
Etec "Profª Anna de Oliveira Ferraz"

**PROJETO SENOVA – SENSORIZAÇÃO DE OXIMETRIA COM VENTILAÇÃO
AUTOMATIZADA**

SENOVA PROJECT - OXIMETRY SENSING WITH AUTOMATED VENTILATION

Beatriz Reis Faria – beatrizreisfaria@gmail.com

Etec Profª Anna de Oliveira Ferraz – Araraquara – São Paulo – Brasil

Francieli Maria dos Santos Moreira – francielimoreira36@gmail.com

Etec Profª Anna de Oliveira Ferraz – Araraquara – São Paulo – Brasil

Hamilton Procópio dos Santos Netto – netto_hamilton@yahoo.com.br

Etec Profª Anna de Oliveira Ferraz – Araraquara – São Paulo – Brasil

RESUMO

Observando as demandas atuais do sistema de saúde, especialmente após a COVID 19, identificou-se uma grave deficiência relacionada ao monitoramento de oximetria, especialmente no que diz respeito à detecção e resposta a quedas súbitas nos níveis de oxigênio no sangue. Essa lacuna evidencia a necessidade de soluções tecnológicas capazes de atuar de forma proativa e eficiente, garantindo a segurança dos pacientes e minimizando os riscos associados a episódios de hipóxia (falta de oxigenação).

Com o objetivo de preencher esta lacuna, este projeto foi idealizado para desenvolver um equipamento inovador, baseado na plataforma ESP32, que vai além das funções comumente utilizadas no campo do monitoramento. A proposta é criar um sistema que não apenas registre em tempo real os níveis de saturação de oxigênio, mas também tome as primeiras medidas corretivas em situações críticas. Isso inclui, por exemplo, a ativação de alarmes, envio de notificações para a equipe médica e, em certos cenários, até a interface com dispositivos auxiliares que ajudem a estabilizar o paciente, como por exemplo o acionamento de compressor ou solenoide ligado à sistema de oxigênio puro.

O diferencial do projeto está na combinação de tecnologias modernas e acessíveis, como o ESP32, com algoritmos inteligentes que permitem a análise contínua de dados e a detecção de anomalias. Este equipamento promete ser uma ferramenta indispensável, especialmente em ambientes de alta demanda, como UTIs e residências, onde um segundo pode fazer diferença. Assim, o projeto visa contribuir substancialmente para a melhoria da qualidade do atendimento à saúde, promovendo intervenções rápidas e reduzindo potenciais complicações clínicas.

Palavras-chave: Oximetria. ESP32. Monitoramento. Saturação. Oxigenação.

Etec "Profª Anna de Oliveira Ferraz"

ABSTRACT

Observing the current demands of the healthcare system, especially after COVID-19, a significant deficiency has been identified in oximetry monitoring, particularly in the detection and response to sudden drops in blood oxygen levels. This gap highlights the need for technological solutions capable of acting proactively and efficiently, ensuring patient safety and minimizing the risks associated with episodes of hypoxia (oxygen deprivation).

To address this issue, this project was designed to develop an innovative device based on the ESP32 platform, which goes beyond the commonly used functions in the field of monitoring. The aim is to create a system that not only records oxygen saturation levels in real time but also takes the initial corrective actions in critical situations. This includes, for instance, activating alarms, sending notifications to the medical team, and, in certain scenarios, interfacing with auxiliary devices to help stabilize the patient, such as triggering a compressor or solenoid connected to a pure oxygen system.

The project's distinguishing feature lies in combining modern and accessible technologies, like the ESP32, with intelligent algorithms capable of continuous data analysis and anomaly detection. This device promises to be an indispensable tool, particularly in high-demand environments such as ICUs and home care settings, where every second can make a difference. Thus, the project aims to contribute substantially to improving the quality of healthcare services by enabling rapid interventions and reducing potential clinical complications.

Keywords: Oximetry. ESP32. Monitoring. Saturation. Oxygenation.

1. INTRODUÇÃO

Após o advento da tão temida COVID-19, observou-se dentro do contexto de saúde a deficiência pela falta de profissionais, mas principalmente de tecnologia que pudesse auxiliar neste déficit para o atendimento e monitoramento das condições de saúde das pessoas.

Em sede de pesquisa e análise mais aprofundada sobre o tema, notou-se a lacuna existente no campo médico de um equipamento autônomo de medição de oximetria e monitoramento cardíaco, o qual aliviaria a carga de trabalho dos profissionais da saúde, bem como ofereceria o primeiro suporte de oxigenação, caso a situação de saturação do paciente se agravasse, somando-se a isso o baixo custo de desenvolvimento.

