

SISTEMA DE MONITORAMENTO DE SAÚDE E AMBIENTE UTILIZANDO
REDE MESH

Ana Flávia Matos Couto, Universidade Estadual Paulista, Brasil, ana.fm.couto@unesp.br
Jorge E. Blanco Rodriguez, Universidade Estadual Paulista, Brasil, jorge.blanco@unesp.br
Marcelo A. Sanches, Universidade Estadual Paulista, Brasil, marcelo.sanches@unesp.br
Aparecido A. de Carvalho, Universidade Estadual Paulista, Brasil, aa.carvalho@unesp.br

Resumo

O desenvolvimento de Redes de Sensores Sem Fio (RSSF), juntamente com os avanços da microeletrônica e o desenvolvimento de sensores, tornaram-se grandes aliados no monitoramento remoto de sinais vitais. Com isso, diversos dispositivos foram desenvolvidos com esta proposta, por exemplo, dispositivos portáteis para monitoramento de sinais fisiológicos como frequência cardíaca, temperatura corporal, oxigenação sanguínea, pressão arterial, respiração, entre outros. As RSSFs também podem ser aplicadas no monitoramento de parâmetros ambientais, que podem estar relacionados à saúde. O trabalho propõe a implementação de um dispositivo sem fio para monitoramento de parâmetros fisiológicos e ambientais utilizando rede mesh, com conexão wi-fi. A rede foi construída usando dispositivos ESP32 e sensores MAX 30100 e BME280. Desenvolvido para monitorar a frequência cardíaca e a oxigenação sanguínea e os parâmetros ambientais de temperatura, pressão atmosférica e umidade. A precisão do dispositivo implementado foi de 96% a 99% considerando os dispositivos comerciais como referência. Após a implementação da rede, algumas abordagens foram utilizadas para validar o seu funcionamento, obtendo-se resultados satisfatórios em relação ao funcionamento da rede mesh e as leituras realizadas pelos sensores, que comparadas aos resultados obtidos pela estação meteorológica e ao oxímetro comercial, foram obtidos resultados semelhantes.

Abstract

The development of Wireless Sensor Networks (WSN), together with advances in microelectronics and development of sensors, have become great allies in remote monitoring of vital signs. With this, various devices have been developed with this proposal, for example, portable devices for monitoring physiological signals such as heart rate, body temperature, blood oxygenation, blood pressure, respiration, among others. WSNs can also be applied in monitoring environmental parameters, which can be related to health. The paper proposes to implement a device for wireless monitoring of physiological parameters and environmental using mesh network, with WiFi connection. The network was built using ESP32 devices and MAX 30100 and BME280 sensors. Developed to monitor heart rate and blood oxygenation and the environmental parameters of temperature, atmospheric pressure and humidity. The accuracy of the implemented device was from 96% to 99% considering commercial devices as a reference. After the implementation of the network, some approaches were used to validate its operation, obtaining satisfactory results in relation to the operation of the mesh network

and the readings carried out by the sensors, that compared to results obtained by the meteorological station and a commercial oximeter, similar results were obtained.

Palavras chave: Rede *Mesh*; IoT; Sinais Biomédicos; Fatores Ambientales.

Key words: Mesh network; IoT; Biomedical Signs; Climatic factors.

1. Introdução

As tecnologias de RSSF tem auxiliado em relação ao monitoramento da saúde, detecção de doenças e no controle de ambientes, uma vez que tornou-se possível através do estudo e aplicação do uso de sensores, monitorar fatores ambientais como temperatura, umidade, pressão atmosférica, luminosidade, radiação, etc. (PANDOLFI, 2019).

Diversos trabalhos científicos relacionam fatores climáticos a problemas de saúde, valores de temperatura e umidade fora dos limites adequados para o corpo humano ou variações abruptas das mesmas podem induzir a manifestação de sintomas, como dores de cabeça, arritmias cardíacas, problemas respiratórios, entre outros (ALMEIDA FILHO; OLIVEIRA; COSTA, 2018). A exposição a temperaturas extremas provoca pressão no sistema cardiovascular, sistema respiratório e cerebrovascular. Devido a fatores como pressão arterial, viscosidade do sangue e a frequência cardíaca que se alteram com a variação de temperatura (KEATINGE et al., 1984).

