

Gestão de Estacionamentos Comerciais

David Cristian M. Propato¹, Klarine M. Silva¹

¹Departamento de Informática
Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) – Vitória, ES – Brazil

{david.propato, klarine.silva}@edu.ufes.br

Abstract. *This project develops a parking management system, focusing on guiding clients to available spaces. The solution integrates three main components: a web platform with a Vue.js frontend; an access control module based on an ESP8266 microcontroller, RFID reader, and servo motor; and the ThingsBoard platform for data visualization. HTTP and MQTT protocols were employed for web and device communication, respectively, ensuring efficiency and scalability. The successful integration demonstrates the feasibility of end-to-end data flow and presents a flexible and scalable system for automated access and guidance in the context of the Internet of Things.*

Resumo. *Este projeto desenvolve um sistema para gerenciamento de estacionamentos, com foco no direcionamento de clientes para vagas livres. A solução integra três componentes principais: uma plataforma web com frontend em Vue.js; um módulo de controle de acesso baseado em microcontrolador ESP8266, leitor RFID e servo motor; e a plataforma ThingsBoard para visualização de dados. Os protocolos HTTP e MQTT foram empregados para comunicação web e entre dispositivos, respectivamente, garantindo eficiência e escalabilidade. A integração bem-sucedida comprova a viabilidade do fluxo de dados e demonstra um sistema flexível e escalável para sistemas de acesso e direcionamento automatizado no contexto da Internet das Coisas.*

1. Introdução

Sistemas de controle de acesso a garagens restritas e estacionamentos comerciais frequentemente não auxiliam os usuários a encontrarem vagas ou terem informações sobre ocupação e gerenciamento. A Internet das Coisas (Internet Of Things, IoT) oferece uma oportunidade para modernizar esses sistemas, permitindo o gerenciamento remoto, o controle e registro automatizado de entradas e saídas, a integração com outras plataformas digitais e o direcionamento de vagas livres.

No entanto, o desenvolvimento de uma solução IoT funcional, mesmo em protótipos de pequena escala, envolve a integração de diferentes tecnologias: hardware para interagir com o mundo físico (sensores, atuadores), protocolos de comunicação para a troca de dados (como MQTT e HTTP) e software (backend e frontend) para o controle e visualização de dados. O principal desafio é fazer com que esses componentes distintos conversem entre si de maneira eficiente e confiável, criando um fluxo de dados e ações coeso.

Este trabalho foi motivado por estas necessidades. Para isso, o projeto se concentra no desenvolvimento de um protótipo de controle de acesso automatizado e gerenciamento do estacionamento. O objetivo não é propor uma solução comercial completa, mas demonstrar os princípios de funcionalidade e integração de um sistema IoT neste contexto. A solução integra um dispositivo físico (ESP8266 com RFID), uma plataforma web de gerenciamento e o ThingsBoard para exibição de dados, servindo como ponto de partida para o desenvolvimento de aplicações de IoT mais complexas.

2. Objetivos

2.1. Objetivo Geral

Desenvolver um sistema IoT integrado e modular, capaz de realizar o controle e registro de entradas e saídas em um estacionamento comercial, bem como calcular e direcionar os veículos para as vagas mais próximas às entradas de pedestre, realizando análises de dados sobre a ocupação ao longo do tempo.

2.2. Objetivos Específicos

- Implementar um Gerenciador Web para o cadastro, monitoramento e controle de estados de uma representação em forma de grafo de um estacionamento comercial.
- Calcular, por meio do algoritmo de Dijkstra, a menor rota entre cada portão de automóveis para cada vaga e de cada vaga para a entrada de indivíduos mais próxima.
- Construir um módulo de hardware autônomo para controle de portões, utilizando o microcontrolador ESP8266, sensores e atuadores.
- Estabelecer a comunicação entre N dispositivos e o sistema central utilizando os protocolos MQTT e HTTP.
- Integrar o sistema com a plataforma de IoT ThingsBoard para visualização de dados e gerenciamento de dispositivos.

