



Sistema de monitoramento contínuo de saúde baseado em internet das coisas médicas

Continuous health monitoring system based on internet of medical things

Sistema de monitoreo continuo de salud basado en el internet de las cosas médicas

Eduardo Sagaz da Rosa¹, José Jair Alves Mendes Junior², André Luís Del Mestre Martins³, Juliano Costa Machado³, Fábio Pires Itturriet⁴

1 Graduando, IFSul, Charqueadas (RS), Brasil

2 Prof. Dr., DAELN, UTFPR, Curitiba (PR), Brasil

3 Prof. Dr., IFSul, Charqueadas (RS), Brasil

4 Prof. Dr., DAELT, UTFPR, Curitiba (PR), Brasil

Autor correspondente: Prof. Dr. Fábio Pires Itturriet

E-mail: fabioitturriet@utfpr.edu.br

Resumo

Objetivo: Desenvolver um sistema completo de monitoramento contínuo de sinais vitais e ambientais para acompanhamento médico individualizado através da Internet das Coisas Médicas. **Método:** Uma pulseira inteligente foi criada para estimar e transmitir pela Internet a frequência cardíaca, saturação de oxigênio, temperatura corporal, temperatura ambiente e umidade relativa. O gabinete da pulseira foi fabricado sob medida visando alocar todos os circuitos eletrônicos de forma segura e confortável. Foi desenvolvida uma interface gráfica para exibir as informações de saúde dos indivíduos monitorados recebidas pela Internet. **Resultados:** Os sinais captados e transmitidos pela pulseira foram coerentemente apresentados na interface gráfica desenvolvida. Experimentos mostraram alterações em alguns sinais vitais devido às limitações do protótipo do gabinete da pulseira. **Conclusão:** O sistema proposto mostrou-se plenamente funcional e com potencial de contribuir para o avanço da saúde digital e melhoria da qualidade de vida.

Descritores: Saúde Digital; Monitoramento Contínuo; Internet das Coisas Médicas

Abstract

Objective: To develop a comprehensive system for continuous monitoring of vital and environmental signs for individualized medical follow-up through the Internet of Medical



Things. **Method:** A smart wristband was created to estimate and transmit heart rate, oxygen saturation, body temperature, ambient temperature, and relative humidity over the Internet. The wristband casing was custom-made to securely and comfortably house all electronic circuits. A graphical interface was developed to display the health information of monitored individuals received via the Internet. **Results:** The signals captured and transmitted by the wristband were coherently presented in the developed graphical interface. Experiments showed changes in some vital signs due to limitations of the wristband casing prototype. **Conclusion:** The proposed system proved to be fully functional and has the potential to contribute to the advancement of digital health and the improvement of quality of life.

Keywords: Digital Health; Continuous Monitoring; Internet of Medical Things

Resumen

Objetivo: Desarrollar un sistema de monitoreo continuo de señales vitales y ambientales para el seguimiento médico individualizado mediante el Internet de las Cosas Médicas. **Método:** Se creó una pulsera inteligente para estimar y transmitir por Internet la frecuencia cardíaca, la saturación de oxígeno, la temperatura corporal, la temperatura ambiental y la humedad relativa. La carcasa de la pulsera fue diseñada para alojar de manera segura y cómoda todos los circuitos electrónicos. Se desarrolló una interfaz gráfica para mostrar la información de salud de los individuos monitorizados. **Resultados:** Las señales captadas y transmitidas por la pulsera se presentaron de manera coherente en la interfaz gráfica. Los experimentos mostraron cambios en algunas señales vitales debido a las limitaciones del prototipo. **Conclusión:** El sistema propuesto demostró ser funcional y tiene el potencial de contribuir al avance de la salud digital y a la mejora de la calidad de vida.

Descriptor: Salud Digital; Monitoreo Continuo; Internet de las Cosas Médicas

Introdução

A pandemia de COVID-19 evidenciou fragilidades dos sistemas de saúde ao redor do mundo. Milhares de pessoas morreram nos corredores de hospitais e residências sem receber atendimento e tratamento médico adequado. No Brasil, em torno de 150 milhões de pessoas (74,3% da população) dependem exclusivamente do



Sistema Único de Saúde (SUS).⁽¹⁾ Embora o SUS seja o maior sistema público de saúde do mundo e referência, uma pesquisa apontou que 44% dos usuários reclamam do longo tempo de espera para consultas, exames ou cirurgias enquanto que 38% dos entrevistados relatam problemas de superlotação de hospitais, emergências e pronto-atendimentos.⁽²⁾