Os sensores possibilitam também monitorar sinais vitais, como pressão arterial, frequência cardíaca, temperatura corporal, oxigenação sanguínea, respiração, entre outros biosinais, que são esses, indicadores do estado de saúde dos indivíduos (MURTA et al, 2009).

O objetivo deste trabalho foi implementar um sistema com sensores sem fio visando efetuar o monitoramento da frequência cardíaca, do nível de oxigenação sanguínea, da temperatura ambiente e pressão atmosférica.

2. Desenvolvimento

Nesta seção são descritos o desenvolvimento, os materiais e a metodologia adotada para a realização deste estudo.

2.1 Marco teórico

Para Silva (2013) e Sene Jr. (2009) as redes de sensores sem fio têm sido empregadas no monitoramento da saúde dos indivíduos em qualquer ambiente que esse se encontra. Esta tecnologia facilita o monitoramento remoto ou acompanhamento dos sinais de pacientes com doenças cardíacas, com problemas respiratórios, com complicações pós-operatórias ou que estejam em tratamento residencial, entre outras.

A seguir serão citados alguns trabalhos sobre monitoramento de biosinais aplicando RSSF. As pesquisas foram realizadas nas bases de dados do IEEE *Explore*, Google Acadêmico, SciELO, PubMed, Scopus e *Web of Science*.

Em Ma, Chao e Tsai (2013), apresentam uma plataforma de monitoramento de saúde com uma arquitetura de utilização de sensores, com o objetivo de monitoramento contínuo e de longo prazo.

A plataforma foi implementada para cinco tipos de sensores para leitura de sinais vitais dos usuários como: Eletrocardiograma (ECG), Eletromiografia (EMG), Temperatura, Acelerômetro e sensores para aferição da respiração. A plataforma possui uma aplicação WEB e por uma combinação de hardware e dispositivos móveis, para diagnóstico e análise de emergência médica.

Dias e Silva (2014) apresentam o desenvolvimento, implementação e avaliação de um sistema vestível para monitoramento de biossinais e atividade física humana. Foi implementado um sistema vestível em malha. Os dados são enviados por meio de um link sem fio para um telefone celular ou computador pessoal para processamento final. Os primeiros protótipos mostraram que o desempenho da rede flexível de sensores vestíveis desenvolvido, é equivalente ao de um sistema comercial, com menor consumo de potência de transmissão sem fio.

Nedungadi, Jayakumar e Raman (2017) construíram um sistema de monitoramento de saúde integrado de baixo custo para atender às necessidades relacionadas à saúde em áreas remotas e rurais. O sistema foi projetado para gerenciar a saúde geral com monitoramento de saúde em tempo real dos pacientes. Os sensores são conectados à Unidade de Interface Médica por meio da topologia de rede *mesh*, criando uma rede em malha dos dispositivos conectados, monitorando e coletando informações vitais.

No trabalho desenvolvido por Pozza (2019) é proposto uma abordagem *Cross-Layer* (CL), baseada no padrão IEEE 802.15.4 para garantir a qualidade do serviço em relação a entrega de pacotes e tempo de vida da rede de uma WBAN. A abordagem utilizou três experimentos denominados CL2, CL4 e CL-Bin. A utilização de CL apresentou excelente alternativa para diminuir esses problemas nas WBANs e contribuir para garantir um nível de *Quality of Service* (QoS) da transmissão da rede. Em Albergaria (2020) é implementado um sistema IoT para monitoramento remoto de saúde utilizando um dispositivo *WiFi* de baixo custo. O sistema compreende um *wearable* baseado em um módulo Espressif ESP32, um MAX30102 para leitura de FC e SpO₂, uma bateria LiPo e um aplicativo de monitoramento com Interface Gráfica do Usuário (do inglês *Graphical User Interface* - GUI) para visualização em tempo real do estado do sistema e um banco de dados.

