

SISTEMA DE MONITORAMENTO DE SINAIS BIOMÉDICOS (SMSB)

João Victor Bentes Soares ^[1], Luana Ribeiro Gomes ^[1],
José Ruben Sicchar ^[1]

[1] Universidade do Estado do Amazonas, UEA - Escola Superior de Tecnologia, EST,
(e-mail: jbentessoares16@gmail.com).

[1] Universidade do Estado do Amazonas, UEA - Escola Superior de Tecnologia, EST, (e-mail:
luanaribeiro1206.lr@gmail.com)

[1] Dep. Controle e Automação, EST-UEA-Manaus-AM,
(e-mail: jvilchez@uea.edu.br)}

Abstract: This article proposes the development of a system for recording and monitoring biomedical signals (electrocardiogram and blood oxygenation.), based on Internet of Things (IoT) technology, allowing remote clinical monitoring of possible endemic conditions. As a benefit, the prototype developed will have a significant impact on biomedical instrumentation as a support in the clinical supervision of patients with endemic diseases, and in preventive medicine, in the early identification of possible cardiac and respiratory diseases. Combining telemedicine and automation, the results obtained demonstrate that the system is efficient in capturing, transmitting, and classifying data, in addition to providing greater convenience to the patient.

Resumo: Este artigo propõe o desenvolvimento de um sistema de registro e monitoramento de sinais biomédicos (eletrocardiograma e oxigenação sanguínea.), baseado na tecnologia *Internet of Things* (IoT), permitindo o monitoramento clínico remoto de possíveis quadros endêmicos. Como benefício, o protótipo desenvolvido terá um impacto significativo na instrumentação biomédica como suporte na supervisão clínica de pacientes com endemias, e na medicina preventiva, na identificação precoce de possíveis doenças cardíacas e respiratórias. Conciliando telemedicina e automação, os resultados obtidos demonstram que o sistema se mostra eficiente na captação, transmissão e classificação de dados, além de proporcionar maior comodidade ao paciente.

Keywords: Biomedical instrumentation; biosensors; telemedicine; Internet of Things.

Palavras-chaves: Instrumentação biomédica; biosensores; telemedicina; Internet das Coisas.

1. INTRODUÇÃO

Um dos principais objetivos dos profissionais de saúde é caucionar um acompanhamento de pacientes de forma constante, visando a otimização do monitoramento e cuidado com os pacientes, em especial os que apresentam doenças crônicas. Nesse sentido, observa-se que empresas de saúde, hospitais e clínicas trabalham para buscar métodos capazes de facilitar a identificação de anormalidades em monitoramentos realizados de forma remota. A telemedicina, possui a definição de tecnologia de informação e comunicação, podendo alargar-se para a área da saúde, especialmente quando a distância é um ponto crítico (Baker, 2018).

No atual contexto, observa-se que, acesso, equidade, qualidade e custo são quatro das principais problemáticas enfrentadas pelos sistemas universais de saúde, em um cenário de crescimento populacional e de mudanças nas características de saúde e doença; particularmente doenças cardiológicas (Waller, 2018). Dessa forma, observa-se a importância da telemedicina visto que o tempo de diagnóstico de problemas de saúde e o tratamento destes diminui, aumentando

consequentemente a eficácia dos serviços médicos, justificando o investimento nas tecnologias necessárias (Taylor, 2018).

A evolução do uso de tecnologias vem acontecendo de maneira acelerada e este advento traz uma série de novas soluções para as necessidades humanas. O interfaceamento do meio físico e virtual das novas tecnologias atualmente é conhecido como Internet das Coisas (do inglês, *Internet Of Things, IOT*) (Albahri, 2021). As aplicações de IoT, quando dirigidas para a área da saúde, podem destinar ao paciente o cuidado em vários aspectos, como tratamentos em casos de emergência no hospital, de longo prazo e baseado em comunidades (Oliveira; Silva, 2017). Nesse enquadramento, é válido ressaltar acerca da medicina, atrelada aos conhecimentos Internet das Coisas, que atua principalmente na medicina preventiva, fomentando uma qualidade de vida e um bem-estar melhor aos pacientes com baixos custos de medicamentos, consultas entre outros procedimentos médicos (Zhong, 2021).

Na revisão de literatura, podemos citar alguns trabalhos desenvolvidos na área da telemedicina, aplicados ao monitoramento de pacientes na pandemia com Covid 19.

Indo ao encontro do uso de tecnologias, como IoT, instrumentação biomédica e desenvolvimento de *software* (aplicativos e banco de dados) e computação na nuvem (Singh et al, 2020).

