

Solução IoT Modularizada para Salas de Aula

João Emanuel C. G. Silva
*Federal Institute of Rio Grande do
Norte - IFRN*
Currais Novos, Brazil
emanuel.candido@escolar.ifrn.edu.br

José Pedro Barcelos Nascimento de Souza
*Federal Institute of Rio Grande do
Norte - IFRN*
Currais Novos, Brazil
jose.barcelos@escolar.ifrn.edu.br

Igor Gabriel D. Rocha
*Federal Institute of Rio Grande do
Norte - IFRN*
Currais Novos, Brazil
d.igor@escolar.ifrn.edu.br

Thales Adriel S. de Araújo
*Federal Institute of Rio Grande do
Norte - IFRN*
Currais Novos, Brazil
thales.adriel@escolar.ifrn.edu.br

Danilo Cortez Gomes
*Federal Institute of Rio Grande do
Norte - IFRN*
Currais Novos, Brazil
danilo.cortez@escolar.ifrn.edu.br

Andouglas G. Silva Júnior
*Federal Institute of Rio Grande do
Norte - IFRN*
Currais Novos, Brazil
andouglas.silva@escolar.ifrn.edu.br

Abstract—The integration of Internet of Things (IoT) technologies in educational environments has enabled significant advancements in security, automation, and energy efficiency. This work presents the development of a system for access control and automation in academic spaces, focusing on laboratories and classrooms. The proposed solution integrates RFID-based authentication for secure access management and independent automation modules for controlling devices such as lighting, air conditioning, and projectors.

Index Terms—Internet of Things, Automation, Education.

I. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a integração de IoT tem modernizado ambientes educacionais, aumentando eficiência, segurança e comodidade. Esses avanços são especialmente relevantes em laboratórios e salas de aula, onde a gestão de dispositivos e o controle de acesso exigem soluções ágeis. Projetos que unem automação, conectividade e segurança tornam-se essenciais para otimizar recursos e promover sustentabilidade.

O gerenciamento de dispositivos em ambientes educacionais, como ar-condicionado, projetores e iluminação, enfrenta desafios como falta de centralização e dependência de processos manuais. Além disso, o controle de acesso a laboratórios, baseado em chaves físicas ou métodos isolados, compromete a segurança e rastreabilidade. Para solucionar esses problemas, propõe-se um sistema que integra automação e controle de acesso via RFID, simplificando operações, reduzindo custos e aumentando a segurança.

Este trabalho apresenta um protótipo baseado em microcontroladores ESP32/ESP01 e comunicação MQTT para integrar módulos de automação e controle de acesso. A solução utiliza uma sistema de acesso adaptada para validar credenciais via RFID e acionar trancas magnéticas. Além disso, módulos autônomos permitem o controle remoto de dispositivos em sala de aula, operando mesmo em condições de instabilidade energética com alimentação por bateria.

Ao integrar IoT, automação e segurança, este trabalho aborda desafios na gestão de ambientes educacionais e explora a viabilidade de soluções acessíveis e eficientes. A combinação

de hardware modular, protocolos de comunicação robustos e interfaces intuitivas destaca a tecnologia como aliada na criação de espaços acadêmicos mais seguros, sustentáveis e adaptados às demandas atuais.

II. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A Sala de Aula em conjunto com tecnologia IoT é um conceito emergente na tecnologia educacional que utiliza dispositivos da Internet das Coisas (IoT) para criar um ambiente de aprendizado interativo e orientado por dados. Essas salas de aula utilizam dispositivos interconectados, sensores e sistemas para aprimorar tanto o processo de ensino quanto a experiência de aprendizagem, permitindo o aprendizado personalizado, monitoramento remoto e gestão eficiente da sala de aula [1]. Neste contexto, discutiremos os conceitos centrais que formam a base das salas de aula modernas, como sistemas baseados em IoT, computação em nuvem e protocolos de comunicação como MQTT, que desempenham um papel crucial na transmissão de dados e no controle dentro desses ambientes.

