

MODULARSYS – SISTEMA TELEMÉTRICO DINÂMICO AUTÔNOMO MODULAR PARA MONITORAMENTO, CONTROLE E AUTOMAÇÃO

Edson Jorge Silva de Carvalho Filho¹ e Rômulo César Carvalho de Araújo²

Estudante¹, Orientador², Instituto Federal de Pernambuco – *Campus Recife*^{1,2}

INTRODUÇÃO

A qualidade do ar, a eficiência do transporte público e a gestão da energia são desafios críticos para cidades inteligentes e sustentáveis. A ausência de monitoramento em tempo real compromete a tomada de decisões e dificulta a implementação de soluções eficazes. O ModularSys é um sistema telemétrico dinâmico, autônomo e modular que permite o monitoramento e automação desses processos, promovendo maior eficiência urbana.

PROBLEMA

Como desenvolver uma tecnologia baixo custo, escalável e autônoma capaz de monitorar em tempo real o meio ambiente, o transporte público e a gestão de energia, promovendo cidades mais eficientes e sustentáveis?

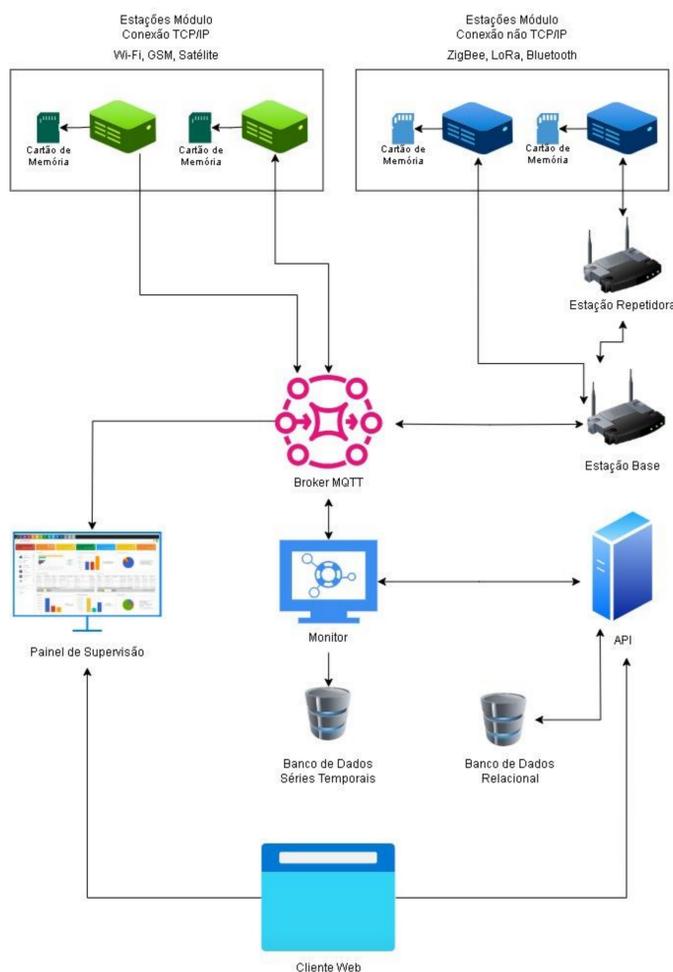
HIPÓTESE

A implementação do ModularSys possibilitará a coleta e análise precisa de dados urbanos, permitindo a automação de processos e a otimização da gestão de recursos, contribuindo para cidades mais conectadas e sustentáveis.

MÉTODOS

O ModularSys é um sistema telemétrico modular que utiliza Redes de Sensores Sem Fio, Ethernet e Fibra Óptica para comunicação. Ele opera com Wi-Fi, LoRa, ZigBee, Satélite, Bluetooth e GSM (Global System for Mobile Communications), escolhendo o protocolo conforme a necessidade da aplicação. As Estações Módulo (EM) transmitem dados para o Broker MQTT VerneMQ, enquanto aquelas sem conexão utilizam Estações Base ou Roteadoras e em caso de falha, os dados são armazenados localmente. O Broker MQTT VerneMQ atua como um orquestrador de tráfego de dados, recebendo informações das EMs e distribuindo-as aos demais módulos do sistema. O Monitor VerneMQ processa e armazena as informações em um Banco de Dados de Séries Temporais, permitindo análises eficientes. A API se conecta ao Cliente VueJS, possibilitando monitoramento em tempo real pelo Painel Grafana Dashboard, com gráficos interativos para identificação de padrões. (Figura 1)

