

# Monitorar Sinais Vitais de Pacientes Utilizando Sensoriamento IoT para Fornecer Informações em Tempo Real aos Médicos

Mario j.b. Araújo, Lucas L. Oliveira, Heverton A. Abreu, Angela k. Matsuo, Matheus C. Cardoso, Walter Seiffert Simões

Laboratório de IoT Manaus – Centro de Estudos e Sistemas Avançados do Recife (C.E.S.A.R), salas 1702 a 1707 Edf. The Place, R. Belo Horizonte, 19 – Adrianópolis, 69057-060 – Manaus – Am – Brazil (Emails: mjba@cesar.org.br, llo2@cesar.org.br, haa@cesar.org.br, akm@cesar.org.br, mcc@cesar.org.br, wcsss@cesar.org.br)

---

**Abstract:** Currently, health professionals use a series of equipment that collects information about the body status of their patients. However, the information provided by these devices can give a partial view of the patient's monitored problem and prevent a better intervention. The Internet of Things (IoT) has presented alternatives to collect, analyze, aggregate information from multiple sensors, and provides consistent results. The methodology of this work is the aggregation of values from multiple sensors by normalization of the Min-Max type to provide indicators of vital signs to those responsible for the patient. The implementation of the project implies creating a mixed IoT architecture to process local and remote data and provide visual information in a dashboard. The results observed brought greater completeness of information, concentrating in a single environment the combination of data from multiple sensors so that health professionals can diagnose their patients more quickly.

**Resumo:** Atualmente os profissionais de saúde utilizam uma série de equipamentos que coletam informações sobre o status corporal de seus pacientes. Porém, a informação fornecida por esses dispositivos pode dar uma visão parcial do problema monitorado do paciente e impedir uma melhor intervenção. A Internet das Coisas (IoT) tem apresentado alternativas para coletar, analisar e agregar informações de múltiplos sensores, e fornecer resultados consistentes. A metodologia deste trabalho é a de agregação de valores de múltiplos sensores por normalização do tipo Min-Max para fornecer indicadores de sinais vitais aos responsáveis pelo paciente. A implementação do projeto implica em criar uma arquitetura mista de IoT para processar dados locais e remotos e fornecer informações visuais em dashboard. Os resultados observados trouxeram uma maior completude de informação, concentrando em um único ambiente a combinação de dados de múltiplos sensores para que profissionais de saúde possam diagnosticar seus pacientes de forma mais ágil.

**Keywords:** *IoT*; HealthCare, Embedded Software, Dashboard, Data Analysis.

**Palavras-chave:** *IoT*; HealthCare, Software Embarcado, Dashboard, Análise de Dados.

---

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente os profissionais de saúde precisam coletar informações manuais de status corporais de seus pacientes. Porém, em situações críticas, a informação dada aos profissionais pode demorar acima de tempos críticos (COULBY *et al.*, 2020). Desta forma, o tempo se torna um fator crucial em processos voltados ao tratamento de saúde.

O problema a ser tratado neste artigo é: Como informar em tempo real as informações de monitoramento corporal de pacientes para os seus médicos?

A hipótese deste trabalho considera que a utilização de um dispositivo conectado por sensores e uma transmissão de dados por redes sem fio, que permita a rápida comunicação entre o status do paciente e o profissional de saúde responsável pelo seu monitoramento. A metodologia deste trabalho é a de unir monitoramentos por vários sensores

através de uma arquitetura de IoT (*Internet of Things*) para estabelecer critérios de risco em tempo real e informar de imediato os responsáveis pelo paciente.

O restante deste trabalho está organizado da seguinte forma: na Seção 2 é apresentado um conjunto de trabalhos que apontam técnicas e ferramentas que ajudam a entender as possibilidades de resolução do problema abordado. Na Seção 3 é apresentada formalmente a arquitetura deste trabalho. Na seção 4 a arquitetura é traduzida em um estudo de caso para realizar a prova de conceito. Na Seção 5 são executadas as avaliações para posicionar este estudo em relação aos trabalhos relacionados. Na Seção 6 é descrita a conclusão, trazendo o resultado mais significativo.