Todavia, encontra-se o desenvolvimento de grandes sistemas de suporte ao monitoramento de pacientes em grande escala, em hospitais, usando sensoriamento biomédico para captura de saturação de oxigênio, pressão cardiovascular, temperatura e as imagens de pacientes conformando, um leque de recursos integrados de suporte ao diagnóstico médico sobre endemias, em especial o novo Coronavirus. (Javaid et al, 2021). Contudo, o incentivo de desenvolvimento dos sistemas “auxiliares” na supervisão e diagnóstico de endemias embora tenha ganhado força nos últimos anos pela pandemia da Covid 19, ainda são insuficientes, no tocante ao mapeamento de pacientes suspeitos e em tratamento, que complementam o leque de recursos de combate a endemias regionais e pandemias (Singh et al, 2020).

Num sentido mais restrito, observa-se que a carência de recursos de supervisão, segurança e suporte ao diagnóstico clínico de endemias, é ainda mais restrita, em função de falta de recursos e de políticas públicas de saúde, que concentram unilateralmente como estratégia de combate, massificação de testes e vacinas, mas sem o complemento do monitoramento clínico dos pacientes. Essa realidade torna-se notória ainda em recintos públicos como universidades e demais centros de estudo, nas quais delimita-se ao controle de vacinação das pessoas frequentadores desses logradouros. Tendo-se, entretanto um cenário aberto ao “descontrole” e aparecimentos de novos surtos, de novas variantes de coronavírus, entre outras endemias similares e contagiosas (Zhong, 2021).

Assim, a proposta deste trabalho, é desenvolver um sistema de processamento integrado de dados, de testes cardiovasculares, e saturação sanguínea, para a classificação dos padrões de riscos por meio de biossensores mesclados à IoT, como sistema de suporte de identificação, monitoramento e diagnóstico clínico de anomalias registradas em pacientes locais e remotos. Permitindo-se o monitoramento, identificação e notificação dos pacientes, por um profissional da área da saúde. Assim, o sistema proposto é uma contribuição de suporte na segurança (identificação), monitoramento e massificação de testes não invasivos, de pessoas (alunos, professores, servidores e visitantes), bem como de suporte ao diagnóstico médico preventivo e de tratamento clínico de endemias (Covid ou outras doenças correlatas) em recintos públicos como faculdades, escolas demais centros de ensino. Em particular, na Escola Superior de Tecnologia (EST) da Universidade do Estado do Amazonas (UEA), na cidade de Manaus.

Este trabalho apresenta na sua segunda seção o arcabouço teórico relacionado com a proposta, Na terceira sessão aborda o sistema proposto. Na quarta seção, apresenta-se o diagrama esquemático implementado do sistema proposto. Na quinta seção são apresentados os resultados obtidos e sua discussão. E na última sessão apresenta-se a conclusão e indicação de trabalhos futuros.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Doenças Cardíacas

Atualmente com a situação da pandemia de COVID-19, doença causa pelo vírus SARS-Cov-2, a assistência médica, nos serviços de saúde, passou a apresentar dificuldades pelo risco de contaminação do vírus ou de deslocamento, que consequentemente afeta o acesso aos exames e atendimentos dos pacientes. De acordo com Martins et al. (2020) ainda que a COVID-19 seja principalmente uma doença pulmonar, certos pacientes apresentam sérios danos cardiovasculares.

Aproximadamente 45,7 milhões de pessoas, no Brasil, apresentam alguma doença cardiovascular. As doenças cardiovasculares são uma das principais causas de morte no país, ela representa cerca de um terço dos óbitos totais, na qual 65% do total de morte encontra-se na faixa etária de 30 a 69 anos de idade, compreendendo a população adulta em fase produtiva (Stevens et al., 2018).

As quatro principais e importantes doenças cardíacas no Brasil são: hipertensão, insuficiência cardíaca, fibrilação atrial e infarto do miocárdio. O custo com essas doenças chega a ser grande e reflete em mais de 60% no custo do sistema de saúde público. Sendo o infarto do miocárdio um dos principais responsáveis pelo atendimento nas unidades de emergência nos últimos anos (Stevens et al. 2018). Neste modo, as tecnologias envolvendo biossensores vinculado à IoT vem atuando dentro da cardiologia para salvar vidas e reduzir os gastos do sistema de saúde. Com o uso dessas tecnologias consegue-se fornecer diagnósticos precoces e precisos, possibilitando predição específica, que ajuda nas consequências da doença, e proporciona ao profissional da saúde uma grande quantidade de dados clinicamente relevantes do paciente (Jiang, 2017).

2.1.1 Pesquisas Exploratórias

Na preparação do planejamento da pesquisa, revelou-se a importância em realizar coletas de dados com o público-alvo, a fim de complementar o levantamento biográfico. Este artigo tipifica-se como uma pesquisa aplicada, interpretativa e com domínio quantitativo.

