

ARTIGO COMPLETO/FULL PAPER

# Uma proposta de sistema de monitoramento de sinais vitais de maneira distribuída

## A Proposal for a Distributed Vital Signs Monitoring System

**Jeferson Pereira Feijó** • ✉ jeferson.sdi@gmail.com

Centro de Robótica e Ciência de Dados (iTEC)

**Debora Bertaco** • ✉ deb.bertaco@gmail.com

Universidade Federal do Rio Grande (FURG)

Centro de Robótica e Ciência de Dados (iTEC)

**Eduardo da Rosa Asevedo** • ✉ dudupel18@gmail.com

Centro de Robótica e Ciência de Dados (iTEC)

**Emily Marques Salum** • ✉ emilymarquessalum@gmail.com

Centro de Robótica e Ciência de Dados (iTEC)

**Leonardo de Paula** • ✉ leodepaula315@gmail.com

Centro de Robótica e Ciência de Dados (iTEC)

**Luiz Oscar Homann de Topin** • ✉ ltopin@gmail.com

Centro de Robótica e Ciência de Dados (iTEC)

**Luciano Maciel Ribeiro** • ✉ luciano@furg.br

Universidade Federal do Rio Grande (FURG)

Centro de Robótica e Ciência de Dados (iTEC)

**Bruno L. Dalmazo** • ✉ dalmazo@furg.br

Universidade Federal do Rio Grande (FURG)

Centro de Robótica e Ciência de Dados (iTEC)

**Giancarlo Lucca** • ✉ giancarlo.lucca@ucpel.edu.br

Universidade Católica de Pelotas (UCPel)

**RESUMO.** O monitoramento remoto de sinais vitais tem se mostrado fundamental para o cuidado à saúde de pacientes que necessitam de acompanhamento contínuo fora do ambiente hospitalar, especialmente em casos de doenças crônicas e na população idosa. Este trabalho propõe uma arquitetura escalável e eficiente para monitoramento remoto, utilizando as tecnologias WebSocket e Apache Kafka para transmissão e processamento de dados em tempo real aproximado. A estrutura modular da arquitetura, composta por dispositivos vestíveis para captura de dados, uma camada de comunicação para transmissão contínua e um sistema de processamento e armazenamento para análise e alertas, permite uma resposta rápida a alterações críticas nos sinais vitais dos pacientes. A aplicação dessa arquitetura visa aumentar a eficiência do monitoramento remoto, reduzir hospitalizações desnecessárias e ampliar o acesso ao cuidado de saúde em regiões remotas, além de servir como uma base sólida para futuras expansões e novos dispositivos de monitoramento.

**ABSTRACT.** Remote monitoring of vital signs has proven essential for healthcare management in patients requiring continuous observation outside the hospital environment, particularly for chronic conditions and the elderly population. This work proposes a scalable and efficient architecture for remote monitoring, leveraging WebSocket and Apache Kafka technologies for real-time data transmission and processing. The modular structure of the architecture, composed of wearable devices for data capture, a communication layer for continuous transmission, and a processing and storage system for analysis and alerts, enables a rapid response to critical changes in patients' vital signs. Implementing this architecture aims to enhance the efficiency of remote monitoring, reduce unnecessary hospitalizations, and expand access to healthcare in remote regions, providing a solid foundation for future expansions and new monitoring devices.

**PALAVRAS-CHAVE:** Monitoramento remoto • Sinais vitais • WebSocket • Apache Kafka

**KEYWORDS:** Remote monitoring • Vital signs • WebSocket • Apache Kafka

## 1 Introdução

A manutenção de pacientes em ambiente hospitalar, especialmente em tratamentos prolongados, apresenta

inúmeros desafios e custos elevados para os sistemas de saúde [1, 2]. Internações prolongadas geram gastos substanciais com recursos físicos, como energia, ali-

mentação, materiais de suporte e medicamentos. Além disso, há um elevado consumo de recursos humanos, envolvendo equipes multidisciplinares de profissionais da saúde, como médicos, enfermeiros e técnicos, necessários para monitorar o paciente de forma contínua. A ocupação contínua de leitos também contribui para a saturação dos hospitais, limitando a capacidade de atendimento a novos pacientes e forçando o sistema a buscar alternativas mais sustentáveis e acessíveis.