Li, R. Li, X. e Ding (2020) propuseram uma nova topologia de rede nomeada Algoritmo de Roteamento de *Multipath* de Previsão de *Link* (do inglês *Link Prediction Multipath Routing Algorithm* - LPMA) com base na rede BLE *Mesh*, para reduzir o consumo de energia do sistema de monitoramento de saúde. Com o objetivo de solucionar o problema do algoritmo de roteamento padrão que não garantem a estabilidade da transmissão de dados de rede de sensores sem fio enquanto os nós estão em movimento.

2.2 Exposição do problema

Os principais desafios são a implementação da rede de comunicação *mesh* que consiga comunicar os módulos sem fio por meio de dispositivos *WiFi*. Para efetuar o monitoramento da frequência cardíaca, do nível de oxigenação sanguínea, da temperatura ambiente e da pressão atmosférica e obtenha respostas coerentes.

2.3 Método

Considerando a necessidade de um dispositivo com conexão *WiFi* para construção da rede, e de sensores de aquisição de sinais de frequência cardíaca, oxigenação sanguínea, temperatura atmosférica, umidade e pressão. Foram feitas as escolhas dos dispositivos utilizados como sensores, microcontroladores, protocolos de comunicação e ambiente de desenvolvimento de códigos a serem utilizados.

2.3.1 ESP32

Optou-se por utilizar o dispositivo ESP32 na implementação do trabalho devido a necessidade de um dispositivo que possuísse conectividade sem fio (*WiFi*), baixo custo e atende as necessidades de aplicação do estudo. Na Tabela 1, é apresentado um comparativo entre três dispositivos o ESP32, ESP8266 E ARDUÍNO UNO, módulos de baixo custo de grande acessibilidade e facilmente encontrado no mercado, deles apenas o ESP32 possui conexão *WiFi*.

Tabela 1: Comparativo entre ESP32, ESP8266 e Arduino Uno.

	ESP32	ESP8266	ARDUINO UNO
Arquitetura	32 bits	32 bits	8 bits
RAM	520 KB	160KB	2KB
Clock	240MHz	80MHz	16MHz
Cores	2	1	1
FLASH	16Mb	16Mb	32KB
Interfaces	SPI/ I2C/ UART/ I2S/ CAN	SPI/ I2C/ UART/ I2S	SPI/ I2C/ UART
Wi-Fi	Sim	Sim	Não
Bluetooth	Sim	Não	Não
GPIO	30	17	14
ADC	18	1	6
DAC	2	0	0

2.3.2 Módulo de Monitoramento Cardíaco

O módulo de monitoramento cardíaco é constituído pela comunicação dos dispositivos ESP32 e o sensor MAX30100 Figura 1, através do protocolo de comunicação I²C, e juntos compõem o nó dois da rede *mesh*, que irá aferir os biossinais de frequência cardíaca e oxigenação sanguínea e enviará aos demais nós da rede por meio de uma comunicação *Wireless*.



Figura 1: Sensor MAX30100.

2.3.3 Módulo Estação de Temperatura, Pressão e Umidade

O módulo de estação de temperatura, umidade do ar e pressão atmosférica foi implementado utilizando um dispositivo ESP32 e o sensor BME280 Figura 2, comunicando por meio do protocolo I²C, juntos formam o nó três da rede *mesh*, que realizará medições de temperatura, pressão e umidade e enviará aos demais nós da rede por meio da comunicação *Wireless*.

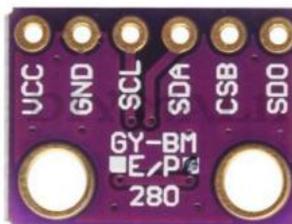


Figura 2: Sensor BME280.

2.3.4 Biblioteca *painlessMesh*

Para a construção da rede *mesh* foi utilizada a biblioteca *painlessMesh*. A mesma torna possível criar uma rede com os ESP32. É utilizado uma base de dados no formato JSON para as mensagens enviadas, para que o código e as mensagens sejam entendíveis.