A coleta de dados foi realizada com aplicação de um questionário, o mesmo foi elaborado no *Googleform*. A ferramenta produz automaticamente gráficos com base nas respostas dadas, sendo uma forma clara e objetiva de visualização. Estrategicamente foram selecionadas pessoas de 40 a 70 anos, faixa etária com maior percentual de doenças cardiovascular segundo Stevens et al. (2018).

O questionário pode ser verificado através do *link* <https://forms.gle/E48ReXwykJnvIVZeA>. O material coletado com esta pesquisa foi tratado por meio de análise, onde foi identificadas problemáticas nas respostas do público-alvo.

Apesar da telemedicina ter se popularizado durante a pandemia, resultados coletados visto em Fig1. Q1 apontam que mais da metade das pessoas não fez o uso da mesma. Consoante à análise em Q2, é possível comprovar que a maioria não faz acompanhamento médico frequentemente, de forma analítica, é evidente que isso implica em Q3 onde maior parte não é ciente se apresenta problemas cardíacos o que corrobora com o fato de que o Brasil apresenta grandes percentuais de óbitos por doenças cardiovasculares.

Em um mundo onde o acesso à informação é em tempo real, utilizar de recursos tecnológicos em telemedicina para o contexto presente é uma boa proposta principalmente no que se tange a monitoramento periódico.



Fig. 1 Coleta de dados realizada por meio de questionários via Googleform.

2.3 Saturação de oxigênio no sangue

Um dos principais indicadores de saúde é a saturação de oxigênio, em razão de sinalizar um bom funcionamento do sistema respiratório. Além disso, revela o quão bem oxigenado o corpo encontra-se. Conforme Pereira (2014) o oxímetro de pulso é um equipamento médico que atua no monitoramento constante e não invasivo, de nível de saturação de oxigênio no sangue (SpO2), denomina-se como hipoxímia quando este nível de saturação está baixo.

Tabela 1. Nível de saturação de oxigênio no sangue

95-99%	Normal
91-94%	Hipoxia leve
86-90%	Hipoxia moderada
<86%	Hipoxia severa

2.4 Eletrocardiograma

Consoante a Organização Mundial da Saúde mais de 300 mil brasileiros sofrem um infarto por ano, e estatísticas apontam que até 2040 as mortes por doenças cardiovasculares devem aumentar em 250% (Albano e Brito, 2021). Nesse cenário é conveniente a abordagem de arritmia cardíaca, definida pela Sociedade Brasileira de Arritmias Cardíacas (SOBRAC) como uma alteração que ocorre na geração ou na condução do estímulo elétrico do coração, ocasionando modificações no ritmo cardíaco. Quando uma arritmia não é identificada e tratada, pode causar paradas cardíacas e a morte súbita (José, 2019).

O diagnóstico de uma doença cardiovascular é realizado por meio de um exame denominado eletrocardiograma (ECG), que avalia a atividade elétrica cardíaca a partir de eletrodos fixados na pele, a captação dessa atividade é reproduzida na forma de ondas P, complexo QRS e onda T que representam a despolarização e repolarização dos átrios e ventrículos vide Fig. 2.

A identificação precoce deste tipo de doença, principalmente arritmias, pode prevenir de maiores danos à saúde. As novas tecnologias possibilitaram que os instrumentos para verificação da atividade cardíaca tivessem suas dimensões reduzidas e se tornassem mais leves (José, 2019).

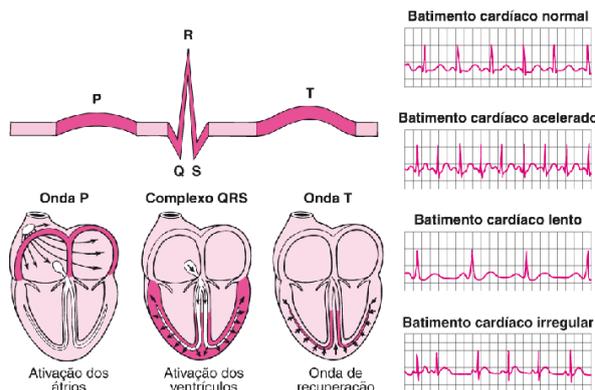


Fig. 2 Eletrocardiograma: elementos e classificações. Fonte: Manual MSD.

3. APRESENTAÇÃO DO SISTEMA

A metodologia idealizada para o desenvolvimento da proposta foi norteada pelo fluxograma, conforme Fig. 3. Após levantamentos bibliográficos, pesquisas exploratórias e identificação da problemática, o projeto foi fracionado estrategicamente em duas seções: monitoramento de frequência cardíaca e saturação e mapeamento da atividade elétrica do coração.