O uso de tecnologias na área da saúde tem se mostrado promissor para a melhoria dos serviços prestados à população. O mercado de telemedicina movimentou U\$144,38 bilhões em 2020 e apresenta uma projeção de atingir aproximadamente U\$640 bilhões em 2028.⁽³⁾ Embora seja considerada uma atividade ainda em desenvolvimento, teve seu uso amplamente estimulado durante a pandemia, tornando-se inclusive, regulamentada no país como uma medida temporária em situações de emergência. O atendimento remoto provido pela telemedicina, evita que portadores de doenças crônicas como cardiopatias, hipertensão, diabetes, obesidade, doenças respiratórias circulem em ambientes como clínicas e hospitais que possuem alto risco de contaminação por outras doenças infecciosas.

Nesse contexto, emerge a Internet das coisas médicas (do inglês, *Internet of Medical Things* - IoMT), interconectando dispositivos médicos, infraestruturas e aplicativos de saúde através da Internet. A união da telemedicina com IoMT melhora a qualidade e a acessibilidade aos cuidados de saúde. Viabilizar um Sistema de Saúde onde os profissionais possam diagnosticar, analisar e tratar pacientes remotamente demanda o acesso às informações médicas de forma simples, eficiente e segura.⁽⁴⁾

Em uma das pontas desse sistema encontram-se os dispositivos (*devices*), usualmente dotados de sensores vestíveis para a aquisição, processamento e transmissão de sinais bioelétricos para servidores através da Internet. Sinais vitais como frequência cardíaca, oximetria e temperatura corporal são exemplos de informações que podem ser captadas por esses sensores. Baseados nessas informações, profissionais de saúde podem encaminhar os indivíduos monitorados para os hospitais apenas em casos estritamente necessários.

À medida que o número de pacientes monitorados aumenta, a tarefa de um acompanhamento individualizado torna-se cada vez mais desafiadora. Nesses casos, é fundamental apresentar visualmente as informações de forma eficiente e amigável para maximizar a chance de sucesso. Automatizar alertas sonoros e visuais para cada



monitorado, quando algum sinal vital se encontrar fora de limites pré-estabelecidos pelo médico responsável, são mandatórios nesses casos. Ademais, uma redundância de alertas envolvendo familiares ou amigos, pode servir para agilizar a prestação de socorro ao monitorado.

Este trabalho propõe a construção de um sistema completo de monitoramento remoto de saúde e condições ambientais. As principais contribuições do trabalho são: (i) Projeto e construção de uma pulseira para aquisição, processamento e transmissão de sinais vitais e ambientais através da Internet, (ii) Desenvolvimento de um aplicativo Android para configuração e conexão da pulseira na Internet e (iii) Elaboração de uma Interface gráfica de Usuário (GUI) para o acompanhamento remoto dos dados captados e transmitidos pela pulseira com sistema de alerta ao médico e familiares.

A Tabela 1 apresenta uma compilação de cinco trabalhos relacionados, assim como as características e funcionalidades exploradas em cada um deles. O trabalho proposto visa ser o único que atende todas as seis categorias mostradas na tabela.

Tabela 1 – Compilação das características e funcionalidades dos trabalhos relacionados.

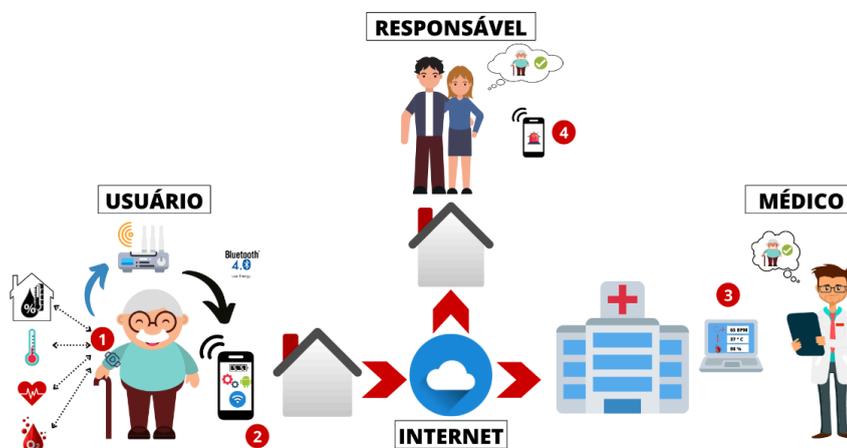
Trabalho	Sensor Oximetria	Sensor Temp. Corporal	Sensor Ambiente	MCU	Alerta Médico e Familiar	APP
(5)	MAX30100	Não	Não	ATMega32+ ESP8266	Sim	Não
(6)	SEN11574	MAX30205	Não	Node MCU	Sim	Não
(7)	MAX30100	Não	DHT11	PIC24FJ128	Sim	Sim
(8)	MAX30100	Não	Não	ESP32-D2WD	Não	Não
(9)	Led's IR + Fototransistor	DS18B20	Não	Galileu + ESP8266	Sim	Não