A *painlessMesh* cria uma rede auto organizada e gerenciada onde todos os nós estão conectados em topologia estrela evitando caminhos circulares. Os nós compartilham suas informações com nós aos quais estão diretamente conectados, para trocarem informações sobre roteamento e sincronizar o tempo entre os nós para que cada nó tem uma imagem a todo instante da situação da malha. E enviam mensagens geradas por cada nó (*painlessMesh*, 2016).

2.3.5 Construção dos Nós

A rede *mesh* construída é composta por três nós, um nó roteador que estará conectado ao computador e dois nós sensores. Cada nó possui seu próprio código, e tem como base o envio e recebimento de mensagens.

NÓ 1: O “nó roteador” transmite mensagem via WiFi aos nós sensores “BME280 e MAX30100” apresenta seu nome de identificação e o ID do chip da placa, e recebe pacotes de informações dos “nós secundários” nós dois e três, e plota as informações no monitor serial. O nó um é composto por um ESP32, conectado por um barramento serial universal do inglês Universal Serial Bus (USB).

NÓ 2: O módulo microcontrolado ESP32 do nó dois possui conexão com o sensor MAX30100, que tem como via de comunicação o protocolo I²C, a Figura 3 apresenta o esquema de ligação do sensor biomédico, em que os pinos SDA e SCL do sensor são conectados as GPIOs 21 e 22 do microcontrolador.

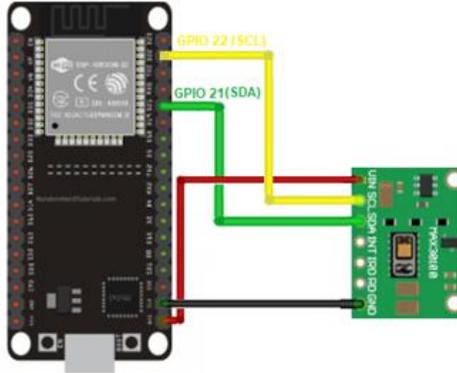


Figura 3: Esquemático de ligação do sensor MAX30100.

NÓ 3: O módulo do nó três é composto por um microcontrolador ESP32 e pelo sensor BME280, se comunicam por meio do protocolo I²C, o esquemático de ligação do sensor barométrico é exibido na Figura 4, os pinos SDA e SCL do sensor são conectadas as GPIOs 21 e 22 do microcontrolador.

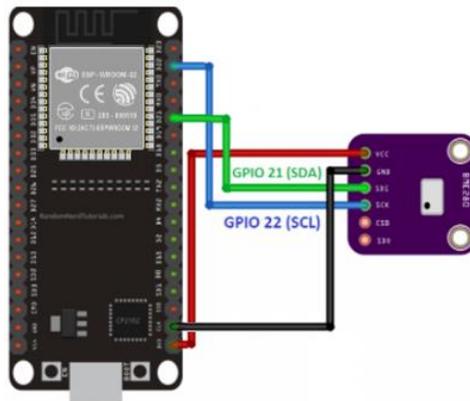


Figura 4: Esquemático de ligação do sensor BME280.

Para a implementação da malha, foram propostos códigos de programação para a construção da rede de monitoramento sem fio, utilizou-se como base para a programação dos nós, exemplos das bibliotecas *painlessMesh*, *BME_280* e *MAX30100*.

A codificação do nó roteador através da biblioteca *painlessMesh* implementa as funções necessárias para a criação e manutenção da rede *mesh*. O nó se conecta à rede *WiFi* local e simultaneamente cria uma rede *mesh* para os demais nós com sensores se conectarem. O mesmo recebe os pacotes de mensagens por meio da biblioteca *JSON*, enviadas pelos demais nós da rede e imprime no monitor serial. Os demais nós de sensores são programados para realizarem a leitura das variáveis de FC, SpO₂, temperatura do ambiente, umidade do ar, pressão atmosférica e envia-las ao nó sensor.

2.3.6 Leitura dos dados

Para validação do trabalho desenvolvido foram feitos diferentes testes para analisar e comprovar o funcionamento da mesma. Buscou-se analisar diferentes situações que poderiam interferir no

funcionamento da rede, foram utilizadas duas linhas de testes, uma para verificar o seu funcionamento, como nas seguintes: nós conectados no mesmo ambiente, em ambientes diferentes e os nós em diferentes ambientes com um nó sensor fora da área de cobertura da rede.

