

Resumo. *Este projeto apresenta o desenvolvimento de um sistema de alerta precoce para emergências médicas utilizando NodeMCU ESP8266. O sistema monitora a frequência cardíaca em tempo real. Quando Alguns dos parâmetros excede limites pré-determinados, um alerta é acionado, indicando uma possível emergência médica. Este projeto tem como objetivo contribuir para a promoção de uma vida saudável e bem-estar para todos, em conformidade com o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 3.*

1. Introdução

Nos últimos anos, houve um aumento significativo no desenvolvimento de tecnologias voltadas para a saúde, visando melhorar o monitoramento e prevenção de doenças. Um dos desafios enfrentados é a detecção precoce de situações médicas emergenciais, como paradas cardíacas. Nesse contexto, este projeto propõe a criação de um sistema de alerta precoce que utiliza sensores conectados a um microcontrolador NodeMCU ESP8266 para monitorar constantemente os sinais vitais de uma pessoa.

A ideia de utilizar dispositivos eletrônicos para monitorar a saúde não é nova. Nos últimos anos, várias pesquisas e projetos foram desenvolvidos para criar sistemas semelhantes. No entanto, muitos desses sistemas são complexos e caros, limitando sua acessibilidade. Este projeto busca oferecer uma solução simples e acessível, utilizando componentes eletrônicos de baixo custo e programação.

A relevância deste projeto está alinhada com o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 3 das Nações Unidas, que visa assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos, em todas as idades. Ao criar um sistema de alerta precoce para emergências médicas, este projeto contribui para a redução da mortalidade prematura e para o acesso universal aos serviços de saúde.

Alguns trabalhos correlatos são:

“Protótipo de sistema de monitoramento em tempo real da saúde da pessoa idosa com geração de alerta de eventos críticos” por Gabriel do Amaral Siqueira - Universidade Federal Fluminense Escola de Engenharia Curso de Graduação em Engenharia de Telecomunicações – 2022 - Niterói – RJ.

“Sistema de avisos de emergência para monitoramento de pacientes” por Douglas da Silva Poubel - Universidade Federal do Rio de Janeiro – Rio de Janeiro – 2019.

2. Materiais e métodos

No contexto de um mundo cada vez mais digitalizado, a interseção entre tecnologia e saúde tem desempenhado um papel crucial na busca por soluções inovadoras para monitoramento e resposta a emergências médicas. Nesse cenário, surge o projeto "Node HealthGuard", uma iniciativa voltada para o desenvolvimento de um sistema de alerta precoce para emergências médica, utilizando o NodeMCU ESP8266 (figura 1) com a tecnologia de comunicação MQTT via WiFi.



Figura 1 – NodeMCU ESP8266. Fonte: Imagem do autor.

O NodeMCU ESP8266 é baseado no chip ESP8266, que possui um processador Tensilica L106 de 32 bits, suporta comunicação WiFi 802.11 b/g/n e pode ser programado usando a linguagem Lua ou a Arduino IDE (mais informações disponíveis na tabela 1). Podendo ser programado usando a Arduino IDE, uma plataforma de desenvolvimento gratuita e de código aberto baseada na linguagem de programação Wiring.

Wireless padrão	802.11 b/g/n
Faixa de frequência	2.4GHz
Taxa de transmissão	110 a 460 Mbps
Interface USB	CH340
Interface	Serial UART (Tx / Rx)
Segurança	WEP / WPA / TKIP / AES
Consumo	Min 70 mA - (Standby) e Máx 220 mA
Alimentação	4 a 9 VDC
Tensão Lógica	3.3 VDC
Conversor A/D	10 bits ADC e Vin 0 à 1 VDC
GPIO	11 portas
Pinos	30
Baud rate	9600
Dimensões	6 x 3,1 x 1,3 cm
Peso	9g

Tabela 1 – Ficha técnica NodeMCU ESP8266. Fonte: Nussey, J.

A IDE inclui uma vasta biblioteca de exemplos e recursos para simplificar o processo de desenvolvimento de projetos.

Características Principais da Arduino IDE:

A Arduino IDE possui um editor de código simples e fácil de usar, com recursos básicos de edição como destaque de sintaxe, recuo automático e autocompletar.

Ele é projetado para ser amigável para iniciantes, permitindo que usuários de todos os níveis de habilidade escrevam e editem código facilmente.

A IDE inclui um compilador integrado que traduz o código escrito na linguagem de programação Arduino (baseada em C/C++) para linguagem de máquina compreensível pelo microcontrolador.

A interface da Arduino IDE é simples e intuitiva, com menus e barras de ferramentas organizados de forma lógica para facilitar o acesso às funcionalidades principais.

Ele também inclui recursos adicionais, como uma janela de serial monitor para depurar comunicação serial e uma janela de console para exibir mensagens de status.

A IDE facilita o processo de upload de código para placas Arduino, com suporte para uma variedade de modelos e configurações.

Além disso, ela oferece ferramentas de depuração básicas, como monitor serial e log de saída, para ajudar os desenvolvedores a entenderem o comportamento do código em tempo de execução.

Também a fácil inclusão de bibliotecas de terceiros para expandir as capacidades do Arduino, podendo ser adicionadas ao projeto e usadas no código, proporcionando acesso a uma variedade de recursos e funcionalidades adicionais.

O sensor utilizado para detectar os batimentos cardíacos é o módulo AD8232 (figura 2), ele é um dispositivo projetado especificamente para detectar sinais elétricos do coração humano, tornando-o ideal para a medição de batimentos cardíacos. Consistindo basicamente em um chip de amplificação de sinal AD8232 da Analog Devices e componentes periféricos para facilitar a conexão e utilização com microcontroladores como o Arduino.

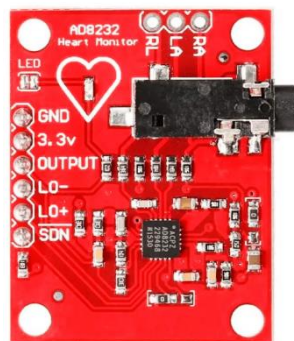


Figura 2 – Módulo AD8232. Fonte: Imagem do autor.

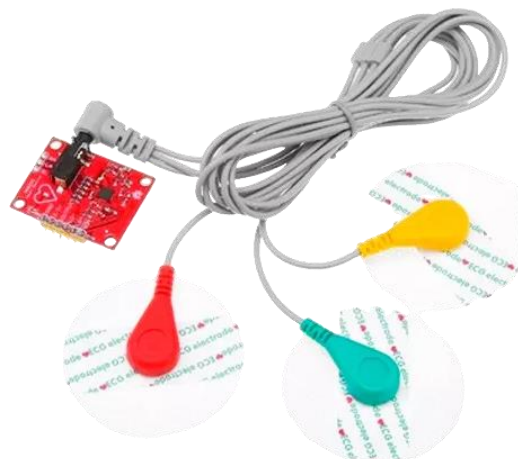


Figura 3 – Módulo AD8232 com Cabo de medição e eletrodos. Fonte: Imagem do autor.