3. Metodologia

A metodologia adotada baseia-se em um processo incremental e modular, dividido em três frentes principais: desenvolvimento do gerenciador web, implementação do dispositivo do portão e integração com a plataforma IoT ThingsBoard. Cada etapa foi validada e, posteriormente, integrada para compor um sistema coeso, Figura 1.

3.1. Gerenciador Web

Nesta versão de prototipagem, o gerenciador web foi desenvolvido apenas em frontend, utilizando Vue.js.

O sistema permite o cadastro de um grafo que representa o estacionamento, em que os nós correspondem a Gate (portão de veículos), Path (bifurcações), Slot (vagas) e Entry (entrada de pedestres), enquanto os vértices representam os caminhos. Também é realizado o cálculo dos menores percursos entre cada Gate e Slot, assim como entre cada Slot e a Entry mais próxima.

Os caminhos são exibidos em tempo real, juntamente com os estados de ocupação das vagas. O gerenciador comunica-se via MQTT com os módulos dos portões para controle de acesso e envia atualizações de status de ocupação à plataforma ThingsBoard por meio de HTTP.

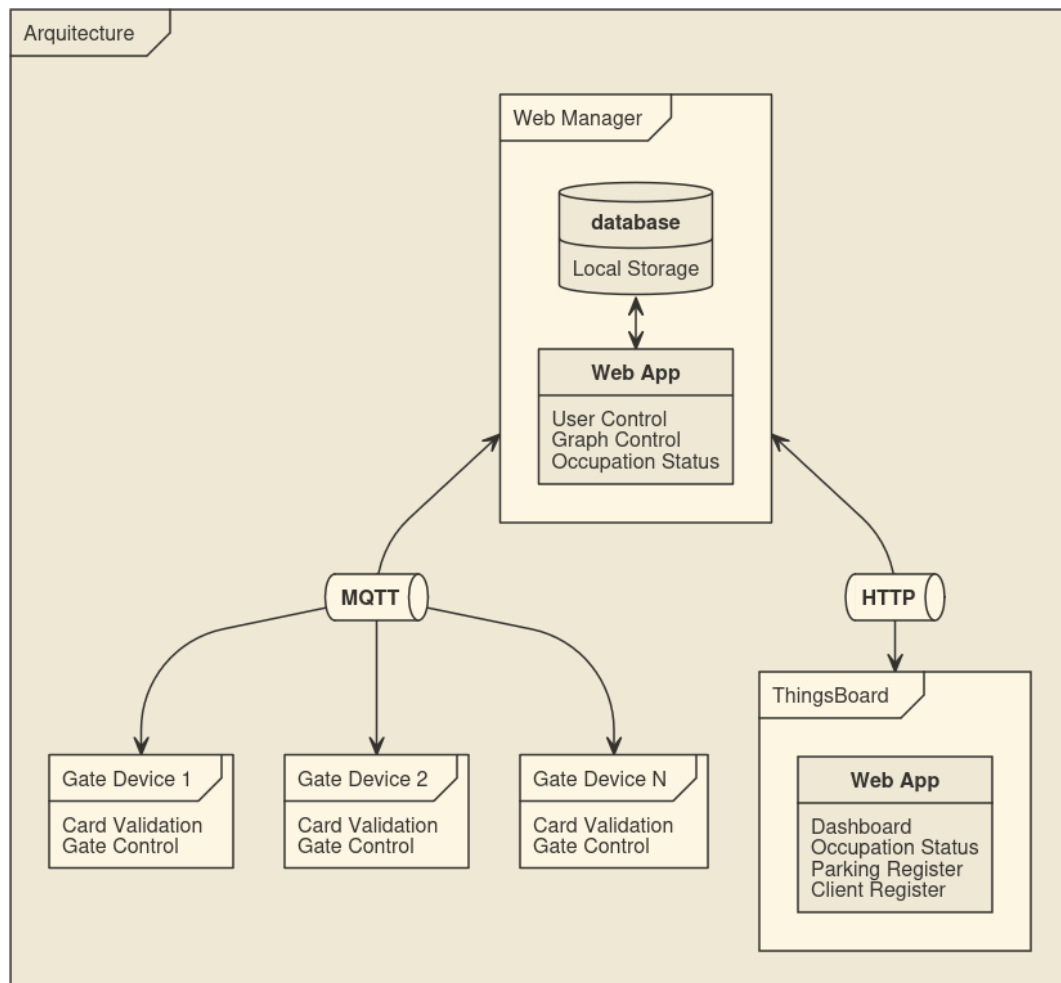


Figure 1. Arquitetura do Sistema, seus módulos e principais funções.

3.2. Dispositivos dos Portões