## 2. TRABALHOS RELACIONADOS

A escolha de trabalhos científicos correlacionados significa uma relevante contribuição para mostrar a importância de

uma pesquisa desenvolvida (KALOGIANNAKIS *et al.*, 2021). Desta forma, foi utilizado a revisão sistemática, apontando uma série de filtros como a leitura do título, resumo, descrição da metodologia e os esquemas avaliativos para sinalizar os autores que trataram de problemas semelhantes aqui proposto. Os critérios considerados na inclusão de trabalhos relacionados buscavam por técnicas ou métodos aplicados a monitoramento de pacientes em tempo real, arquitetura IoT (*Internet of Things*) e protocolos de comunicação.

Mohammed e seus co-autores construíram uma aplicação baseada no modelo *Android Mobile* para monitorar status corporais, obtidos de sensores do tipo Eletrocardiograma (ECG) (MOHAMMED *et al.*, 2014). Os autores optaram por enviar os dados para uma nuvem e processar remotamente, utilizando a ficha médica com os parâmetros do paciente monitorado, para personalizar os resultados.

Já o autor Ruman no artigo *IoT Based Emergency Health Monitoring System* descreveu a construção de um sistema IoT para monitorar dados de saúde em tempo real do paciente por períodos de 24 horas por dia, 7 dias por semana (RUMAN *et al.*, 2020). A proposta incluía a utilização de sensores e um sistema para aquisição e transmissão de dados para uma plataforma *Cloud IoT*, também utilizada como *dashboard*. Para não sobrecarregar a transmissão de dados, foi estabelecida uma espera de 15 segundos entre uma transmissão e outra. Os resultados indicaram uma redução do tempo de entrega dos dados em torno de 38% quando comparado com o processamento local.

Mia e seus co-autores no trabalho *An Internet of Things Application on Continuous Remote Patient Monitoring and Diagnosis*, desenvolveram um sistema de monitoramento de pacientes para analisar os sinais vitais referentes a temperatura corporal, pressão arterial, frequência cardíaca, saturação de oxigênio, nível de glicose no sangue, ECG, detecção de localização e de queda do paciente (MIA *et al.*, 2021). Os autores analisaram o padrão respiratório para medir os níveis dos compostos orgânicos voláteis totais, dióxido de carbono, álcool, sulfeto de hidrogênio e amônia. Um micro controlador de 8 bits recebia os dados dos sensores e os encaminhava por conexão Wi-Fi a um banco de dados remoto para a produção de *dashboard*.

Coulby e seus co-autores desenvolveram uma pesquisa intitulada *Towards remote healthcare monitoring using accessible IoT technology: state-of-the-art, insights and experimental design*, que envolvia o uso de tecnologias IOT e o monitoramento de pacientes (COULBY *et al.*, 2020). Os autores construíram um protótipo composto por uma controladora e os sensores de temperatura LM35 e de ECG AD8232. O protocolo HTTP (*Hyper Text Transfer Protocol*) foi adotado para a transferência dos dados. Uma página HTML (*HyperText Markup Language*) tornava o consumo dos dados responsivo (acessível pelo *browser*), e apresnetava os gráficos produzidos na biblioteca Python - Matplotlib.

Entender as relações dos estudos para apontar possibilidades de avanço dos estudos ou resoluções de possíveis lacunas apontadas por estes autores. Assim, foi elaborada uma tabela de referência cruzada entre as técnicas e ferramentas utilizadas. A Tabela 1 mostra esta relação.

**Tabela 1. Cruzamento dos Trabalhos Relacionados.**

Autores	Plataforma		Sensores					
	Arduino	Raspberry	Cardíaco	Temperatura	Oxigenação	xx HTTP	ThingSpeak	PYTHON
MOHAMMED <i>et al.</i> , 2014	X	-	X	-	-	-	-	-
Ruman <i>et al.</i> , 2020	X	-	X	X	-	X	X	-
Mia <i>et al.</i> , 2021	X	-	X	X	X	X	-	-
Coulby <i>et al.</i> , 2020	-	X	X	X	-	X	-	X
<b>Este trabalho</b>	-	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>

Para o desenvolvimento do projeto, foi escolhido como concentrador a Raspberry Pi. A escolha da Raspberry Pi deve-se a sua capacidade de trabalhar com códigos embarcados (útil para o controle dos sensores) e códigos escritos em linguagens de programação para a Web e o uso de bancos de dados e estruturas de sistemas operacionais). A arquitetura do *ThingSpeak* servirá como banco de dados da aplicação e a biblioteca *Matplotlib*, do Python, fará as conversões dos dados em informações visuais e gráficas 2D em ambiente Web. Estas decisões estão contempladas na arquitetura de projeto apresentada na seção de Metodologia.

