4.5	Using Internet of Vehicle Technology for Decreased Medical Response Times	42
2.4.6	Análise comparativa dos trabalhos correlatos	43
3	METODOLOGIA	47
3.1	DESIGN DA SOLUÇÃO	47

3.1.1	Engajamento do uso	49
3.2	MATERIAIS E MÉTODOS PARA A CONSTRUÇÃO DOS PROTÓTIPOS ..	49
3.2.1	Etapa de laboratório	49
3.2.2	Codificação, modelagem e impressão 3D	52
3.2.3	Etapa funcional	54
3.3	AVALIAÇÃO DA SOLUÇÃO	55
3.3.1	Avaliação com os estudantes e professores	55
3.3.2	Comparação da tecnologia desenvolvida com solução comercial semelhante	56
3.4	DESENHO DO ESTUDO	57
3.4.1	Amostra da população alvo	57
3.4.2	Critérios de inclusão e exclusão	57
3.4.3	Análise estatística	58
4	DESENVOLVIMENTO DA SOLUÇÃO	59
4.1	PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO	59
4.2	CONSTRUÇÃO DOS PROTÓTIPOS DE LABORATÓRIO	60
4.2.1	Cinta cardíaca	60
4.2.2	Gateway	61
4.3	CODIFICAÇÃO	63
4.4	CONSTRUÇÃO DOS PROTÓTIPOS FUNCIONAIS	65
4.4.1	Cinta cardíaca	65
4.4.2	Gateway	67
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	69
5.1	LEVANTAMENTO DE REQUISITOS	69
5.2	RESULTADOS DA RSL	71
5.3	ALTERAÇÕES NO ESCOPO DO PROJETO	72
5.3.1	Tecnologia para aferição de FC	73
5.3.2	Tecnologia para aferição da temperatura corporal	73
5.3.3	Tecnologia de transmissão para rede MBAN	74
5.3.4	Tecnologia web para visualizar as informações	75
5.3.5	Micro controlador do gateway	75
5.4	REUNIÕES COM O PROFISSIONAL DE SAÚDE	76
5.5	AVALIAÇÃO DA SOLUÇÃO	76
5.5.1	Testes em campo com professores e alunos	77

5.5.1.1	Basquete	77
5.5.1.2	Musculação	78
5.5.1.3	Basquete 3x3	80
5.5.1.4	Atletismo	82
5.5.1.5	Futsal	85
5.5.1.6	Voleibol de quadra	87
5.5.1.7	Discussão acerca dos testes em campo	88
5.5.2	Comparação da IFFarHeart com solução comercial	90
5.5.3	Pesquisa de satisfação	94
5.5.3.1	Pesquisa aplicada com os professores	95
5.5.3.2	Pesquisa aplicada com os estudantes	98
6	CONCLUSÃO	103
6.1	CONTRIBUIÇÕES	103
6.2	DIFICULDADES E LIMITAÇÕES	103
6.3	CONSIDERAÇÕES FINAIS	104
6.4	TRABALHOS FUTUROS	106
	REFERÊNCIAS	107
	GLOSSÁRIO	113
	APÊNDICE A - MANUAL DO USUÁRIO	115
	APÊNDICE B - PESQUISA DE SATISFAÇÃO COM PROFESSORES	130
	APÊNDICE C - PESQUISA DE SATISFAÇÃO COM ESTUDANTES	133
	APÊNDICE D – ARTIGO PUBLICADO NA RENOTE – UFRGS	136

1 INTRODUÇÃO

Cuidados com a saúde são muito importantes para se ter uma vida saudável, dentre eles, as atividades físicas em especial, que devem começar desde cedo com as crianças nas escolas, possibilitando o desenvolvimento físico e mental, para auxiliar o bom desempenho escolar. Manter o corpo e mente saudáveis dependem de inúmeros fatores, os quais muitas vezes são ignorados pela correria diária, dentre eles, uma alimentação balanceada, dormir satisfatoriamente e realizar atividades físicas regularmente. Segundo Nahas (2013), manter o organismo vivo para realizar tarefas físicas e mentais demanda constante fornecimento de oxigênio e nutrientes nas células do nosso organismo, cabendo ao sistema respiratório, como pulmões, coração e circulação sanguínea, fornecer esses elementos vitais.

Nesse contexto, monitorar os sinais vitais de um indivíduo em certas situações é necessário, com a finalidade de analisar as condições do indivíduo e evoluções do condicionamento físico, e claro, imprescindível no caso de uma pessoa hospitalizada ou com quadro grave de saúde. O desenvolvimento de soluções tecnológicas inteligentes com baixo custo, para revigorar a saúde e o bem-estar das pessoas tornou-se essencial na economia digital atualmente (KELDERS, VAN ZYL e LUDDEN, 2020).

Em contribuição a medicina, nos últimos anos a Tecnologia da Informação (TI), vem se inserindo abundantemente na área, apresentando soluções diversas para os inúmeros segmentos médicos e cuidados com a saúde, com tecnologias conhecidas pelo termo *eHealth* ou saúde digital. De acordo com Yuce (2013), pequenos sensores sem fios podem ser colocados no corpo humano ou sob a roupa, chamados *wearable devices*¹, a fim de aumentar o conforto e a mobilidade do usuário, monitoramento independentemente de sua localização e sem impacto em suas atividades rotineiras.

A tecnologia que ampara e permite a criação da maioria dos dispositivos vestíveis é a Internet das Coisas (IoT), paradigma esse que vem mudando o cenário de dispositivos conectados à Internet nos últimos anos. Segundo Silva et al. (2017), a integração entre os usuários e as “coisas” tornam as conexões relevantes e essenciais para aplicações em diversas áreas, permitindo uma experiência mais rica e criando diversas oportunidades de negócios. Em uma visão simplificada de seu

¹ São equipamentos eletrônicos que podem ser “vestidos” pelo usuário a fim de monitorar biosinais do corpo, normalmente relacionados a saúde ou condicionamento físico de indivíduos.

funcionamento, Lin et al. (2017) aponta que a IoT pode ser implementada utilizando somente a sua arquitetura inicial de três camadas, sendo aplicação, rede e percepção, entretanto, é possível utilizar inúmeras combinações de tecnologias para diferentes funções em suas camadas.

Em algumas situações adversas, a IoT por si só não é capaz de lidar com todas as dificuldades que podem surgir em determinados momentos, por exemplo, redes congestionadas ou a falta de capacidade de processamento local. Uma grande aliada para a IoT é a tecnologia de computação em nuvem, por meio de recursos flexíveis e escaláveis no processamento e armazenamento de dados, que, no entanto, requer o uso da Internet para sua comunicação, tornando esses recursos muitas vezes ineficientes.

Uma solução mediadora entre a IoT e a nuvem, que pode trazer grandes benefícios é a Computação em Nevoeiro ou *Fog Computing*. Para Stojmenovic e Wen (2014), a *Fog Computing*, permite estender parte da Computação em Nuvem para mais perto dos dispositivos, trazendo uma porção do processamento e armazenamento para a borda da rede. Nesse sentido, é possível tornar a solução muito mais robusta, fazendo com que os dados dos dispositivos IoT sejam processados e selecionados antes de serem enviados à nuvem, evitando o consumo desnecessário de tráfego de rede na Internet.

Na atualidade, diversos dispositivos inteligentes como *smartwatches*² e *smartbands*³ estão ganhando bastante espaço na vida das pessoas, trazendo dentre as suas inúmeras funções, recursos para cuidados com a saúde. Estas opções de tecnologias, em alguns momentos podem ser utilizadas em ambiente de ensino, entretanto, em muitas vezes são equipamentos de alto custo e uso individual, inviabilizando a utilização em grupo de forma a não unificar a análise em apenas um ponto.

Com base em todo esse contexto, percebe-se a possibilidade da criação de uma tecnologia computacional *eHealth*, especificamente no paradigma da Internet of *Healthcare Things* (IoHT), ou Internet das coisas para cuidados com a saúde, que será utilizada para a aferição de sinais vitais de alunos em ambiente escolar. Esta, poderia

² Dispositivos conhecidos como relógios inteligentes, dotados de variadas funcionalidades além de apenas data e hora. Normalmente realizam comunicação sem fio com smartphones.

³ Dispositivos conhecidos como pulseiras inteligentes, normalmente com tamanho inferior a um smartwatch, dotados de variadas funcionalidades.

trazer alguns benefícios ao ensino, como exemplo, o monitoramento da Frequência Cardíaca (FC) de estudantes nas aulas de Educação Física, pois permitiriam ao professor demonstrar para seus alunos como as atividades físicas interagem sobre o sistema cardiovascular⁴.

Desta maneira, este trabalho apresenta a criação e avaliação de uma solução computacional IoT voltada para aplicação nas aulas de Educação Física, visando auxiliar os professores no monitoramento da FC de seus alunos enquanto praticam atividades físicas. Tal tarefa possibilita demonstrar ao estudante aspectos fisiológicos da relação entre exercício e FC, assim, auxiliando o processo ensino-aprendizagem. Esta proposta de tecnologia integra variadas temáticas que serão apresentadas no decorrer deste trabalho, contudo denota ênfase em IoT e *Fog Computing*, permitindo maior robustez, alta disponibilidade, alto desempenho e escalabilidade à solução. Também intenta se diferenciar das tecnologias com mesma finalidade existentes no mercado, pois a solução proposta traz inovação na forma de coleta das informações, sendo que as reúne em ponto central para facilitar a análise.

1.1 PROBLEMA

A Educação Física escolar, em muitas situações, necessita de tecnologias específicas para aferir determinados sinais vitais dos estudantes. Algumas tecnologias permitem ao professor demonstrar para seus alunos como as atividades físicas interagem sobre o sistema cardiovascular, por exemplo, o monitor de FC. Entretanto, muitas vezes são equipamentos de custo elevado e uso individual, inviabilizando a utilização em grupo.

De acordo com o Projeto Pedagógico de Curso (PPC) dos cursos técnicos integrados ao ensino médio do IFFar-SVS, em determinado momento da disciplina de Educação Física dos cursos são trabalhadas algumas práticas corporais com os alunos por meio de exercícios físicos. Estas atividades, descritas na ementa da disciplina, possuem a finalidade de vivenciar e estudar práticas corporais variadas que permitam ao discente integrar a atividade física ao cuidado com o corpo, sendo considerados também a compreensão dos aspectos biológicos do corpo humano, por exemplo, o monitoramento de sinais vitais de um indivíduo (PPC-IFFAR, 2016).

⁴ Sistema formado pelo coração e vasos sanguíneos, a fim de garantir a nutrição e oxigenação para todas as células do corpo.

Assim, com a necessidade de aferição da FC dos estudantes de Educação Física, os professores do IFFar-SVS encontram o seguinte problema: o procedimento de aferição é realizado de forma manual, por meio da técnica de palpação no pescoço do aluno. Este método obsoleto permite contar a quantidade de batimentos por minuto, sempre imediatamente após o exercício executado pelo aluno. Nesse caso, há uma série de implicações, que impossibilitam uma aferição fidedigna, pois esta acaba sendo executada após a execução do exercício, e não durante o mesmo. Além disso, há a possibilidade de falha na contagem ou mesmo a falta de sensibilidade nos dedos do professor, fator este que pode causar algum desconforto ao estudante.

Uma solução paliativa, utilizada em momentos singulares, é a realização desta tarefa de monitoramento da FC com o uso de relógios ou pulseiras inteligentes, trazidos pelos professores ou mesmo por alunos. Entretanto, estas tecnologias trazem alguns limitadores, tais como, o uso individual – pois um único equipamento é pareado com apenas um *smartphone*; e a distância reduzida – por utilizarem tecnologia de comunicação sem fios *bluetooth*⁵, a grande maioria fica limitada em distâncias de até dez metros de alcance.

1.2 MOTIVAÇÃO

Este estudo teve motivação a partir do problema existente no campus do IFFar-SVS, já apresentado, sendo que possivelmente possam haver dificuldades muito semelhantes em grande parte de escolas no país. Sendo assim, há grande esforço deste autor para desenvolver uma solução para tal problema, de baixo custo e fácil implantação.

Outro fator motivador é o interesse em combinar variadas temáticas que envolvem a tecnologia da informação, tais como, Redes de Computadores, Programação, Computação em Névoa, Computação em Nuvem e Eletrônica Digital, áreas de formação e pesquisa deste autor, assim como a Licenciatura, objetivando desta forma a criação de uma solução computacional para utilização em ambiente de ensino.

⁵ A tecnologia *Bluetooth* permite a comunicação sem fios entre dispositivos compatíveis, com baixo custo e curto alcance (SOUZA; SILVA; GUIMARÃES, 2009).

1.3 OBJETIVOS

Neste tópico são apresentados o objetivo geral e os objetivos específicos deste trabalho.

1.3.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem por objetivo desenvolver uma solução computacional com a finalidade de monitoramento da FC de estudantes, tendo em vista sua aplicação nas aulas de Educação Física do IFFar-SVS, onde possibilitará aos professores acompanhar esse sinal vital e rendimento dos seus alunos de forma remota, simultânea e em tempo real. Ainda, a solução possibilita estimular os alunos na prática dos exercícios físicos e viabilizar o aprendizado dos sinais vitais e sua importância.

1.3.2 Objetivos Específicos

- I). Desenvolver solução IoT inovadora que resultará em três produtos: cinta cardíaca *wireless*, *gateway* e página *web*;
- II). Executar testes de laboratório dos produtos desenvolvidos, de forma a certificar o funcionamento e precisão das informações coletadas pelos sensores, transmissão, autonomia, bem como armazenamento e disponibilidade;
- III). Realizar testes de usabilidade da tecnologia desenvolvida, juntamente com alunos e professores de Educação Física do IFFar-SVS, para assim, obter os resultados da solução em prática pedagógica.

1.4 JUSTIFICATIVA

A pesquisa proposta resultou em uma solução tecnológica composta de produtos com funcionamento inovador em ambiente de ensino, que poderão auxiliar o trabalho prático pedagógico dos professores do IFFar-SVS. Esta tecnologia resolveu o problema de pesquisa encontrado no campus, podendo também ser utilizada em outras instituições de ensino, academias, esportes diversos e qualquer outro segmento de atividade física onde seja preciso monitorar a FC.

Tecnologias semelhantes, como relógios ou pulseiras inteligentes, já evitaram problemas graves de saúde, como um caso recente ocorrido em Seattle nos Estados Unidos. De acordo com Knicely (2019), um relógio inteligente com leitor de FC alertou o usuário que seus batimentos estavam instáveis, fazendo-o procurar um hospital. Após diagnóstico do cardiologista, o paciente estaria com um tipo de arritmia cardíaca, e ressaltou que o uso da tecnologia pode ter evitado um acidente vascular cerebral (AVC).

Desta maneira, o uso da tecnologia desenvolvida, além de resolver o problema encontrado na forma da mensuração⁶ da FC dos alunos do IFFar-SVS, possibilitou aos professores acompanhar as informações remotamente e em tempo real. A coleta simultânea e automatizada dessas informações, traz grandes benefícios pois permite conhecer o condicionamento físico do aluno, sua evolução e limites, por exemplo a FC máxima do estudante.

A solução proposta neste trabalho também trouxe um recurso interessante de alarme sonoro na cinta cardíaca, onde é possível o professor acioná-lo de maneira remota. Este recurso é útil quando o aluno está muito distante e há a necessidade de chamá-lo, logo, poderia trazer maior conforto e proximidade entre o estudante e professor.

Diante disso, a tecnologia criada poderá ir além do propósito pedagógico, permitindo identificar alguma anomalia no ritmo cardíaco de quem estiver utilizando-a, prevenindo assim algum risco à sua saúde. Neste sentido, oferece também grande contribuição social.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta dissertação está organizada em seis seções, considerando uma breve descrição de cada uma além desta, a seguir.

- A segunda seção apresenta os conceitos teóricos que amparam esta pesquisa, seguidos pelos trabalhos correlatos selecionados a partir de uma técnica de revisão literária. Na sequência, é exibida uma análise comparativa dos trabalhos e sua relação com esta pesquisa.

⁶ Medição, aferição ou verificação.

- A terceira seção apresenta a metodologia utilizada para atingir os objetivos deste trabalho, tais como, materiais e métodos, formas de avaliação e o desenho do estudo.
- Na quarta seção é retratado o desenvolvimento da solução proposta, como a construção dos objetos computacionais e as técnicas de criação dos mesmos.
- A quinta seção traz os resultados e discussões da solução criada, mostrando o levantamento de requisitos, alterações no escopo do projeto, reuniões com profissional de saúde e a avaliação da solução em ambiente de ensino juntamente com os professores e alunos.
- Por fim, a sexta seção apresenta a conclusão deste trabalho, expondo as contribuições, dificuldades, considerações finais e trabalhos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Esta seção traz primeiramente a abordagem teórica necessária para o entendimento deste trabalho. Na sequência, apresenta os trabalhos correlatos seguidos de uma análise comparativa entre eles e esta pesquisa.

2.1 IOT

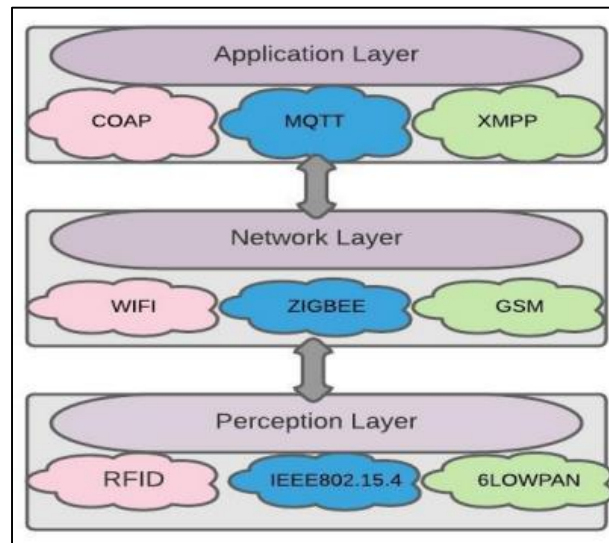
De acordo com Gokhale, Bhat e Bhat (2018), a IoT pode ser designada como uma rede de dispositivos, veículos, edifícios, dentre outros itens que auxiliados por circuitos e *softwares*, permitem a coleta de informações ao seu redor e sua comunicação em rede de dados. No mesmo sentido, Madakam, Ramaswamy e Tripathi (2015, p. 165), definem a IoT como “*Uma rede aberta e abrangente de objetos inteligentes que têm a capacidade de se auto organizar, compartilhar informações, dados e recursos, reagindo e agindo diante de situações e mudanças no ambiente*”.

Corroborando na mesma ideia, os autores Aggarwal e Das (2012); Verma, Salman e Samant (2019), descrevem que a IoT pode ser considerada uma rede mundial de dados onde permite a interação de pessoas para pessoas, pessoas para coisas e coisas para coisas, disponibilizando uma identidade única para cada objeto considerando o protocolo IPv6.

Na questão histórica, o conceito de uma rede de dispositivos inteligentes foi discutido pela primeira vez em 1982, com a modificação de uma máquina autônoma de vendas de Coca Cola na universidade de Carnegie Mellon, onde o equipamento era capaz de reportar seu inventário bem como a temperatura das bebidas, considerado o primeiro dispositivo inteligente conectado na Internet (CMU, 1982).

Em relação a arquitetura da IoT, segundo Merrill (2001), a literatura apresenta variadas pesquisas e propostas, desde as básicas atendendo demandas simplórias até as sofisticadas que se baseiam nas necessidades industriais. Não há uma arquitetura padrão de IoT, contudo, há um modelo básico mínimo de três camadas, apresentadas na Figura 1, geralmente apresentado nas etapas iniciais de seu desenvolvimento, sendo elas camada de percepção, rede e aplicação (TEWARI e GUPTA, 2020).

Figura 1 – Arquitetura em três camadas



Fonte: (AL ENANY, HARB e ATTIYA, p.1, 2021)

Para maximizar o desempenho do sistema, muitos autores descrevem a inclusão de um *gateway* IoT entre as camadas de percepção e aplicação, com a função de manipular os dados brutos e transformá-los em informações adequadas para sua transmissão em nuvem (KOTHA e GUPTA, 2018; SANTOS et al., 2020).

De acordo com Ray (2018), utilizar uma camada intermediária de *gateway* IoT torna a infraestrutura mais eficiente do ponto de vista da inteligência, pois esta camada absorve o processamento pesado permitindo que as demais camadas executem tarefas de menor esforço e, por conseguinte consuma menos energia.

A IoT está presente em variados campos de utilização provendo diversas soluções, como no agronegócio, onde, segundo Santos et al. (2020), o uso dessa tecnologia poderia reduzir os custos de produção e aumentar a qualidade dos alimentos, por meio de sensores para mensurar a água e o solo, umidade do ar, presença de insetos, geolocalização de animais, dentre outros.

Já em relação a gerência de objetos dentro do contexto de uma cidade, a IoT permite trazer variadas soluções. De acordo com Neirotti et al. (2014), tornar uma cidade inteligente por meio da IoT e suas tecnologias permitem facilitar o planejamento e as questões de mobilidade da população, garantindo maior eficiência em áreas metropolitanas. Muitas pesquisas apoiam o funcionamento integrado de uma cidade inteligente, com base em que nenhum de seus sistemas opera sozinho, como saúde, educação, alimentação, transporte, segurança pública e infraestrutura (DIRKS e KEELING, 2009).

Em uma visão para o ambiente escolar, a IoT possibilita facilitar o processo ensino-aprendizagem, por meio da gerência do ambiente e consciência do seu contexto real, conhecida como *Smart Classroom*, conceito definido por Liu e Zhou (2012) para sala de aula inteligente. Nesse contexto os estudantes e professores poderiam interagir com sistemas que monitoram a presença em sala de aula e recursos para armazenamento de informações, avanços que trazem mudanças positivas no sistema educacional (BAJAJ, KUMBHAKARN e BANDEKAR, 2018; MAJEED e ALI, 2018).

2.2 TECNOLOGIAS PARA CUIDADOS COM A SAÚDE

Diante das variadas terminologias que trazem as tecnologias computacionais voltadas aos cuidados com a saúde, este tópico apresenta as expressões encontradas com maior frequência na literatura.

2.2.1 eHealth

Apesar da semelhança escrita entre os termos *eHealth* e *mHealth*, há uma distinção relevante no aspecto da cobertura do problema. A *eHealth* é uma expressão mais abrangente, que contempla diversas soluções digitais para melhorar a qualidade de vida das pessoas, considerando a robótica, IoT, Inteligência artificial, telemedicina e *mHealth* como uma de suas ferramentas (SUMMIT, 2019).

Em uma análise mais profunda sobre a definição do termo, a definição mais citada até hoje é a de Eysenbach, (2001), considerando a *eHealth* um campo emergente na interseção da tecnologia da informação e serviços de saúde em geral, por meio do aprimoramento e encaminhamento das informações pela Internet e tecnologias relacionadas.

Por meio da *eHealth*, os cuidados com a Saúde podem estar disponíveis independentemente da hora e local, permitindo as pessoas realizarem dentre as inúmeras ferramentas, como exemplos, consultas por vídeo conferência, troca de informações por e-mail e até mesmo suporte e apoio emocional em canais especializados nas redes sociais (VAN GEMERT-PIJNEN et al., 2018). Criar este tipo de tecnologia exige que seus desenvolvedores garantam as funcionalidades necessárias para que os aplicativos, dispositivos e plataformas permitam o

engajamento de seu uso por parte dos usuários, indo assim, além da questão da eficácia funcional (COUPER et al., 2010). Exemplos disso, são mostrados nos estudos de Kelders et al. (2012) e também Perski et al. (2016), onde apresentam argumentos que muitas das soluções criadas não envolvem totalmente as pessoas por não as atrair em determinados aspectos, limitando a eficácia destas.

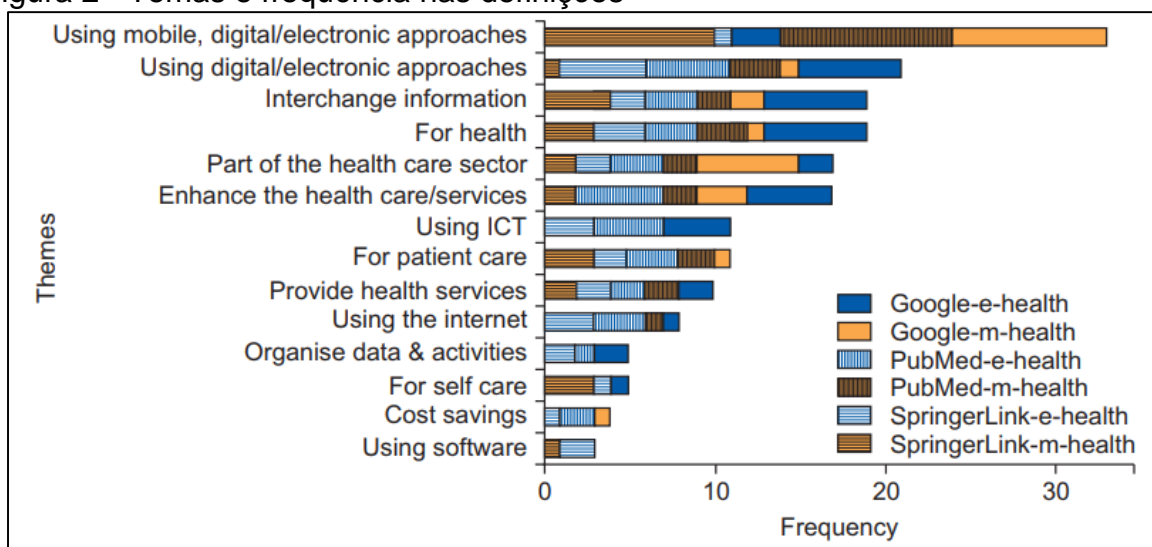
2.2.2 mHealth

O termo *mHealth*, ou saúde móvel, se refere as práticas da saúde realizadas por meio de aparelhos que trazem a mobilidade, como *smartphones*, assistentes digitais e dispositivos de monitoramento, permitindo conectar médicos e pacientes (SUMMIT, 2019).

Para Moss, Süle e Kohl (2019), a *mHealth* se refere ao uso de dispositivos inteligentes e portáteis, para atender os serviços de saúde, possuindo grande amplitude, como serviços de prescrição de remédios e alertas para uso de medicamentos.

Na literatura são encontradas definições muito próximas entre *eHealth* e *mHealth*, praticamente indistintas, como demonstrado no estudo de Hallberg e Salimi, (2020), contudo, mostra uma frequência maior na utilização do tema *mHealth*, que lidera a posição do estudo, demonstrado na Figura 2.

Figura 2 - Temas e frequência nas definições



Fonte: (HALLBERG e SALIMI, p.6, 2020)

2.2.3 IoHT

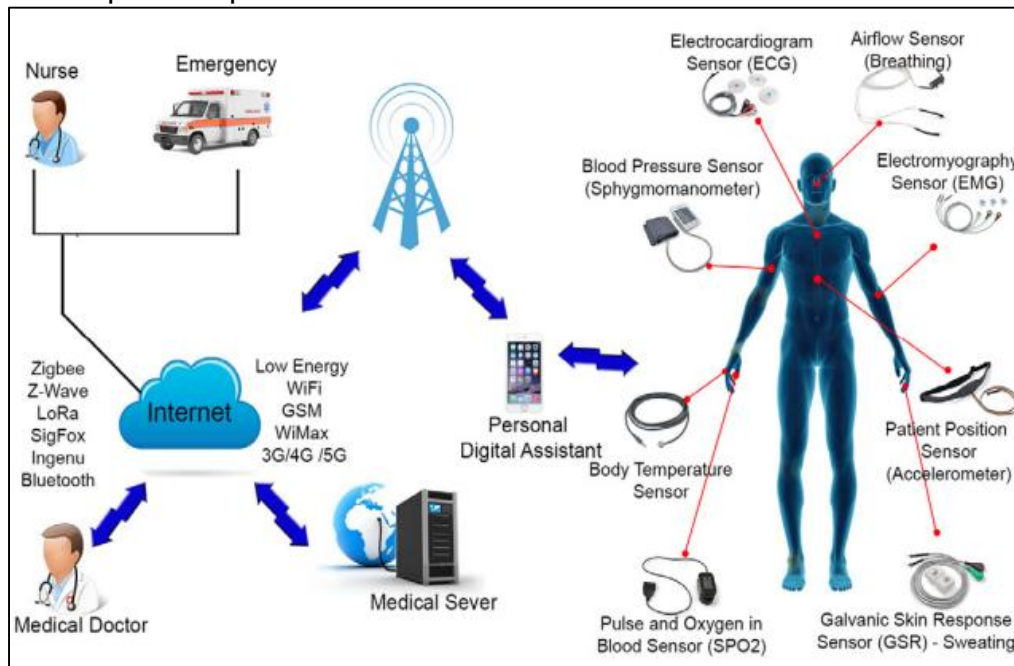
Encontrada com forte presença em trabalhos, a expressão IoHT, ou Internet das Coisas para cuidados com a saúde, é definida como a tecnologia que permite o monitoramento e processamento de dados do estado de saúde de indivíduos por meio de sensores e dispositivos IoT com avançadas tecnologias móveis (MUKHERJEE et al., 2021). No mesmo sentido, Ianculescu et al. (2019) conceitua a IoHT como uma grande variedade de dispositivos conectados à Internet capazes de coletar uma enorme quantidade de dados diversos relacionados a saúde do paciente, como parâmetros biomédicos e ambientais, para melhorar o diagnóstico do estado de saúde e cuidados preventivos.

Dessa forma, Verma et al. (2016) e também Sethi e Sarangi, (2017), afirmam que a interação entre pessoas e dispositivos computacionais físicos auxiliados por *softwares*, promovem a coleta e troca de dados entre si, conectando o mundo físico ao digital, tarefa que maximiza a capacidade de resposta no atendimento às pessoas.

Yassine et al. (2019) descreve que o uso da IoHT no contexto de uma casa inteligente (*smarthome*) poderia trazer grande benefício ao sistema de saúde local, uma vez que as pessoas estariam monitoradas dentro de suas casas, possibilitando a detecção de anomalias ou problemas de saúde.

De acordo com Kotha e Gupta (2018), os sensores utilizados na IoHT podem ser do tipo vestíveis ou implantados, sendo o primeiro com uso posicionado sobre o corpo onde a utilização normalmente é ocasional, e o segundo dentro do corpo, onde há necessidade de monitoramento contínuo das condições de saúde. O acompanhamento dos sinais vitais do indivíduo que estiver utilizando esta tecnologia pode ser realizado de maneira remota, como demonstrado em arquitetura na Figura 3, de forma a reduzir os custos hospitalares e tempo clínico de assistência médica, melhorando a qualidade e resposta de atendimento.

Figura 3 – Arquitetura para sistema de monitoramento IoHT



Fonte: (RODRIGUES et al., p.3, 2018)

Em um cenário com IoHT, é observado que a tecnologia na maioria das vezes utiliza o dispositivo do próprio usuário como camada de roteamento das informações, normalmente um aplicativo instalado em *smartphone*, permitindo assim que a solução apresente as informações em tempo real (KETU e MISHRA, 2021; PANG, 2013).

Nesse contexto, a IoHT, considerada uma extensão da IoT, permite detectar automaticamente situações que necessitem de intervenção médica, uma tecnologia que permite auxiliar a mitigar alguns problemas como aumento das taxas de doenças crônicas e falta de profissionais de saúde (KHAN et al., 2021).

2.2.4 IoMT

A *Internet of Medical Things* (IoMT), ou Internet das Coisas Médicas, pode ser definida como uma variedade de dispositivos médicos inteligentes com a capacidade de armazenamento, troca e comunicação de dados de saúde na Internet, para fornecer melhoria e qualidade dos serviços médicos, possibilitando assistência em tempo real (GARG et al., 2020).

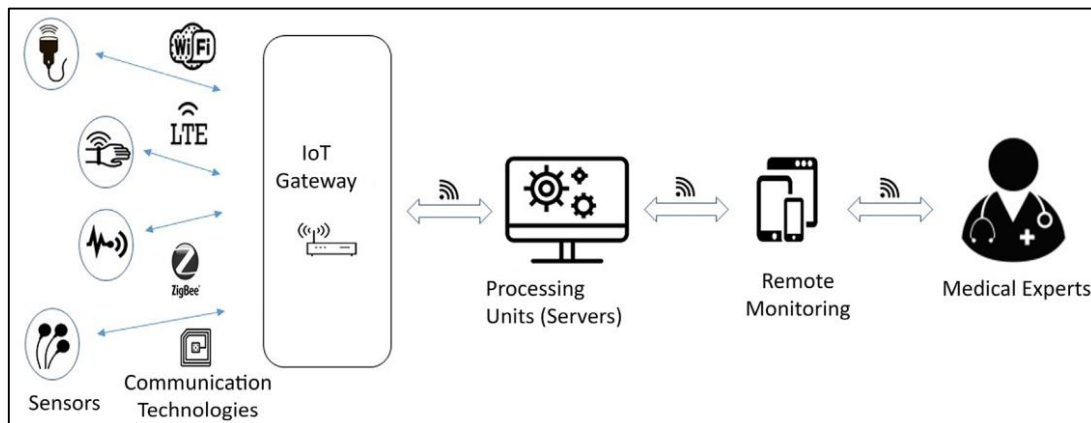
Para Razdan e Sharma (2021) a IoMT é a combinação da IoT com dispositivos médicos, ou seja, equipamentos médicos especializados conectados na Internet que

oferecem menor custo e rápido atendimento pelos profissionais de saúde, considerada como o futuro dos sistemas de saúde atuais.

A IoMT permite a transferência de dados por meio de uma rede de forma automática, sem a necessidade de interação humano para humano ou humano para máquina, assim, descarta as possíveis falhas humanas no processo (VISHNU, RAMSON e JEGAN, 2020).

Em relação a arquitetura, a IoMT é composta de sensores para leitura de sinais biomédicos de um paciente, unidade de processamento, rede de transmissão, unidade de armazenamento e uma plataforma de visualização para apoiar as decisões de um médico (RAMSON, 2013; RAMSON e MONI, 2016). Esta mesma arquitetura também é proposta por Al-Turjman, Nawaz e Ulusar (2020), representada na Figura 4, onde indicam os elementos mínimos necessários para criar um ecossistema de saúde inteligente.