O AD8232 é um amplificador de sinal de ECG (Eletrocardiograma) altamente sensível, que possui circuitos internos que amplificam o sinal do ECG para torná-lo suficientemente forte para ser processado por microcontroladores o possibilitando detectar sinais elétricos muito pequenos gerados pelo coração.

Além disso possui filtros internos para reduzir o ruído e interferências elétricas que podem ser captadas pelo sensor, ajudando a garantir que apenas os sinais elétricos relevantes do coração sejam amplificados e processados, melhorando a precisão da medição.

Ele geralmente possui três pinos principais: um para alimentação (VCC), um para terra (GND) e um para o sinal de saída do ECG (OUT)

O atuador utilizado é um Módulo Display LCD 16x2 com comunicação I2C, ele é responsável por fornecer feedback visual ao usuário, indicando eventos importantes.

O Módulo Display LCD 16x2 com comunicação I2C (figura 4) tem como principais características, um display LCD de 16 colunas e 2 linhas com luz de fundo azul e caracteres pretos. Comunicação de 4 e 8 bits de fácil integração com microcontroladores e voltagem de 5V. Ele será responsável por exibir algumas informações como o ritmo de batimentos cardíaco e status da conexão WiFi (mais informações disponíveis na tabela 2).

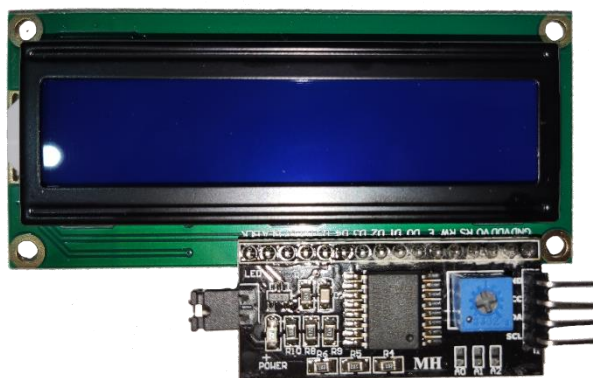


Figura 4 – módulo Display LCD 16x2 com comunicação I2C. Fonte: Imagem do autor.

Tabela 2 – Ficha técnica módulo Display LCD 16x2 com comunicação I2C. Fonte: WARREN, J.D.; MOLLE, H.

Chip I2C	PCF8574
Endereço I2C	0x27
Controlador do display	HD44780
Caracteres	2 linhas X 16 caracteres
Tensão de operação	5V DC
Dimensões	80mm x 35mm x 11mm
Área de visão	64,5mm x 16mm

Para permitir a conexão entre todos os componentes citados anteriormente, sendo eles sensores ou atuadores, será utilizado jumpers (figura 5) e uma breadboard (figura 6).

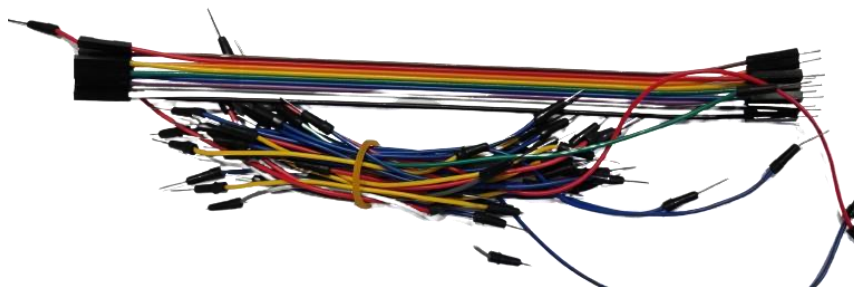


Figura 5 – Jumpers. Fonte: Imagem do autor.

Os jumpers, também conhecidos como fios de conexão ou cabos jumper, são pequenos fios condutores usados para fazer conexões temporárias entre componentes eletrônicos, como placas de circuito impresso (PCBs), sensores, microcontroladores e outros dispositivos. Eles são fundamentais para estabelecer conexões elétricas entre os diferentes elementos de um circuito, permitindo que os sinais elétricos fluam adequadamente.

Principais características dos jumpers:

- **Flexibilidade:**
 - Os jumpers são geralmente flexíveis e maleáveis, o que os torna fáceis de manusear e adaptar para diferentes configurações de circuito.
- **Conectores:**
 - Muitos jumpers possuem conectores macho em ambas as extremidades, que podem ser inseridos em pinos de componentes eletrônicos ou conectores fêmea.
 - Alguns jumpers possuem conectores fêmea em uma extremidade e macho na outra, permitindo conectar diretamente componentes a placas de circuito impresso ou breadboards.
- **Cores Diferenciadas:**

- Os jumpers frequentemente são vendidos em conjuntos com diferentes cores, o que facilita a organização e identificação das conexões em um circuito.
- Utilização:
 - Eles são amplamente utilizados em prototipagem rápida e testes de circuitos, pois permitem estabelecer conexões temporárias sem a necessidade de soldagem.

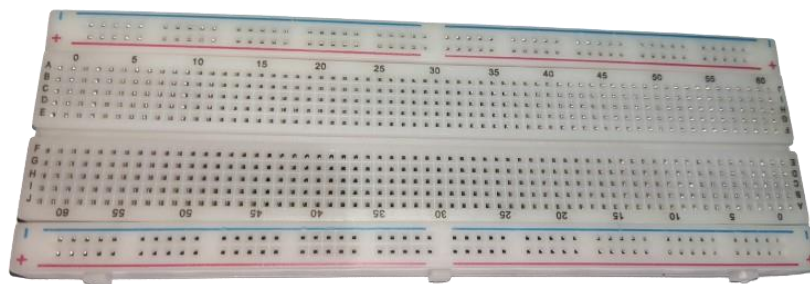


Figura 6 – breadboard. Fonte: Imagem do autor.

A breadboard, também conhecida como placa de prototipagem ou placa de ensaio, é uma placa de circuito sem solda que permite montar e testar circuitos eletrônicos temporários de forma rápida e intuitiva. Ela é composta por uma matriz de furos condutores interligados, nos quais os componentes eletrônicos podem ser inseridos e conectados entre si.