### 3. METODOLOGIA

A arquitetura de IoT, apresentada na Fig. 1, processa os dados locais e remotos e fornece informações gráficas em *dashboard*, mostrando os indicadores que descrevem os critérios de risco ou normalidade em tempo real aos responsáveis pelo paciente.

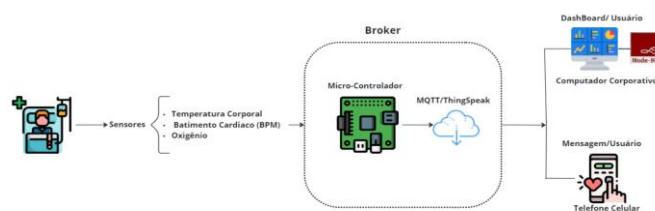


Fig. 1. Arquitetura detalhada do projeto.

Esta arquitetura, quando observada mais detalhadamente, indica as seguintes etapas: Uma camada de recebimento de dados, uma camada responsável pela agregação, visualização e análise dos fluxos de dados, e uma camada centralizadora das diversas requisições assíncronas de produção de gráficos no ambiente de *dashboard*. Cada camada está detalhada nesta seção para indicar o comportamento dos sensores e algoritmos entre uma etapa e outra.

### 3.1 Recebimento de Dados

Nesta seção é descrito o processo de ativação dos sensores que compõem a camada de recebimento de dados (Fig. 2). Cada sensor possui particularidades, que requerem tempos diferentes para estabilizarem os seus processos de fornecimento de valores corretos. O reconhecimento dos padrões e status do paciente hospitalar é realizado por meio de sensores como: Temperatura, BPM (*beats per minute*) e Oxigenação. Esses dados coletados constituem dados amostrais que retratam os valores mais significativos.

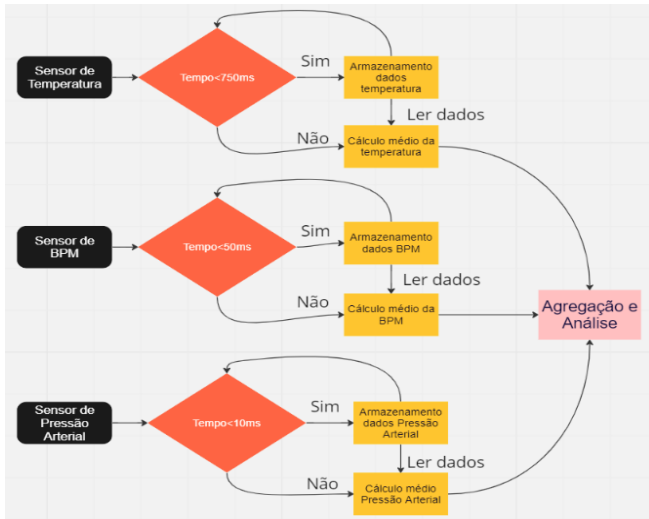


Fig. 2. Fluxograma de ativação dos sensores.

Uma vez ativados, os sensores iniciam o processo de envio de dados para a camada de agregação, onde são submetidos a processos de validação de dados para que, eventuais valores dispersos do padrão não contaminem a análise.

### 3.2 Agregação, Visualização e Análise dos fluxos de Dados

Para esta pesquisa, o monitoramento do paciente passa pela percepção de múltiplos sensores, que trabalham de forma isolada, mas que em conjunto precisam fornecer um status geral do paciente monitorado. Desta forma, a abordagem escolhida foi a da agregação de dados. A agregação estabelecida neste estudo segue três etapas:

**Etapa 1:** coletar os dados dos sensores;

**Etapa 2:** Analisar os dados coletados de acordo com os padrões estabelecidos para cada tipo de monitoramento;

**Etapa 3:** Manter somente os dados que se encontram entre os limites estabelecidos (Min-Max) e que combinados fornecem um dos *status*: OK ou NOK. O *status* OK indica que todos os sensores apontam para uma situação de normalidade do paciente. O *status* NOK indica que uma ou mais grandezas podem representar uma situação de risco ao paciente.