Figura 4 - Arquitetura geral da IoMT



Fonte: (AL-TURJMAN, NAWAZ e ULUSAR, p.3, 2020)

2.3 FOG COMPUTING

A *Fog Computing*, ou Computação em Névoa, pode ser definida como uma arquitetura de computação com um arranjo de recursos que consiste em um ou mais dispositivos na borda da rede e não apoiados necessariamente por nuvem, que permitem fornecer serviços para os clientes mais próximos (YI et al., 2015). Esta tecnologia surgiu para mitigar os efeitos adversos da Computação em Nuvem, como atrasos elevados da comunicação consequentes da alta latência, causando deficiências em tarefas que exigem resposta em tempo real (MUBEEN et al., 2017).

Essas características podem ser vistas na Tabela 1, por meio de um comparativo entre as tecnologias *Cloud Computing* e *Fog Computing*.

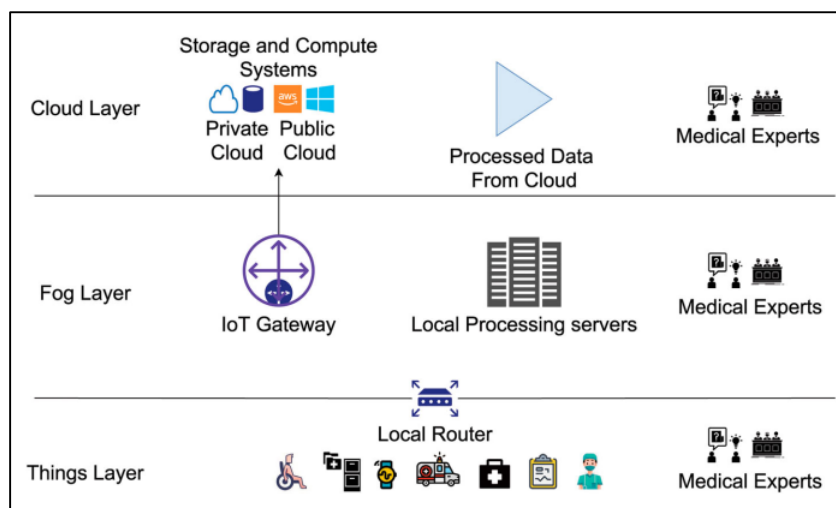
Tabela 1 - Comparativo entre Cloud e Fog Computing

Items	Cloud Computing	Fog Computing
Latency	High	Low
Hardware	Scalable storage and computing power	Limited storage and computing power
Location of server nodes	Within the Internet	At the edge of the local network
Distance between client and server	Multiple hops	One hop
Working environment	Warehouse-size building with air conditioning systems	Outdoor (e.g., Streets, gardens) or indoor (e.g., Restaurants)
Security measures	Defined	Hard to define
Attack on data	Less probability	High probability
Deployment	Centralized	Distributed
Location awareness	No	Yes

Fonte: (ATLAM, WALTERS e WILLS, p.6, 2018)

Em relação a utilização da *Fog Computing* no contexto da loHT, há menção no trabalho de Razdan e Sharma (2021), onde os autores propõem uma arquitetura de três camadas, apresentadas na Figura 5, sendo que a camada *Fog* oferece maior desempenho de processamento e resposta diretamente para os dispositivos loHT, por meio da função de computação em névoa mais perto dos usuários.

Figura 5 – Camada Fog na arquitetura loHT



Fonte: (RAZDAN e SHARMA, p.3, 2021)

No mesmo sentido, Mutlag et al. (2019) afirmam que a *Fog Computing* apresenta muitas vantagens, especialmente em aplicações de cuidados com a saúde, pois é fortemente recomendada nos casos onde há as necessidades de comunicação

em tempo real, rápida resposta e baixa latência. Os autores validam o sucesso do emprego da *Fog Computing* em sistemas de saúde, no mesmo trabalho, onde nessa revisão de 99 artigos envolvendo essas temáticas, todos denotaram melhorias no desempenho, segurança e tolerância a falhas, com ênfase na baixa latência em comparação a sistemas de computação em nuvem.

Portanto, para os sistemas de saúde é fortemente recomendado utilizar a tecnologia *Fog Computing* em acréscimo a *Cloud Computing*, associando os recursos de ambos para conceber um sistema com alta performance e conexão de rede confiável, ratificado também por (DASTJERDI; BUYYA, 2016).

2.4 TRABALHOS CORRELATOS

Os estudos apresentados nesta seção foram selecionados a partir de uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL), técnica que garantiu melhoria na seleção dos trabalhos e qualidade dos resultados. Estes estudos demonstraram semelhanças ao tema desta pesquisa ou proximidade nas tecnologias utilizadas, sendo denotados em ordem de relevância a seguir. A RSL elaborada, foi publicada no periódico Revista de Novas Tecnologias na Educação (GONÇALVES; MEDINA, 2020).

2.4.1 In-Home Cardiovascular Monitoring System for Heart Failure: Comparative Study

No trabalho de Conn, Schwarz e Borkholder (2019), foi criado um assento para vaso sanitário com sistema de monitoramento cardiovascular, permitindo monitorar os dados fisiológicos de uma pessoa, tais como, pressão arterial, *stroke* volume, FC, duração do complexo QRS e oxigenação sanguínea. Um dos fatores motivadores deste estudo foi a identificação de muitas hospitalizações de pessoas por falhas cardíacas, devido a diagnósticos tardios ou seus altos custos. Outro problema que os autores apontam é a baixa adesão de pessoas em utilizar algumas tecnologias que necessitem do uso fixo ou que necessitem instalar equipamentos e sensores pelo corpo.

Em solução a essas dificuldades, na proposta dos autores foram utilizados sensores, micro controlador e bateria dentro de um assento sanitário, como se fosse um recheio, de modo que a tecnologia ficou praticamente invisível e protegida, fator

que mostra também a sua resistência a água, tendo seu protótipo apresentado na Figura 6. Esta tecnologia integrada ao assento torna sua utilização despercebida, pois não há nenhum sensor que precise ser afixado no corpo do indivíduo nem a necessidade de acionamento de botões para sua ativação, pois tudo é realizado de forma automática, bastando apenas a pessoa se sentar para a solução fazer a aferição dos seus sinais vitais.

Figura 6 - Assento sanitário adaptado com sensores



Fonte: (CONN; SCHWARZ; BORKHOLDER, 2019)

Na questão da avaliação, foram realizados estudos em 111 pacientes de duas instituições: Instituto de Tecnologia Rochester e Centro médico da Universidade Rochester, instituições onde os autores trabalham e estudam. As pessoas foram orientadas a não urinarem, não defecarem ou falarem enquanto eram monitoradas pelo assento, pois tais ações alteram os resultados. Este fato também foi apontado pelos autores como uma limitação, sugerida correção por algoritmo como trabalho futuro.

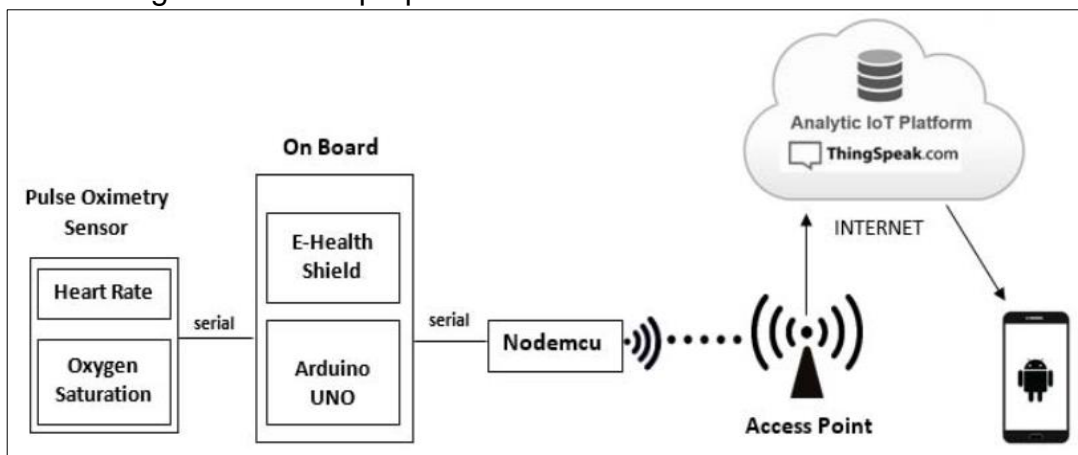
Segundo os autores, um dos fatores de grande sucesso deste produto, é que a solução desenvolvida não altera a rotina do usuário, garantindo assim sua adesão total. Como resultados, a solução demonstra que tem praticamente a mesma precisão de tecnologia padrão ouro, com uma pequena margem de erro, considerada desprezível.

2.4.2 AT-Mo: Wireless Data Collection System For Physiology Monitoring of Athlete

No trabalho de Tisna, Rasyid e Sukaridhoto (2019), foi criado um sistema de monitoramento da resposta fisiológica de atletas enquanto praticam atividades físicas, como proposta de solução computacional de monitoramento da carga de atletas, muito importante para evitar a fadiga muscular excessiva em algumas situações. Também, permite agilidade na coleta das informações se comparados a sistemas manuais com informações registradas em papel.

A solução foi desenvolvida com o objetivo de receber dados de sensores de FC e saturação de oxigênio, conectados a uma placa *ethernet shield* e Arduino, e enviados à nuvem por meio de uma placa *Nodemcu*, tendo seu *design* apresentado na Figura 7. Uma vez armazenados os dados em nuvem, é possível analisá-los de forma gráfica por meio da plataforma *Thingspeak* IoT.

Figura 7 - Design do sistema proposto



Fonte: (TISNA; RASYID; SUKARIDHOTO, 2019)

Na questão da avaliação, o trabalho não divulga se houveram experimentos com pessoas, e as formas de avaliação ou experimentos caso positivo. Ainda, há somente uma imagem demonstrando a utilização do sistema, mostrando parte de um dedo humano no sensor oxímetro. O trabalho em questão aparenta ser uma solução com boa funcionalidade para testes em laboratório, entretanto, possui muitas dificuldades para atender atletas enquanto praticam atividades físicas. Nesse caso, o uso e a forma com que foi apresentada a solução inviabilizaria a utilização em atletas

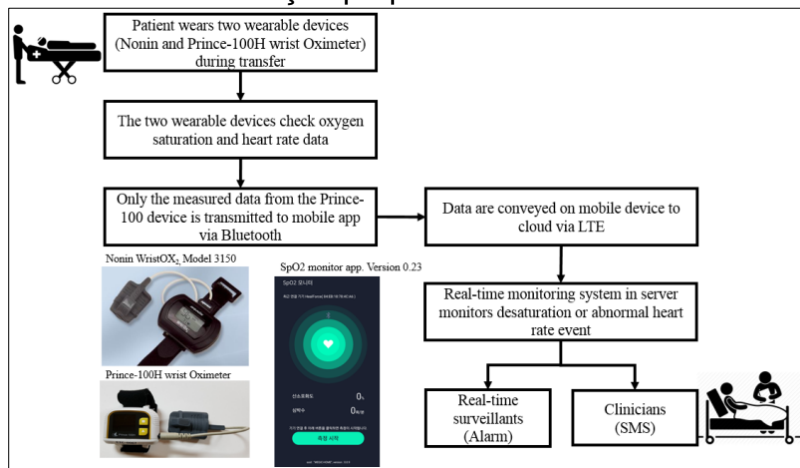
na situação mencionada, pois o sistema proposto apresenta escala grande e não miniaturizado, obtendo energia por meio de cabo na porta USB e não bateria.

2.4.3 A Cardiopulmonary Monitoring System for Patient Transport Within Hospitals Using Mobile Internet of Things Technology: Observational Validation Study

No trabalho de Lee et al. (2018), foram identificadas ocorrências de muitos eventos adversos durante o transporte intra-hospitalar de pacientes, prática necessária em muitas situações de reabilitação ou atendimentos de emergência. Estudos citados pelos autores apontam que em 79,8% dos casos há risco de vida, e 1,7% dos pacientes com enfermidades graves já sofreram eventos adversos durante o transporte intra-hospitalar. Nesse sentido, destaca-se a necessidade de um acompanhamento médico durante estes transportes para mitigar estes riscos, considerando os avanços da telemedicina e tecnologias de redes móveis.

Com base nesse contexto, os autores apresentam uma solução composta de um sensor de oxigenação sanguínea e um sensor de FC, conectados via *bluetooth* a um aplicativo desenvolvido por eles. Neste protótipo, tendo seu fluxo representado na Figura 8, após o paciente vestir os dois sensores, o aplicativo começa a monitorar as informações e transmiti-las para nuvem, disparando alarmes predefinidos aos médicos responsáveis via rede LTE, caso a saturação de oxigênio estiver abaixo de 90%, FC acima de 140 bpm ou abaixo de 60 bpm.

Figura 8 - Fluxo de dados da solução proposta



Fonte: (LEE et al., p.2, 2018)

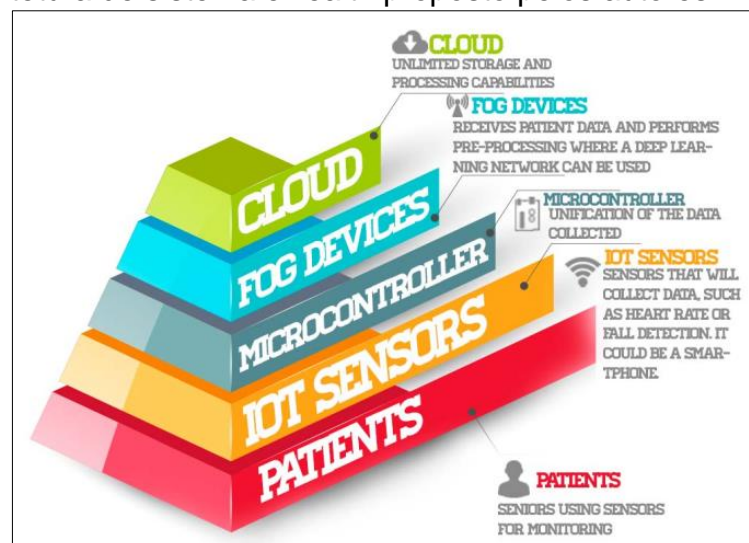
Foram realizados experimentos da tecnologia desenvolvida em 23 pessoas durante seu transporte intra-hospitalar para o *Asan Medical Center* em Seoul, Coreia do Sul. A solução mostrou que pode detectar sinais de risco dos pacientes e enviá-los em tempo real para os profissionais de saúde e garantir assim a segurança do paciente.

De acordo com os autores, a solução mostrou-se satisfatória na detecção dos sinais de risco aos pacientes, enviando-os em tempo real para os profissionais de saúde. Este acompanhamento imediato permite maximizar a segurança do paciente enquanto é transportado ao hospital.

2.4.4 Developing an eHealth System Based on IoT, Fog and Cloud Computing

No trabalho de Monteiro et al. (2018) foi apresentado um problema bastante frequente que ocorre em tecnologias que utilizam a IoT, pois esta, utilizada isoladamente não é capaz de processar, armazenar e garantir a qualidade de serviço devido às suas limitações de *hardware*. Desejando desenvolver um sistema computacional para monitorar a saúde eletrônica de pacientes, os autores recomendam utilizar a *Fog Computing* e a *Cloud Computing*, como aliadas para resolver o problema enfrentado pela IoT. Para isso, propõem uma arquitetura de sistema de *eHealth*, disposta em camadas e apresentada na Figura 9.

Figura 9 – Arquitetura de sistema eHealth proposto pelos autores



Fonte: (MONTEIRO et al., p.2, 2018)

Os autores relatam que em um contexto de sistemas para monitoramento de *eHealth*, o alto desempenho e a alta disponibilidade são essenciais para garantir o bem-estar e a vida do paciente, pois o atraso nas informações poderia trazer sérios riscos a sua saúde. Ainda, aduzem como premissa do trabalho o baixo custo de implementação para garantir o acesso a maior parte da população, por meio da utilização de sensores vestíveis ou integrados ao *smartphone*, Arduino, Raspberry Pi e a nuvem da Amazon.

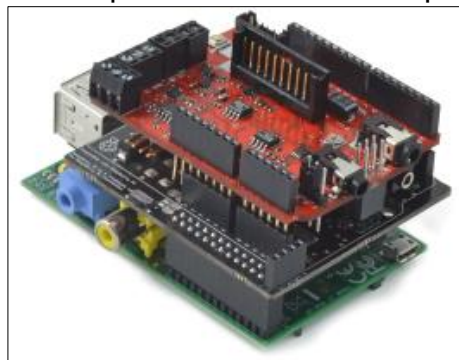
Como o trabalho ainda não foi implementado, encontrando-se atualmente em fase de desenvolvimento, não há resultados de sua produção e avaliação.

2.4.5 Using Internet of Vehicle Technology for Decreased Medical Response Times

O trabalho de Stevens et al. (2018) explora o uso da IoT e sua possível utilização em ambulâncias. De acordo com os autores, atualmente os dados vitais dos pacientes são coletados dentro de ambulâncias e enviados aos hospitais utilizando rádio ou telefone, problema que poderia ser minimizado com um sistema de baixo custo utilizando *hardware* livre.

Para mitigar essa adversidade, os autores propõem um sistema que integra um kit de sensores de saúde com o objetivo de monitorar o paciente enquanto é transportado, enviando as informações dos seus sinais vitais à nuvem para torná-las disponíveis ao hospital que fará o atendimento. Esta proposta utiliza *hardwares* de baixo custo, como Raspberry Pi 3, kit de sensores de saúde e módulo GPS, apresentados na Figura 10.

Figura 10 – Hardwares utilizados pelos autores em sua proposta



Os autores propõem também outra funcionalidade para a comunicação do sistema com outros veículos e infraestruturas, possibilitando emitir sinais de alerta aos veículos próximos à ambulância para que possam oferecer livre acesso ao caminho. Além disso, o sistema oferece um canal de *streaming* de vídeo do que está acontecendo dentro da ambulância, possibilitando aos profissionais da saúde que estão aguardando no hospital um planejamento mais elaborado para o atendimento na chegada do paciente.

Em relação a avaliação da solução proposta, foram executadas simulações dos dados de um paciente, não havendo testes com seres humanos no trabalho. A coleta do posicionamento global mostrou-se imprecisa em alguns momentos e não há detalhes sobre o tipo de Internet utilizada, contudo, mostrou baixa latência de comunicação. De acordo com os autores, os resultados do sistema em geral se mostraram bastante promissores, considerado por eles um projeto de ótima relação custo benefício para equipar ambulâncias.

2.4.6 Análise comparativa dos trabalhos correlatos

Com base nos trabalhos correlatos apresentados anteriormente, foi possível identificar uma forte tendência em aliar a IoT com a *eHealth*. Todos os trabalhos objetivaram o desenvolvimento de tecnologias baseadas em *hardwares* do tipo aberto ou *open hardware*, utilizando variados sensores vestíveis e micro controladores diversos.

O modelo em camadas proposto no trabalho de Monteiro et al. (2018), traz uma arquitetura robusta para interoperabilizar diferentes tecnologias como IoT, *Fog Computing* e *Cloud Computing*, se mostrando bastante promissor, entretanto, não implementado. Já nos demais estudos, os protótipos desenvolvidos surgem para monitorar sinais vitais de pessoas e enviar as informações pela Internet, possibilitando assim sua leitura e acompanhamento remoto.

O trabalho de Conn, Schwarz e Borkholder (2019) tem o resultado mais consolidado entre todos analisados, pois apresenta visualmente um protótipo bem definido, apto a realizar todas as mensurações propostas em sua utilização. Ainda, apesar de ter seu uso fixo destinado para tal finalidade, traz resultados satisfatórios com pacientes e alta precisão com equivalência a tecnologias comerciais de alta qualidade.

O estudo de Tisna, Rasyid e Sukaridhoto (2019) merece um destaque em especial, pois se assemelha a essa pesquisa na questão dos objetivos. Entretanto, o protótipo desenvolvido pelos autores mostrou-se com tamanho avantajado, possivelmente incapaz de acompanhar de forma confortável um atleta enquanto pratica suas atividades físicas, fator esse que possa ter descartado avaliação da solução em indivíduos.

Nos trabalhos de Lee et al. (2018) e Stevens et al. (2018), foram criadas soluções para utilização dentro de ambulâncias, contemplando assim o monitoramento de pacientes no transporte intra-hospitalar. No primeiro, a tecnologia desenvolvida depende da comunicação com um aplicativo para *smartphone*, via *bluetooth*, sendo que este envia as informações pela Internet a uma equipe médica. Essa dependência poderia ser mitigada com a utilização de um micro controlador capaz de se comunicar diretamente na rede de dados móveis. No segundo trabalho, além de monitorar sinais vitais do paciente, há a intenção de enviar posicionamento global para outros dispositivos inteligentes, a fim de evitar acidentes, entretanto, o estudo mostra imprecisão neste quesito.

No Quadro 1, é mostrado o comparativo resumido dos trabalhos correlatos.

Quadro 1 - Resumo comparativo dos trabalhos correlatos

Trabalho	Problema a resolver	Solução proposta	Forma de avaliação
(CONN, SCHWARZ e BORKHOLDER, 2019)	Falhas cardíacas por diagnósticos tardios ou de alto custo; Baixa adesão de pessoas na utilização de dispositivos ou sensores de uso fixo.	Criado solução tecnológica integrando sensores a um vaso sanitário convencional, tornando-o capaz de mensurar sinais vitais cardiovasculares de indivíduos sem alterar sua rotina.	Avaliado com 111 pacientes, demonstrando ótima precisão se comparado a tecnologias de alto padrão de qualidade.
(TISNA, RASYID e SUKARIDHOTO, 2019)	Detectar cargas excessivas em atletas enquanto praticam atividades físicas, evitando assim a fadiga.	Solução computacional que coleta dados da FC e oxigenação sanguínea e envia para a nuvem por meio da Internet.	Não menciona avaliação em pessoas.
(LEE et al., 2018)	Possíveis eventos adversos durante o transporte intra-hospitalar.	Solução desenvolvida para monitorar oxigenação sanguínea e FC, onde envia os dados à nuvem e alertas em tempo real para profissionais responsáveis pelo paciente.	Avaliado com 23 pacientes no transporte intra-hospitalar.
(MONTEIRO et al., 2018)	Utilizar somente IoT para uso na <i>eHealth</i> pode ser deficiente devido à baixa	Proposta de arquitetura de sistema para utilizar na <i>eHealth</i> envolvendo as tecnologias IoT, <i>Fog</i>	Estudo não avaliado pois está em fase de desenvolvimento.

	capacidade de processamento e armazenamento.	<i>Computing e Cloud Computing</i> .	
(STEVENS et al., 2018)	Dados médicos coletados de pacientes dentro de ambulâncias são enviados aos hospitais por meio de rádios ou telefones.	Proposto sistema de baixo custo para monitorar os sinais vitais de um paciente enquanto é transportado dentro de uma ambulância. Estas informações são enviadas a nuvem por meio da Internet. Com a obtenção do posicionamento global, é possível alertar outros veículos para abrir caminho para a ambulância.	Foram utilizadas simulações de dados, portanto, não foi avaliado com seres humanos.

Fonte: Do autor.

Apesar das semelhanças entre as tecnologias apresentadas nesta seção, em nenhum caso houve o desenvolvimento objetivando aplicações de cunho pedagógico em ambientes de ensino, fator que pode ser explorado dentro desse contexto.

Em todos os trabalhos, a forma de aplicação e avaliação dos protótipos é de maneira individual, ou seja, as soluções fazem o monitoramento de apenas uma pessoa por vez. Ainda, na maior parte dos trabalhos não houve a preocupação com o tamanho dos protótipos, contendo componentes de grande dimensão. Esse fator de suma importância na questão da usabilidade, pode trazer conforto ao usuário se for reduzido.

Salvo o trabalho 2.4.1, que utiliza tecnologia embarcada em um vaso sanitário, a questão da mobilidade não foi considerada, pois os protótipos necessitam de energia externa, mesmo os utilizados nas ambulâncias precisam de energia oriunda dos veículos. Nesse ponto, caso o paciente seja removido da ambulância, provavelmente em maca, será perdido o monitoramento até o atendimento dentro do hospital.

Nesta pesquisa de mestrado, há alguns diferenciais na solução proposta em relação as encontradas nos trabalhos correlatos, sendo pontuados a seguir:

- Monitoramento coletivo – a solução desenvolvida permite o monitoramento dos indivíduos de modo coletivo e simultâneo;
- Miniaturização – os protótipos foram miniaturizados para possibilitar maior conforto na usabilidade e proporcionar maior adesão no seu uso;

- Mobilidade - os protótipos funcionam com baterias, possibilitando seu uso em qualquer ambiente sem a necessidade de cabos conectados a veículos ou rede elétrica doméstica.

Por conseguinte, a solução proposta foi desenvolvida para utilização em ambiente de ensino, possibilitando monitorar alunos e atletas enquanto praticam atividades nas aulas de Educação Física. Diferentemente das soluções correlatas anteriormente apresentadas, esta pesquisa propõe a criação de objetos computacionais de forma que a utilização destes proporciona maior facilidade no processo ensino-aprendizagem. Esta solução possibilita ao professor demonstrar ao estudante aspectos relacionados a sua FC, como exemplo, a variação entre condição de repouso até a prática das atividades físicas.

3 METODOLOGIA

Esta seção descreve os aspectos metodológicos da pesquisa, bem como os materiais e métodos utilizados para se alcançar os objetivos pretendidos. A pesquisa proposta possui abordagem quali-quantitativa, de finalidade aplicada, tendo como procedimento a pesquisa-ação e objetivo explicativa. Este estudo está inserido na linha de pesquisa Desenvolvimento de Tecnologias Educacionais em Rede, e destina-se a criação de uma solução computacional IoHT para aplicação em aulas de Educação Física no IFFar-SVS.

3.1 DESIGN DA SOLUÇÃO

Primeiramente, para identificar as funcionalidades que uma solução computacional poderia oferecer ao ambiente de ensino, foram realizadas reuniões com os professores de Educação Física do IFFar-SVS, onde por meio da técnica de *brainstorming*⁷, foi possível levantar os requisitos, identificar e compreender as funcionalidades desejadas, descobrir fragilidades e pontos fortes, assim como delinear o escopo do trabalho. Os resultados dos *brainstormings* são apresentados na seção cinco, resultados e discussões.

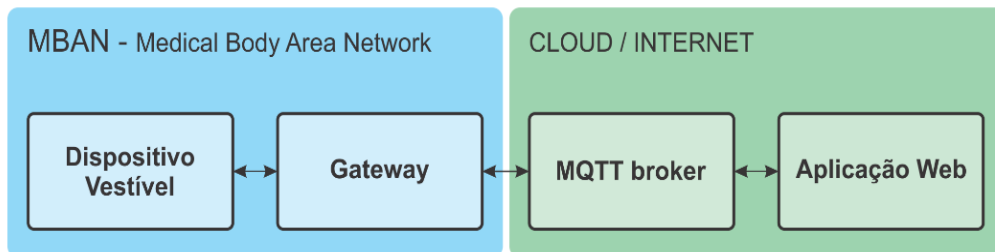
Com o propósito de se obter um material rico e atualizado para auxiliar o aporte teórico metodológico e posterior desenvolvimento da solução proposta, o estudo teve início com a produção de uma RSL, baseada em protocolo elaborado inicialmente por Kitchenham (2004), com o objetivo de pesquisar e identificar as tecnologias semelhantes a este trabalho que estão sendo ou que já foram desenvolvidas. A partir da RSL, foi possível conhecer as tecnologias, materiais e métodos utilizados nos trabalhos envolvendo as temáticas que circundam esta pesquisa, onde possibilitou delinear as características necessárias para a construção da solução computacional.

Com base em todo este contexto, foi possível criar um *design* em blocos exemplificando a solução em macro visão, apresentado na Figura 11. Este, denota a criação de produtos distintos, sendo, dispositivo vestível: compreende uma cinta cardíaca que irá mensurar a FC dos estudantes; e um *gateway*: equipamento que fará o pré-processamento das informações antes que sejam enviadas a nuvem, ambos

⁷ Técnica que utiliza o compartilhamento de ideias para buscar solução para determinado problema.

integrantes de uma rede exclusiva para aplicações médicas denominada *Medical Body Area Network* – MBAN, apontada por Fang et al. (2011) como uma rede projetada para detectar sinais vitais por meio de pequenos sensores sem fios dentro ou ao redor do corpo humano.

Figura 11 - Representação em blocos da solução proposta

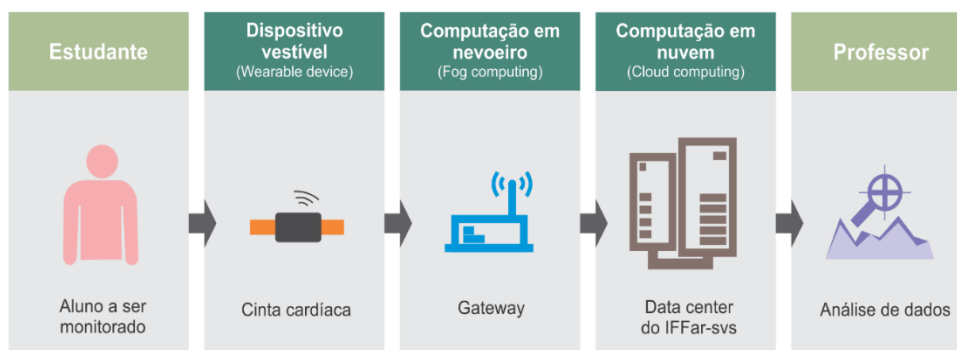


Fonte: Do autor.

Para o MQTT *broker*⁸ e para a aplicação *web* foi utilizado um serviço já existente que integra ambas tecnologias, sendo a plataforma *ThingsBoard*, recursos situados em nuvem e disponíveis na Internet.

Com uma visão mais detalhada e voltada para o lado educacional, ou seja, de como a solução funciona em ambiente de ensino, este trabalho propõe uma arquitetura de sistema loHT de cunho pedagógico utilizando essencialmente as tecnologias loHT, *Fog Computing* e *Cloud Computing*. Esta proposta, com representação na Figura 12, traz maior robustez para o sistema ao possibilitar alta disponibilidade, alto desempenho e escalabilidade combinando os modelos loHT e *Fog Computing* apresentados na seção dois.

Figura 12 – Proposta de arquitetura loHT para ambiente de ensino



Fonte: Do autor.

⁸ Elemento responsável por gerir as publicações e subscrições do protocolo MQTT.

3.1.1 Engajamento do uso

Este trabalho visa a utilização da solução desenvolvida não apenas durante o estudo, mas também após o término desta pesquisa. Então, há grande preocupação na forma em que a solução deve ser apresentada, seus aspectos construtivos, design, funcionalidades, dentre outros, para que haja a máxima adesão possível em sua utilização. Kelders, Van Zyl e Ludden (2020) ressaltam que em uma solução *eHealth* tanto o conteúdo quanto o design, ou seja, na forma com que o conteúdo é ofertado podem influenciar o nível de engajamento ou a adesão dos usuários. Detalhes físicos como a estética dos produtos, funcionalidades e comportamento geral da solução são fatores cruciais para o engajamento dos usuários, visto que influenciam a experiência da utilização (LUDDEN, SCHIFFERSTEIN e HEKKERT, 2012; NIEDDERER, CLUNE e LUDDEN, 2017).

Considerando essas questões, associadas aos requisitos para o desenvolvimento da solução contemplada por este trabalho, é necessária atenção para alguns aspectos construtivos, tais como, aparência agradável, conforto de utilização e funcionalidades de uso amigável, para então, oferecer uma boa experiência de utilização e conseqüentemente favorecer o engajamento.

3.2 MATERIAIS E MÉTODOS PARA A CONSTRUÇÃO DOS PROTÓTIPOS

Neste tópico, são detalhados os materiais e métodos das etapas de construção dos protótipos, sendo laboratório, codificação e funcional.

3.2.1 Etapa de laboratório

Com base na representação em blocos da solução, etapas do processo de desenvolvimento, aporte teórico obtido com a RSL, conhecimentos técnicos e experiência profissional desde autor, bem como os estudos acerca do tema, foi possível definir quais os materiais necessários para criar os protótipos de laboratório das cintas cardíacas e do *gateway*, apresentados na Tabela 2 e Tabela 3 respectivamente. Todos os materiais foram adquiridos com recurso financeiro do autor, comprados em lojas na Internet, com custo total até esta etapa de R\$ 1.139,00 ou US\$ 215,17, valor convertido em 13 de outubro de 2022.

Tabela 2 - Materiais utilizados na construção dos protótipos de laboratório das cintas cardíacas

Material	Descrição	Quant.
Arduino pro mini 3.3v / 8Mhz	Micro controlador principal baseado no ATmega 328	3
Módulo AD8232	Módulo para leitura de ECG	3
Nrf24I01 SMD	Módulo de transmissão de dados sem fios 2.4Ghz	3
TP4056	Módulo para recarregar a bateria de lítio	3
Modulo boost 5V	Módulo amplificador de tensão para 5V	3
Módulo buck 3.3V	Módulo regulador de tensão para 3.3V	3
Bateria de lítio 3,7v / 350mah	Bateria de lítio de uma célula	3
Monitor de bateria	Circuito para monitorar a carga de bateria	3
Interruptor on/off mini	Interruptor liga/desliga deslizante miniatura	3
Buzzer SMD 7525	Buzzer SMD magnético passivo	3
Cinta elástica com eletrodos	Cinta elástica com eletrodos para identificar pulso elétrico oriundo do coração	3
CP2102 USB	Módulo conversor micro USB para serial RS232	1
Protoboard MB-102	Protoboard de 830 pontos	3
Jumper macho/macho	Cabo para interligação na protoboard	100

Fonte: Do autor.

Considerando a necessidade de implementação e a relação entre custo e disponibilidade financeira para este trabalho, optou-se por construir três unidades da cinta cardíaca e uma unidade do *gateway*, quantidade mínima para a realização dos testes posteriores com os estudantes.

