

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

MARLENE MAIMUNA PAULINO

**PROPOSTA PARA UM MODELO DE MONITORAMENTO, COLETA E ANÁLISE
DE SINAIS VITAIS UTILIZANDO DISPOSITIVOS DE BAIXO CUSTO**

PONTA GROSSA

2025

MARLENE MAIMUNA PAULINO

**PROPOSTA PARA UM MODELO DE MONITORAMENTO, COLETA E ANÁLISE
DE SINAIS VITAIS UTILIZANDO DISPOSITIVOS DE BAIXO CUSTO**

**A Proposal for a Model of Monitoring, Collection, and Analysis of Vital Signs
Using Low-Cost Devices**

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação do Curso de Pós-Graduação em Ciência da Computação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Lourival Aparecido de Gois

PONTA GROSSA

2025



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Ponta Grossa



MARLENE MAIMUNA PAULINO

PROPOSTA PARA UM MODELO DE MONITORAMENTO, COLETA E ANÁLISE DE SINAIS VITAIS UTILIZANDO DISPOSITIVOS DE BAIXO CUSTO

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Ciência Da Computação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Sistemas E Métodos De Computação.

Data de aprovação: 04 de Abril de 2025

Dr. Lourival Aparecido De Gois, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Augusto Foronda, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Rodolfo Miranda De Barros, Doutorado - Universidade Estadual de Londrina (Uel)

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 08/04/2025.

Dedico este trabalho à minha família, pelos
momentos de ausência.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus pelo dom da vida e por todas as bênçãos derramadas ao longo da minha jornada. Este trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), a quem também expresso minha gratidão.

Agradeço profundamente a todos que me apoiaram em minha formação, em todas as suas dimensões. Em especial, ao meu pai, Agostinho Paulino, e aos meus irmãos, Emília Lurdes Agostinho Paulino, Salima Edna Agostinho Paulino e José Manuel Curado, que foram fundamentais para minha trajetória. Suas contribuições, tanto financeiras quanto emocionais, e a confiança inabalável que depositaram em mim foram essenciais para que eu pudesse chegar até aqui.

Ao meu orientador, Lourival Aparecido de Góis, expresso minha profunda gratidão pela paciência, apoio e inúmeros ensinamentos que me guiaram ao longo dessa jornada.

Aos meus professores, que contribuíram de forma significativa para a minha formação, deixo meu sincero agradecimento, a professora Eloiza Aparecida Silva Ávila de Matos e ao professor Hugo Valadares Siqueira pela calorosa recepção e acolhimento. À coordenadora do programa de PPGCC, professora Sheila Moraes de Almeida, sou imensamente grata pelos ensinamentos acadêmicos, pelas lições do cotidiano e pelo apoio incondicional.

Gostaria também de expressar minha gratidão aos meus amigos, que tornaram os meus dias no Brasil mais leves e alegres. Em especial, aos meus amigos Gilberto Daniel Rafael, Emerson dos Santos e às minhas amigas Mayumi Matsuda, Regiane Lima, entre outros, por sua amizade e companheirismo.

Por fim, agradeço a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste sonho.

RESUMO

Os monitoramentos regulares de sinais vitais, das populações, tornaram-se essências na prevenção, detecção e no tratamento de inúmeras doenças, contudo é fundamental que os dados sejam fiáveis, precisos e claros para a obtenção de melhor diagnóstico. Esses sistemas de monitoramento de sinais vitais são aplicados em diversas áreas, desde o monitoramento de saúde em hospitais, pacientes de forma remota, atletas e a população em geral. Entretanto, os equipamentos tradicionais de monitoramento apresentam um alto custo que dificulta significativamente o acesso aos cuidados de saúde de qualidade, principalmente em comunidades com recursos limitados. A presente pesquisa tem como objetivo desenvolver um modelo de monitoramento de sinais vitais de baixo custo onde pretendeu-se responder a questão: Como desenvolver um sistema de alta performance e de baixo custo para monitoramento destes dados? A metodologia utilizada para a pesquisa consistiu na realização da revisão sistemática indicada por (Kitchenham *et al.*, 2009), tendo sido efetuadas buscas de trabalhos relacionados com a finalidade de enriquecer a pesquisa. Este trabalho apresenta uma proposta, que consiste na utilização de componentes de baixo custo para desenvolver um dispositivo para coletar dados referentes a sinais vitais como: temperatura, batimentos cardíacos e oximetria, e parametrizar esses dados com o intuito de identificar anomalias e gerar alertas automáticos, permitindo intervenção médicas, caso for necessário. Com o presente trabalho, pode-se verificar que é factível monitorar sinais vitais em tempo real utilizando dispositivos de baixo custo enviá-los para a nuvem via protocolo MQTT. O sistema foi capaz de gerar alertas sonoros com o buzzer, Isso demonstra viabilidade técnica e funcional da proposta.

Palavras-chave: iot; monitoramento; nuvem; sensores vitais; redes.

ABSTRACT

Regular monitoring of vital signs has become essential in the prevention, arrest and treatment of various diseases, but it is essential that the data is reliable, accurate and clear in order to obtain a better diagnosis. These systems are applied in a variety of areas, from health monitoring in hospitals, remote patients, athletes and the general population. However, traditional monitoring equipment comes at a high cost, which significantly hinders access to quality healthcare, especially in communities with limited resources. This research aims to develop a low-cost vital signs monitoring model to answer the question: How can we develop a high-performance, low-cost system for monitoring this data? The methodology used for the research consisted initially of carrying out the systematic review indicated by (Kitchenham *et al.*, 2009), searching for related works in order to enrich the research. This work presents a proposal, which consists of using low-cost components to develop a device to collect data on vital signs such as temperature, heart rate and oximetry, and to parameterise this data in order to identify anomalies and generate automatic alerts, allowing medical intervention if necessary. The aim of this research is also to develop a mechanism that makes it possible to send this data to the cloud via a network protocol, where it can be visualised and monitored.

Keywords: cloud; iot; monitoring; network; vital sensors.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Medição da saturação de oxigênio no sangue	18
Figura 2 – Aplicações IoT	22
Figura 3 – Comunicação básica do protocolo MQTT	24
Figura 4 – (a) Aplicativo com detalhes do paciente (b) Amostras de medições. . .	45
Figura 5 – Arquitetura baseada no modelo proposto	46
Figura 6 – O sensor de temperatura IR mlx9061	47
Figura 7 – O sensor Max30100	48
Figura 8 – Posição dos sensores no corpo humano	49
Figura 9 – Esp32	50
Figura 10 – Alerta Sonoro (Buzzer)	50
Figura 11 – Jumper	51
Figura 12 – Placa de ensaio para prototipagem	52
Figura 13 – Configuração da rede	53
Figura 14 – Oxímetro Portátil	55
Figura 15 – Estrutura do Projeto	56
Figura 16 – Configuração do wifi e definição o mqtt Serve	57
Figura 17 – IP da máquina	57
Figura 18 – Parametrização de dados	58
Figura 19 – Configuração do Protocolo MQTT	59
Figura 20 – Inicialização do sensor Max30100	59
Figura 21 – Broker Mosquitto	60
Figura 22 – Funcionamento Protocolo MQTT	60
Figura 23 – proxy de redirecionamento	60
Figura 24 – Funcionamento Protocolo MQTT	61
Figura 25 – Permissões para a Porta 1883	61
Figura 26 – Permissões para a Porta 1883	62
Figura 27 – Mensagem enviada pelo publicador	62
Figura 28 – Mensagem recebida pelo subscritor	62
Figura 29 – Informação exibida no Arduino IDE	63
Figura 30 – MQTTEplorer	63

Figura 31 – MQTTExplorer	64
Figura 32 – MQTTExplorer	65
Figura 33 – MQTTExplorer	65
Figura 34 – MosquittoConfig	66
Figura 35 – MyMQTT	67
Figura 36 – MyMQTT	67

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Tabela de Propriedades e Descrições do MQTT	25
Quadro 2 – Bases de dados selecionadas	29
Quadro 3 – Trabalhos Selecionados	31
Quadro 4 – Contexto das Pesquisas Selecionados	35
Quadro 5 – Comparação dos Estudos Semelhantes ao Trabalho Proposto	43
Quadro 6 – Materiais Selecionados	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Frequência Cardíaca Normal para Mulheres em Repouso	19
Tabela 2 – Frequência Cardíaca Normal para Homens em Repouso	20
Tabela 3 – Total de trabalhos encontrados na literatura	29
Tabela 4 – Processo de seleção	30
Tabela 5 – Custos do Modelo Proposto e Equipamento Tradicional	54

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Siglas

BDBTD	Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações
CIP	Centro de Integridade Pública
DW	Deutsche Welle
ECG	Eletrocardiograma
FC	frequência cardíaca
HAR	Reconhecimento de Atividades
IoT	Internet of Things
LED	Light Emitting Diode
ML	Machine Learning
MQTT	Message Queuing Telemetry Transport
RFID	Radio-Frequency Identification
SpO2	Saturação de Oxigênio no Sangue
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol
WSN	Wireless Sensor Network

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	O Problema e sua Importância	13
1.2	Objetivos	14
1.2.1	Objetivos específicos	14
1.3	Justificativa	14
1.4	Estrutura do trabalho	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1	Sinais vitais	17
2.1.1	Oximetria	18
2.1.2	Frequência cardíaca	19
2.1.3	Temperatura Corporal	20
2.2	Internet das Coisas (Iot)	21
2.3	Tecnologias IoT nos cuidados de saúde	22
2.4	Protocolo MQTT	24
2.5	Broker Mosquitto	26
2.5.1	Funcionamento do Broker Mosquitto	26
2.6	Arduíno	27
3	METODOLOGIA DE PESQUISA	28
3.1	Tipo de pesquisa	28
3.1.1	Quanto aos procedimentos	28
3.1.2	Quanto a abordagem	28
3.2	Escolha da Base de Pesquisa	29
3.3	Definição e execução das buscas	29
3.3.1	Estratégia de Filtragem	30
3.3.2	Processo de seleção	30
3.4	Resultados da revisão sistemática	31
3.4.1	Descrição dos trabalhos selecionados	35
3.5	Estado da arte	39
3.5.1	Para o bem-estar dos atletas	39
3.5.2	Para a saúde em geral	40

3.5.3	Quanto a tecnologias Aplicadas	41
3.5.4	Quanto ao armazenamento de dados	42
4	APRESENTAÇÃO DO MODELO E OS MATERIAS E MÉTODOS	46
4.1	Seleção de Componentes	47
4.1.1	Sensor de temperatura	47
4.1.2	Sensor de Oximetria e de Frequência Cardíaca	48
4.1.3	Especificações da Max30100	48
4.1.4	Posição dos sensores	49
4.1.5	Microcontrolador ESP32	49
4.1.6	Alerta Sonoro (Buzzer)	50
4.1.7	Conectores (Jumper)	51
4.1.8	Funcionamento dos jumpers	51
4.1.9	Protoboard	52
4.1.10	Material que compõe o Protoboard	52
4.1.11	A parametrização dos dados	52
4.2	Implementação da Conexão Wi-Fi e Servidor na Nuvem	53
5	RESULTADOS	54
5.0.1	Custo-Benefício do Projeto Proposto	54
5.1	Construção do modelo	56
5.2	Resultados dos Estudos Semelhantes ao Trabalho Proposto	68
5.3	Considerações Finais	70
5.3.1	Em relação aos objetivos específicos:	70
5.4	Proposta Para Trabalhos Futuros	71
	REFERÊNCIAS	72
	APÊNDICE A CÓDIGO-FONTE DO PROTÓTIPO DESENVOLVIDO	81

1 INTRODUÇÃO

Os avanços tecnológicos, têm propiciado progressos notáveis na medicina, trazendo benefícios significativos para o desenvolvimento humano. Nesse contexto, a necessidade de desenvolver um sistema de monitoramento, coleta e análise de sinais vitais para melhorar o acesso aos cuidados de saúde essenciais no mundo, tem motivado diferentes programas de pós-graduação como é o caso do Programa de Pós Graduação em Ciências de Computação (PPGCC) a realizarem pesquisas nesse sentido.

No entanto, a acessibilidade a esses equipamentos muitas vezes esbarra em barreiras financeiras significativas, limitando o acesso aos cuidados de saúde essenciais. Nesse contexto, desenvolveu-se um sistema de baixo custo para o monitoramento de sinais vitais em tempo real, com uso de tecnologias acessíveis, que constituem uma tendência crescente no campo da monitoria de sinais vitais mediante tecnologias acessíveis, como o arduíno, em conjunto com sensores de baixo custo, como destacado nos estudos Aranda, Bez e Carvalho (2017), Buratto (2023), Zin e Adib (2024), Mohammed e Hasan (2023) e Gonsalves e Siscoutto (2020).

O desenvolvimento do sistema possibilitará que populações, de países como Moçambique, tanto as situadas em zonas recônditas como as situadas em zonas urbanas possam ter acesso a tempo real, a cuidados de saúde essenciais com a finalidade de monitoria, coleta e análise de sinais vitais, especificamente, temperatura e batimentos cardíacos e oximetria. A acessibilidade a esses equipamentos permite que populações menos favorecidas possam ter acesso a serviços de saúde essenciais, suprindo-se as barreiras de natureza financeira, impeditivas nesses casos, fruto do uso de tecnologia acessíveis e de baixo custo, no âmbito das finalidades desta pesquisa.

1.1 O Problema e sua Importância

O controle dos sinais vitais é essencial em diversas áreas da saúde, desde o monitoramento de pacientes hospitalizados até o acompanhamento da saúde pessoal. A capacidade de monitorar esses sinais, destaca a importância generalizada dessa prática. No entanto, o alto custo dos equipamentos tradicionais de monitoramento apresenta uma barreira significativa para o acesso aos cuidados de saúde de qualidade, o que compromete diretamente a capacidade dos hospitais atender pacientes de maneira adequada e segura especialmente em zonas recônditas, o que é crucial para a tomada de decisões rápidas e precisas para a detenção de problemas de saúde, o que nos leva a seguinte pergunta de pesquisa,

- Como desenvolver um modelo confiável de baixo custo para monitoramento, coleta e análise de dados referente a temperatura, frequência cardíaca e oximetria?

Para abordar esse desafio, propõe-se a modelagem de um sistema de monitoramento de sinais vitais acessível, preciso, portátil e flexível.

O presente modelo utilizará componentes de baixo custo, como o Arduino, e sensores disponíveis no mercado. Onde, vai ser configurados alertas sonoros com o objetivo de identificar padrões que estiverem fora dos limites normais, Por exemplo: Os parâmetros normais de Saturação de Oxigênio no Sangue (SpO₂) é de 95% a 100%, o sistema vai ser capaz de emitir sinas de alertas sonoros quando, estiver na leve hipoxemia de 90% a 94% e a Hipoxemia moderada e grave: abaixo de 90%, Em seguida os dados serão enviados para a nuvem por meio de protocolo Mqtt e por fim esses dados serão visualizados em dispositivos moveis permitindo assim uma análise precisa e detalhada dos dados coletados, melhorando a eficácia dos cuidados de saúde prestados.

1.2 Objetivos

- Desenvolver um modelo de monitoramento de sinais vitais utilizando dispositivos de baixo custo.

1.2.1 Objetivos específicos

- Projetar o protótipo para coleta e monitoramento de sinais vitais;
- Calibrar os sensores de sinais vitais no protótipo utilizando equipamentos comerciais de referência de baixo custo, garantindo a precisão dos dados coletados;
- Estabelecer a comunicação dos dados coletados via o protocolo MQTT para a transmissão em tempo real;
- Testar a estabilidade da conexão e transmissão de dados para a nuvem.

1.3 Justificativa

Atualmente em vários países do sul global, particularmente em Moçambique, a relação entre o médico e paciente tem sido preocupante. Tal deve-se a exiguidade/insuficiência e até em certos casos inexistência de equipamentos hospitalares.

Nesse contexto, é frequente que para o paciente ter acesso a serviços básicos de saúde que asseguram o monitoramento contínuo ou sistemático de sinais vitais, tenha de percorrer grandes distâncias desde as zonas recônditas para os grandes centros urbanos a fim de terem assistência médica. Outra grande preocupação esta voltada ao tempo de espera para se ter acesso ao monitoramento de sinais vitais nos centros de saúde, nos hospitais distritais ou hospitais provinciais.

Assim sendo, a melhoria do acesso aos serviços de saúde, a redução da distância paciente-médico, a monitoramento de sinais vitais dos atletas de alta competição e amado-

res, bem como dos cidadãos que praticam atividade física ao ar livre, em recintos desportivos, parques e jardins ou, até ginásios é importante e justifica o desenvolvimento de um modelo de monitoramento de sinais vitais com a utilização de componentes de baixo custo.

Sendo uma proposta que tem um potencial de resposta as necessidades no campo da saúde, integrando uma perspectiva tecnológica para a saúde e sobretudo contribuindo para saúde e bem-estar dos cidadãos, que através do sistema podem manter-se informados, comunicarem da melhor forma com os profissionais de saúde e terem assistência nas zonas urbanas e suburbanas, crê-se que se tem neste projeto uma iniciativa atual e relevante.

Academicamente, esta proposta contribui para o campo científico ao explorar novos saberes e que sejam colocados a disposição da comunidade científica, dos pesquisadores e assim, contribuindo para a produção do conhecimento científico. A utilização de hardwares de baixo custo no desenvolvimento do modelo de coleta e monitoramento de sinais vitais, como oximetria, batimentos cardíacos e temperatura, tem como objectivo garantir resultados confiáveis.

1.4 Estrutura do trabalho

O presente trabalho está estruturado em cinco capítulos a destacar a introdução que apresenta em linhas gerais o que vai ser tratado na dissertação; segue-se o referencial teórico que da atenção especial ao que foi produzido no campo em estudo, considerando a revisão bibliográfica feita a partir dum levantamento do tipo estado do conhecimento; Dando seguida para a metodologia onde são abordados os tipos de pesquisa e os procedimentos seguidos. Prossegue-se então, com a apresentação do modelo proposto e aos materiais e métodos. Finalmente aos resultados onde serão apresentados e analisados os resultados da pesquisa, considerando, as considerações finais juntamente com os trabalhos futuros e as respectivas referências bibliográficas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O presente capítulo desenvolve o referencial teórico, apresentando conceitos fundamentais que sustentaram o desenvolvimento da pesquisa, como: o sistema de saúde em Moçambique, para entender e analisar a perspectiva da saúde no contexto moçambicano. Dando seguida para sinais vitais com o intuito de os descrever e identificar os tipos de sensores que serão utilizados na pesquisa, seguindo para internet das coisas (IoT) com o objetivo de compreender como sensores e outros dispositivos podem se comunicar entre si, bem como o Protocolo MQTT e o broker mosquitto para demonstrar como essas conexões são realizadas de forma eficiente.

O contexto de saúde pública em Moçambique como em outros países africanos e não só, tem sido marcado por uma demanda pelo controlo de sinais vitais: batimentos cardíacos, oximetria, temperatura, pressão arterial, entre outros.

A realidade da saúde nesse país é que muitas pessoas não buscam atendimento médico regularmente, elas se dirigem ao hospital apenas quando os sintomas já estão mais graves. Conforme mencionado por Fernandes (2024), doenças como HIV, malária, tuberculose, cólera, pressão arterial, etc. Ainda representam grandes desafios para a saúde pública em Moçambique, com alta incidência e prevalência.

A maior parte dessas doenças começam com febres altas, além de outros sinais vitais que podem ser monitorados, ajudando no diagnóstico precoce, mas também contribuindo para um tratamento mais eficaz, alinhado às necessidades de saúde da população, a necessidade de intervenções imediatas e a capacidade de monitorar sinais vitais de forma eficiente pode ajudar na detecção e tratamento mais rápido permitindo que os indivíduos em geral ou agentes de saúde tomem decisões temporária até conseguir ter um atendimento devido. Porém, no presente estudo constatou-se que a inclusão de sensores de controlo da pressão arterial demandaria tempo e recursos avultados, constituindo uma excelente proposta para futuras pesquisas.

Segundo a CIP (2022):

O sistema nacional de saúde em Moçambique é caracterizado por um nível primário com uma infra-estrutura muito deficiente, pessoal de saúde pouco qualificado e com requisitos básicos indisponíveis como água canalizada, fornecimento de energia confiável, medicamentos, oxigênio, transporte seguro ou diagnóstico e equipamentos... A escassez de material médico-cirurgião não é um fenómeno novo no serviço nacional de saúde. “A situação de carência, particularmente de equipamentos médicos nas unidades sanitárias públicas no país, já dura há mais de dois anos. Portanto, a eclosão e o agravamento da situação de pandemia da COVID-19 vieram a deteriorar o quadro de necessidades de insumos hospitalares no país”, disse um médico entrevistado no dia 28 de Agosto de 2021 no Hospital Provincial da Matola. Esta situação é corroborada por um outro médico entrevistado no dia 13 de Agosto de 2021. O mesmo refere que

“às vezes, chega a faltar um pouco de tudo e há situações de utentes que tiveram de adiar cirurgias por falta de linhas de sutura no Hospital Militar de Maputo e, algumas vezes, pacientes foram suturados sem lhes ter sido aplicada anestesia. Situação semelhante foi reportada no Hospital Central de Maputo, onde pacientes tiveram de comprar cateteres para administração intravenosa. (CIP, 2022).

O site da Deutsche Welle (DW) (emissora internacional da Alemanha) publicou uma reportagem que reforça o conteúdo transmitido pela Centro de Integridade Pública (CIP), onde o mesmo afirma que:

A associação chegou a paralisar as atividades por diversas vezes e, há uma semana, anunciou a prorrogação da suspensão de uma greve que tinha sido convocada em finais de maio, resultado de negociações com o Governo, mas alerta que a situação continua caótica no Sistema Nacional de Saúde. "A situação continua difícil para nós porque trabalhamos sob forma de improviso, são muitos remendos que temos de fazer que é para conseguir prestar o mínimo de atendimento adequado (...) Se um hospital grande como o [Central] da Beira não tem condições, existem tantas outras coisas que não são reportadas, então imagina o que acontece nas unidades sanitárias distritais ou centros de saúde (rurais)? A situação é triste e lamentável", considerou Chuquela, profissional de saúde há quase 12 anos. Lusa (2024)

Portando há diversas evidências que têm sido relatadas sobre essa questão, incluindo relatórios do Centro de Integridade Pública (CIP), que destacam a gravidade da situação. Esses relatórios apontam para a necessidade urgente de melhorias no setor para garantir que a população tenha acesso a cuidados médicos de qualidade.