Métodos

A arquitetura do sistema proposto é apresentada na Figura 1, simulando um cenário contendo: (1) usuário vestindo a pulseira em sua residência, (2) aplicativo Android desenvolvido especificamente para comunicação com a pulseira através do protocolo Bluetooth, (3) interface gráfica apresentando as informações do usuário para um profissional de saúde em seu local de trabalho e (4) um sistema de alerta capaz de avisar um responsável caso as informações de saúde apresentem valores fora de padrões pré-definidos.



Figura 1 – Diagrama da arquitetura de monitoramento contínuo de saúde proposta



1. Pulseira de Monitoramento Contínuo

A escolha por uma pulseira se justifica por minimamente influenciar nas atividades cotidianas dos usuários, além de ser um local em que as pessoas costumam utilizar relógios, causando menos estranheza e rejeição por parte dos usuários. Para a alimentação dos circuitos eletrônicos da pulseira foi utilizado uma bateria de polímero de lítio (LIPO) de uma célula com tensão de 3,7V e corrente de 1200mAh.

A maioria dos trabalhos relacionados apresentados na Tabela 1 utilizaram o sensor MAX30100 para a estimação de frequência cardíaca (FC) e oximetria (SpO₂). Porém, na pulseira foi utilizado um módulo comercial contendo o sensor MAX30102, uma versão aprimorada de seu antecessor. Possui dois leds (vermelho – $\lambda = 660\text{nm}$ e infravermelho – $\lambda = 880\text{nm}$), fotodetector, circuito de rejeição de luminosidade ambiente, conversor analógico-digital (ADC) de 18 bits e um vidro de proteção.⁽¹⁰⁾

O MAX30205 é um sensor de temperatura corporal, voltado para o mercado de sensores vestíveis (*wearables*), com baixo consumo (600 μA), incerteza de 0,1°C, modos de economia de energia e comunicação com outros dispositivos através do protocolo I2C.⁽¹¹⁾

O sensor DHT11 foi escolhido por medir tanto temperatura ambiente quanto umidade relativa com encapsulamento de pequenas dimensões, baixo consumo de energia e preço atrativo. Em termos de medição de temperatura, opera na faixa entre



0°C a 50°C com uma incerteza de $\pm 2,0^\circ\text{C}$. O sensor de umidade relativa atua na faixa entre de 20% a 90% com incerteza de $\pm 5,0\%$.⁽¹²⁾

O microcontrolador (MCU) escolhido foi o ESP32 embarcado na plataforma Wi-Fi Lora 32, fabricado pela *Heltec Automation*.⁽¹³⁾ Apresenta desempenho compatível com as necessidades, dimensões reduzidas e protocolos Wi-Fi e *Bluetooth* integrados.

O gabinete da pulseira foi projetado com ferramenta de CAD dividido em três compartimentos: (i) compartimento superior para o MCU e sensor DHT11, (ii) compartimento inferior acomodando os sensores MAX30102, MAX30205 e fixação da pulseira (velcro) no braço do usuário e (iii) compartimento exclusivo para bateria.

A Tabela 2 apresenta um resumo dos sensores, alimentação, processamento e gabinete da pulseira proposta.

Tabela 2 – Resumo do *Hardware* utilizado na pulseira de monitoramento

Atividade	Módulo	Modelo
Sensores de Sinais vitais	Temperatura corporal Frequência cardíaca e SpO2	MAX30205 MAX30102
Sensores Ambientais	Temperatura e Umidade	DHT11
Alimentação	Bateria LIPO	503048
Processamento e Comunicação	ESP32	<i>Heltec</i> Wi-Fi Lora 32
Gabinete	Projeto personalizado	Impresso em resina

A Figura 2 (a) apresenta a vista superior da pulseira com o display LCD para visualização local dos dados e o sensor DHT-11 para medir temperatura e umidade relativa. Na Figura 2 (b), a vista inferior contendo os sensores de FC e SpO2 (MAX30102) e temperatura corporal (MAX30205) que ficam constantemente em contato com a pele do punho do usuário.