O sensor de oxigenação dispara pequenos feixes de luz para ultrapassar a pele e capturar a indicação de transporte das hemoglobinas no sistema capilar do paciente. As mudanças na absorção desse feixe de luz no sangue indicam se o nível de oxigenação está normal ou o sangue está desoxigenado. A faixa normal de saturação de oxigênio é de 94 a 99%.

Qualquer nível de SpO2 abaixo de 90% é um indicativo de que a pessoa requer O2 de forma suplementar e o início de cuidados médicos (GRALHA *et al.*, 2022) (Fig. 3).

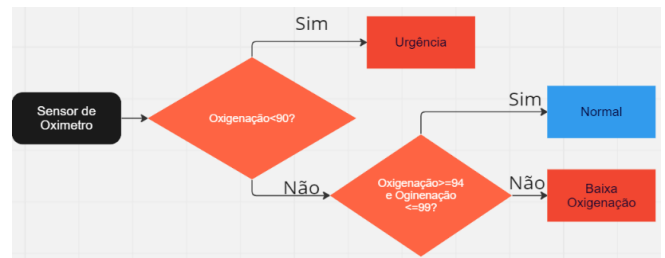


Fig. 3. Monitoramento do sensor de oxigenação.

O sensor de temperatura eletrônico captura as variações das temperaturas corporais em semicondutor e emite o correspondente valor através da indicação de uma resistência do tipo NTC (GRALHA *et al.*, 2022). O esquema de coleta de dados do sensor de temperatura e a análise está representado na Fig. 4.

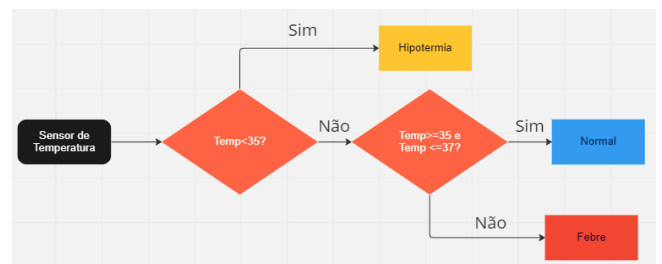


Fig. 4. Monitoramento do sensor de temperatura.

O sensor de batimento cardíaco monitora o fluxo sanguíneo em circulação pelo sistema sanguíneo corporal através de emissão de feixes de luzes. O sensor não requer calibrações, mas a interpretação do valor lido requer que sejam definidas informações sobre a idade e sexo da pessoa monitorada. O esquema de coleta de dados do sensor de batimento cardíaco e a análise estão representados na Fig. 5.

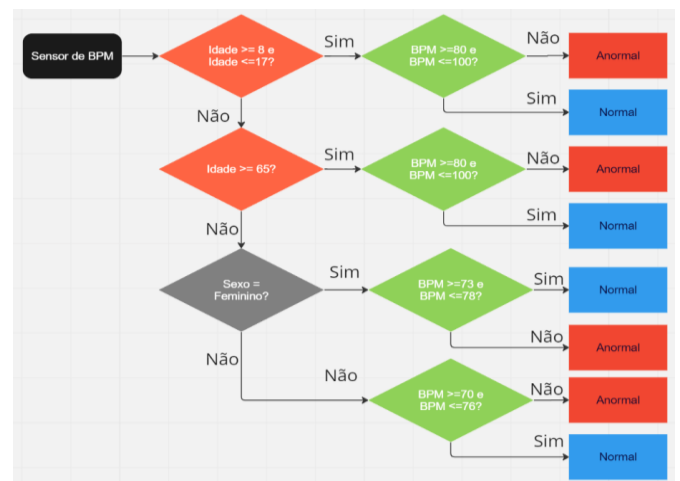


Fig. 5. Monitoramento do sensor de BPM.

Entender e relacionar padrões é uma atividade do processo de análise de dados. Assim, os dados processados devem ser apresentados com indicativos que façam sentido ao público-alvo, os profissionais de saúde. Foram selecionados dois *status* da situação de saúde do paciente: OK e NOK. O *status*

OK sinaliza que não há necessidade de intervenções sobre o paciente. O *status* NOK sinaliza que é necessário agir para salvar a saúde do paciente (Fig. 6).