Tabela 3 - Materiais utilizados na construção do protótipo de laboratório do gateway

Material	Descrição	Quant.
ESP32 Nodemcu	Micro controlador principal esp-wroom32 dual core	1
NRF24L01 + PA	Módulo de transmissão de dados sem fios 2.4Ghz de longa distância	1
LCD 2.4 pol. colorido 240x320	Módulo LCD de 2.4 polegadas colorido 240x320 pontos	1
TP4056	Módulo para recarregar a bateria de lítio	1
Modulo boost 5V	Módulo amplificador de tensão para 5V	1
Módulo buck 3.3V	Módulo regulador de tensão para 3.3V	2
Bateria de lítio 3,7v / 3400mah	Bateria de lítio de uma célula	2
Botão touch ttp223	Botão de toque capacitivo	1
Protoboard MB-102	Protoboard de 830 pontos	1
Jumper macho/macho	Cabo para interligação na protoboard	50

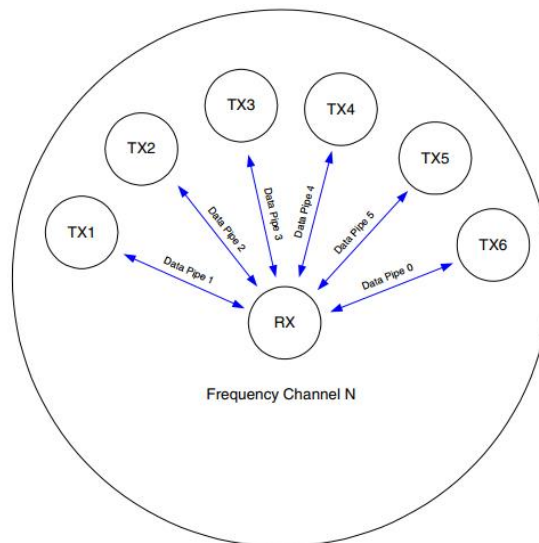
Fonte: Do autor.

Com os materiais necessários disponíveis, após, foram estudadas particularidades de todas as tecnologias necessárias, como sensores, módulos, micro controladores e demais componentes. Para tanto, foram realizadas análises dos

datasheets disponibilizados pelos fabricantes e sua bibliografia complementar disponível em canais de comunidades de *hardware* livre. Nestes estudos, foram verificados aspectos físicos e elétricos, a fim de projetar a ligação entre as placas, módulos, sensores, e demais componentes, subsidiando o dimensionamento de acordo com a relação entre potência de transmissão e consumo energético.

Na questão específica dos módulos de transmissão, nesse caso o NRF24L01, optou-se por utilizar a topologia básica de funcionamento, mostrada na Figura 13, onde há um nó principal comunicando com até seis outros nós filhos, nesse caso o nó principal estará no *gateway* e os nós filhos integrarão as cintas cardíacas, um em cada. Entretanto, caso a solução necessitar monitorar uma quantidade maior de estudantes no futuro, a arquitetura escalável do NRF24L01 permite modificar a topologia para até 3.125 (três mil cento e vinte e cinco) nós em topologia de árvore (NEDELKOVSKI, 2019).

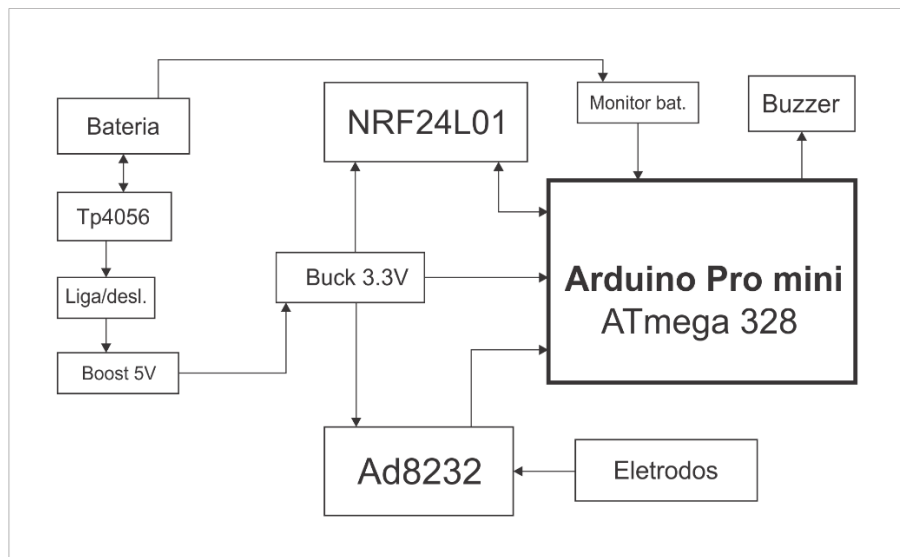
Figura 13 - Topologia dos módulos NRF24L01



Fonte: (NORDIC, p.12, 2006)

Na sequência, os primeiros passos da metodologia de construção dos protótipos foram a elaboração dos seus diagramas em blocos, tendo objetivos de orientação e organização desta etapa. Estes diagramas mostram de forma simplificada a interconexão dos módulos, micro controladores e demais materiais já descritos, tanto da cinta cardíaca quanto do *gateway*, sendo apresentados nas Figuras 14 e 15, respectivamente.

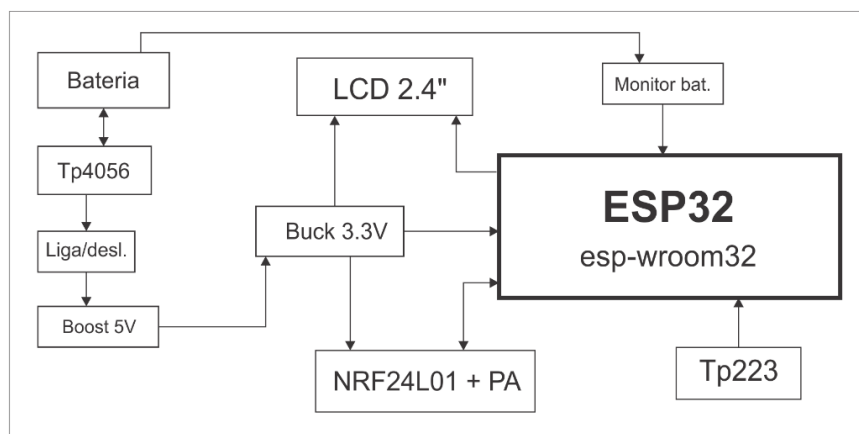
Figura 14 - Diagrama em blocos simplificado da cinta cardíaca



Fonte: Do autor.

Estes diagramas, além de guiarem o desenvolvimento dos protótipos de laboratório, trazem uma visão holística do funcionamento da solução, técnica que facilita sua compreensão geral e possibilita o aperfeiçoamento dos protótipos.

Figura 15 - Diagrama em blocos simplificado do *gateway*



Fonte: Do autor.

3.2.2 Codificação, modelagem e impressão 3D

Neste item são descritos os materiais e a metodologia para a codificação da solução, compreendendo a programação da cinta cardíaca e do *gateway*, além da configuração do sistema *web* utilizado para atuar como *broker* MQTT e análise de

dados. Também são apresentados os demais *softwares*, como os utilizados para modelagem e impressão 3D dos corpos dos protótipos.

A partir da definição dos materiais a serem utilizados, foi possível determinar qual ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) utilizar para a codificação da cinta cardíaca e do *gateway*, sendo escolhido o Arduino IDE versão 1.8.15. Esta preferência ocorreu devido ao fato de ser considerado um ambiente robusto ao ponto que suporta os micro controladores utilizados neste estudo. Além disso, permite verificar *logs* em tempo real, adição de bibliotecas para sensores, dentre outras funcionalidades.

A codificação realizada no Arduino IDE utilizou linguagem C++, com o auxílio de bibliotecas específicas para trabalhar com os módulos e serviços, obtidas gratuitamente na comunidade do *GitHub*⁹. A codificação executada em fase de laboratório foi reutilizada na versão definitiva da solução, devido a não haver mudança de *hardware* que necessitasse alteração de código, e sim somente na diferente forma de montagem final.

Para a aplicação *web* foi utilizado o sistema *ThingsBoard*, uma plataforma IoT *open-source*¹⁰ destinada a coleta, processamento e visualização de dados oriundos de dispositivos IoT (THINGSBOARD, 2019). O sistema é bastante robusto, possibilitando gerenciar dispositivos, alarmes, usuários, dentre outros. Também conta com recursos de *widjets*, destinados a comporem os *dashboards*, tais como, gráficos, cartões, manômetros, dentre outros, como mostrado pelo exemplo na Figura 16, sendo customizáveis inclusive por linha de comando, considerado um ótimo recurso para personalizar projetos.

Para utilizar a solução a partir da nuvem da própria empresa desenvolvedora, há duas versões. Uma para demonstração, de uso gratuito, com o objetivo de familiarizar o usuário, porém, apresenta algumas limitações. A outra, profissional, possui custo financeiro, sendo recomendada para usuários que precisam de maiores recursos de alocação, onde os custos variam de acordo com a demanda contratada, opção que garante um serviço de alta disponibilidade e tolerância a falhas.

⁹ Serviço baseado em nuvem que permite aos usuários colaboração em projetos compartilhados.

¹⁰ Termo em inglês para código aberto. Se refere ao código-fonte de um software, que por ser aberto, pode ser reescrito e adaptado conforme a necessidade, além de não possuir custo de licença.

Figura 16 - Dashboard de exemplo do ThingsBoard



Fonte: (THINGSBOARD, 2019)

O *ThingsBoard* também possui uma terceira versão, totalmente gratuita e sem limitações, com acesso total ao seu código fonte, entretanto, precisa ser instalada em uma infraestrutura mantida pelo próprio usuário. Considerando o objetivo do uso em ambiente de ensino, sem onerar a instituição onde este trabalho será aplicado, esta foi a versão escolhida para o estudo, visto que o IFFar-SVS conta com um *data center* local capaz de hospedar essa solução.

Como sistema operacional base para rodar a aplicação *Thingsboard*, foi escolhido o *Ubuntu Server* na sua última versão até o momento do desenvolvimento deste trabalho, 22.04 LTS, por motivos de grande estabilidade e suporte até o ano de 2027, além de ser um *software* de uso livre e código fonte aberto.

3.2.3 Etapa funcional

Após a finalização de todos os testes de laboratório, certificando o total funcionamento da solução, foram definidos os materiais necessários para a etapa de construção dos protótipos funcionais.

Visando a utilização da cinta cardíaca totalmente móvel e com menor tamanho possível, foi necessário remover as *protoboards* de todos os produtos, substituindo-as por cabos de 0,2 mm para a interligação dos componentes. Os demais materiais utilizados na fase de laboratório foram adicionados no corpo da cinta, que são uma

espécie de embalagem plástica personalizada para abrigá-los, proporcionando um acondicionamento adequado, melhor aparência e ergonomia.

Para a produção dos corpos das cintas cardíacas e o do *gateway*, foi utilizada uma impressora 3D disponibilizada pelo IFFar-SVS. O material escolhido para a construção do corpo das cintas foi o ABS, que de acordo com Magalhães (2019), possui alta resistência térmica e à impactos, ocasionando grande durabilidade, características necessárias para a utilização frequente dos alunos nas atividades físicas escolares.

O custo dessa etapa cresceu R\$ 190,00 ou US\$ 35,89 sobre os custos da etapa de laboratório, considerando a compra das cintas elásticas e filamento ABS, totalizando os materiais para a construção final dos protótipos em R\$ 1.329,00 ou US\$ 251,06, valor convertido em 13 de outubro de 2022.

3.3 AVALIAÇÃO DA SOLUÇÃO

Em relação aos métodos avaliativos aplicados neste estudo, foram realizadas a avaliação de usabilidade dos produtos desenvolvidos juntamente com os estudantes e professores e um teste comparativo entre uma solução comercial semelhante em parte com a tecnologia desenvolvida, a fim de certificar o seu funcionamento.

3.3.1 Avaliação com os estudantes e professores

Nesta etapa foram realizados os testes de usabilidade da solução em prática pedagógica, juntamente com os professores e alunos. Para isso, os produtos desenvolvidos foram utilizados em três estudantes por vez, orientado a eles a utilização da cinta cardíaca na parte frontal do seu tórax, de modo que ficasse sob a roupa. Logo após, os alunos executaram exercícios ou esportes que solicitaram os seus membros inferiores, superiores e atividades físicas gerais, tais como, futsal, basquete, atletismo, voleibol e musculação. Estas atividades resultaram em testes para aptidão cardiorrespiratória, nos quais os professores puderam monitorar a FC dos alunos por meio das informações na tela do computador.

Considerando o estado atual da pandemia da COVID-19, todas as medidas de higiene tomadas, sendo higienizados todos os objetos educacionais a cada uso. Os testes foram executados em ambientes semiabertos e abertos, sendo ginásio,

academia de musculação, pista de atletismo e campo de futebol. Com base em seus conhecimentos, os professores puderam verificar as condições físicas dos alunos, identificado os pontos de repouso, atividade e recuperação, possibilitando demonstrar aos estudantes a sua evolução de FC.

Com o objetivo de obter um *feedback* dos usuários envolvidos neste estudo, ao final dos testes com a solução desenvolvida, optou-se por aplicar uma pesquisa de satisfação a fim de compilar algumas características, como, conforto das cintas cardíacas, distância máxima de transmissão entre cinta cardíaca e o *gateway*, autonomia de bateria, interface *web* e aparência dos produtos. Para isso, foi utilizada a ferramenta Formulários disponibilizada pelo Google, que permitiu criar os formulários de forma gratuita e totalmente digital.

Para os alunos, os questionários foram aplicados após estes realizarem todos os exercícios propostos pelos professores, com questões voltadas principalmente para a usabilidade das cintas cardíacas, a fim de avaliar os produtos desenvolvidos, disponível no Apêndice C. Já para os professores, as questões foram direcionadas ao uso da solução *web* e da aplicabilidade da solução em geral, disponível no Apêndice B. Na questão educacional, para ambos foram solicitadas respostas referentes aos benefícios de aprendizado que tais objetos poderiam oferecer. Os links de acesso para a pesquisa de satisfação foram disponibilizados por meio de QR Codes, apresentados em folder logo após os testes de campo.

3.3.2 Comparação da tecnologia desenvolvida com solução comercial semelhante

Nos testes comparativos, o professor convidou dez alunos a participarem do experimento, os quais um a um, fizeram o uso de duas cintas cardíacas simultaneamente, uma desenvolvida neste trabalho e outra de solução comercial da marca Magene modelo H64. Para esta última, foram utilizados um *smartphone* com os aplicativos Wahoo v.1.60.0.17 e o Google Fit, com integração entre eles.

Após os testes com o esporte musculação, os dados foram comparados e calculados a variação percentual da solução desenvolvida IFFarHeart, tendo como referência a Magene H64, que já é um produto estabelecido no mercado.

3.4 DESENHO DO ESTUDO

O objetivo desse estudo foi um experimento para aferir a FC de estudantes, por meio de produtos desenvolvidos resultantes desse trabalho, onde o professor da disciplina de Educação Física responsável pela turma, acompanhou as informações a distância por meio de computador e *smartphone*.

Para isso, no momento do experimento, foi solicitado aos alunos que eles mesmo vestissem as cintas peitorais para monitoramento da FC, que ficaram posicionadas sob a roupa, instante em que os alunos utilizaram vestiários e banheiros. Após, foi ligada a cinta e conectada de maneira sem fios aos demais produtos desenvolvidos (pareamento *wireless*). Logo em seguida, o professor de Educação Física solicitou aos estudantes que executassem os exercícios físicos de acordo com o desejado por ele. A partir desse momento, o professor visualizou em tela de dispositivo móvel a FC desses alunos, por meio de gráficos e outros componentes de tecnologia *web*.

Como as informações ficaram armazenadas, poderão ser resgatadas em momento futuro pelos pesquisadores deste estudo. Após o experimento, foram utilizados questionários para avaliar o nível de satisfação dos envolvidos, consistindo de uma amostra não-probabilista por conveniência, tendo em vista as características buscadas no público-alvo pelo pesquisador.

3.4.1 Amostra da população alvo

Definiu-se como público-alvo da pesquisa os alunos matriculados em turmas de ensino médio e atletas do IFFar-SVS na cidade de São Vicente do Sul, no ano letivo de 2022, bem como professores de Educação Física da mesma instituição. Estimou-se aplicar o estudo entre nove a 38 alunos e três professores. A escolha dos alunos foi de forma voluntária.

3.4.2 Critérios de inclusão e exclusão

Considerou-se como critério de inclusão todos os alunos que compõem turmas de ensino médio e atletas do IFFar-SVS, instituição onde o pesquisador autor deste trabalho realiza suas atividades profissionais. A participação dos alunos teve caráter

voluntário, participando do experimento e ao questionário somente aqueles alunos que concordaram em participar das atividades. Como público-alvo foram considerados também os professores responsáveis pelas turmas.

Já como critério de exclusão, considerou-se alunos que excederam o quantitativo previsto para a amostra.

3.4.3 Análise estatística

A apreciação dos dados foi realizada por meio de análise estatística, tanto para o experimento quanto o questionário, mediante elaboração de gráficos. Após o estudo dos dados ser realizado, o pesquisador descreveu a conclusão apresentada pelas informações adquiridas, apresentando diretamente aos alunos os resultados e conclusões sobre a viabilidade ou não de implementação do projeto apresentado.

Em relação a compilação das respostas dos questionários, as mesmas foram entregues aos professores para que pudessem compreender a satisfação dos alunos em relação a solução proposta.

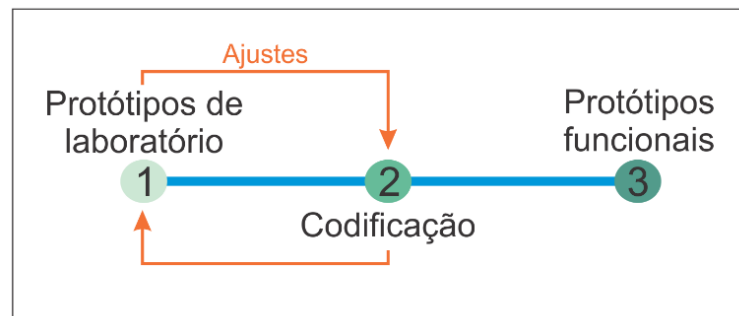
4 DESENVOLVIMENTO DA SOLUÇÃO

Esta seção descreve as etapas do processo de desenvolvimento da solução, como a criação de protótipos, codificações e montagem definitiva dos objetos computacionais.

4.1 PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO

Com a arquitetura do sistema definida, já apresentada na seção 3.1, foi possível estabelecer um processo de desenvolvimento composto de três etapas e representado na Figura 17, sendo: (1) protótipos de laboratório - nesta etapa os componentes necessários foram montados em placas de prototipagem; (2) codificação - etapa em que foi realizada a programação dos produtos, bem como a instalação e configuração da solução *web*; e (3) criação dos protótipos funcionais - nesta etapa foram replicados os protótipos de laboratório para sua versão funcional de aplicação em campo.

Figura 17 – Etapas do processo de desenvolvimento da solução proposta



Fonte: Do autor.

Dentre as diversas temáticas utilizadas neste trabalho, a cardiologia merece destaque, pois houve a necessidade de compreender superficialmente o funcionamento do coração humano ao ponto de subsidiar aspectos necessários para o desenvolvimento deste estudo. Para isso, foram realizadas reuniões com profissional da área, relatadas na seção 5.4 deste trabalho.

4.2 CONSTRUÇÃO DOS PROTÓTIPOS DE LABORATÓRIO

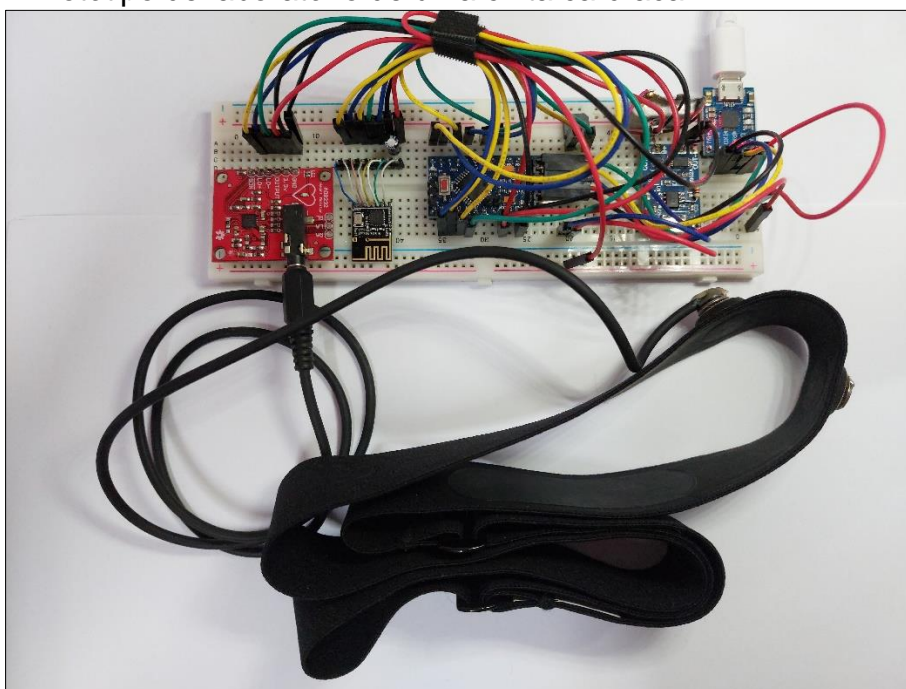
Apoiando-se na metodologia descrita no item 3.1 deste trabalho e considerando os propósitos funcionais que a solução deverá desempenhar, iniciou-se o processo de construção dos protótipos de laboratório, descritos a seguir.

4.2.1 Cinta cardíaca

Para a construção do protótipo de laboratório da cinta cardíaca, obteve-se como base norteadora o diagrama em blocos simplificado apresentado na seção de metodologia. Inicialmente foram interligados todos os componentes por meio da placa de protótipo e cabos flexíveis, conforme o *datasheet* de cada componente e obedecendo o esquema de ligação para o correto funcionamento. A Figura 18 mostra o protótipo de laboratório de uma unidade de cinta cardíaca concluído.

Nesta fase, com o propósito de laboratório de testes, a miniaturização não foi considerada pois esse momento teve o objetivo de certificar o funcionamento do objeto educacional, facilitando a construção e testagem de três unidades de protótipos, nomeadas cinta-01, cinta-02 e cinta-03.

Figura 18 – Protótipo de laboratório de uma cinta cardíaca



Fonte: Do autor.

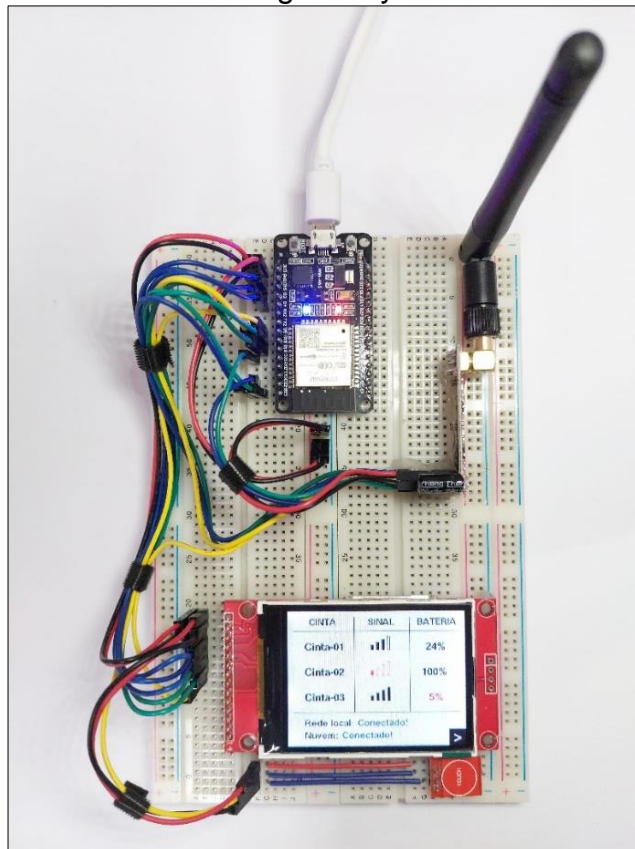
Para a leitura da FC houve uma pequena modificação na forma da coleta. O módulo para leitura de ECG utilizado, AD8232, necessita de três pontos/derivações para demonstrar a eletrocardiografia. Como houve a necessidade de coletar apenas a FC, foram utilizadas duas das suas derivações e conectadas aos eletrodos da cinta elástica peitoral por meio de um cabo coaxial.

4.2.2 Gateway

Da mesma forma que a cinta cardíaca, a construção do *gateway* foi guiada pelo diagrama em blocos simplificado previamente elaborado. A interligação dos componentes foi realizada com auxílio de *protoboards* e cabos flexíveis, mostrados na Figura 19.

Este produto conta com tela LCD e antena de alto ganho, componentes que precisaram ser colados na *protoboard* para fixação adequada neste protótipo, desconsiderando após, em momento da miniaturização na etapa três.

Figura 19 – Protótipo de laboratório do gateway



Fonte: Do autor.

Caso não tenha Internet Wi-Fi no local de aplicação da solução, impossibilitando a conexão da solução desenvolvida com a nuvem, o *gateway* permite visualizar algumas informações diretamente em seu display de cristal líquido (LCD) integrado, por meio das telas 1 e 2, alternadas por um botão sensível ao toque, apresentadas nas Figuras 20 e 21, respectivamente, sendo:

Tela 1 - informações básicas:

- **Cinta-0x**: nome da cinta;
- **Sinal**: nível de sinal (enlace) entre a cinta e o *gateway*;
- **Bateria**: nível de bateria restante da cinta cardíaca;
- **Rede local**: Status da conexão com a rede Wi-Fi;
- **Nuvem**: Status da conexão com a nuvem.

Tela 2 - informações avançadas:

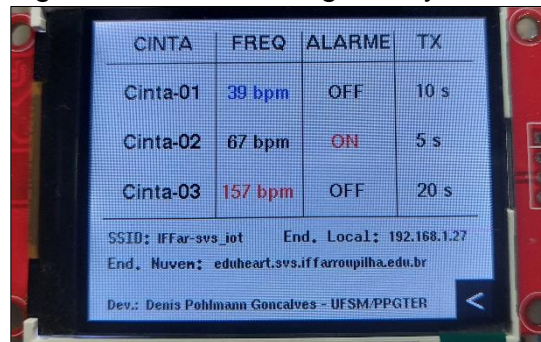
- **Cinta-0x**: nome da cinta;
- **Freq**: FC atual;
- **Alarme**: se há alarme ativo no momento;
- **Tx**: Taxa atual de coleta da FC;
- **Ssid**: ssid da conexão atual com a rede Wi-Fi;
- **End. Local**: endereço IPv4 do *gateway* na rede local;
- **End. Nuvem**: endereço destino de conexão na nuvem.

Figura 20 – Tela 1 do gateway



Fonte: Do autor.

Figura 21 – Tela 2 do gateway



Fonte: Do autor.

Este recurso de visualização das informações diretamente na tela LCD do objeto educacional pode ser acessado a qualquer instante, mesmo havendo a conexão com a nuvem, pois é carregado desde a sua inicialização. Esta característica possibilita mais uma forma de apresentar ao aluno as informações pertinentes ao propósito do estudo.

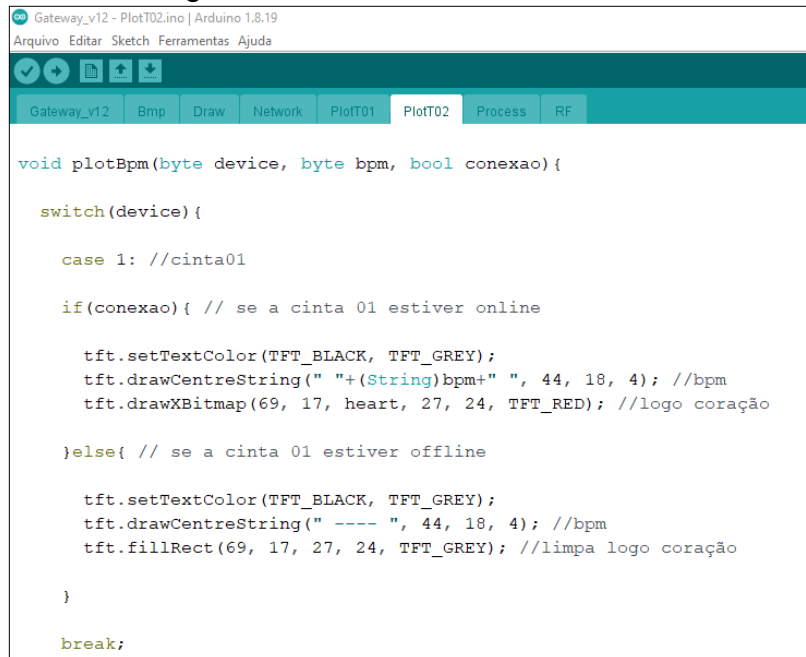
4.3 CODIFICAÇÃO

Nesta etapa de codificação dos protótipos foi utilizado o *software* Arduino IDE carregado com as bibliotecas específicas dos componentes que às necessitaram. Para isso, foi baixado a IDE diretamente do site oficial¹¹ e realizada sua instalação padrão. Em seguida, foram obtidas as bibliotecas necessárias para o funcionamento dos módulos e integradas a IDE em questão.

Na sequência, foi iniciado o processo de codificação dos produtos, sendo do *gateway* e as cintas cardíacas, etapa em que houve um desenvolvimento simultâneo necessário para realizar a integração destes produtos. Em uma bancada, foram dispostos os *hardwares* protótipos e conectados ao computador via cabo serial de alta velocidade (USB), meio necessário para envio da codificação para os produtos.

Durante esta etapa, alguns ajustes nos *hardwares* protótipos foram necessários, por exemplo a regulagem do brilho da tela LCD e correção de filtragem energética para os módulos nrf24l01, conseqüentemente, mudanças que necessitaram correção de código. Na Figura 22 é mostrado um trecho de código realizado para o *gateway*.

Figura 22 - Trecho de código realizado no Arduino IDE



```

Gateway_v12 - PlotT02.ino | Arduino 1.8.19
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda
Gateway_v12 Bmp Draw Network PlotT01 PlotT02 Process RF

void plotBpm(byte device, byte bpm, bool conexao){

  switch(device){

    case 1: //cinta01

      if(conexao){ // se a cinta 01 estiver online

        tft.setTextColor(TFT_BLACK, TFT_GREY);
        tft.drawCentreString(" "+(String)bpm+" ", 44, 18, 4); //bpm
        tft.drawXBitmap(69, 17, heart, 27, 24, TFT_RED); //logo coração

      }else{ // se a cinta 01 estiver offline

        tft.setTextColor(TFT_BLACK, TFT_GREY);
        tft.drawCentreString(" ---- ", 44, 18, 4); //bpm
        tft.fillRect(69, 17, 27, 24, TFT_GREY); //limpa logo coração

      }

    }

    break;
  }
}

```

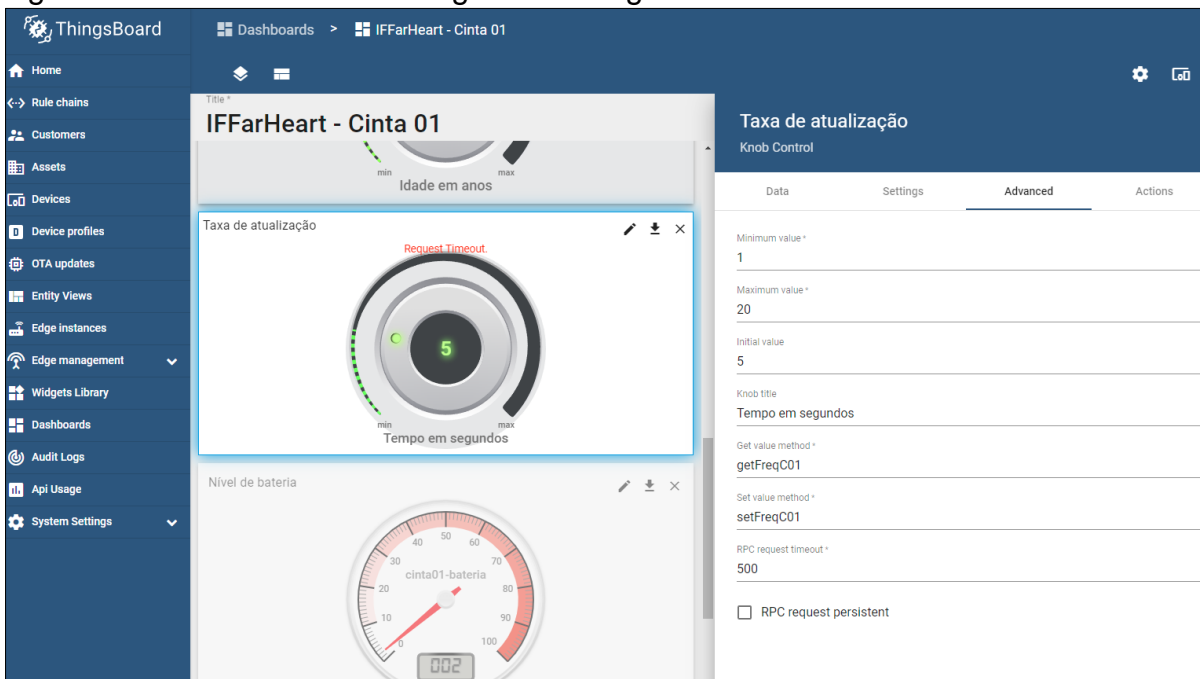
Fonte: Do autor.

¹¹ Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/software>. Acesso em: 18 de julho de 2021.

Para a instalação da aplicação *web Thingsboard* no *data center* do IFFar-SVS, inicialmente foi compreendido o provisionamento de uma máquina virtual com sistema operacional *Linux Ubuntu Server*, necessário para gerir os recursos de *hardware* e base para a instalação do *ThingsBoard*. Para o processo de instalação e configuração do *ThingsBoard*, além de suas dependências, como o gerenciador de banco de dados PostgreSQL e Java OpenJDK, foi obtida a orientação pelo seu guia de instalação oficial disponibilizado no *website* do desenvolvedor em (THINGSBOARD, 2021b).