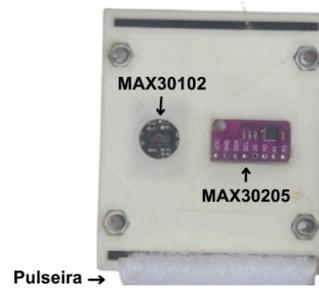
Figura 2 – Pulseira montada como os sensores posicionados



(a) Vista Superior



(b) Vista Inferior



2. Conectividade com à Internet

O *firmware* desenvolvido em linguagem C para o MCU da pulseira é capaz de buscar e apresentar no Display LCD as redes sem fio mais próximas. Entretanto, não existe uma forma de digitação da senha da rede na qual o usuário pretende se conectar. Pensando nisso, um aplicativo (APP) Android foi desenvolvido para conectar *smartphones* com a pulseira através do protocolo *Bluetooth*, permitindo a digitação da senha do Wi-Fi no teclado do próprio *Smartphone*. O APP foi construído com a ferramenta de programação MIT APP Inventor.⁽¹⁴⁾ O botão "ESCANEAR DISPOSITIVOS" busca por dispositivos *Bluetooth* próximos que estejam visíveis. Uma vez que apareça a pulseira na lista de dispositivos encontrados, basta apenas um clique para que o APP conecte na pulseira. No campo "SSID" o usuário deve digitar o nome da rede Wi-Fi e no "PASSWORD" digitar a senha da rede e pressionar o botão "Conectar". Quando a conexão for realizada, a mensagem "Pulseira Conectada" aparecerá no display da pulseira.

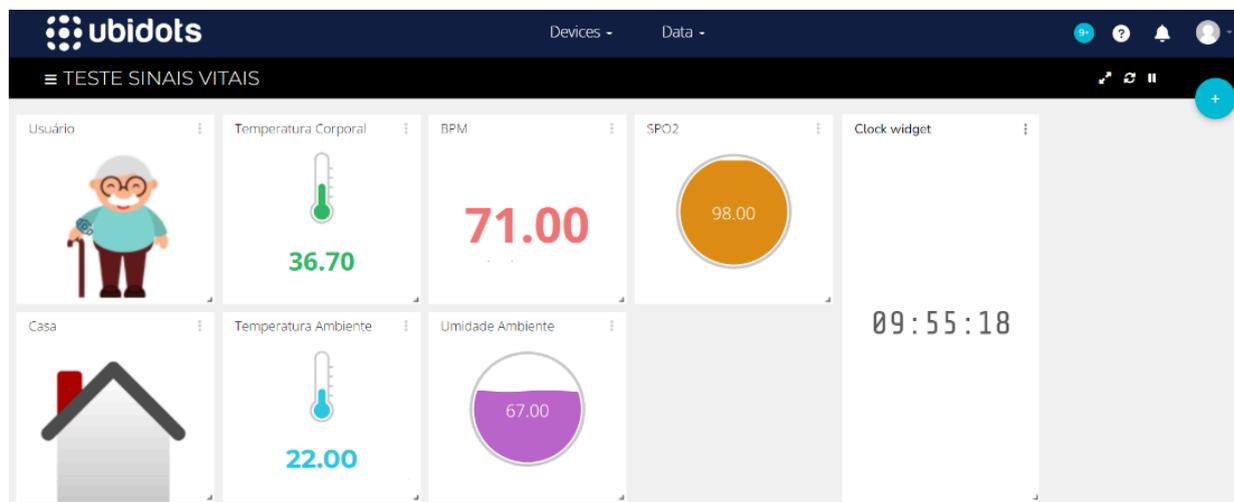
3. Interface Gráfica de Acompanhamento Médico

Esse módulo permite o monitoramento visual dos sensores colocados na pulseira, através de uma interface criada com os componentes gráficos (*widgets*) escolhidos para representar cada grandeza. A plataforma de IoT utilizada neste projeto foi o *Ubidots*, voltada para a conexão entre sensores e *softwares* para monitoramento, controle de dispositivos e automação de processos remotos.⁽¹⁵⁾ Possui um ambiente que permite monitorar sensores, exibindo seus valores coletados em um *dashboard* personalizável. A conexão entre Pulseira e *dashboard* é realizada através do ID e token previamente definidos. A Figura 3 apresenta o *dashboard* desenvolvido com 5 *widgets* para as variáveis: temperatura corporal, BPM (Frequência cardíaca), SpO2



(oxigenação sanguínea), temperatura ambiente e Umidade relativa. Um *widget clock* foi colocado para o controle do registro de eventos.