As medições das seguintes grandezas foram realizadas:

- Frequência cardíaca e SpO2 com o oxímetro de pulso ANU OX-06 e com o sensor MAX30100 (o voluntário permaneceu em repouso durante as medições);
- Temperatura ambiente e pressão atmosférica com o instrumento CS215-L14 e CS109 respectivamente e com o sensor BME280 na Estação Meteorológica da UNESP - Ilha Solteira.

2.4 Resultados

Foram obtidos as seguintes respostas

2.4.1 Resposta do Sensor Biomédico MAX30100

Testou-se o funcionamento do módulo sensor MAX30100, e para verificar seu funcionamento foram realizadas medições de FC e SpO2 com o módulo implementado e com o oxímetro ANU OX-06 como referência, os dados são apresentados na Tabela 2. As medições ocorreram em um período de aproximadamente 5 min.

Tabela 2: Medidas de Frequência Cardíaca e Oximetria (SpO2) obtidas com o instrumento ANU OX-06 e com sensor BME 330.

FC Sensor MAX30100	FC ANU OX-06	Oximetria (SpO2) Sensor MAX30100	Oximetria (SpO2) ANU OX-06
70,56 BPM	82 BPM	98 %	97 %
73,16 BPM	82 BPM	98 %	97 %
73,17 BPM	82 BPM	98 %	97 %
75,32 BPM	82 BPM	98 %	97 %
74,83 BPM	80 BPM	98 %	98 %
73,28 BPM	76 BPM	98 %	98 %
74,30 BPM	75 BPM	98 %	98 %
73,08 BPM	75 BPM	98 %	97 %
72,08 BPM	75 BPM	98 %	97 %
72,44 BPM	76 BPM	98 %	97 %

A tabela 2 apresenta 10 leituras para fins de visualização, para qualificar o instrumento implementado foram realizados cálculos de média, desvio padrão, erro percentual e acurácia, para os cálculos adotou-se a utilização de 40 leituras.

2.4.2 Resposta do Sensor Barométrico BME280

Os resultados obtidos com o sensor barométrico BME280 e com os instrumentos de referência são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Medidas de Temperatura Ambiente e Pressão Atmosférica obtidas com os CS215-L14 e CS109 e com sensor BME280.

Temperatura Sensor BME280	Temperatura Instrumento CS215-L14	Pressão Sensor BME280	Pressão Instrumento CS109
27,24 °C	27,38 °C	976,89 Pa	975,49 Pa
27,45 °C	27,36 °C	976,86 Pa	975,49 Pa
27,46 °C	27,35 °C	976,85 Pa	975,97 Pa
27,44 °C	27,36 °C	976,83 Pa	975,65 Pa
27,4 °C	27,35 °C	976,92 Pa	975,16 Pa
27,38 °C	27,33 °C	976,95 Pa	975,73 Pa
27,36 °C	27,34 °C	976,9 Pa	975,97 Pa
27,34 °C	27,33 °C	976,89 Pa	975,41 Pa
27,35 °C	27,32 °C	976,94 Pa	975,25 Pa
27,34 °C	27,31 °C	976,93 Pa	975,73 Pa

Na Tabela 3 são apresentados 10 medições, para fins dos cálculos foram utilizados 40 medições para uma melhor análise dos resultados, constata-se que os valores de temperatura ambiente medidas com o BME280 e com o instrumento CS215-L14 foram praticamente idênticas.