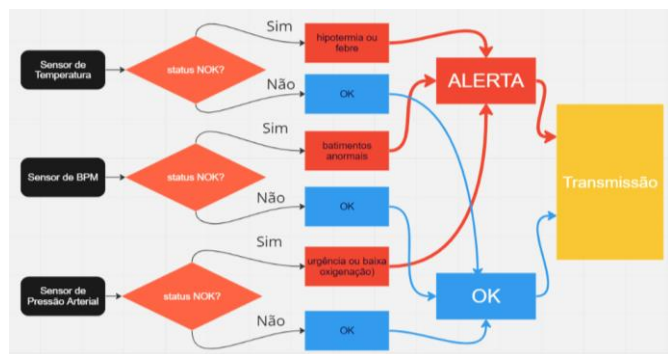


Fig. 6. Classificação geral de alerta ou *status* OK.

### 3.3 Transmissão de Dados

Sistemas baseados em múltiplos sensores requerem que os algoritmos e protocolos utilizados para transmissão de mensagens sejam otimizados, leves, confiáveis, e trabalhem de forma ininterruptamente (MANDELL *et al.*, 2022). Por este motivo foi definido o uso do protocolo HTTP por ser leve e possuir um esquema de trocas de mensagens baseado no modelo Cliente-Servidor (ISLAM *et al.*, 2020). Este modelo tem como objetivo minimizar o uso da banda de rede e dos recursos responsáveis pelo processamento e memória, enquanto garante confiabilidade nas entregas (Fig. 7).

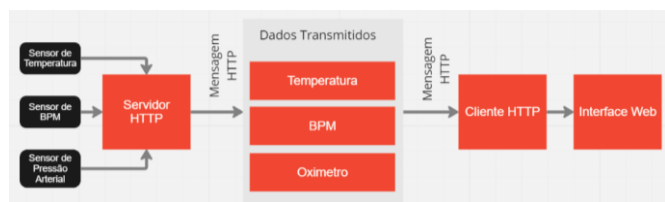


Fig. 7. Esquema utilizado no HTTP.

O HTTP funciona como um processo de requisição-resposta (MACPHERSON *et al.*, 2022). Assim, para este projeto, o navegador Web do *smartphone* do profissional de saúde é o cliente e o centralizador de dados disposto na Raspberry Pi é o servidor (local de hospedado do site Web). Para evitar que o cliente precise acionar algum botão, o processo de requisição é automático, comandado por *script* (Fig. 8).



Fig. 8. Arquitetura de funcionamento do protocolo HTTP.

O método de requisição HTTP é o POST, devido a utilização do *script* de requisição REQUEST-URI. O método POST também possui uma capacidade de processar mensagens grandes e dar um maior nível de segurança aos dados transferidos quando comparado a outros métodos do HTTP, como o GET.

Complementarmente ao processo de transmissão, para garantir a entrega correta dos dados é adicionado no processo o *ThingSpeak* (RUMAN *et al.*, 2020). O *ThingSpeak* é uma plataforma de IoT que permite a utilização de uma nuvem para armazenamento dos dados para serem processados ou encaminhados para o cliente através de interface Web, como indicado na Fig. 9.

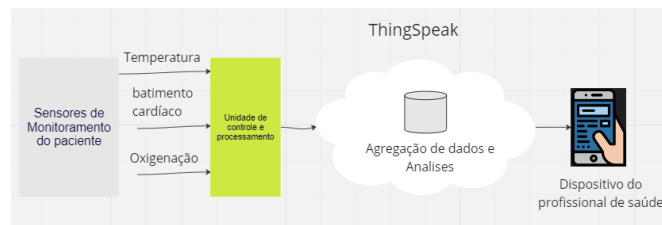


Fig. 9. Arquitetura de funcionamento do *ThingSpeak*.

### 3.4 Produção de Gráficos e Dashboard

A visualização de dados é a etapa final de um processo de análise, que consiste em representar graficamente informações abstratas, dando sentido a elas (MANDELL *et al.*, 2022). A tarefa de visualização de dados permite que o usuário possa compreender a informação mais rapidamente e de forma mais correta, principalmente em situações críticas, como a de monitoramento de sinais vitais de pessoas.