Neste contexto, passa-se a expor a seguir os objetivos da atual pesquisa e

Etec "Profª Anna de Oliveira Ferraz"

desenvolvimento de um equipamento baseado no microcontrolador ESP32, somando-se a um sensor MAX30100 e um relé com um canal, plataforma esta a qual controla um equipamento de oxigenação, como um compressor, por exemplo.

1.1. Objetivos

Dentre os principais objetivos do projeto, busca-se um equipamento de baixo custo que possa vir auxiliar os profissionais da saúde a monitorar pacientes em tempo real, e que traga um conforto laboral aos profissionais, visto a redução da carga de trabalho e o estresse em trabalhos repetitivos no tocante à medição de oximetria e acompanhamento de frequência cardíaca. Neste aspecto, o projeto SENOVA vem inovar o campo da automação na saúde e promover uma melhora do bem estar de paciente e equipe médico-hospitalar.

1.1.1. Objetivo geral

O objetivo de modo geral foi desenvolver um sistema automatizado e eficiente de medição de oximetria, o qual através de coletas de informações sequenciais do sensor MAX30100, em caso de queda de oxigenação no sangue, atua de modo autônomo para acionar um compressor ou solenoide associado à saída de oxigênio, baseado na saturação medida, tendo como base o mínimo de 95% de saturação, bem como o monitoramento de ritmo cardíaco em relação à queda de oxigenação.

Figura 1 – Sensor Max 30100



Fonte: Autores, (2024).

1.1.2. Objetivos específicos

- Pesquisar os princípios de dinâmica de funcionamento da oximetria.

Etec “Profª Anna de Oliveira Ferraz”

- Estudar a viabilidade do uso do ESP32 para integração com sensores e relés.
- Implementar um protótipo funcional confiável de baixo custo e fácil acessibilidade.
- Detectar o nível de confiabilidade e segurança do equipamento, bem como sua aplicabilidade na prática.

2. REVISÃO DE LITERATURA

O uso de tecnologias para monitoramento de pacientes tem ganhado destaque no campo da saúde devido à sua capacidade de promover intervenções mais rápidas e eficazes. Andrade e Rocha (2023) destacam o impacto significativo de ferramentas tecnológicas na melhoria do acompanhamento de pacientes, enfatizando a necessidade de soluções proativas em situações críticas. Nesse contexto, sistemas baseados em microcontroladores, como os apresentados por Cardoso e Teixeira (2022) e Cavalcante e Menezes (2021), têm demonstrado grande potencial, possibilitando a automação de dispositivos médicos e reduzindo os erros humanos.

Especificamente, o microcontrolador ESP32 tem sido amplamente explorado como base para dispositivos médicos modernos. Costa (2022) e Martins et al. (2022) discutem as vantagens do ESP32 em termos de custo, eficiência energética e conectividade, características que o tornam ideal para aplicações na saúde. Freitas e Santos (2021) apontam os desafios enfrentados no desenvolvimento de sistemas de oximetria remota, ressaltando a importância de integrar algoritmos inteligentes para a detecção precoce de anomalias.

Outros estudos, como os de Oliveira e Sousa (2020) e Pereira e Almeida (2023), reforçam o papel das plataformas acessíveis, como Arduino e ESP32, no desenvolvimento de dispositivos médicos de baixo custo, ampliando o acesso à tecnologia em regiões menos favorecidas. Além disso, Silva (2022) aborda os fundamentos da oximetria, destacando a relevância de um monitoramento contínuo para evitar complicações decorrentes de hipóxia.

Dessa forma, a literatura revisada embasa a proposta deste projeto, que combina tecnologias modernas e acessíveis com algoritmos avançados para criar um sistema de

Etec "Profª Anna de Oliveira Ferraz"

monitoramento de oximetria robusto e eficiente, alinhado às demandas atuais do sistema de saúde.

2.1. Oximetria e sua Relação com o Projeto

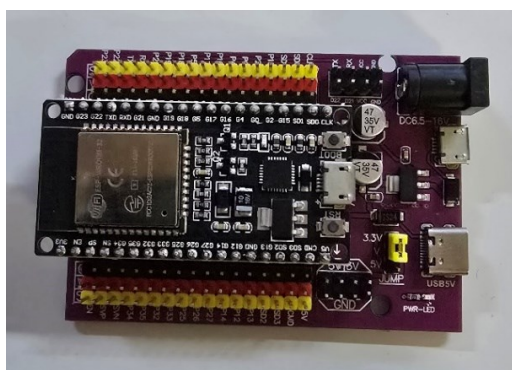
A oximetria é baseada na fotometria, utilizando luz para medir a saturação de oxigênio no sangue. Dispositivos como oxímetros são comumente usados em ambientes clínicos, visto seu fácil manuseio e baixo custo operacional, sendo perfeitos para o que se pretendeu.