Após a instalação e configuração inicial do *Thingsboard*, foi iniciado o processo de criação dos dispositivos, *dashboards*, *widgets* e ajustado com todas as configurações de acordo com o *gateway* e as cintas cardíacas, como exemplificado na Figura 23. Este processo cíclico de configurações ocorreu de forma simultânea entre os produtos a fim de permitir e testar o funcionamento estável da solução.

Figura 23 – Adicionando e configurando widgets



Fonte: Do autor.

Para a visualização das informações dentro da plataforma *Thingsboard*, foram criados *dashboards*, um para cada cinta, contendo todas as informações de cada uma, como FC, nível de bateria, alertas e recursos para o professor chamar o aluno ou alertá-lo de algum evento. Além disso, há uma visualização simultânea das

informações referentes as cintas cardíacas por meio de um único *dashboard*, permitindo aos professores visualizarem a FC dos alunos de forma conjunta.

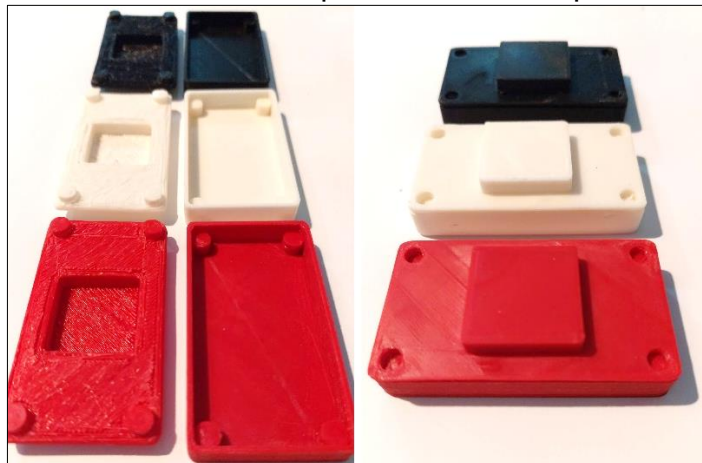
4.4 CONSTRUÇÃO DOS PROTÓTIPOS FUNCIONAIS

Nesta etapa foram construídos os protótipos funcionais da solução, ou seja, protótipos com objetivo de utilização em campo com alunos e professores.

4.4.1 Cinta cardíaca

Para a construção da cinta cardíaca, todos os corpos das cintas cardíacas foram fabricados em impressora 3D de propriedade do IFFar-SVS, utilizando filamentos ABS de cores variadas. Os protótipos foram planejados com as dimensões mínimas necessárias para acondicionar todos os módulos e componentes eletrônicos da cinta, atentando ao ponto de miniaturização em relação ao protótipo de laboratório. Na Figura 24, são mostrados os três corpos das cintas já impressos, constituídos de parte frontal e traseira cada, contendo as seguintes dimensões: espessura 11 mm, largura 36 mm e 64 mm de comprimento.

Figura 24 – Corpo das cintas cardíacas produzidos em impressora 3D

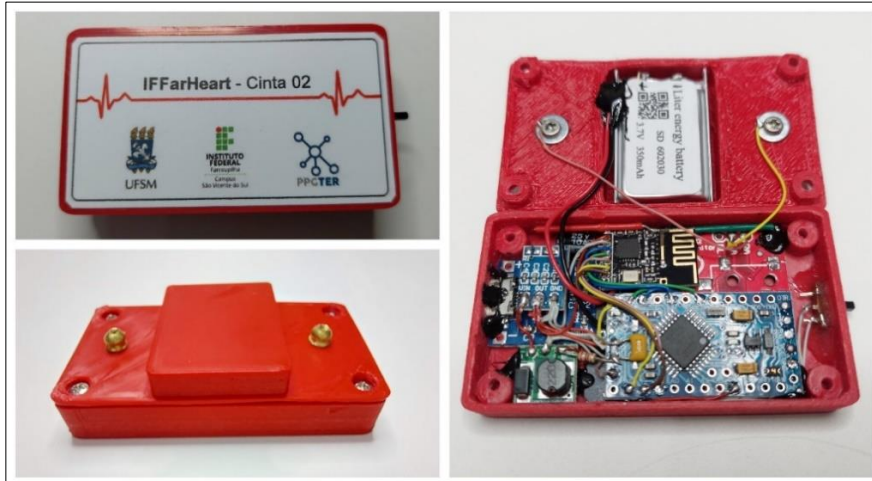


Fonte: Do autor.

Em relação aos módulos e componentes eletrônicos que compõem o equipamento computacional, todos foram acondicionados de forma mais próxima possível, levando em consideração as questões de interferência. O resultado final da montagem de uma das cintas é apresentado na Figura 25, parte interna e externa do

corpo das cintas. Todas as interligações foram soldadas e as peças mecânicas coladas de forma a garantir boa estabilidade de funcionamento.

Figura 25 – Corpo da Cinta 02 finalizado



Fonte: Do autor.

Em todos os corpos das cintas, como acabamento frontal, foram adicionados adesivos identificadores para cada um, bem como os logotipos da solução e instituições a quem este pesquisador está vinculado, apresentando o peso de 32 g cada produto finalizado. Como resultado final, os corpos das cintas foram agregados as cintas elásticas com eletrodos, compondo assim, os produtos completos chamados de cintas cardíacas, apresentados na Figura 26.

Figura 26 – Cintas cardíacas completas



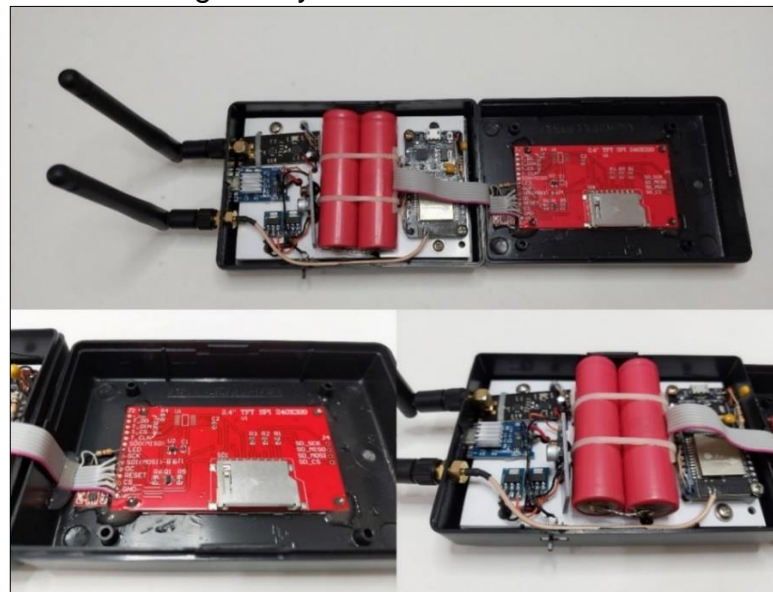
Fonte: Do autor.

4.4.2 Gateway

Nesta etapa foi realizada a montagem do *gateway*, adicionando os componentes dentro de uma caixa patola¹², não havendo a necessidade de impressora 3D para confeccionar o corpo deste produto. Contudo, houve a necessidade de efetuar cortes para encaixar o *display* LCD, antenas, interruptor liga/desliga, plugue de carregamento micro USB, além da adição de uma placa plástica para montagem dos componentes internos.

Todos os módulos foram afixados, utilizando parafusos, abraçadeiras e cola. Assim como nas cintas, os componentes eletrônicos do *gateway* tiveram suas interligações utilizando solda, para garantir a estabilidade de um bom funcionamento, além de evitar problemas com eventuais quedas, tendo sua vista interna finalizada mostrada na Figura 27.

Figura 27 – Vista interna do gateway finalizado



Fonte: Do autor.

Para o acabamento, assim como nas cintas cardíacas, foi adicionado um adesivo personalizado para identificar o produto, com indicação da área *touch* para o botão de troca de tela e logotipos das instituições a quem este pesquisador está vinculado, mostrados na Figura 28, correspondendo a visão externa do produto já

¹² Caixa construída em material plástico utilizada para armazenar componentes eletrônicos em geral, a fim de montar projetos de acordo com a necessidade do usuário.

finalizado. O corpo deste produto, sem antenas, possui as seguintes dimensões: espessura 40 mm, largura 80 mm e 120 mm de comprimento. O peso deste produto ficou em 245 g.

Figura 28 – Vista externa do gateway finalizado



Fonte: Do autor.

Em relação aos *layouts* das telas, estes foram totalmente remodelados em comparação ao protótipo de laboratório, com as novas versões apresentadas na Figura 29. O objetivo desta modificação foi melhorar a visualização e tornar a aparência mais agradável ao usuário.

Como acréscimo, alguns ícones foram adicionados a esses novos layouts, como o de bateria restante e aviso ao aluno, os quais não haviam na versão anterior.

Figura 29 - Novos layouts de telas



Fonte: Do autor.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção são apresentadas a etapa de levantamento de requisitos e uma breve elucidação da RSL realizada acerca do tema, as quais delinearão o escopo desta pesquisa. Na sequência, são percorridas as alterações necessárias em relação à ideia inicial que precedeu este estudo por meio de seu projeto, as reuniões ocorridas com o profissional de saúde do IFFar-SVS, os testes em campo realizados com a solução desenvolvida, bem como um comparativo desta com uma solução comercial semelhante, e por fim, os relatórios da pesquisa de satisfação aplicada ao público alvo.

5.1 LEVANTAMENTO DE REQUISITOS

A etapa do levantamento de requisitos teve forte importância, pois permitiu identificar as necessidades para esta pesquisa. A partir de uma conversa informal com alguns professores de Educação Física do IFFar-SVS, constatou-se uma possível deficiência em um dos processos de prática pedagógica que poderia ser solucionado com o uso da tecnologia computacional. Nesse momento foram agendadas duas entrevistas com o corpo docente de Educação Física da instituição, para conhecer melhor o problema e a partir disso planejar uma possível solução.

Nestas entrevistas, foram aplicadas a técnica de *brainstorming* para registrar e identificar o cenário atual, assim como um desejado. Após o compilado das informações, pôde-se confirmar e identificar a necessidade de um possível dispositivo computacional com algumas funcionalidades específicas, denotados pelos requisitos necessários para a solução e os resultados que a mesma deve desempenhar, apresentados a seguir.

Requisitos:

- Coletar a FC de modo simultâneo (vários alunos ao mesmo tempo);
- Exibir informações em página disponível na internet;
- Estimar gasto calórico a partir da FC;
- Possibilidade de detecção de problemas cardíacos;

- Tempo entre as coletas de informações da pulseira poderá ser ajustável (ex.: 2, 5, 10 ou 20 segundos);
- Detectar aptidão cardiorrespiratória.

Resultados esperados:

- Monitoramento em tempo real da FC;
- Informações coletadas de forma individual permitem ao professor acompanhar os sinais vitais de um aluno específico, permitindo análise caso a caso de acordo com os resultados;
- Produto versátil, assumindo o modo pulseira ou tornozeleira de acordo com o tipo de atividade física;
- Solução poderá ser utilizada para monitorar quaisquer atividades físicas ou condição de repouso;
- Apresentar resultados coletados dos alunos de forma simultânea, armazenando-os em base de dados, sendo possível obter a informação em outro momento;
- Estimular o aluno no aprendizado dos sinais vitais e sua importância – prevenção e cuidados a longo prazo;
- Monitoramento da FC auxiliando em um diagnóstico de saúde e condicionamento físico.

A partir dos requisitos e resultados esperados, foi possível planejar as ações a fim de verificar a viabilidade de execução da solução desejada. Então foram elaborados, já sem a necessidade da presença dos professores, os *brainstormings* de ações e o de obstáculos ou dificuldades, apresentados a seguir.

Ações:

- Planejar e comprar itens para o desenvolvimento dos produtos;
- Estudar as tecnologias a utilizar;
- Desenvolver diagramas eletrônicos (pulseira e receptor);
- Montar os produtos inicialmente em protótipos de bancada e após, em protótipos funcionais;

- Desenvolver a codificação de todos os produtos (Pulseira, receptor e página *web*);
- Realizar testes de avaliação com alunos e professores de Educação Física.

Obstáculos ou dificuldades:

- Falta de recurso financeiro; Ações para mitigar: obter a colaboração da instituição para outro parceiro ou escrever projetos para angariar fundos;
- Não domínio de algumas tecnologias de desenvolvimento web; Ações para mitigar: estudar a nova tecnologia o suficiente para concluir este trabalho.

5.2 RESULTADOS DA RSL

O presente estudo teve início a partir de uma RSL, com trabalhos que integram as temáticas *eHealth* com IoT, direcionados para o monitoramento da FC de seres humanos. O objetivo foi conhecer as características gerais e específicas dos trabalhos, como as formas de desenvolvimento, materiais utilizados e avaliações, a fim de identificar as possibilidades de aplicação em ambiente de ensino.

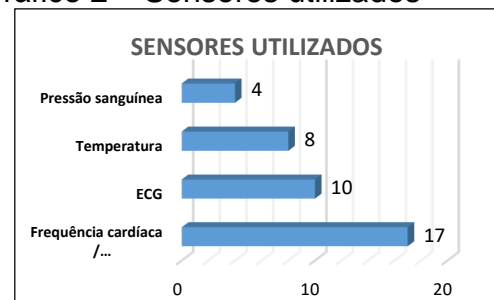
Após a aplicação do protocolo consolidado por Kitchenham (2004) sobre a literatura pesquisada, foi realizado a triagem dos estudos com base nos elementos de pesquisa definidos previamente para atingir os objetivos alvo. Como resultado, das 130 publicações acerca do tema, apenas 29 resultaram após as etapas de seleção, dentre as quais pode-se constatar na sua maioria desenvolvimento de soluções, conforme mostrados no Gráfico 1. Além disso, na maioria dos trabalhos foram utilizados sensores para monitoramento da FC, em especial o oxímetro, apresentados no Gráfico 2.

Gráfico 1 – Tipo de trabalho



Fonte: Do autor.

Gráfico 2 – Sensores utilizados

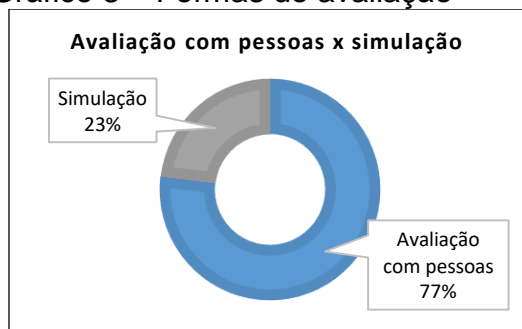


Fonte: Do autor.

Na questão da avaliação, em cerca de 77% dos trabalhos foram realizados testes em seres humanos e 43% dos trabalhos não foram avaliados, representados em Gráfico 3 e Gráfico 4, respectivamente. Neste estudo, concluiu-se que na maioria dos trabalhos, as tecnologias desenvolvidas tiveram o objetivo de atender demandas de monitoramento da FC e ECG, propondo sistemas de baixo custo e de usabilidade diária, fora do ambiente clínico ou hospitalar.

Considerando estes aspectos, há a possibilidade que tecnologias semelhantes sejam utilizadas em ambiente de ensino, como exemplo, em aulas de Educação Física. Tais soluções poderiam auxiliar o trabalho de professores e oferecer recursos diferenciados para a prática docente.

Gráfico 3 – Formas de avaliação



Fonte: Do autor.

Gráfico 4 – Avaliados ou não



Fonte: Do autor.

A RSL elaborada, (GONÇALVES; MEDINA, 2020), está disponível na íntegra ao final deste trabalho no Apêndice D.

5.3 ALTERAÇÕES NO ESCOPO DO PROJETO

A partir do levantamento de requisitos realizado com os professores, foi possível delinear o escopo desta pesquisa, mais especificamente nos aspectos construtivos da solução como um todo. Entretanto, no decorrer dos processos metodológicos e de desenvolvimento, foram identificadas algumas alterações necessárias, sendo apresentadas a seguir.

5.3.1 Tecnologia para aferição de FC

A tecnologia proposta inicialmente para este trabalho, desde o seu projeto de pesquisa, foi a construção de uma pulseira inteligente como um de seus produtos, que utilizaria um sensor do tipo fotopleletismografia (PPG), mesma tecnologia utilizada na maioria dos *smartwatches* e *smartbands*. Entretanto, a tecnologia PPG mostra menor precisão na aferição de FC se comparado a sensores do tipo eletrocardiografia (ECG), pois este último trabalha com um sinal padrão de referência para monitorar ritmos cardíacos, utilizado sempre pelos profissionais de saúde (NEUROSKY, 2015).

Portanto, foi preciso alterar o produto final para cinta cardíaca (cinta peitoral), devido a tecnologia de ECG necessitar o posicionamento de eletrodos na altura do tórax do indivíduo a ser monitorado. A Figura 30 exemplifica o local de instalação das diferentes soluções.

Figura 30 - Posicionamento das diferentes soluções



Fonte: Do autor.

5.3.2 Tecnologia para aferição da temperatura corporal

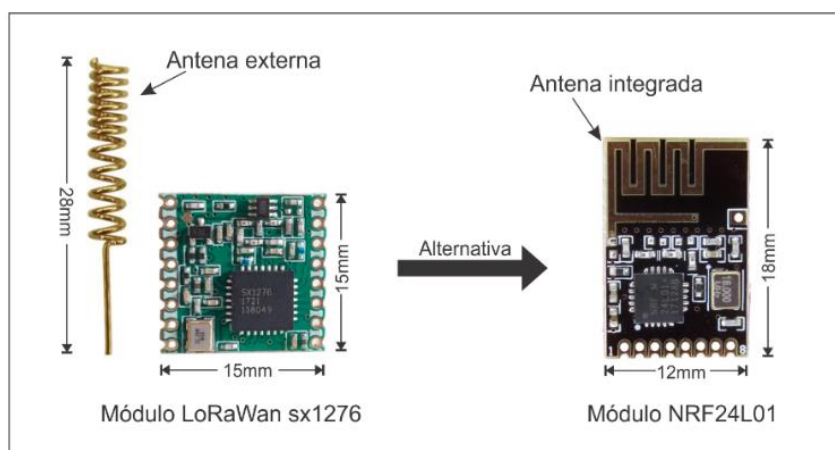
Houve a necessidade de remover a funcionalidade da leitura de temperatura corporal, pois com os materiais disponíveis para o desenvolvimento da solução proposta, não foi possível mensurar a temperatura corporal de modo fidedigno, fator que originou tal decisão. Nesse caso, não foi possível posicionar o sensor de temperatura de modo que ficasse em contato com a pele da pessoa a utilizar o protótipo da cinta cardíaca, pois ficaria desconfortável sua utilização.

5.3.3 Tecnologia de transmissão para rede MBAN

Na questão da comunicação entre a cinta cardíaca e o *gateway*, primeiramente, havia sido projetado uma rede com LoRaWAN¹³ em razão de sua excelente capacidade de comunicação em longas distâncias. Entretanto, essa característica torna o consumo de energia muito elevado, inviabilizando a sua utilização neste projeto, visto que a fonte de energia da cinta cardíaca é uma bateria pequena com capacidade de 360mAh. Ainda, a maioria dos módulos LoRaWAN utilizam antenas externas a ele, ou seja, seu acoplamento não está integrado na placa de circuito, desta forma, necessitando de um espaço relativamente maior que o módulo, na maioria dos casos com mais de três vezes o seu comprimento.

Portanto, a alternativa viável para realizar o enlace entre a cinta cardíaca e o *gateway* foi o módulo NRF24L01 SMD. Este módulo foi escolhido devido ao seu baixo custo financeiro e consumo energético, que em sua potência máxima de transmissão consome dez vezes menos energia se comparado a tecnologia LoRaWAN. Além disso, por trabalhar com 2.4 Ghz, a sua antena reduzida é integrada na própria placa de circuito em algumas versões, tornando este módulo adequado ao tamanho necessário para o projeto. Na Figura 31 é mostrada a diferença de tamanho entre os módulos LoRaWAN sx1276 e o NRF24L01 SMD.

Figura 31 - Diferença entre antenas dos módulos



Fonte: Do autor.

¹³ Protocolo baseado na tecnologia de transmissão sem fios de baixo consumo de energia e longo alcance LoRa.

5.3.4 Tecnologia *web* para visualizar as informações

Inicialmente, a solução seria composta pelo desenvolvimento de três produtos, neste caso cinta cardíaca, *gateway* e aplicação *web*, sendo que para este último, o desenvolvimento seria em parceria com a equipe de desenvolvimento de sistemas do IFFar-SVS, visto que a tecnologia estaria integrada em sistema de gerenciamento de TI da instituição. Entretanto, como o atual cenário de pandemia da Covid-19 mudou o rumo dos trabalhos da instituição, a equipe de desenvolvimento ganhou novas demandas, impossibilitando o engajamento neste trabalho.

Com base nesse inesperado contexto, a solução para essa adversidade foi utilizar uma solução *web* já consolidada, *OpenSource*, para ser empregada como MQTT *Broker* e como aplicação *web*, sendo escolhido a ThingsBoard. Algumas características desse sistema motivaram sua escolha, tais como, uso gratuito, visualização das informações em *dashboards*, perfis de usuários, controle de acesso e hospedagem em nuvem, necessárias para atender os propósitos deste trabalho.

5.3.5 Micro controlador do *gateway*

Para o processamento das informações na borda da rede, a construção do *gateway*, inicialmente, estava prevista com o uso de um Arduino *Due* mais uma *shield ethernet*, possibilitando seu uso na Internet e caracterizando assim um sistema com IoT. Entretanto, em reunião recente com os demandantes da solução, os professores de Educação Física, optou-se por criar uma solução que proporcionasse maior mobilidade também no *gateway*.

Nesse contexto, considerando o embasamento já adquirido com a RSL, decidiu-se mudar o micro controlador para um ESP32 (esp-wroom32). Este *hardware* além de ser muito mais robusto na questão de processamento e memórias se comparado a opção inicial, traz incorporado um circuito *wireless* padrão Wi-Fi 802.11 b/g/n, possibilitando mobilidade total para o *gateway*, pois não há a necessidade do cabo de conexão *ethernet* e sua alimentação poderá ser realizada com bateria.

5.4 REUNIÕES COM O PROFISSIONAL DE SAÚDE

Durante o processo de design da solução, houve a necessidade de compreender melhor o funcionamento do coração humano, detalhes esses que puderam oferecer maior conhecimento de como monitorar os sinais elétricos originados pelo órgão, para então, subsidiar a escolha de dispositivos necessários para tal finalidade.

Diante dessa situação, foram realizadas quatro reuniões com o médico clínico geral do IFFar-SVS, que casualmente possui especialidade em cardiologia. Nesses encontros foi possível obter o embasamento teórico e prático-explicativo do comportamento do coração, trazendo elementos essenciais para o sucesso deste trabalho.

O profissional de saúde trouxe uma informação bastante importante em relação ao ECG, sendo que para a leitura apenas do parâmetro de FC poderia ser utilizado somente duas derivações, nesse caso eletrodos de contato na pele. Com essa informação foi possível adequar o sensor de ECG utilizado neste trabalho para trabalhar conforme a necessidade prevista, ou seja, mensurar apenas a FC.

5.5 AVALIAÇÃO DA SOLUÇÃO

Para a avaliação da solução, em primeiro momento são apresentados os testes em campo com a solução IFFarHeart e na sequência, um comparativo desta solução com um produto comercial, ambos com seus respectivos resultados. Por último, é mostrada a pesquisa de satisfação aplicada com os envolvidos.

Em data anterior a aplicação dos testes, a solução desenvolvida IFFarHeart foi apresentada aos professores de Educação Física do IFFar-SVS, sendo as cintas cardíacas, *gateway* e página *web*. Neste momento, houve também um rápido treinamento de utilização com foco na página *web*, onde os professores puderam sanar dúvidas e curiosidades sobre a solução. Houve também a apresentação e entrega do manual do usuário na sua versão impressa, que aborda todas as informações da solução, tais como, funcionalidades, modos de uso, resolução de problemas, dentre outras. O manual, na íntegra, pode ser visualizado ao final deste trabalho no Apêndice A.

Esta pesquisa, aplicada no IFFar-SVS, envolveu a participação de 33 estudantes de diferentes cursos, contando também com todos os professores de Educação Física da instituição, considerados três servidores no momento da aplicação dos testes, no intervalo entre 14 a 25 de setembro de 2022. Todos os envolvidos foram convidados a participarem de forma voluntária e consentida, com a pesquisa submetida ao CEP da UFSM, sob número CAAE 62847422.3.0000.5346, respeitando assim os aspectos éticos com seres humanos, segundo a Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde.

5.5.1 Testes em campo com professores e alunos

Considerando os diversos cenários para aplicação dos testes, os professores em conjunto, decidiram dividi-los aplicando a solução desenvolvida IFFarHeart em variadas modalidades de esportes. Este fato, segundo eles, permitiu explorar a funcionalidade e usabilidade nas diferentes variáveis envolvidas em cada esporte, como exemplos, impactos e/ou giros de tronco do corpo. A seguir, são detalhados os testes de acordo com cada modalidade de esporte.

5.5.1.1 Basquete

No início de uma das aulas de Educação Física do ensino médio integrado ao técnico, o professor informou que seria trabalhado o basquete naquela ocasião. Logo, ele orientou os alunos a reduzirem a quadra pela metade, ficando basquete masculino de um lado e feminino de outro. Na sequência, três alunos já se propuseram a vestir as cintas e testar a tecnologia desenvolvida, sendo duas meninas e um menino. Em seguida, foram repassadas as orientações sobre como vestir as cintas, formas de funcionamento e finalidades do uso da solução.

Logo após as partidas começarem, o professor sentou-se na frente do computador e por meio da página *web*, iniciou a análise das informações dos alunos separadamente. Primeiramente, ele fez os ajustes necessários para as idades dos estudantes e na sequência procurou os gráficos individuais da FC de cada aluno, após também, fazendo um comparativo por meio do gráfico onde são combinados todos os estudantes. Neste momento o professor constatou uma mudança considerável da FC

dos alunos, devido a estes saírem da condição de repouso tendo início nas atividades físicas.

No decorrer das partidas, os integrantes da turma foram revezando, ficando alguns alunos em quadra jogando, e outros fora dela descansando, formando assim um rodízio. A medida em que o tempo foi passando, o professor foi capaz de observar por meio da solução IFFarHeart que enquanto os alunos estavam esperando para entrar em quadra, suas FC ficaram mais baixas, acelerando-as após retornarem a partida.

Imediatamente após o término dos jogos, o professor fez experimentos com dois estudantes que estavam vestindo as cintas. Solicitou que uma das meninas deitasse no chão sobre um colchonete e apoiasse suas pernas no alto em uma cadeira, permanecendo naquela posição para descanso. A partir desse momento, o professor foi capaz de demonstrar a aluna a queda e normalização da sua FC diretamente na tela do *notebook* de forma gráfica. No entanto, houve uma queda de FC relativamente baixa em um intervalo de cinco minutos, situação não convencional. Nesse momento, a aluna relatou que após contrair a COVID-19, uma das sequelas que a doença deixou em seu organismo foi justamente uma aceleração de sua FC, diagnosticada por seu médico. Nesse ponto a solução mostrou-se interessante ao identificar essa condição anormal da estudante.

O outro experimento foi realizado com o menino, ao qual foi solicitado um exercício de *step* com elevação de altura. Nesse momento, o professor iniciou com um *step* apenas, orientando o aluno a subir e descer, acrescentando mais objetos à medida que o tempo foi passando. No decorrer de todo o experimento, o professor demonstrou ao aluno a curva de crescimento de sua FC na medida em que a exigência física foi crescendo, oportunizada visualização no gráfico. Da mesma forma, após o estudante parar o exercício, a curva decrescente foi apresentada a ele.

Em uma das meninas, não foi possível monitorar a FC, pois a cinta não conseguiu detectá-la, mesmo após a orientação e solicitação para a aluna umedecer os eletrodos da cinta a fim de melhorar a condutividade entre a cinta e a pele.

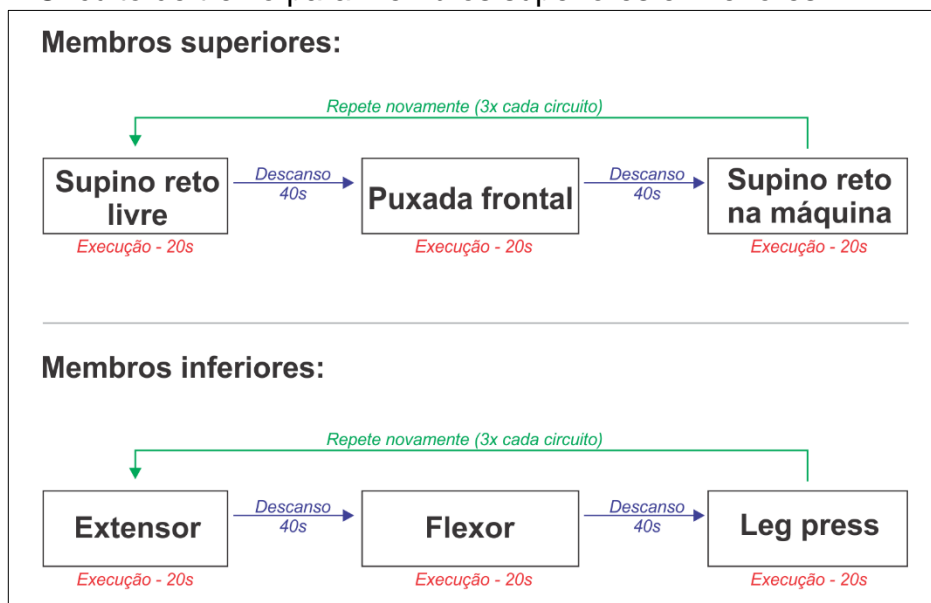
5.5.1.2 Musculação

O IFFar-SVS possui academia de musculação própria, então um dos professores do corpo docente de Educação Física decidiu fazer um treino com três

alunos que já fazem esse esporte no local. Após as orientações do uso da cinta e funcionamento geral da solução, os alunos foram solicitados a vestirem as cintas e após, aguardarem sentados em repouso durante cinco minutos, período em que foram acompanhadas a FC de cada estudante, apresentadas primeiramente a eles por meio do *gateway*.

Após o descanso, os alunos iniciaram alongamento e aquecimento durante 80 segundos, com o auxílio de uma barra leve de madeira. Na sequência, os estudantes iniciaram um circuito de exercícios com carga e duração de 20 segundos cada, alternando-os com descanso de 40 segundos entre eles, conforme demonstrado na Figura 32. Primeiramente, os alunos fizeram exercícios para os membros superiores, repetindo-os três vezes. Logo após, houve um descanso de três minutos antes de iniciar o circuito de exercícios para membros inferiores, repetindo-os também três vezes.

Figura 32 - Circuito de treino para membros superiores e inferiores

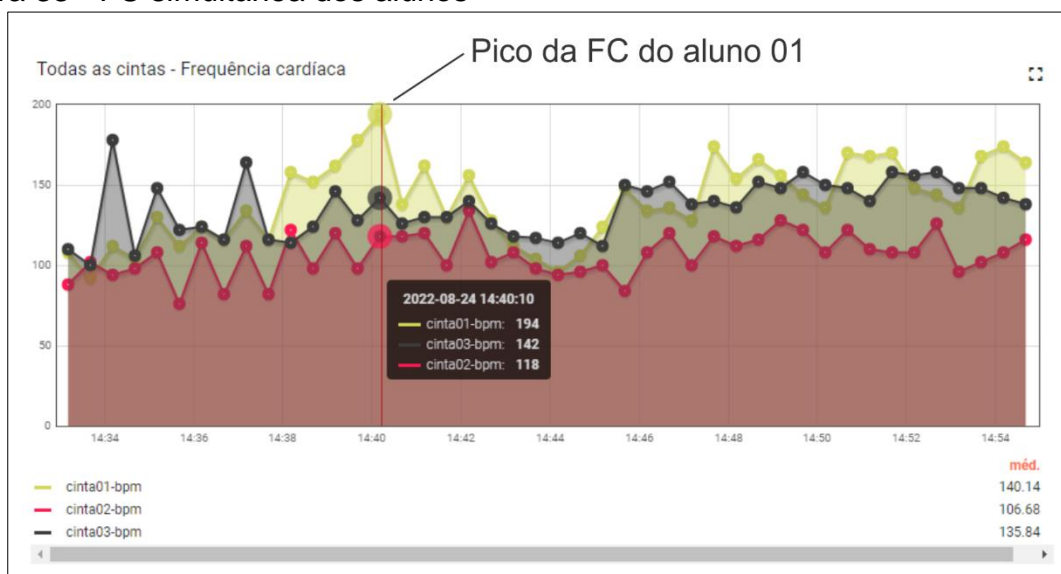


Fonte: Do autor.

As cargas foram definidas individualmente conforme a utilização habitual do aluno. À medida em que o treino de musculação foi ocorrendo, o professor observou no gráfico que um dos alunos, permaneceu com sua FC mais baixa em relação aos demais. Nesse momento ele argumentou que este aluno pratica musculação há mais tempo, logo a solução possibilitou demonstrar esse fator.

Durante um dos exercícios de supino, a solução também identificou um pico de FC para o aluno que estava vestindo a cinta-01 (aluno 01), sendo 194 bpm, momento em que este estava com seu esforço no limite, denotado na Figura 33. Então o professor foi rapidamente até o aparelho e ajudou o estudante a terminar a série. Nesta mesma figura, é apresentado o gráfico gerado pela página web da solução IFFarHeart, onde são apresentadas as informações coletadas durante todo o treino que durou aproximadamente 21 min.

Figura 33 - FC simultânea dos alunos



Fonte: Do autor.