Em razão de o projeto ser um sistema automatizado, foram realizados alguns critérios para a criação do protótipo como: disponibilidade de componentes e preços acessíveis, consultas em sites de componentes eletrônicos e uma base de conhecimento em linguagem de programação C.

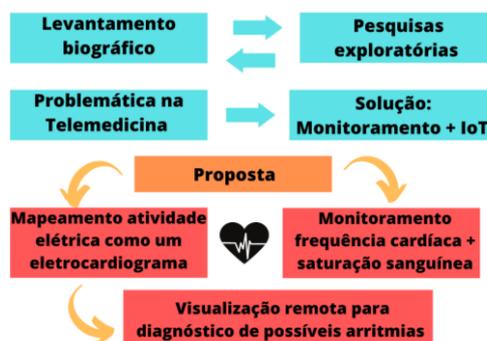


Fig. 3 Esquemático da metodologia adotada.

3.1 Sensor MAX30102 com Display LCD

O ciclo de funcionamento começa a partir de leituras constantes do biossensor MAX30102 através do dedo do paciente, a frequência de pulso e a concentração de oxigênio no sangue vão sendo obtidas a partir dos níveis de absorção da fonte de luz vermelha e infravermelha emitidas pelo aparelho.

Os comprimentos de ondas dos LEDs vermelho e emissor infravermelho são 660nm e 880nm, respectivamente. Ambas as luzes penetram no tecido da pele e a quantidade de luz refletida é medida através de um fotodetector. Essa técnica óptica de detecção através do pulso é denominada fotopletismografia. (PPG).

A oximetria de pulso baseia-se no princípio de que a quantidade de luz vermelha e infravermelha absorvida varia dependendo da quantidade de oxigênio no sangue. O gráfico da Fig. 4 é o espectro de absorção da hemoglobina oxigenada (HbO₂) e hemoglobina desoxigenada (Hb).

É evidente que o sangue desoxigenado absorve mais luz vermelha (660nm), enquanto o sangue oxigenado absorve mais luz infravermelha (880nm). Ao medir a proporção de cada luz recebida pelo fotodetector, o nível de oxigênio (SpO₂) no sangue é calculado.

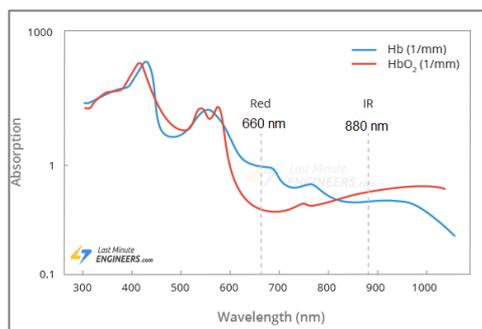


Fig. 4 Espectro de absorção da hemoglobina. Fonte: Last Minute Engineers.

O dispositivo portátil pode ser conectado a um microcontrolador, no projeto em questão, Arduino UNO R3. Para montagem são necessárias quatro conexões, dois pinos para alimentação (5V e GND) e dois pinos para as portas analógicas. Conforme a Fig. 5.

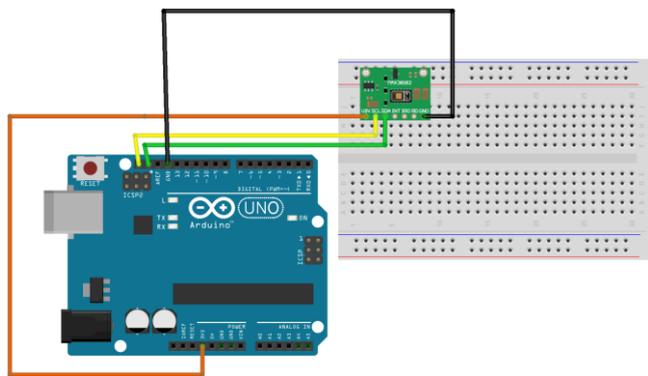


Fig. 5 Montagem do sensor MAX30102 com Arduino Uno.

Ao inserir o dedo sobre a luz, o paciente pode observar os dados através de um display LCD. Ademais, foi realizada uma programação para classificar de maneira simples os dados aferidos, a lógica para elaboração da mesma pode ser observada na Fig. 6 no formato de árvores de decisão.