Figura 3 – Interface visual de monitoramento contínuo de paciente



4. Alerta ao Médico ou responsável

Os alertas para cada variável contida no *dashboard* podem ser configurados através de eventos associados com as medições dos sinais vitais (SpO2, FC e temperatura corporal). O alarme é ativado quando qualquer variável exceder limites previamente definidos. Nesses casos, os *widgets* podem ter algumas propriedades modificadas, por exemplo, a cor. Além disso, um e-mail pode ser enviado para o doutor/responsável alertando sobre o evento ocorrido. Na mensagem será mostrada as informações de identificação do paciente, valor da grandeza que gerou o alerta e a data e hora da ocorrência.

Resultados Experimentais

Nesta seção serão apresentados os experimentos planejados para avaliar as funcionalidades do protótipo desenvolvido. Inicialmente, os experimentos foram voltados para a funcionalidade dos sensores incorporados ao dispositivo para a medição de (1) Temperatura e Umidade Relativa, (2) Temperatura Corporal, (3)



Frequência cardíaca e saturação de oxigênio (SpO₂) e um último para avaliar o Alerta Médico.

O único participante dos experimentos é um dos autores, plenamente ciente dos procedimentos, riscos, benefícios e princípios éticos envolvidos em estudos piloto. Nesses casos, a autonomia e o consentimento informado são garantidos, e os riscos são minimizados, dado o caráter interno da pesquisa.

Experimento 01 – Temperatura e Umidade Ambiente

O objetivo desse experimento é apresentar os resultados referentes às medidas de temperatura e umidade relativa medidas com o sensor DHT11 posicionado na lateral do gabinete da pulseira. O equipamento escolhido para verificar a calibração do protótipo nas medições de temperatura e umidade do ambiente é conhecido como termo-higrômetro, usualmente utilizado para medição de temperatura interna e externa de ambientes e umidade relativa em estudos de clima, ambientes industriais, armazéns, museus, etc. O termo-higrômetro escolhido é da marca Testo modelo 608-H1⁽¹⁶⁾ com certificado de calibração válido na época da realização do experimento.

Na configuração do experimento, o termo-higrômetro foi posicionado ao lado da pulseira vestida no punho do usuário. Segundo o manual do 608-H1, as medidas mostradas na tela do dispositivo são atualizadas a cada 18 segundos. Por esse motivo, a pulseira foi programada para enviar ao computador uma amostra de temperatura e uma amostra de umidade no mesmo intervalo de tempo através da porta serial do MCU da pulseira. No experimento foram captadas 43 amostras de umidade relativa e temperatura em cada dispositivo, totalizando aproximadamente 13 minutos de duração. A Tabela 3 apresenta os valores de temperatura e umidade relativa média em cada dispositivo, assim como o desvio padrão e o erro médio absoluto (MAE).

Tabela 3 – Resultados da pulseira comparados com o termo-higrômetro (608-H1)

	Temperatura (°C)		Umidade (%)	
	608-H1	DHT11	608-H1	DHT11
Média	21,5	22,7	61,5	62,7
Desvio Padrão	0,1	0,3	1,1	1,2
Erro Médio Absoluto	-	1,2	-	1,2

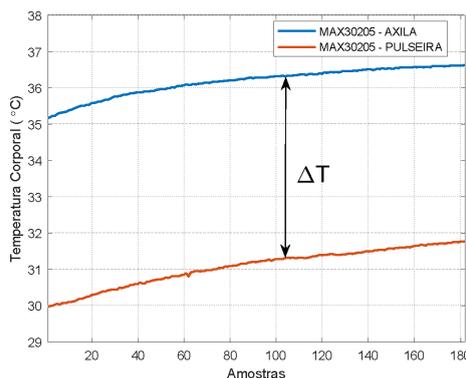


As medidas de temperatura e umidade relativa apresentaram MAEs de 1,2°C e 1,2% respectivamente. Uma das possíveis causas pode estar relacionada com a temperatura interna do dispositivo estar acima da temperatura externa, devido ao natural aquecimento da bateria dentro do dispositivo. Um melhor isolamento entre bateria e o sensor DHT-11 acompanhado de um sistema de ventilação mais eficiente tendem a mitigar esse efeito.