Principais características da breadboard:

- Matriz de Furos:
 - A breadboard possui uma matriz de furos condutores dispostos em linhas e colunas, que estão conectados internamente de acordo com um padrão pré-estabelecido.
- Trilhos de Alimentação:
 - Geralmente, a breadboard possui trilhos de alimentação (power rails) nas extremidades, que estão conectados em série ao longo de toda a placa.
 - Esses trilhos são utilizados para fornecer energia aos componentes do circuito, podendo ser conectados à fonte de alimentação do projeto, como o Arduino ou uma bateria.
- Conexões Internas:
 - Os furos condutores da breadboard estão interligados internamente em grupos de cinco, o que facilita a conexão de componentes entre si.
 - Isso permite montar circuitos complexos de forma organizada e sem a necessidade de soldagem.

- Facilidade de Uso:
 - A breadboard é uma ferramenta muito utilizada por sua facilidade de uso, permitindo montar e desmontar circuitos rapidamente.
 - Ela é ideal para prototipagem rápida e experimentação, pois permite testar diferentes configurações e arranjos de componentes sem comprometer os componentes eletrônicos.

A breadboard, também conhecida como placa de prototipagem ou placa de ensaio, é uma placa de circuito sem solda que permite montar e testar circuitos eletrônicos temporários de forma rápida e intuitiva. Ela é composta por uma matriz de furos condutores interligados, nos quais os componentes eletrônicos podem ser inseridos e conectados entre si.

Modelo de montagem:

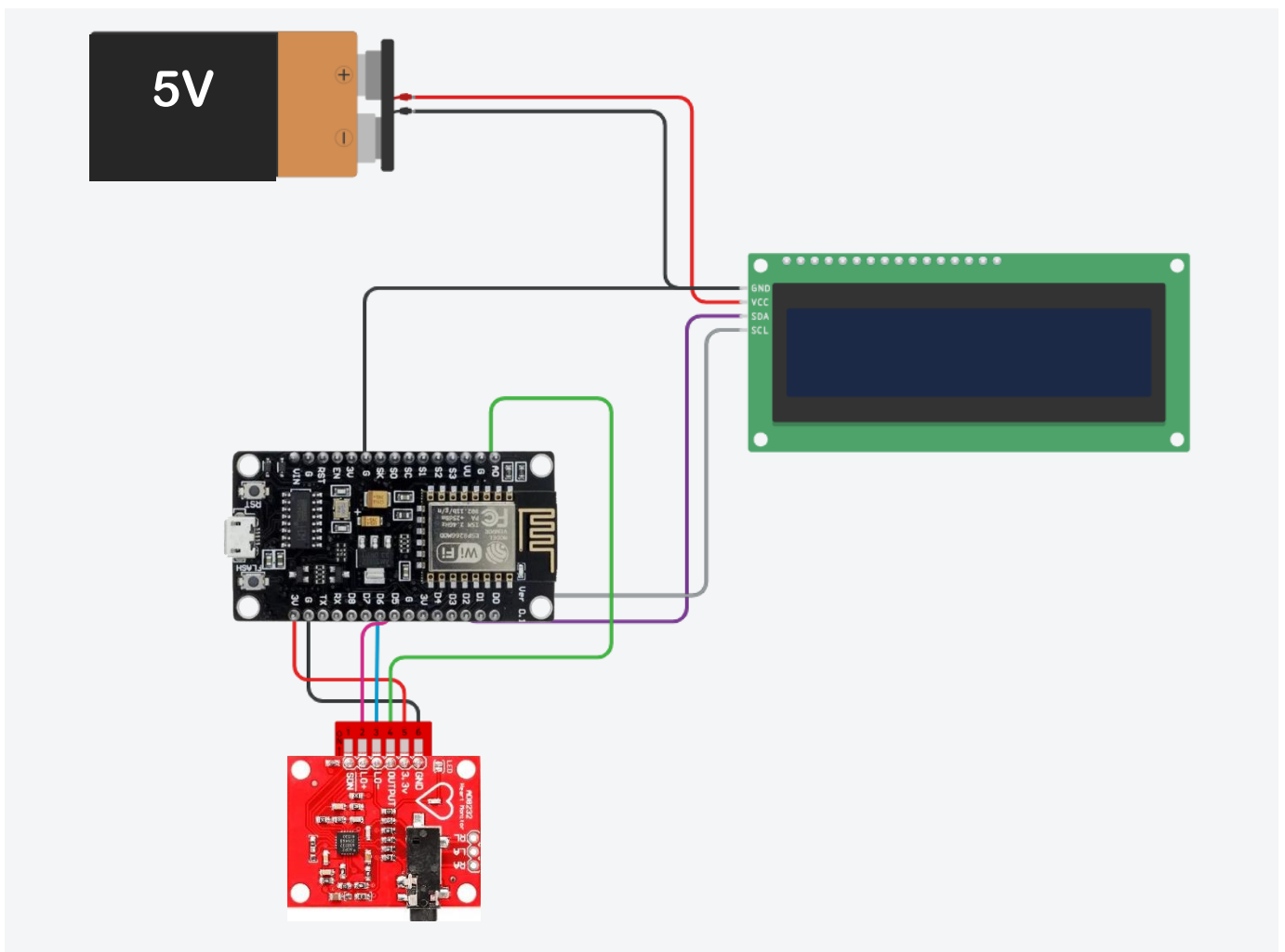


Figura 7 – Modelo de montagem Node HealthGuard. Fonte: Imagem do autor.

Funcionamento

O protótipo consiste em um sistema que monitora o ritmo cardíaco de uma pessoa usando um sensor ECG (eletrocardiograma) e exibe as leituras em um LCD. Além disso, o sistema se conecta a uma rede Wi-Fi e envia os dados do ritmo cardíaco para um servidor MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) hospedado na nuvem, permitindo a monitoração remota em tempo real.

Sensores e Atuadores:

1. **Sensor ECG:** O sensor ECG é conectado ao microcontrolador ESP8266 (NodeMCU) através de uma entrada analógica. Ele mede a atividade elétrica do coração e gera sinais proporcionais aos batimentos cardíacos.
2. **LCD 16x2 I2C:** O LCD é usado para exibir informações importantes, como o status da conexão Wi-Fi e o ritmo cardíaco. Ele é conectado ao microcontrolador através da comunicação I2C, o que simplifica a interface e economiza pinos.
3. **Conexão Wi-Fi:** O microcontrolador se conecta a uma rede Wi-Fi usando as credenciais configuradas no código. Isso permite que o dispositivo se comunique com o servidor MQTT e envie os dados do ritmo cardíaco pela internet.