Este módulo, responsável pelo controle automatizado do portão, foi desenvolvido sobre o microcontrolador ESP8266. A lógica de operação utiliza uma Máquina de Estados Finitos (FSM), segmentando as funcionalidades em módulos independentes para garantir manutenção, escalabilidade e reutilização. A comunicação com o sistema central ocorre via MQTT, enquanto a autenticação de usuários é realizada com cartões RFID. O acionamento do portão é simulado por um servo motor, e a interação do usuário se dá por meio de botões físicos.

3.3. Thingsboard

A plataforma ThingsBoard foi adotada para registro dos dispositivos do estacionamento e a criação de dashboards de ocupação.

A instância local foi configurada com um arquivo `docker-compose.yml`, que orquestra os serviços necessários, simplificando a implantação e o gerenciamento do ambiente.

4. Resultados e Discussões

O principal resultado alcançado foi a validação do sistema integrada desenvolvido, confirmado pelo funcionamento coeso do fluxo de dados e ações. A Figura 2 demonstra as tecnologias utilizadas para cada parte do sistema a partir da infraestrutura geral.

A documentação do sistema e módulos desenvolvidos pode ser encontrada no Repositório do Github: [propato/trabalhos-Ufes-IoT](https://github.com/propato/trabalhos-Ufes-IoT)