A. Internet das Coisas

A Internet das Coisas (IoT) é uma rede de dispositivos interconectados que permite a coleta, troca e processamento de dados para apoiar a automação e melhorar a capacidade de tomada de decisões. As soluções IoT são frequentemente projetadas utilizando uma arquitetura em camadas, que estrutura o sistema em quatro camadas principais, cada uma com um propósito distinto: Percepção, responsável pela coleta de dados brutos por meio de sensores e atuadores; Rede, que garante a transmissão de dados para as camadas superiores, usando protocolos como Wi-Fi e Bluetooth; Suporte, Gerencia o processamento e armazenamento dos dados coletados, utilizando plataformas em nuvem e bancos de dados e Aplicação, onde os dados processados são apresentados aos usuários, tipicamente por meio de interfaces intuitivas, como painéis ou aplicativos móveis. Essa arquitetura em camadas garante que o sistema seja modular, escalável e capaz de gerenciar eficientemente os

fluxos de dados desde os dispositivos sensores até os usuários finais.

B. Microcontroladores

Os microcontroladores são dispositivos fundamentais em sistemas embarcados, permitindo a integração de processador, memória e periféricos em um único chip. Eles são amplamente utilizados em aplicações como automação industrial, Internet das Coisas (IoT), veículos autônomos e dispositivos médicos, proporcionando controle eficiente e respostas em tempo real. Devido à sua versatilidade e baixo consumo energético, os microcontroladores modernos são projetados para lidar com tarefas cada vez mais complexas e interconectadas. A crescente adoção desses dispositivos reflete sua importância para o avanço tecnológico em diversos setores [2].

Para aplicações conectadas, microcontroladores como o ESP32 integram módulos de Wi-Fi e Bluetooth, permitindo comunicação sem fio e conectividade direta com a nuvem. Essa funcionalidade é essencial para sistemas IoT, em que dispositivos precisam enviar dados para servidores remotos para processamento e tomada de decisão.

C. MQTT Protocol

O protocolo MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) é amplamente utilizado em sistemas IoT devido à sua leveza e eficiência, especialmente quando é necessário transmitir dados em tempo real entre dispositivos. Ele adota o modelo de publicação/assinatura, o que permite uma comunicação rápida e com baixo consumo de largura de banda. Essa característica é fundamental em aplicações de monitoramento contínuo, como as que envolvem sensores IoT.

Além disso, um estudo recente [3] enfatiza as vantagens do MQTT em sistemas IoT, como a capacidade de proporcionar comunicação escalável e eficiente. Essas características fazem do MQTT uma escolha excelente para aplicações de monitoramento, onde a coleta e transmissão de dados em tempo real são essenciais para garantir a eficácia dos sistemas.

III. TRABALHOS RELACIONADOS

Nesta seção, apresentamos os trabalhos usados como base para o desenvolvimento do sistema de salas de aula com dispositivos IoT, detalhando as principais abordagens e tecnologias que fundamentam a proposta. Esses estudos abordam conceitos e soluções relacionadas à integração de dispositivos IoT nas salas de aula, utilização de microcontroladores para automação, sensores para monitoramento em tempo real, e plataformas de comunicação eficientes.

A. Sistema de Automação de Sala de Aula Inteligente com MQTT

Em [4] é proposto a automação de salas de aula de forma inteligente utilizando sensores IoT para controle ambiental e monitoramento de atividades, utilizando a plataforma Favoriot e Node-RED para comunicação e análise via MQTT. Enquanto (Mohamed, Abdísalan Abdulkadir. 2024) foca na automação do ambiente para facilitar o aprendizado, este

estudo integra também um sistema de controle de acesso via RFID, garantindo maior segurança e gestão eficiente dos espaços. Além disso, ao invés de Favoriot e Node-RED, a solução proposta utiliza microcontroladores ESP32 e ESP01 com MQTT, oferecendo uma infraestrutura modular e de baixo custo para automação e controle de acesso [4].