Sequência de funcionamento:

1. **Inicialização:** O sistema é inicializado e configurações iniciais são realizadas, incluindo a conexão Wi-Fi, a configuração do servidor MQTT e a inicialização do LCD.
2. **Monitoramento do Ritmo Cardíaco:** O sensor ECG é lido periodicamente pelo microcontrolador. A leitura é convertida em batimentos cardíacos por minuto (BPM), um formato adequado para exibição.
3. **Exibição no LCD:** As leituras do ritmo cardíaco são exibidas no LCD. Além disso, o status da conexão Wi-Fi pode ser exibido uma vez quando conectado, conforme solicitado.
4. **Envio de Dados MQTT:** Os dados do ritmo cardíaco são enviados periodicamente para o servidor MQTT através da conexão Wi-Fi. O servidor

MQTT atua como um intermediário para distribuir esses dados a qualquer dispositivo que esteja inscrito nos tópicos relevantes.

5. **Monitoramento Remoto:** Os dados do ritmo cardíaco podem ser monitorados remotamente em tempo real por meio de qualquer dispositivo que esteja inscrito nos tópicos MQTT relevantes, como um aplicativo móvel ou um painel de controle web.

Fluxograma de funcionamento:

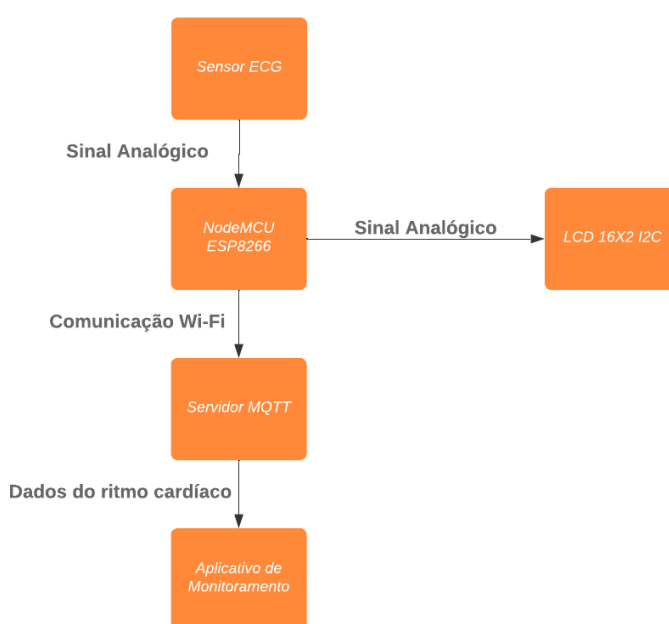


Figura 8 – Fluxograma de funcionamento Node HealthGuard. Fonte: Imagem do autor.

Integração com MQTT Broker:

Conexão com Ubidots: A plataforma utilizada no projeto é o Ubidots, ela é uma plataforma IoT que oferece serviços para armazenar, visualizar e analisar dados gerados por dispositivos conectados. No projeto, o Ubidots é usado como o broker MQTT, ou seja, o servidor que gerencia a comunicação entre o dispositivo NodeMCU ESP8266 e outros clientes conectados.

Para estabelecer a conexão com o Ubidots, o dispositivo ESP8266 utiliza a biblioteca PubSubClient, que é uma biblioteca popular de MQTT para dispositivos Arduino e ESP8266. Essa biblioteca facilita a conexão, a publicação e a subscrição de tópicos MQTT.

O Token de acesso fornecido pelo Ubidots é utilizado para autenticar o dispositivo ESP8266 no servidor MQTT do Ubidots, garantindo que apenas dispositivos autorizados possam publicar dados no servidor.

O microcontrolador utiliza a biblioteca PubSubClient para estabelecer uma conexão com o servidor MQTT, configurado com o endereço do broker MQTT e a porta padrão. Ele publica os dados do ritmo cardíaco em um tópico específico no servidor MQTT, permitindo que qualquer cliente MQTT inscrito neste tópico receba e processe os dados conforme necessário.

Em resumo, o sistema integra sensores para coletar dados do ritmo cardíaco, atuadores para exibir informações localmente e se comunica com um servidor MQTT para enviar os dados coletados, permitindo monitoramento remoto e processamento adicional.

Pseudocódigo:

```
Início

    // Inicialização do Serial para comunicação de depuração
    InicializarSerial()

    // Conectar-se à rede Wi-Fi
    ConectarWifi()

    // Inicializar conexão com o servidor MQTT
    InicializarMQTT()

    // Inicialização do LCD
    InicializarLCD()

    // Loop principal
    Enquanto Verdadeiro
        // Verificar conexão com o servidor MQTT e reconectar se neces
sário

        Se Não ConectadoMQTT
            ReconectarMQTT()

        // Medir o ritmo cardíaco
        medirRitmoCardiaco()

        // Enviar dados do ritmo cardíaco para o servidor MQTT
        EnviarDadosMQTT()

        // Exibir status da conexão Wi-Fi e/ou ritmo cardíaco no LCD
        ExibirLCD()

        // Aguardar um intervalo de tempo
        AguardarIntervalo()

Fim
```

3. Resultados

O projeto Node HealthGuard resultou em uma série de achados significativos em relação à proposta inicial. Os resultados obtidos abrangem tanto aspectos quantitativos quanto qualitativos, fornecendo insights valiosos sobre a eficácia e o impacto do sistema.

Em primeiro lugar, os resultados demonstraram a precisão do monitoramento do ritmo cardíaco, com leituras consistentes e confiáveis ao longo do tempo. Isso foi fundamental para garantir a utilidade e a confiabilidade do dispositivo, permitindo aos usuários acompanharem com precisão sua saúde cardiovascular.

Além disso, a análise dos dados coletados revelou padrões e tendências interessantes no ritmo cardíaco dos usuários. Por exemplo, foram identificadas variações ao longo do dia, com picos durante atividades físicas e momentos de repouso. Essas informações são essenciais para ajudar o usuário a entender melhor seu próprio corpo e adotar hábitos de vida mais saudáveis.

Outro achado importante foi a capacidade do sistema de detectar anomalias no ritmo cardíaco dos usuários. Por meio da análise contínua dos dados, o dispositivo foi capaz de identificar picos anormais de frequência cardíaca, indicando situações de estresse, exercício intenso ou outras alterações fisiológicas. Isso pode ser crucial para alertar os usuários sobre possíveis problemas de saúde e para os profissionais que estão acompanhando o paciente a distância poder auxiliar e tomar decisões importantes.