Para informar dados dos sensores em forma gráfica, foi projetada uma visualização em formato de *dashboard* (MANDELL *et al.*, 2022). Um *dashboard* é um painel acessível a partir da aplicação Web que vincula os dados de acordo com a regularidade de produção e transmissão. Os gráficos utilizados para a representar os dados são baseados na biblioteca *plotly dash*, uma biblioteca baseada nos modelos gráficos do *Matplotlib*, porém, adicionando interatividade e aumentando as possibilidades de exploração de aspectos visuais (MANDELL *et al.*, 2022).

Uma etapa importante no desenvolvimento de uma pesquisa aplicada é a experimentação, para validar os modelos e entender os resultados obtidos, bem como as limitações dos dispositivos escolhidos. Desta forma, os modelos propostos aqui estão implementados na próxima seção.

## 4. DESENVOLVIMENTO

Após a definição dos modelos que compõem a arquitetura, é necessário validar a partir da construção de um dispositivo que permita a execução do conjunto de algoritmos necessários para capturar, processar e entregar os resultados aos profissionais de saúde dentro do tempo tolerável.

O protótipo está dividido em duas camadas: uma física e uma lógica. Na camada física, que corresponde a construção do dispositivo, duas partes são fundamentais:

**Sensores:** conjunto de dispositivos eletrônicos utilizados para capturar informações sobre a temperatura, o batimento cardíaco e o nível de oxigênio no sangue;

**Microcontrolador:** dispositivo eletrônico utilizado para intermediar a conexão física dos sensores através de entradas

digitais e analógicas, processar dados locais e transmitir informações através do protocolo TCP/IP;

Na camada lógica, dois ambientes são considerados:

**Ambiente local:** espaço em disco ou memória local capaz de armazenar, processar e compartilhar informações;

**Ambiente cloud:** espaço remoto para armazenamento e processamento de dados;

#### 4.1 Camada Física

O dispositivo utilizado para concentrar as conexões dos sensores é o Raspberry Pi. A sua escolha deve-se a sua capacidade de processar *software* embarcado para controlar fisicamente as entradas GPIOs, e a capacidade de executar *software* de produção de interfaces mais amigáveis, compatíveis com ambiente Web (Fig. 10).



Fig. 10. Prototipação eletrônica das vinculações dos sensores e a unidade de processamento.

#### 4.2 Camada Lógica

Na camada lógica, os algoritmos utilizados tratam as manipulações dos dados desde o recebimento e análise até a transmissão e produção de gráficos para o *dashboard*. Cada etapa implementada está descrita abaixo.

##### 4.2.1. Recebimento de Dados

Os sensores utilizados para o monitoramento de sinais vitais dos pacientes são: sensores de temperatura NTC 10k e sensor MAX 30102, que executa as outras mensurações referentes ao nível de saturação de oxigênio e frequência cardíaca. O sensor NTC 10k tem capacidade de coletar informações térmicas entre -60 a 180 graus Celsius, tendo um nível de precisão de  $\pm 0.25$  °C na temperatura de 25 °C. O sensor MAX 30102 tem capacidade de medir o nível de saturação de oxigênio e frequência cardíaca, mesmo quando utilizado em ambientes com temperaturas variando entre -40°C a 85°C.

##### 4.2.2. Agregação, Visualização e Análise dos fluxos de Dados

Os sensores ativados enviam seus dados para a camada de agregação e visualização, inserida na Raspberry Pi. O algoritmo construído aplica uma análise sobre os dados recebidos dos sensores para eliminar valores dispersos ou fora do padrão esperado para temperatura, batimento cardíaco e oxigenação. O algoritmo agregador coleta os dados em uma janela de 800 milissegundos (maior tempo de geração de dados, observado no funcionamento dos sensores) e combina os resultados apontados como OK (sinais normais) e NOK

(sinais anormais) utilizando a biblioteca Python-Pandas, que são em seguida submetidos ao algoritmo de transmissão.

##### 4.2.3. Transmissão de Dados

No momento da transmissão, a Raspberry Pi assume o papel de servidor Web, com um endereço de IP fixo local do microprocessador. A transmissão de dados ocorre pela formatação de uma mensagem compatível com o HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*), produzida com os valores capturados dos sensores com o seguinte *layout*:

```
params= urllib.parse.urlencode ({'field1':field2,'field3':hr2,'key':'G9TBEXQFJU362CZP'})
```

onde as variáveis field1, field2 e field1 recebem valores do tipo *float* dos sensores de temperatura, batimento cardíaco e oxímetro, respectivamente.