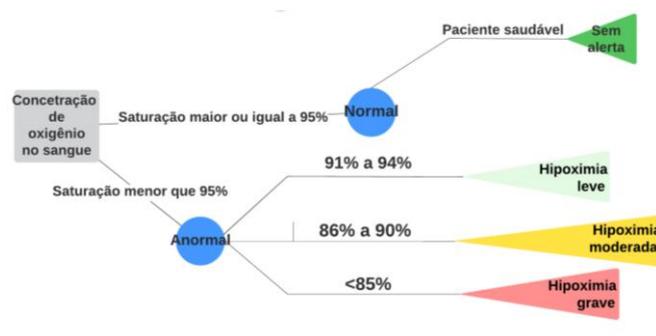


Fig. 6 Árvore de decisão: Concentração de oxigênio no sangue.

Um problema comum com esse sensor é que ele não funciona com microcontroladores com níveis lógicos mais altos, portanto, foi necessário remover os resistores externos da placa para compatibilidade com Arduino.

3.2 Conexão AD8232 com Módulo ESP8233 (Plataforma Ubidots)

Outro ciclo de funcionamento do protótipo é com o uso do sensor de batimentos cardíacos (ECG) intitulado AD8232 que pode ser definido como um bloco integrado que condiciona o sinal proveniente de uma medição biopotencial, utilizando eletrodos. Neste protótipo, foram utilizados três eletrodos alocados no corpo conforme Fig. 7.

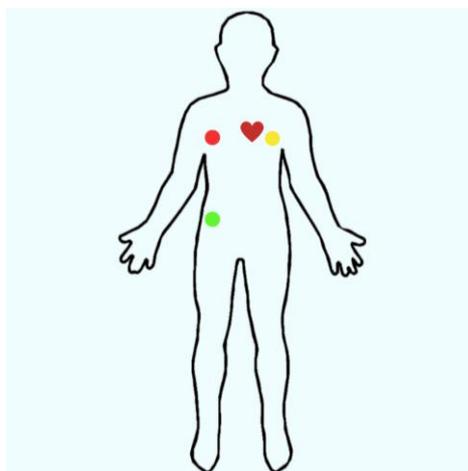


Fig. 7 Esquema de monitoramento cardíaco por meio de eletrodos alocados no corpo.

É possível fazer a interface deste dispositivo com o NodeMCU ESP8266, uma placa de desenvolvimento de projetos IoT, conectando cinco pinos, após a programação ser compilada no Monitor Serial do Ambiente de Desenvolvimento (IDE) do Arduino, os dados são processados e a atividade elétrica é mapeada de forma analógica.

No que se tange a aplicabilidade da IoT, o serviço *Ubidots* é uma boa proposta, essa plataforma permite conectar hardware e software para monitoramento, controle de dispositivos e automatização de processos remotamente. No site, após cadastro do usuário, é necessário criar uma variável cujos valores registrados por ela, em função do tempo, sejam representados de maneira visual.

A autenticação de dados é realizada por meio de um *token* do perfil, que deve estar devidamente inserido na programação conforme Fig. 8. A cada ajuste na programação é necessário o reset no ESP8266 para atualização e retorno de dados no *Ubidots*, os sinais ECG são disponibilizados em qualquer computador e *smartphone* conectado à internet e o histórico de dados recebidos é armazenado juntamente com informações de local, data e hora.

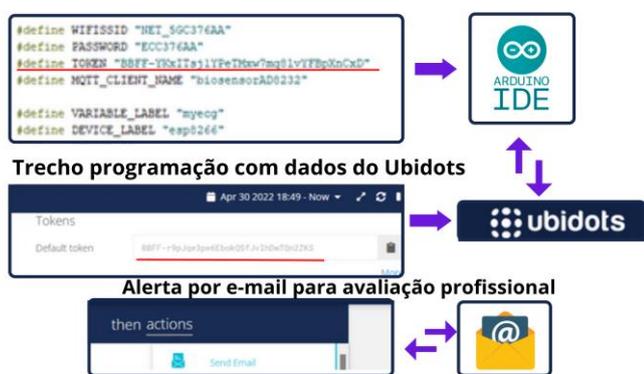


Fig. 8 Inserção de dados do *Ubidots* na programação para autenticação IoT.

4. DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DETALHADO

O modo de operação do protótipo é apresentado na Fig. 9 através de diagrama de blocos funcional, a aquisição de sinais é obtida pelos biossensores MAX30102 e AD8232.