No caso do sensor MAX30100, o sensor mede a frequência cardíaca com base no tempo entre o aumento e a diminuição do sangue com oxigênio. O sangue mais oxigenado, portanto, mais avermelhado, absorve mais luz infravermelha e permite uma maior passagem de luz vermelha. Desta forma, é possível coletar as informações e convertê-las em dados utilizáveis.

2.2. ESP32 e sua Escolha para o Experimento

O ESP32 é uma plataforma de microcontrolador de baixo custo que suporta Wi-Fi e Bluetooth, tornando-se ideal para projetos de automação, sendo o parceiro ideal para a proposta de pesquisa científica e desenvolvimento aqui proposta. Inicialmente optou-se pelo Arduino Mega, mas pela robustez de processamento e tamanho, optou-se pela plataforma ESP32 (fig.2), visto as maiores possibilidades, dado sistema de bluetooth e wifi integrados, os quais poderão ser utilizados na evolução do projeto que não ficará restrito ao modelo atual apresentado.

Figura 2 – Microcontrolador ESP32 com placa de desenvolvimento



Fonte: Autores, (2024).

Etec "Profª Anna de Oliveira Ferraz"

2.3. Relés

Os relés (Fig.3) permitem o controle de dispositivos de alta potência, como compressores, através de sinais de baixa tensão provenientes do ESP32.

No caso em tela, a função precípua do relé é atracar para ativar o compressor ou solenoide sempre que aa oximetria atingir 94% ou menos. Isso garante a primeira ação até a chegada de socorro.

Figura 3 - Relé



Fonte: Autores, (2024).

3. METODOLOGIA APLICADA

Em sede de início, verificou-se a viabilidade da compatibilidade entre o arduíno e o ESP32 com o projeto, o que conforme já relatado, sendo o Arduino mega descartado pelo seu tamanho em relação ao do ESP32. Tendo a escolha sido feita, iniciou-se a conexão dos periféricos à placa e desenvolvimento.

Utilizou-se inicialmente também uma placa de oximetria MAX30102, a qual apesar de fornecer leituras, não se mostrou precisa em relação ao pretendido, onde fora substituída pela placa MAX30100.

Após a conexão com sucesso do ESP32, sensor de oximetria MAX30100 e relé de acionamento, começou-se o desenvolvimento do código fonte para funcionamento e integração dos eletrônicos.

Etec "Profª Anna de Oliveira Ferraz"

Neste momento chegou-se ao principal desafio, visto ser um código ainda não criado, tornado a escolha das bibliotecas uma missão árdua, porém possível e realizável.

3.1. Materiais e Equipamentos

- ESP32
- Sensor de oxigênio, neste caso o MAX30100
- Relé de estado sólido
- Mini Display LCD 128x64 modelo ssd1306
- Sirene de alerta representando o compressor ou solenoide conectado à fonte de oxigênio
- Fonte de alimentação (computador para demonstração do monitor serial e os dados colhidos e bateria para alimentação da sirene)

3.2. Desenvolvimento do Sistema

O sistema foi desenvolvido em etapas:

- a) **Configuração do Sensor:** Pleno funcionamento do sensor de oxigênio com a placa ESP32 para leitura contínua da saturação do paciente.
- b) O sistema aqui proposto ficará posicionado de modo a ter contato com a pele, o qual futuramente será implantado em uma luva, esta colocada na mão do paciente, comunicando-se via bluetooth com a segunda placa ESP32, evitando-se fios, os quais podem atrapalhar as medidas de socorro primárias pela equipem médica.
- c) No exemplo prático aqui, o sensor foi posicionado sobre a tampa de uma caixa para manter sua posição.
- d) **Controle do Relé:** Programação do ESP32 para acionar o relé e a sirene na função de fornecedor de oxigenação, com base na leitura de saturação do sensor acoplado ao ESP32 fixado.
- e) **Teste da Sirene (Compressor):** Verificação do funcionamento da sirene em resposta ao sinal do relé, simulando o consequente aumento da oxigenação do paciente, sendo ativado através de uma bateria 12v.

Etec "Profª Anna de Oliveira Ferraz"

- f) **Exibição em display de LCD:** Após a coletados dados e processamento, exibe-se os valores no display de 128x64 i2c.