Outro ponto importante é o impacto direto que o ambiente hospitalar pode ter sobre a qualidade de vida dos pacientes e suas famílias. O ambiente hospitalar, embora essencial em situações críticas, pode causar estresse e desconforto para pacientes que necessitam de acompanhamento prolongado, expondo-os a riscos adicionais, como infecções hospitalares [3]. Essa situação é especialmente desafiadora para pacientes com doenças crônicas, idosos e indivíduos com mobilidade limitada, cuja autonomia e conforto são comprometidos devido ao tempo prolongado em hospitais [4]. Em [5] os autores propõem um *framework* para prever o tempo de internação de pacientes.

Em resposta a essas limitações, o monitoramento domiciliar de sinais vitais tem surgido como uma solução eficaz para ampliar a capacidade de monitoramento contínuo sem a necessidade de internação. O monitoramento remoto permite que os dados vitais dos pacientes sejam coletados e transmitidos diretamente para equipes de saúde em tempo real aproximado, oferecendo uma visão abrangente e constante do estado de saúde dos indivíduos, independentemente de sua localização geográfica. Essa abordagem reduz significativamente os custos hospitalares ao descentralizar o acompanhamento, promovendo o cuidado preventivo e pró-ativo.

Entretanto, a implementação de uma arquitetura eficiente para o monitoramento remoto enfrenta desafios técnicos, como a necessidade de uma infraestrutura de comunicação de dados robusta e escalável, capaz de lidar com grandes volumes de informações e de oferecer uma resposta rápida em caso de emergências. É essencial que as informações sobre o estado de saúde dos pacientes estejam acessíveis a profissionais de saúde de forma contínua, especialmente em casos onde dados de alta prioridade precisem acionar alertas imediatos. Para atender a essas demandas, é necessário utilizar tecnologias que possibilitem a comunicação assíncrona e de baixa latência, fundamentais para sistemas de monitoramento de saúde à distância [6].

Este trabalho propõe uma arquitetura para o monitoramento de sinais vitais de pacientes a partir de suas residências, utilizando tecnologias modernas para

garantir uma comunicação eficiente e contínua. A proposta combina o Apache Kafka e o protocolo WebSocket para garantir a transmissão segura e escalável dos dados entre dispositivos e servidores. O Kafka permite o gerenciamento de eventos de dados de maneira assíncrona, sendo ideal para lidar com grandes volumes de dados, enquanto o WebSocket possibilita a comunicação em tempo real aproximado com baixa latência, atendendo as demandas de alertas e monitoramento contínuo [6].

Essa arquitetura representa um avanço em soluções de telemedicina, oferecendo um sistema adaptável, de alta escalabilidade e eficiente para monitoramento (por pessoas em diferentes posições geográficas) de pacientes em condição domiciliar. A proposta visa fornecer uma base para futuros desenvolvimentos e adaptações em soluções de monitoramento remoto, trazendo benefícios para os sistemas de saúde e melhorando a qualidade de vida dos pacientes e de suas famílias. Cabe destacar que essa proposta de sistema está com seu desenvolvimento em execução e com sua propriedade intelectual protegida. Em breve estará disponível para profissionais de saúde, pacientes e familiares.

O artigo está organizado da seguinte maneira. A Seção 2 aborda os principais conceitos teóricos relacionados com o trabalho. Na sequência, Seção 3, os estudos relacionados são postos. A proposta de arquitetura para monitoramento de sinais vitais é feita na Seção 4. Por fim, a conclusão do trabalho é apresentada.

## 2 Fundamentação Teórica

Essa seção traz o *background* teórico necessário para entendimento do trabalho. Iniciamos discutindo o monitoramento remoto de sinais vitais e seus avanços e depois os protocolos de comunicação utilizados na proposta.

