



Ministério da Educação
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica
Instituto Nacional de Telecomunicações - INATEL

**MESTRADO EM TELECOMUNICAÇÕES
INTERNET DAS COISAS E REDES VEICULARES
PROF. SAMUEL BARALDI MAFRA**

REDE DE SENSORES SEM FIO

**PEDRO AUGUSTO POLEGÁRIO ALVES DA SILVA - 966
2º SEMESTRE – 2025**

**Santa Rita do Sapucaí
Setembro de 2025**



Ministério da Educação
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica
Instituto Nacional de Telecomunicações - INATEL

**MESTRADO EM TELECOMUNICAÇÕES
INTERNET DAS COISAS E REDES VEICULARES
PROF. SAMUEL BARALDI MAFRA**

REDE DE SENSORES SEM FIO

Este relatório tem como objetivo apresentar como funciona uma rede de sensores sem fio, bem como suas diversas aplicações.

**Santa Rita do Sapucaí
Setembro de 2025**

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	4
2	IMPLEMENTAÇÃO	5
3	TIPOS DE SENSORES.....	7
4	CONCLUSÃO	8
5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	8

1 INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico, resultado da convergência de sistemas micro eletromecânicos (MEMS), comunicações sem fio e eletrônica digital, possibilitou o surgimento e a proliferação das Redes de Sensores Sem Fio (RSSFs). Ao contrário dos sistemas de sensores tradicionais, que dependem de infraestruturas fixas, as RSSFs consistem numa vasta quantidade de nós de baixo custo, baixa potência e pequenas dimensões, que podem ser implantados em grande densidade para monitorar fenômenos em ambientes de difícil acesso ou perigosos.

A flexibilidade e a capacidade de auto-organização são características distintivas das RSSFs, permitindo a sua implementação aleatória. Além disso, a sua arquitetura colaborativa permite que os nós processem dados localmente, transmitindo apenas as informações essenciais, o que otimiza o consumo de energia e aumenta a longevidade da rede. Para aplicações específicas, como o monitoramento e a automação industrial, a prioridade não é a largura de banda elevada, mas sim a baixa latência e o baixo consumo de energia.

Para atender a essas necessidades, foram desenvolvidos padrões de comunicação como o IEEE 802.15.4, que define protocolos para redes de baixa taxa de dados, baixa potência e curto alcance (LR-WPAN). Com base neste padrão, a "ZigBee Alliance" criou o protocolo ZigBee em 2004, projetado para uma comunicação sem fio confiável e de baixo custo.

Dentro de uma rede IEEE 802.15.4, distinguem-se dois tipos de dispositivos: os FFDs (Full Function Devices), que são mais completos e podem atuar como coordenadores ou roteadores, e os RFDs (Reduced Function Devices), que são mais simples e comunicam-se apenas com os FFDs. A flexibilidade da rede permite a adoção de topologias em estrela, com um único coordenador, ou topologias ponto a ponto, que possibilitam a criação de redes mais complexas, como redes de malha ou em árvore.

As aplicações das RSSFs são vastas e as redes podem ser heterogêneas, compostas por nós com diferentes tipos de sensores, como os de imagem e áudio. Essa heterogeneidade, no entanto, implica que nós responsáveis por tarefas mais complexas, como o processamento de imagens, exigirão maior poder computacional, mais memória e, conseqüentemente, maior consumo de energia.

O protocolo WiFi também é bastante utilizado em aplicações de redes de sensores. O protocolo viabiliza que vários dispositivos chamados de nós, distribuídos por uma grande área física (interna e/ou externa) sejam interconectados em uma única rede local sem fio. Uma rede WiFi tradicional, é uma rede ponto a multiponto em que um único nó central denominado ponto de acesso é conectado diretamente a todos os outros nós denominados estações. A topologia mesh é construída sobre o protocolo de infraestrutura WiFi, a rede realiza a associação de várias redes WiFi individuais em uma única WLAN, diferente do que ocorre na rede WiFi, em que as estações são limitadas a uma conexão com um único AP, e um AP pode ser conectado simultaneamente a várias estações com conexões downstream. O protocolo mesh torna possível a atuação de todos os nós simultaneamente como uma estação e um AP. Dessa forma, um nó na rede mesh pode ter várias conexões downstream usando sua interface softAP, e uma única conexão upstream usando sua interface de estação.