A entrega dos dados passa pelo *ThingSpeak*, que fornece uma nuvem de armazenamento dos dados para melhorar o fluxo de entrega para o cliente, permitindo a criação de nós em um painel da Web (Fig. 11).

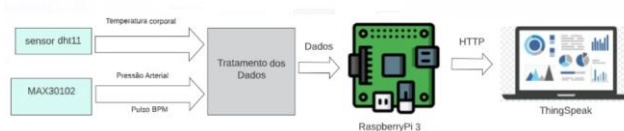


Fig. 11. Arquitetura de transmissão de dados utilizando o *ThingSpeak*.

##### 4.2.4. Produção de Gráficos e Dashboard

Os gráficos escolhidos estão de acordo com os modelos já conhecidos dos profissionais de saúde. A agregação desses valores para produção de uma indicação de *status* de saúde do paciente, é dada de forma descritiva. A combinação desses gráficos forma o *dashboard* da aplicação (Fig. 12).

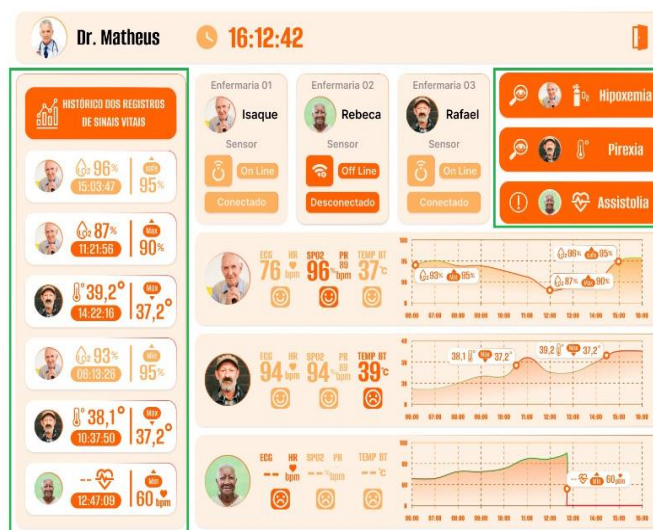


Fig. 12. *Layout* do *dashboard* com os valores monitorados.

O protótipo, composto pelas camadas física e lógica, é testado e avaliado seguindo um protocolo na próxima seção.

## 5. RESULTADOS E AVALIAÇÃO

Os testes de validação do protótipo foram realizados pela transmissão de dados e a produção dos gráficos do *dashboard* após a inicialização dos sensores, com um tempo de 750 milissegundos. Os valores resultantes da agregação por Min-Max estão indicados na Fig. 13.

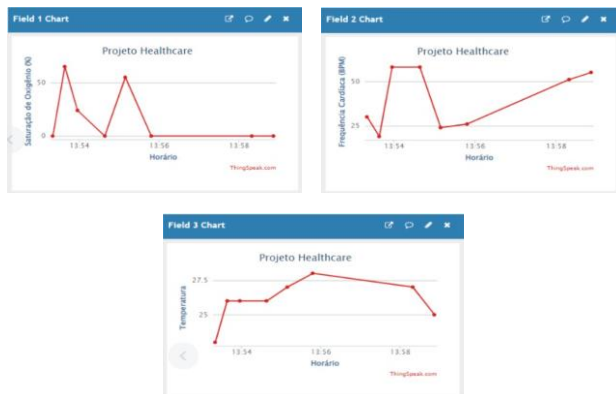


Fig. 13. Valores obtidos pelos sensores de monitoramento.

Os resultados indicam que não se perdeu nenhum pacote de dados, e que as medidas apresentadas no *dashboard* sobre a temperatura, o batimento cardíaco e oxigenação ficaram próximas às medidas indicadas por aparelhos médicos.

Os resultados obtidos dos testes e avaliações apresentadas nessa seção são alinhados ao objetivo deste trabalho, que é a busca da resolução do problema de monitoramento de múltiplas informações e o fornecimento de um parecer em tempo real para o profissional de saúde. A discussão sobre estes alinhamentos do problema, hipótese e os resultados alcançados estão na seção de conclusão.