B. Modelo Proposto para Universidade Inteligente

O estudo de (OUGHANNOU, ZAHRA. 2024) propõe um modelo de universidade inteligente, focado na otimização térmica das salas de aula por meio de IoT e lógica difusa, utilizando sensores para monitoramento e ajuste automático do ambiente. Enquanto esse trabalho prioriza a climatização, o presente estudo adota uma abordagem mais ampla, integrando automação e controle de acesso via RFID. Além do gerenciamento energético de dispositivos como iluminação e ar-condicionado, a solução emprega microcontroladores ESP32 e comunicação via MQTT, diferindo da abordagem baseada em lógica difusa de (OUGHANNOU, ZAHRA. 2024). Isso demonstra a versatilidade do sistema proposto, que alia conforto, segurança e eficiência operacional [5].

IV. O SISTEMA PROPOSTO

A Figura 1 apresenta a arquitetura do sistema proposto. A solução integra diversos dispositivos IoT para gerenciar tanto o controle de acesso quanto a automação de equipamentos em ambientes acadêmicos. Sensores RFID são utilizados para autenticação de usuários, enquanto módulos de automação permitem o acionamento remoto de dispositivos como iluminação, projetores e ar-condicionado.

Os dados coletados pelos sensores e comandos da interface web são transmitidos ao broker MQTT por meio de tópicos específicos, garantindo comunicação eficiente entre os módulos do sistema. No lado do servidor, essas informações são processadas para validar credenciais, registrar acessos e interpretar comandos de automação. O sistema também permite o monitoramento remoto, registrando eventos e possibilitando ajustes conforme a necessidade dos usuários.

Além do controle de acesso, módulos dedicados possibilitam o gerenciamento energético, permitindo que dispositivos sejam ativados ou desativados automaticamente de acordo com horários programados ou detecção de presença. Isso contribui para a eficiência operacional, reduzindo o desperdício de energia e garantindo um ambiente mais sustentável. Todos esses componentes serão explicados em detalhes nas seções a seguir.

A. Sensores

O dispositivo sensor do sistema é responsável pela autenticação dos usuários e pela coleta de dados essenciais para o controle de acesso e a automação do ambiente. Ele é composto por um leitor RFID RC522, que permite a leitura de cartões e tags de identificação, e um microcontrolador ESP32, que gerencia a comunicação com o servidor via broker MQTT. Ao detectar um cartão RFID, o dispositivo envia a credencial lida ao servidor para validação. Caso a entrada seja

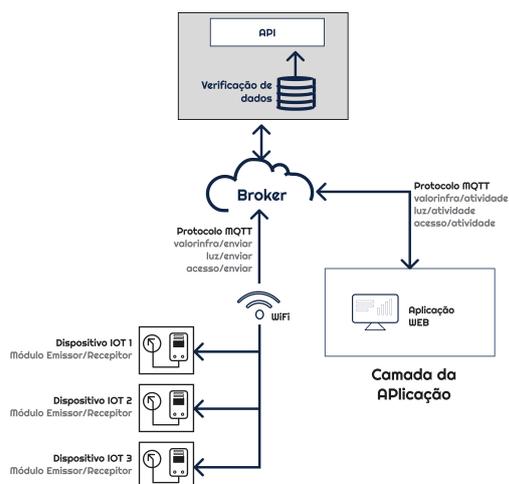


Fig. 1. Arquitetura proposta para o sistema.

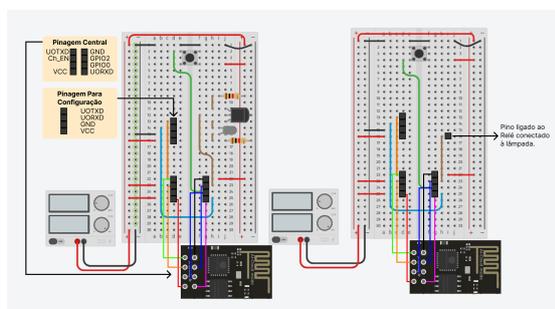


Fig. 2. Circuito referente ao Módulo de iluminação e Módulo de controle de dispositivos infra-vermelho.

autorizada, o sistema aciona a tranca magnética e registra o evento no banco de dados. Além disso, um LED indicador e um buzzer são empregados para fornecer feedback visual e sonoro ao usuário sobre o status da autenticação. O sensor opera de forma contínua, sendo alimentado por uma fonte de energia convencional ou por bateria recarregável, garantindo funcionamento mesmo em condições de instabilidade elétrica.