As redes de sensores sem fio têm grande aplicação na área médica, onde pode-se fazer a medição de alguns sinais fisiológicos de pacientes para fazer o acompanhamento dele sem ele precisar se deslocar até um posto de atendimento e isso traz uma grande evolução aos novos tempos.

Nesse relatório será abordado como as redes de sensores sem fio pode ser aplicada na área médica.

2 IMPLEMENTAÇÃO

A implementação de uma Rede de Sensores Sem Fio (RSSF) é um processo que requer uma abordagem metodológica e a consideração de aspectos críticos em seu ciclo de desenvolvimento. Para garantir a eficácia, a segurança e a qualidade dos dados, é fundamental seguir um planejamento rigoroso que abrange as seguintes etapas:

- Requisitos e planejamento: A fase inicial de planejamento é crucial e deve ser fundamentada na definição clara dos requisitos do sistema. Neste estágio, questões-chave devem ser minuciosamente avaliadas, como o propósito da rede, o tipo de fenômeno a ser monitorado (temperatura, umidade, vibração), o ambiente de implementação (agrícola, industrial, urbano) e o volume de dados a ser coletado, incluindo a frequência de amostragem. Adicionalmente, é imperativo identificar as restrições do projeto, como o

consumo de energia, o custo e a latência da comunicação. A análise exaustiva desses fatores constitui a base para todas as decisões subsequentes no projeto.

- **Arquitetura de rede:** A seleção da topologia de rede deve ser compatível com os requisitos da aplicação e as restrições de custo. As arquiteturas mais comuns e amplamente estudadas são a estrela, a árvore e a malha (mesh). A topologia em estrela é simples e centralizada, adequada para redes com alcance limitado. A topologia em árvore oferece maior alcance hierárquico, enquanto a topologia em malha proporciona robustez e escalabilidade por meio de múltiplos caminhos de comunicação, sendo a mais adequada para ambientes complexos e dinâmicos. A escolha da arquitetura influencia diretamente a confiabilidade e a escalabilidade do sistema.

- **Seleção de Hardware e Software:** A escolha dos componentes de hardware e software é uma etapa técnica fundamental. Os nós sensores devem ser selecionados com base nos requisitos da aplicação, considerando suas capacidades de processamento, memória, subsistema de rádio e fonte de energia. A escolha do protocolo de comunicação sem fio também é crítica, devendo ser avaliada a relação entre a taxa de dados, o alcance e o consumo de energia (Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, LoRaWAN). Um gateway robusto é necessário para a interconexão da RSSF com redes de maior porte, como a internet. Em termos de software, o sistema operacional para os nós deve ser leve e otimizado para baixo consumo de energia. Por fim, uma plataforma de análise e visualização de dados é indispensável para processar e interpretar as informações coletadas.

- **Implementação e Teste:** A fase de implementação abrange o desenvolvimento do software embarcado e a instalação física dos nós. A implantação deve ser realizada em locais que minimizem as barreiras físicas que possam degradar o sinal de rádio. Após a instalação, a fase de testes é obrigatória para verificar a conectividade de cada nó, a precisão da coleta de dados e a autonomia do sistema, garantindo que as especificações do projeto sejam atendidas.

- **Manutenção e escalabilidade:** O projeto deve prever a manutenção contínua do sistema, que inclui a calibração de sensores e a substituição de fontes de energia. A escalabilidade é uma característica-chave para a longevidade da rede, pois permite a adição de novos nós de forma eficiente e sem comprometer o desempenho geral. A facilidade de acesso para manutenção e a arquitetura escalável são essenciais para assegurar a perenidade do sistema e a qualidade dos dados ao longo do tempo.

A consideração sistemática de todas essas etapas é crucial para a implementação bem-sucedida de uma RSSF, garantindo a integridade dos dados e a confiabilidade da rede.