## 6. CONCLUSÃO

Este trabalho empregou o conceito de Internet das Coisas em um contexto de *healthcare*, que trazia como principal problema: Como informar em tempo real as informações de monitoramento corporal de pacientes para os seus médicos?

A hipótese definida foi de que a utilização de um dispositivo composto por sensores e uma transmissão de dados por redes sem fio permitiriam a rápida comunicação entre o *status* do paciente e seu médico de tratamento.

O sistema desenvolvido coletou e transmitiu os dados através de uma arquitetura mista (local e em nuvem), diminuindo a fila de dados a serem entregues para a produção dos gráficos. Os resultados encontrados na aplicação foram:

- Validação da comunicação de grandes volumes de dados para a produção do *dashboard* através da combinação do *ThingSpeak* e o protocolo HTTP;
- Visualização gráfica em tempo real das medidas de temperatura, batimento cardíaco e de oxigenação sanguínea, ampliando assim a possibilidade de tomada de decisão mais imediata pelo profissional de saúde. Além disso, o uso de *dashboard* permitiu que os dados pudessem ser observados sob uma ótica de complementação, onde cada tipo de sensor

indicava uma questão monitorada e a combinação deles fornecia um parecer consolidado, adicionando uma inteligência fornecida pela análise dos dados.

Ao fim, o sistema se mostrou funcional na operacionalidade dos sensores, micro controlador, nuvem, como também na persistência dos dados, visualização em *dashboard* dinâmico e a notificação do *status* do paciente.

Os dados avaliados foram obtidos pela coleta direta dos sensores pelo time de pesquisa para geração de um modelo de processamento, porém uma próxima etapa requer a inclusão de dados validados por profissionais de saúde para aumentar o entendimento sobre a eficácia e a precisão. Estes dados clínicos podem trazer novos insights sobre questões éticas, de gênero e de idade.

## 6. REFERÊNCIAS

- Coulby, G., Clear, A., Jones, O., Young, F., Stuart, S., & Godfrey, A. (2020). "Towards remote healthcare monitoring using accessible IoT technology: state-of-the-art, insights and experimental design". *BioMedical Engineering OnLine*, v. 19, p. 1-24.
- Gralha, S. R., Fleig, T., Dihl, F. V., Morales, A. S., Cazella, S. C. (2022). "Tecnologias de IoT na área da saúde para idosos: um mapeamento sistemático". *Research, Society and Development*, 11(7), e49111730453-e49111730453.
- Kalogiannakis, M.; Papadakis, S.; Zourmpakis, A. (2021) "Gamification in science education. A systematic review of the literature". *Education Sciences*, v. 11, n. 1, p. 22.
- Macpherson, K., Cooper, K., Harbour, J., Mahal, D., Miller, C., Nairn, M. (2022). "Experiences of living with long COVID and of accessing healthcare services: a qualitative systematic review". *BMJ open*, 12(1), e050979.
- Mandell, G. A.; Keating, M. B.; Khayal, I. S. (2022) "Development of a Visualization Tool for Healthcare Decision-Making using Electronic Medical Records: A Systems Approach to Viewing a Patient Record". *IEEE International Systems Conference (SysCon)*, p. 1-8.
- Mia, M. M. H., N. Mahfuz; Habib, M. R.; Hossain, R. (2021) "An Internet of Things Application on Continuous Remote Patient Monitoring and Diagnosis," 2021 4th International Conference on Bio-Engineering for Smart Technologies (BioSMART), Paris / Créteil, France, pp. 1-6, doi: 10.1109/BioSMART54244.2021.9677715.
- Mohammed, J.; Lung, C. -H.; Ocneanu, A.; Thakral, A.; Jones, C.; Adler, A. (2014) "Internet of Things: Remote Patient Monitoring Using Web Services and Cloud Computing," *IEEE International Conference on Internet of Things (iThings), and IEEE Green Computing and Communications (GreenCom) and IEEE Cyber, Physical and Social Computing (CPSCom)*, Taipei, pp. 256-263, doi: 10.1109/iThings.2014.45.
- Ruman, M. R.; Barua, A.; Rahman, W., K. R.; Roni, J.; , M. Jamil Roni; Rahman, M. F. (2020) "IoT Based Emergency Health Monitoring System," 2020 International Conference on Industry 4.0 Technology (I4Tech), Pune, India, pp. 159-162, doi: 10.1109/I4Tech48345.2020.9102647.