Após o término dos exercícios, o professor demonstrou aos estudantes os gráficos da FC de cada um, valores mínimos e máximos detectados, médias e comparativo simultâneo entre FC. Também explanou sobre os efeitos do exercício sobre a FC, condição de repouso e relação com o tempo de prática do aluno. Ainda, na sequência, o professor solicitou que cada estudante identificasse por meio de uma nota, qual a percepção subjetiva de seu esforço no treino, com intensidades apontadas de zero a dez, consideradas repouso até a fase exaustiva, respectivamente.

5.5.1.3 Basquete 3x3

Nesta modalidade de basquete 3x3, inspirada no esporte de rua, após as orientações de como vestir a cinta e sobre o funcionamento da solução, o professor

escolheu de forma aleatória três alunos para utilizarem as cintas. Após os alunos vestirem as mesmas, foi conferido o posicionamento das cintas no corpo dos estudantes, a conexão com o *gateway* e este último com a nuvem, para então liberar o início da partida, após um breve aquecimento.

Para o monitoramento dos estudantes por meio da página *web*, o professor posicionou o *notebook* e o *gateway* sobre uma mesa escolar ao lado da quadra, mostrados na Figura 34, sendo que já no início da partida foi observado uma aceleração da FC em todos os estudantes monitorados, visto a intensidade do jogo em questão.

Figura 34 - Partida de basquete 3x3

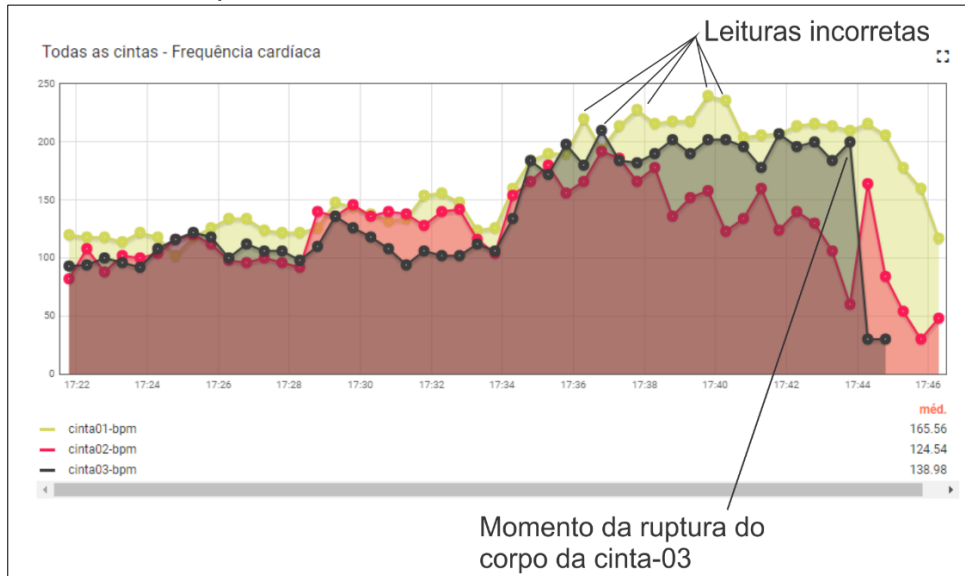


Fonte: Do autor.

No decorrer da partida, os alunos 01 e 03 (cinta-01 e cinta03), fizeram ajustes rápidos na posição das cintas, ações que ocasionaram leituras incorretas momentâneas, visto que o toque direto dos dedos das mãos nos eletrodos localizados na parte de dentro da cinta elástica induziram uma certa corrente elétrica. Estas leituras são apresentadas na Figura 35. Perto do final da partida, houve uma colisão entre os alunos devido a uma calorosa disputa pela bola, o que ocasionou a ruptura do corpo da cinta-03. Imediatamente o aluno foi chamado e procedido a remoção da

cinta, pois tal ruptura inviabilizou o monitoramento do estudante a partir daquele momento.

Figura 35 – FC no basquete 3x3



Fonte: Do autor.

No demais, tudo ocorreu dentro do esperado. Ao final da partida, que durou dez minutos, o professor solicitou a presença dos alunos e mostrou os gráficos da FC destes na tela do *notebook*. Os alunos se mostraram bastante interessados em visualizar toda sua evolução da FC, desde o repouso, durante o treino e após no descanso.

5.5.1.4 Atletismo

Os testes com o esporte atletismo foram realizados na pista para essa modalidade, presente no IFFar-SVS de tamanho oficial (400 m). Além do monitoramento simultâneo dos estudantes, foi possível testar o recurso de alertas sonoros e também a questão da comunicação em longa distância entre as cintas cardíacas e o *gateway*.

No início dos testes, o professor que trabalha esse esporte no campus, reuniu seis estudantes, três masculinos e três femininos, todos já atletas dessa modalidade. Após, foi apresentado a solução IFFarHeart para os estudantes seguido da solicitação de vestimenta das cintas. Na sequência, foi conferido o aperto do elástico das cintas

conforme demonstrado na Figura 36 com um dos alunos, para certificar que a mesma estivesse bem firme no corpo dos estudantes, a fim de garantir a leitura correta da FC.

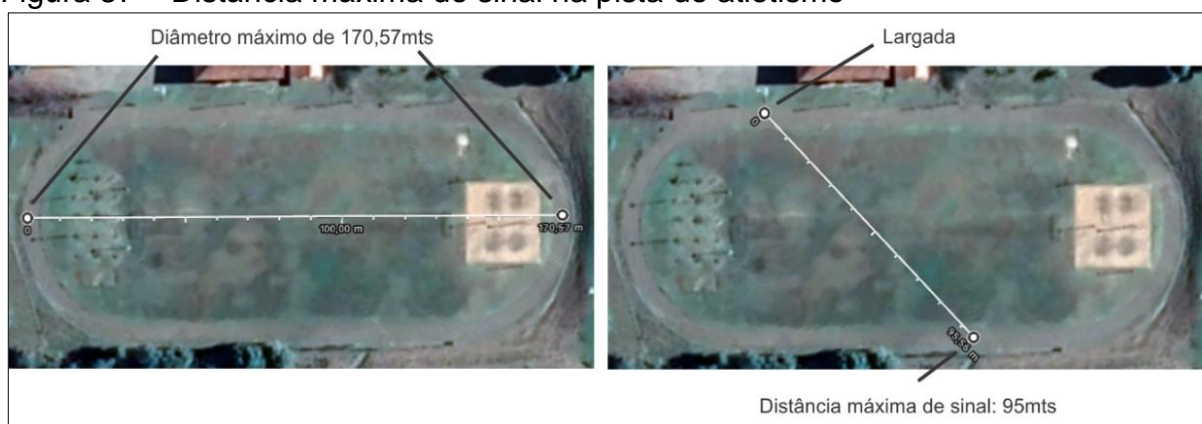
Figura 36 - Conferência da cinta cardíaca no estudante



Fonte: Do autor.

Em relação ao posicionamento do *gateway*, em primeiro momento foi escolhido próximo a largada da pista justamente para testar o alcance máximo de comunicação entre esse equipamento e as cintas cardíacas. Como resultado, o *gateway* perdeu sinal das cintas em distâncias superiores a 95 m aproximadamente, retomando o sinal a medida em que o aluno se aproximava a distâncias menores que essa no percurso da pista, denotados na Figura 37.

Figura 37 – Distância máxima de sinal na pista de atletismo



Fonte: Adaptado de Maps (2022).

Com base nesse resultado, em segundo momento, o posicionamento do *gateway* foi alterado para o centro do campo de futebol, localizado internamente a

pista de atletismo. Nesta posição, as bordas da pista ficaram equidistantes em relação ao gateway, garantindo assim a cobertura do sinal em toda pista. Como resultado, foi obtido comunicação estável a uma distância máxima de 85 m entre o *gateway* e as cintas cardíacas, demonstrado na Figura 38.

Figura 38 - Distância máxima de sinal estável



Fonte: Adaptado de Maps (2022).

Após a confirmação do funcionamento adequado da solução, em relação a estabilidade de sinal, os testes tiveram início. Primeiramente o professor solicitou a presença das meninas na pista, fazendo uma volta de aquecimento trote, ou seja, uma corrida bem leve, acompanhando a FC das mesmas na tela do *notebook*. A seguir, o professor pediu para as alunas aguardarem próximo à linha de largada, onde utilizou o recurso de “avisar aluno” por meio da página *web*, para então solicitar a aluna desejada a correr um tiro de 400 m. Uma a uma, as alunas escutaram o sinal sonoro correspondente emitido pela cinta cardíaca e executaram a corrida solicitada.

Na sequência, os meninos fizeram a corrida trote e tiro de 400 m cada. Da mesma forma que anteriormente no feminino, o professor fez o acompanhamento da FC dos estudantes e a solicitação para corrida na forma de aviso sonoro a distância, este último que favoreceu bastante o processo segundo o professor. Após o término dos testes, o professor solicitou a presença de todos os alunos e apresentou na tela do *notebook* a evolução da FC de cada um, método que permitiu a visualização por parte dos estudantes, por exemplo, a curva de crescimento das FC na reta de chegada, sendo os últimos 100 m. Na Figura 39, é mostrado o professor de atletismo utilizando a solução IFFarHeart com seus alunos em campo.

Figura 39 - Professor utilizando a solução IFFarHeart com seus alunos



Fonte: Do autor.

5.5.1.5 Futsal

No esporte futsal modalidade feminino, em primeiro momento, três estudantes foram convidadas a participarem dos testes. Após a apresentação da solução e orientação de vestimenta das cintas, as estudantes optaram por fazer esta última na frente de todos, visto que estavam utilizando trajes do tipo top, ficando a cinta cardíaca com posicionamento ligeiramente abaixo do traje, conforme mostrado na Figura 40.

Figura 40 - Aluna vestindo a cinta cardíaca desenvolvida



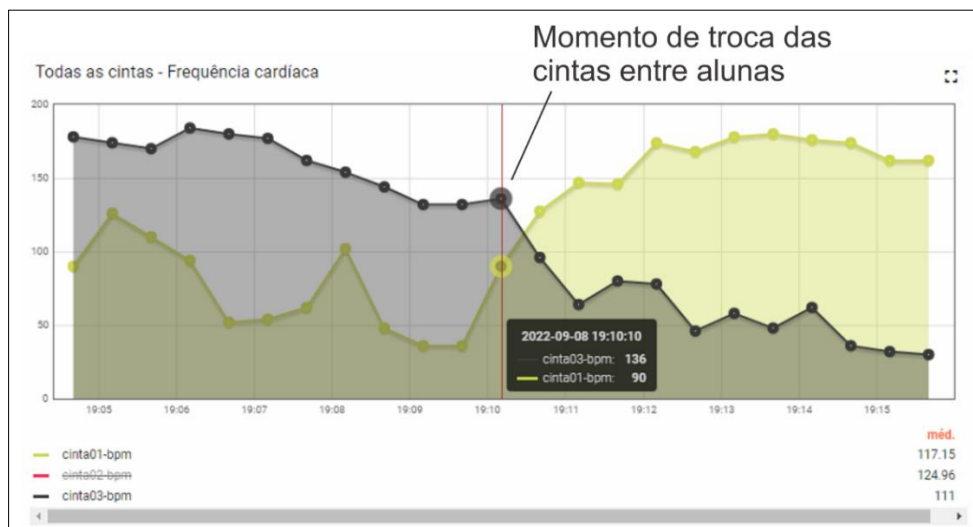
Fonte: Do autor.

Este experimento, aconteceu em uma aula de treino das equipes de futsal feminino principal e reserva do campus. Para iniciar os testes, o professor solicitou um aquecimento na forma de corrida para todas atletas, onde rapidamente já houve crescimento da FC destas. Em segundo momento, foram solicitados exercícios em quadra, de passos laterais, corridas curtas, desvio de obstáculos, dentre outros, onde foi constatado leve suba da FC.

Por fim, o jogo de futsal foi iniciado, utilizando a quadra coberta de tamanho oficial. Nesse momento, houve uma elevação acentuada da FC das estudantes, devido ao maior esforço físico em relação às atividades que antecederam. Entretanto, uma das alunas mostrou sua FC relativamente baixa, logo foi chamada para aferição da posição de sua cinta cardíaca, onde foi constatado o perfeito posicionamento, porém, seguiu com FC baixa, provavelmente sem a detecção do seu biossinal cardíaco.

Durante todo o experimento, em uma das estudantes, foi apresentada a FC bem acima das demais, onde da mesma forma que anteriormente, foi conferido o posicionamento da cinta, estando corretamente vestida na aluna. Então o professor decidiu fazer a troca das cintas entre duas alunas, a que estava com FC baixa com a de FC alta, sendo que após, resultando exatamente nas mensurações anteriores, ou seja, a estudante de FC baixa seguiu com a FC baixa e o mesmo se aplica a outra, como apresentado na Figura 41. Portanto, foi descartada a possibilidade de defeito na solução.

Figura 41 - Troca das cintas cardíacas entre estudantes



Fonte: Do autor.

Minutos após, o professor utilizou a função “chamar aluno”, presente na página *web* da solução IFFarHeart, enviando imediatamente um sinal sonoro para a cinta cardíaca da aluna com FC mais alta. Mesmo a aluna estando longe, a aproximadamente 30 m e em meio a muitos ruídos no local devido a partida estar em andamento, foi ouvido o sinal sonoro por parte da aluna que rapidamente atendeu ao chamado do professor. Após a estudante chegar ao encontro do docente, ela foi colocada em repouso durante cinco minutos. Logo a estudante teve uma queda de sua FC até a normalidade, constatando que a elevação de sua FC teve origem somente pela atividade física, segundo o professor.

No decorrer do jogo de futsal, a solução foi testada em mais duas estudantes, em momentos necessários, como no caso de uma das estudantes que estava vestindo a cinta ficar cansada e outra ao machucar a perna em uma disputa de bola.

5.5.1.6 Voleibol de quadra

Nesse esporte, o professor utilizou a solução com dois alunos e uma aluna, em modalidade mista. Logo após as orientações de utilização das cintas, os estudantes as vestiram e ficaram à disposição do docente. Dois alunos foram encaminhados para o jogo de voleibol, modalidade de esporte trabalhada com a turma de ensino médio naquela ocasião.

O aluno restante foi solicitado a realizar exercícios físicos mais intensos, subida e descida de *step*, com o objetivo de aquecimento e aceleração da FC. Após cinco minutos, esse estudante foi chamado via comando pela página *web* da solução IFFarHeart, e na sequência, foi apresentado para ele o gráfico da sua FC durante todo o exercício. Nesse momento, o professor explanou sobre a relação das atividades físicas com a FC, demonstrando via solução IFFarHeart na prática com o próprio estudante.

Durante o jogo, a solução desenvolvida permitiu ao professor constatar via gráficos que os alunos de voleibol apresentaram a FC um pouco mais baixa em relação aos outros esportes utilizados nos experimentos anteriores. Isso porque, os estudantes se movimentaram pouco em razão das posições do esporte.

O recurso do *display* acoplado ao *gateway* da solução IFFarHeart teve bastante uso pelo professor, que em grande parte do experimento foi mais utilizado para visualizar a FC dos estudantes do que a página *web*. O docente teve uma experiência

mais rápida e prática da informação necessária naquela ocasião, segundo o relato dele. A Figura 42 mostra o professor posicionando o *gateway* para o melhor ângulo de visualização das informações dos estudantes.

Figura 42 - Professor utilizando o gateway



Fonte: Do autor.

5.5.1.7 Discussão acerca dos testes em campo

Após os testes em campo com todas as modalidades escolhidas pelos docentes, apresentados e detalhados anteriormente, foi possível analisar e discorrer as situações a seguir.

Em estudantes mais magros foi constatado maior facilidade em obter os biosinais para mensuração da FC, fato já esperado pois, segundo o professor, estudantes com esse biotipo possuem pouca camada adiposa, facilitando a condução do sinal elétrico.

Nos movimentos mais intensos com giro de tórax, houve em alguns casos isolados, um desajuste na cinta cardíaca, fato que exigiu um reajuste por parte do estudante ou professor. Na maior parte destes eventos, as cintas estavam com pouco aperto na parte elástica.

A solução se mostrou bastante útil com os recursos de chamar, alertar ou avisar alunos, principalmente quando em uso na modalidade atletismo, caso onde o professor ficou há grande distância do estudante. Esta opção de aviso sonoro

presente na solução IFFarHeart, tornou muito fácil a tarefa de solicitar a presença do aluno, substituindo o método anterior onde o professor “gritava” para se comunicar com os estudantes.

Um dos professores achou mais interessante visualizar as informações diretamente no *gateway*, pelos fatores agilidade e facilidade de uso, na opinião dele, deixando a página *web* para maiores detalhamentos, posterior análise e demonstração aos estudantes.

No Quadro 2 são mostrados os recursos mais utilizados da solução IFFarHeart acerca dos testes em campo realizados com os estudantes nas modalidades em questão, observados no uso de cada professor em particular.

Quadro 2 – Recursos mais utilizados nos testes em campo

Modalidade de esporte	Recursos mais utilizados pelo professor	Qtde de estudantes
Basquete	Monitoramento da FC via LCD do gateway	3
Musculação	Monitoramento da FC via página <i>web</i>	3
Basquete 3x3	Monitoramento da FC via página <i>web</i>	3
Atletismo	Monitoramento da FC via LCD do gateway e avisos sonoros	6
Futsal	Monitoramento da FC via LCD do gateway e avisos sonoros	5
Voleibol de quadra	Monitoramento da FC via LCD do gateway	3
Total de estudantes avaliados		23

Fonte: Do autor.

O monitoramento da FC dos estudantes teve grande importância para demonstração nas aulas de Educação Física, pois além de cumprir uma exigência da ementa da disciplina, possibilitou tornar o ensino mais atrativo, por meio da inserção de uma ferramenta computacional de recursos gráficos nos esportes trabalhados. Além disso, a tecnologia desenvolvida permitiu identificar uma anormalidade na FC de uma estudante, consequência da COVID-19 segundo o médico da aluna.

Pelo fato da solução ser totalmente sem fios e com o auxílio de *smartphone* ou *notebook* para a visualização das informações detalhadas, a solução apresentou uma boa experiência para os docentes e estudantes, permitindo ampla mobilidade destes em variados locais dentro do campus.

A solução IFFarHeart desenvolvida se mostrou bastante estável nos testes, atingindo comunicação em longas distâncias, cerca de 85 m máximos e monitoramento da FC simultânea de até três estudantes em tempo real. Estas características se diferem da maioria das soluções presentes no mercado, como pulseiras e relógios inteligentes e também cintas cardíacas convencionais.

Na questão da autonomia de bateria, todos os testes realizados nas modalidades de esportes e também na comparação com a solução comercial, apresentada a seguir, foram executados com apenas uma carga de bateria, restando ainda 35% em média de carga nos produtos cintas cardíacas e *gateway*. Este cenário permitiria tranquilamente ao professor trabalhar um dia inteiro com seus alunos, sem interrupções para recarga das baterias.

5.5.2 Comparação da IFFarHeart com solução comercial

Para o teste comparativo da solução desenvolvida IFFarHeart com a solução comercial da marca Magene modelo H64, foram convidados dez alunos para realizarem o experimento em exercícios de musculação. A escolha deste esporte se deu pelo fato da solução comercial não suportar distâncias maiores que dez metros de acordo com o especificado no manual da solução em Magene (2021), considerando o ambiente reduzido da academia de musculação do IFFar-SVS adequado para o teste.

Nesse experimento, somente a questão da FC foi comparada, visto que os recursos de alertas sonoros, comunicação a longa distância e coleta simultânea não estão presentes na solução comercial da Magene H64. Contudo, o modo de apresentação visual da FC foi considerado somente para fins de aparência, visto que ambas soluções a contemplam na forma de gráficos.

No início do experimento, foram apresentadas as soluções para os estudantes e em seguida, solicitado que estes vestissem as duas cintas cardíacas, uma ligeiramente abaixo da outra, para que assim, o mesmo biossinal fosse captado de forma simultânea por ambas soluções, conforme mostrado na Figura 43.

Figura 43 - Aluna utilizando as duas cintas cardíacas



Fonte: Do autor.

Após os estudantes vestirem as cintas, estes realizaram o treinamento de musculação que costumam fazer, utilizando as cintas cardíacas durante dez minutos para a coleta de dados. Após o aluno 01 realizar o experimento, as cintas foram removidas, higienizadas e repassadas ao aluno 02, e assim sucessivamente até completar o teste com o aluno 10.

A coleta de dados pela solução IFFarHeart teve seu armazenamento em nuvem e disponível por meio da página *web*. Já para a solução da Magene H64 foi utilizado o *smartphone* do pesquisador, visto as necessidades de comunicação *bluetooth* e utilização dos *softwares* Wahoo e Google Fit para armazenamento dos dados.

Em ambas soluções, a FC dos indivíduos monitorados podem ser visualizadas por meio de gráficos. Para a solução da Magene H64, as informações estão disponíveis somente em aplicativo instalado em *smartphone*, compatível com variados aplicativos, inclusive com o Google Fit, este último com sua versão *web* desativada em março de 2019 (CANALTECH, 2019). A Figura 44 mostra o gráfico de FC extraído do aplicativo Wahoo durante o teste comparativo da solução.

Já para a solução IFFarHeart, as informações estão disponíveis na Internet por meio de página *web*, obtida pela solução ThingsBoard, totalmente responsiva, ou seja, seu *layout* se ajusta em qualquer dispositivo. Esta opção centralizada das informações torna interessante sua visualização, permitindo acesso a todos os professores e alunos de qualquer lugar do mundo, podendo ser de forma simultânea ou não, com acesso a partir de qualquer dispositivo que possua um navegador *web*, seja qual for.

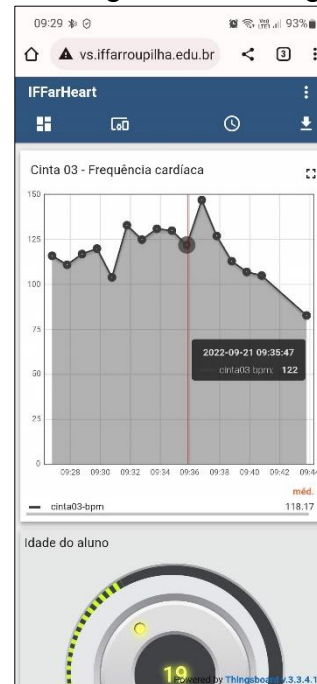
A Figura 45 mostra o gráfico de FC extraído da página *web* em *smartphone*, durante o teste comparativo da solução. Nesta imagem é mostrado a tela responsiva da solução ThingsBoard.

Figura 44 – Aplicativo Wahoo



Fonte: Do autor.

Figura 45 – Página *web* Thingsboard



Fonte: Do autor.

Em relação a exploração dos dados, em ambas as soluções estes foram manualmente extraídos das aplicações e tabelados, permitindo assim a análise comparativa das informações, considerando esta operação para cada um dos dez alunos.

Para a solução Magene H64, as informações emitidas pela cinta cardíaca são recebidas diretamente no *aplicativo* Wahoo por meio da tecnologia *bluetooth*. Entretanto, não é possível visualizar na forma de texto os pontos de coleta com a relação hora-FC, nem mesmo há a possibilidade de exportação dos dados. Logo, foi necessário fazer a integração desse aplicativo com o Google Fit.

No Quadro 3 são mostradas as informações obtidas com ambas as soluções para o aluno 01, totalizando 60 coletas dentro do intervalo de dez minutos. Nessa análise foi calculado a variação percentual de cada coleta, onde ao final, foi obtida sua média.

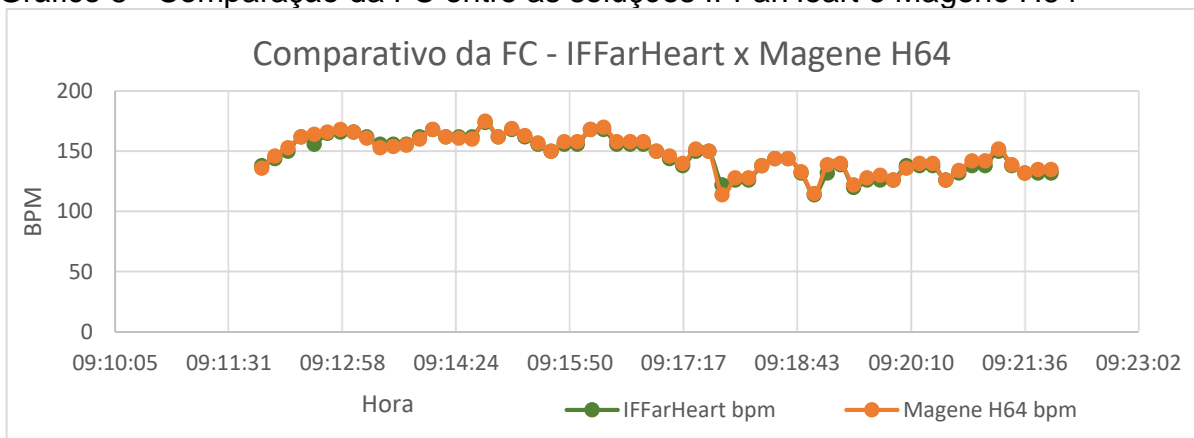
Quadro 3 – Informações obtidas com ambas soluções para o aluno 01

Hora	IFFarHeart bpm	Magene H64 bpm	Variação %	Hora	IFFarHeart bpm	Magene e H64 bpm	Variação %	Hora	IFFarHeart bpm	Magene H64 bpm	Variação %
09:11:56	138	136	1,5%	09:15:16	162	163	0,6%	09:18:36	144	144	0,0%
09:12:06	144	146	1,4%	09:15:26	156	157	0,6%	09:18:46	132	133	0,8%
09:12:16	150	153	2,0%	09:15:36	150	150	0,0%	09:18:56	114	115	0,9%
09:12:26	162	162	0,0%	09:15:46	156	158	1,3%	09:19:06	132	139	5,0%
09:12:36	156	164	4,9%	09:15:56	156	158	1,3%	09:19:16	139	140	0,7%
09:12:46	165	166	0,6%	09:16:06	168	168	0,0%	09:19:26	120	122	1,6%
09:12:56	166	168	1,2%	09:16:16	168	170	1,2%	09:19:36	126	128	1,6%
09:13:06	166	166	0,0%	09:16:26	156	158	1,3%	09:19:46	126	130	3,1%
09:13:16	162	161	0,6%	09:16:36	156	158	1,3%	09:19:56	126	126	0,0%
09:13:26	156	153	2,0%	09:16:46	156	158	1,3%	09:20:06	138	136	1,5%
09:13:36	156	154	1,3%	09:16:56	150	150	0,0%	09:20:16	138	140	1,4%
09:13:46	156	155	0,6%	09:17:06	144	146	1,4%	09:20:26	138	140	1,4%
09:13:56	162	160	1,3%	09:17:16	138	140	1,4%	09:20:36	126	126	0,0%
09:14:06	168	168	0,0%	09:17:26	150	152	1,3%	09:20:46	132	134	1,5%
09:14:16	162	162	0,0%	09:17:36	150	150	0,0%	09:20:56	138	142	2,8%
09:14:26	162	161	0,6%	09:17:46	122	114	7,0%	09:21:06	138	142	2,8%
09:14:36	162	160	1,3%	09:17:56	126	128	1,6%	09:21:16	150	152	1,3%
09:14:46	174	175	0,6%	09:18:06	126	128	1,6%	09:21:26	138	139	0,7%
09:14:56	162	162	0,0%	09:18:16	138	138	0,0%	09:21:36	132	132	0,0%
09:15:06	168	169	0,6%	09:18:26	144	144	0,0%	09:21:46	132	135	2,2%
										Média:	1,2%

Fonte: Do autor.

Para uma análise de forma gráfica, a comparação tabelada anteriormente é representada no Gráfico 5.

Gráfico 5 - Comparação da FC entre as soluções IFFarHeart e Magene H64



Fonte: Do autor.

Após compilar as informações dos dez alunos, a média geral da variação percentual de todos os testes foi obtida. Como resultado, apresentado no Quadro 4, foi constatado uma variação percentual média geral de 1,3 % com a solução IFFarHeart, considerando a solução comercial da Magene H64 como referência.

Quadro 4 - Variação percentual média geral da solução IFFarHeart

Estudante	Aluno 01	Aluno 02	Aluno 03	Aluno 04	Aluno 05	Aluno 06	Aluno 07	Aluno 08	Aluno 09	Aluno 10	Média Geral
Variação percentual média em 10 min	1,2%	1,6%	1,5%	1,1%	1,6%	1,1%	1,4%	1,2%	1,3%	1,4%	1,3%

Fonte: Do autor.

Com base nos resultados, é possível afirmar que a primeira versão protótipo para fins educacionais da IFFarHeart possui confiabilidade, pois há mínima variação percentual em relação a solução comercial comparada. Entretanto, para um teste fidedigno máximo, a solução desenvolvida poderia ser comparada com um equipamento de ECG clínico, considerado padrão-ouro para análise de biosinais cardíacos.

5.5.3 Pesquisa de satisfação

Neste tópico, são apresentados os resultados da pesquisa de satisfação aplicada com os professores e alunos envolvidos, obtidos por meio de questionários criados pela plataforma Google *Forms*, de forma separada para cada público, ou seja, um questionário específico para os professores e outro para os estudantes. Os questionários são apresentados ao final deste trabalho, nos Apêndices B e C.

Para facilitar o acesso aos questionários, foram gerados QR *Codes* e impressos em folders, sendo necessário um *smartphone* por parte do pesquisado para ler o código e na sequência responder o questionário, sendo que todos dispunham de dispositivo próprio. Na Figura 46, é mostrado o momento em que um dos alunos fez acesso ao questionário.

Figura 46 - Aluno realizando acesso ao questionário



Fonte: Do autor.

As respostas aos questionários foram realizadas, em sua grande parte, imediatamente após o término dos testes, entretanto, alguns estudantes deixaram para responder mais tarde pois não estavam com o seu *smartphone* próximo naquele momento. Uma pequena parcela destes últimos não respondeu aos questionários, totalizando três estudantes.

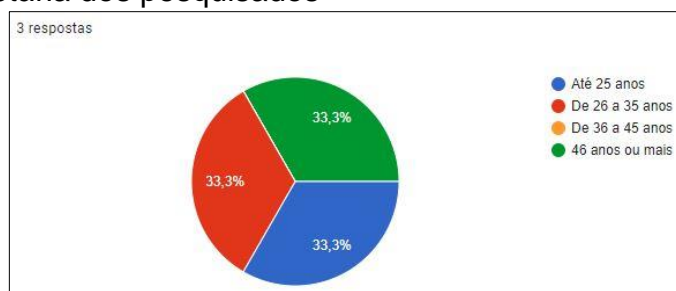
5.5.3.1 Pesquisa aplicada com os professores

Na pesquisa realizada com os professores, considerando a amostra total de três indivíduos, foram realizados os questionamentos a seguir acompanhados das suas respostas na forma de gráficos.

Pergunta 01 - Qual é o seu sexo? Resposta: Todos responderam sexo masculino.

Pergunta 02 – Qual a sua faixa etária? Respostas no Gráfico 6.

Gráfico 6 - Faixa etária dos pesquisados



Fonte: Adaptada de Forms (2022).

Pergunta 03 - Em relação a estética dos produtos desenvolvidos, sendo o *gateway* e as cintas cardíacas, como você os considera? As alternativas para essa questão foram: Muito atrativos; Atrativos; Pouco atrativos; Nada atrativos. Todos os professores responderam “Muito atrativos”.

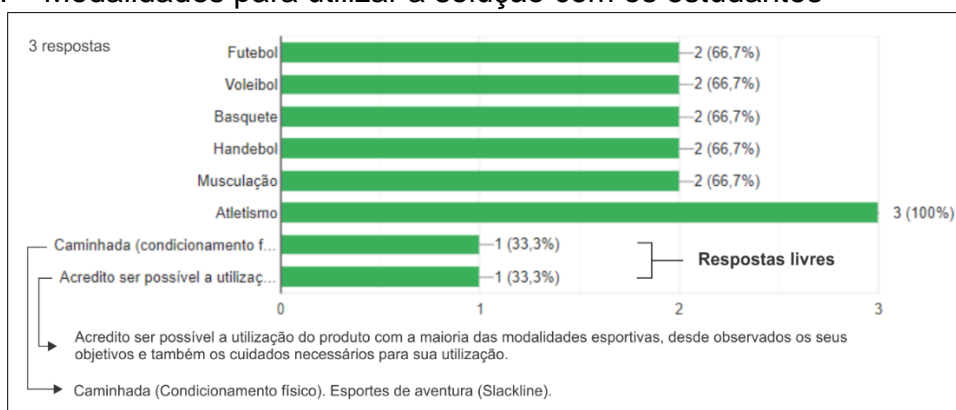
Pergunta 04 - Na questão da mobilidade, como você considera a solução? As alternativas para essa questão foram: Permite ampla mobilidade; Permite pouca mobilidade; Não permite mobilidade. Todos os professores responderam “Permite ampla mobilidade”.

Pergunta 05 - Na página *web* da solução, em relação a usabilidade geral como você a considera? As alternativas para essa questão foram: De fácil usabilidade; De usabilidade razoável; De difícil usabilidade. Todos os professores responderam “de fácil usabilidade”.

Pergunta 06 - Na sua opinião, a solução IFFarHeart poderia trazer apoio a prática pedagógica de Educação Física? As alternativas para essa questão foram: Sim, poderia apoiar a prática pedagógica; Talvez, não sei se traria algum apoio a prática pedagógica; Não, não traz apoio a prática pedagógica. Todos os professores responderam “Sim, poderia apoiar a prática pedagógica”.

Pergunta 07 - Na sua prática, quais modalidades ou atividades físicas seriam mais interessantes para o monitoramento da frequência cardíaca e posterior demonstração aos estudantes? Respostas no Gráfico 7.