Experimento 02 – Temperatura Corporal

Nesse experimento a finalidade é avaliar o desempenho do sensor MAX30205 localizado no dorso da pulseira, posicionado no gabinete de forma a ficar permanentemente em contato com a pele na região do punho. Para tal, um segundo sensor MAX30205 foi posicionado na axila do usuário para a aquisição simultânea, permitindo uma comparação entre as informações. A axila é reconhecida como um dos principais locais de medida de temperatura corporal, e por isso servirá de referência para as medidas obtidas pelo sensor localizado na pulseira. Foram realizadas 181 amostras de cada sensor com intervalo de 5 segundos, totalizando 15 minutos de experimento. A Figura 4 apresenta as medições de temperatura corporal de ambos os sensores.

Figura 4 – Aquisição simultânea de temperatura corporal na axila e pela pulseira



É possível notarmos uma diferença média constante de aproximadamente $\Delta T = 5^{\circ}\text{C}$ entre os sensores. Esse resultado era esperado, pois em geral a temperatura nas extremidades do corpo (punho) é inferior à temperatura do *core* do corpo humano (axila). Esse experimento quantificou essa diferença, e associado com a temperatura

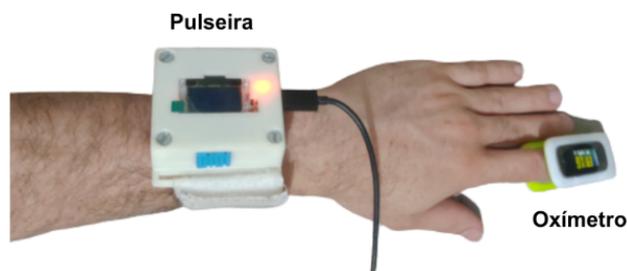


ambiente e umidade relativa presentes na pulseira, pode ser aplicado em modelos matemáticos robustos de estimação de temperatura corporal com maior precisão.

Experimento 03 – Frequência Cardíaca e Saturação de Oxigênio (SpO2)

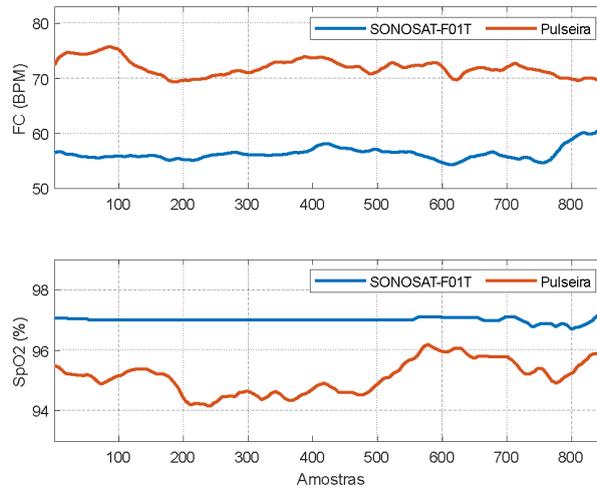
Neste experimento, as medidas de frequência cardíaca (FC) e saturação de oxigênio (SpO2) obtidas pelo sensor MAX30102 presente no dispositivo serão apresentadas. A integração desse sensor com o MCU foi realizada através de uma biblioteca da fabricante *Sparkfun*, desenvolvida especificamente para esse modelo de sensor.⁽¹⁷⁾ O experimento consiste em apresentar uma comparação entre a pulseira desenvolvida neste trabalho e um oxímetro comercial modelo SONOSAT-F01T desenvolvido pela empresa chinesa *Konsung*.⁽¹⁸⁾ O experimento foi conduzido posicionando ao mesmo tempo o oxímetro no dedo indicador esquerdo e a pulseira no punho conforme a Figura 5. O indivíduo monitorado permaneceu deitado em repouso durante todo experimento. A aquisição simultânea teve a duração de 15 minutos com intervalo de amostragem de 2 segundos, totalizando 851 amostras de frequência cardíaca e SpO2 em cada dispositivo.

Figura 5 – Aquisição simultânea da pulseira e oxímetro



Os resultados da aquisição de FC e SpO2 nos dois dispositivos são apresentados na Figura 6. Para ambas as medidas, notou-se uma significativa discrepância entre os valores encontrados. Em experimentos posteriores, realizados em ambientes sem iluminação, essa diferença foi consideravelmente reduzida indicando que a luz ambiente influi diretamente nas leituras do sensor MAX30102. A nova versão da pulseira apresenta um melhor acoplamento ao punho e seu impacto quanto ao isolamento da luz externa já aparece nos resultados obtidos.

