

Monitoramento de Estação de Recarga Sustentável: Sistema IoT para Supervisão de Estação com Painéis Fotovoltaicos no carregamento de Veículos Elétricos.

Artur Brioschi Delpupo - a65413, Nelson Neto - 62876

Resumo: O projeto apresenta o desenvolvimento de um sistema de monitoramento em tempo real para uma estação de recarga de veículos elétricos alimentado por energia solar. A proposta visa proporcionar uma solução barata e inteligente para acompanhamento de dados das estações de recarga.

O sistema desenvolvido é composto por um módulo ESP32 que simula a leitura da radiação solar por um potenciômetro e possui registro do horário através de API, para garantir a melhor eficiência na captação de dados. Os registros são enviados através do protocolo MQTT para o Node-Red. Os dados processados estimam a geração fotovoltaica, considerando parâmetros físicos dos painéis definidos no projeto. As informações são então enviadas ao banco de dados de séries temporais InfluxDB, apresentando ao gestor do projeto os dados de disponibilidade de energia, energia gerada e consumos realizados.

Palavras-chave: Energia Solar, Node-Red, InfluxDB, MQTT, Estação de Recarga.

1. Introdução

A mobilidade por meio de veículos elétricos está ganhando cada vez mais espaço no mercado, com aumentos de incentivo, como o desconto de € 4.000 na compra de um novo carro elétrico ao entregar o antigo carro a combustão para sucateamento e a isenção de alguns impostos [1] -. Com o significativo aumento da frota de elétricos, faz-se também necessária uma diminuição no valor da energia elétrica, utilizada para recarga dos veículos, e há um grande aumento na busca pelo uso de energia elétrica limpa, vinda de fontes sustentáveis, como uso de estações de carregamento com geração por meio de painéis solares.

Como escrito por Fernando Caneppele, “A integração entre energia solar fotovoltaica e mobilidade elétrica representa uma das mais promissoras sinergias da transição energética global. De um lado, a energia solar avança como uma das fontes renováveis mais acessíveis e democráticas; de outro, os veículos elétricos (VEs) despontam como alternativa concreta à mobilidade baseada em combustíveis fósseis. A convergência dessas tecnologias potencializa os impactos positivos de cada uma delas — ambientais, econômicos e sociais — e aponta para um modelo mais sustentável de energia e transporte. “. [2] -

Este projeto visa apresentar um sistema de monitoramento de estações de recarga de veículos elétricos. As estações a serem monitoradas geram energia através de painéis solares, e o sistema capta dados de radiação do local onde a estação está instalada e, com a ajuda de um ESP32 transmite os dados para o Node-Red, onde as informações são tratadas e apresentadas em um dashboard simples, com o sistema de registro de consumo da energia, simulando o carregamento de um veículo.

Todos os dados captados e tratados são então enviados ao InfluxDB, onde o gestor da estação terá a possibilidade de monitorar de forma detalhada a situação da estação, com dados de geração de energia por hora, carga presente nos bancos de bateria para armazenamento e os registros de consumos, tendo dados de quantos veículos fizeram uso da estação, em qual horário e quanto foi consumido.

2. Objetivos

2.1. Objetivo Geral

Desenvolver um sistema de monitoramento em tempo real para estações de recarga de veículos elétricos abastecidos por energia solar, com visualização e armazenamento de dados de energia gerada e consumo.

2.2. Objetivos Específicos

- Captar, por meio de simulação com potenciômetro, dados de radiação solar.
- Com o uso de um ESP32, ler dados de radiação e obter o horário exato de leitura através de API pública.
- Transmitir dados para o Node-Red através de protocolo MQTT.
- Processar os dados recebidos e estimar a geração de energia com base em parâmetros físicos dos painéis fotovoltaicos.
- Exibir a informação em um dashboard, e permitir o registro de consumo de energia, simulando o carregamento de um veículo.
- Envio e armazenamento dos dados no banco de dados temporal InfluxDB.
- Permitir o monitoramento da geração de energia, consumos pontuais, e carga armazenada na estação ao longo do tempo.

3. Metodologia

O desenvolvimento do sistema contou com duas abordagens de simulação: uma utilizando a API do Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA) e outra com simulação virtual via Wokwi. Inicialmente, optou-se pela integração com a API pública do IPMA, acessada pelo link: <https://api.ipma.pt/>. Foram utilizados dois pontos de coleta de dados meteorológicos da cidade de Bragança, com os códigos de referência 1200575 e 1200576. Contudo, como é possível averiguar na Figura 1, o ponto 1200576 apresentava leituras inválidas para radiação solar (valor fixo de -99), o que inviabilizou sua utilização. Assim, a simulação de geração fotovoltaica utilizou exclusivamente os dados do ponto 1200575.

```
"1200576": {  
  "intensidadeVentoKM": 5.8,  
  "temperatura": 11.9,  
  "radiacao": -99.0,  
  "idDireccVento": 4,  
  "precAcumulada": 0.0,  
  "intensidadeVento": 1.6,  
  "humidade": 76.0,  
  "pressao": 1018.6  
},  
"1200575": {  
  "intensidadeVentoKM": 14.4,  
  "temperatura": 14.2,  
  "radiacao": 0.0,  
  "idDireccVento": 7,  
  "precAcumulada": 0.0,  
  "intensidadeVento": 4.0,  
  "humidade": 63.0,  
  "pressao": 1016.3  
},
```

Figura 1 - Dados IPMA IPA Bragança

A metodologia de projeto foi dividida em três partes: simulação no Wokwi, implementação de fluxos no Node-Red, Integração e visualização no InfluxDB.