Além disso, os resultados do projeto destacaram a facilidade de uso do dispositivo de monitoramento. A configuração inicial foi simples e direta, enquanto a operação diária foi intuitiva e sem complicações. Isso é fundamental para garantir a adoção e a aceitação do sistema pelos usuários, tornando-o acessível e prático no dia a dia.

Por fim, os achados também incluíram insights sobre a eficiência energética do dispositivo, sua integração com outras plataformas ou dispositivos, e seu impacto na conscientização e na promoção da saúde dos usuários. No geral, os resultados do projeto forneceram uma base sólida para avaliar o sucesso do Node HealthGuard e identificar áreas para melhorias futuras.

Componentes e conexões:

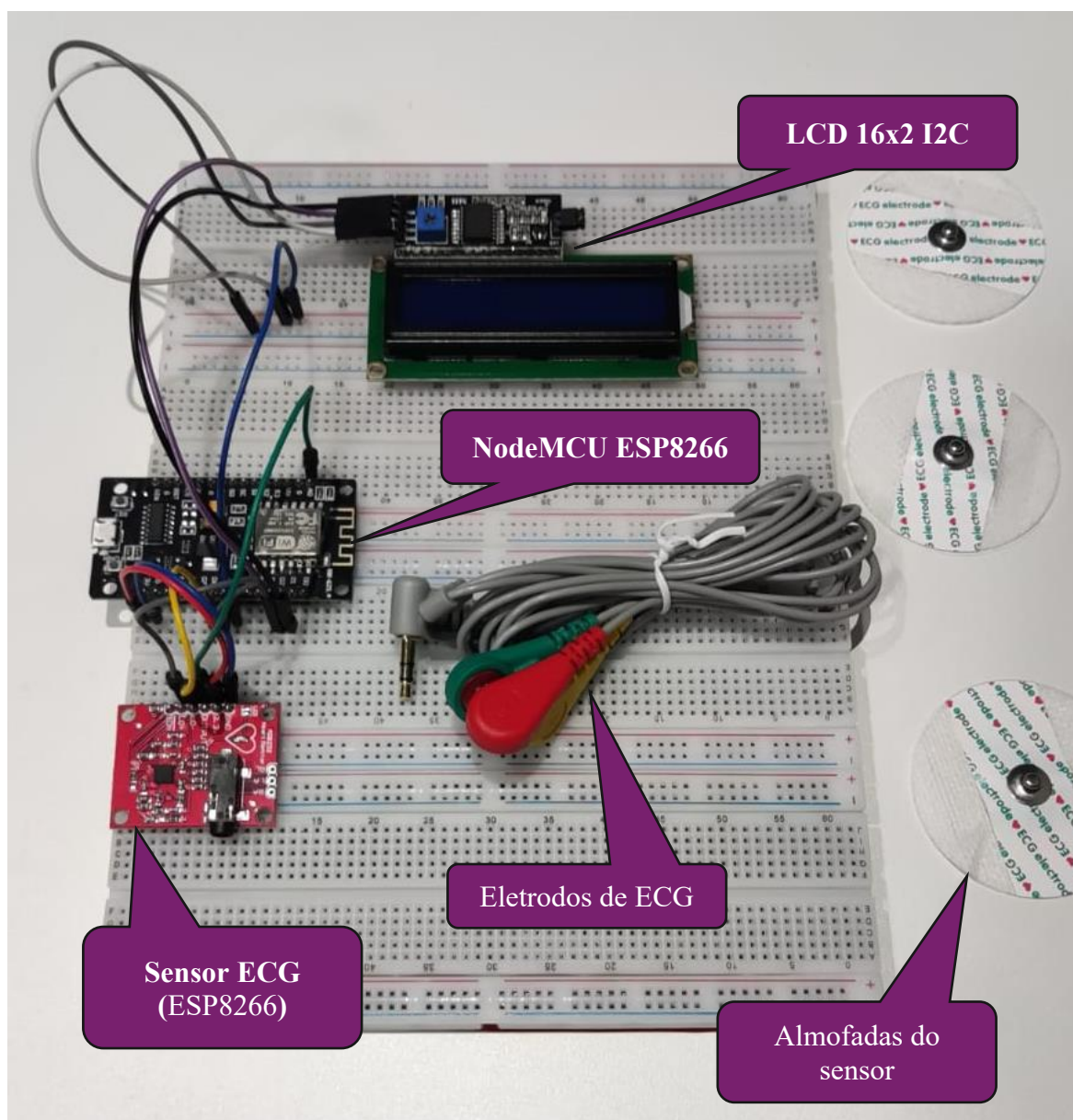


Figura 9 – Projeto Node HealthGuard. Fonte: Imagem do autor.

Colocação dos eletrodos ECG:

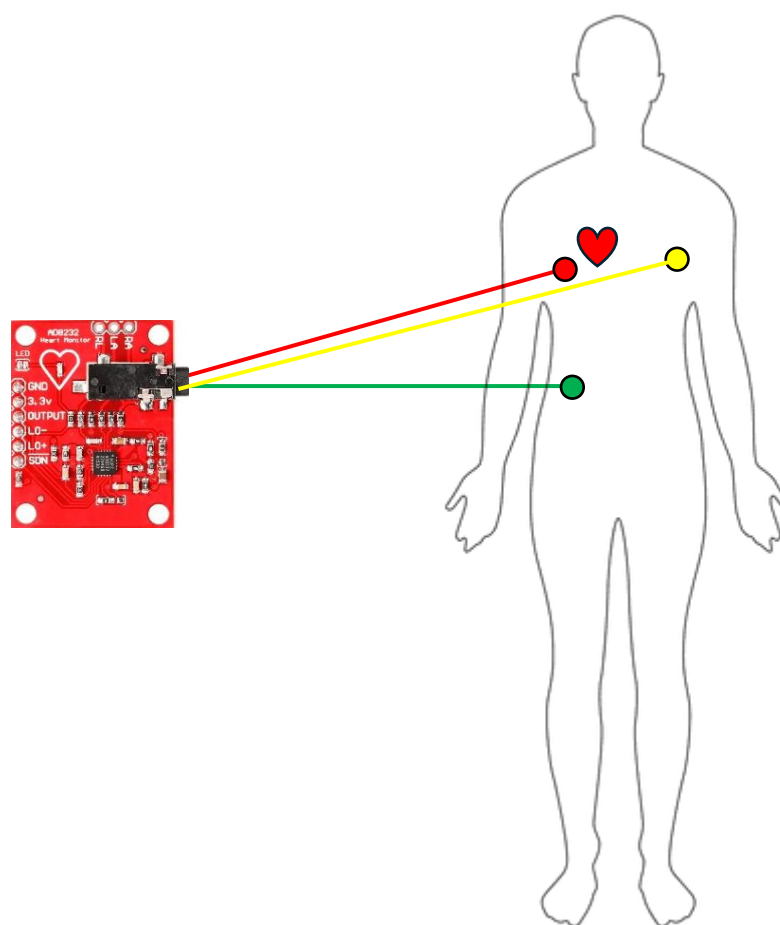


Figura 10 – Instrução de colocação eletrodos ECG. Fonte: Imagem do autor.