3.3. Custos Aproximados do Projeto

Apresenta-se abaixo, os custos aproximados do projeto, incluindo o valor do frete de entrega:

COMPONENTE	VALOR
ESP32 COM PLACA DE DESENVOLVIMENTO	R\$45,61
SENSOR DE OXIMETRIA MAX30100	R\$45,65
RELÉ 1 CANAL COM LED INDICADOR 10A	R\$22,60
SIRENE (SIMULADOR DE COMPRESSOR)	R\$36,62
PROTOBOARD	R\$9,50
DYSPLAY OLED SSD1306 128X64	R\$13,66
CAIXA DE PROTEÇÃO	R\$42,00
BATERIA PARA ALIMENTAÇÃO DE SIRENE	USADA

4. RESULTADOS PRETENDIDOS

Os testes mostraram que o sistema consegue monitorar com precisão a saturação de oxigênio e acionar a sirene (compressor) quando a saturação cair abaixo de um determinado limiar, o que em condições normais fica acima de 95%.

Conclui-se que o protótipo foi capaz de manter a oxigenação adequada durante os testes, obviamente necessitando de ajustes com o crescimento do projeto, o qual como já dito, não ficará restrito à condição atual.

5. DISCUSSÃO

Etec "Profª Anna de Oliveira Ferraz"

O sistema demonstrou ser eficaz na automação do processo de oxigenação, podendo ser uma alternativa viável para clínicas e pacientes em casa. No entanto, é necessário considerar aspectos como segurança elétrica e proteção do paciente, aspectos estes a serem tratados em pesquisa própria.

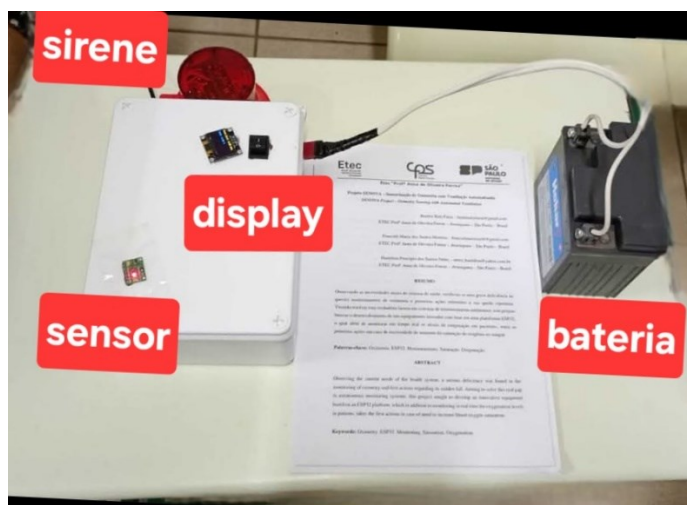
6. CONCLUSÃO

Este trabalho científico buscou apresentar um sistema inovador que integra a oximetria com automação para a manutenção de oxigenação. A utilização do ESP32 se mostra extremamente vantajosa, considerando a funcionalidade do protótipo e seu baixo custo. Futuras pesquisas podem explorar a miniaturização do dispositivo e a implementação de recursos adicionais, como conectividade em nuvem até o acionamento de serviços de emergência autônomos. O processo em si surpreendeu pela gama de possibilidade abertas, visto a placa ESP32 fornecer possibilidades quase infinitas de expansão> Nesta seara, pretende-se elevar o nível do equipamento extrapolando o que foi discutido neste trabalho.

7. IMAGEM DO PROJETO FINALIZADO:

Abaixo apresenta-se o projeto finalizado, conforme especificações anteriores.

Figura 4 – Projeto Finalizado



Fonte: Prof. Edgard Bergo Coroa.

Etec "Profª Anna de Oliveira Ferraz"

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, F. B.; ROCHA, S. A. **O impacto da tecnologia na monitorização de pacientes: uma revisão.** Revista de Saúde Pública, v. 54, n. 5, p. 102-110, 2023.

CARDOSO, V. M.; TEIXEIRA, A. F. **Automação de sistemas de saúde com microcontroladores: uma abordagem prática.** Revista de Tecnologia e Inovação em Saúde, v. 12, n. 3, p. 78-86, 2022.

CAVALCANTE, L. C.; MENEZES, R. D. O uso de microcontroladores na automação de equipamentos médicos. Tecnologia e Saúde, v. 15, n. 1, p. 33-40, 2021.

COSTA, A. S. Sistemas de controle para equipamentos médicos: uma abordagem baseada em ESP32. Journal of Medical Devices, v. 10, n. 3, p. 140-147, 2022.