Figura 6 – Resultados da aquisição de frequência cardíaca e saturação de oxigênio



Além disso, no estudo apresentado em ⁽¹⁹⁾, o autor demonstrou que o dedo é o melhor local para aquisição e estimação dos sinais de FC e SpO2, e que os resultados obtidos com o mesmo sensor no punho também não foram satisfatórios.

Experimento 04 – Alerta Médico/Familiar

Nesse experimento foram configurados um e-mail de alerta médico e um e-mail de alerta familiar caso a variável que recebe a temperatura corporal ultrapassasse 38°C. Esse aumento de temperatura foi simulado aproximando um ferro de solda ao sensor de temperatura da pulseira até que a condição de alerta fosse automaticamente acionada. Dois e-mails foram automaticamente enviados pelo dashboard desenvolvido contendo a data, hora, variável e valor atingido para que esse alerta fosse gerado. Dessa forma, tanto a família do usuário quanto o médico estarão simultaneamente cientes e aptos para dar os devidos encaminhamentos.

Limitações Físicas do Protótipo da Pulseira

As discrepâncias presentes em alguns resultados encontrados nos experimentos se deram principalmente devido ao acoplamento dos circuitos eletrônicos, sensores e bateria dentro do gabinete. A Tabela 4 apresenta um resumo dessas limitações e possíveis melhorias na construção da próxima versão do protótipo da pulseira.

Tabela 4 – Resumo sobre os resultados afetados e melhorias propostas para o protótipo

Resultado	Melhoria Proposta na próxima versão da pulseira
-----------	---



Temperatura e Umidade	Compartimento isolado para a bateria
Temperatura corporal	Redução da janela de acoplamento entre sensor e a pele do punho
Frequência cardíaca e SpO2	Impressão do case na cor preta para reduzir interferência da luz externa
Interferências elétricas	Construção de Placa de Circuito Impresso (PCI) própria

Conclusão

O presente trabalho apresentou um sistema completo de monitoramento contínuo e remoto de sinais vitais de pacientes e dados ambientais através da Internet. O primeiro protótipo da pulseira desenvolvida realizou e enviou as medidas dos sensores através da Internet para o *dashboard* personalizado também desenvolvido no trabalho com a ferramenta Ubidots. A comunicação entre a pulseira e o APP ocorreu de forma rápida e eficiente através do protocolo *Bluetooth*. No caso de perda de conexão com a Internet, o nome da última rede e a senha ficam salvos no APP facilitando o processo de reconexão. Na próxima versão da pulseira, o APP poderá alterar parâmetros de configuração dos sensores e de aquisição no MCU.

Os resultados de temperatura ambiente e umidade relativa sofreram a influência do aquecimento da bateria dentro do gabinete. Por esse motivo, um novo gabinete está sendo desenvolvido com um compartimento que isola a bateria dos sensores de temperatura. A área da janela de acoplamento do sensor de temperatura corporal (MAX30205) com a pele do punho está sendo reestruturada. Além disso, a nova versão da pulseira terá gabinete impresso na cor preta, visando isolar a influência da iluminação externa na estimativa de FC e SPo2 com o sensor MAX30102.

Em trabalhos futuros, a estimativa de temperatura corporal contará com modelos que utilizam também os dados ambientais já disponíveis no sistema com o sensor DHT-11. Dessa forma, espera-se que os valores estimados pela pulseira estejam mais próximos dos obtidos com o sensor posicionado na axila. Uma Placa de Circuito Impresso (PCI) está sendo desenvolvida para acomodar todos os sensores próximos e evitar ruídos elétricos provenientes dos fios e cabos internos.

Por fim, o sistema automatizado de alerta médico funcionou de maneira adequada mostrando a viabilidade de aplicação em sistemas reais.

Embora a pulseira esteja na fase de protótipo, o futuro processo de certificação por parte da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) surge no horizonte. A aquisição das normas técnicas nacionais e internacionais emergem como primeira



medida rumo ao processo de certificação da pulseira por um Organismo de Certificação de Produto (OCP) acreditado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO).