2.1 Sinais vitais

Os sinais vitais são uma medida objetiva das funções fisiológicas essenciais de um organismo vivo. Eles têm o nome "vitais" porque sua medição e avaliação são o primeiro passo crítico para qualquer avaliação clínica (Sapra; Malik; Bhandari, 2020).

Os sinais vitais como Frequência cardíaca, temperatura oxigenação do sangue, pressão arterial, etc. São essenciais para a detenção e prevenção de inúmeras doenças. Para um sistema de monitoramento de sinais vitais, o custo elevado para zonas ou países com poucos recursos ainda é um desafio e por esse mesmo motivo, pode-se perceber uma grande diversidade de abordagens e aplicações inovadoras como esta descrito na tabela 3, há estudos que demonstram que se pode projetar um sistema usando diferentes tipos de tecnologias de baixo custo.

2.1.1 Oximetria

Segundo o STROJNIK (2013) citado por Monteiro *et al.* (2016):

Oximetria é uma técnica não invasiva usada na monitorização segura, contínua e intermitente da saturação de oxigênio nas Unidades de Terapia Intensiva (UTI) para detecção do início da hipóxia decorrentes de doenças respiratórias.

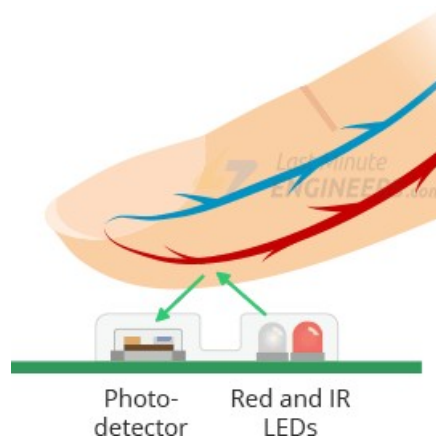
A medição de níveis de oxigênio no sangue é essencial para acompanhar a saúde de pacientes que têm dificuldades respiratórias, para o monitoramento da saúde de pessoas em estado crítico, para atletas ou até mesmo para pessoas que queiram monitorar os seus sinais vitais no cotidiano. Hoje em dia a oximetria é realizada com um dispositivo chamado oxímetro de pulso que geralmente a sua medição é feita a partir do dedo. Sendo assim uma técnica de mediação não invasiva.

Para o Sukor *et al.* (2014):

A saturação de oxigênio (SpO₂) é a estimativa da quantidade de oxigênio presente no sangue arterial, calculada como a razão entre a hemoglobina oxigenada (HbO₂) e a soma da hemoglobina oxigenada e da hemoglobina desoxigenada (Hb).

A oximetria utiliza a espectroscopia para avaliar a quantidade de oxigênio transportado pela hemoglobina no sangue. Esta técnica utiliza a transmissão de luz através dos tecidos para determinar a saturação de oxigênio. A luz emitida por um Light Emitting Diode (LED) (diodo emissor de luz) é transmitida através do tecido, e um foto detector do outro lado capta a luz transmitida (Buratto, 2023).

Figura 1 – Medição da saturação de oxigênio no sangue



Fonte: Adaptado de Engineers (2022).

Sua medição é realizada por meios óticos em regiões que apresentam camadas compactas de tecido, como por exemplo o dedo, através da alteração das propriedades óticas (comprimento de onda) ao se transmitir e capturar um sinal ótico através do sangue e demais tecido (Bronzino, 2000).

A oximetria de pulso utiliza dois comprimentos de onda diferentes de luz: uma no espectro de luz vermelha (cerca de 660 nm) e outra no espectro de luz infravermelha (cerca de 940 nm). A hemoglobina oxigenada absorve mais luz no espectro infravermelho, enquanto a hemoglobina desoxigenada absorve mais luz no espectro vermelho. Ao medir a absorção em ambos os comprimentos de onda, o oxímetro calcula a proporção entre a hemoglobina oxigenada e a hemoglobina total, fornecendo uma estimativa da saturação de oxigênio no sangue (Nitzan *et al.*, 2000).

2.1.2 Frequência cardíaca

A frequência cardíaca (FC) é definida como o número de batimentos do coração por minuto (bpm), sendo que os valores usuais se encontram na faixa de 40 a 200 bpm (Kamath; Watanabe; Upton, 2016).

A FC é normalmente dividida em dois modos de operação, isto é, duas faixas de valores de FC que são consideradas normais dependendo do estado em que o corpo humano se encontra. A primeira faixa é conhecida como "pulsção em repouso". Esta é a FC quando o corpo não está sob esforço físico por certo tempo. Neste estado a frequência cardíaca é normalmente na faixa de 60 a 100 bpm. O outro estado de operação é quando o corpo está sob esforço físico. Neste caso, a faixa considerada normal é de 60 bpm até a FC máxima possível (HRmax), onde (HRmax) depende da idade, sexo e condicionamento físico da pessoa (Borges, 2015).

Batimentos cardíacos refere-se ao movimento repetitivo de contração e relaxamento do coração, que bombeia sangue para todo o corpo. Cada batimento cardíaco é desencadeado por um impulso elétrico que percorre o coração, causando a contração dos músculos cardíacos (Zheng *et al.*, 2020).

As tabelas 1 e 2 apresentam variações da frequência cardíaca normal de um indivíduo em repouso, tanto para o gênero masculino quanto para o feminino.

Tabela 1 – Frequência Cardíaca Normal para Mulheres em Repouso

Idade	18–25	26–35	36–45	46–55	56–65	+65
Excelente	61–65	60–64	60–64	61–65	60–64	60–64
Boa	66–69	65–68	65–69	66–69	65–68	65–68
Normal	74–78	73–76	74–78	74–77	74–77	73–76
Menos boa	79–84	77–82	79–84	78–83	78–83	77–84
Ruim	+85	+83	+85	+84	+84	+84

Fonte: Adaptado de Medprev (2022).

A tabela 1, classifica os níveis de frequência cardíaca em repouso (em batimentos por minuto -bpm) de mulheres, organizada por faixa de excelente, Boa, Normal, menos boa e ruim, e a idade.

A frequência cardíaca nas mulheres mais jovens são menores em comparação as mulheres mais velhas. Normalmente as frequências mais baixas refletem melhor condicionamento físico.

Tabela 2 – Frequência Cardíaca Normal para Homens em Repouso

Idade	18–25	26–35	36–45	46–55	56–65	+65
Excelente	56–61	55–61	57–62	58–63	57–61	56–61
Boa	62–65	62–65	63–66	64–67	62–67	62–65
Normal	70–73	71–74	71–75	72–76	72–75	70–73
Menos boa	74–81	75–81	76–82	77–83	76–81	74–79
Ruim	+82	+82	+83	+84	+82	+80

Fonte: Adaptado de Medprev (2022).

Quanto ao gêneros masculinos como indica a tabela 2, eles tem uma frequência cardíaca em repouso, mais baixas que as mulheres, por alguns fatores como: diferença hormonal, tamanho do coração etc.

A prática de exercícios regulares é a principal alternativa para fortalecer a capacidade muscular, permitindo que o coração consiga bombear mais sangue com menos esforço (Medprev, 2022).

Um dos fatores que largamente influencia a variabilidade da frequência cardíaca em repouso é a faixa etária do individuo e o condicionamento físico. Outros fatores decorrentes do envelhecimento que largamente influenciam na variabilidade da frequência cardíaca são as alterações na modulação do sistema nervoso autônomo e cardiovascular sobre o coração, tais como: mudanças estruturas e funcionais, como a sensibilidade dos tecidos, o sistema de condução cardíaca (Marães, 2010).

Observar esses valores é essencial para entender o funcionamento do coração e identificar possíveis problemas de saúde de forma antecipada.

2.1.3 Temperatura Corporal

A temperatura normal do corpo varia entre 36,1°C e 37,2°C, com oscilações ao longo do dia que normalmente não ultrapassam os 0,6°C. A temperatura corporal é mais baixa pela manhã, depois aumenta durante o dia e atinge o valor máximo no início da noite. A média da temperatura corporal deve ficar em torno dos 36,5°C (Sales, 2023).

Para monitorar a temperatura é necessário a utilização de um elemento que transforme variações de temperatura em variações de tensão, de forma que tais informações possam ser repassadas a um circuito de leitura. Existem componentes que sofrem alterações em suas pro-

priedades em função da temperatura a que ficam expostas, este elemento é o sensor de temperatura (Melo, 2009).

Os sensores vitais desempenham um papel fundamental na transformação dos sinais biológicos em informações digitais para observação e análise. Os estudos selecionados destacam a importância desses sensores na obtenção de dados precisos e confiáveis, ressaltando sua complexidade tecnológica, baixo custo e melhoria contínua da usabilidade para profissionais de saúde e pacientes.

Exemplo destacado: um sensor capaz de medir com alta precisão a concentração de oxigênio no sangue e a frequência cardíaca, mesmo em condições desafiadoras como baixa perfusão ou movimento do paciente (Buratto, 2023).

Uma abordagem inovadora discutida na revisão é a integração do monitor de sinais vitais diretamente no colchão. Essa implementação permite a coleta contínua e discreta de dados, uma vez que o sensor entra em contato com o corpo do paciente quando este se deita na cama, eliminando a necessidade de dispositivos adicionais e aumentando o conforto do paciente (Shu *et al.*, 2017a).

O entendimento das características dos sensores de oximetria, Frequência cardíaca e temperatura são muito importantes para a elaboração do sistema de monitoramento de sinais, é parte crucial para a escolha dos melhores sensores para o melhor acoplamento dos sensores no Arduíno poder assim, ter um sistema eficaz e eficiente.

2.2 Internet das Coisas (Iot)

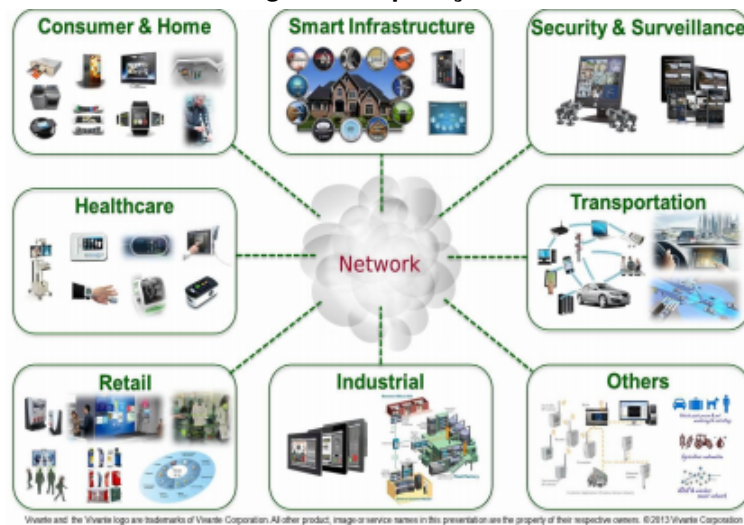
O conceito das internet das coisas (IoT) é vasto, contudo, ele se descreve basicamente como uma conexão de objectos físicos a internet, permitindo assim que eles possam se comunicar e partilhem dados entre si.

Internet das Coisas (Internet of Things – IoT) pode ser entendida como a rede ubíqua e global que ajuda e provê a funcionalidade de integrar o mundo físico. Isso se dá por meio da coleta, do processamento e da análise de dados gerados pelos sensores da IoT, que estarão presentes em todas as coisas e se integrarão por meio da rede pública de comunicação. (Albertin; Albertin, 2017)

Um dispositivo conectado a IoT, equipado com sensores, consegue detectar o ambiente ao seu redor, compreender o que está a acontecer e tomar decisões de forma inteligente e autônoma. Além disso, ele pode se comunicar com humanos por meio de alertas, como mensagens ou telefonemas, com a finalidade de auxiliar na tomada de melhores decisões.

O desenvolvimento da IoT está cada vez mais adaptado às necessidades da humanidade. Combina veículos, cuidados de saúde, bens de consumo, retalho, logística, fabrico, agricultura, serviços públicos, electrodomésticos, etc (Caramés; Lamas, 2018).

Figura 2 – Aplicações IoT



Fonte: Okello *et al.* (2017).

Como mostrado na figura 2, com o desenvolvimento da tecnologia, a internet das coisas se tornou indispensável tendo diversas aplicações no cotidiano, nomeadamente: em indústrias, saúde, segurança, infraestruturas, transportes, casas, basicamente em todas as áreas.

O surgimento da Internet das Coisas possibilitou uma série de avanços tecnológicos na saúde. Por meio de dispositivos conectados remotamente é possível reunir automaticamente uma série de informações sobre o estado da saúde do paciente, que ajudam no trabalho de diagnóstico e posterior tratamento ou prevenção (Magrani, 2018).

2.3 Tecnologias IoT nos cuidados de saúde

Os sensores são um componente essencial dos dispositivos IoT. Podem medir e transmitir dados de várias fontes, como a temperatura, batimentos cardíacos, a tensão arterial, o ritmo cardíaco, os níveis de glicose e muito mais. Estes sensores podem ser integrados em dispositivos portáteis, equipamento médico e até no interior do corpo humano (Li *et al.*, 2024).

A implementação da Internet das Coisas (IoT) em sistemas de monitoramento de sinais vitais é crucial para garantir uma coleta de dados eficiente e em tempo real. Esses sistemas permitem não apenas o monitoramento contínuo dos pacientes, mas também a análise remota dos dados coletados, facilitando diagnósticos precisos e intervenções médicas, destacando, nomeadamente:

Implementação do CUIDATS: Desenvolveram e testaram o sistema de monitorização híbrido CUIDATS, baseado em IoT (Internet das Coisas). O sistema utiliza redes de sensores sem fio Wireless Sensor Network (WSN) e Radio-Frequency Identification (RFID) para monitorar e coletar dados. Essa abordagem híbrida permite uma ampla cobertura e precisão na coleta de informações sobre os pacientes (Adame *et al.*, 2018).

Transmissão de Dados para a Nuvem: Os dispositivos IoT geram um grande volume de dados, que são transmitidos para a nuvem por meio de um nó de nevoeiro intermediário. Esses dados são armazenados na nuvem para análise contínua. Essa abordagem permite o processamento e armazenamento eficiente de grandes quantidades de informações de sinais vitais (Kumari *et al.*, 2018).

As plataformas em nuvem também são muito importantes para a Internet das Coisas. Um sistema integrado precisa de um “lugar” para armazenar as suas informações e integrar todos os processos (Pontotel, 2024).

Computação em Névoa, surge como uma solução essencial para lidar com o imenso volume de dados gerados diariamente pela IoT. Ao processar e armazenar dados mais próximos de sua fonte de origem, a *Fog-Computing* otimiza a análise e o gerenciamento desses dados, permitindo uma resposta mais rápida e eficiente às necessidades de monitoramento e diagnóstico médico.

Cloud Computing ou Computação em Nuvem, é o resultado da evolução e adoção de tecnologias e paradigmas computacionais consolidados (Zhou *et al.*, 2010). A principal tecnologia que permite a em nuvem é a virtualização, que separa um dispositivo físico de computação em um ou mais dispositivos virtuais, fazendo com que cada dispositivo possa ser facilmente utilizado gerenciado para executar tarefas (Schenfeld, 2017).

A arquitetura do *fog computing* cria uma plataforma virtual que fornece serviços de processamento e de armazenamento entre a nuvem (*cloud*) e os dispositivos (Schenfeld, 2017).

A internet das coisas (IoT) funciona como uma fonte de dados para que o “*Machine Learning*” aconteça. Ao fornecer informações, o dispositivo aprende e é capaz de ler a rotina daquela atividade, prevendo melhorias e até evitando erros (Pontotel, 2024).

O Machine Learning (ML) é considerado um subconjunto da Inteligência Artificial (IA) que tem como principal objetivo criar modelos matemáticos que se ajustem aos dados, sendo capaz de aprender com esses dados e melhorar suas análises através do uso de algoritmos ao longo do tempo. Assim, a máquina pode receber uma entrada e prever uma saída com cada vez mais precisão, tornando-se apta a tomar decisões autônomas, sem a necessidade de ser explicitamente programado (Cifuentes *et al.*, 2020; Helm *et al.*, 2020).

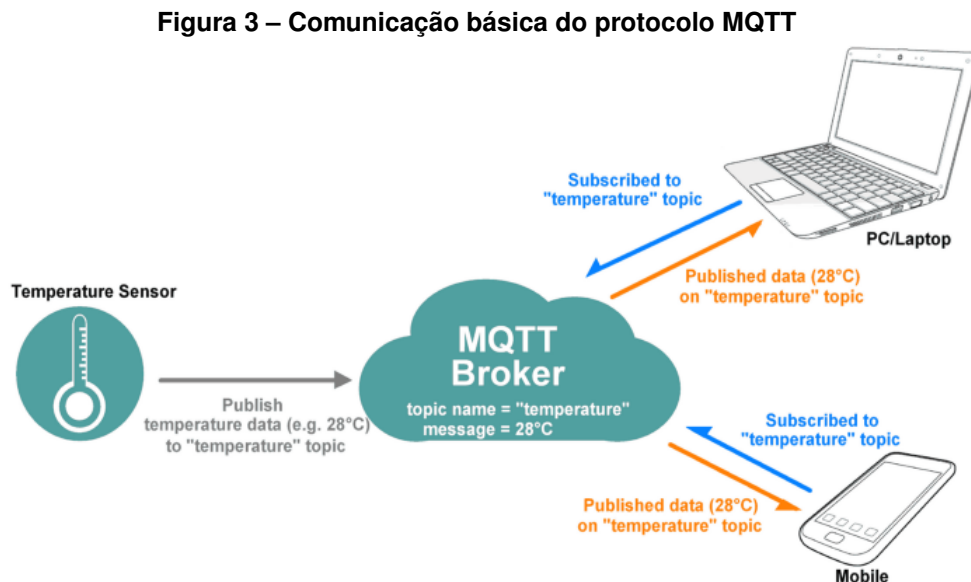
As redes IoT, produzem uma enorme quantidade de dados que é necessária para que as abordagens de *Machine learning* necessita para trazer inteligência aos sistemas. Além disso, os dados gerados pela IoT são mais bem utilizados com as técnicas de *Machine learning* que permitem aos sistemas IoT tomem decisões informadas e inteligentes. O *Machine learning* é largamente utilizados para a segurança, a privacidade, a detecção de ataques e a análise de *malware*. As técnicas de *Deep learning* também podem ser utilizadas em dispositivos IoT para efetuar tarefas complexas de detecção e reconhecimento para permitir a realização de novas aplicações e serviços, tendo em conta interações em tempo real entre humanos, dispositivos inteligentes e o ambiente físico (Hussain; Zafar; Baig, 2021).

2.4 Protocolo MQTT

O MQTT (Message Queue Telemetry Transport) foi originalmente desenvolvido pela IBM no final dos anos 1990. Sua aplicação original era conectar sensores em oleodutos com satélites. O MQTT é um protocolo de mensagens que suporta comunicação assíncrona entre as partes (Shu *et al.*, 2017a).

O protocolo MQTT é um protocolo de transmissão de mensagens projetado para uma implementação fácil, principalmente do lado do cliente. É um protocolo de comunicação aberto e leve, com um mínimo de sobrecarga de pacotes. É geralmente utilizado para a comunicação entre dois ou mais dispositivos (Parikh, 2022).

O protocolo MQTT define dois tipos de entidades na rede: um broker de mensagens e vários clientes. O broker é um servidor que recebe todas as mensagens dos clientes e então, as encaminha para os destinatários. Um cliente pode ser um sensor de IoT, um aplicativo em um data center que processa dados de IoT, entre outros (Shu *et al.*, 2017a). O protocolo é baseado em um paradigma que permite a transmissão de mensagens para agrupamentos específicos de clientes de forma intermitente. Esse paradigma, conhecido como *Publish-Subscriber* ou Publicador-Assinante, permite que clientes interessados passem a assinar tópicos de seu interesse em um servidor centralizado chamado Broker MQTT. (Quincozes; Emilio; Kazienko, 2019). As mensagens devem seguir uma estrutura de tópicos, que o broker MQTT utiliza para identificar e direcionar as informações aos assinantes correspondentes como mostra a figura 3 abaixo:



Fonte: Castro (2022).

Pode haver vários publicadores e subscritores ligados a um único broker, conforme a figura 3, o sensor de temperatura envia o valor da temperatura atual de 28°C através do protocolo de comunicação MQTT, que é depois recebido pelo o broker MQTT, que o encaminha para o

subscritor, que pode ser acessada por meio de uma aplicação móvel executada em dispositivos como smartphones, computadores, etc.

O protocolo MQTT conecta as redes e os dispositivos com middleware e aplicativos. Essa conexão usa padrões de comunicação máquina-para-servidor (M2S), servidor-para-servidor (S2S), máquina-para-máquina padrões de comunicação e mecanismo de roteamento (um para muitos, um para um, muitos para muitos)(Yassein *et al.*, 2017).

Quadro 1 – Tabela de Propriedades e Descrições do MQTT

Propriedade	Descrição
Protocolo de Transporte	TCP/IP (padrão)
Modelo de Mensagens	Publish/Subscribe, Request/Response
Tipos de Comunicação	M2S (Máquina para Servidor), S2S (Servidor para Servidor), M2M (Máquina para Máquina)
Mecanismos de Roteamento	1:1, 1:N, N:N
Serviço (QoS)	QoS 0, QoS 1, QoS 2
Segurança	TLS/SSL

Fonte: Adaptada de Yassein *et al.* (2017).