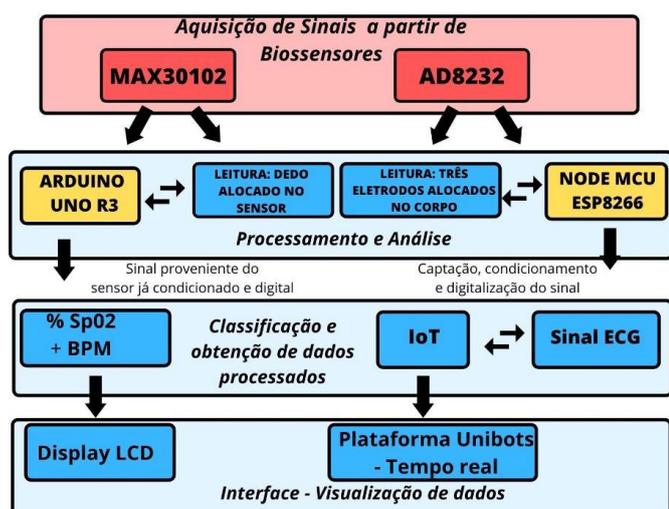


Fig. 9 Arquitetura do sistema de monitoramento.

O protótipo possui uma interface de captura, a qual é responsável por medir os sinais ECG com auxílio de três derivações, sendo estes capturados por três eletrodos,

convertidos pelo AD8232 e digitalizados pelo NodeMCU ESP8266. Dois dos três eletrodos captam a diferença de biopotencial do coração, enquanto o outro eletrodo é utilizado para referência potencial, objetivando eliminação de condições ruidosas.

A programação realizada na IDE do Arduino é correlacionada com a plataforma IoT para a visualização de dados. Em suma, o sinal gerado pelo coração é captado, condicionado, e por fim, digitalizado e apresentado no *Ubidots*.

Quanto ao sistema de monitoramento de oximetria, sua função principal é transformar os dados digitais oriundos MAX30102 em informações visuais e úteis ao paciente e ao médico. Os dados coletados pós fixação do sensor no dedo são recebidos por transmissão serial e programados para serem exibidos no display LCD. O esquema da simulação da prática pode ser observado na Fig. 10 abaixo.

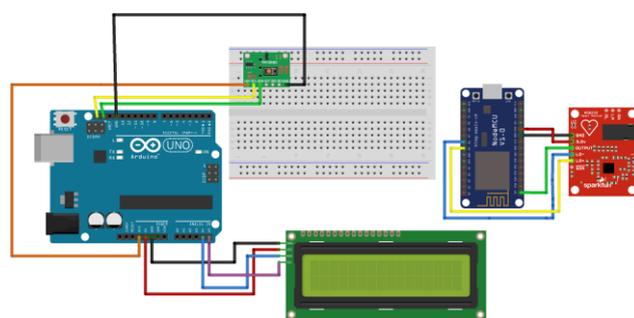


Fig. 10 Esquemático geral da simulação.

5. RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO

O protótipo atendeu todas as funcionalidades a que foi sujeito. A montagem e programação do sistema, observada na Fig. 11, apresentaram coerência no processamento de dados, operando como um auxiliar no diagnóstico de doenças cardíacas e respiratórias.

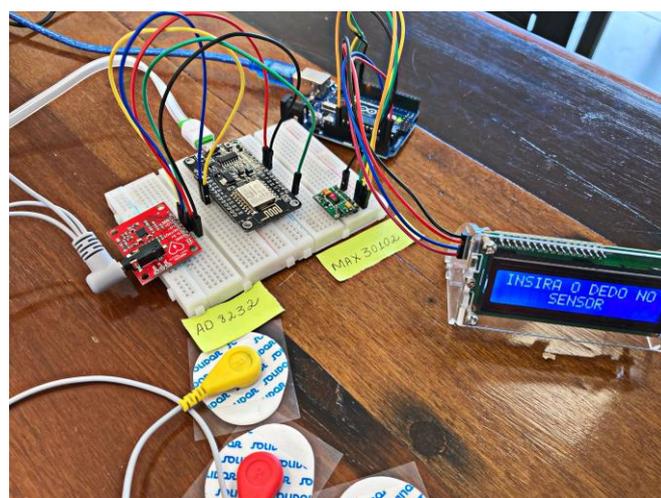


Fig. 11 Implementação do protótipo inicial.

A maior dificuldade encontrada na elaboração do protótipo foi a questão da conectividade do sensor AD8232 e NodeMCU ESP8266 com Wi-Fi, sendo necessários testes empíricos e

consecutivos, adição de novas bibliotecas na IDE do Arduino e constante reformulação da programação. As amostragens de dados tanto de oximetria e batimentos cardíacos no LCD, quanto do ECG no painel da plataforma *Ubidots* são satisfatórios, apesar de haver uma certa instabilidade na forma de onda em alguns momentos, mas nada que comprometa a interpretação médica.