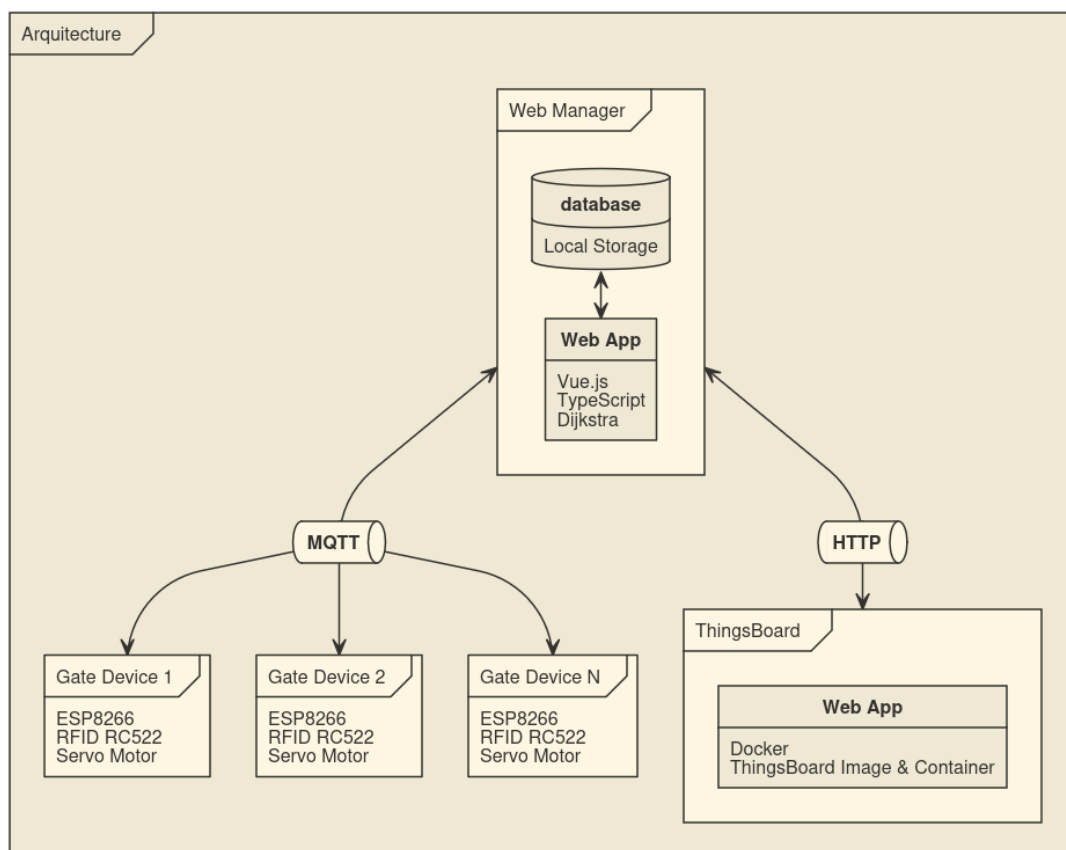


Figure 2. Ferramentas e tecnologias utilizadas.

4.1. Gerenciador Web

O Gerenciador mostrou-se eficaz no monitoramento dos dispositivos e no controle do estacionamento. A plataforma possibilitou o cadastro do mapa do estacionamento em formato de grafo, permitindo a visualização e o gerenciamento dos estados em tempo real. O sistema calculou corretamente os menores caminhos para cada vaga, garantindo a coerência da navegação interna.

Além disso, estabeleceu comunicação via MQTT com os dispositivos de portão e via HTTP com o ThingsBoard, ocupando e liberando vagas conforme solicitado e atualizando continuamente os dados de telemetria nos dashboards.

A Figura 3 apresenta a interface resultante desenvolvida.






IoT Manager
Home
About

Hello!

Welcome to the home page.

Register your graphs
Reset to Default

Nodes
Edges

Id	Label	Type	Active	Actions
1	G1	gate	<input checked="" type="checkbox"/>	 
2	G2	gate	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	E1	entrance	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	E2	entrance	<input checked="" type="checkbox"/>	

Page Size: 5
1 to 5 of 26
Page 1 of 6

Graph Report
Calculate Paths

Paths

Gate	Slot	Entrance	Length to ...	Full Length	Weighted ...	Occupied	Path
G1	S1	E1	12	17	22	<input type="checkbox"/>	G1 → P1 → P2 → P6 → P5 → P4 → S1 → E1
G1	S2	E1	10	14	18	<input type="checkbox"/>	G1 → P1 → P2 → P6 → P5 → S2 → E1
G1	S3	E2	8	12	16	<input type="checkbox"/>	G1 → P1 → P9 → P8 → P7 → S3 → E2
G1	S4	E2	6	11	16	<input type="checkbox"/>	G1 → P1 → P9 → P8 → S4 → E2
G1	S5	E1	12	16	20	<input type="checkbox"/>	G1 → P1 → P2 → P6 → P5 → P4 → S5 → E1

Page Size: 5
1 to 5 of 20
Page 1 of 4

Figure 3. Interface do Gerenciador Web.

4.2. Dispositivos dos Portões

Desenvolvido sobre o microcontrolador ESP8266, o módulo apresentou comportamento estável e previsível. A implementação de uma máquina de estados finitos (FSM) mostrou-se fundamental para assegurar a robustez da lógica embarcada, prevenindo estados inconsistentes e garantindo a correta execução do ciclo operacional.

A Figura 4 mostra o circuito desenvolvido para este módulo.