Consoante o quadro 1 descrito acima, o protocolo MQTT opera no protocolo Transmission Control Protocol/Internet Protocol (TCP/IP) para garantir que os dados sejam transferidos de maneira precisa e ordenada, o modelo de mensagem usado é *publish/subscribe* (publicar/assinhar) onde, esse sistema de comunicação tem como vantagem o fato de que o remetente de dados (editor) e o receptor de dados (cliente) não se conhecerem, pois há um intermediário entre ambos (Atmoko; Riantini; Hasin, 2017). O mecanismo de roteamento flexível, como a conexão do tipo um para um (1:1), um para muitos (1:N) e muitos para muitos (N:N), suporta diferentes tipos de comunicação, como Máquina a Máquina (M2M), Máquina a Servidor (M2S) e Servidor a Servidor (S2S).

O MQTT ele oferece três tipos de níveis de Qualidade de Serviço (QoS), onde, cada um deles oferecem diferente tipo de funcionamento, com variações na forma como as mensagens são entregues e validadas:

- QoS 0 – No máximo uma vez;
- QoS 1 – Pelo menos uma vez;
- QoS 2 – Exatamente uma vez.

O QoS 0: Entrega “no máximo uma vez”. Não há confirmação, e as mensagens podem ser perdidas. enquanto o QoS 1: Entrega “pelo menos uma vez”. As mensagens são confirmadas e reenviadas se necessário e por ultimo o QoS 2: Entrega “exatamente uma vez”. Mensagens são confirmadas e reenviadas até que sejam recebidas exatamente uma vez (MQTT... , 2015).

Para a segurança da camada de transporte (TLS), Secure Sockets Layer (SSL) é um protocolo de segurança que fornece segurança nas comunicações por meio da rede de computadores que é usada em diferentes aplicativos, como e-mail, navegação na Web, fax na Internet, etc., (Upadhyay; Borole; Dileepan, 2016).

2.5 Broker Mosquitto

Eclipse Mosquitto é um broker de mensagens de código aberto baseado no protocolo MQTT. O Mosquitto é leve e adequado para uso em todos os dispositivos, desde computadores de placa única de baixa potência até servidores completos (Foundation, 2025).

2.5.1 Funcionamento do Broker Mosquitto

A principal responsabilidade do Eclipse Mosquitto é fornecer um canal de comunicação entre os publicadores/remetentes e os assinantes/receptores. Qualquer publicador, usando o cliente Eclipse MQTT, pode publicar as mensagens para um broker MQTT. Estes clientes MQTT devem especificar o tópico em que pretendem publicar a mensagem. Estes tópicos são configurados no broker MQTT. Qualquer assinante ou receptor que queira receber a mensagem subscreve esse tópico em particular. É a responsabilidade do broker entregar todas as mensagens que chegam num tópico a todos os clientes interessados. Como os diferentes clientes (tanto publicadores quanto assinantes) só precisam de conhecer os pormenores do broker/tópico (Solanki; Dhall, 2017).

O broker mosquitto permite que vários publicadores e assinantes troquem mensagens em simultâneo de forma eficiente e precisa, o que justifica a sua flexibilidade e a capacidade de gerenciamento. Essa particularidade faz com que seja uma escolha perfeita para aplicação como a internet das coisas (IoT), onde esses dispositivos precisam de estar em constante comunicação.

O Mosquitto gerencia os soquetes TCP dos clientes conectados e mantém uma lista de assinaturas dos assinantes conectados juntamente com o tópico pelo qual cada assinante está esperando. Em seguida, o broker compara o tópico de cada mensagem na fila de mensagens com o tópico da lista de assinaturas e, se os dois tópicos forem iguais, ele encaminha a mensagem para a fila destinada a esses assinantes, garantindo que todos os interessados a recebam (Hwang *et al.*, 2019).

Portanto, vale ressaltar que o MQTT é um protocolo simples e leve, projetada especialmente para aplicações em IoT. Ele permite que dispositivos com pouca capacidade possam trocar informações de forma otimizada.

2.6 Arduíno

O Arduíno tem se mostrado uma plataforma versátil e eficaz para a criação de soluções de monitoramento médico, como estudos a baixos indicados.

Dispositivo de Teste Respiratório Não Invasivo: Desenvolvido a partir de uma placa Arduíno, este dispositivo utiliza um teste respiratório não invasivo para monitorar a condição dos pacientes, substituindo os tradicionais testes de sangue e urina. Além disso, permite o acompanhamento remoto das leituras obtidas pelos sensores através da nuvem (Rahman *et al.*, 2020).

Shield e-Health para Monitoramento Biométrico e Médico: Utilizado em conjunto com placas de prototipagem como Arduíno, possibilita a execução de aplicações biométricas e médicas. O *shield* permite o monitoramento em tempo real de até 9 diferentes sinais vitais, como oxigenação sanguínea, respiração, temperatura corporal, Eletrocardiograma (ECG), entre outros, fornecendo dados para análise e diagnóstico médico (Aranda, 2016).

Sistema de Monitoramento de Sinais Vitais em Clínicas de Saúde: Segundo Silva *et al.* (2021), Este sistema utiliza uma abordagem micro-controlada como Arduíno para construir uma box de sensores sem fio. Os sensores capturam sinais vitais como batimento cardíaco, oxigenação do sangue, respiração e pressão cardíaca, sendo enviados para um computador por meio de dispositivos Bluetooth HC-06. Projetado para ser utilizado em clínicas de fisioterapia ou tratamentos com psicólogos.

Para o Aranda, Bez e Carvalho (2017) A solução escolhida para enviar os dados para a nuvem foi o Shield Wifi-fi ESP8266, pois este é facilmente encontrado e adquirido. E um aplicativo em Android foi desenvolvido para permitir a visualização prática das informações porque do ponto de vista do autor, é mais prático transportar um dispositivo móvel como (*tablet* e *Smartphone*) do que um computador que nem sempre está perto dos ambientes de prática de esporte. E para questões de privacidade dos atletas os nomes não serão exibidos no aplicativo.

O Vasconcelos (2018), ele também fez o uso da aplicação de um dispositivo móvel por ser mais prático, A pesquisa dele consistiu na simulação de um ambiente em que os sensores Internet of Things (IoT) voltados para a cuidados de saúde em que o modulo (SM-ventos) enviam alertas para os cuidadores (entendidos de forma genérica como sendo qualquer indivíduos responsável pela prestação de socorro) usando o Arduíno.

Arduíno oferece uma série de vantagens em relação a outros dispositivos devido ao seu ambiente de programação simples, preços baixos e uma infinidade de placas de expansão (Oliveira, 2019)

Vale ressaltar também que o Arduíno tem plataforma versátil e eficaz para a criação de soluções de monitoramento em geral.

3 METODOLOGIA DE PESQUISA

Para o presente trabalho foi realizado uma revisão sistemática de literatura que de acordo com Kitchenham *et al.* (2009), é uma prática possível para todo pesquisador que pretende encontrar o estado da arte a respeito de um determinado assunto, a pesquisa foi realizada no período de 2015 a 2024 com o objetivo de abranger a pesquisa no sentido de saber o que se fez nos últimos anos acerca do tema, partindo de uma questão de pesquisa como ponto de partida para a condução desta análise. A definição de palavras-chave foi essencial para otimizar a busca nomeadamente: lot, sensores vitais (pressão, oximetria, temperatura), Monitoramento, Rede, Nuvem, internet das coisas (iot). A partir desses parâmetros, foram cuidadosamente identificados os trabalhos relevantes, os quais foram submetidos a um processo rigoroso de filtragem. Como resultado desse processo, destacaram-se 32 trabalhos, selecionados por sua pertinência e capacidade de contribuir significativamente para o escopo e os objetivos delineados deste estudo.

3.1 Tipo de pesquisa

A presente pesquisa se baseou nos 2 tipos de pesquisa, considerando tanto os procedimentos quanto a abordagem metodológicas.

3.1.1 Quanto aos procedimentos

Quanto aos procedimentos é a pesquisa experimental que consiste em determinar um objeto de estudo, selecionar as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, definir as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto (Gil, 2008).

Para fazer o experimento dessa pesquisa, serão necessário testar o seu funcionamento em pessoas com objetivo de coletar sinais vitais nesse caso, (temperatura, batimentos cardíacos e oximetria) para poder assim, monitorar de forma eficaz e precisa.

3.1.2 Quanto a abordagem

Quanto a abordagem é a pesquisa quantitativa, pois busca analisar a eficiência do modelo desenvolvido com base na interpretação dos resultados obtidos. Segundo o (Calil; Arruda, 2004) a pesquisa qualitativa se propõe a investigar dados descritivos de uma situação ou fenômeno, envolvendo o contato direto do pesquisador com a situação estudada.

3.2 Escolha da Base de Pesquisa

Para determinar a seleção das bases de dados mais apropriadas, foi conduzida uma análise abrangente de cinco repositórios. Utilizando critérios específicos de busca, incluindo palavras-chaves, como detalhado no quadro 2.

Quadro 2 – Bases de dados selecionadas

Repositório	Endereço Eletrônico	Configurações de Busca
Science Direct	https://www.sciencedirect.com/	“Title and Keywords”
Ieee Xplore	https://ieeexplore.ieee.org	“Abstract, Title and keywords”
Scopus	https://www.scopus.com/	“Keywords”
Acm Digital Library	https://dl.acm.org/	“keywors”
BDBTD	https://bdtb.ibict.br/vufind/	“Keywords”

Fonte: Autoria própria (2025).

Como pode-se verificar no quadro 2, foram visitados os seguintes repositórios: Science Direct, Ieee Xplore, Scopus, acm Digital Library e Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDBTD). Através deles foi possível efetuar o levantamento dos trabalhos que abordam sobre a matéria em análise.

3.3 Definição e execução das buscas

A definição e execução das buscas foram predominantemente realizadas em inglês, devido à alta demanda de trabalhos nesse idioma na área acadêmica. No entanto vale ressaltar que a pesquisa também foi conduzida em português, com o objetivo de abranger uma gama mais ampla das fontes e garantir uma análise abrangente. Para alcançar resultados mais precisos e abrangentes, foram empregues operadores booleanos como “AND” e “OR”, além do uso de aspas para pesquisas exatas e o hífen para exclusão de termos específicos. Essas práticas foram adotadas com o intuito de ampliar o escopo das pesquisas e garantir a obtenção de informações relevantes para o estudo em questão.

Tabela 3 – Total de trabalhos encontrados na literatura

Repositório	Science Direct	IEEE Xplore	ACM Digital Library	BDBTD	Scopus
Total	20	103	110	15	210

Fonte: Autoria própria (2025).

Conforme a observação da tabela 3, é evidente que uma ampla gama de variedade de informação foi identificada, o que certamente será fundamental para o desenvolvimento da

pesquisa. No entanto, para uma aplicação mais eficaz, desses recursos, é necessário um processo de filtragem criterioso, esse processo garantirá que apenas as fontes mais relevantes e pertinentes sejam utilizadas, proporcionando uma base sólida para a pesquisa.

3.3.1 Estratégia de Filtragem

A estratégia de filtragem foi planejada com base em dois (2) critérios fundamentais, nomeadamente: critério de inclusão e exclusão.

Durante o processo de inclusão, cada trabalho foi submetido a uma análise detalhada, realizada manualmente. Cada trabalho foi minuciosamente revisado e avaliado individualmente, garantindo uma revisão rigorosa e precisa.

Quanto ao critério de exclusão, procedeu-se a eliminação de trabalhos duplicados, identificados através de pesquisa realizadas em diversas fontes. Além disso, os trabalhos foram excluídos se não atendiam aos critérios estabelecidos durante a configuração de busca, que incluiu análise de título, palavra-chave, resumo. Dessa forma, buscou-se manter a consistência e relevância do conjunto de estudo selecionados, assegurando que apenas os mais pertinentes e alinhados com os objetivos da revisão fossem considerados.

3.3.2 Processo de seleção

Uma etapa importante ao longo da elaboração do trabalho consistiu na seleção dos estudos a serem incluídos com base em critérios específicos, previamente definidos, consoante a tabela 4.

Tabela 4 – Processo de seleção

Repositório	Science Direct	IEEE Xplore	ACM Digital Library	BDBTD	Scopus
Total	1	10	4	2	15

Fonte: Autoria própria (2025).

Ao combinar as 3 etapas; Triagem inicial, secundária, e avaliação da qualidade, a estratégia de filtragem adotada permitiu uma seleção criteriosa e cuidadosa dos estudos a serem incluídos na revisão sistemática, garantido assim a consistência e relevância do conjunto dos estudos relacionados.

Após uma análise minuciosa realizada em diversos repositórios, incluindo Science Direct, IEEE Xplore, ACM Digital Library e BDBTD, um total de 32 trabalhos foram selecionados. Esses trabalhos foram escolhidos com base na configuração de busca previamente definida, garantindo que apenas os mais relevantes e alinhados com os objetivos da revisão fossem incluídos no estudo.

3.4 Resultados da revisão sistemática

Após a escolha dos repositórios e a aplicação das estratégias de filtragem, foram identificados trabalhos importantes para a pesquisa. A partir dessa seleção, destacou-se a implementação de diferentes tecnologias em cada trabalho. Para proporcionar uma compreensão mais clara e detalhada, foi fornecida uma descrição dos trabalhos selecionados. Essa descrição permitiu uma análise mais detalhada das abordagens adotadas, auxiliando na compreensão das contribuições individuais de cada pesquisa para o campo em questão. Além disso, estudos comparativos, que facilita a compreensão das diferenças e semelhanças entre as abordagens utilizadas em cada estudo, como descrito no quadro 3.

Quadro 3 – Trabalhos Selecionados

Ano	Autor(es)	Título	Periódico/instituição	Tipo de produção
2015	Aranda, S.A.J.; Bez, R.M.; Carvalho, V.J.	Desenvolvimento e validação de um protótipo para a coleta de sinais vitais	Universidade Feevale	Protótipo
2015	Rottini, J.	Modelagem e desenvolvimento de um sistema de monitoramento remoto de sinais vitais humanos	Universidade Federal de Santa Maria	Monografia
2016	Aranda, J.	Internet das coisas: um protótipo usando a plataforma de prototipagem Arduino e a placa e-health para coleta de sinais vitais	Universidade Feevale	Dissertação
2016	Moribe, S.	Desenvolvimento de um sistema de monitoramento de sinais de ECG e temperatura utilizando dispositivos móveis	Universidade Tecnológica Federal do Paraná	Dissertação
2017	Shu, M.; Tang, M.; Yang, M.; Wei, N.	O sistema de monitorização em tempo real dos sinais vitais baseado na internet das coisas	Centro Nacional de Supercomputação em Jinan	Conferência Internacional sobre Ciência da Informação e Engenharia de Controle
2017	Hamidi, H.; Fazeli, K.	Utilização da internet das coisas e da tecnologia de biossensores para aplicações no domínio da saúde	K.N. Toosi University of Technology, Tehran	Artigo
2018	Vasconcelos, S.R.	Um sistema de alertas na nuvem aplicado em soluções IoT voltadas a saúde	Universidade de Fortaleza (UNIFOR)	Dissertação

Ano	Autor(es)	Título	Periódico/instituição	Tipo de produção
2018	Kumari, A.; Tanwar, S.; Tyagi, S.; Ku- mar, N.	Computação em nevoeiro para um ambiente de cuidados de saúde 4.0: oportunidades e desafios	Universidade de Nirma	Artigo
2019	Concone, F.; Giuseppe, L.R.; Morana, M.	Uma aplicação baseada em nevoeiro para o reconhecimento da atividade humana	Universidade de Palermo	Artigo
2019	Victor, P.P.L.	Sistema de monitoramento remoto de sinais vitais para pacientes sob supervisão médica	Universidade Tecnológica Federal do Paraná	Dissertação
2019	Hamin, M.; Paul, S.; Hoque, S.; Rahman, N.; lfat-Al-Baqee	Sistema de monitorização remota da saúde baseado na IoT para pacientes e pessoas idosas	Universidade Internacional Americana (Bangladesh)	Artigo
2020	Gonsalves, S.A.; Siscoutto, A.R.	Solução de baixo custo para o monitoramento de sinais vitais, em tempo real, fazendo uso de sensores e Arduino	Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE	Artigo
2020	Sameh, R.; Genedy, M.; Ab- deldayem, A.; Abdel Azeem, M.H.	Projeto e implementação de um sensor baseado em SpO ₂ para monitoramento cardíaco usando aplicativo Android	Faculdade de Engenharia e Tecnologia – Egito	Artigo
2020	Moura, B.M.; Junior, Q.S.I.; Anderson, M.; Duarte, B.; Paiva, A.M.T.; Moura, J.M.	Protótipo de um dinamômetro de baixo custo para medição de força muscular utilizando Arduino	Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA)	Protótipo
2020	Ahsanuzzaman, S.M.; Ahmed, T.; Rahman, M.A.	Monitoramento e alarme de ECG portátil e de baixo custo baseado em aprendizado profundo	Universidade de Engenharia de Chittagong e Tecnologia	Artigo
2020	Aires, B.P.	Utilização de sensores inerciais para a análise tridimensional durante a execução de agachamento com e sem barra: análise biomecânica e de comportamento motor	Escola Superior de Desporto de Rio Maior	Dissertação
2020	Martins, G.S.; Fernandes, J.C.L.; Puglia, V.M.; Sanchez, R.B.	Internet das Coisas (IoT): monitoramento remoto de sinais biomédicos	Centro Universitário ENIAC	Artigo

Ano	Autor(es)	Título	Periódico/instituição	Tipo de produção
2021	Hussain, A.; Zafar, K.; Baig, R.A.	IoT centrado em nevoeiro para monitorização, gestão e alerta precoce em saúde	Universidade de Engenharia Informática e Elétrica	Artigo
2021	Farrokhi, A.; Farahbakhsh, R.; Rezazadeh, J.; Minerva, R.	Aplicação da Internet das Coisas e da inteligência artificial para o <i>smart fitness</i>	Universidade Tecnológica de Sydney; Universidade Azad	Artigo
2021	Al-Zidi, M.N.; Tawick, M.; Fathaili; Al-Tashi; Al-Henjri; Adhafer, T.	Sistema inteligente de monitorização remota de doentes em tempo real baseado em IoT	Universidade Aurangabad (Índia)	Artigo
2021	Silva, B.S.F.; Jacobina, D.P.; Castro, J.E.C.; Mota, M.Á.	Medidor de saturação de oxigênio, frequência cardíaca e temperatura corporal — Covid-Osti	IFTO, Campus Palmas	Relatório de Pesquisa
2022	Julio, C.H.; Galdino, I.; Caballero, E.; Ferreira, V.; Muchaluat-Saade, D.; Albuquerque, C.	Monitoramento de sinais vitais utilizando redes Wi-Fi	Minicursos do 40º SBRC	Artigo
2023	Buratto, D.	Plataforma de baixo custo para aquisição e monitoramento de sinais vitais	PUC Campinas	Dissertação
2023	Dhruba, A.R.; Alam, K.N.; Khan, M.S.; Bourouis, S.; Khan, M.M.	Sistema de monitorização da apneia do sono baseado em IoT para cuidados de saúde	Universidade Norte-Sul (Bangladesh); Universidade de Taif (Arábia Saudita)	Artigo
2023	Anggraini, N.; Irianto, B.G.; Wisana, I.D.G.H.; Triwiyanto; Kumbhare, A.	Monitorização de SpO ₂ , ritmo cardíaco e temperatura em <i>smartband</i> com envio de dados (IoT/Android)	Faculdade de Ciências e Tecnologia – Indonésia	Artigo
2023	Lipi, I.; Ramesh, S.; Bhavirisetty, K.P.; Golla, S.	Monitorização inteligente de FC, oxigênio e temperatura com Thingspeak	VR Siddhartha Engineering College	Artigo
2023	Mohammed, B.G.; Hasan, D.S.	Sistema de monitorização inteligente dos cuidados de saúde utilizando IoT	Universidade de Salahaddin – Iraque	Artigo

Ano	Autor(es)	Título	Periódico/instituição	Tipo de produção
2024	Imanzadeh, S.; Tanha, J.; Jalili, M.	Conjunto de técnicas de aprendizagem profunda para reconhecimento de atividade humana usando sinais de smartphones	Universidade de Tabriz – Irã	Artigo
2024	Borges, G.S.; Rocha, I.P.; Moraes, J.G.	Proposta teórica de prototipagem para auxílio no monitoramento e alarme de FC, oximetria e temperatura com foco em idosos	Universidade São Judas Tadeu	Artigo
2024	Md Zin, M.A.F.; Mohd Adib, M.A.H.	Consistência do dispositivo não invasivo PreeCASE na avaliação de FC, SpO ₂ e temperatura de bebês	Universidade de Malaysia Pahang Al-Sultan Abdullah	Artigo
2024	Cynthia, L.F.A.R.; He- triawan, A.; Rokhman, F.; Pradana, M.F.; Syafa'ah, L.	Dispositivo sem fio para monitorização de FC e temperatura para uso independente	Universidade de Muhammadiyah Ma- lang	Artigo
2024	Chavan, C.; Ma- naguli, M.; Koti, R.	Sistema de monitorização da saúde em situações de emergência com IoT	KLS Gogte Institute of Technology	Artigo
2025	Nasution, H.W.; Hasanah, D.R.; Asyhar, R.	Ferramenta de monitorização da saúde de trabalhadores usando oxímetro IoT na indústria de palmeiras	Revista Internacio- nal de Informática e Computação	Artigo

Fonte: Autoria própria (2025).

Com base na análise dos trabalhos selecionados, é possível observar uma diversidade de instituições e autores envolvidos na pesquisa relacionada à coleta de sinais vitais. Os tipos de produção incluem artigos científicos, dissertações e protótipos, refletindo uma abordagem variada na apresentação dos resultados.