Ao posicionar o dedo no sensor MAX30102, a luz refletida é medida a partir de um espalhamento luminoso no tecido, e imediatamente é exibido os valores de saturação de oxigênio, batimentos por minuto bem como uma breve classificação acerca destes valores conforme Fig. 12, foi realizado uma coleta com cinco leituras a cada intervalo de tempo de dois minutos, com uma paciente vide Tabela 2.



Fig. 12 Amostragem de dados monitorados através do sensor MAX30102.

Tabela 2. Amostra de dados monitoramento de saturação

Paciente 1	SpO2 (%)	BPM	Classificação
Amostra 1	98	71	Normal
Amostra 2	98	75	Normal
Amostra 3	94	64	Hipoxímia leve
Amostra 4	97	80	Normal
Amostra 5	98	83	Normal

Os dados tabelados apresentaram normalidade, contudo na terceira leitura houve classificação de hipoxímia leve e redução da frequência cardíaca, justificado por conta do mau posicionamento do dedo da paciente no sensor, ao receber devida orientação, a quarta leitura configurou-se de maneira normal.

A forma de onda captada pelo sensor AD8232 pode ser monitorada em qualquer lugar, pelo próprio usuário ou médico, usando um computador ou *smartphone*. No desenvolvimento do sistema com este sensor, obteve-se uma amostra de 4 resultados em um paciente, onde os sinais de ECG foram equiparados para definição da versão final do algoritmo vide Fig. 13.

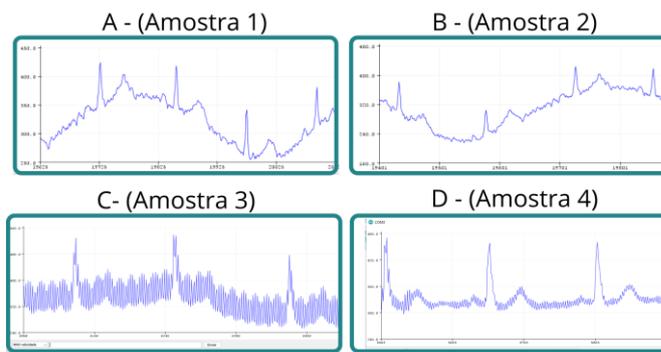


Fig. 13 Formas de ondas captadas pelo sensor AD8232.

No resultado obtido em Fig. 13A, na amostra é evidente irregularidade no sinal e atraso na propagação do ECG no monitoramento, mesmo a pessoa estando em repouso, e tendo em vista que o ritmo cardíaco é definido com base no tamanho da onda e sua regularidade, a análise neste caso é inviável.

A amostra B, assim como a amostra A também apresenta ruídos, a distância entre os complexos QRS é instável, o que dificulta inferir a classificação do ritmo cardíaco. Na amostra C, a equidistância entre os complexos também se encontra inviável para interpretação por conta dos ruídos.

Na amostra D, com a apresentação de uma forma de onda parcialmente estável, as etapas do ciclo cardíaco (ondas P e T e complexo QRS.), apesar de resquícios de ruídos, ficam visíveis, a partir de um algoritmo de detecção de picos.

Com a programação definida, foi possível realizar monitoramento IoT de forma síncrona a partir dos parâmetros *Ubidots* previamente estabelecidos, na Fig. 14 de um teste realizado no dia 10 de Março de 2022 dentro de um período de tempo de quatro minutos (15:00hrs – 15:04hrs.) em um paciente.

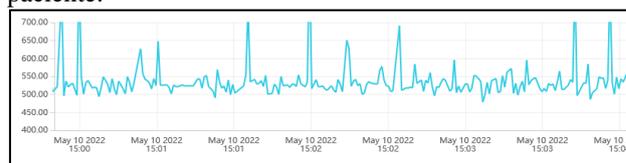


Fig. 14 Sinal de ECG captado no dia 10 de Maio de 2022.

A localização dos dados lidos pelo sensor pode ser visualizada na tela de interface de configuração da plataforma, o paciente ou médico pode receber o eletrocardiograma por e-mail.

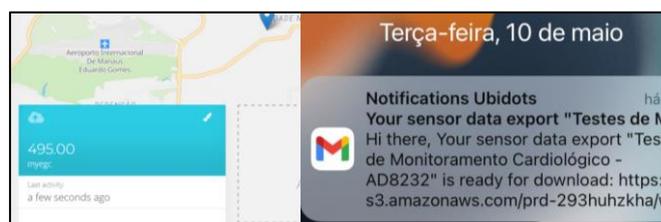


Fig. 15 Localização e notificação de dados monitorados pelo *Ubidots*.