Figura 1: Arquitetura do ModularSys



Fonte: Elaborado pelos Autores

RESULTADOS

O ModularSys foi testado por 10 horas contínuas, processando 1.070.382 registros, com uma média de 107.038 por hora, 1.784 por minuto e 30 por segundo (Tabela 1). Essa taxa de processamento demonstrou a eficiência do sistema na transmissão de grandes volumes de dados em tempo real.

Tabela 1: Distribuição de Dados em 10 Horas

Módulos	Registros Recebidos (10h)
Módulo 1	241.560
Módulo 2	238.260
Módulo 3	240.908
Módulo 4	349.654
Total de Registros	1.070.382
Registros por Hora	107.038
Registros por Minuto	1.784
Registros por Segundo	30

Fonte: Elaborado pelos Autores

A estabilidade operacional foi validada com quatro repetições do experimento, resultando em uma média de 1.072.313 registros e um desvio padrão de apenas 1.600, indicando baixa variação e alta confiabilidade (Tabela 2).

Tabela 2: Resultados Estatísticos das Repetições

Repetições	Valores
1	1.070.382
2	1.073.990
3	1.071.697
4	1.073.183
Média	1.072.313
Desvio Padrão	1.600

Fonte: Elaborado pelos Autores

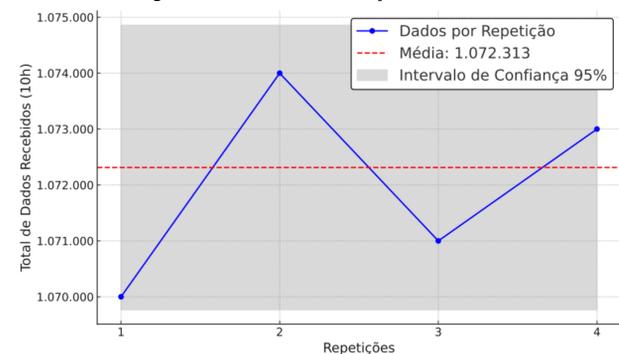
A análise estatística confirmou a previsibilidade do sistema, com um intervalo de confiança de 95%, oscilando entre 1.069.767 e 1.074.859 registros (Tabela 3). A Figura 2 mostra a variação dos dados em cada repetição, evidenciando a consistência da transmissão.

Tabela 3: Distribuição t de Student's e Intervalo de Confiança

Distribuição t Student's	
Tamanho da Amostra	4
Valor Crítico	3,1824
Erro Padrão	799,87
Intervalo de Confiança	
Limite Superior	1.074.859
Limite Inferior	1.069.767

Fonte: Elaborado pelos Autores

Figura 2: Intervalo de Confiança do Sistema



Fonte: Elaborado pelos Autores

CONCLUSÃO

O ModularSys é uma solução inovadora para monitoramento ambiental, transporte público e energia renovável, unindo flexibilidade, eficiência e sustentabilidade. Com alta capacidade de processamento e validação estatística confiável, o sistema demonstra impacto real na construção de cidades inteligentes e sustentáveis. Seu desenvolvimento reafirma o compromisso com tecnologia e inovação, promovendo avanços essenciais para qualidade de vida e preservação ambiental.

REFERÊNCIAS

- CBTU. Companhia Brasileira de Trens Urbanos. 2024.
- CNPq. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. 2024.
- INPI. Instituto Nacional da Propriedade Industrial. 2024.
- KIMANI, R. What are time series databases, and why do you need them? 2023.
- LOCKERMAN, J. Time-series compression algorithms, explained. 2020.
- ONU. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – As Nações Unidas no Brasil. 2024.
- RailBee. RailBee - Monitoramento Estratégico de Trens Urbanos. 2024.
- SALDANHA, R. Cidade de São Paulo tem ar mais poluído do mundo, aponta ranking internacional. 2024.
- TOTH, A. Time-series database: an explainer. 2023.