A tecnologia da Internet das Coisas (IoT) é frequentemente destacada como uma ferramenta central nesse campo, com vários trabalhos descritos na tabela 4, enfocando o desenvolvimento de protótipos de baixo custo para monitoramento de sinais vitais, muitos dos quais utilizam a plataforma Arduino.

Além disso, há uma crescente atenção à aplicação da computação em névoa (*Fog Computing*) para lidar com os desafios de processamento e armazenamento de dados gerados pela IoT em ambientes de saúde. Em seguida serão descritos os trabalhos que foram selecionados, com o objetivo de distinguir a importância de cada trabalho.

3.4.1 Descrição dos trabalhos selecionados

Por forma a permitir melhor enquadramento e análise dos trabalhos selecionados, apresenta-se o quadro 4 que faz menção ao contexto das pesquisas selecionadas e incluídas em função dos objetivos propostos pelos autores.

Quadro 4 – Contexto das Pesquisas Selecionadas

Ordem	Autores	Contexto da Pesquisa
1	Aranda, S.A.J., Bez, R.M., Carvalho, V.J.	Apresenta o desenvolvimento de um protótipo para o monitoramento de sinais vitais através das placas de prototipagem Arduino e e-Health.
2	Bruno Pereira Aires (2020)	O estudo utilizou os sensores inerciais de smartphones para análise tridimensional da execução do agachamento com e sem barra. Foram avaliadas variáveis biomecânicas (picos, amplitudes) e parâmetros de comportamento motor (média, desvio-padrão, coeficiente de variação) em 29 adultos. Os resultados mostram que é possível identificar diferenças significativas no padrão de movimento entre condições, destacando a utilidade do smartphone na recolha de dados cinemáticos e na análise individual da coordenação motora.
3	Shu, M., Tang, M., Yang, M., Wei, N.	Propõe um sistema de monitorização em tempo real dos sinais vitais, especialmente direcionado para idosos, pessoas com problemas de saúde e grupos com insônia.
4	Hamidi, H., Fazeli, K.	Propõe uma metodologia de design automático baseada em ontologia para sistemas inteligentes de reabilitação na Internet das Coisas (IoT).
5	Vasconcelos, S.R.	Foi desenvolvida como um modelo eficiente para envio de alertas e para mensurar o tempo da resposta humana em cada um desses eventos de acordo com sua gravidade, trazendo como diferencial a implementação de alertas via chamada telefônica automática.
6	Kumari, A., Tanwar, S., Tyagi, S., Kumar, N.	Objetivo analisar como a internet das coisas (IoT), fog computing e cloud computing estão transformando a indústria da saúde, passando da Healthcare 3.0 para a Healthcare 4.0.
7	Gonsalves, S.A., Siscoutto, A.R.	Apresenta uma solução sem fio, de baixo custo, para o monitoramento, em tempo real, de sinais vitais como batimentos cardíacos, respiração e frequência cardíaca, fazendo a coleta e enviando os dados para um computador remoto.
8	Hussain, A., Zafar, K., Baig, R.A.	Propõe um inovador framework IoT e machine learning para monitoramento de saúde em ambientes de academia. Utilizando tecnologia vestível, o sistema fornece análises precisas (97%) do estado físico, alertas de saúde e reconhecimento em tempo real de atividades de treino (acima de 89%).

Ano	Autor(es)	Título
9	Farrokhi, A., Farahbakhsh, R., Reza-zadeh, J., Minerva, R.	O artigo aborda o impacto da Internet das Coisas (IoT) no bem-estar, com ênfase em smart fitness.
10	Julio, C.H., Galdino, I., Caballero, E., Ferreira, V., Muchaluat-Saade, D., Albuquerque, C.	Apresenta as técnicas de captura de dados Wi-Fi CSI, as técnicas de processamento de sinais utilizadas e as aplicações para o monitoramento de sinais vitais.
11	Buratto, D.	O propõe-se a desenvolver uma plataforma de baixo custo para aquisição e monitoramento de sinais vitais como pressão, dióxido de carbono, fotopletismografia e HUB, que meça frequência cardíaca, taxa de oxigenação do sangue, pressão sanguínea, concentração de dióxido de carbono exalado e pressão respiratória.
12	Moura, B.M., Junior, Q.S.I., Anderson, M., Duarte, B., Paiva, A.M.T., Moura, J.M.	Desenvolvimento de um protótipo para monitoramento de sinais vitais usando placas Arduino e e-Health. Foi validado com atletas de vôlei e seu treinador, que demonstraram receptividade à tecnologia.
13	Concone, F., Giuseppe, L.R., Morana, M.	Este artigo propõe uma estrutura de reconhecimento de atividade humana (HAR) multi-dispositivo, aproveitando a computação em nevoeiro para transferir a carga computacional da detecção para dispositivos intermediários e, em seguida, para a nuvem.
14	Aranda, J.	Desenvolveu-se um protótipo utilizando Arduino e o Shield e-Health para coletar sinais vitais de atletas durante o treino.
15	Al-Zidi, M.N., Tawick, M., Fathaili, Al-Tashi, Al-Henjri, Adhaher, T.	Propõe um sistema de monitorização remota de doentes em tempo real baseado na Internet das Coisas que pode monitorizar os sinais vitais básicos do doente, como a temperatura corporal e a frequência cardíaca.
16	Soodabeh, Imanzadeh, Jafar, Tanha, Mahdi, Jalili	Utilizar o smartphone para o reconhecimento da atividade humana utilizando técnicas de aprendizagem profunda.
17	Patrícia, Paula da Luz Victor	Tem como objetivo possibilitar o monitoramento remoto e portátil de dois dos quatro sinais vitais básicos, sendo eles: frequência cardíaca e temperatura corporal, além da saturação de oxigênio e posição corporal da pessoa sob supervisão.
18	Sérgio, Moribe	O desenvolvimento de um sistema de monitoramento de sinais de ECG e temperatura, com o propósito de dar mobilidade a pessoas que necessitam de monitoramento contínuo de alguns sinais fisiológicos, como pessoas idosas e/ou com deficiências cardíacas, ou atletas que desejam melhorar seu desempenho.
19	Rottini, Jose	Desenvolver um sistema hospitalar robusto e com capacidade para satisfazer as necessidades de seus usuários, visando a acessibilidade das informações médicas e promovendo a eficiência dentro das instituições hospitalares.

Ano	Autor(es)	Título
20	Garcia, José	Consistiu na criação de bases multimodal de atividade humana, chamada Video-Inertial Human Activity Dataset (VIHAD).
21	Abdur, Rab Dhruba, Kazi, Nabiul Alam, Md Shakib Khan, Sami, Bourouis, Mohammad, Monirujjaman Khan	Consiste em monitoramento do sono em tempo real para detectar a apneia do sono. Foi desenvolvido um sistema de monitoramento da apneia do sono em tempo real baseado na Internet das Coisas (IoT).
22	Navira Anggraini, Bambang Guruh Irianto, I Dewa, Gede Hari Wisana, Triwiyanto, Ashish Kumbhare	criou-se dispositivos vestíveis, como um dispositivo de pulso capaz de medir a SpO ₂ , a frequência cardíaca e a temperatura corporal em tempo real, independentemente da distância, e alertar os smartphones dos utilizadores quando o estado do doente é anormal.
23	Inampudi Lipi, Dr. S. Ramesh, Krishna Pre-ethamBhavisetty, Sharmila Golla	Consiste em um método para monitorizar e prever continuamente a frequência cardíaca, o nível de oxigénio e os valores de temperatura do sujeito recolhidos a partir de sensores, com as suas capacidades de Internet das Coisas através da plataforma Thingspeak e os dados são manipulados e inspeccionados usando as instalações do MATLAB.
24	Mohd, Hamin, Sumit Paul, Syed Hoque, Nafiur Rahman, Ifat-Al-Baqee	Foi desenvolvido um sistema de monitorização remota da saúde dos pacientes baseado em IoT. Este protótipo consiste em três sensores de saúde: sensor de pulso cardíaco, sensor de temperatura corporal e sensor de resposta galvânica da pele.
25	S.M., Ahsanuzzaman, Toufiq, Ahmed, Md Atiqur Rahman	Desenvolvimento de um método de previsão de arritmia (fibrilhação auricular) juntamente com a monitorização dos sinais ECG. Para criar um modelo de previsão de arritmia e um sistema de vigilância.ECG em tempo real baseado em Android, a rede neural Long Short-Term Memórias neurais de longo prazo, rede neural recorrente, TensorFlow e a biblioteca Keras são aqui aplicadas.
26	Bzhar Ghafour Mohammed, Dler Salih Hasan	Este trabalho centrou-se na monitorização remota da temperatura corporal, do ritmo cardíaco e da SPO ₂ . Além disso, a posição do doente pode ser obtida a pedido utilizando o módulo SIM7600E GSM e o módulo GNSS HAT (Hardware attached on top). Foi também desenvolvida uma aplicação móvel GUI multiplataforma para apresentar os dados em tempo real aos médicos e aos doentes.
27	Guilherme Siquette Borges Graduando,Isaque Pereira Rocha, Johnny Gomes de Moraes	Desenvolver tecnologias com automação para auxiliar profissionais de saúde no monitoramento de alguns parâmetros essenciais de idosos em casas de repouso.

Ano	Autor(es)	Título
28	Muhammad Afiq, Firdaus Md, Zin and Mohd, Azrul Hisham, Mohd Adib O	Dispositivo PreeCASE fornece leituras de dados consistentes para os três principais parâmetros fisiológicos, frequência cardíaca, nível de SpO ₂ e temperatura corporal, que são apresentados num ecrã LCD com base nos respectivos níveis do utilizador. O dispositivo PreeCASE foi concebido com precisão para facilitar a monitorização fácil e rápida de bebés, especialmente bebés prematuros.
29	La Febry Andira, Rose Cynthia ¹ , Alvin Hetriawan, Fatkhur Rokhman, Muhammad Faris Pradana, Lailis Syafa'ah	concebido um dispositivo portátil de monitorização do ritmo cardíaco que utiliza um sistema IoT.
30	Chetana Chavan, Manjunath Managuli, Ramesh Koti	Apresenta o desenvolvimento de um Sistema de Monitorização de Saúde utilizando um microcontrolador ESP8266 (ESP01), um oxímetro de pulso MAX30100, um sensor de temperatura LM35 e um ecrã OLED, os dados são periodicamente transmitidos a plataforma Thing Speak para monitorização remota.
31	Helmi Wardah Nasution, Dwi Ris Hasanah, Rayandra Asyhar (2025)	O sistema utiliza a plataforma IoT da Blynk para permitir a monitorização contínua dos níveis de saturação de oxigénio (SpO ₂) e da frequência cardíaca dos trabalhadores em tempo real. Ao integrar a recolha de dados baseada em sensores com uma interface de fácil utilização, o protótipo facilita o acesso imediato a métricas vitais de saúde e envia alertas em caso de anomalias.
32	Radwa Sameh, M. Genedy, A. Abdeldayem, Mohames H. Abdel Azeem (2020)	O sistema implementa um monitoramento remoto de pacientes utilizando IoT, com aquisição de frequência cardíaca, SpO ₂ e temperatura. Os dados são capturados pelo microcontrolador ESP32 com sensores (MAX30100 e LM35), enviados para uma API em Java e disponibilizados em um aplicativo móvel, permitindo consulta prática e em tempo real.

Fonte: Autoria própria (2025).

Após uma análise criteriosa, pode-se observar que cada trabalho consiste em problemas de pesquisas diferentes com abordagens diferentes, sobre o monitoramento de sinal, usando diferentes tipos de tecnologia.

Os estudos apresentados demonstram uma variedade de aplicações, de monitoramento remoto de sinais vitais como vem detalhado nos estudos de Aranda (2016), Shu *et al.* (2017b), Vasconcelos (2018), Gonsalves e Siscoutto (2020), Hussain, Zafar e Baig (2021), Burratto (2023), Lipi, Bhavirisetty e Golla (2023), Al-Zidi *et al.* (2021), Concone, Re e Morana (2019), Gonsalves e Siscoutto (2020), Vasconcelos (2018). O acompanhamento das atividades físicas, de sono, para a saúde dos idosos, para a saúde dos trabalhadores, para a abordagem de médico-paciente como vem nas pesquisas de Nasution, Hasanah e Asyhar (2025), Dhruva *et al.* (2021), Borges *et al.* (2024), Moribe (2016), ate para a monitorização dos bebés prematuros com a pesquisa do Zin e Adib (2024). O acoplamento de dispositivos inteligentes, sensores

biométricos e técnicas avançadas de computação em nuvem e de névoa possibilitaram o desenvolvimento de soluções inovadoras, que oferecem benefícios para os pacientes, profissionais de saúde e até mesmo atletas de alto nível.

Além disso, a utilização de inteligência artificial para análise de dados e o desenvolvimento de plataformas acessíveis indicam uma tendência promissora na democratização do acesso à saúde e ao monitoramento pessoal.

Os estudos mencionados na tabela 4 destacaram não apenas os avanços técnicos significativos, mas também o potencial transformador dessas tecnologias na forma como a saúde é compreendida e gerenciada. A comparação entre os trabalhos utilizados permite uma visão abrangente das diferentes abordagens e contribuições, enfatizando a diversidade de aplicações e os benefícios potenciais para diversos grupos de usuários.

3.5 Estado da arte

Considerando a pesquisa realizada, foi feito um levantamento das informações dos estudos selecionados com o objetivo de entender a evolução da inerente a área, garantir um processo de filtragem adequado e identificar possíveis divergências no trabalho.

3.5.1 Para o bem-estar dos atletas

Para o Aranda, Bez e Carvalho (2017) o estudo se destacou ao uso de placa e-Health para a captura de sinais vitais com a finalidade de reajustar os treinos diários dos atletas a fim de otimizar o seu desempenho, evitando a fadiga, usando a nuvem para o armazenamento dos dados.

Há também outros estudos usando placa e-Health, conduzidos por Rákay *et al.* (2015), onde foram analisados os sensores de batimentos cardíacos, acelerômetro, temperatura da pele e fluxo respiratório. Neste estudo a comunicação empregada foi *wireless*, onde os dados foram enviados para outro receptor *wireless* conectado a um Arduino e este, por sua vez, conectado a um computador onde eram exibidos os resultados. Ou seja, neste caso os dados não foram enviados para a nuvem (*cloud*).

O Kumari *et al.* (2018) concentrou-se no Reconhecimento de Atividades (HAR), usando dispositivos inteligentes como *smartphones*, *tablets* e rastreadores de atividades para capturar e analisar dados sobre os usuários e o ambiente.

E para Hussain, Zafar e Baig (2021) o sistema proposto utiliza tecnologias IoT e aprendizado de máquina para monitorar em tempo real as atividades físicas e saúde dos praticantes de atividades físicas. E quanto ao Farrokhi *et al.* (2021), Monitoramento e planejamento de atividades físicas e dieta.

Os estudos revisados demonstram uma significativa evolução nas tecnologias aplicadas ao bem-estar dos atletas. Desde a utilização de dispositivos inteligentes para o monitoramento de atividades físicas até o emprego de soluções inovadoras como a IoT e aprendizado de máquina, como evidenciado por Hussain, Zafar e Baig (2021) Hussain.A et al (2021), a pesquisa está cada vez mais focada em oferecer ferramentas precisas e personalizadas para melhorar o desempenho dos atletas.

3.5.2 Para a saúde em geral

As tecnologias utilizadas além de propiciar o bem-estar, são utilizadas com intenção de assegurar a saúde em geral das pessoas. Nesse contexto elas podem ajudar na monitoria dos sinais vitais. Note-se que Shu *et al.* (2017b), se concentrou na monitorização em tempo real dos sinais vitais baseado em IoT, como a qualidade de sono e as mudanças na frequência cardíaca de um indivíduo qualquer. Esse não seria único foco ou seja aplicação dada as tecnologias que permitem a monitoria de sinais vitais, uma vez que Hamidi e Fazeli (2018), desenvolveu uma pesquisa que permite o monitoramento remoto de saúde dos pacientes, possibilitando uma resposta mais rápida a questões críticas e a otimização de recursos de saúde disponível.

A utilização de sistemas de monitoramento de sinais vitais tem ganho larga importância e merecido atenção de pesquisadores. É nesse sentido que Vasconcelos (2018) desenvolveu uma pesquisa que se concentrou na utilização da solução *Salus Monitum* — que, em português, significa (Aviso de segurança) — para simulação de ambiente de cuidados de saúde com sensores IoT, envio de alertas para cuidadores e profissionais de saúde com foco nos serviços domiciliares.

Para o Gonsalves e Siscoutto (2020) destaca a importância do Monitoramento de sinais vitais em pacientes durante atividades físicas em clínicas de fisioterapia ou tratamentos com psicólogos. A pesquisa desenvolve um sistema de microcontrolador para monitoramento em tempo real de sinais vitais, utilizando um conjunto de sensores sem fio e comunicação via Bluetooth.

E por fim, o Buratto (2023) integra sensores de pressão com *firmware* personalizado para monitorar sinais vitais.

Os estudos considerados demonstram um cenário diversificado de aplicações tecnológicas para a saúde em geral. Desde o monitoramento remoto de sinais vitais até o desenvolvimento de soluções para o cuidado domiciliar, como visto em Hamidi e Fazeli (2018) e Vasconcelos (2018), a pesquisa está focada em oferecer ferramentas inovadoras para melhorar a qualidade dos cuidados de saúde. A utilização de tecnologias como IoT e sensores sem fio, como diz o Gonsalves e Siscoutto (2020) Gonsalves.S.A (2020), oferece uma maneira mais eficiente e acessível de monitorar pacientes em tempo real, permitindo uma intervenção mais rápida e precisa em situações críticas. Além disso, o desenvolvimento de soluções personalizadas, como o relógio inteligente adotado por Farrokhi *et al.* (2021) para armazenamento de

dados, destaca a importância de abordagens adaptáveis e centradas no usuário para promover a saúde e o bem-estar da população em geral. Sem deixar de fora o Dhruva *et al.* (2021), que a sua pesquisa se baseou no monitoramento de apneia do sono, onde o autor propõe uma forma prática e contínua de manter a saúde do sono, o autor ainda afirma que é muito importante ter um monitoramento preciso porque pode prevenir complicações como hipertensão, problemas cardíacos e diabetes. Ao monitorar continuamente, é possível ajustar o tratamento conforme necessário.

Os autores Lipi, Bhavirisetty e Golla (2023) desenvolveram um sistema de monitoramento de sinais vitais utilizando sensores de frequência cardíaca, oxigenação do sangue (Max30102) e temperatura (LM35), conectados a um microcontrolador ESP8266 com dispositivos de baixo custo e inteligência artificial (CNN) que identificam padrões e preveem anomalias como riscos cardíacos com alta precisão em relação aos modelos tradicionais como SVM, MLP e KNN. Os dados coletados a partir dos sensores são enviados para a plataforma ThingSpeak, onde são monitorados remotamente em tempo real.

E por fim Ahsanuzzaman, Ahmed e Rahman (2020), que o sistema que ele propõe permite a monitorização contínua e em tempo real dos sinais ECG dos pacientes, oferecendo assim alertas imediatos para anomalias. E pode melhorar de forma positiva no diagnóstico precoce e no tratamento adequado podendo assim salvar vidas.

3.5.3 Quanto a tecnologias Aplicadas

A maioria dos trabalhos selecionados, incluindo os estudos de Aranda, Bez e Carvalho (2017), Shu *et al.* (2017b), Hamidi e Fazeli (2018), Vasconcelos (2018) Vasconcelos.s.r,(2018), Kumari *et al.* (2018), Hussain, Zafar e Baig (2021) Hussain.a, at al (2021), Concone, Re e Morana (2019), Farrokhi *et al.* (2021). 2023, (Zin; Adib, 2024) e o (Lipi; Bhavirisetty; Golla, 2023) Optaram por utilizar a tecnologia iot, devido as suas capacidades de coleta de dados em tempo real, possibilitando que os dados recolhidos sejam exibidos de diferentes formas. Oferecendo uma visão detalhada e atualizada das condições monitoradas.

Enquanto para o Gonsalves e Siscoutto (2020) Gonsalves.S.A(2020), Dhruva *et al.* (2021) e Ahsanuzzaman, Ahmed e Rahman (2020), adotaram uma abordagem diferente, desenvolvendo um box de sensores sem fio para captura, e que se comunicam via conexão bluetooth.

Contudo, a tecnologia IoT pode oferecer diversos tipos de funcionalidades e flexibilidade na coleta e exibição de dados, a questão dos sensores sem fio com conexão bluetooth pode ser mais adequada para projetos que exigem uma comunicação direta e simplificada entre os sensores e o dispositivo receptor.

Importante salientar também que oAhsanuzzaman, Ahmed e Rahman (2020) Ahsanuzzaman. S,at al (2020), para desenvolvimento do software ele usou a rede neural RNN, o python com as bibliotecas keras e tensorflow para implementar e treinar o modelo de *deep learning*.

3.5.4 Quanto ao armazenamento de dados

Quanto ao armazenamento dos dados dos sinais coletados, a maioria dos autores preferiu utilizar a nuvem devido às inúmeras vantagens que oferece. Este método de armazenamento permite acesso remoto aos dados, escalabilidade conforme necessário e uma camada de segurança. Autores como Aranda, Bez e Carvalho (2017), Shu *et al.* (2017b), Hamidi e Fazeli (2018), Hussain, Zafar e Baig (2021) Hussain.A et al (2021), Kumari *et al.* (2018), Buratto (2023), (Mohammed; Hasan, 2023) e (Zin; Adib, 2024) optaram por essa abordagem.

Por outro lado, Vasconcelos (2018) e Dhruva *et al.* (2021) Ahsanuzzaman, Ahmed e Rahman (2020) e (Zin; Adib, 2024) escolheram utilizar uma aplicação móvel para o armazenamento dos dados coletados, aproveitando as capacidades de armazenamento dos dispositivos móveis.