### 2.1 Monitoramento Remoto de Saúde

O monitoramento remoto de sinais vitais tem se tornado um componente crucial na telemedicina, possibilitando o acompanhamento de pacientes em tempo real aproximado fora do ambiente hospitalar. Essa prática é especialmente relevante para o cuidado de pacientes com doenças crônicas e idosos, que podem se beneficiar de um acompanhamento contínuo e menos invasivo. Sensores e dispositivos vestíveis modernos, como relógios inteligentes e adesivos corporais, permitem a coleta automática de dados biométricos, como frequência cardíaca, pressão arterial e saturação de oxigênio, que são então transmitidos para plataformas de moni-

toramento remoto [7]. Esse tipo de tecnologia melhora a qualidade do atendimento e possibilita a detecção precoce de anomalias, permitindo que profissionais de saúde ajam rapidamente em caso de emergências [8].

## 2.2 Avanços em Dispositivos Vestíveis e Sensores

A evolução dos dispositivos vestíveis [9] tem sido fundamental para o monitoramento remoto de saúde. Até mesmo nos esportes essa abordagem está sendo utilizada [10]. Dispositivos como pulseiras, relógios e sensores corporais são capazes de monitorar dados de saúde continuamente e transmitir essas informações para plataformas centralizadas. Tecnologias de comunicação sem fio, como Bluetooth e Wi-Fi, são utilizadas para conectar esses dispositivos aos sistemas de monitoramento, permitindo a coleta e transmissão de dados de forma estável e segura [11]. Esses dispositivos são projetados para uso a longo prazo, permitindo que os pacientes mantenham sua rotina diária enquanto são monitorados, o que contribui para uma experiência mais integrada e menos invasiva [12].

## 2.3 Protocolos para Comunicação em tempo real aproximado: WebSocket e Apache Kafka

A transmissão de dados de saúde em tempo real aproximado exige uma infraestrutura de comunicação robusta, capaz de gerenciar grandes volumes de dados e oferecer baixa latência. Para atender a esses requisitos, tecnologias como o protocolo WebSocket [13] e a plataforma Apache Kafka [6] têm sido amplamente adotadas em sistemas de monitoramento remoto.

### 2.3.1 WebSocket

O protocolo WebSocket é uma tecnologia de comunicação bidirecional que permite uma conexão contínua entre cliente e servidor. Diferente de protocolos HTTP tradicionais, onde cada requisição gera uma nova conexão, o WebSocket estabelece uma conexão que permanece aberta até ser explicitamente fechada por uma das partes. Essa conexão persistente é ideal para sistemas que exigem atualização constante de dados em tempo real aproximado, como os de monitoramento de sinais vitais, onde as informações precisam ser transmitidas de forma contínua e com mínima latência.

No contexto de monitoramento de saúde, o WebSocket permite que os dados dos sensores, como a frequência cardíaca e os níveis de saturação de oxigênio, sejam enviados assim que coletados, possibilitando a geração imediata de alertas caso algum parâmetro crítico seja detectado. A arquitetura WebSocket é baseada em eventos e permite tanto o envio quanto o recebimento

de dados em tempo real aproximado, o que facilita a criação de uma rede de comunicação estável entre o dispositivo do paciente e o sistema de monitoramento remoto. Essa infraestrutura é essencial para manter a confiabilidade e a eficiência na transmissão de informações vitais em cenários críticos.

### 2.3.2 Apache Kafka

O Apache Kafka é uma plataforma de processamento de dados em tempo real aproximado projetada para lidar com grandes volumes de dados de maneira escalável e resiliente. Originalmente desenvolvido pela LinkedIn, o Kafka utiliza o conceito de logs distribuídos e é amplamente utilizado para transmitir, processar e armazenar fluxos de dados. A arquitetura do Kafka é baseada em produtores, consumidores e tópicos, onde os produtores enviam mensagens para os tópicos e os consumidores leem as mensagens desses tópicos.

No sistema proposto, o Kafka desempenha um papel essencial ao permitir o gerenciamento e a distribuição de dados de sensores provenientes de múltiplos dispositivos conectados. Cada evento de dados gerado por um sensor — como a leitura da pressão arterial ou a frequência cardíaca — é tratado como uma mensagem que o Kafka armazena temporariamente nos tópicos. Esses tópicos são organizados para permitir que as informações sejam distribuídas para múltiplos consumidores, como sistemas de análise e bancos de dados, sem impactar o desempenho [14].