FREITAS, T. R.; SANTOS, M. L. Sistema de oximetria remota: desafios e oportunidades. Conferência Brasileira de Tecnologia em Saúde, 2021.

MARTINS, J. L. et al. Aplicações do ESP32 na saúde: uma revisão. Revista Brasileira de Engenharia Biomédica, v. 18, n. 1, p. 45-53, 2022.

OLIVEIRA, J. P.; SOUSA, D. R. Desenvolvimento de um oxímetro de pulso de baixo custo com Arduino. Encontro Nacional de Tecnologia em Saúde, 2020.

PEREIRA, A. Microcontroladores e suas aplicações. Editora Tecnológica, 2021.

PEREIRA, A. G.; ALMEIDA, F. R. Desenvolvimento de dispositivos móveis para monitoramento de saúde. Journal of Biomedical Engineering, v. 22, n. 4, p. 250-259, 2023.

SANTOS, J. Automação em saúde. São Paulo: Editora Saúde, 2020.

SILVA, D. Oximetria: fundamentos e aplicações. Revista de Saúde, v. 15, n. 2, p. 100-110, 2022.

SILVA, R. C. et al. Integração de dispositivos móveis com sistemas de saúde: um estudo de caso. IEEE Latin America Transactions, v. 19, n. 2, p. 321-327, 2021.

Etec "Profª Anna de Oliveira Ferraz"

ANEXOS

Código fonte do ESP32

Comunicação do ESP32 com o sensor de oximetria e acionamento do relé com disparo de sirene simulando o equipamento de oxigenação (compressor ou solenoide eletropneumático ligado à fonte de oxigênio)

```
#include <BluetoothSerial.h>
#include <Wire.h> // Biblioteca para comunicação I2C
#include "MAX30100_PulseOximeter.h" // Biblioteca para uso do sensor de frequência
                                     // cardíaca e oxímetro MAX30100

#define REPORTING_PERIOD_MS 2000 // Intervalo entre a medição de cada amostra

#define RELAY_PIN 5 // Define o pino para controle do relé

uint32_t tsLastReport = 0; // Tempo da última amostra detectada

PulseOximeter pox; // Declaração objeto pox
BluetoothSerial SerialBT; // Recurso Bluetooth

void onBeatDetected() { // Função executada quando um pulso é detectado
    Serial.println("BPM DETECTADO");
}

void setup() {
    SerialBT.begin("ESP32_FCSATOX");
    Serial.begin(9600); // Inicialização da comunicação serial
    Serial.print("Iniciando... ");

    pinMode(RELAY_PIN, OUTPUT); // Configura o pino do relé como saída
    digitalWrite(RELAY_PIN, LOW); // Garante que o relé esteja desligado no início

    if (!pox.begin()) { // Testa a comunicação com o sensor
        Serial.println("FALHA "); // Se a comunicação não foi realizada corretamente,
                                   // exibe a mensagem "Falhou"
        for (;;);
    } else {
        Serial.println("OK! "); // Se a comunicação foi realizada com sucesso, exibe a
        mensagem "Sucesso!"
    }
    pox.setIRLedCurrent(MAX30100_LED_CURR_7_6MA); // Define que o sensor use 7,6 mA
                                                    // para o LED
    pox.setOnBeatDetectedCallback(onBeatDetected); // Registra todas as vezes em que um
                                                    // batimento for detectado
}

void loop() {
    pox.update(); // Atualiza a leitura do sensor

    if (millis() - tsLastReport > REPORTING_PERIOD_MS) { // Imprime a leitura em
                                                           // intervalos de 2000ms
        float heartRate = pox.getHeartRate();
        float spO2 = pox.getSpO2();

        Serial.print(heartRate);
        Serial.print("bpm - ");
        Serial.print(spO2);
        Serial.println("%");
    }
}
```

Etec "Profª Anna de Oliveira Ferraz"

```
SerialBT.print("F");  
SerialBT.print(heartRate);  
SerialBT.print("S");  
SerialBT.print(spO2);  
  
// Verifica o nível de SpO2 e ativa/desativa o relé  
if (spO2 < 94) {  
    digitalWrite(RELAY_PIN, LOW); // Desativa o relé  
    Serial.println("Relé ativado: SpO2 abaixo de 94%");  
} else {  
    digitalWrite(RELAY_PIN, HIGH); // Ativa o relé  
    Serial.println("Relé desativado: SpO2 dentro do limite.");  
}  
  
tsLastReport = millis();  
}  
}
```