Finalmente, Farrokhi *et al.* (2021) optou por usar um relógio inteligente para armazenar os dados dos sinais coletados. Essa escolha pode ter sido motivada pela facilidade de acesso aos dados diretamente no dispositivo vestuário.

Como foi apresentado acima pode-se verificar que a utilização dos sistemas de monitoramento de sinais vitais não é algo novo. Nesse contexto, Como descrito no quadro 5, foram selecionados sete (7) trabalhos semelhantes ao estudo proposto, com a finalidade de identificar as principais diferenças entre os estudos e verificar a originalidade do trabalho.

Quadro 5 – Comparação dos Estudos Semelhantes ao Trabalho Proposto

Autores	Tecnologia de Rede	Microcontrolador	Tipo de Dispositivo Móvel	Tipos de Sensor
Radwa Sameh, M. Genedy, A. Abdel-dayem, M. H. Abdel Azeem (2020)	Bluetooth	Arduino Mega 2560 Rev3	Tablet, Telefone	Sensor de frequência cardíaca e SpO (Max30102), sensor de temperatura (Termistor)
S.M. Ahsanuzzaman, Toufiq Ahmed, Md. Atiqur Rahman (2020)	Bluetooth	Arduino Uno	Tablet, Telefone	Sensor de frequência cardíaca, sensor ECG (AD8232)
Davi Faria Buratto (2023)	MQTT/Wi-Fi	ESP32	Kit de desenvolvimento T-Wristband (Relógio)	Sensor de SpO, sensor de frequência cardíaca (MAX32664D), sensor de pressão (BMP280) e sensor de concentração de CO (SCD-41)
Aranda, S.A.J., Bez, R.M., Carvalho, V.J. (2017)	Wi-Fi	ESP8266	Tablet, Smartphone	Placa e-Health
Bzhar Ghafour Mohammed, Dler Salih Hasan (2023)	IoT, 4G GSM, GPRS, GNSS, Wi-Fi	Raspberry Pi	Aplicativo móvel (sistema específico)	Oxímetro de pulso, frequência cardíaca (MAX30100), e temperatura (DS18B20)
Muhammad Afiq Firdaus Md Zin e Mohd Azrul Hisham Mohd Adib (2024)	Wi-Fi, Bluetooth, 4G	ESP32, XAMPP	Smartphone (App PreeCASE)	MAX30100 (FC e SpO), BME280 (Temp.), GPS, RFID, Peso, Altura, BMI
Inampudi Lipi, S. Ramesh, Krishna Preetham Bhavirisetty, Sharmila Golla (2023)	IoT (Thingspeak), Wi-Fi, MATLAB	ESP8266	Acesso via Web (Thingspeak)	MAX30102 (FC e SpO), LM25 (Temp)
Modelo Proposto	MQTT/Wi-Fi	ESP32	Tablet, Telefone, Computador	Sensor de SpO e batimentos cardíacos (Max30100), sensor de temperatura (IR mlx90614)

Fonte: Autoria própria (2025).

Como apresentado no quadro 5, o estudo de (Ahsanuzzaman; Ahmed; Rahman, 2020) concentra-se no desenvolvimento de um sistema de monitoramento contínuo de ECG para a predição de arritmias, utilizando redes neurais LSTM e RNN. O sistema é composto por componentes de baixo custo, como o Raspberry Pi 3, Arduino UNO, Sensor AD8232 e *Bluetooth*

HC-05, e permite que médicos acompanhem remotamente a saúde cardíaca dos pacientes. Já (Aranda, 2016) desenvolveu um protótipo para monitorar sinais vitais, como batimentos cardíacos, temperatura e pressão arterial, em atletas. Os dados coletados são enviados para a nuvem via *ThingSpeak*, permitindo que o treinador visualize as informações em um aplicativo. Esse protótipo foi testado com seis atletas de vôlei, demonstrando sua utilidade para o monitoramento em tempo real no contexto esportivo.

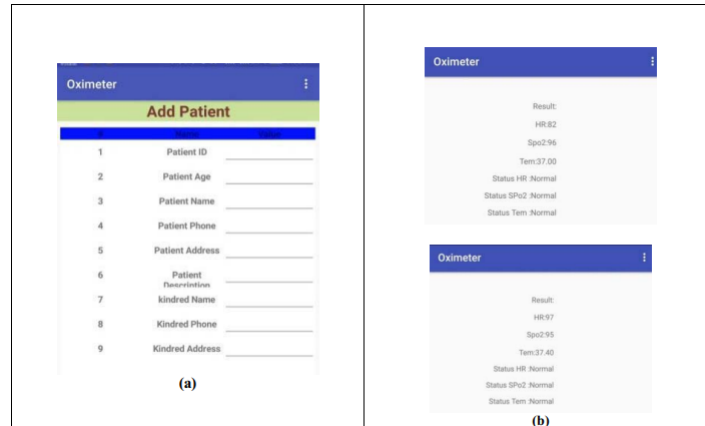
Buratto (2023), por sua vez, foca no desenvolvimento de uma plataforma de baixo custo para monitoramento de sinais vitais como oxigenação, frequência cardíaca, pressão arterial, CO e frequência respiratória, aplicável tanto à saúde quanto ao esporte. O sistema gera alertas para casos graves, armazena inicialmente os dados em um cartão de memória e depois os envia para a nuvem para armazenamento definitivo e visualização. O protótipo utiliza a pulseira *T-Wristband da LilyGo*, permitindo reprogramação e adaptações para coleta de dados.

A pesquisa do (Mohammed; Hasan, 2023) se concentram no método paciente médico, onde, desenvolveu um sistema de monitoramento de sinais vitais baseado na internet das coisas (IoT), sensores como, temperatura corporal (DS18B20), frequência cardíaca e SpO₂ (Max30100), juntamente com o microcontrolador Raspberry pi 4B, foram utilizados para coletar dados do paciente e enviar os dados para a nuvem via rede, um fator interessante também é que o sistema inclui o modelo SIM7600E GSM/GNSS para a localização do paciente, por fim uma interface gráfica multiplataforma para a visualização dos dados em tempo real para os profissionais de saúde tomar decisões médicas urgentes. O (Zin; Adib, 2024) desenvolveu o PreeCASE com a finalidade de monitorar sinais vitais de bebês prematuros, fornecendo um sistema de monitoramento contínuo e não invasivo dos principais sinais vitais, como a frequência cardíaca, oximetria e a temperatura corporal. O revestimento dos sensores é feito de TPU flexível e contém isolamento interno para proteção da pele do bebê. o sistema inclui os hardware de baixo custo como: o ESP32 pois ele permite multitarefas e a conectividade com IoT, o dispositivo exibe os dados em uma LCD e em caso de anomalias um alerta buzzer é acionado, a comunicação é feita via XAMPP, ele permite o armazenamento, análise e visualização dos dados coletados em tempo real. O PreeCASE também possui GPS para rastreamento da localização do bebê e um sistema RFID em caso do bebê ser movido para além de 3 metros dentro do local monitorado o sistema vai gerar um alerta.

Estudo de (Sameh et al., 2020) é o mais semelhante ao trabalho proposto. Esse sistema utiliza três tipos de sensores (frequência cardíaca, níveis de oxigênio e temperatura corporal). Após a coleta dos dados, eles são processados pelo Arduino Uno e exibidos em um display LCD. Os resultados são enviados para um aplicativo Android, Este aplicativo foi projetado para operar em dois modos: o primeiro para o paciente, enquanto o segundo modo foi destinado ao médico, e ambos os modos estão conectados por meio do serviço web. O modo do paciente foi conectado diretamente à placa Arduino via Bluetooth e pode mostrar as medições e o estado de saúde, o aplicativo foi pré-instalado no celular do paciente via *Bluetooth*. Além disso, os dados podem ser enviados para um servidor web, permitindo que o médico e familiares os analisem

de forma remota e sejam notificado em caso de emergência. como mostra a interface gráfica dos resultados no aplicativo na figura 4.

Figura 4 – (a) Aplicativo com detalhes do paciente (b) Amostras de medições.



Fonte: Sameh *et al.* (2020).

Por fim o modelo proposto neste estudo visa desenvolver um sistema simples e de baixo custo, aplicável tanto em hospitais quanto para indivíduos que queiram monitorar sua saúde. Serão utilizados três tipos de sensores (temperatura, oximetria e frequência cardíaca), integrados ao ESP32 para o processamento dos dados. A partir da parametrização dos dados, serão definidas faixas normais dos sinais vitais selecionados, onde fora desses parâmetros estabelecidos serão emitidos uma alerta sonoro (buzzer), por fim os dados serão enviados para a nuvem via protocolo MQTT, utilizando o broker Mosquitto (nuvem), será possível visualizar os dados no MQTT Explorer e no MyMQtt, permitindo um acesso remoto e amigável a partir de tablets e smartphones. Este modelo foi projetado tendo em vista países em desenvolvimento, como Moçambique, o que justifica a construção de uma solução de baixo custo acessível para qualquer público, tanto nas zonas urbanas quanto nas zonas recônditas.

4 APRESENTAÇÃO DO MODELO E OS MATERIAS E MÉTODOS

Este capítulo apresenta os materiais utilizados na pesquisa e descreve, de forma clara as ferramentas usadas e as etapas realizadas, desde a ideia inicial até os testes finais, garantindo uma visão completa do processo do desenvolvimento do protótipo, como descreve a figura 5 abaixo descrita.

Figura 5 – Arquitetura baseada no modelo proposto



Fonte: Adaptado de Alshammari (2023).

É fundamental selecionar sensores compatíveis com o Arduino e os demais componentes para garantir uma conexão física precisa e assegurar na coleta de dados. Em seguida, será realizada a parametrização dos dados, com a configuração de alertas sonoro automáticos para notificar sempre que os parâmetros de temperatura corporal, oximetria ou de frequência cardíaca ultrapassarem os limites normais estabelecidos.

E, por fim a nuvem ou *cloud*, serão usados recursos disponíveis na internet para a visualização e armazenamento de dados, sendo possível acessar em qualquer lugar com a conexão à internet. A nuvem também, frequentemente oferece proteção avançada para seus dados e fazem backup regularmente para mantê-los seguros.

E para a configuração da nuvem, o protocolo Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) e o Broker Mosquitto vão desempenhar um papel importante. O broker Mosquitto é responsável pela comunicação entre os dispositivos, enquanto o protocolo MQTT será responsável pela troca eficiente e segura de mensagem. Juntos eles ajudarão garantir que os dados sejam transmitidos de maneira segura e eficaz na nuvem. Podendo também visualizar esses dados com a uma interface mais amigável nos dispositivos móveis, como: MQTTExplorer e o MyMQTT.

4.1 Seleção de Componentes

Nesta subseção são apresentadas os componentes que serão utilizados e a importância deles, para o desenvolvimento da pesquisa. Assim sendo, começamos por apresentar os componentes utilizados para a concepção do modelo como verifica-se no quadro 6 abaixo.

Quadro 6 – Materiais Selecionados

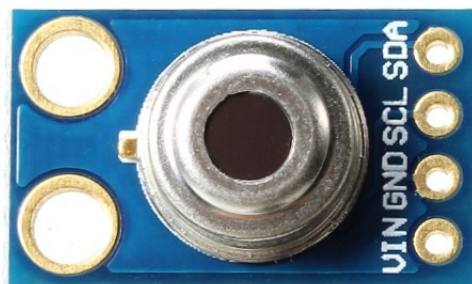
Quantidade	Descrição dos componentes
1	Sensor de temperatura
1	Sensor de Oximetria e de Frequência cardíaca
1	Arduino ESP32
2	Alerta Sonoro (Buzzer)
Indefinido	Conectores (Jumper)
1	Protoboard
3	Resistor

Fonte: Autoria própria (2025).

4.1.1 Sensor de temperatura

O dispositivo escolhido para medir a temperatura do corpo humano é o sensor de temperatura IR mlx90614 é um componente de alta precisão e simples com dimensões de uma moeda (17 x 11,5 x 6 mm) que detecta a temperatura corporal ou de objetos por infravermelho, sem que seja necessário o contato direto com o sensor. O IR mlx90614 já vem calibrado de fábrica, detecta temperaturas entre -40 a 125°C com precisão de 0,5°C e permite ajustes personalizados via interface I2C (Silva *et al.*, 2019).

Figura 6 – O sensor de temperatura IR mlx9061



Fonte: Cia (2019).

Esse sensor é utilizado em muitos projetos, como automação residencial, sistemas automotivos, dispositivos para assistência médica, detectores de movimento e muitas outras aplicações para o dia a dia (MakerHero, 2024)

Especificações: Sensor de temperatura IR infravermelho Controlador MLX90614ESF (datasheet) Saída com resolução de 10-bit PWM Faixa de temperatura ambiente: -40 a 125°C

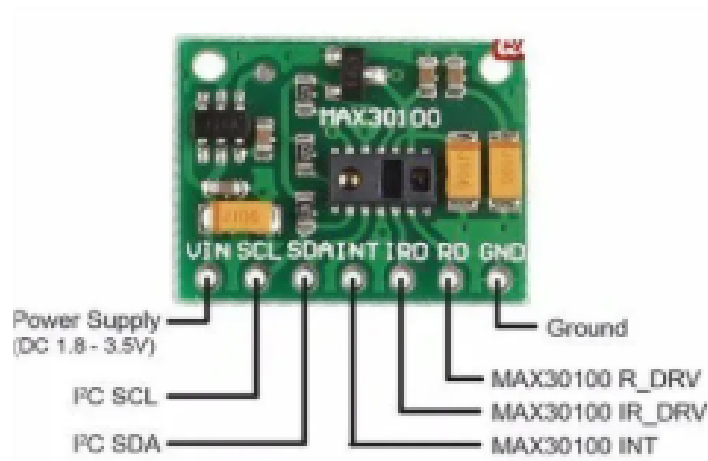
Faixa de temperatura para objetos: -70 a 380°C Precisão: $\pm 0,5^\circ\text{C}$ Tensão de operação: 3VDC
Dimensões: 17 x 11,5 x 6 mm.

Ele funciona com uma tensão de 3 VDC e tem dimensões de 17 x 11,5 x 6 mm, o seu tamanho facilita seu uso em designs compactos.

4.1.2 Sensor de Oximetria e de Frequência Cardíaca

O sensor escolhido para medir o nível de saturação de oxigênio no sangue e a frequência cardíaca foi o MAX30100. Ele combina dois LEDs, um fotodetector, óptica otimizada e processamento de sinal analógico de baixo ruído para detectar sinais de oximetria de pulso (SpO2) e frequência cardíaca (FC) (Engineers, 2022).

Figura 7 – O sensor Max30100



Fonte: Tray Tecnologia (2025).

4.1.3 Especificações da Max30100

O sensor MAX30100 é muito usado em smartwatches e se conecta facilmente a diferentes tipos de microcontroladores por meio da comunicação I2C (Tray Tecnologia, 2025).

- Tensão de Alimentação: 5V;
- Protocolo de Comunicação: I2C;
- Oxímetro é de nível SpO2 (Saturação de oxigênio);
- Monitor de frequência cardíaca: taxa ppg em tempo real;
- Dimensão: 18 x 14 x 3mm.

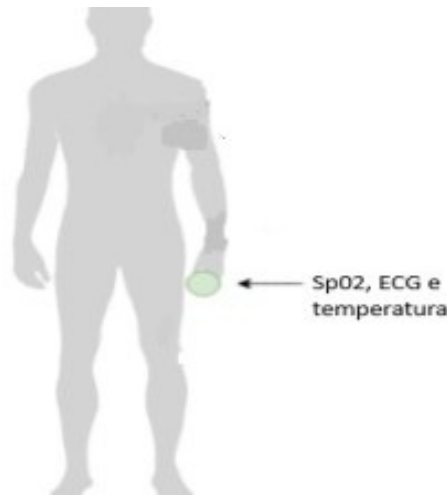
O sensor MAX30100 é compacto, com dimensões de 18 x 14 x 3 mm, o que significa que é menor e mais fino que uma moeda. Ele é alimentado por 5V e usa o protocolo I2C para

comunicação. O sensor mede a saturação de oxigênio no sangue (SpO) e a frequência cardíaca em tempo real.

4.1.4 Posição dos sensores

O posicionamento dos sensores no corpo humano como SpO₂ (saturação de oxigênio no sangue), batimentos cardíacos e temperatura corporal, são fundamentais para a coleta precisa e fiável de dados, o posicionamento correto ajuda a reduzir ruídos e garante que os sinais vitais sejam captados de forma eficaz proporcionando resultados consistentes.

Figura 8 – Posição dos sensores no corpo humano



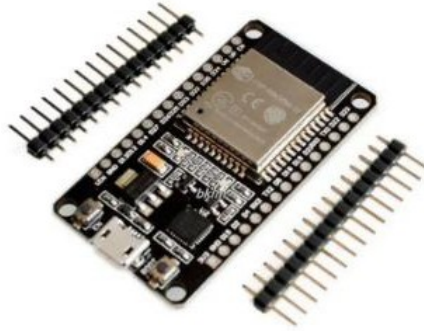
Fonte: Adaptada de CACPNRJ (2021).

Para garantir que a coleta de dados não seja invasiva, a medição dos sinais vitais (Oximetria, Frequência cardíaca e temperatura) será feita a partir do dedo, como ilustra a imagem 8. Normalmente esse posicionamento é comum para esses tipos de sensores.

4.1.5 Microcontrolador ESP32

A Placa ESP32 é um microcontrolador de baixo custo e eficiente em termos de energia, desenvolvido pela *Espressif Systems*. É reconhecido por sua versatilidade, oferecendo suporte a Wi-Fi, Bluetooth e outras tecnologias de conexão. Com um processador dual-core de até 240 MHz, 520 KB de RAM, 4MB de memória flash interna e uma gama de periféricos, como UART, SPI, I2C e câmera, o ESP32 é ideal para projetos de IoT que é o seu foco de criação (Makiyama, 2023).

Figura 9 – Esp32



Fonte: Viana (2020).

As principais aplicações abaixo refletem o uso prático do IoT em diversos setores, nomeadamente (Makiyama, 2023): Automação Residencial; Rede de Sensores; Robótica; Comunicação Wireless entre MCU's; Aplicativos e páginas WEB para controle geral e leitura de dados online; Monitoramento de Informações remotamente.

4.1.6 Alerta Sonoro (Buzzer)

De acordo com o livro "Aprenda Arduino" de Oliveira *et al.* (2018):

Buzzer é um dispositivo para geração de sinais sonoros (beeps), como aqueles encontrados em computadores. Para a emissão do som, o buzzer vibra através de um oscilador. Essa oscilação é determinada por uma frequência, que por sua vez define um som específico.

Abaixo na figura 10 é apresentada a imagem de um alerta buzzer. Em seguida, serão apresentadas a sua aplicação .

Figura 10 – Alerta Sonoro (Buzzer)



Fonte: Mehl (2023).

Segundo a (MakerHero, 2024), os buzzers são componentes amplamente utilizados em uma variedade de aplicações para fornecer feedback sonoro ou alertas audíveis. Os alertas sonoro buzzer, pode ser usado em diversos contextos, nomeadamente:

- Alarmes e sistemas de segurança: Em incêndios, vazamentos de gás ou outras situações de emergência.
- Dispositivos de comunicação: são usados para indicar chamadas recebidas, mensagens de texto ou outros eventos importantes em equipamentos móveis como telefones, tablet, computadores, entre outros.
- Equipamentos médicos: os buzzers podem ser usados para alertar sobre condições críticas, falhas de equipamentos ou necessidade de intervenção médica.
- Automação e controle industrial: buzzers são empregados para indicar o status de processos, alertar sobre falhas em máquinas ou equipamentos e fornecer feedback audível para operadores e técnicos. Entre outras aplicações.

4.1.7 Conectores (Jumper)

Os jumpers são pequenos fios como mostra na figura 11 utilizados para estabelecer conexões elétricas entre os componentes na protoboard, nesse caso, os sensores e o arduíno (Minakawa *et al.*, 2012).

Figura 11 – Jumper



Fonte: Telles (2023).

4.1.8 Funcionamento dos jumpers

Os jumpers funcionam como condutores elétricos que estabelecem conexões entre diferentes pontos em uma placa de circuito ou protoboard.

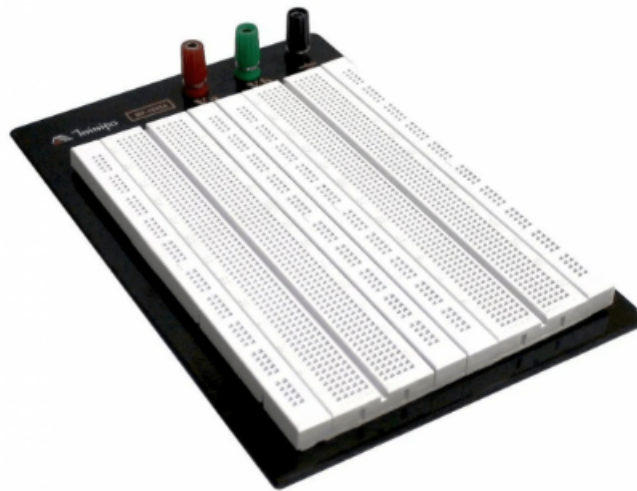
Os jumpers são fáceis de serem manuseados e podem ser cortados em diferentes comprimentos conforme necessário. O isolamento plástico em torno do fio condutor do jumper garante que a corrente elétrica seja conduzida apenas ao longo do caminho do jumper, evitando curtos-circuitos indesejados com outros componentes ou trilhas próximas.

Descontinuidade ou remoção: Se for necessário interromper a conexão entre dois pontos, os jumpers podem ser removidos facilmente (MakerHero, 2025).

4.1.9 Protoboard

A protoboard é uma ferramenta muito útil para os profissionais da área de utilização porque possibilita conectar diversos componentes, como capacitores, resistores, circuitos integrados, diodos, transistores, entre outros, permitindo uma precisão maior na montagem de circuitos que está presente no dia a dia do profissional da área. Ela permite que o técnico faça testes, simulações, alterações sem a necessidade de soldar os componentes (Blog-Multcomercial, s.d.).