Uma das principais vantagens do Kafka é a capacidade de processar dados em modo assíncrono, o que garante que os dados sejam transmitidos de maneira eficiente, mesmo em redes de alta demanda. Isso permite que os dados sejam analisados e armazenados continuamente, facilitando a detecção de padrões críticos e a resposta rápida em caso de alertas. Além disso, o Kafka é escalável horizontalmente, ou seja, novos servidores podem ser adicionados para aumentar a capacidade do sistema sem comprometer o desempenho.

## 2.4 Escalabilidade e Integração Multidispositivo

A escalabilidade [15] é uma característica fundamental para sistemas de monitoramento de saúde, que frequentemente precisam gerenciar uma abundância de dispositivos conectados. O uso do Apache Kafka facilita a integração de múltiplos dispositivos e fontes de dados, permitindo que o sistema se adapte a diferentes cenários de uso e cargas de trabalho. Além disso, a interoperabilidade entre dispositivos e sistemas de prontuário eletrônico é essencial para garantir que os dados dos pacientes estejam centralizados e acessíveis,

permitindo que equipes médicas consultem o histórico de saúde do paciente e identifiquem tendências no comportamento dos sinais vitais.

O modelo de integração oferecido pelo Kafka permite que novos dispositivos e funcionalidades sejam incorporados ao sistema de monitoramento de forma incremental, assegurando a flexibilidade e longevidade da solução. Com isso, o sistema é capaz de suportar a adição de novos sensores e dispositivos sem a necessidade de reformulações extensivas na arquitetura.

Dessa forma, o embasamento teórico apresentado descreve os principais conceitos e tecnologias que fundamentam a arquitetura proposta, evidenciando o uso de WebSocket [13] e Kafka para a criação de um sistema de monitoramento remoto de sinais vitais eficiente, escalável e com suporte a múltiplos dispositivos.

### 3 Trabalhos Relacionados

O monitoramento remoto de sinais vitais tem avançado substancialmente com o desenvolvimento de dispositivos vestíveis, que permitem a coleta contínua e não invasiva de dados de saúde, como frequência cardíaca, pressão arterial e saturação de oxigênio. Diversos estudos demonstram a relevância desses dispositivos para a saúde, especialmente no cuidado de pacientes com condições crônicas e idosos. Pantelopoulos e Bourbakis conduziram uma revisão abrangente dos sistemas de sensores vestíveis, destacando sua capacidade de fornecer monitoramento contínuo e autônomo, o que amplia a precisão e a eficiência do acompanhamento remoto de pacientes. Majumder et al. [12] também exploram os benefícios desses dispositivos, abordando o uso de sensores que detectam quedas e emitem alertas instantâneos para cuidadores e profissionais de saúde.

Para possibilitar a comunicação em tempo real aproximado entre dispositivos de monitoramento e sistemas centrais, o protocolo WebSocket tem sido amplamente utilizado devido à sua capacidade de manter uma conexão persistente e de baixa latência. Gutierrez et al. [6] discutem as vantagens do WebSocket para transmissão contínua de dados vitais, destacando que, ao manter uma conexão bidirecional aberta, o protocolo reduz significativamente o tempo de resposta em sistemas de monitoramento. Essa característica é essencial para permitir que os dados sejam transmitidos de forma eficiente e que alertas sejam gerados rapidamente em caso de mudanças críticas nos sinais vitais.

Outro desafio dos sistemas de monitoramento remoto é o processamento de grandes volumes de dados provenientes de múltiplos dispositivos conectados. Para

lidar com essa demanda, o Apache Kafka tem se consolidado como uma solução viável, graças à sua arquitetura baseada em logs distribuídos e à capacidade de gerenciar dados em tempo real aproximado de maneira escalável. Kreps et al. [6] descrevem o funcionamento do Kafka, que permite a organização dos dados em tópicos específicos, facilitando o processamento e a análise simultânea de grandes quantidades de informações. O estudo de Ye et al. [14] demonstra o uso do Kafka em sistemas de telemetria, destacando sua eficiência no gerenciamento de dados de sensores e sua aplicabilidade em cenários de monitoramento remoto.