B. Atuadores

Os atuadores desempenham um papel fundamental na automação do ambiente acadêmico, permitindo o controle remoto de dispositivos essenciais, como iluminação, ar-condicionado e projetores. Cada atuador é composto por um ESP01 conectado a um módulo de relé ou emissor infravermelho (IR), dependendo do tipo de dispositivo a ser acionado. Os comandos de automação são enviados pela interface web e transmitidos ao broker MQTT, onde os atuadores inscritos nos tópicos correspondentes executam as ações recebidas. Dessa forma, o sistema permite o gerenciamento eficiente do consumo energético, possibilitando o desligamento automático de equipamentos fora do horário de uso. Além disso, sensores de presença podem ser integrados para ativação dinâmica dos

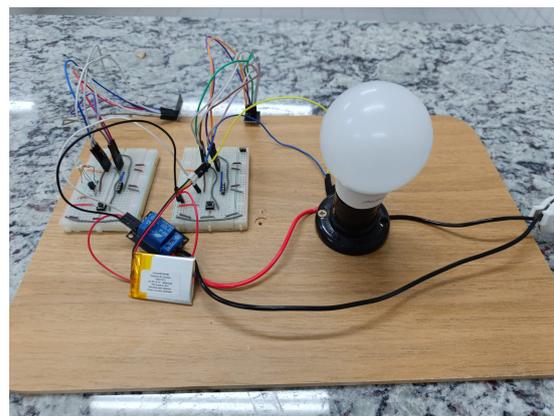


Fig. 3. Protótipo do Módulo de iluminação e Módulo de controle de dispositivos infra-vermelho.

dispositivos, otimizando ainda mais a automação e reduzindo desperdícios.

C. Módulos

O sistema é modular, composto por diferentes dispositivos IoT distribuídos conforme as necessidades de cada ambiente. Os módulos principais incluem: módulo de controle de acesso, que integra ESP32, leitor RFID e relé para gerenciamento das fechaduras eletrônicas, e módulo de automação de dispositivos, equipado com ESP01 e atuadores (relés ou emissores IR) para controle de iluminação ou outros dispositivos que estejam conectados ao infra-vermelho, presente na Figura 3. Cada módulo funciona de maneira independente, mas é integrado ao sistema centralizado via protocolo MQTT, permitindo escalabilidade e flexibilidade no gerenciamento dos dispositivos conectados.

D. Interface Web

A interface web é a principal ferramenta de interação do usuário com o sistema, permitindo o gerenciamento de acessos, a visualização de logs e o controle remoto dos dispositivos automatizados. A autenticação de administradores é realizada por meio de credenciais seguras, garantindo o acesso apenas a usuários autorizados. No painel principal, são exibidas informações em tempo real sobre o status dos dispositivos, registros de acesso e comandos de automação disponíveis. A interface se comunica com o servidor por meio de requisições HTTP e troca de mensagens MQTT, garantindo um fluxo de dados eficiente e permitindo uma gestão simplificada e eficaz dos ambientes acadêmicos.

V. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Embora nem todas as funcionalidades previstas tenham sido completamente implementadas, foi possível projetar e desenvolver grande parte do sistema, resultando em um protótipo funcional capaz de realizar as comunicações essenciais e maior parte das funcionalidades propostas. Esse protótipo serve como

base sólida para futuras melhorias e para a construção de uma versão mais robusta do projeto.