Figura 12 – Placa de ensaio para prototipagem



Fonte: Eletro Parts (s.d.).

4.1.10 Material que compõe o Protoboard

O protoboard é composto principalmente de plástico ABS, um material de boa durabilidade e isolante. Por essa característica ele garante segurança e estabilidade dos circuitos montados. No interior, ele conta com conexões metálicas, geralmente de latão, que conduzem a eletricidade e permitem que os componentes se comuniquem. É essa combinação de durabilidade e praticidade que torna o protoboard útil (Mello, 2024).

4.1.11 A parametrização dos dados

Com a finalidade de estabelecer limites e condições para a interpretação e análise de dados no modelo, ajudando na detenção rápida ao definir parâmetros como faixas normais e anormais, o modelo vai rapidamente identificar dados que saem do esperado, como desvios de sinais vitais, ajudando na prevenção de erros, emitindo alertas automático sobre possíveis pro-

blemas que exigem prevenção, proporcionando assim dados confiáveis e fáceis de interpretar que vão ser usadas para tomar possíveis decisões, tanto em tempo real quanto para as análises futuras.

4.2 Implementação da Conexão Wi-Fi e Servidor na Nuvem

Uma conexão Wi-Fi será configurada para permitir a transmissão dos dados para um servidor na nuvem, onde os dados serão armazenados e processados.

Protocolo MQTT: Será utilizado para a comunicação entre o Arduino e o servidor na nuvem. O uso do MQTT é eficiente em termos de largura de banda e adequado para dispositivos de baixo custo, como o Arduino.

Servidor MQTT na Nuvem: Um servidor MQTT baseado em nuvem, como o Mosquitto, será configurado para receber e distribuir os dados dos sinais vitais transmitidos pelo Arduino.

O Mosquitto - o que chamamos de broker, além de ser um *open source*, ele age como um intermediário entre máquinas e os protocolos. Ele é utilizado no protocolo MQTT para fazer com que os aparelhos possam conversar entre si e agir de maneira automatizada, como ilustra a figura 13.

Figura 13 – Configuração da rede



Fonte: Adaptado de Bhavsar (2022).

Para que os dados sejam visualizados a partir de um dispositivo móvel e armazenados na nuvem, devem passar pelo roteiro descrito acima. Testes e Avaliação do Sistema: O sistema completo será testado em condições reais de uso para avaliar sua eficácia do equipamento.

5 RESULTADOS

Neste capítulo, serão apresentadas as comparações dos custos dos equipamentos tradicionais e o custo do modelo proposto, bem como os resultados obtidos nas etapas concluídas do protótipos.

5.0.1 Custo-Benefício do Projeto Proposto

O modelo proposto destaca-se pela sua simplicidade e acessibilidade na substituição e manutenção dos componentes, tornando o sistema sustentável e viável a longo prazo sem comprometer a qualidade do monitoramento essencial. No entanto, o custo dos equipamentos tradicionais podem variar, dependendo das exigências de ambientes institucionais, domésticos ou em outros contextos, consoante a tabela 5 descrita abaixo.

Tabela 5 – Custos do Modelo Proposto e Equipamento Tradicional

Tipo de Dispositivo	Projeto (R\$)	Proposto	Equipamento Tradicional (R\$)
Sensor de Temperatura	88,25		93,00 até 353,00
Sensor de Oximetria e Freq. Cardíaca	20,06		50,00 até 1500,00
Microcontrolador ESP32	23,27		–
Alerta Sonoro (Buzzer)	11,10		–
Conectores (Jumpers)	15,26		–
Protoboard	91,90		–
Resistor	2,70		–
Total	252,54		–

Fonte: Aatoria própria (2025).

O presente projeto oferece uma alternativa acessível, com a facilidade de mobilidade do dispositivo com a finalidade de promover uma certa independência ao equipamento tornando-o uma solução prática e eficiente para o modelo de monitoramento, coleta e análise de sinais vitais. A tabela acima representa a estrutura de custos do modelo proposto, que apresenta os seguintes elementos: sensor de temperatura, sensor de oximetria e frequência cardíaca, microcontrolador ESP32, alerta sonoro (buzzer), conectores (jumper), protoboard, resistor, e outros componentes para conexões, observa-se que o custo total, estimado, é de 252,54 reais constituindo um diferencial em termos de custos em relação aos equipamentos tradicionais pois, o modelo proposto integra três sensores em si, constituindo uma vantagem. Um outro aspecto que fará com que os custos finais reduzam, esta relacionado com a possibilidade de aquisição de componentes do modelo em grande escala que, muitas vezes resulta em bonificações (redução de custos) para o cliente constituindo assim, em vantagem comparativa.

Quanto a métodos tradicionais existentes no mercado, tem Oxímetro Portátil da GS-Pulse Pro - Gaslive que custa 1.315,80, é indicado para medir a quantidade de oxigênio na cor-

rente sanguínea, servindo também para monitorar a frequência cardíaca. A tecnologia MoveOxy SpO2 fornece monitoramento preciso mesmo com baixa perfusão; monitoramento confiável em relação à movimentação; monitoramento sensível frente a sinais de pulso fraco (Ltda, 2025).

Figura 14 – Oxímetro Portátil



Fonte: Ltda (2025).

Características do produto Comercial

- Leve, pequeno e fácil de transportar com capa de silicone para proteção.
- Medição de SpO2, frequência de pulso e temperatura (opcional).
- Curva pletismográfica e exibição do PI (Índice de Perfusão).
- Até 580 horas de armazenamento de dados internamente.
- Possibilidade de cadastro de 16 usuários diferentes.
- Desligamento automático e modo economia de energia.
- Autonomia de bateria de até 18 horas com menos de 6 horas para carregamento completo.

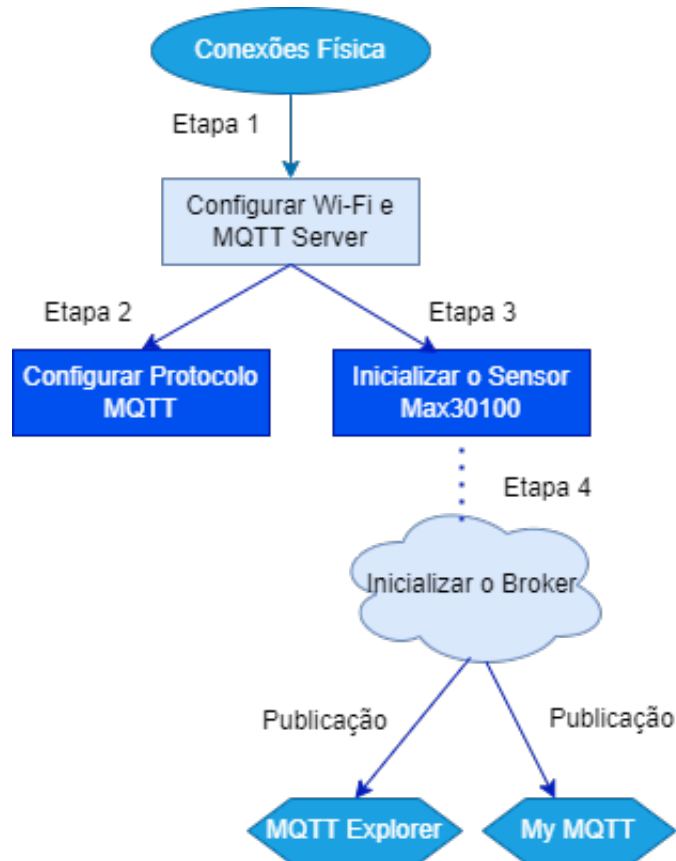
O sensor comercial destaca-se pelas seguintes funções, o equipamento desliga de forma automática após três minutos sem coleta de dados ou sem uso, o armazenamento interno tem a duração de até 580 horas. A conectividade via Bluetooth e a medição rápida (de até 5 segundos) e alerta sonoro ao final de cada leitura, características interessante que o tornam adequado para ambientes hospitalares. Por outro lado, o sensor utilizado no presente projeto além de oferecer a medição contínua, de frequência cardíaca e saturação de oxigênio no sangue, tem integração com o microcontrolador ESP32 e outros componentes de baixo custo. A transmissão de dados é feita em tempo real via protocolo MQTT, e o alerta sonoro buzzer para emitir alerta sonora em caso dos dados estiverem fora dos parâmetros normais estabelecidos. Apesar do projeto não possuir armazenamento interno nem desligamento automático, o sensor proposto demonstrou ser eficaz, acessível e funcional.

5.1 Construção do modelo

Para a construção do modelo seguiu-se um roteiro, nesse caso, ele esta constituído por 4 passos fundamentais, nomeadamente;

Primeiro Passo constituiu na conexão da física do protótipo, configuração rede Wi-Fi, parametrização de dados e configuração do servidor MQTT garantindo assim que houvesse como ligação entre hardware e o software, falando concretamente do servidor na nuvem, Segundo Passo se concentrou na configuração do protocolo MQTT, incluindo os tópicos para SpO2 (saturação de oxigênio no sangue) e BPM. (batimentos cardíacos), Terceiro Passo, na inicialização do sensor MAX30100 para começar a capturar os dados. E por ultimo o Quarto Passo, que teve como foco a configuração e verificação do broker Mosquitto e publicação de dados nos dispositivos moveis como celular e computador, como descrito na figura 15.

Figura 15 – Estrutura do Projeto



Fonte: Autoria própria (2025).

- Primeiro Passo

Após as conexões físicas entre o arduino e o sensor MAX30100 terem sido realizadas, a programação foi implementada no arduino IDE, que é um software de código aberto que facilita a escrita de código e o upload para a placa. Este software pode ser utilizado com qualquer

placa arduino (Fezari; Dahoud, 2018). Além de ser um programa de código aberto ele é gratuito e personalizável de acordo com preferências do usuário, ele é também conhecido pela sua simplicidade falando concretamente da interface intuitiva e fácil de aprender entre inúmeras vantagens existentes.

Figura 16 – Configuração do wifi e definição o mqtt Serve

```
// Definições de rede e broker MQTT
const char *ssid = "NET_2G AP 3";
const char *password = "032754052";
const char *mqtt_server = "192.168.0.175";
```

Fonte: Aatoria própria (2025).

A rede utilizada para permitir a conexão do Arduino à internet, foi a banda 2.4GHz, pois a placa do ESP capta sinais menores, e o espectro 2.4GHz possui uma banda de frequência mais baixa, onde, sua onda possui amplitude maior, isso, faz com que ela supere obstáculos com mais facilidade e portanto, o seu alcance útil é bem maior ao contrário da internet 5GHz, que possui bandas de frequência maior, a amplitude de sua onda é menor, portanto, possui menor alcance (Brito 2024). Essa escolha garantiu uma conexão mais estável, permitindo que o ESP32 se conectasse de forma funcional. Com a frequência máxima de 2,4 GHz, Isso é considerado um consumo baixo, o que é uma vantagem, especialmente para dispositivos portáteis que dependem de baterias, nesse caso o arduino (Sulaiman; Khan, 2002). Quanto a Compatibilidade, muitos dispositivos IoT são projetados para se conectar a uma ampla variedade de redes, e a banda de 2,4 GHz é suportada por quase todos os roteadores e pontos de acesso. (ESP32..., 2023)

Além disso, verifiquei que tanto o computador quanto o arduino tinham que estar conectados à mesma rede ou seja na mesma internet 2.4GHz, o que foi essencial para garantir a comunicação entre o dispositivo e o servidor MQTT. Quanto ao servidor MQTT, foi definido a partir do IP da máquina. O IP utilizado foi o 192.168.0.175, conforme descrito na figura 17.

Figura 17 – IP da máquina

```
Connection-specific DNS Suffix . :
IPv6 Address. . . . . : 2804:14d:4684:862a::1000
IPv6 Address. . . . . : 2804:14d:4684:862a:5e1a:3831:3a23:6750
Temporary IPv6 Address. . . . . : 2804:14d:4684:862a:e832:bd81:692d:7c67
Link-local IPv6 Address . . . . . : fe80::cec5:3370:54d4:903a%6
IPv4 Address. . . . . : 192.168.0.175
Subnet Mask . . . . . : 255.255.255.0
Default Gateway . . . . . : fe80::962c:b3ff:fe48:27e8%6
                          192.168.0.1
```

Fonte: Aatoria própria (2025).

A verificação do Ip da maquina foi feita apartir do *command prop* do windows como administrador com o seguinte comando *ipconfig*.

Nesse caso concreto, o ip da máquina serve como um identificador único dentro da rede local, que permite que o arduino ou qualquer outro dispositivo dentro da rede envie e receba dados do broker Mqtt.

As parametrizações foram definidas consoante as descrições a seguir, os dados de frequência cardíaca de um adulto saudável cujo o mínimo varia de 60 bpm e o máximo de 100 bpm, o do nível de oxigênio no sangue cujo o mínimo é de 95% e máximo de 100% e por fim a temperatura que podem ser influenciável por diversos factores nesse caso, a idade, o horário do dia, local da medicação, etc. mais de uma forma geral a temperatura corporal normal varia entre 36°C e 37,2°C. A seguir apresenta-se a figura 18, que mostra como esses dados foram parametrizados no arduino IDE.

Figura 18 – Parametrização de dados

```
#define FREQ_CARDIACA_MIN 60
#define FREQ_CARDIACA_MAX 100
#define SPO2_MIN 95
#define SPO2_MAX 100
```

Fonte: Autoria própria (2025).

- Segundo Passo

É importante ressaltar que a configuração do protocolo MQTT é fundamental no presente trabalho porque ele é a chave para a comunicação entre os dispositivos em um sistema IoT (Internet das Coisas). então, O protocolo Mqtt garante que os dados consigam ser trocados de forma rápida e eficiente, sem sobrecarregar a rede.

Portanto a porta alocada é a 1883, que é a porta padrão para comunicação com o protocolo MQTT. O broker MQTT se conecta ao ESP32Client, e caso a conexão falhe, o ESP32 entra em um loop que tenta a cada 5 segundos até conseguir se conectar como ilustra a imagem a seguir.

Figura 19 – Configuração do Protocolo MQTT

```
// Configuração do broker MQTT
client.setServer(mqtt_server, 1883);

// conectar ao broker MQTT
while (!client.connected()) {
  Serial.print("Tentando conexão MQTT...");
  if (client.connect("ESP32Client")) {
    Serial.println("Conectado ao broker MQTT!");
  } else {
    Serial.print("Falha na conexão. rc=");
    Serial.print(client.state());
    Serial.println(" Tentando novamente em 5 segundos...");
    delay(5000);
  }
}
```

Fonte: Autoria própria (2025).

- Terceiro Passo

Inicialização do sensor Max30100 para detectar o batimento cardíaco e a saturação de oxigênio no sangue, após a configuração do Wi-Fi, da parametrização de dados e do protocolo MQTT. Então, caso a inicialização falhe, aparecerá no monitor que a inicialização falhou; caso contrário, o sensor será inicializado com sucesso.

Figura 20 – Inicialização do sensor Max30100

```
// Inicialização o sensor PulseOximeter
Serial.print("Inicializando o oxímetro de pulso...");
if (!pox.begin()) {
  Serial.println("Falha ao inicializar o sensor!");
  while (1);
} else {
  Serial.println("Sensor inicializado com sucesso!");
}
```

Fonte: Autoria própria (2025).

- Inicialização do broker Mosquitto

Após baixar o protocolo Mqtt da internet, inicializou-se o broker mosquitto com a finalidade de gerenciar a comunicação entre os dispositivos. Sem o broker, a troca de dados entre dispositivos como telemóveis, tablet, computador, etc. não ocorre.

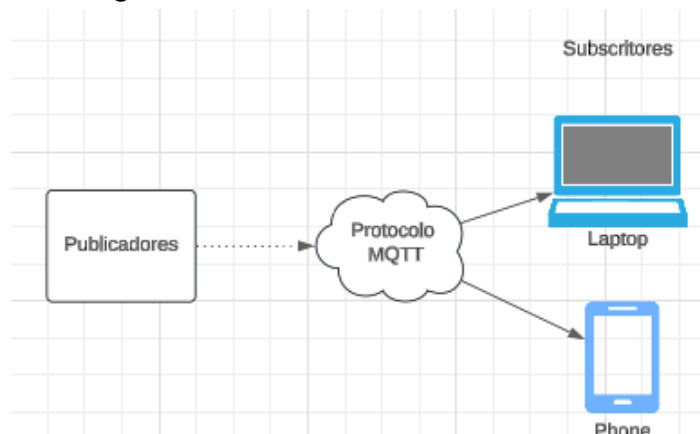
Figura 21 – Broker Mosquitto

```
C:\Program Files\mosquitto>net start mosquitto
The Mosquitto Broker service is starting.
The Mosquitto Broker service was started successfully.
```

Fonte: Autoria própria (2025).

Depois que o Broker Mosquitto é inicializado, ele atua como uma distribuidora, recebendo as mensagens enviadas pelos publicadores e enviando para tópicos específicos, nesse caso os subscritores, como é demonstrado abaixo na figura 21.

Figura 22 – Funcionamento Protocolo MQTT



Fonte: Autoria própria (2025).

O comando abaixo foi necessário porque o Mosquitto Broker estava configurado para escutar conexões apenas no endereço localhost (127.0.0.1), impedindo o acesso a dispositivos externos. O comando *Net interface portproxy add v4tov4 listenaddress = 192.168.0.175 listenport=1883 connectaddress= 127.0.0.1 connectport = 1883* ele cria um proxy que redireciona conexões de um endereço IP acessível na rede local (192.168.0.175) para o endereço interno (127.0.0.1) e porta 1883.

Figura 23 – proxy de redirecionamento

```
netsh interface portproxy add v4tov4 listenaddress=192.168.0.175 listenport=1883 connectaddress=127.0.0.1 connectport=1883
```

Fonte: Autoria própria (2025).

Logo após foi possível visualizar a partir do comando: *Netsh interface portproxy show all* o direcionamento feito, como esta descrito na imagem abaixo

Figura 24 – Funcionamento Protocolo MQTT

```
C:\Program Files\mosquitto>netsh interface portproxy show all

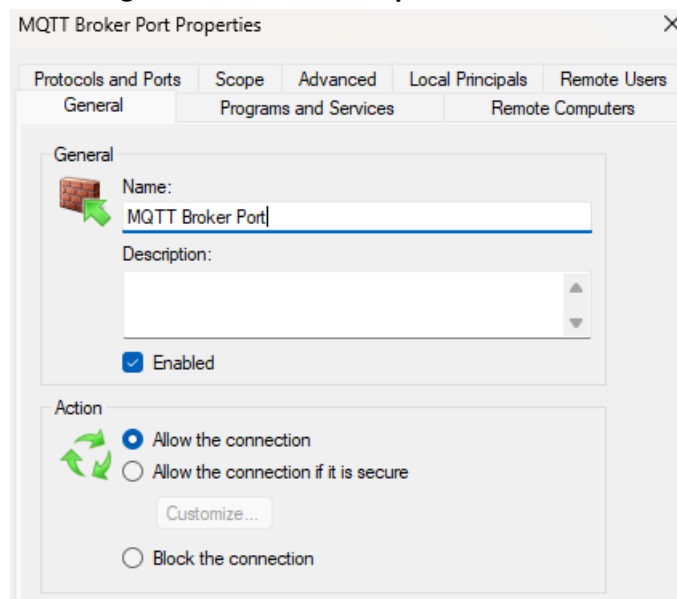
Listen on ipv4:          Connect to ipv4:
Address                  Port                   Address                 Port
-----
192.168.0.175           1883                   127.0.0.1               1883
```

Fonte: Autoria própria (2025).

- Permissões para a Porta 1883

Para permitir que os dispositivos se comunicassem com o broker, foi necessário habilitar a porta 1883. Isso significa, autorizar a porta para que pudesse estabelecer comunicação com qualquer dispositivo. Essa configuração foi realizada no Windows Defender Firewall, conforme mostrado na figura 25.

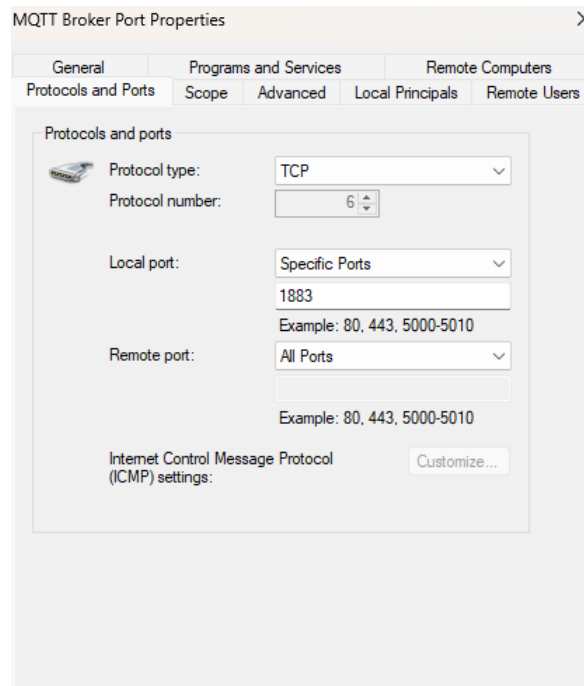
Figura 25 – Permissões para a Porta 1883



Fonte: Autoria própria (2025).

As configurações apresentadas na figura 26 estão definidas com os seguintes parâmetros :

- Type protocol que é utilizado o tcp (Transmission Control Protocol) é essencial para a entrega correta de dados entre os dispositivos.
- Remote Port: All Ports (Todas portas remotas estão permitidas)
- Local Port: Specific Port (A porta especifica definida foi 1883)

Figura 26 – Permissões para a Porta 1883

Fonte: Autoria própria (2025).

- Testes entre o Subscritor e o Publicador

Em seguida, realizaram-se os testes entre o subscritor e o publicador na mesma máquina, porém em comandos Prompt diferentes, com a finalidade de verificar se eles conseguiam se comunicar entre si. A mensagem enviada pelo publicador foi "Mensagem de teste" e a mensagem foi recebida pelo subscritor no mesmo instante.