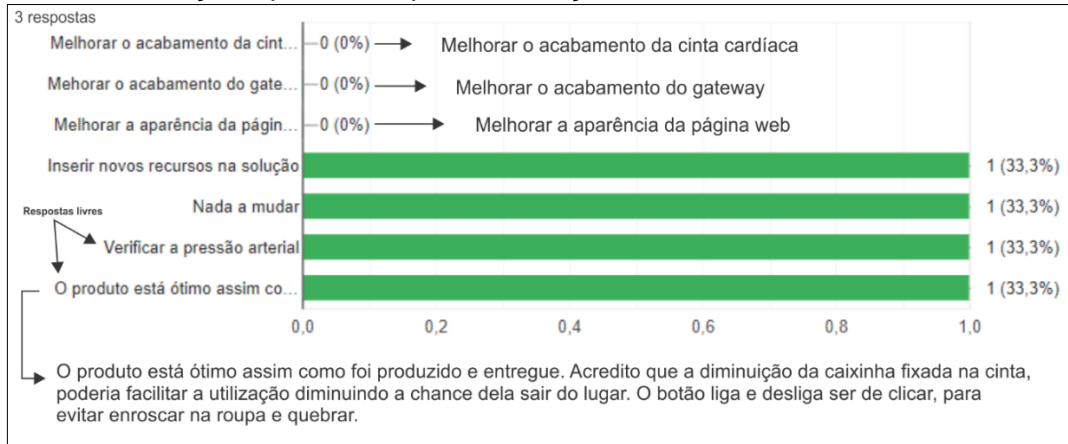
Gráfico 7 - Modalidades para utilizar a solução com os estudantes



Fonte: Adaptada de Forms (2022).

Pergunta 08 - Em relação as mudanças, na sua opinião, quais aspectos poderiam ser melhorados na solução? Respostas no Gráfico 8.

Gráfico 8 - Mudanças apontadas para a solução



Fonte: Adaptada de Forms (2022).

Pergunta 09 - De forma geral, como você classifica a solução IFFarHeart? As alternativas para essa questão foram notas de um a dez. Todos os professores responderam com a nota dez.

Pergunta 10 - Você usaria novamente a solução IFFarHeart juntamente com os estudantes nas aulas de Educação Física? As alternativas para essa questão foram: Sim; Não; Talvez. Todos os professores responderam "Sim".

O questionário aplicado com os professores tem o caráter objetivo e simples, a fim agilizar seu preenchimento e não consumir tempo e trabalho docente no campus em questão. Contudo, permitiu avaliar questões pertinentes à construção e utilização dos objetos construídos e também direcionadas à prática pedagógica docente.

Com base nas informações obtidas, os professores consideraram a solução atrativa, de fácil usabilidade e ampla mobilidade, visto que puderam realizar os testes totalmente sem fios, fator que permitiu uma experiência agradável segundo relato destes. Nas questões pedagógicas, os docentes afirmaram que a solução poderia apoiar a prática nas aulas de Educação Física, especialmente na modalidade Atletismo, apontando também a possibilidade de utilizar a solução desenvolvida em esportes de aventura e similarmente no condicionamento físico.

Em relação às melhorias na solução avaliada, foram sugeridos novos recursos, como exemplo, a verificação da pressão arterial. Nos aspectos externos houve a sugestão da redução no tamanho do corpo da cinta e a alteração no botão liga/desliga para mecanismo de clique. Ainda, atribuíram nota máxima de classificação para a solução em aspectos gerais.

Ao final da pesquisa de satisfação, os professores utilizaram o espaço livre destinado a comentários, como críticas, sugestões ou elogios, onde foram deixadas as seguintes mensagens:

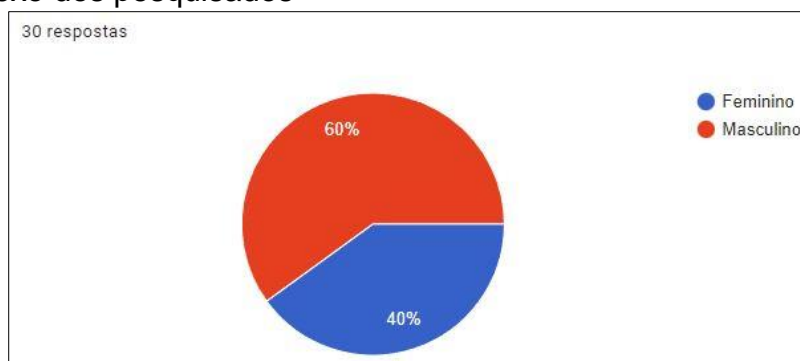
- “Produto muito bom! Material de boa qualidade! Super recomendo! ”
- “Parabéns pela idealização do monitor de frequência cardíaca pois tem potencial de auxiliar nas aulas de Educação Física e treinamento de atletas escolares. ”
- “Excelente produto! Muito prático e acessível de manusear. Com certeza uma ferramenta excelente para utilizar nas aulas de Educação Física. Parabéns!!”

5.5.3.2 Pesquisa aplicada com os estudantes

Na pesquisa realizada com os estudantes, considerando a amostra total de 30 indivíduos devido a três abstenções, foram realizados os questionamentos a seguir acompanhados das suas respostas na forma de gráficos.

Pergunta 01 – Qual é o seu sexo? Respostas no Gráfico 9.

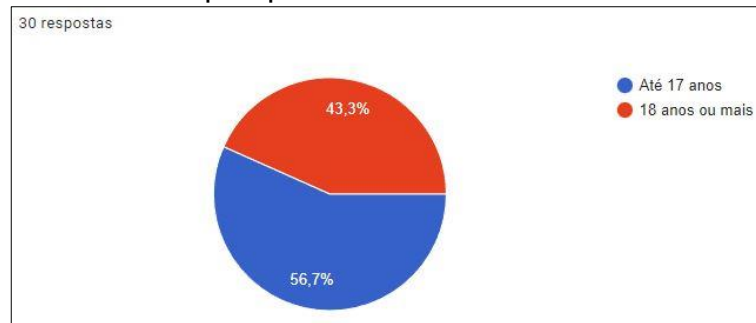
Gráfico 9 – Sexo dos pesquisados



Fonte: Adaptada de Forms (2022).

Pergunta 02 – Qual a sua faixa etária? Respostas no Gráfico 10.

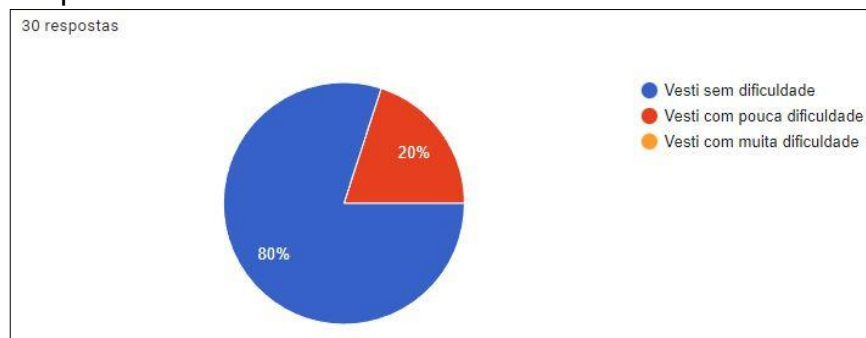
Gráfico 10 – Faixa etária dos pesquisados



Fonte: Adaptada de Forms (2022).

Pergunta 03 - Em relação a vestimenta da cinta cardíaca, qual a sua experiência? Respostas no Gráfico 11.

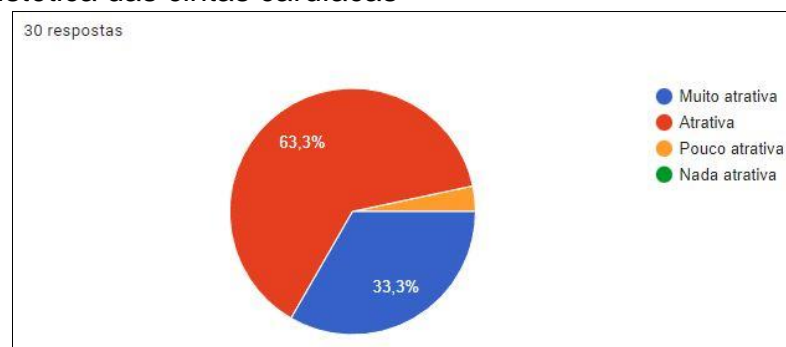
Gráfico 11 – Experiência no uso da cinta cardíaca



Fonte: Adaptada de Forms (2022).

Pergunta 04 - Em relação a estética da cinta cardíaca, como você a considera? Respostas no Gráfico 12.

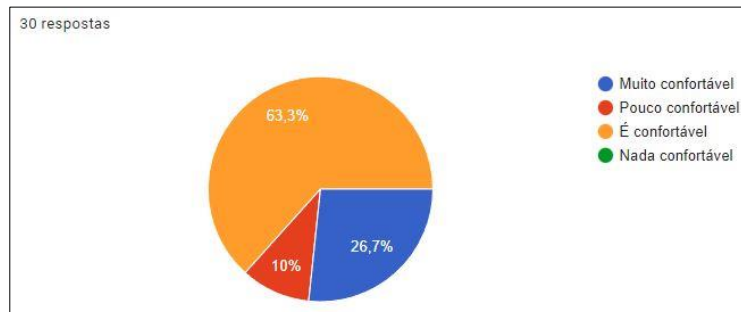
Gráfico 12 – Estética das cintas cardíacas



Fonte: Adaptada de Forms (2022).

Pergunta 05 - Em relação ao conforto em utilizar a cinta cardíaca, como você considera? Respostas no Gráfico 13.

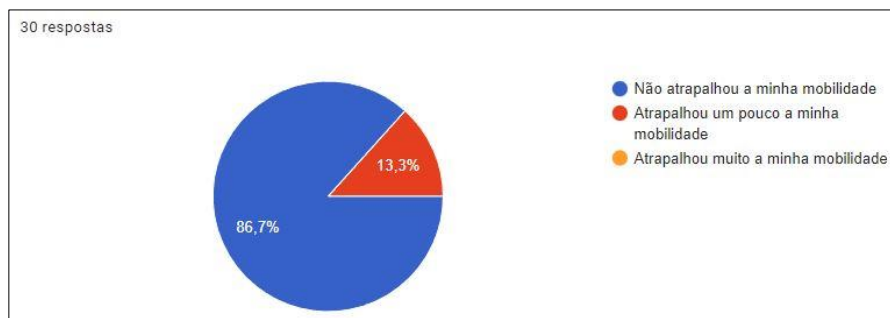
Gráfico 13 – Conforto das cintas cardíacas



Fonte: Adaptada de Forms (2022).

Pergunta 06 - Na questão da sua mobilidade utilizando a cinta cardíaca, qual a sua experiência? Respostas no Gráfico 14.

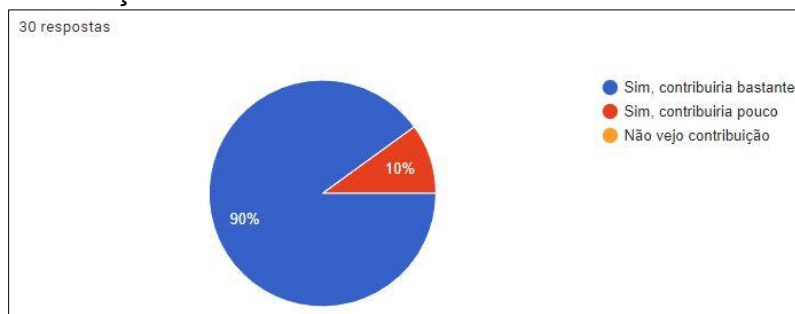
Gráfico 14 – Mobilidade da cinta cardíaca



Fonte: Adaptada de Forms (2022).

Pergunta 07 - Na sua opinião, esta tecnologia poderia lhe auxiliar de alguma forma nas atividades de Educação Física escolar? Respostas no Gráfico 15.

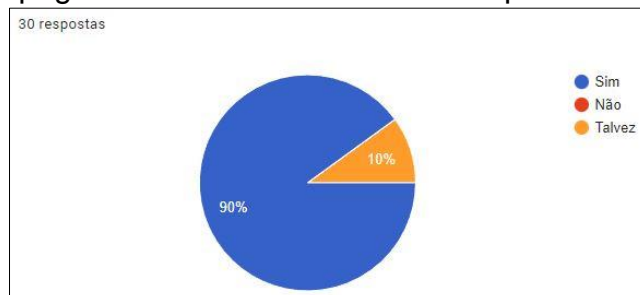
Gráfico 15 – Contribuição em atividade física escolar



Fonte: Adaptada de Forms (2022).

Pergunta 08 - Por meio da página na internet, o professor consegue apresentar a você a evolução da sua frequência cardíaca nos gráficos. Você considera essa ferramenta interessante para o aprendizado? Respostas no Gráfico 16.

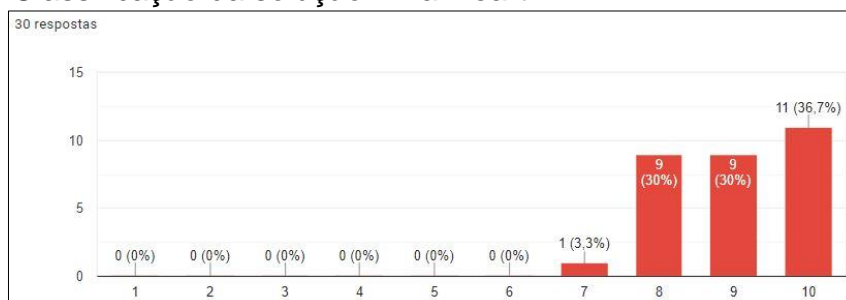
Gráfico 16 – Uso da página *web* como ferramenta de aprendizado



Fonte: Adaptada de Forms (2022).

Pergunta 09 - De forma geral, como você classifica a solução IFFarHeart? Respostas no Gráfico 17.

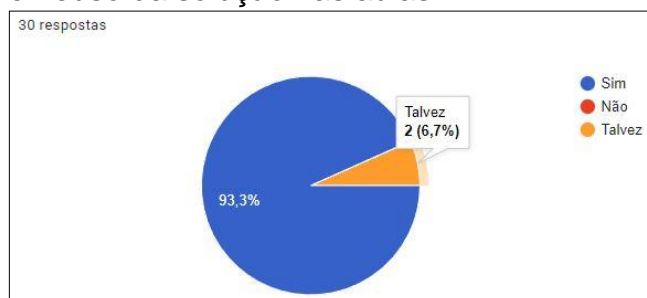
Gráfico 17 – Classificação da solução IFFarHeart



Fonte: Adaptada de Forms (2022).

Pergunta 10 - Você usaria novamente a solução IFFarHeart nas aulas de Educação Física? Respostas no Gráfico 18.

Gráfico 18 – Possível reuso da solução nas aulas



Fonte: Adaptada de Forms (2022).

O questionário aplicado com os alunos foi elaborado com o caráter objetivo e simples, a fim de agilizar seu preenchimento e tencionar a máxima adesão. Contudo, permitiu avaliar questões pertinentes a construção e utilização dos objetos construídos e também direcionadas a aplicação escolar.

Com base nas informações obtidas, a maioria dos estudantes vestiram as cintas cardíacas sem dificuldade, considerando a solução IFFarHeart atrativa e confortável, tendo seu uso sem atrapalhar a mobilidade. Nas questões pedagógicas, a maioria dos estudantes afirmaram que a solução contribuiria de alguma forma para as atividades físicas escolares, considerando a página *web* com uma ferramenta interessante para o aprendizado.

Os estudantes foram solicitados a dar uma nota para a solução IFFarHeart, de forma geral, onde em sua maioria foram pontuadas notas de oito a dez.

Ao final da pesquisa de satisfação, os estudantes utilizaram o espaço livre destinado a comentários, como críticas, sugestões ou elogios, onde foram deixadas as seguintes mensagens:

- “Acho que utilizei a ferramenta muito apertada e por isso tive um pouco de dificuldade na respiração ”
- “Adorei a experiência de usar a cinta. Achei bastante interessante o desenvolvimento do aparelho para acompanhamento. Acho que seria aliciante, para um projeto futuro, a adição de medidas de temperatura corporal, uma aproximação de queima de caloria, tempo e velocidade. Seria útil para quem pratica esportes e atletismo. ”
- “Achei muito interessante ”
- “Muito bom ”
- “Ótimo para acompanhar a minha Frequência cardíaca no atletismo. Tomara poder utilizar nos meus treinos ”
- “Uma criação muito útil e inovadora, parabéns”

6 CONCLUSÃO

Nesta seção são apresentadas as contribuições desta pesquisa, suas dificuldades e limitações, as considerações finais do estudo e por fim, os trabalhos futuros.

6.1 CONTRIBUIÇÕES

Primeiramente, este estudo trouxe grande contribuição ao ensino, especialmente para as aulas de Educação Física do IFFar-SVS, pois a solução desenvolvida forneceu apoio às práticas pedagógicas tanto em aulas quanto no treinamento de atletas do campus. Esta solução permitiu o acompanhamento da FC dos estudantes enquanto praticavam exercícios, cumprindo parte da ementa da disciplina de Educação Física do ensino médio do campus em questão.

A solução desenvolvida é escalável e passível de replicação, podendo ser ampliada ou reproduzida para outros ambientes, objetivando o ensino ou simplesmente cuidados com a saúde, como academias, esportes diversos, dentre outros afins, nesse aspecto, apresenta forte contribuição social.

A arquitetura IoT proposta neste trabalho pode contribuir para o desenvolvimento e projeto de aplicações onde se faz necessário uma computação eficiente, destinada a soluções de cunho educacional voltadas para os cuidados com a saúde.

Ao término desse estudo, todos os produtos serão doados para o IFFar-SVS, desejando que a solução se torne um caso de sucesso, contribuindo assim como ferramenta de apoio pedagógico para as aulas de Educação Física de todas as turmas futuras.

6.2 DIFICULDADES E LIMITAÇÕES

Este projeto não teve financiamento, sendo custeado pelo próprio pesquisador, fato que ocasionou pequenos atrasos em determinados momentos devido a compra parcial dos materiais necessários para a construção da solução. Além disso, considerando a necessidade de alterações no escopo do projeto, muitos componentes adquiridos não foram utilizados, sendo substituídos por outras tecnologias. Esta situação gerou um custo extra ao projeto.

Na questão dos requisitos, não foi possível contemplar todos descritos neste trabalho, devido as limitações de tempo e recursos tecnológicos disponíveis, entretanto, a maioria das funcionalidades foram atendidas em sua plenitude.

Por fim, devido ao cenário pandêmico da COVID-19, que obrigou as instituições de ensino a entrarem em regime de atividades remotas, os testes avaliativos da solução desenvolvida juntamente com os professores e alunos sofreram atrasos.

6.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo possibilitou o desenvolvimento de uma solução computacional com a utilização do paradigma da loHT, visando apoiar a prática pedagógica de Educação Física escolar, com aplicação no IFFar-SVS. Com o aporte teórico obtido em RSL realizada acerca das temáticas elucidadas, foi possível propor uma arquitetura de loHT voltada para cunho educacional, envolvendo variadas tecnologias da TI, como IoT, *Fog Computing*, Redes de Computadores, *Cloud Computing* e Programação. Além disso, especificamente na construção dos protótipos, foram necessários conhecimentos de Eletrônica Digital, técnicas de soldagem e modelagem 3D.

A partir deste contexto, e ainda, com base no levantamento de requisitos realizado com os professores do IFFar-SVS, demandantes da solução, foram criados os seguintes produtos, cintas cardíacas (três unidades) e *gateway* (uma unidade), que juntamente com a plataforma ThingsBoard (instalada e configurada no *data center* do IFFar-SVS) compõem a solução nomeada IFFarHeart.

A solução desenvolvida resolveu o problema de pesquisa identificado no campus em questão, trazendo uma alternativa computacional eficiente em relação aos métodos anteriormente utilizados pelos professores, como monitoramento da FC por técnica de palpação no pescoço ou frequencímetros *bluetooth* disponíveis para *smartphones*.

A IFFarHeart permitiu ao professor monitorar a FC de até três alunos simultaneamente e em tempo real, atingindo distâncias de até 85 m ao ar livre entre as cintas cardíacas e o *gateway*, se diferenciando nesses aspectos da maioria das soluções comerciais atuais. A solução foi construída para ser utilizada totalmente sem fios, trazendo uma ótima experiência aos usuários em relação a mobilidade, possuindo baterias com cargas o suficiente para o trabalho docente ininterrupto durante um dia inteiro.

Em relação a avaliação da solução, no primeiro momento foram realizados testes em campo juntamente com professores e alunos nas aulas de Educação Física e também em momentos de treinamento dos atletas do IFFar-SVS. Para os testes, os professores utilizaram a solução em variados esportes, como, futsal, basquete, voleibol, atletismo e musculação. Durante e após os testes, os docentes analisaram as informações obtidas com a solução na tela do *notebook*, onde fizeram demonstração aos estudantes sobre a variação da FC destes enquanto estavam utilizando as cintas cardíacas.

Um recurso adicional da solução IFFarHeart é o alerta sonoro emitido pelas cintas cardíacas. Os professores fizeram uso deste recurso principalmente em ambientes de longa distância entre eles e o estudante, como no caso do esporte atletismo, onde o docente chamou e orientou os alunos via comandos remotos, acionados por meio da página *web* da solução. Este recurso facilitou a execução de tais tarefas, substituindo o método anterior onde o professor “gritava” para se comunicar com os estudantes, oferecendo assim comodidade e agilidade para a atividade docente em questão.

No segundo momento da avaliação, foram realizadas as pesquisas de satisfação com todos pesquisados, por meio de questionários disponibilizados pela plataforma Google Forms. Cada estudante respondeu com seu *smartphone* pessoal, em sua maioria imediatamente após o uso da cinta cardíaca. Já para os professores, os questionários foram respondidos após a finalização de todos os testes, também com seu próprio *smartphone*.

Com base nas respostas da pesquisa de satisfação, os produtos construídos tiveram ótima avaliação em geral, sendo considerados atrativos e confortáveis de utilizar, indicando potencial de ensino, questões estas que estimulam os alunos e favorecem o processo ensino-aprendizagem, tornando possível o engajamento de uso por parte dos pesquisados.

Na questão da fidedignidade na mensuração da FC pela IFFarHeart, foi realizado um teste comparativo com a solução comercial Magene H64. Como resultado, foi constatado uma variação percentual média geral de 1,3% com a solução IFFarHeart, considerando a solução comercial como referência. Em decorrência, esta primeira versão protótipo para fins educacionais possui confiabilidade, pois há uma leve variação percentual em relação a solução comparada.

6.4 TRABALHOS FUTUROS

Como trabalhos futuros, primeiramente, foram consideradas as sugestões dos envolvidos na pesquisa, por meio dos questionários de satisfação aplicados. Nesses, foram apontados a adição de novos recursos para a solução IFFarHeart, tais como, verificação da pressão arterial, mensuração da temperatura corporal, estimativa de gasto calórico e velocidade do atleta.

Nas questões voltadas ao *software*, a adição do recurso de zonas de FC poderia ser incorporado, pois permitiria ao professor acompanhar o estado atual da FC do estudante de modo categorizado, como ex., repouso, leve, moderado, intenso e exaustivo.

Em relação ao armazenamento, enquanto o *gateway* estiver sem conexão com a nuvem, este poderia armazenar as informações localmente, para que então, após o retorno da conexão pudesse descarregar automaticamente as informações no *broker*. Este recurso poderia auxiliar o professor na análise posterior das informações coletadas dos estudantes, mesmo sem conexão no momento da realização do monitoramento cardíaco.

Por fim, na questão da fidedignidade, a solução IFFarHeart poderia ser comparada com um ECG clínico, este último considerado padrão-ouro, a fim de constatar a confiabilidade máxima das informações coletadas.

REFERÊNCIAS

- AGGARWAL, R.; DAS, M. L. **RFID Security in the Context of “Internet of Things”**. Proceedings of the First International Conference on Security of Internet of Things. **Anais...: SecurIT '12**. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/2490428.2490435>>. Acesso em: 7 nov. 2021.
- AL-TURJMAN, F.; NAWAZ, M. H.; ULUSAR, U. D. Intelligence in the Internet of Medical Things era: A systematic review of current and future trends. **Computer Communications**, v. 150, p. 644–660, 2020.
- AL ENANY, M. O.; HARB, H. M.; ATTIYA, G. **A Comparative analysis of MQTT and IoT application protocols**. 2021 International Conference on Electronic Engineering (ICEEM). **Anais...2021**. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9480384>>. Acesso em: 3 out. 2021.
- ATLAM, H. F.; WALTERS, R. J.; WILLS, G. B. Fog Computing and the Internet of Things: A Review. **Big Data and Cognitive Computing**, v. 2, n. 2, 2018.
- BAJAJ, S.; KUMBHAKARN, S.; BANDEKAR, A. **Smartbenches in Classroom**. 2018 International Conference on Inventive Research in Computing Applications (ICIRCA). **Anais...2018**.
- CANALTECH. **Google Fit vai encerrar sua plataforma web em março**. Disponível em: <<https://canaltech.com.br/internet/google-fit-vai-encerrar-sua-plataforma-web-em-marco-133495/>>. Acesso em: 19 set. 2022.
- CMU. **The Only Coke Machine on the Internet**. Disponível em: <https://www.cs.cmu.edu/~coke/history_long.txt>. Acesso em: 20 jun. 2022.
- CONN, N. J.; SCHWARZ, K. Q.; BORKHOLDER, D. A. In-Home Cardiovascular Monitoring System for Heart Failure: Comparative Study. **JMIR Mhealth Uhealth**, v. 7, n. 1, p. e12419, jan. 2019.
- COUPER, M. P. et al. Engagement and Retention: Measuring Breadth and Depth of Participant Use of an Online Intervention. **Journal of Medical Internet Research**, v. 12, 2010.
- DASTJERDI, A. V.; BUYYA, R. Fog Computing: Helping the Internet of Things Realize Its Potential. **Computer**, v. 49, n. 8, p. 112–116, 2016.
- DIRKS, S.; KEELING, M. **A Vision of Smarter Cities : How Cities Can Lead the Way into a Prosperous and Sustainable Future Moderator** : 2009. Disponível em: <<https://www.ibm.com/downloads/cas/2JYLM4ZA>>. Acesso em: 15 jul. 2021.
- EYSENBACH, G. What is e-health? **J Med Internet Res**, v. 3, n. 2, p. e20, jun. 2001.
- FANG, G. et al. **Medical Body Area Networks: Opportunities, challenges and practices**. 2011 11th International Symposium on Communications & Information Technologies (ISCIT). **Anais...2011**. Disponível em:

<<https://ieeexplore.ieee.org/document/6089699>>. Acesso em: 5 dez. 2020

FORMS, G. **Pesquisa de satisfação em Google Formulários**. Disponível em: <<https://docs.google.com/forms/>>. Acesso em: 28 set. 2022.

GARG, N. et al. BAKMP-IoMT: Design of Blockchain Enabled Authenticated Key Management Protocol for Internet of Medical Things Deployment. **IEEE Access**, v. 8, p. 95956–95977, 2020.

GOKHALE, P.; BHAT, O.; BHAT, S. Introduction to IOT. **International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology**, v. 5, n. 1, p. 41–44, jan. 2018.

GONÇALVES, D.; MEDINA, R. O Uso de Tecnologias eHealth Integradas a IoT como Possibilidade para Aplicação em Ambientes Educacionais: uma revisão sistemática de literatura. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 18, n. 2, p. 255–265, dez. 2020.

HALLBERG, D.; SALIMI, N. Qualitative and Quantitative Analysis of Definitions of e-Health and m-Health. **Healthcare Informatics Research**, v. 26, p. 119h128, jul. 2020.

IANCULESCU, M. et al. **IoHT and Edge Computing, Warrants of Optimal Responsiveness of Monitoring Applications for Seniors. A Case Study**. 2019 22nd International Conference on Control Systems and Computer Science (CSCS). **Anais...2019**. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/8744863>>. Acesso em: 1 fev. 2020.

KELDERS, S. et al. Persuasive System Design Does Matter: A Systematic Review of Adherence to Web-Based Interventions. **Journal of medical Internet research**, v. 14, p. e152, jul. 2012.

KELDERS, S.; VAN ZYL, L.; LUDDEN, G. The Concept and Components of Engagement in Different Domains Applied to eHealth: A Systematic Scoping Review. **Frontiers in Psychology**, v. 11, jul. 2020.

KETU, S.; MISHRA, P. K. Internet of Healthcare Things: A contemporary survey. **Journal of Network and Computer Applications**, v. 192, p. 103179, 2021.

KHAN, A. W. et al. Identification and Prioritization of Security Challenges of Big Data on Cloud Computing Based on SLR: A Fuzzy-TOPSIS Analysis Approach. **J. Softw. Evol. Process**, v. 33, n. 12, dez. 2021.

KITCHENHAM, B. Procedures for performing systematic reviews. **Keele, UK, Keele University**, v. 33, n. 2004, p. 1–26, 2004.

KNICELY, J. **Apple Watch helps save life of Bothell man with heart issues**. Disponível em: <<https://www.kiro7.com/news/local/apple-watch-helps-save-life-of-bothell-man-with-heart-issues/923905338/>>. Acesso em: 11 mar. 2021.

KOTHA, H.; GUPTA, V. IoT Application, A Survey. **International Journal of Engineering & Technology**, v. 7, p. 891, jul. 2018.

LEE, J. H. et al. Correction: A Cardiopulmonary Monitoring System for Patient Transport Within Hospitals Using Mobile Internet of Things Technology: Observational Validation Study. **JMIR Mhealth Uhealth**, v. 6, n. 12, p. e12864, dez. 2018.

LIN, J. et al. A Survey on Internet of Things: Architecture, Enabling Technologies, Security and Privacy, and Applications. **IEEE Internet of Things Journal**, v. 4, n. 5, p. 1125–1142, 2017.

LIU, Y.; ZHOU, G. **Key Technologies and Applications of Internet of Things**. 2012 Fifth International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation. **Anais...**2012. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/6150221>>. Acesso em: 5 jan. 2020

LUDDEN, G.; SCHIFFERSTEIN, R.; HEKKERT, P. Beyond Surprise: a longitudinal study of responses to visual - tactual incongruities in products. **International Journal of Design**, v. 6, p. 1–10, jul. 2012.

MADAKAM, S.; RAMASWAMY, R.; TRIPATHI, S. Internet of Things (IoT): A Literature Review. **Journal of Computer and Communications**, v. 3, p. 164–173, jul. 2015.

MAGALHÃES, A. L. DA R. **Análise de tenacidade à fratura em ABS por impressão 3D**. [s.l.] Universidade de Brasília - UnB, 2019.

MAGENE. **Manual do usuário do monitor de frequência cardíaca Magene H64**. Disponível em: <<https://pt.manuais.plus/magene/h64-heart-rate-monitor-manual>>. Acesso em: 25 set. 2022.

MAJEED, A.; ALI, M. **How Internet-of-Things (IoT) making the university campuses smart? QA higher education (QAHE) perspective**. 2018 IEEE 8th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC). **Anais...**2018. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/8301774>>. Acesso em: 3 ago. 2021.

MAPS, G. **Instituto Federal Farroupilha Campus São Vicente do Sul em Google Maps**. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/@-29.7023299,-54.6950096,432a,35y,307.81h/data=!3m1!1e3?hl=pt-BR>>. Acesso em: 17 set. 2022.

MERRILL, M. D. Components of instruction toward a theoretical tool for instructional design. **Instructional Science**, v. 29, n. 4, p. 291–310, 2001.

MONTEIRO, K. et al. **Developing an e-Health System Based on IoT, Fog and Cloud Computing**. 2018 IEEE/ACM International Conference on Utility and Cloud Computing Companion (UCC Companion). **Anais...**2018. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/8605747>>. Acesso em: 8 dez. 2019.

MOSS, R.; SÜLE, A.; KOHL, S. EHealth and mHealth. **European Journal of Hospital Pharmacy**, v. 26, p. 57–58, jul. 2019.

MUBEEN, S. et al. Delay Mitigation in Offloaded Cloud Controllers in Industrial IoT. **IEEE Access**, v. 5, p. 4418–4430, 2017.

MUKHERJEE, A. et al. Internet of Health Things (IoHT) for personalized health care using integrated edge-fog-cloud network. **Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing**, v. 12, n. 1, p. 943–959, 2021.

MUTLAG, A. A. et al. Enabling technologies for fog computing in healthcare IoT systems. **Future Generation Computer Systems**, v. 90, p. 62–78, 2019.

NAHAS, M. V. **Atividade física, Saúde e Qualidade de Vida: conceitos e sugestões para um estilo de vida ativo**. 6. ed. Londrina: Midiograf, 2013.

NEDELKOVSKI, D. **Arduino Wireless Network with Multiple NRF24L01 Modules**. Disponível em: <<https://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/how-to-build-an-arduino-wireless-network-with-multiple-nrf24l01-modules/>>. Acesso em: 2 jan. 2020.

NEIROTTI, P. et al. Current trends in Smart City initiatives: Some stylised facts. **Cities**, v. 38, p. 25–36, 2014.

NEUROSKY. **ECG vs PPG for Heart Rate Monitoring: Which is Best?** Disponível em: <<http://neurosky.com/wp-content/uploads/2016/06/TOF-side-by-side-competitor-comparison.pdf>>. Acesso em: 20 jul. 2021.

NIEDDERER, K.; CLUNE, S.; LUDDEN, G. **Design for Behaviour Change: Theories and practices of designing for change**. [s.l.] Routledge, Taylor and Francis, 2017.

NORDIC, S. **Preliminary Product Specification: Single chip 2.4 Ghz Transceiver nRF24L01** Nordic, , 2006. Disponível em: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Components/nRF24L01_prelim_prod_spec_1_2.pdf>. Acesso em: 21 mar. 2021.

PANG, Z. **Technologies and Architectures of the Internet-of-Things (IoT) for Health and Well-being**. [s.l.] KTH, VinnExcellence Center for Intelligence in Paper and Packaging, iPACK, 2013.

PERSKI, O. et al. Conceptualising engagement with digital behaviour change interventions: a systematic review using principles from critical interpretive synthesis. **Translational Behavioral Medicine**, v. 7, n. 2, p. 254–267, jul. 2016.

PPC-IFFAR. **Projetos Pedagógicos dos cursos Técnicos**. Disponível em: <<https://www.iffarroupilha.edu.br/projeto-pedagogico-de-curso/campus-sao-vicente-do-sul>>. Acesso em: 3 fev. 2021.

RAMSON, J. Energy-Aware Duty Cycle Scheduling for Efficient Data Collection in Wireless Sensor Networks. jul. 2013.