2.4.3 Resposta do Funcionamento da rede mesh

Foram testadas diferentes situações de funcionamento da rede, com o nó roteador em um ambiente diferente dos nós sensores, todos os nós em diferentes ambientes e com um nó posicionado fora da área de cobertura e o outro nó sensor agindo como ponto de conexão do nó vizinho. A Figura 5 apresenta o monitor serial para os nós em ambientes diferentes.

```

COMS
Adjusted time 267712248. Offset = 501209
Adjusted time 267896559. Offset = -35897
Adjusted time 268098004. Offset = -6308
startHere: Received from 3520222793 msg={"Sensor MAX30100": "NO_2", "FC": "71.27", "SPO2": "98"}
Adjusted time 268609980. Offset = 99665
Adjusted time 269014441. Offset = 504
startHere: Received from 3520222793 msg={"Sensor MAX30100": "NO_2", "FC": "69.63", "SPO2": "98"}
startHere: Received from 3520229637 msg={"Sensor Type": "BMP280", "Node Name": "NODE_2", "Temperature": "26.92", "pres": "975.20", "Humidade": "0.00"}
startHere: Received from 3520222793 msg={"Sensor MAX30100": "NO_2", "FC": "44.77", "SPO2": "98"}
startHere: Received from 3520229637 msg={"Sensor Type": "BMP280", "Node Name": "NODE_2", "Temperature": "26.92", "pres": "975.22", "Humidade": "0.00"}
startHere: Received from 3520222793 msg={"Sensor MAX30100": "NO_2", "FC": "64.57", "SPO2": "99"}
startHere: Received from 3520222793 msg={"Sensor MAX30100": "NO_2", "FC": "58.21", "SPO2": "99"}
startHere: Received from 3520222793 msg={"Sensor MAX30100": "NO_2", "FC": "59.06", "SPO2": "99"}
startHere: Received from 3520229637 msg={"Sensor Type": "BMP280", "Node Name": "NODE_2", "Temperature": "26.92", "pres": "975.22", "Humidade": "0.00"}
startHere: Received from 3520222793 msg={"Sensor MAX30100": "NO_2", "FC": "72.28", "SPO2": "99"}
startHere: Received from 3520229637 msg={"Sensor Type": "BMP280", "Node Name": "NODE_2", "Temperature": "26.92", "pres": "975.22", "Humidade": "0.00"}
startHere: Received from 3520229637 msg={"Sensor Type": "BMP280", "Node Name": "NODE_2", "Temperature": "26.91", "pres": "975.29", "Humidade": "0.00"}
startHere: Received from 3520222793 msg={"Sensor MAX30100": "NO_2", "FC": "40.16", "SPO2": "0"}
startHere: Received from 3520229637 msg={"Sensor Type": "BMP280", "Node Name": "NODE_2", "Temperature": "26.91", "pres": "975.26", "Humidade": "0.00"}
startHere: Received from 3520229637 msg={"Sensor Type": "BMP280", "Node Name": "NODE_2", "Temperature": "26.90", "pres": "975.26", "Humidade": "0.00"}
startHere: Received from 3520222793 msg={"Sensor MAX30100": "NO_2", "FC": "70.56", "SPO2": "99"}
startHere: Received from 3520229637 msg={"Sensor Type": "BMP280", "Node Name": "NODE_2", "Temperature": "26.90", "pres": "975.23", "Humidade": "0.00"}

```

Figura 5: Resposta para os nós sensores em ambientes diferentes.

2.5 Discussão

O sensor MAX30100 obteve para FC uma média de 76,12 BPM e o valor médio de FC medido com o oxímetro de pulso comercial ANU OX-06 foi de 79,10 BPM. Em relação a SpO2 os valores médios de leitura realizados pelo sensor MAX30100 foi de 98,15 % e para o oxímetro ANU OX-06 foi de 96,90 %.

O desvio padrão obtido pelo sensor MAX30100 foi de 5,21 BPM e 1,45 %, erro percentual de 3,77% para FC, erro de 1,29 % para SpO2. A acurácia em relação ao instrumento comercial foi de 96,23% para FC e 98,71% para SpO2. Não foi possível medir umidade com o BME280.

Para as medições de temperatura a máxima diferença entre elas foi de 0,2 C°. O sensor BMP280 obteve uma média de leitura de 27, 51 C°. O desvio padrão obtido com as leituras realizadas pelo sensor foi de 0,021 C°, com erro percentual de 0,16% para temperatura. Sendo a acurácia do sensor de 99,84%, quando se utiliza o instrumento CS215-L14 como referência.