3.1. Simulação no Wokwi

A simulação implementada no Wokwi, apresentada na Figura 2, busca captar parâmetros de radiação e requisição de data e hora atual, e enviar os dados para o Node-Red.

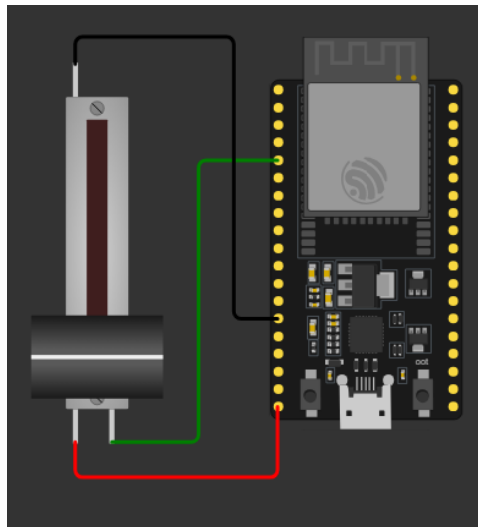


Figura 2 - Simulação Wokwi

O código desenvolvido realiza:

Requisições e conexões:

- Conexão com a rede Wi-Fi simulada "Wokwi-GUEST".
- Requisição da hora atual à API WorldTime.
- Leitura contínua do potenciômetro, que visa simular um sensor de radiação. Retorno de valores de 0 a 4095.

Respostas da simulação, conforme apresentado na Figura 3:

- Envio de dados para o servidor MQTT público broker.emqx.io nos tópicos:
 - "IPB/IoT/Projeto/DataHora": para os valores de data e hora obtidos na requisição à API.
 - "IPB/IoT/Projeto/Radiancia": para o valor de radiação medido/simulado.

```
Publicado em IPB/IoT/Projeto/Radiancia: 1229
Publicado em IPB/IoT/Projeto/DataHora: 2025-06-02T20:41:37
Publicado em IPB/IoT/Projeto/Radiancia: 3847
Publicado em IPB/IoT/Projeto/DataHora: 2025-06-02T20:41:43
Publicado em IPB/IoT/Projeto/Radiancia: 3002
Publicado em IPB/IoT/Projeto/DataHora: 2025-06-02T20:41:49
Publicado em IPB/IoT/Projeto/Radiancia: 0
```

Figura 3 - Dados obtidos na simulação

3.2. Fluxos no Node Red

No Node-Red foram implementados os seguintes nós e funcionalidades, conforme a Figura 4:

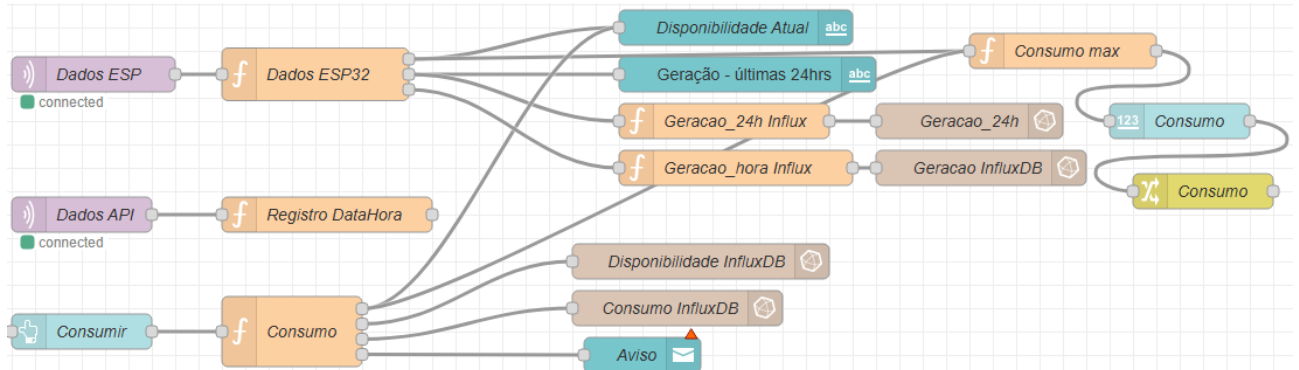


Figura 4 - Fluxo Node-Red

- Bloco "Registro DataHora" – Registro dos dados recebidos pelo nó *mqtt in* da API como *ultimaDataHora*, para ser utilizado como *timeStamp* posteriormente.
- Bloco "Dados ESP32" – Trata os dados de radiação recebidos pelo *mqtt in* e calcula, com base nos parâmetros físicos da placa (determinados pelo usuário) a quantidade de energia gerada pelo sistema.
- Bloco "Consumo" – Atualiza valores de energia disponível com base no consumo registrado pelo usuário. Além de gerar mensagens de aviso de consumo e limite disponível.
- Nós de dashboard – Envia dados de disponibilidade de energia atual (disponibilidade gerada menos consumo realizado), geração de energia das últimas 24 horas/24 leituras,

mensagem de aviso de consumo. Servem também para registrar e seleccionar o consumo requerido pelo utilizador (nós “Consumir” e “Consumo”).