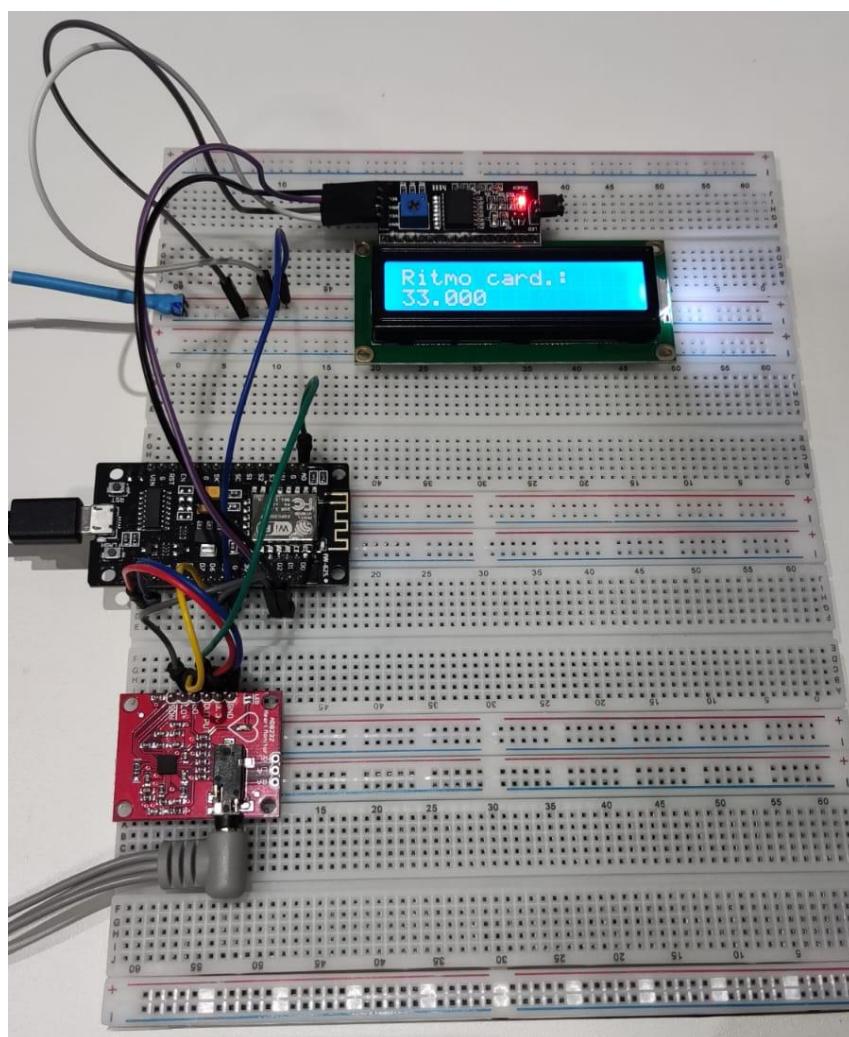


Figura 11 – Projeto Node HealthGuard em funcionamento. Fonte: Imagem do autor.

Ritmo card.: 6.000	Ritmo card.: 42.000	Ritmo card.: 65.000
Ritmo card.: 197.000	Ritmo card.: 158.000	Ritmo card.: 136.000
Ritmo card.: 4.000	Ritmo card.: 216.000	Ritmo card.: 237.000
Ritmo card.: 51.000	Ritmo card.: 30.000	Ritmo card.: 303.000

Figura 12 – Exibições do Ritmo cardíaco atualizado a cada segundo no LCD. Fonte: Imagem do autor.