Também é possível criar uma arquitetura de monitoramento de saúde que utiliza o Apache Kafka para organizar e distribuir dados de sensores, permitindo que múltiplos consumidores acessem informações em tempo real aproximado sem comprometer a performance. Essa abordagem, ao dividir os dados em tópicos, permite que diferentes módulos do sistema (como análise de dados, alertas e armazenamento) processem os dados de forma independente e simultânea, aumentando a flexibilidade e a escalabilidade do sistema [6].

Embora os avanços no monitoramento remoto de saúde sejam promissores, existem desafios em garantir a precisão dos dados capturados e a manutenção de uma conexão estável, especialmente em áreas com baixa cobertura de internet [11]. Além disso, o desgaste e a necessidade de correto posicionamento dos dispositivos vestíveis podem impactar a qualidade dos dados coletados [12].

Assim, a arquitetura proposta neste trabalho adota WebSocket para transmissão contínua e Apache Kafka para processamento e organização dos dados, buscando mitigar esses desafios e criar uma estrutura robusta e escalável para o monitoramento remoto de sinais vitais.

### 4 Uma proposta de arquitetura para monitoramento de sinais vitais

A arquitetura proposta para o monitoramento remoto de sinais vitais visa proporcionar uma infraestrutura robusta e escalável que permita a coleta, transmissão e análise de dados de saúde em tempo real aproximado. O sistema é projetado em uma estrutura modular, composta por camadas específicas para dispositivos de monitoramento, comunicação e processamento, otimizando o fluxo de dados e garantindo a segurança e consistência das informações [16].

A seguir, na Figura 1, é apresentado um *overview* da proposta criada.



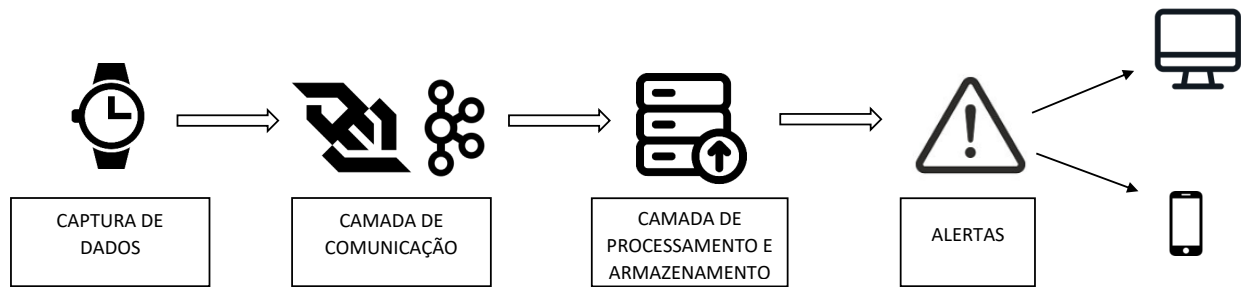


Figura 1. Proposta de arquitetura para monitoramento.

- **Captura de Dados:** Realizada por dispositivos vestíveis e sensores, como pulseiras e relógios inteligentes, que monitoram continuamente parâmetros vitais, incluindo frequência cardíaca, pressão arterial e saturação de oxigênio. Esses dispositivos são configurados para registrar dados de forma autônoma e são conectados via Bluetooth ou Wi-Fi a dispositivos móveis, como smartphones ou tablets, que servem como intermediários para o sistema. A partir desses dispositivos intermediários, os dados são enviados para a camada de comunicação. Cabe destacar que o emprego de sensores em seres humanos exige dispositivos certificados pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA).
- **Camada de Comunicação:** Responsável por transmitir as informações coletadas para o sistema central, utilizando o protocolo WebSocket. O WebSocket foi escolhido por sua capacidade de manter uma conexão contínua e bidirecional entre o cliente (dispositivo móvel) e o servidor. Diferente de protocolos de requisição-resposta, o WebSocket permite uma troca de dados em tempo real aproximado, com baixa latência, essencial para a detecção e notificação rápida de qualquer alteração crítica nos sinais vitais do paciente. Essa conexão persistente possibilita que os dados sejam transmitidos continuamente assim que coletados, facilitando o monitoramento ativo dos parâmetros vitais.
- **Camada de Processamento e Armazenamento:** Neste ponto são analisados e armazenados em um banco de dados central. Os módulos de análise nessa camada identificam padrões críticos e possíveis anomalias nos sinais vitais, gerando alertas em tempo real aproximado para profissionais de saúde caso um valor fora dos parâmetros normais seja detectado. Esses dados também são armazenados para fins de análise histórica, permitindo que a equipe médica acompanhe o histórico de saúde do paciente e identifique tendências em seu estado clínico.