Referências

1. VEJA NEGÓCIOS. Marketplace corre atrás de brasileiros sem plano de saúde | Neuza Sanches. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/coluna/neuza-sanches/marketplace-corre-atras-de-brasileiros-sem-plano-de-saude#google_vignette>. Acesso em: 27 de maio de 2024.
2. VIDALE, G. Demora e superlotação no SUS e cobertura dos planos são principais problemas da saúde para os brasileiros. Disponível em: <<https://oglobo.globo.com/politica/tem-solucao/noticia/2022/09/demora-e-superlotacao-no-sus-e-cobertura-dos-planos-sao-principais-da-saude-para-os-brasileiros.ghtml>>. Acesso em: 27 de maio de 2024.
3. FORTUNE BUSINESS INSIGHTS. Global Telehealth Market Size [2021-2028] | to Reach USD 636.38 Billion and Exhibit a CAGR of 32.1%. Disponível em: <<https://finance.yahoo.com/news/global-telehealth-market-size-2021-094800237.html>>. Acesso em: 27 de maio de 2024.
4. HEMALATHA, R. J. et al. The Internet of Medical Things (IoMT). [s.l.] John Wiley & Sons, 2022.
5. MURALI, D. et al. Pulse Oximetry and IOT based Cardiac Monitoring Integrated Alert System. Proceedings of International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI), Set. de 2018.
6. ABU BAKAR, A. et al. Wearable Heart Rate and Body Temperature Monitoring Device for Healthcare. Journal of Physics: Conference Series, v. 1535, p. 12002, May de 2020.
7. CRUZ, L. et al. Um Sistema para monitoramento de sinais fisiológicos baseado em hardware de baixo custo com acesso via WEB. In: Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos, 2016, Salvador. Anais ... Salvador, 2016. p. 3-11.
8. RIBEIRO, M. M. M. S. Á. Wearable sensor for continuous monitoring of physiological parameters. Dissertation—Universidade do Porto: [s.n.].
9. ALI, M. M. et al. Design of Internet of Things (IoT) and Android Based Low-Cost Health Monitoring Embedded System Wearable Sensor for Measuring SpO2, Heart Rate and Body Temperature Simultaneously. Wireless Personal Communications, v. 111, n. 4, p. 2449–2463, 7 dez. 2019.
10. ANALOG DEVICES. MAX30102 High-Sensitivity Pulse Oximeter and Heart-Rate Sensor for Wearable Health | Analog Devices. Disponível em: <<https://www.analog.com/en/products/max30102.html>>. Acesso em: 28 mar. 2024.
11. ANALOG DEVICES. MAX30205 - Human Body Temperature Sensor. Disponível em: <<https://www.analog.com/en/products/max30205.html>>. Acesso em: 25 mar. 2024.



12. MICROBOT. DHT11 Humidity and Temperature Digital Sensor MR Microbot. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://www.tme.eu/Document/7a4fd48d400b8c4c8309ef1e2b13cdd4/MR003-005-1.pdf>>. Acesso em: 23 set. 2022.
13. HELTEC AUTOMATION. WiFi LoRa 32(V3). Disponível em: <<https://heltec.org/project/wifi-lora-32-v3/>>. Acesso em: 24 jan. 2024.
14. MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY. MIT App Inventor | Explore MIT App Inventor. Disponível em: <<https://appinventor.mit.edu/>>. Acesso em: 5 ago. 2023.
15. UBIDOTS. IoT platform | Internet of Things | Ubidots. Disponível em: <<https://ubidots.com/>>. Acesso em: 23 jul. 2023.
16. TESTO. testo 608 H1 - Termohigrômetro/Instrumento p/ medição de umidade e temperatura. Disponível em: <<https://www.testo.com/pt-BR/testo-608-h1/p/0560-6081>>. Acesso em: 28 abr. 2022.
17. SPARKFUN ELECTRONICS. SparkFun MAX3010x Pulse and Proximity Sensor Library - Arduino Reference. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/sparkfun-max3010x-pulse-and-proximity-sensor-library/>>. Acesso em: 28 maio. 2024.
18. KONSUNG. SONOSAT-F01, Jiangsu Konsung Bio-medical and ScienceTechnology Co., Ltd. Disponível em: <<https://www.konsung.com/en/SONOSAT-F01-PG6613137>>. Acesso em: 28 maio. 2024.
19. LONGMORE, S. K. et al. A Comparison of Reflective Photoplethysmography for Detection of Heart Rate, Blood Oxygen Saturation, and Respiration Rate at Various Anatomical Locations. *Sensors*, v. 19, n. 8, p. 1874, 1 jan. 2019.