Os valores de pressão atmosférica medidos com o BME280 e com o instrumento CS109 também são praticamente iguais, sendo de 1,83 Pa a máxima diferença. As leituras obtidas pelo sensor obtiveram uma média de 976,88 Pa. O desvio padrão foi de 0,211 Pa, erro percentual de 0,13% e uma acurácia de 99,89%, tendo como referência o instrumento CS215-L14.

Em relação ao funcionamento da rede, os testes realizados com a rede apontaram seu bom funcionamento, chegando na resposta esperada. Foi possível observar que o nó fora da área de cobertura utilizou o nó mais próximo como ponte de conexão, como era esperado, provando que a rede construída é escalonável.

3. Conclusão

Considerando que as leituras de SpO2, pressão atmosférica e temperatura ambiente obtidas no instrumento e no dispositivo de referência são bem próximas, obteve-se uma precisão de medição para pressão barométrica é de 99,89%. Temperatura 99,8 %, medição da frequência cardíaca 96,23%, SpO2 98,71%. Pode-se concluir que o objetivo do trabalho foi alcançado.

A acurácia na medição da frequência cardíaca poderá melhorar acentuadamente, se construindo uma estrutura mecânica adequada que mantenha estável a posição do dedo no momento de realizar a medição.

Os testes realizados, nas diferentes situações testadas, mostraram que a rede mesh implementada funcionou de forma plenamente satisfatória.

Dever-se averiguar o motivo pelo qual não foi possível medir umidade com o sensor barométrico BME280.

Referências

ALBERGARIA, P. de C. **“Remote Biometrical Monitoring System via IoT”**. FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO, Porto, 2020.

ALMEIDA FILHO, V. A. OLIVEIRA, A. M. COSTA, C. da S. **“Estudo comparativo dos modos da PPG para medição de sinais de FC utilizando Arduino”**. XXXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TELECOMUNICAÇÕES E PROCESSAMENTO DE SINAIS, CAMPINA GRANDE, 2018.

DIAS, R. SILVA, J. M. **“A Flexible Wearable Sensor Network for Bi-Signals and Human Activity Monitoring”**. 11ª Conferência Internacional sobre Workshops de Redes de Sensores Corporais Vestíveis e Implantáveis. Zurique, 2014.

KEATINGE, W. R. COLESHAW, S. R. COTTER, F. MATTOCK, M. MURPHY, M. CHELLIAH, R. **“Increases in platelet and red cell counts, blood viscosity, and arterial pressure during mild surface cooling: factors in mortality from coronary and cerebral thrombosis in winter”**. Br Med J, Clin Res Ed. 1984.

LI, R. LI, X. DING, Y. **“Link Prediction Algorithm for BLE Mesh Network in Health Monitoring System”**. Chinese Control And Decision Conference (CCDC). Hefei, 2020.

MA, Y. CHAO, Y. and TSAI, T. **“Smart-clothes — Prototyping of a health monitoring platform”**. IEEE Third International Conference on Consumer Electronics (ICCE). Berlin, 2013.

MURTA, G. F.; et al. **“Saberes e Práticas: guia para ensino e aprendizado de enfermagem”**. 5ª ed. São Caetano do Sul, 2009.

NEDUNGADI, P. JAYAKUMAR, A. RAMAN, R. **“Personalized Health Monitoring System for Managing Well-Being in Rural Areas”**. J Med Syst. Coimbatore, 2017.

PANDOLFI, A. S. **“Sistema de monitoramento de sensores sem fio utilizando rede mesh com foco em conforto e qualidade em ambientes escolares”**. Instituto Federal do Espírito Santo, Colatina, 2019.

POZZA, R. S. **“Uma Abordagem Cross-Layer para Redes Corporais Sem Fio Considerando Dispositivos com Taxas de Dados Variáveis”**. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.

SENE JR, I. G. **“Arquitetura para Desenvolvimento de Aplicação de Rede de Sensores para o Monitoramento da Saúde Humana”**. Tese de Doutorado em Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

SILVA, K. C. N. **“Monitoramento Da Saúde Humana Através De Sensores: Análise De Incertezas Contextuais Através Da Teoria Da Evidência De Dempster-Shafer”**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.