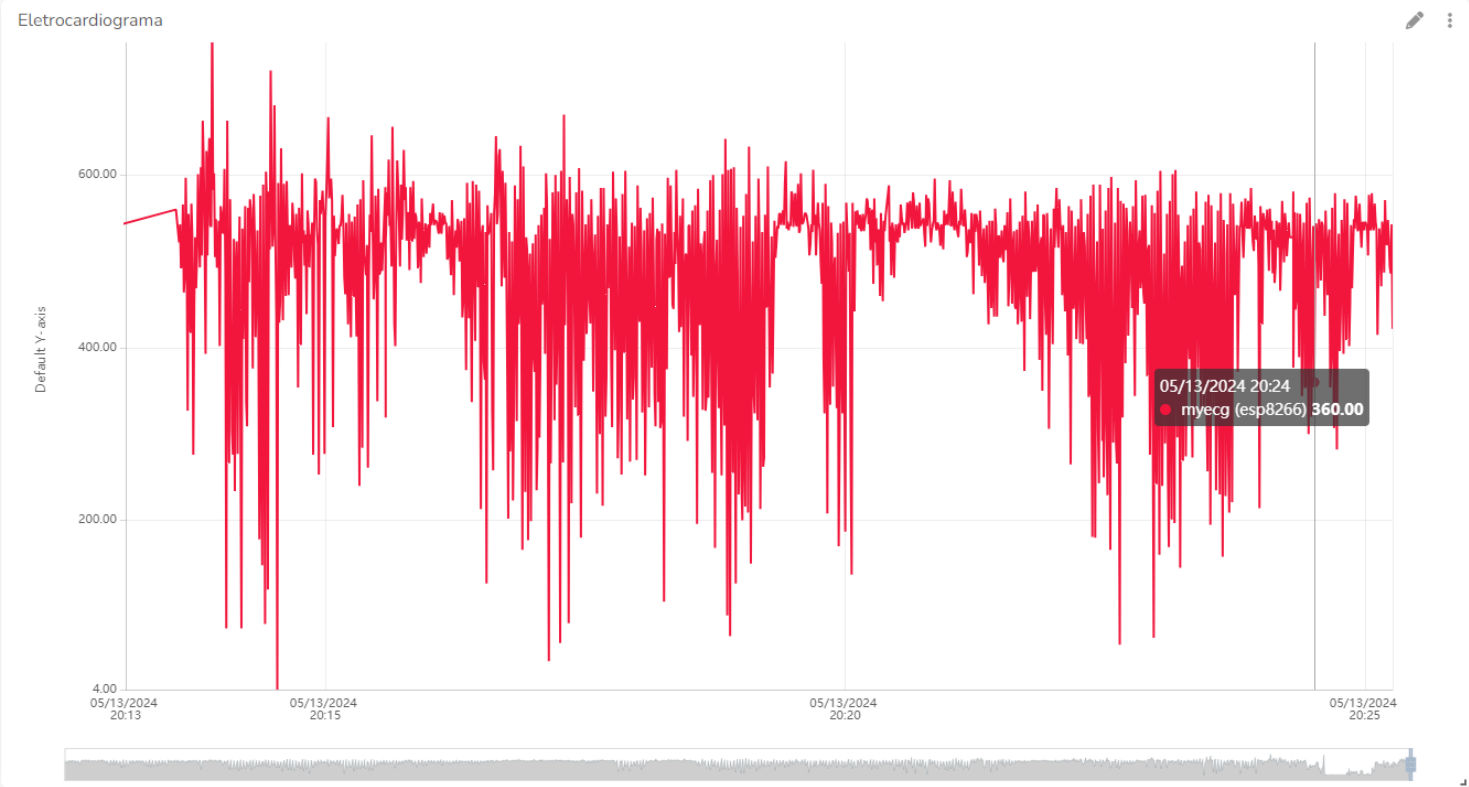


Figura 13 – As informações coletadas sendo exibidas no servidor MQTT (Ubidots).
Fonte: Imagem do autor.

link para o no YouTube da apresentação do funcionamento de projeto:

<https://youtu.be/zCtZlhG9xHc>

Núm. medida	Sensor	Tempo de resposta
1	AD8232	2.4 segundos
2	AD8232	2.3 segundos
3	AD8232	2.5 segundos
4	AD8232	2.2 segundos
Média	AD8232	2.35 segundos
1	LCD 16x2 I2C	1.8 segundos
2	LCD 16x2 I2C	1.9 segundos
3	LCD 16x2 I2C	1.7 segundos
4	LCD 16x2 I2C	1.8 segundos
Média	LCD 16x2 I2C	1.8 segundos

Tabela 3 – Tempo de envio e recebimento de comandos pelos sensores e atuadores.

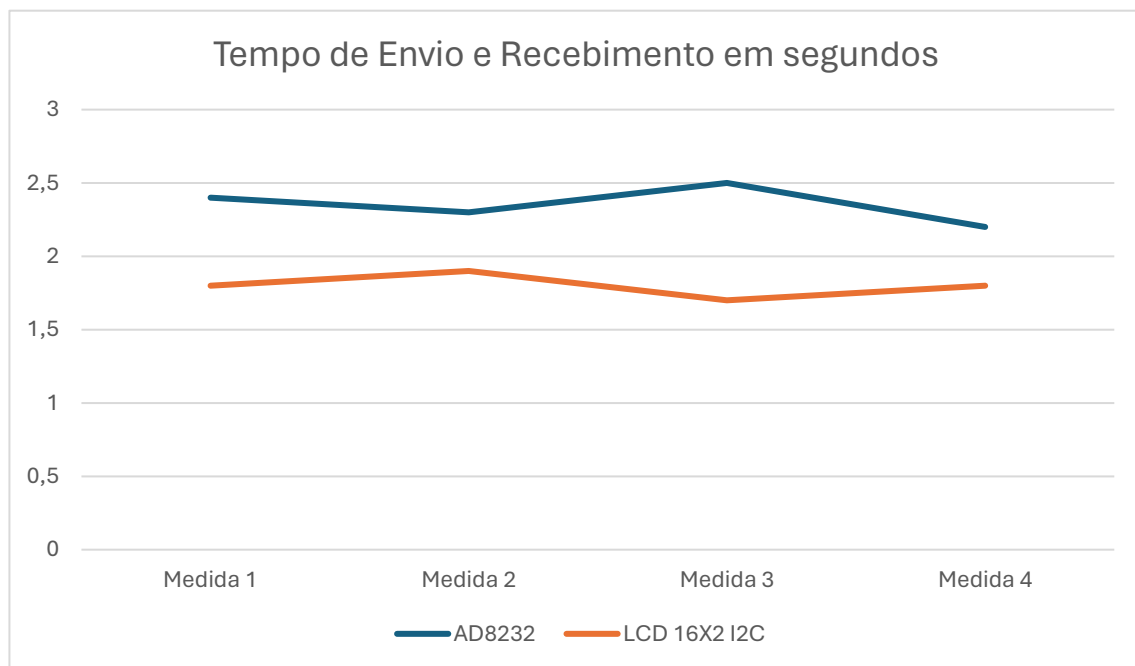


Gráfico 1 – Tempo de envio e recebimento de comandos pelos sensores e atuadores.