4.2.1. Funcionamento

O sistema opera em dois cenários principais:

- Entrada
 1. O usuário pressiona o botão de entrada.
 2. O cartão RFID é aproximado do leitor.
 3. O ESP8266 publica a solicitação de vaga via MQTT.
 4. O sistema retorna a vaga disponível via MQTT, e o ESP a grava no cartão.
 5. O servo motor libera a entrada do portão.
- Saída
 1. O usuário pressiona o botão de saída.

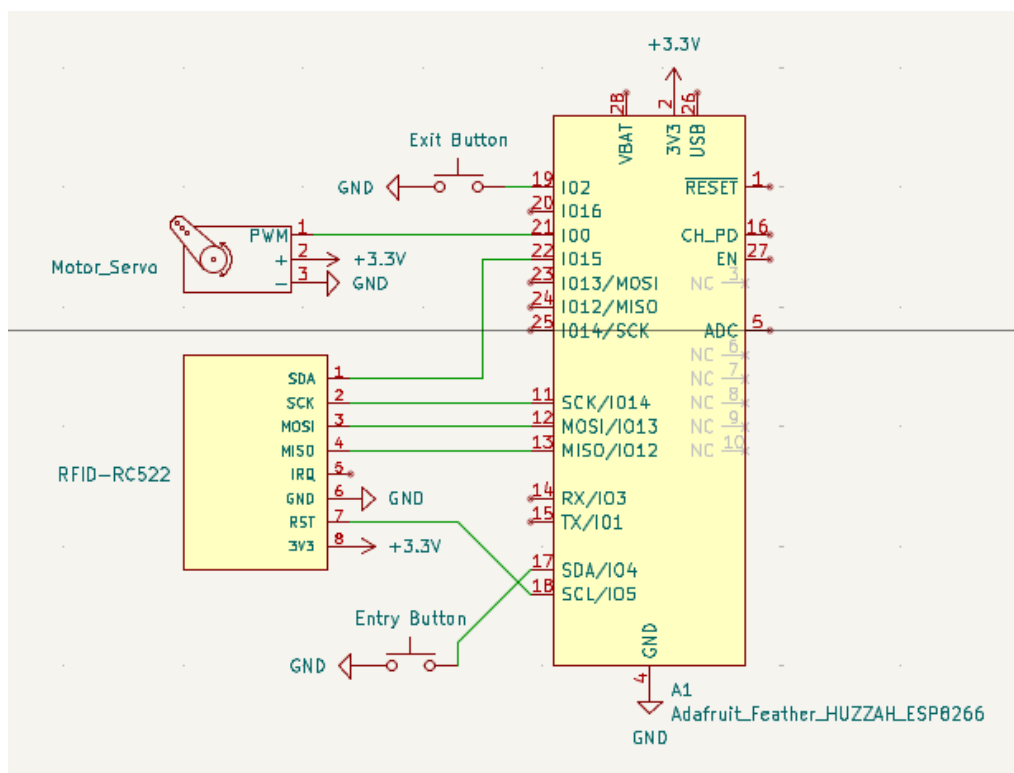


Figure 4. Esquemático do Circuito do Dispositivo de Controle do Portão.

2. O cartão RFID é aproximado do leitor.
3. O ESP8266 lê a vaga registrada no cartão e publica a saída via MQTT.
4. O servo motor libera a saída do portão.

4.3. ThingsBoard

A integração com o ThingsBoard foi bem-sucedida, permitindo registrar os dispositivos, acompanhar a ocupação das vagas e visualizar os dados em dashboards. Os resultados podem ser observados na figura abaixo (com apenas alguns dados simples).

4.4. Próximos Passos

Embora o protótipo tenha atingido os resultados esperados, ainda existem limitações a serem superadas para aproximar o sistema de uma solução comercial. Como trabalhos futuros, destaca-se a implementação de um gerenciador web completo, com backend dedicado, permitindo o cadastro e o controle de usuários, bem como a administração de estacionamentos por diferentes perfis de acesso.

Outro ponto crucial é a adoção de sensores de feedback, como barreiras de infravermelho para detecção de veículos e prevenir o fechamento do portão sobre um automóvel e sensores que confirmem a presença do veículo na vaga designada.