- Nós *influx batch* – Envia os dados tratados para o InfluxDB, com o bucket ProjetoFinal.

A função de cálculo da geração fotovoltaica a fórmula abaixo:

$$(I) \quad E = \frac{R}{3600} * P * \rho * A * n$$

Onde:

E = Energia (kWh)

R = Radiação em kJ/m²

P = Potência do painel (kW)

ρ = Eficiência

A = Área (m²)

n = Número de painéis

3.2.1. Dashboard Node-Red

Utilizando a plataforma Node-Red foi gerado um dashboard simples, conforme apresentado na Figura 5, e nos permite:

- Saber a disponibilidade de energia atual (armazenada).
- Registrar consumo de energia
- Saber quanto de energia foi gerada pela estação nas últimas 24 horas (24 leituras)
- Receber avisos de consumo realizado ou limite de consumo disponível, conforme a Figura 6.



Figura 5 - Dashboard Node-Red



Figura 6 - Avisos ao utilizador

3.3. Dashboard InfluxDB

O InfluxDB torna possível a visualização de dados de forma temporal, conforme a Figura 7, permitindo ao gestor do projeto acompanhar:

- Dados de geração de energia
- Observar os consumos realizados
- Disponibilidade atual de energia presente no banco de energia.
- Geração total de energia das últimas 24 horas/24 leituras.



Figura 7 - Dashboard InfluxDB

4. Conclusões

O projeto atingiu com sucesso o objetivo proposto de desenvolver um sistema de monitoramento para estação de recarga de veículos elétricos abastecida por energia solar, utilizando as tecnologias de IoT aprendidas. A simulação permitiu a visualização simples e barata do comportamento da geração e consumo da geração fotovoltaica em função da radiação solar presente no local onde a estação foi implementada.

O uso do ESP32 se apresentou como uma forma viável e de baixo custo para a aplicação de monitoramento de estação, tendo apenas que se atentar ao local de instalação do hardware, levando em conta que estações de carregamento podem ser instaladas em locais abertos e sem proteção a chuva. A integração com protocolo MQTT e dashboards do InfluxDB permitem o

tratamento dos dados de uma forma simples e clara, entregando ao utilizador final um projeto que pode ser aplicada de forma prática, levando em conta dados de segurança, como o sistema de autenticação presente no Node-Red e InfluxDB, e o uso de brokers privados para transmissão de dados.

O sistema pode ser aplicado com sensores reais de radiação, levando em conta apenas o método de entrada de dados desses sensores, que em sua maioria são sensores 4-20mA ou 0-5V. A aplicação dessa tecnologia contribui para o incentivo ao uso de carros elétricos, podendo diminuir consideravelmente o custo da energia e aumentando a rede de abastecimento por estações de recarga com energia renovável e seu monitoramento.

5. Projetos futuros

A implementação da IoT nas estações de carga de veículos elétricos tende a trazer benefícios significativos, podendo possuir monitoramento em tempo real, recolher dados sobre eficiência energética e até ajustar taxas de carregamento a distância, transformando a estação de carga comum em uma estação inteligente, capaz de se adaptar às necessidades do usuário e às condições da rede elétrica. [3] -

Fica então proposto para futuras implementações a possibilidade de captação de mais dados, como dados de corrente elétrica e tensão, além da localização da estação e, junto com dados de carga disponível, notificar usuários de veículos elétricos sobre disponibilidade de pontos de carga, tempo estimado de carregamento e custo estimado da energia, tornando as viagens mais eficientes e práticas ao consumidor.

Repositório GitHub: [Projeto de monitoramento de estação de Recarga Sustentável](#)

Referências Bibliográficas

- [1] - Caetano Retail. (18 de março de 2025). Incentivos carros elétricos 2025: conheça o que vigora. Portugal. Acesso em 02 de junho de 2025, disponível em <https://caetanoretail.pt/blog/incentivos-carros-eletricos-2025/>
- [2] - Caneppele, F. (15 de abril de 2025). A integração da energia solar com a mobilidade elétrica: tendências e perspectivas. Brasil. Acesso em 01 de junho de 2025, disponível em <https://www.pv-magazine-brasil.com/2025/04/15/a-integracao-da-energia-solar-com-a-mobilidade-eletrica-tendencias-e-perspectivas/>
- [3] - Voolta. (04 de outubro de 2023). A revolução das estações de recarga: a integração da IoT e as melhores práticas. Brasil. Acesso em 2025 de junho de 01, disponível em <https://voolta.com.br/blog/revolucao-estacoes-recarga-iot/>