Figura 27 – Mensagem enviada pelo publicador

```
C:\Program Files\mosquitto>mosquitto_pub -h 127.0.0.1 -t test -m "Mensagem de teste"
```

Fonte: Autoria própria (2025).

Figura 28 – Mensagem recebida pelo subscritor

```
C:\Program Files\mosquitto>mosquitto_sub -h 127.0.0.1 -t test
Mensagem de teste
```

Fonte: Autoria própria (2025).

Após todas as configurações, tanto no Command Prompt quanto no Arduino IDE, tanto quanto no Firewall, a mensagem exibida no Arduino IDE após a compilação do código é a seguinte: o Wi-Fi foi conectado com sucesso, seguido pela exibição do endereço IP da rede à qual o computador está conectado. Por fim, o broker MQTT também foi conectado com sucesso.

Figura 29 – Informação exibida no Arduino IDE

```
16:47:15.845 -> WiFi conectado!
16:47:15.845 -> Endereço IP: 192.168.0.39
16:47:15.845 -> Tentando conexão MQTT...Conectado ao broker MQTT!
```

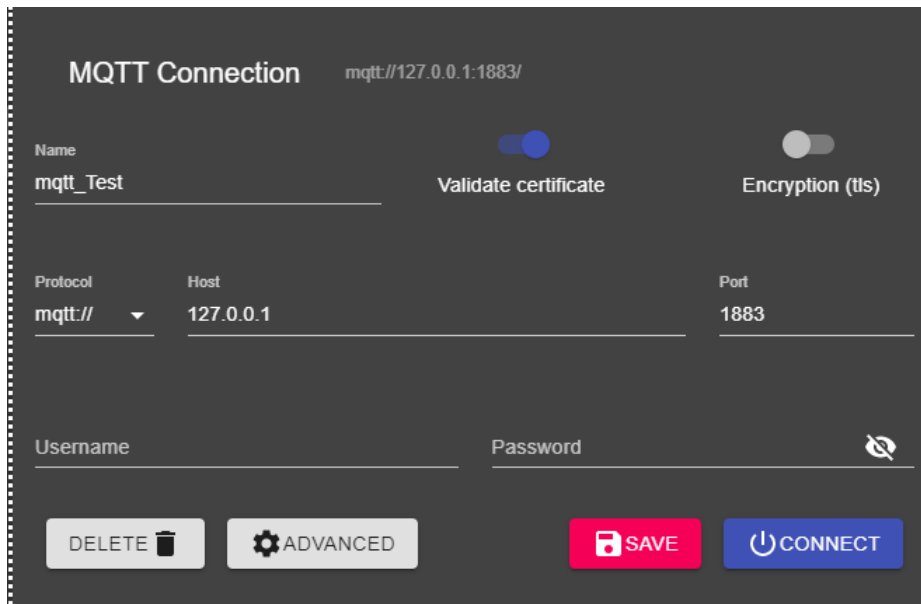
Fonte: Autoria própria (2025).

- Quarto Passo

MQTT Explorer é uma ferramenta gráfica que permite visualizar e interagir com as mensagens publicadas em tópicos MQTT. Ele facilita na depuração e a validação das mensagens trocadas entre o gateway e o broker. Ele oferece uma interface intuitiva para monitorar tópicos, mensagens e a estrutura de tópicos de forma hierárquica (MQTT EXPLORER, 2024).

O MQTT Explorer ajuda de forma mais intuitiva a visualizar os dados que vão ser transmitidos pelos sensores de batimentos cardíacos, oximetria e temperatura, contudo para a ligação com o broker, foi necessário adicionar o localhost (127.0.0.1) e a porta do mqtt (1883).

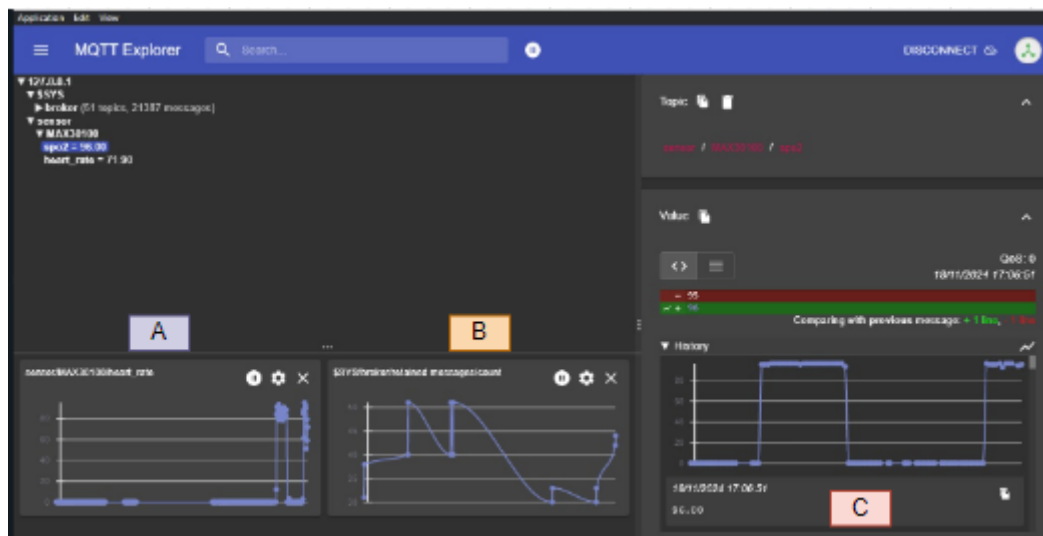
Figura 30 – MQTTExplorer



Fonte: Autoria própria (2025).

Foi possível visualizar os dados do sensor Max30100, neste caso, os dados de batimentos cardíacos e a saturação de oxigênio no sangue. Inicialmente, o teste foi realizado em mim mesma para comprovar que o sensor estava, de fato, em funcionamento. É importante salientar que, com a inicialização do broker, já era possível observar os dados do sensor diretamente no Mosquitto, por meio dos subscritores. No entanto, devido à existência de ferramentas mais intuitivas e com interfaces mais amigáveis, foi instalado o MQTT Explorer para facilitar a visualização e o acompanhamento dos dados.

Figura 31 – MQTTExplorer

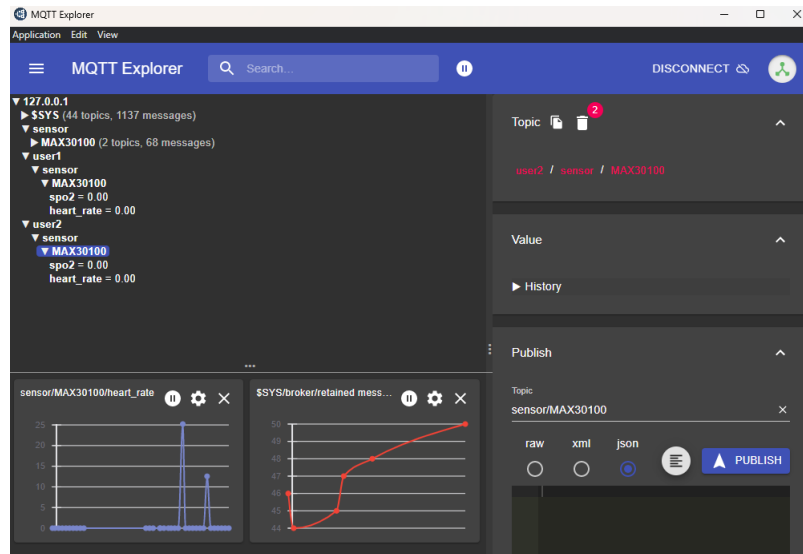


Fonte: Autoria própria (2025).

A figura 31, no gráfico mostra, o histórico dos valores do oximetria (spO2) e batimento cardíaco (heart rate) que estão a ser exibidos, mostrando a variação ao longo do tempo. O gráfico **A**, mostra o histórico de oximetria (spO2) e batimentos cardíacos, com períodos de medição estáveis quando os dados estavam a ser coletados nesse caso, quando o dedo estava no sensor, e quedas bruscas quando não haviam contato, nesse caso, quando o dedo não estava no sensor. O gráfico **B**, mostra a evolução dos valores do broker ao longo do tempo, ressaltando que quando o dedo foi retirado, o sensor parou de captar dados, e o gráfico caiu para 0. e por fim o gráfico **C** o sensor Max30100 mostra o períodos de medição estáveis e instáveis tanto para oximetria e o batimento cardíaco.

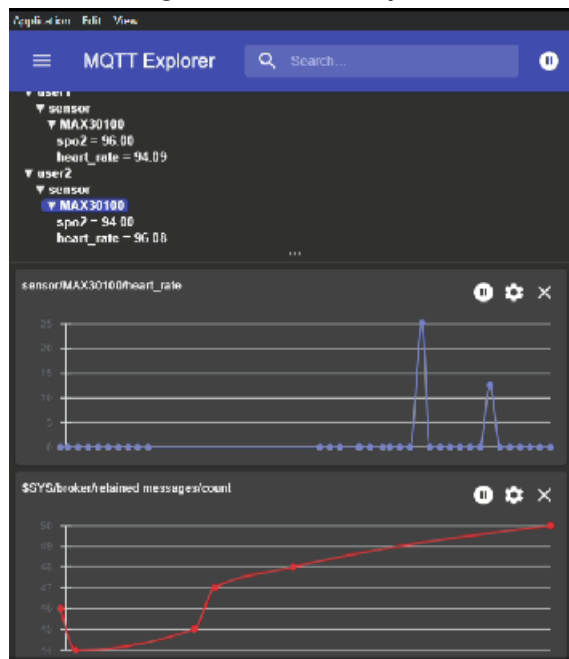
Optou-se por configurar dois usuários enviando dados simultaneamente, com o objetivo de verificar a possibilidade de atrasos ou avaliar a eficiência na transmissão e visualização das mensagens.

Figura 32 – MQTTExplorer



Fonte: Autoria própria (2025).

Figura 33 – MQTTExplorer



Fonte: Autoria própria (2025).

Na concepção do protótipo, tudo culminou com a verificação, após testes, da eficácia do sistema, tendo-se verificado o sucesso na realização das etapas. Também é possível visualizar a publicação de dados em dispositivos como telemóvel, que atualmente se tornou bastante popular devido às suas vantagens e facilidades. Foi necessário baixar o aplicativo MyMqtt e, em seguida, inserir o número do host (neste caso, 192.168.0.175) e o número da porta. Inicialmente, o acesso ao IP havia sido restringido por questões de segurança, mas, a partir do Notepad, na configuração do Mosquitto, foi possível modificar para `max_inflight_messages`, que tem como

função definir o número máximo de mensagens que o broker pode ter em trânsito de cada cliente simultaneamente. Em seguida, salvei as alterações e reiniciei o broker.

Figura 34 – MosquittoConfig

```
# The maximum number of QoS 1 and 2 messages
to hold in a queue per client
# above those that are currently in-flight.
Defaults to 1000. Set
# to 0 for no maximum (not recommended).
# See also queue_qos0_messages.
# See also max_queued_bytes.
#max_queued_messages 1000
max_inflight_messages 100
```

Fonte: Autoria própria (2025).

Importante salientar também, que o celular esta mesma rede, ou seja o celular, computador e ESP32 devem estar na mesma rede porque o protocolo MQTT funciona dentro de uma mesma rede local. Quando estão na mesma rede, eles conseguem se comunicar diretamente com o broker MQTT (como o Mosquitto) usando IP (como: 192.168.0.175). Se estiverem em redes diferentes, a comunicação poderia ser bloqueada por firewalls ou roteadores. Manter todos os dispositivos na mesma rede facilita a conexão e o envio de dados sem problemas.

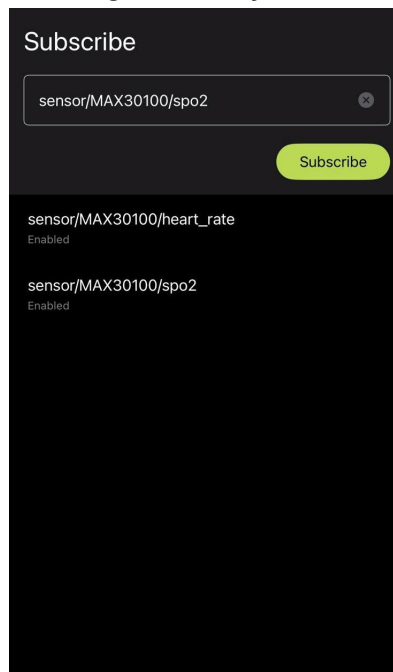
As imagens referenciadas nas Figuras 35 e 36 ilustra a tela do aplicativo MyMQTT, utilizado para a visualização dos dados coletados. Nas imagens, é possível observar a publicação e a leitura em tempo real dos valores de saturação de oxigênio no sangue (SpO2) e frequência cardíaca, que são transmitidos a partir dos sensores por meio do protocolo MQTT. A interface mostra os dados de forma organizada, facilitando o acompanhamento contínuo dos sinais vitais.

Figura 35 – MyMQTT



Fonte: Autoria própria (2025).

Figura 36 – MyMQTT



Fonte: Autoria própria (2025).

Certificou-se também de atribuir os tópicos para receber a devida mensagem. Os tópicos que foram adicionados no subscribe foram:

Usuário 1

- SPO2_TOPIC "user1/sensor/MAX30100/spo2"
- HEART_RATE_TOPIC "user1/sensor/MAX30100/heart_rate"

Usuário 2

- SPO2_TOPIC "user2/sensor/MAX30100/spo2"
- HEART_RATE_TOPIC "user2/sensor/MAX30100/heart_rate"

Na concepção do protótipo, tudo culminou com a verificação, após testes, da eficácia da concepção, tendo-se verificado o sucesso na realização das etapas.

5.2 Resultados dos Estudos Semelhantes ao Trabalho Proposto

Quanto aos resultados do estudo de (Zin; Adib, 2024), o equipamento PreeCASE apresentou precisão, eficácia e consistência na medição de frequência cardíaca (97%), SpO (96%), temperatura e peso comparando com os equipamentos comerciais existentes no mercado. Além disso, integrou GPS, RFID, alarme sonoro e app móvel, permitindo também monitoramento em tempo real. Concluiu-se que a solução desenvolvida é eficaz e seguro para o cuidado de bebês prematuros.

Para o (Aranda, 2016), A validação do sistema foi realizada pelas atletas da equipe de vôlei da Universidade Feevale com as coletas feitas, antes e depois dos treinos. Os resultados demonstraram que o protótipo foi funcional, conseguindo, coletar e transmitir os dados com precisão, além de permitir que o treinador acompanhasse em tempo real a evolução dos parâmetros fisiológicos dos atletas diretamente pelo celular ou tablet.

O (Mohammed; Hasan, 2023) Após as conexões físicas devidamente feitas, os sensores passaram a coletar dados com precisão, que foram processados e encaminhados a um servidor MySQL. O equipamento foi testado em 30 pessoas em estado de repouso, foram divididas entre indivíduos saudáveis e não saudáveis, abrangendo diferentes idades e gêneros. Os valores de saturação de oxigênio no sangue, frequência cardíaca e temperatura corporal foram enviados em tempo real por meio de um aplicativo móvel. Quando algum parâmetro ultrapassava os limites normais, o sistema enviava automaticamente um alerta via SMS para médicos, enfermeiros e familiares, incluindo a localização do paciente, o que auxiliava no envio rápido de uma ambulância.

O sistema de monitoramento do (Ahsanuzzaman; Ahmed; Rahman, 2020), utilizou algoritmos de aprendizado de máquinas, especialmente redes neurais recorrentes com LSTM, treinados com o banco de dados MIT-BIH. Como resultado, alcançou 97,57% de acurácia na predição de arritmias, com erro quadrático médio de 0,004 e baixo custo total (USD 58). Além disso, utilizou-se no sistema, dispositivos de baixo consumo computacional, o que o torna viável para uso em dispositivos portáteis.

O estudo de (Sameh *et al.*, 2020), Apresenta uma estrutura baseada no sensor MAX30102, o teste foi feito em dez indivíduos de faixa etária e gêneros diferentes, usando como equipamento de referência o pulso comercial Xme231 para comparação e verificação da

precisão de dados obtidos. Os resultados alcançados pelo sensor MAX30102 apresentaram erro padrão entre 1% e 2% tanto para a medição de frequência cardíaca quanto para a saturação de oxigênio no sangue, o valor semelhante ao dispositivo comercial. mostrando assim, a confiabilidade do sistema desenvolvido.

O presente estudo utilizou dois sensores Max30100, e foi testado apenas em um indivíduo, o que limita em termos estatísticos os resultados. E mesmo com essa limitação, o modelo mostrou um bom desempenho na coleta e transmissão de dados em tempo real, sem ocorrência de atrasos perceptíveis durante a comunicação. Importante salientar também, ao contrário do estudo de referência que usou o bluetooth para a comunicação de dados, este modelo utilizou o protocolo MQTT para a transmissão dos sinais vitais e a internet 2G, o qual se mostrou eficiente adequado para aplicações de monitoramento remoto em tempo real

5.3 Considerações Finais

O Presente trabalho propôs o desenvolvimento do modelo de monitoramento, coleta e análise de sinais vitais utilizando tecnologias acessíveis, o projeto trouxe desafios e avanços que foram fundamentais para a evolução do projeto. A metodologia utilizada foi a revisão sistemática baseada (Kitchenham *et al.*, 2009), que inicialmente se delimitou o período dos últimos cinco anos. Essa abordagem teve como vantagem sua praticidade e a veracidade na organização dos trabalhos relacionados, de acordo com as palavras-chave, o que ajudou a verificar os estudos mais recentes sobre o tema e a identificar os sistemas já utilizados.

5.3.1 Em relação aos objetivos específicos:

- Etapa 1: Foi possível projetar um modelo eficiente de monitoramento de sinais. Na coleta de dados, para melhorar a precisão na colecta de dados, foi necessária a redução de ruídos. Retirou-se os resistores da placa do sensor e adicionou-se os resistores externos de 4.7k cada, o que reduziu significativamente os ruídos e melhorou a precisão das leituras. Contudo, não foi implementado o sensor de temperatura devido a limitações de tempo.
- Etapa 2: Também foi realizada com sucesso. As simulações de transferência de dados para a nuvem, utilizando o protocolo MQTT e o Mosquitto. O MQTT Explorer e MyMQTT auxiliaram na visualização dos dados coletados.
- Etapa 3: A técnica de parametrização de batimentos cardíacos e oximetria foi aplicada com sucesso utilizando a plataforma Arduino IDE.
- Etapa 4: Foram realizados os testes e validados com sucesso, o sistema de monitoramento de sinais vitais, nomeadamente: batimentos cardíacos e oximetria conseguiram garantir que as leituras dos dados tivessem corretas e consistentes com os valores esperados, tanto na nuvem na ferramenta MQTT explorer, quanto no MyMQTT em tempo real.
- Etapa 5: Os sensores tradicionais, falando concretamente dos sensores utilizados para a medição de oximetria e temperatura, são ligeiramente mais caros em comparação aos sensores proposto neste trabalho. Contudo, o sensor de oximetria utilizado demonstrou ser eficiente e preciso na coleta dos dados, validando assim, a viabilidade técnica do presente trabalho. Portanto essa fase foi concluída com sucesso.

5.4 Proposta Para Trabalhos Futuros

- **Integração de Sensores Adicionais:**

Embora o sistema desenvolvido no presente estudo tenha demonstrado eficácia e eficiência na coleta e análise de dados no sensor de batimentos cardíacos e oximetria, para um trabalho futuro poderia expandir a quantidade de sensores integrados como por exemplo os temperatura, pressão arterial entre outros. Esses sensores adicionais permitiriam monitorar uma gama mais ampla de parâmetros fisiológicos, fornecendo uma visão mais completa e precisa do estado de saúde do usuário.

- **Integração com Outros Protocolos de Rede:**

O sistema atual utiliza o protocolo de rede MQTT, mas há uma oportunidade de aprimorar a comunicação com a nuvem e outros dispositivos por meio da integração de novos protocolos de rede, como o CoAP.

- **Testes com Diferentes tipos de Ferramentas para a Visualização de Dados (ou Dashboards):**

O sistema poderia ser aprimorado com a integração de diferentes tipos de ferramentas ou dashboards para exibição e análise dos dados coletados. Atualmente, o sistema utiliza um a ferramenta para a visualização de dados MQTTExplorer para Computador e tablet e o MyMQTT para telemóveis, mas para os futuros trabalhos poderiam testar outras soluções de visualização, como por exemplo o dashboards interativos em tempo real ou outras ferramentas como Node-RED. A avaliação de dashboards alternativos poderia fornecer insights sobre a melhor interface de usuário e a forma mais eficaz de apresentar os dados, tanto para profissionais da saúde quanto para os usuários.