O fluxo de dados entre as camadas da arquitetura é

contínuo e projetado para garantir uma transmissão eficiente e segura das informações. Essa estrutura modular e em camadas permite que o sistema seja facilmente adaptado para novas funcionalidades, suportando a adição de novos dispositivos e tipos de dados com mínima interferência na arquitetura geral. Assim, a proposta apresentada combina o uso de WebSocket e Apache Kafka para oferecer uma solução escalável, confiável e de baixa latência para o monitoramento remoto de sinais vitais, garantindo que as informações cheguem aos profissionais de saúde em tempo hábil e de forma segura.

## 5 Considerações Finais

Este trabalho propôs uma arquitetura para monitoramento remoto de sinais vitais, com foco na utilização de tecnologias de comunicação e processamento de dados em tempo real aproximado, como WebSocket e Apache Kafka. A solução apresentada é composta por uma estrutura modular e escalável, que permite a captura, transmissão, organização e análise de dados de saúde de forma contínua, otimizando o acompanhamento de pacientes em seus próprios lares. Essa abordagem possibilita uma resposta rápida em emergências, com a geração de alertas para profissionais de saúde em caso de detecção de valores críticos nos sinais vitais dos pacientes.

O uso do WebSocket permite uma conexão persistente e de baixa latência entre os dispositivos de monitoramento e o servidor central, garantindo que os dados sejam transmitidos em tempo real aproximado sem interrupções. Já o Apache Kafka, com sua arquitetura de tópicos, assegura o processamento eficiente e a distribuição dos dados para diferentes módulos de análise e armazenamento, proporcionando uma alta resiliência e adaptabilidade ao sistema.

Para trabalhos futuros, sugere-se a implementação de mecanismos de personalização dos parâmetros de alerta, conforme as propriedades de cada paciente, além

da integração de algoritmos de aprendizado de máquina que possam identificar padrões complexos nos dados, oferecendo uma camada adicional de inteligência ao sistema. Acredita-se que, com a evolução contínua das tecnologias de comunicação e processamento de dados, a arquitetura aqui proposta poderá ser ampliada para incluir novos dispositivos e funcionalidades, o que permitirá validações com possibilidade de consolidar-se como uma ferramenta essencial para o cuidado de saúde à distância.

## Declarações complementares

### Financiamento

Os autores gostariam de agradecer a Fundação de amparo à pesquisa do estado do Rio Grande do Sul - FAPERGS (24/2551-0001396-2, (23/2551-0000773-8)), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq com FAPERGS/CNPq (23/2551-0000126-8).

### Outras informações relevantes

Este trabalho fez uso de ferramentas de IA generativa na revisão de escrita do artigo.