O dispositivo é capaz de se conectar a um Broker MQTT, permitindo o recebimento de comandos para controle remoto, como ligar ou desligar a iluminação de uma sala específica, selecionada diretamente na aplicação web desenvolvida para o projeto. Além disso, é possível ajustar o ar-condicionado, com opções para aumentar ou reduzir a temperatura, proporcionando maior comodidade e controle do ambiente.

Apesar de não ter sido amplamente testado em ambiente de sala de aula, os testes realizados demonstraram a eficiência da solução, trazendo agilidade no controle dos dispositivos e destacando a simplicidade de uso da tecnologia desenvolvida. Essa facilidade de interação contribui para uma melhor experiência do usuário, facilitando a adoção da ferramenta no ambiente educacional.

O sistema de acesso também se conecta a um Broker MQTT, com a capacidade de enviar dados para validação. A entrada é autorizada ou negada a partir da verificação das informações da chave RFID no banco de dados. Além disso, a aplicação web permite habilitar ou desabilitar o acesso remotamente, proporcionando maior flexibilidade e segurança.

Assim, o projeto desenvolvido tem potencial para se transformar em uma solução completa e eficiente, auxiliando na gestão dos dispositivos da sala de aula e proporcionando mais agilidade aos usuários. Além disso, o sistema de acesso agrega segurança aos laboratórios, facilitando o gerenciamento do acesso pelos responsáveis e garantindo maior controle sobre o ambiente.

VI. CONCLUSÃO

A integração da Internet das Coisas (IoT) no ambiente educacional impulsiona a transformação e o aprimoramento de setores como segurança e gestão em sala de aula. A utilização de microcontroladores para gerenciar dispositivos torna a administração do ambiente mais moderna e eficiente, substituindo atividades manuais por operações remotas e acessíveis por meio de uma interface web. Com o uso de tecnologias de comunicação, baterias para eficiência energética e dispositivos organizados em módulos para otimizar a conectividade, a solução melhora a experiência do usuário e agiliza processos. Esse projeto tem o potencial de tornar mais dinâmico um ambiente educacional, tornando-se uma alternativa interessante e eficiente para a gestão escolar.

Atualmente estão sendo desenvolvidos o projeto de placas PCB para cada um dos módulos, de forma a deixar o protótipo mais robusto e apto para instalação nos ambientes de utilização. Além disso, no futuro, serão implementadas melhorias que sejam mais adequadas à solução, assim como a otimização na aplicação web para torná-la mais leve e responsiva. O projeto também busca atender a diferentes cenários, com ajustes no dispositivo para torná-lo mais adaptável. Outro foco será a configuração de novas medidas de segurança, aumentando sua eficiência contra ataques e aprimorando a experiência do usuário. Com essas mudanças, a solução terá maior segurança, simplicidade no uso e um design discreto, proporcionando

mais conforto ao usuário. Por fim, o projeto demonstra como a tecnologia IoT pode auxiliar a gestão escolar, tornando atividades cotidianas mais céleres e eficientes.

REFERENCES

- [1] O. Ojo, M. K. Kareem, S. Odunuyi, and C. Ugwunna, "An internet-of-things based real-time monitoring system for smart classroom," in *Journal of the Nigerian Society of Physical Sciences*, no. 1, pp. 297–309, 2022.
- [2] J. C. R. dos Santos and A. L. da Silva, "Gerenciamento de dados coletados de sensores iot utilizando computação em nuvem," *Editora Científica*, 2023.
- [3] M. A. Spohn, "On mqtt scalability in the internet of things: issues, solutions, and future directions," *Journal of Electronics and Electrical Engineering*, pp. 4–4, 2022.
- [4] A. A. Mohamed, M. M. Ahmed, A. A. Ali, and A. A. Afwah, "Smart classroom automation system," 2024.
- [5] Z. OUGHANNOU, I. KANDROUCH, N. Chaoui, H. CHAOUI, and S. BOUREKKADI, "Proposed smart university model: The integration of iot and fuzzy logic in smart classroom for optimizing thermal comfort," *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, vol. 102, no. 2, 2024.