RAMSON, S. R. J.; MONI, D. J. A case study on different wireless networking technologies for remote health care. **Intelligent Decision Technologies**, v. 10, n. 4, p. 353–364, 2016.

RAY, P. P. A survey on Internet of Things architectures. **Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences**, v. 30, n. 3, p. 291–319, 1 jul. 2018.

- RAZDAN, S.; SHARMA, S. Internet of Medical Things (IoMT): Overview, Emerging Technologies, and Case Studies. **IETE Technical Review**, v. 0, n. 0, p. 1–14, 2021.
- RODRIGUES, J. J. P. C. et al. Enabling Technologies for the Internet of Health Things. **IEEE Access**, v. 6, p. 13129–13141, 3 jan. 2018.
- SANTOS, I. B. et al. Projeto e implementação de um gateway de internet das coisas (IoT) para otimização e monitoramento de processos do agronegócio. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 1, p. 344–369, 2020.
- SETHI, P.; SARANGI, S. R. Internet of Things: Architectures, Protocols, and Applications. **Journal of Electrical and Computer Engineering**, v. 2017, p. 9324035, 2017.
- SILVA, R. D. A. et al. **Aplicando Internet das Coisas na Educação: Tecnologia, Cenários e Projeções**. 27 out. 2017. Disponível em: <<http://ojs.sector3.com.br/index.php/wcbie/article/view/7514/5309>>. Acesso em: 12 mar. 2020
- SOUZA, F.; SILVA, C.; GUIMARÃES, C. Segurança em Rede Wireless. **Revista E-Xacta**, v. 2, 2009.
- STEVENS, M. et al. **Using Internet of Vehicle Technology for Decreased Medical Response Times**. Proceedings of the 2nd International Conference on Smart Digital Environment. **Anais...: ICSDE'18**. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/3289100.3289105>>. Acesso em: 4 maio. 2021
- STOJMENOVIC, I.; WEN, S. **The Fog computing paradigm: Scenarios and security issues**. 2014 Federated Conference on Computer Science and Information Systems. **Anais...2014**. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/6932989>>. Acesso em: 18 jun. 2021
- SUMMIT, S. **Telemedicina, eHealth e mHealth: o que nos reservam?** Disponível em: <<https://summitsaude.estadao.com.br/tecnologia/telemedicina-ehealth-e-mhealth-o-que-nos-reservam/>>. Acesso em: 2 mar. 2021.
- TEWARI, A.; GUPTA, B. B. Security, privacy and trust of different layers in Internet-of-Things (IoT) framework. **Future Generation Computer Systems**, v. 108, p. 909–920, 2020.
- THINGSBOARD. **ThingsBoard Open-Source IoT Platform**. Disponível em: <<https://thingsboard.io>>. Acesso em: 14 mar. 2021.
- TISNA, D. R.; RASYID, U. H. AL; SUKARIDHOTO, S. **AT-Mo: Wireless Data Collection System For Physiology Monitoring of Athlete**. 2019 International Electronics Symposium (IES). **Anais...2019**. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/8901635>>. Acesso em: 22 nov. 2020
- VAN GEMERT-PIJNEN, L. et al. **eHealth Research, Theory and Development: A Multi-Disciplinary Approach**. United Kingdom: Routledge, 2018.

VERMA, D.; SALMAN, U.; SAMANT, V. An Application Perspective of IoT. **International Journal of Scientific Research in Computer Science Applications and Management Studies**, v. 8, n. 2, mar. 2019.

VERMA, P. K. et al. Machine-to-Machine (M2M) communications: A survey. **Journal of Network and Computer Applications**, v. 66, p. 83–105, 2016.

VISHNU, S.; RAMSON, S. R. J.; JEGAN, R. **Internet of Medical Things (IoMT) - An overview**. 2020 5th International Conference on Devices, Circuits and Systems (ICDCS). **Anais...IEEE**, mar. 2020.

YASSINE, A. et al. IoT big data analytics for smart homes with fog and cloud computing. **Future Generation Computer Systems**, v. 91, p. 563–573, 2019.

YI, S. et al. **Fog Computing: Platform and Applications**. 2015 Third IEEE Workshop on Hot Topics in Web Systems and Technologies (HotWeb). **Anais...2015**. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/7372286>>. Acesso em: 2 ago. 2021.

YUCE, M. R. **Recent wireless body sensors: Design and implementation**. 2013 IEEE MTT-S International Microwave Workshop Series on RF and Wireless Technologies for Biomedical and Healthcare Applications (IMWS-BIO). **Anais...2013**. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/6756254>>. Acesso em: 12 fev. 2020.

GLOSSÁRIO

Bluetooth – Protocolo de comunicação de curto alcance e baixo consumo de energia.

Caixa patola – Caixa construída em material plástico utilizada para armazenar componentes eletrônicos em geral, a fim de montar projetos de acordo com a necessidade do usuário.

Complexo QRS – Formado pelas ondas Q, R e S, que juntas representam a despolarização ventricular.

Corpo da cinta/gateway – Recipiente, gabinete ou material externo que envolve todos os componentes eletrônicos do produto.

Dashboard – Painel para visualização centralizada de informações por meio de recursos gráficos, também composta de recursos para enviar e receber comandos diversos.

Datasheets – É a folha de especificações ou documento técnico que resume todas as características técnicas de um produto, máquina, componente, sistema ou software, geralmente utilizada por engenheiros ou especialistas.

Display LCD – Tela gráfica de cristal líquido utilizada para exibir informações diversas aos usuários.

Eletrodos – São polos elétricos afixados na cinta elástica, com a finalidade de permitir o contato elétrico do circuito eletrônico ao corpo do usuário.

Fidedigno – Digno de crédito, confiança ou fé.

Gateway – Equipamento que faz a comutação das informações entre as cintas cardíacas e a nuvem.

Hardware – Equipamento físico, palpável, composto de materiais sólidos como plásticos, metais, dentre outros.

IFFarHeart – Nome dado a solução de monitoramento da FC de estudantes, desenvolvida neste trabalho.

Layout – Arte gráfica que engloba elementos de texto, gráficos e imagens.

Navegador web – Aplicativo que permite ao usuário acessar páginas na internet.

Pico – Cume ou ponto máximo alcançado.

Protoboard – Placa perfurada com interligações internas utilizada para construir protótipos.

QR Code – Versão bidimensional do código de barras, composto de padrões de pixels.

Smarthome – Ambiente ao qual um ou mais dispositivos estão conectados na internet, tornando-o gerenciável ou monitorável remotamente. Termo geralmente aplicado a casas inteligentes.

Smartphone – Aparelho de telefonia celular dotado de aplicativos variados com inúmeras funções, capaz de conectar à internet, tirar fotos, dentre outras.

Software – Aplicativo ou programa computacional desenvolvido para realizar ações sobre algum *hardware*.

Step – Objeto do tipo degrau, utilizado para a prática de físicos causando certa dificuldade ao usuário conforme a altura do objeto.

Streaming – Tecnologia de transmissão de dados por uma rede, normalmente pela internet.

Widgets – São recursos ou micro aplicativos com funções específicas dentro de sistemas.

Wireless – Tecnologia de transmissão de dados sem fios.

APÊNDICE A - MANUAL DO USUÁRIO

MANUAL DO USUÁRIO

IFFarHeart

Solução computacional de apoio a prática pedagógica escolar em Educação Física

Esp. Denis Pohlmann Gonçalves

Dr.^a Roseclea Duarte Medina

Protótipo ver. 1.0 – agosto/2022





SOBRE OS AUTORES

Esp. Denis Pohlmann Gonçalves

Possui especialização em Segurança da Informação pelo Centro Universitário Estácio de Ribeirão Preto, graduação em Análise e Desenvolvimento de Sistemas pelo Instituto Federal Farroupilha campus São Vicente do Sul e Computação - Licenciatura pelo Centro Universitário Claretiano de Santa Cruz do Sul. Profissionalmente é Técnico em Tecnologia da Informação do Instituto Federal Farroupilha campus São Vicente do Sul com atividade na Gerência de Redes de Computadores. Já exerceu a Docência durante dois anos, trabalhando nos níveis de ensino básico, técnico e superior. Possui experiência em vários segmentos da TI, atuando principalmente nos seguintes temas: Inovações com Internet das Coisas (IoT) e Tecnologias Assistivas, TIC na Educação, Administração e Segurança em Redes de Computadores, IPv6, Firewalls, Roteamento, IDS/IPS, Virtualização e sistemas embarcados diversos.

Lattes ID: <http://lattes.cnpq.br/1101566211525657>

Contato: denis.pohlmann@gmail.com

Dr.^a Roseclea Duarte Medina

Possui mestrado em Computação pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1995) e doutorado em Informática na Educação pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2004). Atualmente é professora Titular da Universidade Federal de Santa Maria. Tem experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Redes de Computadores e Informática na Educação, atuando principalmente nos seguintes temas: redes de computadores, jogos educacionais, gamificação, ambientes virtuais 3D, informática na educação, educação à distância e m-learning.

Lattes ID: <http://lattes.cnpq.br/6560346309368052>

Contato: roseclea.medina@gmail.com



SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	3
2. FUNCIONALIDADES.....	3
3. BENEFÍCIOS ESPERADOS.....	4
4. APRESENTAÇÃO.....	4
4.1 CINTA CARDÍACA.....	4
4.2 GATEWAY	5
4.3 APLICAÇÃO WEB.....	6
5. MODO DE USO DA SOLUÇÃO	6
5.1 CINTA CARDÍACA.....	6
5.2 GATEWAY	8
5.3 APLICAÇÃO WEB.....	10
6. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	12
7. RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS	13
8. GLOSSÁRIO	13

1. INTRODUÇÃO

Cuidados com a saúde são muito importantes para se ter uma vida saudável, dentre eles, as atividades físicas em especial, que devem começar desde cedo com as crianças nas escolas. Estas possibilitam o desenvolvimento físico e mental auxiliando um bom desempenho escolar. Em muitos casos, o desenvolvimento de soluções tecnológicas inteligentes com baixo custo, destinadas a acompanhar a saúde e o bem-estar das pessoas tornou-se essencial para apoiar as decisões dos profissionais de saúde e educação física.

Com base neste contexto, foi criado a IFFarHeart. Esta solução é um protótipo desenvolvido na pesquisa de mestrado do autor principal deste manual, com o objetivo de auxiliar a prática pedagógica na disciplina de Educação Física do Instituto Federal Farroupilha campus São Vicente do Sul (IFFar-SVS). A solução possibilita monitorar a frequência cardíaca de estudantes nas aulas de educação física, permitindo aos professores demonstrarem aos seus alunos como as atividades físicas interagem sobre o sistema cardiovascular.

A solução é composta de três cintas cardíacas, um *gateway* e página web. Com estes objetos, é possível monitorar a frequência cardíaca de até três alunos simultaneamente e em tempo real, disponíveis por meio de uma página na internet que pode ser acessada por qualquer dispositivo com navegador web. A solução também possui funções de aviso sonoro para os alunos que estiverem utilizando as cintas.

O presente manual tem como finalidade orientar os usuários na utilização da solução IFFarHeart, como suas funcionalidades, benefícios esperados, apresentação, modo de uso, especificações técnicas e resolução de problemas. Ao final, encontra-se um glossário com os termos utilizados na operacionalização desta solução.

2. FUNCIONALIDADES

- ✓ Monitoramento da frequência cardíaca de até três estudantes simultaneamente, em tempo real e longa distância (distância de até 85m entre cintas e *gateway*);
- ✓ Permite ao professor controlar totalmente a solução por meio de página disponível na internet (acesso por qualquer dispositivo com navegador web);
- ✓ Possibilita a visualização das principais informações da solução diretamente no *gateway*, por meio de visor LCD (recurso interessante para locais que não há conexão à internet);
- ✓ Avisos sonoros aos estudantes que estiverem utilizando as cintas cardíacas (chamar, avisar ou alertar os alunos);
Função de alertar o estudante, na forma de aviso sonoro, quando a sua frequência cardíaca estiver próxima da máxima;



- ✓ Todas as cintas cardíacas e o *gateway* possuem baterias, possibilitando o uso dos produtos sem a necessidade de cabos de alimentação.

3. BENEFÍCIOS ESPERADOS

- ✓ Apoiar os professores de Educação Física em sua prática pedagógica escolar, no aspecto de possibilitar a demonstração para os estudantes de suas frequências cardíacas enquanto praticam atividades físicas;
- ✓ Opção de análise comparativa da frequência cardíaca de até três alunos simultaneamente, por meio de gráfico (interessante para comparação de alunos em atividades de esforços diferentes);
- ✓ O recurso de sinal sonoro permite comunicação unilateral do professor com o aluno, afim de substituir o método de chamar o aluno em voz alta quando este estiver distante;
- ✓ Permitir mobilidade total para os professores e estudantes, proporcionado uma experiência totalmente sem fios a estes usuários;
- ✓ Garantir a saúde dos estudantes caso a sua frequência cardíaca se aproxime da máxima estabelecida.

4. APRESENTAÇÃO

A solução IFFarHeart é composta dos produtos de *hardware*, sendo a cinta cardíaca e o *gateway*, contando também com um produto de *software*, sendo a aplicação web, todos apresentados a seguir.

4.1 CINTA CARDÍACA

A seguir, é apresentado o corpo da cinta e suas características externas.



Na sequência, é mostrado a cinta elástica com conectores de contato aos eletrodos. Também é mostrado o corpo montado na cinta elástica, compondo a cinta cardíaca completa.



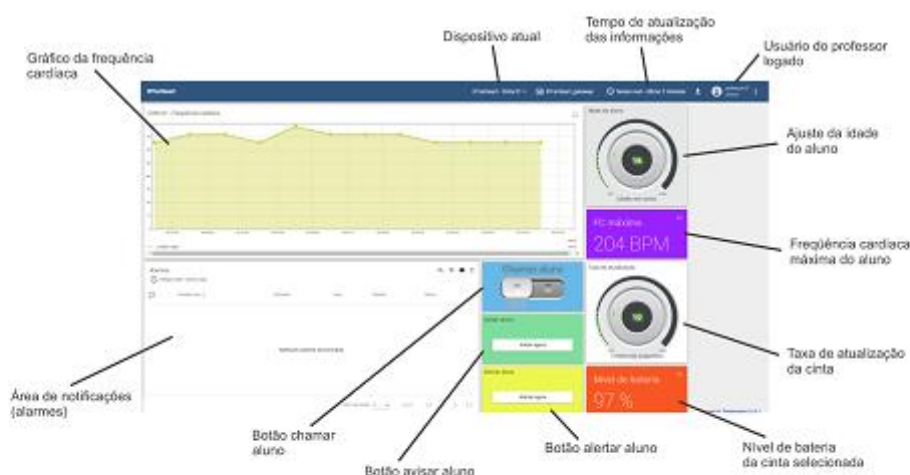
4.2 GATEWAY

A seguir, é apresentado o *gateway* e suas características externas, assim como os detalhes das informações contidas no visor LCD.



4.3 APLICAÇÃO WEB

Para a aplicação web, é utilizado a plataforma ThingsBoard CE (versão *Community Edition*), instalada no Data Center do IFFar-SVS e disponível pela URL <https://iffarheart.svs.iffarroupilha.edu.br>. Abaixo é mostrado o *dashboard* de uma das cintas com seus *widjets* de visualização e controle.



5. MODO DE USO DA SOLUÇÃO

A seguir, são apresentados os modos de utilização de todos os produtos da solução IFFarHeart.

5.1 CINTA CARDÍACA

Para a utilização da cinta cardíaca, a mesma deverá estar totalmente em contato com a pele, sem nenhum material entre eles, como por exemplo colares, roupas, etc. Para vesti-la, o usuário deverá soltar a trava da cinta elástica e coloca-la ao redor do seu tórax, voltando a travá-la logo após.

Em relação ao posicionamento da cinta, usuários do sexo masculino devem utilizá-la ligeiramente abaixo do peitoral, sendo que para usuários do sexo feminino a posição é ligeiramente abaixo dos seios, para ambos de modo centralizado ao corpo, como representado na figura a seguir:



Os usuários devem estar atentos a orientação da cinta, nunca as utilizando com as inscrições de ponta cabeça. A imagem abaixo exemplifica o modo correto e incorreto de sua orientação.



Na figura a seguir são mostrados os modos incorretos de uso da cinta, consideradas as formas de como NÃO devem ser utilizadas.





Após o usuário vestir a cinta, deve-se ligá-la na chave liga/desliga lateral, puxando seu pino no sentido para cima, como no exemplo da imagem a seguir:



Para a recarga da bateria da cinta cardíaca, basta apenas conectar um carregador com cabo micro USB a ela, em sua conexão de carregamento lateral, como na imagem exemplo a seguir. O carregador é o mesmo utilizado para carregar *smartphones*.



5.2 GATEWAY

Após ligar as cintas, o usuário deve ligar o *gateway* em sua chave lateral liga/desliga, deslocando seu pino para a posição ligar, como no exemplo da imagem a seguir. Contudo, essa ação não é uma regra, pois o *gateway* poderá ser ligado anteriormente as cintas, sem problemas.





Na sequência, o usuário pode observar a conexão do *gateway* com a rede local Wi-Fi e nuvem, que em situação de funcionamento normal, o estado deverá ser "conectado" para ambas, como exemplo na imagem a seguir. Caso não seja estabelecida as conexões esperadas, o estado será mostrado como "desconectado" para uma ou ambas conexões, entretanto, o professor ainda poderá utilizar a solução visualizando diretamente as informações no *display* LCD que equipa o *gateway*.



Conexão com a Wi-Fi

Conexão com a nuvem

Para exibir todas as informações no *display* LCD, o *gateway* conta com um botão de toque, chamado "Touch", bastando apenas tocar no botão para alternar entre tela 01 (informações básicas) e tela 02 (informações detalhadas).

Para a recarga da bateria do *gateway*, basta apenas conectar um carregador com cabo micro USB a ele, em sua conexão de carregamento lateral que fica localizada entre as antenas, como na imagem exemplo a seguir. O carregador é o mesmo utilizado para carregar *smartphones*.

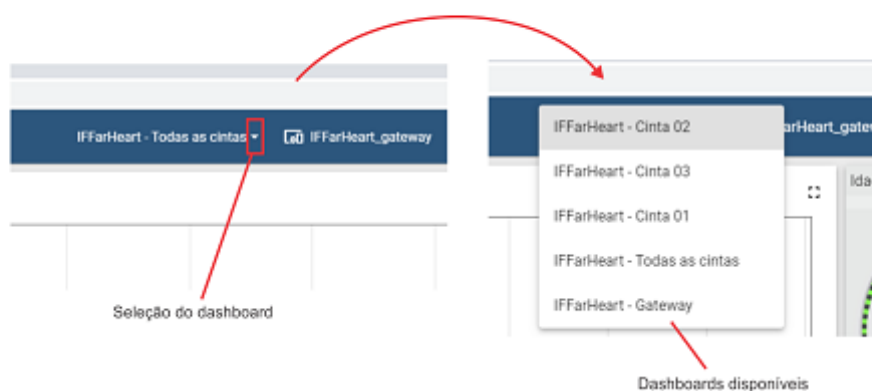


Carregador Micro USB conectado

5.3 APLICAÇÃO WEB

Para o uso da aplicação web, os professores deverão acessar em qualquer navegador a seguinte URL: <https://iffarheart.svs.iffarroupilha.edu.br> e inserir suas credenciais (as credenciais foram enviadas para os e-mails institucionais dos professores). Para novos usuários, deverão ser solicitadas credenciais ao autor deste manual, mantenedor do sistema.

Após o *logon*, o professor visualizará o *dashboard* chamado "IFFarHeart - Todas as cintas", que agrupa as informações das três cintas cardíacas em um único local. Caso seja o desejo do professor alterar para visualização de uma única cinta em específico ou mesmo visualizar as informações remotas do *gateway*, poderá ser selecionado na caixa de seleção correspondente no superior da página, conforme a figura abaixo:



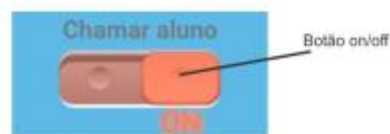
O primeiro passo após, é ajustar as idades dos alunos a serem monitorados, escolhendo de acordo com a cinta que cada estudante está vestindo, no *widget* "Idade do aluno", como na figura a seguir. Assim, posteriormente a essa ação, as frequências cardíacas máximas dos estudantes são automaticamente definidas pelo sistema.



Na sequência, é possível alterar a frequência de atualização das cintas, que são o tempo entre as coletas do monitoramento de cada cinta. Caso não seja necessário ajuste, o padrão 10 segundos é adotado. A figura de exemplo abaixo, mostra o *widget* de ajuste da frequência de atualização da cinta 01.



A partir desse momento o professor pode monitorar a frequência cardíaca dos alunos de modo simultâneo e em tempo real, por meio dos gráficos. Caso seja necessário a presença do aluno, o professor poderá chamá-lo por meio do *widget* "Chamar aluno", como na figura a seguir, (recurso interessante para alunos que estão distantes, correndo na pista de atletismo, por exemplo).



Há também os recursos de avisar e alertar o aluno, por meio de seus *widgets* de mesmo nome, como na figura a seguir. Estas funções manuais podem ser utilizadas a critério do professor, em atividades físicas específicas em que se deseja comunicação a longa distância com os estudantes.





Há também o recurso de alarmes, onde se a frequência cardíaca do estudante se aproximar da sua máxima um alarme é gerado. Por exemplo, se o estudante estiver fazendo uma atividade física e sua frequência cardíaca se aproximar ou for/ultrapassar o valor máximo definido pelo sistema, um alarme é gerado e pode ser visualizado no *widget*. Além disso, um alerta sonoro é iniciado diretamente na cinta do estudante. Contudo, para que este recurso funcione corretamente, a idade do estudante deverá ser ajustada em seu *widget* adequadamente.

Alarms 🔍 ⌵ ☰ ⌵

🕒 Realtime - last day

<input type="checkbox"/>	Created time ⌵	Originator	Type	Severity	Status
<input type="checkbox"/>	2022-07-12 14:30:00	IFFarHeart - Cinta 01	Alarme FC	Critico	Active Unacknowledged

Items per page: 10 ▾ 0 of 0 |< < > >|

6. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

A seguir são mostradas as especificações técnicas dos produtos cinta cardíaca, gateway e página web.

	Cinta cardíaca	Gateway
Alimentação	Bateria 1x 3.7v 360mah Li-po recarregável	Bateria 2x 3.7v 3500mah Li-ion recarregável
Conexão para recarga	Micro USB – 5v	
Tempo de recarga da bateria	2hs	4hs
Autonomia	10hs	22hs
Dimensões (largura x comprimento x espessura)	36mm x 64mm x 11mm	80mm x 120mm x 40mm
Peso	32g	245g
Material do corpo (parte externa)	Plástico ABS	
Display	-	LCD 2,4pol. colorido 240x320px
Nível sonoro do alarme	80dB máx.	-
Alcance do sinal	Até 85m para o gateway (ao ar livre)	Até 85m para as cintas (ao ar livre)
Grau de proteção	IP30 – Atestado somente pelo autor	



	Página web
Plataforma	Thingsboard IoT Platform
Tipo de produto	Community Edition (CE)
Licença	Open Source
Protocolos suportados	MQTT, CoAP e HTTP
URL do desenvolvedor	https://thingsboard.io
URL da solução IFFarHeart	https://iffarheart.svs.iffarroupilha.edu.br

7. RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS

	Sintoma	Causa	Solução possível
Cinta	A cinta não aparece conectada no gateway	Cinta desligada	Levar a chave liga/desliga na lateral para a posição ligar *
	A cinta não aparece conectada no gateway mesmo com a chave liga/desliga na posição ligar	Bateria descarregada	Conecte o carregador na porta Micro USB *
Gateway	O gateway não liga	Gateway desligado	Levar a chave liga/desliga na lateral para a posição ligar **
	O gateway não liga mesmo com a chave liga/desliga na posição ligar	Bateria descarregada	Conecte o carregador na porta Micro USB **
	O gateway não conecta à rede Wi-Fi	Não encontrou sinal da rede Wi-Fi	Verifique se a rede Wi-Fi chamada IFFar-svs_lot está disponível **
	O gateway não conecta a nuvem	Não há serviço de internet disponível na rede Wi-Fi	Verifique se a rede Wi-Fi está com conexão à internet ou procure o administrador de rede
Página web	Widgets apresentam a mensagem "Request Timeout"	Não há conexão entre o gateway e a nuvem	No gateway, verificar as conexões com a Wi-Fi e nuvem **
	Não há detecção da frequência cardíaca	Uso da cinta na posição incorreta	Conferir a posição correta da cinta no tórax do usuário *
	Cinta com sinal sonoro intermitente	- Frequência cardíaca anormal - Comando "chamar aluno" não finalizado na página web	- Aguardar a frequência cardíaca normalizar - Finalizar o comando para chamar o aluno na página web

* Instruções no item 5.1 desde manual

** Instruções no item 5.2 desde manual

8. GLOSSÁRIO

Corpo da cinta/gateway – Recipiente, gabinete ou material externo que envolve todos os componentes eletrônicos do produto.

Dashboard – Painel para visualização centralizada de informações por meio de recursos gráficos, também composta de recursos para enviar e receber comandos diversos.

Display LCD – Tela gráfica de cristal líquido utilizada para exibir informações diversas aos usuários.



Eletrodos – São polos elétricos afixados na cinta elástica, com a finalidade de permitir o contato elétrico do circuito eletrônico ao corpo do usuário.

Gateway – Equipamento que faz a comutação das informações entre as cintas cardíacas e a nuvem.

Hardware – Equipamento físico, palpável, composto de materiais sólidos como plásticos, metais, dentre outros.

Logon – Processo de ingresso a uma rede ou sistema protegido por meio de identificação com usuário e senha.

Navegador web – Aplicativo que permite ao usuário acessar páginas na internet.

Operacionalização – Ato de operar a solução criada ou realizar as funções para o qual os produtos foram desenvolvidos.

Sistema cardiovascular – Sistema formado pelo coração e vasos sanguíneos.

Software – Aplicativo ou programa computacional desenvolvido para realizar ações sobre algum *hardware*.

Widgets – São recursos ou micro aplicativos com funções específicas dentro de sistemas.

Esp. DENIS POHLMANN GONÇALVES

Aluno do Mestrado Profissional em Tecnologias Educacionais em Rede
Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Educacionais em Rede - PPGTER
Linha de pesquisa: Desenvolvimento de Tecnologias Educacionais em Rede
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA - UFSM

Estes produtos são resultantes da pesquisa de mestrado intitulada:
IFFARRHEART: UMA PROPOSTA DE SOLUÇÃO COMPUTACIONAL IOHT PARA AUXILIAR A PRÁTICA PEDAGÓGICA DE EDUCAÇÃO FÍSICA

Orientadora: Dr.^a Roseclea Duarte Medina

Santa Maria – RS
2022



Nota: Todos os produtos apresentados neste manual foram doados ao IFFar-SVS.



APÊNDICE B - PESQUISA DE SATISFAÇÃO COM PROFESSORES


Pesquisa de satisfação com professores

Este questionário tem por objetivo avaliar o uso da solução com você professor. Sua resposta é importante, e levará apenas dois minutos, obrigado!

 denispohlmann@gmail.com (não compartilhado) 

[Alternar conta](#)

***Obrigatório**



IFFarHeart

Solução computacional de apoio a prática pedagógica escolar em Educação Física

Qual é o seu sexo? *

Escolher ▾

Qual a sua faixa etária? *

Até 25 anos

De 26 a 35 anos

De 36 a 45 anos

46 anos ou mais

Em relação a estética dos produtos desenvolvidos, sendo o gateway e as cintas cardíacas, como você os considera? *

Muito atrativos

Atrativos

Pouco atrativos

Nada atrativos

Na questão da mobilidade, como você considera a solução? *

- Permite ampla mobilidade
- Permite pouca mobilidade
- Não permite mobilidade

Na página web da solução, em relação a usabilidade geral como você a considera? *

- De fácil usabilidade
- De usabilidade razoável
- De difícil usabilidade

Na sua opinião, a solução IFFarHeart poderia trazer apoio a prática pedagógica de Educação Física? *

- Sim, poderia apoiar a prática pedagógica
- Talvez, não sei se traria algum apoio a prática pedagógica
- Não, não traz apoio a prática pedagógica

Na sua prática, quais modalidades ou atividades físicas seriam mais interessantes para o monitoramento da frequência cardíaca e posterior demonstração aos estudantes? *

- Futebol
- Voleibol
- Basquete
- Handebol
- Musculação
- Atletismo
- Outro: _____

Em relação as mudanças, na sua opinião, quais aspectos poderiam ser melhorados na solução? *

Melhorar o acabamento da cinta cardíaca

Melhorar o acabamento do gateway

Melhorar a aparência da página web

Inserir novos recursos na solução

Nada a mudar

Outro: _____

De forma geral, como você classifica a solução IFFarHeart? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Ruim

Excelente

Você usaria novamente a solução IFFarHeart juntamente com os estudantes nas aulas de educação física? *

Sim

Não

Talvez

Caso queira, deixe um comentário (críticas, sugestões, elogios ou outros)

Sua resposta _____

Enviar

Limpar formulário

Nunca envie senhas pelo Formulários Google.


Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google. [Denunciar abuso](#) - [Termos de Serviço](#) - [Política de Privacidade](#)

Google Formulários

APÊNDICE C - PESQUISA DE SATISFAÇÃO COM ESTUDANTES

Pesquisa de satisfação com estudantes

Este questionário tem por objetivo avaliar o uso da solução com você estudante. Sua resposta é importante e levará apenas um minuto, obrigado!

 denispohlmann@gmail.com (não compartilhado)
[Alternar conta](#)



*Obrigatório



Solução computacional de apoio a prática pedagógica escolar em Educação Física

Qual é o seu sexo? *

Masculino ▼

Qual a sua faixa etária? *

- Até 17 anos
- 18 anos ou mais

Em relação a vestimenta da cinta cardíaca, qual a sua experiência? *

- Vesti sem dificuldade
- Vesti com pouca dificuldade
- Vesti com muita dificuldade

Em relação a estética da cinta cardíaca, como você a considera? *

- Muito atrativa
- Atrativa
- Pouco atrativa
- Nada atrativa

Em relação ao conforto em utilizar a cinta cardíaca, como você considera? *

- Muito confortável
- Pouco confortável
- É confortável
- Nada confortável

Na questão da sua mobilidade utilizando a cinta cardíaca, qual a sua experiência? *

- Não atrapalhou a minha mobilidade
- Atrapalhou um pouco a minha mobilidade
- Atrapalhou muito a minha mobilidade

Na sua opinião, esta tecnologia poderia lhe auxiliar de alguma forma nas atividades de educação física escolar? *

- Sim, contribuiria bastante
- Sim, contribuiria pouco
- Não vejo contribuição

Por meio da página na internet, o professor consegue apresentar a você a evolução da sua frequência cardíaca nos gráficos. Você considera essa ferramenta interessante para o aprendizado? *

- Sim
- Não
- Talvez

De forma geral, como você classifica a solução IFFarHeart? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Ruim Excelente

Você usaria novamente a solução IFFarHeart nas aulas de educação física? *

- Sim
- Não
- Talvez

Caso queira, deixe um comentário (críticas, sugestões, elogios ou outros)

Sua resposta

Enviar

Limpar formulário

Nunca envie senhas pelo Formulários Google.

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google. [Denunciar abuso](#) - [Termos de Serviço](#) - [Política de Privacidade](#)

Google Formulários

APÊNDICE D – ARTIGO PUBLICADO NA RENOTE – UFRGS

255



CINTED-UFRGS

Revista Novas Tecnologias na Educação

O Uso de Tecnologias eHealth Integradas a IoT como Possibilidade para Aplicação em Ambientes Educacionais: uma revisão sistemática de literatura

Denis Pohlmann Gonçalves - PPGTER/UFSM, denis.pohlmann@gmail.com

Roseclea Duarte Medina - PPGTER/UFSM, roseclea.medina@gmail.com

Resumo: Este artigo tem como objetivo apresentar uma revisão sistemática de literatura (RSL) de trabalhos que integram as temáticas de Saúde Eletrônica (*eHealth*) com a Internet das Coisas (IoT), direcionados para o monitoramento da frequência cardíaca de seres humanos. Tal estudo visa conhecer as características dos trabalhos, como as formas de desenvolvimento, materiais utilizados e avaliações, afim de identificar as possibilidades de aplicação em ambiente de ensino. Para a metodologia, foi utilizado o protocolo de RSL consolidado por Kitchenham (2004), realizando a triagem dos estudos com base nos elementos de pesquisa descritos neste trabalho. Como resultado, das 130 publicações acerca do tema, apenas 29 resultaram após as etapas de seleção, dentre as quais pode-se constatar na sua maioria desenvolvimento de soluções. Na questão da avaliação, cerca de 77% foram realizadas em seres humanos e 43% dos trabalhos não foram avaliados. Concluiu-se que na maioria dos estudos, as tecnologias desenvolvidas tiveram o objetivo de atender demandas de monitoramento da frequência cardíaca e eletrocardiografia (ECG), propondo sistemas de baixo custo e de usabilidade diária, fora do ambiente clínico ou hospitalar, possibilitando que estas tecnologias sejam utilizadas em ambiente de ensino, como em aulas de educação física.

Palavras-chave: Saúde Eletrônica, Internet das Coisas, Frequência Cardíaca, Ambiente de ensino.

The Use of eHealth Technologies Integrated with IoT as Possibility for Application in Educational Environments: a systematic literature review

Abstract: This paper aims to present a systematic literature review (RSL) of works that integrate the themes of Electronic Health (*eHealth*) with the Internet of Things (IoT), aimed at monitoring the heart rate of human beings. Such study aims to know the characteristics of the works, such as the forms of development, materials used and assessments, in order to identify the possibilities of application in the teaching environment. For the methodology, the RSL protocol consolidated by Kitchenham (2004) was used, screening the studies based on the research elements described in this work. As a result, of the 130 publications on the subject, only 29 resulted after the selection stages, among which it can be seen that most of them developed solutions. Regarding the evaluation, about 77% were performed on human beings and 43% of the studies were not evaluated. It was concluded that in most studies, the technologies developed had the objective of meeting demands for heart rate monitoring and electrocardiography (ECG), proposing low-cost and daily usability systems, outside the clinical or hospital environment, allowing these technologies be used in a teaching environment, as in physical education classes.