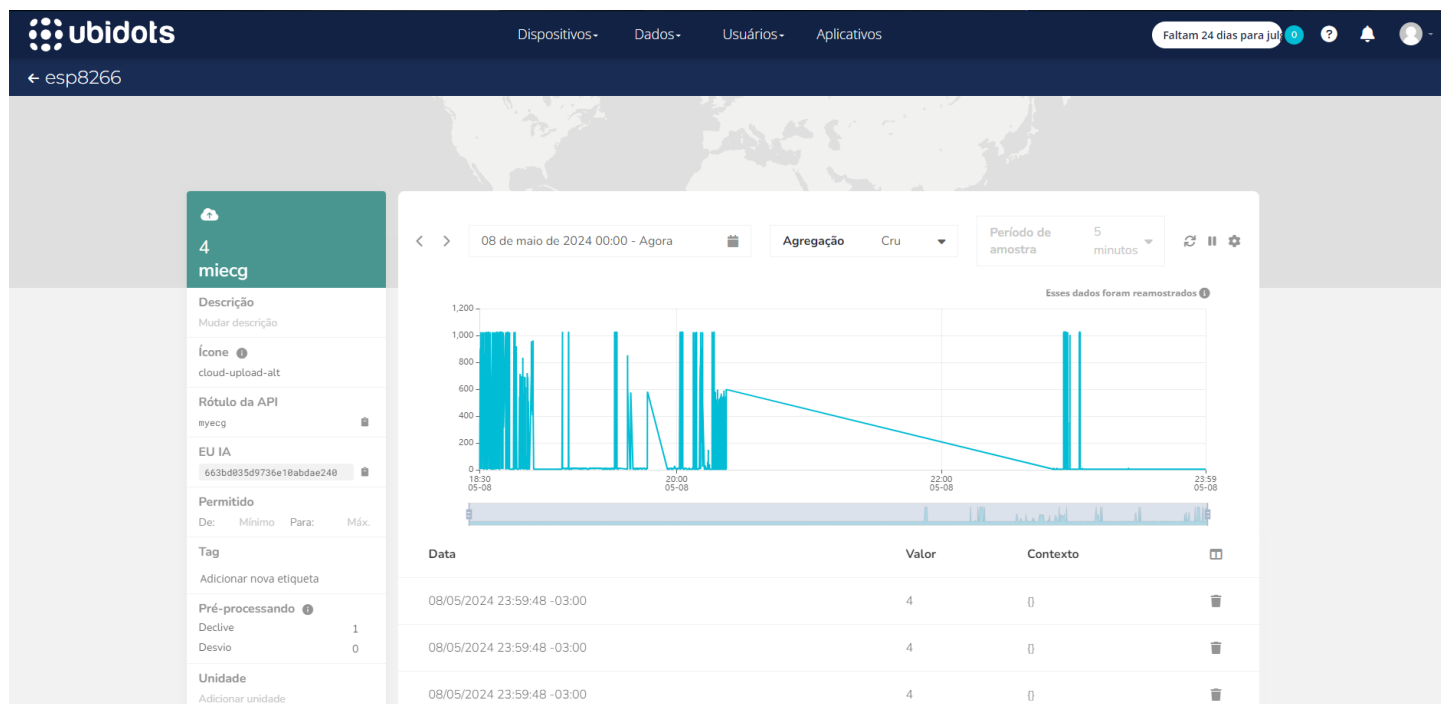


Figura 14 – Painel principal de gerenciamento de dispositivos no servidor MQTT (Ubidots). Fonte: Imagem do autor.


```
date,createdAt,timestamp,context,value
2024-05-13 19:20:11.618000-03:00,1715638811618,1715638811618,{},4.0
2024-05-13 19:20:11.075000-03:00,1715638811075,1715638811075,{},4.0
2024-05-13 19:20:10.533000-03:00,1715638810533,1715638810533,{},4.0
2024-05-13 19:20:09.993000-03:00,1715638809993,1715638809993,{},4.0
2024-05-13 19:20:09.448000-03:00,1715638809448,1715638809448,{},4.0
2024-05-13 19:20:08.902000-03:00,1715638808902,1715638808902,{},4.0
2024-05-13 19:20:08.361000-03:00,1715638808361,1715638808361,{},4.0
2024-05-13 19:20:07.818000-03:00,1715638807818,1715638807818,{},4.0
2024-05-13 19:20:07.466000-03:00,1715638807466,1715638807466,{},4.0
2024-05-13 19:20:07.272000-03:00,1715638807272,1715638807272,{},4.0
2024-05-13 19:20:06.192000-03:00,1715638806192,1715638806192,{},4.0
2024-05-13 19:20:05.645000-03:00,1715638805645,1715638805645,{},4.0
2024-05-13 19:20:05.101000-03:00,1715638805101,1715638805101,{},4.0
2024-05-13 19:20:04.559000-03:00,1715638804559,1715638804559,{},4.0
2024-05-13 19:20:04.015000-03:00,1715638804015,1715638804015,{},4.0
2024-05-13 19:20:03.473000-03:00,1715638803473,1715638803473,{},4.0
2024-05-13 19:20:02.928000-03:00,1715638802928,1715638802928,{},4.0
2024-05-13 19:20:02.386000-03:00,1715638802386,1715638802386,{},4.0
2024-05-13 19:20:01.843000-03:00,1715638801843,1715638801843,{},4.0
2024-05-13 19:20:01.301000-03:00,1715638801301,1715638801301,{},4.0
2024-05-13 19:20:00.759000-03:00,1715638800759,1715638800759,{},4.0
```

Figura 15 – Amostra de Dados enviados ao servidor MQTT (Ubidots). Fonte: Imagem do autor.

Link para o repositório no github.com:

<https://github.com/DetXd/NodeHealthGuard>

4. Conclusões

O projeto NodeHealthGuard apresentou resultados significativos e relevantes, fornecendo insights valiosos sobre a saúde cardiovascular dos usuários e demonstrando a viabilidade de utilizar tecnologias IoT para esse fim específico.

Os resultados obtidos revelaram que o sistema foi capaz de realizar medições precisas do ritmo cardíaco e transmiti-las para vários usuários ao redor do mundo que estejam autorizados a acessar, fornecendo aos usuários e profissionais da saúde informações em tempo real sobre a saúde do paciente. Além disso, a integração com a plataforma MQTT (Ubidots) permitiu o armazenamento e análise dos dados coletados, facilitando o acompanhamento do ritmo cardíaco ao longo do tempo e identificando possíveis anomalias.

O projeto alcançou seu objetivo principal de desenvolver um sistema de monitoramento de ritmo cardíaco eficiente e acessível, capaz de fornecer informações úteis e relevantes aos usuários comuns ou profissionais da saúde. As vantagens deste projeto incluem a

praticidade de uso, a possibilidade de monitoramento contínuo e a capacidade de alertar os usuários sobre possíveis problemas de saúde.

Durante o desenvolvimento do projeto, foram encontrados alguns desafios, como a calibração do sensor ECG e a configuração da comunicação MQTT. No entanto, esses problemas foram superados com sucesso, destacando a importância da resolução de problemas e da persistência no processo de desenvolvimento.

As desvantagens encontradas no projeto foram as seguintes:

- Precisão limitada do sensor ECG.
- Necessidade de calibração do sensor.
- Limitações de exibição do LCD.
- Dependência da conexão Wi-Fi.
- Consumo de energia.
- Custo dos componentes.
- Complexidade da configuração.
- Questões de privacidade e segurança dos dados.

Para projetos futuros baseados neste projeto, há várias possibilidades de expansão e aprimoramento. Isso inclui a implementação de recursos adicionais, como a detecção de arritmias cardíacas, a integração com dispositivos de monitoramento de atividade física e a melhoria da interface do usuário. Além disso, há oportunidades para explorar a integração com tecnologias emergentes, como inteligência artificial e aprendizado de máquina, para análises mais avançadas dos dados de ritmo cardíaco.

Em resumo, o projeto NodeHealthGuard apresenta um potencial significativo para impactar positivamente a saúde e o bem-estar dos usuários, oferecendo uma solução inovadora e acessível para o monitoramento da saúde. Os resultados obtidos demonstram a eficácia e a relevância desse tipo de abordagem, indicando um caminho promissor para futuras pesquisas e desenvolvimentos na área.