REFERÊNCIAS

- ADAME, T. *et al.* Cuidats: An rfid–wsn hybrid monitoring system for smart health care environments. **Future Generation Computer Systems**, v. 78, p. 602–615, 2018. ISSN 0167-739X. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167739X16308007>.
- AHSANUZZAMAN, S.; AHMED, T.; RAHMAN, M. A. Low cost, portable ecg monitoring and alarming system based on deep learning. In: IEEE. **2020 IEEE Region 10 Symposium (TENSYP)**. [S.l.], 2020. p. 316–319.
- AL-ZIDI, N. M. *et al.* Smart system for real-time remote patient monitoring based on internet of things. In: IEEE. **2021 2nd International Conference on Computational Methods in Science & Technology (ICCMST)**. [S.l.], 2021. p. 1–6.
- ALBERTIN, A. L.; ALBERTIN, R. M. de M. A internet das coisas irá muito além as coisas. **GV-executivo**, v. 16, n. 2, p. 12–17, 2017.
- ALSHAMMARI, H. H. The internet of things healthcare monitoring system based on mqtt protocol. **Alexandria Engineering Journal**, Elsevier, v. 69, p. 275–287, 2023.
- ARANDA, J. A. S. **Internet das coisas: um protótipo usando a plataforma de prototipagem Arduino e a placa eHealth para a coleta de sinais vitais**. 2016. Dissertação (Mestrado) — Universidade Feevale, 2016. Disponível em: https://tconline.feevale.br/tc/files/0001_4229.pdf.
- ARANDA, J. A. S.; BEZ, M. R.; CARVALHO, J. V. de. Desenvolvimento e validação de um protótipo para a coleta de sinais vitais. In: SBC. **Anais do XVII Workshop de Informática Médica**. [S.l.], 2017.
- ATMOKO, R. A.; RIANINI, R.; HASIN, M. K. lot real time data acquisition using mqtt protocol. In: IOP PUBLISHING. **Journal of Physics: Conference Series**. [S.l.], 2017. v. 853, n. 1, p. 012003.
- BHAVSAR, K. **Streaming Flutter Events With Mosquitto MQTT Broker**. 2022. Disponível em: <https://betterprogramming.pub/streaming-flutter-events-with-mosquitto-mqtt-broker-28998a3b81c2>.
- Blog-Multcomercial. **Protoboard: o que é e como usar**. s.d. Acesso em: 04 out. 2024. Disponível em: <https://ipelab.ufg.br/n/156373-protoboard-o-que-e-e-como-usar>.
- BORGES, G. d. M. **Estudo e aplicação de diferentes métodos para redução de falsos alarmes no monitoramento de frequência cardíaca**. 2015. Dissertação (Dissertação de

Mestrado) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, 2015. Acesso em: 18 jul. 2025. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/141939>.

BORGES, G. S. *et al.* Proposta teórica de prototipagem para auxílio no monitoramento e alarme de frequência cardíaca, oximetria e temperatura com foco em idosos em casas de repouso. **Revista Contemporânea**, v. 4, n. 4, p. e3982–e3982, 2024.

BRONZINO, J. D. **The Biomedical Engineering Handbook 1**. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2000. Google-Books-ID: 6bK84ZHFuW4C. ISBN 978-3-540-66351-5.

BURATTO, D. F. **Plataforma de baixo custo para aquisição e monitoramento de sinais vitais**. 2023. Dissertação (Dissertação de Mestrado) — Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC-Campinas), 2023. Acesso em: 18 jul. 2025. Disponível em: <http://repositorio.sis.puc-campinas.edu.br/xmlui/handle/123456789/17030>.

CACPNRJ, P. **Interface do sensor oxímetro de pulso MAX30100 com Arduino**. 2021. Disponível em: <https://capsistema.com.br/index.php/2021/01/13/interface-do-sensor-oximetro-de-pulso-max30100-com-arduino/>. Acesso em: 22 maio 2024.

CALIL, R. C. C.; ARRUDA, S. L. S. Discussão da pesquisa qualitativa com ênfase no método clínico. **Método qualitativo: epistemologia, complementariedades e campos de aplicação**, Vetor São Paulo, p. 173–213, 2004.

CARAMÉS, T. M. F.; LAMAS, P. F. A review on the use of blockchain for the internet of things. **IEEE Access**, v. 6, p. 32979–33001, 2018.

CASTRO, G. d. **IoT DevKit - 12. Envio de Dados por MQTT**. 2022. <https://www.robocore.net/tutoriais/iot-devkit-envio-dados-mqtt>. Accessed: 2025-1-6.

CIA, A. e. **Como usar o Sensor de Temperatura MLX90614**. 2019. Disponível em: <https://www.arduinoecia.com.br/sensor-de-temperatura-mlx90614-arduino/>.

CIFUENTES, J. *et al.* Air temperature forecasting using machine learning techniques: a review. **Energies**, MDPI, v. 13, n. 16, p. 4215, 2020.

CIP. **Faltam medicamentos e material médico-cirúrgico nas unidades sanitárias – CIP – Centro de Integridade Pública**. 2022. Disponível em: <https://www.cipmoz.org/pt/2022/03/10/faltam-medicamentos-e-material-medico-cirurgico-nas-unidades-sanitarias/>.

CONCONE, F.; RE, G. L.; MORANA, M. A fog-based application for human activity recognition using personal smart devices. **ACM Transactions on Internet Technology (TOIT)**, ACM New York, NY, USA, v. 19, n. 2, p. 1–20, 2019.

DHRUBA, A. R. *et al.* [retracted] development of an iot-based sleep apnea monitoring system for healthcare applications. **Computational and Mathematical Methods in Medicine**, Wiley Online Library, v. 2021, n. 1, p. 7152576, 2021.

Eleto Parts. **Protoboard 2.420 furos com 4 bornes MP-2420A Minipa**. s.d. Acesso em: 04 out. 2024. Disponível em: <https://www.eleto.parts/componentes.com.br/produto/protoboard-2-420-furos-com-4-bornes-mp-2420a-minipa/>.

ENGINEERS, L. M. **Interfacing MAX30100 pulse oximeter and heart rate sensor with Arduino**. 2022. Disponível em: <https://lastminuteengineers.com/max30100-pulse-oximeter-heart-rate-sensor-arduino-tutorial/>. Acesso em: 2024-05-22.

ESP32 WiFi: Can It Connect to 5GHz? Comprehensive Guide. 2023. <https://www.espboards.dev/blog/connect-esp32-to-5ghz-wifi/>. Acesso em: 2025-02-27.

FARROKHI, A. *et al.* Application of internet of things and artificial intelligence for smart fitness: A survey. **Computer Networks**, Elsevier, v. 189, p. 107859, 2021.

FEZARI, M.; DAHOUD, A. A. Integrated development environment “ide” for arduino. **WSN applications**, ResearchGate, v. 11, p. 1–12, 2018.

FOUNDATION, E. **An open source MQTT broker**. 2025. Acesso em: 18 jul. 2025. Disponível em: <https://mosquitto.org>.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo: Atlas, 2002**. [s.n.], 2008. v. 6. Disponível em: <https://scholar.google.com/scholar?cluster=9088290224130122306&hl=en&oi=scholar>.

GONSALVES, A. dos S.; SISCOOTTO, R. A. Solução de baixo custo para o monitoramento de sinais vitais, em tempo real, fazendo uso de sensores e arduino. In: **Colloquium Exactarum. ISSN: 2178-8332**. [S.l.: s.n.], 2020. v. 12, n. 2, p. 102–118.

HAMIDI, H.; FAZELI, K. Using internet of things and biosensors technology for health applications. **IET Wireless Sensor Systems**, Wiley Online Library, v. 8, n. 6, p. 260–267, 2018.

HELM, J. M. *et al.* Machine learning and artificial intelligence: definitions, applications, and future directions. **Current reviews in musculoskeletal medicine**, Springer, v. 13, p. 69–76, 2020.

HUSSAIN, A.; ZAFAR, K.; BAIG, A. R. Fog-centric iot based framework for healthcare monitoring, management and early warning system. **IEEE Access**, IEEE, v. 9, p. 74168–74179, 2021.

HWANG, K. *et al.* Modification of mosquito broker for delivery of urgent mqtt message. In: IEEE. **2019 IEEE Eurasia Conference on IOT, Communication and Engineering (ECICE)**. [S.l.], 2019. p. 166–167.

KAMATH, M. V.; WATANABE, M.; UPTON, A. **Heart rate variability (HRV) signal analysis: clinical applications**. [S.l.]: CRC Press, 2016.

KITCHENHAM, B. *et al.* Systematic literature reviews in software engineering—a systematic literature review. **Information and software technology**, Elsevier, v. 51, n. 1, p. 7–15, 2009.

KUMARI, A. *et al.* Fog computing for healthcare 4.0 environment: Opportunities and challenges. **Computers & Electrical Engineering**, Elsevier, v. 72, p. 1–13, 2018.

LI, C. *et al.* A review of iot applications in healthcare. **Neurocomputing**, Elsevier, v. 565, p. 127017, 2024.

LIPI, D. S. R. I.; BHAVIRISETTY, K. P.; GOLLA, S. Smart heart rate, oxygen level and temperature values monitoring with things peak. **Journal of Survey in Fisheries Sciences**, v. 10, n. 3S, p. 1636–1647, 2023.

LTDA, H. P. M. **Oxímetro Portátil com Sensor de Temperatura GS-Pulse Pro - Gaslive**. 2025. https://www.hplace.com.br/oximetro-portatil-com-sensor-de-temperatura-gs-pulse-pro---gaslive?srsltid=AfmBOor77Dj-SwuxFgEoE02vZ-D-F1_v-ujr4tDt6S6eGjdsBKbYhe8. Acesso em: 9 abr. 2025.

LUSA. **Moçambique desperdiça dinheiro em material hospitalar – DW – 19/04/2021**. 2024. Disponível em: <https://www.dw.com/pt-002/mo%C3%A7ambique-governo-desperdi%C3%A7a-dinheiro-em-material-m%C3%A9dico-em-plena-pandemia/a-57256800>.

MAGRANI, E. **A internet das coisas**. [S.l.]: Editora FGV, 2018.

MakerHero. **Sensor de temperatura IR MLX90614**. 2024. Disponível em: <https://www.makehero.com/produto/sensor-de-temperatura-ir-mlx90614/?srsltid=AfmBOooP8BKDEnQZ684TPuDqG34Xawink047kohZ-XkQUgxJLvNs7zXB>.

MakerHero. **Jumpers**. 2025. <https://www.makehero.com/categoria/prototipagem/jumpers/>. Accessed: 2025-01-14.

MAKIYAMA, M. **Placa ESP32: O que é, para que serve e uso!** 2023. Disponível em: <https://victorvision.com.br/blog/placa-esp32/>.

MARÃES, V. Frequência cardíaca e sua variabilidade: análises e aplicações. **Revista andaluza de Medicina del Deporte**, Centro Andaluz de Medicina del Deporte, v. 3, n. 1, p. 33–42, 2010.

MEDPREV, E. d. R. d. **Frequência cardíaca: como medir os batimentos.** 2022. <https://medprev.online/blog/saude/frequencia-cardiaca/>. Acesso em: 18 jul. 2025.

MEHL, A. **Como usar um Buzzer no NodeMCU.** 2023. *Medium*. Acesso em: 04 out. 2024. Disponível em: <https://medium.com/@arthurmehl/como-usar-um-buzzer-no-nodemcu-40b46973e99b>.

MELLO, M. **O que é protoboard: o que é, como funciona e para que serve.** 2024. <https://victorvision.com.br/blog/o-que-e-protoboard/>. Accessed: 2025-1-14.

MELO, D. D. d. A. TCC, **Transmissão sem fio de aferição da temperatura do corpo humano.** 2009. <https://repositorio.uniceub.br/jspui/handle/123456789/3245>. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia da Computação) – Centro Universitário de Brasília, Brasília.

MINAKAWA, R. *et al.* **Introdução ao Arduino.** Brasil: Grupo de Robótica, UFMS, 2012. Disponível em: <http://lscad.facom.ufms.br/wiki/index.php/Downloads>.

MOHAMMED, B. G.; HASAN, D. S. Smart healthcare monitoring system using iot. **Int. J. Interact. Mob. Technol.**, v. 17, n. 1, p. 141–152, 2023.

MONTEIRO, A. M. *et al.* Oximetria de pulso: Princípios de funcionamento e aplicações. **Revista Univap**, v. 22, n. 40, p. 76–76, 2016.

MORIBE, S. **Desenvolvimento de um sistema de monitoramento de sinais de ECG e temperatura utilizando dispositivos móveis.** 2016. Dissertação (Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica)) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2016. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/1939>.

MQTT protocol Introducing essentials: Part 1. [S.l.]: HiveMQ, 2015. <https://www.hivemq.com/blog/mqtt-essentials-part-1-introducing-mqtt/>. Accessed: 2025-1-7.

NASUTION, H. W.; HASANAH, D. R.; ASYHAR, R. Building employee health monitoring tool using iot oximeter in palm industry. **International Journal of Informatics and Computation**, v. 7, n. 1, p. 19–39, 2025.

NITZAN, M. *et al.* Measurement of oxygen saturation in venous blood by dynamic near infrared spectroscopy. **Journal of Biomedical Optics**, SPIE, v. 5, n. 2, p. 155–162, 2000.

OKELLO, W. J. *et al.* A survey of the current state of lightweight cryptography for the internet of things. In: **2017 International Conference on Computer, Information and Telecommunication Systems (CITS)**. [S.l.: s.n.], 2017. p. 292–296.

OLIVEIRA, C. L. V. *et al.* **Aprenda Arduino**. [s.n.], 2018. Disponível em: <https://clubedeautores.com.br/livro/aprenda-arduino>.

OLIVEIRA, E. **Como usar com Arduino - Sensor de Cor TCS230 (TCS3200) - BLOG MASTERWALKER SHOP**. 2019. Disponível em: <https://blogmasterwalkershop.com.br/arduino/como-usar-com-arduino-sensor-de-cor-tcs230-tcs3200>.

PARIKH, D. **Raspberry Pi and MQTT Essentials: A complete guide to helping you build innovative full-scale prototype projects using Raspberry Pi and MQTT protocol**. [S.l.]: Packt Publishing Ltd, 2022.

PONTOTEL. **IoT: entenda o que é a Internet das Coisas, como funciona e a sua importância!** 2024. Disponível em: <https://www.pontotel.com.br/iot/>.

QUINCOZES, S.; EMILIO, T.; KAZIENKO, J. Mqtt protocol: fundamentals, tools and future directions. **IEEE Latin America Transactions**, IEEE, v. 17, n. 09, p. 1439–1448, 2019.

RAHMAN, M. M. *et al.* Breatheasy: Assessing respiratory diseases using mobile multimodal sensors. In: **Proceedings of the 2020 International Conference on Multimodal Interaction**. [S.l.: s.n.], 2020. p. 41–49.

RÁKAY, R. *et al.* Testing Properties of E-health System Based on Arduino. **Journal of Automation and Control**, v. 3, n. 3, p. 122–126, dez. 2015. ISSN 2372-3033. Number: 3 Publisher: Science and Education Publishing. Disponível em: <https://pubs.sciepub.com/automation/3/3/17/index.html>.

SALES, J. **Qual é a temperatura normal do corpo humano? - Tua Saúde**. 2023. Disponível em: <https://www.tuasaude.com/medico-responde/qual-a-temperatura-normal-do-corpo-humano/>.

SAMEH, R. *et al.* Design and implementation of an spo2 based sensor for heart monitoring using an android application. In: IOP PUBLISHING. **Journal of Physics: Conference Series**. [S.l.], 2020. v. 1447, n. 1, p. 012004.

SAPRA, A.; MALIK, A.; BHANDARI, P. Vital sign assessment. In: _____. **StatPearls**. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2020. Última atualização: 28 de dezembro de 2019. PMID: 31985994. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK538226/>.

SCHENFELD, M. C. **Fog e edge computing: uma arquitetura híbrida em um ambiente de internet das coisas**. 2017. Dissertação (Mestrado) — Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 2017.

SHU, M. *et al.* The vital signs real-time monitoring system based on internet of things. In: IEEE. **2017 4th International Conference on Information Science and Control Engineering (ICISCE)**. [S.l.], 2017. p. 747–751.

SHU, M. *et al.* The vital signs real-time monitoring system based on internet of things. In: IEEE. **2017 4th International Conference on Information Science and Control Engineering (ICISCE)**. [S.l.], 2017. p. 747–751.

SILVA, E. S. e. *et al.* **Protótipo De Plataforma Embarcada Para Medição De Sinais Vitais Utilizando Iot**. [S.l.]: Artigo, 2019.

SILVA, M. V. da *et al.* Physioar: An augmented reality system applied in respiratory physiotherapy for hypertensive patients. In: **Proceedings of the Brazilian Symposium on Multimedia and the Web**. [S.l.: s.n.], 2021. p. 37–44.

SOLANKI, V. K.; DHALL, R. An iot based predictive connected car maintenance approach. **International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence**, v. 4, n. 3, p. 26–32, mar. 2017. Disponível em: <https://reunir.unir.net/handle/123456789/11715>.

SUKOR, J. A. *et al.* Signal quality measures on pulse oximetry and blood pressure signals acquired from self-measurement in a home environment. **IEEE journal of biomedical and health informatics**, IEEE, v. 19, n. 1, p. 102–108, 2014.

SULAIMAN, M. S.; KHAN, N. A novel low-power high-speed programmable dual modulus divider for pll-based frequency synthesizer. In: IEEE. **ICONIP'02. Proceedings of the 9th International Conference on Neural Information Processing. Computational Intelligence for the E-Age (IEEE Cat. No. 02EX575)**. [S.l.], 2002. p. 77–81.

TELLES, W. **Arduino - Parte 1.pdf**. 2023. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/slideshow/arduino-parte-1pdf/260842727>.

Tray Tecnologia. **Sensor de batimento cardíaco e oxímetro MAX30100**. 2025. Acesso em: 16 jan. 2025. Disponível em: <https://www.smartkits.com.br/sensor-de-batimento-cardiaco-e-oximetro-max30100?srsIid=AfmBOokwmQ5B5W8oXG4VTGH0OnMZJwZJKIMVs3kcalZCw3MgD6FLiWR>.

UPADHYAY, Y.; BOROLE, A.; DILEEPAN, D. Mqtt based secured home automation system. In: IEEE. **2016 Symposium on Colossal Data Analysis and Networking (CDAN)**. [S.l.], 2016. p. 1–4.

VASCONCELOS, P. R. S. **Salus monitum: um sistema de alertas na nuvem aplicado em soluções iot voltadas à saúde**. 2018. Tese (Doutorado) — Universidade de Fortaleza, 2018.

VIANA, C. C. **Utilizando o Buzzer Ativo no Arduino - Blog da Robótica**. 2020. Disponível em: <https://www.blogdarobotica.com/2020/10/05/utilizando-o-buzzer-ativo-no-arduino/>.

YASSEIN, M. B. *et al.* Internet of things: Survey and open issues of mqtt protocol. In: IEEE. **2017 international conference on engineering & MIS (ICEMIS)**. [S.l.], 2017. p. 1–6.

ZHENG, Y.-Y. *et al.* Covid-19 and the cardiovascular system. **Nature reviews cardiology**, Nature Publishing Group, v. 17, n. 5, p. 259–260, 2020.

ZHOU, M. *et al.* Security and privacy in cloud computing: A survey. **Semantics Knowledge and Grid (SKG), 2010 Sixth International Conference On**, p. 105 – 112, 12 2010.

ZIN, M. A. F. M.; ADIB, M. A. H. M. Consistency of the non-invasive monitoring preemie car seat (preecase) device in assessing heart rate, spo2 level, and body temperature of the infants. **International Journal of Automotive and Mechanical Engineering**, v. 21, n. 3, p. 11569–11580, 2024.

APÊNDICE A – Código-Fonte do Protótipo Desenvolvido

Código do ESP32 para Monitoramento de Sinais Vitais

O código abaixo realiza a leitura dos sinais vitais com o sensor MAX30100 e a transmissão para o protocolo MQTT via a internet.

Listing A.1 – Código-fonte do ESP32 com sensor MAX30100

```

1 #include <Wire.h>
2 #include "MAX30100_PulseOximeter.h"
3 #include <WiFi.h>
4 #include <PubSubClient.h>
5
6 #define REPORTING_PERIOD_MS    5000
7
8 const char *ssid = "NET_2G AP 3";
9 const char *password = "032754052";
10 const char *mqtt_server = "192.168.0.175";
11
12 #define SPO2_TOPIC "user2/sensor/MAX30100/spo2"
13 #define HEART_RATE_TOPIC "user2/sensor/MAX30100/heart_rate"
14
15 WiFiClient espClient;
16 PubSubClient client(espClient);
17 PulseOximeter pox;
18 uint32_t tsLastReport = 0;
19
20 void onBeatDetected() {
21   Serial.println("Batimento detectado!");
22 }
23
24 void reconnect() {
25   while (!client.connected()) {
26     Serial.print("Tentando conexão MQTT...");
27     if (client.connect("ESP32Client2")) {
28       Serial.println("Conectado ao broker MQTT!");
29     } else {

```

```
30     Serial.print("Falha na conexão. rc=");
31     Serial.print(client.state());
32     Serial.println(" Tentando novamente em 5 segundos...");
33     delay(5000);
34 }
35 }
36 }
37
38 void setup() {
39     Serial.begin(115200);
40     WiFi.begin(ssid, password);
41     while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
42         delay(500);
43         Serial.print(".");
44     }
45     Serial.println("\nWiFi conectado!");
46     client.setServer(mqtt_server, 1883);
47     while (!client.connected()) {
48         reconnect();
49     }
50
51     if (!pox.begin()) {
52         Serial.println("Falha ao inicializar o sensor!");
53         while (1);
54     } else {
55         Serial.println("Sensor inicializado com sucesso!");
56     }
57
58     pox.setOnBeatDetectedCallback(onBeatDetected);
59 }
60
61 void loop() {
62     if (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
63         WiFi.begin(ssid, password);
```

```
64     while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
65         delay(500);
66     }
67 }
68
69 if (!client.connected()) {
70     reconnect();
71 }
72 client.loop();
73
74 pox.update();
75
76 if (millis() - tsLastReport > REPORTING_PERIOD_MS) {
77     float heartRate = pox.getHeartRate();
78     float spO2 = pox.getSpO2();
79
80     if (!isnan(heartRate) && !isnan(spO2)) {
81         Serial.print("Frequência cardíaca: ");
82         Serial.print(heartRate);
83         Serial.print(" BPM / SpO2: ");
84         Serial.print(spO2);
85         Serial.println("%");
86
87         client.publish(SPO2_TOPIC, String(spO2).c_str(), true);
88         client.publish(HEART_RATE_TOPIC, String(heartRate).c_str(), true);
89     } else {
90         Serial.println("Leitura inválida do sensor.");
91     }
92     tsLastReport = millis();
93 }
94 }
```