## Referências

- Alkhwilani, M.; Husien, W. A.; Alhamdany, S. N. Facilitating Patient Registrations Using an Integrating Healthcare Management System. *In*: 2018 1st Annual International Conference on Information and Sciences (AiCIS). 2018. P. 23–27. DOI: [10.1109/AiCIS.2018.00017](https://doi.org/10.1109/AiCIS.2018.00017).
- Kavitha, V. P. *et al.* A Comprehensive Survey of IoT Applications in Remote Patient Monitoring, Chronic Disease Management, and Smart Healthcare Infrastructure. *In*: 2024 3rd International Conference on Sentiment Analysis and Deep Learning (ICSADL). 2024. P. 689–696. DOI: [10.1109/ICSADL61749.2024.00120](https://doi.org/10.1109/ICSADL61749.2024.00120).
- Marfil-Garza, B. A. *et al.* Risk factors associated with prolonged hospital length-of-stay: 18-year retrospective study of hospitalizations in a tertiary healthcare center in Mexico. *PLOS ONE*, Public Library of Science, v. 13, n. 11, p. 1–14, nov. 2018. DOI: [10.1371/journal.pone.0207203](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0207203). Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0207203>.
- Miranda, G. B. S.; Borges, N. G. S.; Ribeiro, N. M. d. S. Impacto do tempo de hospitalização na mobilidade e na qualidade de vida de idosos. *Revista de Ciências Médicas e Biológicas*, v. 18, n. 3, p. 330–334, dez. 2019. DOI: [10.9771/cmbio.v18i3.34417](https://doi.org/10.9771/cmbio.v18i3.34417). Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/cmbio/article/view/34417>.
- Alsinglawi, B. S. *et al.* Predicting Hospital Stay Length Using Explainable Machine Learning. *IEEE Access*, v. 12, p. 90571–90585, 2024. DOI: [10.1109/ACCESS.2024.3421295](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3421295).
- Kreps, J.; Narkhede, N.; Rao, J. Kafka: a distributed messaging system for log processing. *Proceedings of the NetDB*, v. 11, p. 1–7, 2011.
- Luo, X.; Tan, H.; Wen, W. Recent Advances in Wearable Healthcare Devices: From Material to Application. *Bioengineering*, v. 11, n. 4, 2024. ISSN 2306-5354. DOI: [10.3390/bioengineering11040358](https://doi.org/10.3390/bioengineering11040358). Disponível em: <https://www.mdpi.com/2306-5354/11/4/358>.
- Darkins, A.; Ryan, P.; Kobb, R. *et al.* Care coordination/home telehealth: systematic implementation for chronic disease management in veterans. *Telemedicine and e-Health*, Mary Ann Liebert, Inc., v. 20, n. 3, p. 221–228, 2014.
- Reddy, M. K. *et al.* Design and Development of Wearable Medical Devices for Health Monitoring. *In*: 2023 7th International Conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud) (I-SMAC). 2023. P. 554–559. DOI: [10.1109/I-SMAC58438.2023.10290556](https://doi.org/10.1109/I-SMAC58438.2023.10290556).
- Yang, Q. *et al.* Application of wearable devices in sports: behavior change and result effect. *In*: 2021 International Conference on Health Big Data and Smart Sports (HBDSS). 2021. P. 137–147. DOI: [10.1109/HBDSS54392.2021.00035](https://doi.org/10.1109/HBDSS54392.2021.00035).
- Milenkovic, A.; Otto, C.; Jovanov, E. Wireless sensor networks for personal health monitoring: Issues and an implementation. *Computer Communications*, Elsevier, v. 29, n. 13-14, p. 2521–2533, 2006.
- Majumder, S.; Mondal, T.; Deen, M. J. Wearable sensors for remote health monitoring. *Sensors*, MDPI, v. 17, n. 1, p. 130, 2017.
- Wang, V.; Salim, F.; Moskovits, P. The WebSocket Protocol. *In*: THE Definitive Guide to HTML5 WebSocket. Berkeley, CA: Apress, 2013. P. 33–60. ISBN 978-1-4302-4741-8. DOI: [10.1007/978-1-4302-4741-8\\_3](https://doi.org/10.1007/978-1-4302-4741-8_3). Disponível em: [https://doi.org/10.1007/978-1-4302-4741-8\\_3](https://doi.org/10.1007/978-1-4302-4741-8_3).
- Raptis, T. P.; Passarella, A. A Survey on Networked Data Streaming With Apache Kafka. *IEEE Access*, v. 11, p. 85333–85350, 2023. DOI: [10.1109/ACCESS.2023.3303810](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3303810).
- Lee, J. Y.; Kim, S. D. Software Approaches to Assuring High Scalability in Cloud Computing. *In*: 2010 IEEE 7th International Conference on E-Business Engineering. 2010. P. 300–306. DOI: [10.1109/ICEBE.2010.73](https://doi.org/10.1109/ICEBE.2010.73).
- Dalmazo, B. L.; Vilela, J. P.; Curado, M. Triple-Similarity Mechanism for alarm management in the cloud. *Computers & Security*, v. 78, p. 33–42, 2018. ISSN 0167-4048. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cose.2018.05.016>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167404818306515>.