Keywords: Ehealth, Internet of Things, Heart Rate, Teaching environment.

1. INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, as doenças cardiovasculares trazem uma grave preocupação para a saúde, estando diretamente ligadas em mais de 17 milhões de mortes a cada ano no mundo (STEVENS et al., 2019). Muitas dessas doenças requerem cuidados específicos e



tratamentos contínuos com o paciente, trazendo um impacto financeiro significativo. Stevens et al. (2019), apresenta em estudo recente, que no Brasil, apenas quatro das principais doenças cardíacas - infarto do miocárdio, hipertensão arterial, insuficiência cardíaca e fibrilação arterial - trouxeram um custo financeiro aproximado de 56,2 bilhões de reais no ano de 2015. Logo, monitorar os sinais vitais de um paciente de forma contínua em sua rotina diária poderia ajudar a diminuir o risco de mortes e o impacto financeiro no setor da saúde.

Neste sentido, a Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) pode oferecer recursos variados para este desafio, por meio do paradigma da *eHealth*, um campo emergente na interseção da informática na medicina, referindo-se aos serviços de saúde ou telemedicina e suas informações que são armazenadas ou utilizam meios eletrônicos (Eysenbach, 2001). A IoT e suas tecnologias, podem ser combinadas com a *eHealth* e outras áreas da saúde, trazendo um grande potencial de versatilidade, escalabilidade, comunicação e usabilidade para os dispositivos de saúde. De acordo com Guillén et al. (2017), a IoT tem contribuído consideravelmente na evolução de tecnologias da telemedicina, em especial, na melhoria de protocolos, arquiteturas e interfaces, objetivando o monitoramento em tempo real e a transmissão de dados.

Diante disso, pensando em ambientes de ensino e especialmente nas aulas de educação física, há a possibilidade de utilizar tais tecnologias para acompanhar o condicionamento físico de alunos enquanto praticam atividades físicas. Corroborando com esta ideia, em estudo recente de Miotto e Sclaro (2020), foi desenvolvido uma solução para coleta dos sinais cardíacos de atletas, afim de contribuir com pesquisas na área de engenharia biomédica com foco em morte súbita cardíaca durante a prática esportiva. Este trabalho mostra a viabilidade e importância do monitoramento cardíaco para detectar possíveis doenças cardíacas, cenário que poderia ser adaptado para ambiente escolar.

Com base nesse contexto, o presente estudo tem um questionamento central: quais são os trabalhos que foram ou estão sendo desenvolvidos integrando as temáticas de *eHealth* e IoT direcionadas para mensurar ou analisar a frequência cardíaca em seres humanos? Assim, esta pesquisa de revisão sistemática de literatura tem como objetivo conhecer as tecnologias empregadas, modos de utilização, aplicações e possíveis avaliações, para desse modo identificar as possibilidades de aplicação em ambiente de ensino. O artigo é composto pela metodologia na seção dois, que descreve brevemente o método escolhido para alcançar o objetivo. Na seção três são apresentados os resultados e suas discussões, seguidos das considerações finais na seção quatro.

2. METODOLOGIA

Para atingir os objetivos desta pesquisa, a metodologia utilizada foi uma revisão sistemática de literatura, que consiste em um processo sistêmico de investigação sobre trabalhos publicados em bases de literatura acadêmica. Como fator norteador, foram empregados padrões, diretrizes e processos afim de tornar a revisão mais holística, buscando qualidade na obtenção das informações conforme protocolo definido por (KITCHENHAM, 2004).

A aplicação do protocolo de RSL escolhido teve início na definição de alguns elementos, apresentados nas subseções 2.1 e 2.2, como as questões de pesquisa, itens dos dados, palavras-chave, *string* de busca, fontes de publicações e critérios de inclusão e exclusão dos trabalhos. Por fim, são aplicados esses elementos nas etapas de seleção para a obtenção dos trabalhos desejados.



2.1 Questões de Pesquisa

A definição das questões de pesquisa é indicada como um dos elementos essenciais para a construção de uma RSL, pois delimita a busca com objetivo de apoiar o pesquisador a selecionar os trabalhos relevantes (KITCHENHAM, 2007). Desse modo, alguns questionamentos (Q) foram elencados afim de obter resposta no decorrer deste estudo, sendo:

Q1: Que soluções *eHealth*, aliadas a IoT tem sido, já foram propostas ou desenvolvidas com o objetivo de aferir a frequência cardíaca ou detectar anomalias cardíacas?

Q2: Quais as tecnologias de *hardware* e *software* foram empregadas nessas soluções?

Q3: De que forma essas soluções estão sendo avaliadas?

Em seguida, é esperado obter algumas informações na extração das respostas de tais questões, elementos conhecidos como itens dos dados ou *data items*, definidos e apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 - Itens dos dados

Q	Data Items	Respostas esperadas
1	Estudo de caso	Análise de soluções ou propostas ou estudos comparativos
	Proposta de tecnologia	Arquiteturas ou cenários
	Revisão de literatura	Revisão de literatura ou RSL
	Desenvolvimento de tecnologia	Desenvolvimento de soluções, frameworks ou softwares
2	Recursos de hardware	Computadores, smartphones, micro controladores, sensores e outros
	Recursos de software	Aplicações web, aplicações mobile, banco de dados ou Linguagens de programação
3	Avaliações	Coleta e análise de dados em pessoas, simulações ou questionários

2.2 Estratégia de Busca

Para que fosse possível encontrar os estudos desejados nas bases de trabalhos acadêmicos, foi definido primeiramente a *string* de busca a partir da junção das palavras-chave, utilizando termos e seus sinônimos em português e inglês, compondo a seguinte *string*: “(“*ehealth*” OR “Saúde eletrônica” OR “*mhealth*” OR “saúde móvel”) AND (“*internet of things*” OR “Internet das coisas” OR “IoT”) AND (“*heart rate*” OR “frequência cardíaca”))”

Na sequência, foram selecionadas nove fontes de pesquisa de conteúdo acadêmico, nacionais e internacionais, incluindo alguns dos principais eventos e periódicos de informática, sendo: plataformas de bibliotecas digitais - IEEE Xplore, Scopus e ACM DL; anais de eventos – Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBCUP), Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE) e Congresso Brasileiro de Informática na Saúde (CBIS).

Amparando a seleção de fontes de pesquisa, de acordo com a Sociedade Brasileira de Informática em Saúde (SBIS), foram considerados também alguns dos melhores *journals* para publicações na área de informática na saúde (SBIS, 2018). Os periódicos escolhidos apresentam conceitos Qualis de extrato superior segundo as avaliações da CAPES no ano de 2015, sendo eles: *Journal of the American Medical Informatics*



Association (JAMIA), International Journal of Medical Informatics (IJMI) e Journal of Medical Internet Research (JMIR).

Compondo o último elemento antes que a busca fosse realizada, foram definidos os critérios de inclusão e exclusão, apresentados na Tabela 1, tendo como objetivo a filtragem e seleção dos trabalhos.

Tabela 1 - Critérios de inclusão e exclusão

Critérios de Inclusão	Critérios de Exclusão
O estudo foi publicado entre 2015 e 2019	O estudo foi publicado em idioma diferente de inglês ou português
A solução desenvolvida utiliza <i>eHealth</i> aliado a IoT, tendo como funções aferir a frequência cardíaca ou detecção de anormalidades cardíacas	O estudo é um resumo, ou relatório técnico, ou apresentação de trabalho, ou sumário de conferência, ou demonstração
O estudo mostra resultados alinhados aos objetivos da pesquisa, sendo, proposta, desenvolvimento ou avaliação de soluções	O trabalho não está disponível para leitura completa devido a cobrança para tal serviço ou algum problema de visualização
-	Estudo realizado em animais

2.3 Condução da RSL

Para iniciar a busca e seleção de trabalhos, o processo foi organizado em três etapas conforme o protocolo de RSL escolhido. Na primeira etapa, foi realizada uma busca utilizando as definições iniciais, aplicando a *string* nas diferentes bases de trabalhos acadêmicos, adaptando-a juntamente com os critérios de acordo com os mecanismos de cada plataforma. Ao final desta etapa foram retornados 130 estudos, os quais permitem identificar uma crescente tendência nos últimos anos em associar a IoT com *eHealth*, demonstrada no Gráfico 1.

Na segunda etapa, foi realizada uma triagem dos estudos mais relevantes, por meio apenas da leitura de seus títulos, resumos e palavras-chave, resultando em 37 estudos. A terceira e última etapa, constou da leitura completa das obras resultantes da segunda etapa, onde novamente foi realizada uma triagem dos artigos, selecionando somente os estudos que atenderam a todas as características e elementos desejados, tendo atenção em especial na resposta as questões de pesquisa. Para todas as etapas foram aplicados os critérios de inclusão e exclusão.

Após a conclusão das três etapas, foram recuperadas 29 publicações que atenderam as exigências dos elementos deste estudo, excluindo as demais, compondo assim uma base de conhecimento para extração das informações e discussão dos resultados. O Quadro 2 mostra o quantitativo de publicações remanescentes em cada etapa de seleção, bem como os totais ao final de cada. Os anais de eventos da SBCUP não retornaram nenhuma publicação.

Gráfico 1 - Publicações por ano



Quadro 2 - Publicações remanescentes

Fontes de pesquisa	Primeira etapa	Segunda etapa	Terceira etapa
IEEE Xplore	26	14	11
Scopus	36	8	7
ACM DL	44	7	4
CBIE	1	0	0
CBIS	5	3	3
JAMIA	1	1	0
IJMI	9	0	0
JMIR	8	4	4
Totais	130	37	29



3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção são apresentados os resultados das publicações selecionadas na RSL, bem como a discussão das suas informações.

3.1 Publicações selecionadas

As publicações resultantes após as etapas de triagem deste estudo são apresentadas na Tabela 2, fazendo posterior referência aos trabalhos por meio de sua identificação (Id). A tabela completa pode ser visualizada pelo *link*: <https://bit.ly/3omPjrB>.

Tabela 2 - Publicações resultantes do estudo

Id	Título	Autores	Ano
1	<i>eSmart: An IoT based Intelligent Health Monitoring and Management System for Mankind</i>	SWAMY, T. J.; MURTHY T. N.	2019
2	<i>AT-Mo: Wireless Data Collection System For Physiology Monitoring of Athlete</i>	TISNA, D. R.; RASYID, M. U. H. A.; SUKARIDHOTO, S.	2019
3	<i>IoT Based eHealth Management System Using Arduino and Google Cloud Firestore</i>	VARSHNEY, HEENA; ALLAHLOH, A. S.; SARFRAZ, M.	2019
4	<i>Seat Integration of RF Vital-Sign Monitoring</i>	HUI, X.; KAN, E.C.	2019
5	<i>E-Health System for The Monitoring, Transmission and Storage of The Arterial Pressure of Chronic-Hypertensive Patients</i>	LÓPEZ, A. et al.	2019
6	<i>Medical data processing and analysis for remote health and activities monitoring</i>	VITABILE, S. et al.	2019
7	<i>Performance evaluation of IoT messaging protocol implementation for e-health systems</i>	ZORKANY, M.; FAHMY, K.; YAHYA, A.	2019
8	<i>A Decade of Internet of Things: Analysis in the Light of Healthcare Applications</i>	DIN, L. U. et al.	2019
9	<i>Telemedicine: An IoT Application For Healthcare systems</i>	MOHAMED, W.; ABDELLATIF, M. M.	2019
10	<i>In-Home Cardiovascular Monitoring System for Heart Failure: Comparative Study</i>	CONN, N. J.; SCHWARZ, K. Q.; BORKHOLDER, D. A.	2019
11	<i>Mobile Phone App-Based Pulmonary Rehabilitation for Chemotherapy-Treated Patients With Advanced Lung Cancer: Pilot Study</i>	PARK, S. et al.	2019
12	<i>Developing an e-Health System Based on IoT, Fog and Cloud Computing</i>	MONTEIRO, K. et al.	2018
13	<i>Portable and Centralised E-Health Record System for Patient Monitoring Using Internet of Things (IoT)</i>	SHANIN, F. et al.	2018
14	<i>Implementation of an IoT Node for Biomedical Applications</i>	BONFANTI, S. B. et al.	2018
15	<i>Heart Rate monitor based on IP networking</i>	MOLINA, M. G. et al.	2018
16	<i>Advances in photoplethysmography signal analysis for biomedical applications</i>	MORAES, J. L. et al.	2018
17	<i>Middleware Architecture for Health Sensors Interoperability</i>	GEORGI, N.; CORVOL, A.; JEANNÉS, R. L. B.	2018
18	<i>Real-time health care monitoring system using IoT</i>	SAMINATHAN, S.; GEETHA, K.	2018
19	<i>Heart Beat Monitoring and GPS Tracking based on Internet of Things</i>	HAMMAMI, A.	2018
20	<i>Using Internet of Vehicle Technology for Decreased Medical Response Times</i>	STEVES, M. et al.	2018
21	<i>OCARIoT – Integrando mHealth e IoT no Enfrentamento da Obesidade Infantil</i>	VASCONCELOS, J. E. F.	2018
22	<i>Nontraditional Electrocardiogram and Algorithms for Inconspicuous In-Home Monitoring: Comparative Study</i>	CONN, N. J.; SCHWARZ, K. Q.; BORKHOLDER, D. A.	2018
23	<i>A Cardiopulmonary Monitoring System for Patient Transport Within Hospitals Using Mobile Internet of Things Technology: Observational Validation Study</i>	LEE J. H. et al.	2018
24	<i>Mobile cloud ECG intelligent monitoring and data processing system</i>	Jl, C. et al.	2017
25	<i>A Time-Critical Mobile Application based on ECG Medical Monitoring</i>	DOMAZET, E.; GUSEV, M.; ANTOVSKI, L.	2017
26	<i>A two stages fuzzy logic approach for Internet of Things (IoT) wearable devices</i>	SANTAMARIA, A. F. et al.	2016
27	<i>Smart Healthcare: Basic health check-up and monitoring system for elderly</i>	THADUANGTA, B. et al.	2016
28	<i>Uma Abordagem Para A Transmissão De Sinal Cardíaco Através De Bluetooth E Servidor Em Nuvem</i>	MACHADO, F. M.; BERTOOGNA, E. G.; SOVIERZOSKI, M. A.	2016
29	<i>Integração Com Monitores de Beira de Leito Utilizando Health Level 7</i>	MORENO, R. A.; GUTIERREZ, M.	2016



3.2 Extração das informações

De acordo com os *data items* já descritos, foi possível extrair as informações com base nas respostas das questões de pesquisa, discutidas a seguir.

3.2.1 Q1: Que soluções *eHealth*, aliadas a IoT tem sido, já foram propostas ou desenvolvidas com o objetivo de aferir a frequência cardíaca ou detectar anomalias cardíacas?

Essa questão permitiu identificar e conhecer quais as propostas de soluções ou produtos já desenvolvidos, que fizessem a aferição da frequência cardíaca ou reconhecimento de anomalias cardíacas em seres humanos.

Os trabalhos [12], [13], [21] e [25] apresentaram apenas propostas de tecnologias para aferição de sinais vitais remotamente, dentre eles a frequência cardíaca, por meio de variados sensores vestíveis, porém, com intenções futuras de implementação.

Já nos trabalhos [1], [2], [3], [5], [9], [11], [15], [17], [18], [20], [27] e [28] houveram a implementação de tecnologias para o monitoramento dos sinais fisiológicos de pessoas, com ênfase na aferição da frequência cardíaca. Todos esses estudos tiveram o mesmo propósito, além da disponibilidade das informações via internet.

A estratégia utilizada no trabalho [6], foi um estudo de caso com proposta para monitoramento remoto da saúde, por meio de dispositivos vestíveis que poderiam ser utilizados em uma viagem. Já no trabalho [7], de mesma característica que o anterior, foi realizado um estudo comparativo entre protocolos desenvolvidos para IoT, sendo o MQTT e CoAP, com o objetivo de utiliza-los em Internet das Coisas Médicas (IoMT) afim de conseguir bons parâmetros.

Os trabalhos [8] e [16] apresentam uma revisão de literatura com o objetivo de apresentar os estudos propostos ou implementados utilizando a temática de IoMT, suas contribuições e desafios. Nestes estudos, algumas características em comum foram identificadas, como monitoramento da saúde remota e análise cardíaca para reconhecimento de possíveis doenças.

Na sequência, são apresentados os trabalhos que tiveram características particulares na construção e desenvolvimento de protótipos para *eHealth* aliada a IoT.

No trabalho [4], foi demonstrado um sistema de sensoriamento coerente de campo próximo (NCS) integrado na estrutura de um assento totalmente invisível ao usuário, para monitorar alguns sinais vitais como batimentos cardíacos, respiração, pulsos femorais e pressão sanguínea. O sistema NCS conta com sensores que não precisam de contato direto com a pele da pessoa, usando assim, tecnologia dotada de antena com transmissor e receptor de rádio frequência para emitir e receber as informações dos sinais vitais, proposta especialmente construída para motoristas de veículos.

O estudo [10] contempla a criação e implementação completa de um assento sanitário com sistema de monitoramento cardiovascular, permitindo monitorar os dados fisiológicos como: pressão arterial, *stroke* volume, frequência cardíaca, duração QRS e oxigenação sanguínea, de modo que não altere a rotina do usuário, garantindo assim a sua adesão total. Complementando este estudo, no trabalho [22] de mesma autoria, foi desenvolvido um algoritmo para rejeição de ruídos em ECG, aumentando a qualidade do sinal obtido com os sensores do assento sanitário. No trabalho [14], foi planejado e implementado um nó IoT com *hardware* aberto, afim de coletar dados clínicos e detectar fibrilação atrial por meio de ECG, transmitindo e armazenando as informações para a nuvem.

A análise do trabalho [19] demonstrou uma solução que monitora a frequência cardíaca de um indivíduo e caso seja detectada alguma anomalia na sua frequência



cardíaca é imediatamente informado as coordenadas de sua posição atual a uma ambulância, permitindo que o paciente possa ser levado ao hospital rapidamente. O trabalho [23] determinou a viabilidade da detecção do sinal vital em pacientes durante o transporte intra-hospitalar, usando um dispositivo portátil e aplicativo móvel desenvolvido pelos autores. Um alarme é enviado aos médicos em caso de saturação de oxigênio abaixo de 90%, frequência cardíaca acima de 140 ou abaixo de 60 batimentos por minuto (bpm).

No trabalho [24], foi desenvolvido um colete de ECG vestível para monitoramento do coração, baseado em nuvem pode capturar visualmente o sinal de ECG da situação repentina, o que pode reduzir a probabilidade de ocorrência de morte por ataque cardíaco. Imagens e dados de detecção de ECG em tempo real apresentados na plataforma de rede de sincronização em nuvem eliminam o ambiente médico básico e custo da viagem, melhorando significativamente a eficiência da inspeção. O trabalho [26] apresenta o desenvolvimento de um dispositivo inteligente vestível capaz de reconhecer as atividades físicas dos usuários por meio de sensores como de frequência cardíaca e temperatura, emitindo avisos quando encontrar alguma discrepância nessas informações. A solução tem o propósito de capturar dados sobre a performance esportiva de atletas e ser uma opção de baixo custo as soluções de mercado. No trabalho [29], foi desenvolvido uma solução de *software* protótipo, para integração de monitores beira de leito hospitalares, do tipo *BeneView T5*. Com a solução é possível ter uma visão mais abrangente dos dados dos pacientes auxiliando a documentação. No Gráfico 2, são apresentados a porcentagem de trabalhos de acordo com seu tipo, estando em conformidade com os *data items*.

Gráfico 2 - Porcentagem de trabalhos



3.2.2 Q2: Quais as tecnologias de *hardware* e *software* foram empregadas nessas soluções?

Essa questão possibilitou identificar quais as tecnologias de *hardware* e *software* foram utilizadas ou apenas apresentadas nos trabalhos.

Para os *softwares*, a situação é a seguinte: Nos trabalhos [5], [11], [17], [19], [21], [22], [25], [26], [27] e [29] foram desenvolvidos aplicativos específicos para as funções desejadas. No trabalho [7], foram utilizados os *softwares* *Mosquitto*, *LibCoAP*, *Wanem* e *Wireshark*, para gerenciamento e análise de tráfego. Os trabalhos [2], [13], utilizaram os *softwares* *Thingspeak* e *IoTplatform* para gerenciamento e armazenamento das informações dos sensores.

O trabalho [3] utilizou o *Google Firebase* para armazenar as informações obtidas com o sensor e algoritmos do *MATLAB* para inspeção do sinal de ECG, sendo este último, utilizado para mesma finalidade no trabalho [14].



Ainda na questão dos *softwares* utilizados, no trabalho [18] foram escolhidos quatro algoritmos para se utilizar na predição de doenças cardíacas, sendo: *Random forest*, *KNN*, *Logistic* e *Naive bayes*.

Nos demais estudos não foram especificados os *softwares* utilizados. Na questão dos *hardwares*, constatou-se a forte presença de micro controladores, sensores e módulos de rede do tipo abertos (*open hardwares*), característica que permite seu uso livre e possibilidade de modificações. Na Tabela 3 são exibidos os trabalhos e seus respectivos *hardwares*.

Tabela 3 - Hardwares utilizados nos trabalhos

Hardware	Trabalhos
Placa de prototipagem Arduino	[1], [2], [3], [5], [8], [9], [12], [13], [15], [16], [19], [26], [27] e [28]
Placa de prototipagem ESP8266 / Wi-Fi	[2], [3], [9], [10], [13] e [20]
Raspberry Pi	[12], [18] e [20]
Outros micro controladores	[10] e [14]
Módulo <i>bluetooth</i>	[1], [5], [6], [8], [9], [14], [17], [21] e [23]
Módulo GSM/LTE	[5], [9], [19], [23] e [24]
Módulo GPS	[13], [19] e [20]
Ethernet para Arduino	[3], [15] e [27]
Módulo RFID	[13]
Sensor de frequência cardíaca / oxímetro	[2], [5], [8], [9], [10], [11], [15], [16], [17], [18], [19], [20], [21], [23], [24], [26] e [27]
Sensor de temperatura	[8], [10], [11], [17], [18], [20], [26] e [27]
Sensor de pressão sanguínea	[4], [5], [10] e [27]
Sensor de ECG	[3], [8], [10], [13], [14], [20], [22], [24], [25] e [28]
Cinta peitoral proprietária	[6], [8] e [23]
Smartphone	[5], [12], [17], [21], [23] e [25]
Outros não especificados	[4], [8], [10], [20], [21], [22], [26] e [28]

Para os módulos de rede, sendo a *hardware* que possibilita a comunicação em rede de dados, foram utilizadas diferentes tecnologias, como *Wi-Fi*, *bluetooth*, GSM¹ e LTE², caracterizando a presença da IoT nas soluções. Nos Gráficos 3 e 4, são apresentados os tipos de *hardwares* com o quantitativo de trabalhos que empregaram micro controladores e sensores, respectivamente.

Gráfico 3 - Tipos de micro controladores

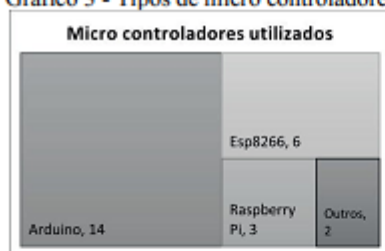
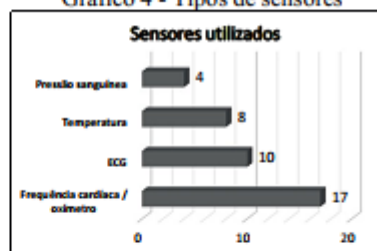


Gráfico 4 - Tipos de sensores



¹ Global System for Mobile Communications, ou Sistema Global para Comunicações Móveis.

² Long Term Evolution, ou Evolução de Longo Prazo.



3.2.3 Q3: De que forma essas soluções estão sendo avaliadas?

Essa questão objetiva apresentar as informações de como e de que forma as soluções ou produtos encontrados foram avaliados e testados, bem como seus resultados.

No trabalho [5], o protótipo foi validado em pacientes, contudo, não foi informado a quantidade de pessoas envolvidas. Contudo, o protótipo se mostrou funcional e confiável, amparando a tomada de decisão médica.

No estudo [10], a solução desenvolvida foi avaliada em 111 pacientes de duas instituições: Instituto de Tecnologia Rochester e Centro médico da Universidade Rochester, instituições onde os autores trabalham/estudam. As pessoas foram orientadas a não urinar, não defecarem ou falarem enquanto eram monitoradas pelo assento, pois tais ações alteram os resultados, apontado pelos autores como uma limitação, sugerindo correção por algoritmo em trabalho futuro. Os resultados demonstraram a mesma precisão de tecnologia padrão ouro, com uma leve margem de erro, praticamente desprezível.

O estudo [11] realizou a avaliação com 100 pacientes em estágio avançado de câncer de pulmão, onde as pessoas precisaram utilizar o aplicativo no smartphone conectado a um oxímetro de pulso enquanto faziam exercícios moderados acompanhados por profissional capacitado. Houve também a coleta de dados por meio de questionários. Os resultados mostraram que a solução de monitoramento remoto funcionou perfeitamente. Além disso, os 90 pacientes que completaram o estudo, pela prática de atividade física, tiveram um índice de massa corporal basal mais alto e melhor desempenho que os 10 pacientes que desistiram, considerando também uma melhora na depressão.

No estudo [14], foi realizado testes do dispositivo desenvolvido de monitoramento de ECG com pacientes afetados por fibrilação atrial e outras doenças cardíacas, porém o número total de pacientes não foi informado. O estudo mostra que o sistema proposto apresenta confiabilidade dos dados obtidos e eficiência no algoritmo.

O estudo [22], complementar ao [10], avaliou o algoritmo desenvolvido com 29 pacientes de insuficiência cardíaca, o qual demonstrou com sucesso os sinais capturados por meio das nádegas dos pacientes, filtrando-os para haver maior precisão e baixo ruído.

No trabalho [23], foram realizados experimentos da tecnologia desenvolvida em 23 pessoas durante seu transporte intra-hospitalar para o *Asan Medical Center* em Seoul, Coreia do Sul. Foram medidos a saturação de oxigênio e pulsação em tempo real usando dois dispositivos vestíveis (*Nonin* e *Price-100H wrist oxímetro*), onde os dispositivos coletaram a frequência cardíaca e oxigenação, enviando-as por *bluetooth* para um *App* no *smartphone* que por sua vez enviou a nuvem via rede LTE. A solução mostrou que pode detectar sinais de risco dos pacientes e enviá-los em tempo real para os profissionais de saúde e garantir assim a segurança do paciente.

Na avaliação do estudo [24], foram efetuados quatro testes para verificar a viabilidade e eficiência dos algoritmos *Skyline* e *KNN* para a detecção de anomalias no sinal cardíaco. Após obter os dados dos sensores o sistema proposto envia para a nuvem onde é processado e analisado, demonstrando resultados satisfatórios em relação a confiabilidade das informações.

O trabalho [26], foi avaliado em um conjunto de pessoas compostas por jovens em bom estado de saúde, sem maiores detalhes. O mecanismo de reconhecimento de atividade física é baseado em um classificador de dois estágios que usa a abordagem lógica difusa. Os resultados mostram que o produto desenvolvido pode reconhecer as atividades básicas do usuário e avisá-lo se algo der errado na sua frequência cardíaca.

No trabalho [27], a avaliação constou de entrevista qualitativa com três médicos quanto a opinião sobre o sistema desenvolvido e pesquisa quantitativa utilizando um



modelo de aceitação de tecnologia para medir a aceitação de 30 idosos entre 60 e 80 anos. O resultado apontou que os idosos perceberam a utilidade do sistema e estavam dispostos a utilizarem caso não fosse complicado devido ao acréscimo de novas tecnologias.

O trabalho [29] foi avaliado no Instituto InCor do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da USP. Para os testes, foram utilizados uma Central e um monitor que realiza a integração por meio de duas interações: Cadastramento dos pacientes nos leitos e armazenamento das observações de interesse em banco de dados. A solução de baixo custo desenvolvida centraliza as informações em um único software e pode trazer maior agilidade para a intervenção médica se necessário.

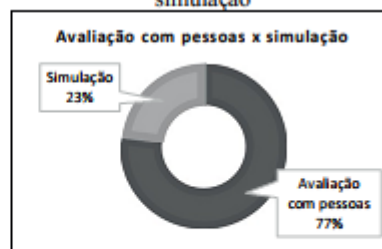
Nos trabalhos [3], [28] e [7] não foram realizados testes em seres humanos, e sim a utilização de simuladores. Nos dois primeiros estudos, foram utilizados geradores de sinais de ECG. Para análise, utilizou-se osciloscópios para comparar o sinal obtido com o sinal transmitido, mostrando resultados muito próximos e confiáveis. No último estudo, foi avaliado os parâmetros capacidade, eficiência e atraso nas mensagens sobre os protocolos MQTT e CoAP, também, por meio de simulação, usando o *Mosquitto* e *softwares* para monitoramento como o *Wanem* e *Wireshark*. O estudo revelou que o CoAP apresentou atraso nas mensagens, considerando assim o MQTT mais adequado para projetar e implementar o *eHealth* sobre IoT.

Nos trabalhos com apenas propostas de solução ou tecnologia, bem como os demais trabalhos de desenvolvimento não mencionados nesta subseção, não foram realizadas avaliações ou não foram apresentadas. Nos Gráficos 5 e 6 são apresentados o comparativo de trabalhos avaliados *versus* não avaliados e o comparativo de trabalhos que utilizaram avaliação com pessoas *versus* simulação, respectivamente.

Gráfico 5 - Avaliados x não avaliados



Gráfico 6 - Avaliação com pessoas x simulação



4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de tecnologias eletrônicas voltadas para a área da saúde tem sido amplamente discutido e relacionado com a IoT, demonstrando um forte interesse em associar essas temáticas nos últimos anos. Nesse contexto, este estudo teve foco em conhecer tais tecnologias, seus desenvolvimentos, implementações e formas de avaliação, afim de identificar as possibilidades de aplicação em ambiente de ensino. Para isso, foi realizada esta RSL sobre algumas das principais bases de pesquisa científica, bem como em alguns dos melhores periódicos de informática na saúde segundo a SBIS (2018), ao qual de um total de 130 publicações acerca do tema resultaram 29 após as etapas de seleção.

Com base nas respostas das questões de pesquisa, identificou-se que na maioria dos trabalhos foram desenvolvidas tecnologias empregando variados micro controladores, em predominância o Arduino, e sensores diversos para a coleta de sinais vitais, ganhando destaque o sensor de frequência cardíaca. Em todos os trabalhos, pode-



se constatar o uso de alguma forma de comunicação em rede de dados para o monitoramento remoto dos sinais vitais de usuários ou pacientes, seja por *bluetooth*, wi-fi ou GSM, caracterizando assim os conceitos da IoT.

Na maioria dos estudos, as tecnologias criadas tiveram o objetivo de atender as demandas de monitoramento cardíaco, como frequência cardíaca e ECG, afim de propor sistemas de baixo custo e de usabilidade diária, fora do ambiente clínico ou hospitalar. Estas características possibilitam que tecnologias similares sejam utilizadas em ambiente de ensino, como em aulas de educação física por exemplo, permitindo monitorar alunos enquanto praticam atividades físicas, tendo como justificativa de seu uso, demonstrar a importância dos exercícios físicos para a saúde e como sua prática influencia nos sinais vitais. Outros benefícios também são apontados, como conhecer os limites físicos de cada aluno, sua frequência cardíaca máxima e a identificação de possíveis doenças. Na maior parte dos trabalhos de desenvolvimento, houveram avaliações com seres humanos, formalizadas pelos comitês de ética e consentidas pelos participantes. Entretanto, em 43% dos trabalhos não houve avaliação, onde não foi possível certificar a eficácia das soluções.

Como trabalho futuro, já que este estudo possibilitou conhecer as tecnologias e carências atuais das temáticas, pretende-se desenvolver uma solução *eHealth* associada a IoT, que faça o monitoramento da frequência cardíaca de alunos no ambiente escolar, com o objetivo de atender um grande grupo de forma simultânea, necessidade identificada e não explorada até o momento.

Referências Bibliográficas

EYSENBACH G. What is e-health? *Journal of Medical Internet Research* 2001;3(2):e20 Disponível em <https://www.jmir.org/2001/2/e20>. Acesso em 15 Mar 2020. DOI: 10.2196/jmir.3.2. e20.

GUILLÉN E., SÁNCHEZ J., RAMÍREZ LÓPEZ L. IoT Protocol Model on Healthcare Monitoring. Em: Torres I., Bustamante J., Sierra D. (eds) **VII Latin American Congress on Biomedical Engineering CLAIB 2016**, Bucaramanga, Santander, Colombia, 2016. IFMBE Proceedings, vol 60. Springer, Singapore.

KITCHENHAM, B. Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering. **EBSE Technical Report**. Durham: University of Durham. 2007.

KITCHENHAM, B. Procedures for performing systematic reviews. *Keele, UK, Keele University*, 33(TR/SE-0401):28, 2004.

MIOTTO, André Luiz; SCOLARO, Geovani Rodrigo. Sistema Computacional Wireless para o Monitoramento da Atividade Cardíaca Durante a Prática Esportiva. In: **Circuito Regional do XXVI Seminário de Iniciação Científica. E, XIII Seminário Integrado de Ensino, Pesquisa e Extensão**, 2020, Joçaba. Anais. Joçaba: Universidade do Oeste de Santa Catarina/Editora Unoesc, 2020.

SBIS. Melhores Periódicos para Publicação em Informática em Saúde. Sociedade Brasileira de Informática em Saúde. Disponível em: <<http://www.sbis.org.br/formacao-pesquisa-is>>. Acesso em 12 Fev 2020.

STEVENS, Bryce et al. The Economic Burden of Heart Conditions in Brazil. *Arq. Bras. Cardiol.*, São Paulo, v. 111, n. 1, p. 29-36, Jul 2018. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0066-782X2018001300029&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 11 Mar 2020.