5. CONCLUSÕES

Neste trabalho, foi proposto um sistema alternativo portátil de suporte à identificação (testes integrados.), monitoramento e diagnóstico clínico de endemias respiratórias infectocontagiosas e correlatas, em recintos de ensino públicos, com a finalidade de reforçar a segurança sanitária entre os frequentadores do recinto, bem como a identificação preventiva e de encaminhamento para tratamento médico de pacientes infectados ou suspeitos.

Os experimentos realizados com o protótipo desenvolvido apresentam resultados promissores no mapeamento da distribuição cardiovascular, frequência cardíaca e saturação de oxigenação de pacientes, na realização de testes massivos a baixo custo de exames relacionados com o diagnóstico de endemias como a Covid 19, neste caso, variações cardiovasculares e saturação de oxigênio em pacientes. Mostrando-se viável de aplicação pela sua robustez a interferências externas em um ambiente hospitalar ou externo, pela utilização de sensores locais de leitura de sinais.

A proposta apresenta viabilidade de implementação, visto que contribui significativamente nos ramos de automação, telemedicina e cardiologia, permitindo visualização local de dados e interface de monitoramento através da plataforma *Ubidots*. Quanto a lançar o projeto como um produto ao mercado, ainda são necessários aprimoramentos.

Como trabalhos futuros sugere-se melhorar o desempenho do algoritmo gerador do ECG, tanto na velocidade quanto numa marcação de picos e vales no sinal para facilitar interpretação médica. Na tentativa de uma melhor interação médico-paciente, o desenvolvimento de um aplicativo para uma coleta e incorporação de dados torna-se crucial para um diagnóstico prático e eficiente, como suporte na telemedicina.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a UEA e FAPEAM por permitiram a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- ALBAHRI, Ahmed Shihab et al. IoT-based telemedicine for disease prevention and health promotion: State-of-the-Art. *Journal of Network and Computer Applications*, Elsevier, v. 173, p. 102873, 2021.
- ALBANO, Victoria; BRITO, Nayana. Impactos Psicológicos da Cirurgia Cardíaca: Contribuições da Psicologia. *JNT-Facit Business and Technology Journal. QUALIS B1*. 2021, Julho. Ed. 28. V. 1. Págs. 426-438.
- BAKER, J., & STANLEY, A. (2018). Telemedicine technology: a review of services, equipment, and other aspects. *Current allergy and asthma reports*, Springer, 2018, 18(11), 1-8.

JAVAID, Mohd; KHAN, Ibrahim Haleem. Internet of Things (IoT) enabled healthcare helps to take the challenges of COVID-19 Pandemic. *Journal of Oral Biology and Craniofacial Research*, v. 11, n. 2, p. 209-214, 2021.

JIANG, F. et al. Artificial intelligence in healthcare: past, present and future. *Stroke and Vascular Neurology*, v. 2, n. 4, p. 230–243, 21 jun. 2017.

JOSÉ, T.; GUIMARÃES, R. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/riufcg/19100/THIAGO%20JOS%20c3%89%20RIBEIRO%20GUIMAR%20c3%83ES%20-%20TCC%20ENG.%20EL%20c3%89TRICA%202019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>.

MARTINS-FILHO, P. R.; BARRETO-FILHO, J. A. S.; SANTOS, V. S. Biomarcadores de Lesão Miocárdica e Complicações Cardíacas Associadas à Mortalidade em Pacientes com COVID-19. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, v. 115, n. 2, p. 273–277, ago. 2020.

O. DA; OLIVEIRA, SILVA, R. J. L. S. DE. A internet das coisas (IOT) com enfoque na saúde. *Tecnologias em projeção*, v. 8, n. 1, p. 77–85, 27 ago. 2017.

PEREIRA, F. R. www.encyclomédica.com.br. Enciclomédica, 2014. Disponível em: Acesso em: 15 Abril 2021.

SINGH, Ravi Pratap et al. Internet of things (IoT) applications to fight against COVID-19 pandemic. *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews*, Elsevier, v. 14, n. 4, p. 521-524, 2020.

STEVENS B, PEZZULLO L, VERDIAN L, TOMLINSON J, GEORGE A, BACAL F. Os custos das doenças cardíacas no Brasil. *Arq Bras Cardiol*, 2018, 111 (1): 29-36.

TAYLOR, Luisa; CAPLING, Heidi; PORTNOY, Jay M. Administering a telemedicine program. *Current allergy and asthma reports*, Springer, v. 18, n. 11, p. 1-7, 2018.

WALLER, Morgan, and STOTLER Chad. "Telemedicine: a primer." *Current allergy and asthma reports*, Springer 18.10 (2018): 1-9.

ZHONG, Yi; XU, ZhiHai; CAO, Lei. Intelligent IoT-based telemedicine systems implement for smart medical treatment. *Personal and Ubiquitous Computing*, p. 1-11, 2021.