Por fim, considerando que o sistema foi validado como protótipo, uma implementação em larga escala demandaria a migração da infraestrutura para a nuvem, além da adoção de mecanismos avançados de segurança, incluindo comunicação criptografada (MQTT sobre TLS) e políticas de autenticação mais robustas para a API.

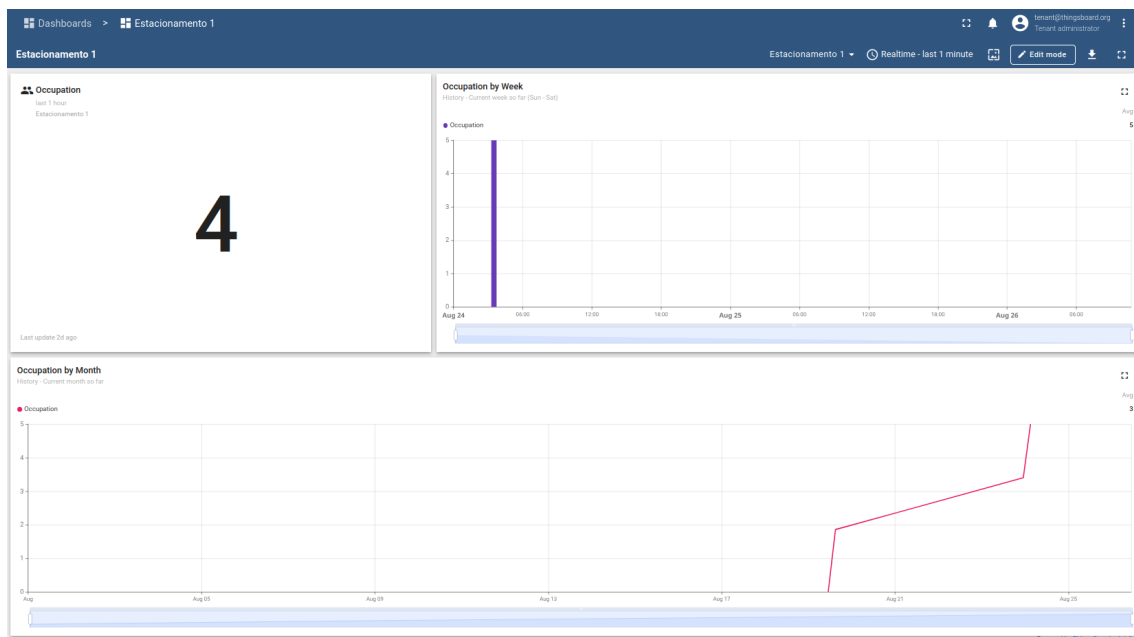


Figure 5. Dashboard de Ocupação

5. Conclusão

Percebe-se a validação do sistema IoT desenvolvido, realizando o controle de acesso e direcionamento dos clientes às vagas, simplificando a busca. Os resultados demonstram que o protótipo atingiu plenamente esse objetivo, evidenciando a integração funcional e coesa entre hardware, software de gerenciamento, protocolos de comunicação e análises de dados.

O sistema desenvolvido pode servir como ponto de partida para o desenvolvimento de aplicações de IoT mais complexas. A implementação consolidou o conhecimento sobre software embarcado, interface web e comunicação entre dispositivos. Destaca-se a importância do uso de arquiteturas modulares e de protocolos padronizados para garantir robustez e escalabilidade.

Embora a solução desenvolvida seja caracterizada como protótipo, as propostas de melhorias e trabalhos futuros indicam um roteiro claro para evolução do sistema em direção a aplicações comerciais.

Dessa forma, o projeto cumpre seu papel como um método de aprofundar o conhecimento com propostas novas, oferecendo resultados positivos sobre a arquitetura, implementação e gerenciamento de sistemas na área de automação e Internet das Coisas.