Na aplicação selecionada, pode-se implementar uma rede em malha, pois necessita de uma robustez muito grande, pois precisam de uma precisão grande para evitar diagnósticos equivocados, então precisa-se planejar muito bem como implementar esse sistema, por isso pode-se usar como sensor para monitoramento de frequência cardíaca e de saturação de oxigênio no sangue um sensor de biossinais MAX30100 e para implementar a rede pode-se utilizar microcontroladores, como ESP32. Pode-se usar outros microcontroladores, mas sempre deve-se pensar que precisa ser um microcontrolador que possa suportar e transmitir uma quantidade de dados considerável.

3 TIPOS DE SENSORES

Pode-se utilizar, como mencionado acima, sensores de biossinais, que são sensores que medem sinais fisiológicos, como frequência cardíaca, saturação de oxigênio, entre outros sinais. Nessa aplicação pode-se utilizar o sensor MAX30100.

O princípio de funcionamento do MAX30100 baseia-se na foto pletismografia (PPG). O sensor contém dois LEDs, um que emite luz vermelha e outro que emite luz infravermelha, e um fotodetector. Para medir os parâmetros fisiológicos, a pessoa deve colocar o dedo sobre o sensor.

- Medição da frequência cardíaca: A luz infravermelha emitida pelo LED é absorvida de forma diferente pelo sangue oxigenado e desoxigenado. O fotodetector capta as variações de intensidade da luz refletida conforme o volume de sangue nas artérias muda a cada batimento cardíaco. O sensor processa essas variações para calcular a frequência cardíaca em batimentos por minuto (BPM).

- Medição da saturação de oxigênio (SpO₂): Para determinar a saturação de oxigênio, o sensor utiliza a proporção de absorção da luz vermelha e infravermelha pelo sangue. O sangue oxigenado absorve mais luz infravermelha, enquanto o sangue desoxigenado absorve mais luz vermelha. A partir dessa diferença, o sensor consegue estimar a porcentagem de hemoglobina que está saturada de oxigênio, que é o valor de SpO₂.

A sua tensão de operação é de 1,8V até 3,3V DC e ele utiliza o protocolo I2C para comunicação com microcontroladores, além disso seu consumo de corrente é baixo e possui modo de espera, o que faz ele ser apropriado para projetos com bateria, possui um conversor analógico digital com 14 bits de resolução e ele também possui um sistema integrado para cancelar a interferência da luz ambiente.

E nessa aplicação, os sensores são conectados a uma ESP32 e isso forma um nó sensor, que envia essa informação via WiFi para uma ESP32 que está conectada a um computador processando e agrupando esses dados.

4 CONCLUSÃO

Pode-se concluir que as redes de sensores sem fio são de fundamental importância para o futuro da Internet das Coisas, onde ela proporciona uma gama de aplicações e permite a humanidade a chegar em locais que antes pareciam inexplorados, além de transformar a vida em algo mais simples, como citado no exemplo acima, antes para medir a frequência cardíaca precisa ou de ter um aparelho de alto valor ou então ir ao médico, e com o avanço do IoT e das Redes de Sensores sem Fio, isso pode baratear o custo e fazer com que mais pessoas tenham acesso a informação e melhore a qualidade de vida das pessoas.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKYILDIZ, I. F.; SU, W.; SANKARASUBRAMANIAM, Y.; CAYIRCI, E. Wireless sensor networks: a survey. **Computer Networks**, v. 38, n. 4, p. 393-422, 2002.

COUTO, Ana Flávia Matos. **Sistema de Monitoramento de Parâmetros Fisiológicos e Ambientais Utilizando Rede Mesh**. 2021. 71 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2021.

QING, Dong; HONGXIANG, Zhu. Design of tire pressure test system based on wireless transmission. In: **2021 IEEE 3rd International Conference on Civil Aviation Safety and Information Technology (ICCASIT)**. IEEE, 2021. p. 1-6.

YICK, Jennifer; MUKHERJEE, Biswanath; GHOSAL, Dipak. Wireless sensor network survey. **Computer Networks**, v. 52, n. 12, p. 2292-2330, 2008.