
# INOVAÇÕES EM SEGURANÇA DE LABORATÓRIOS DE ENGENHARIA ELÉTRICA: O PAPEL DA INTERNET DAS COISAS

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2025.6234

***Autores:*** *JOSÉ NEVES BEZERRA JUNIOR,GILMAR BARRETO*

***Resumo:*** *Este estudo analisa a segurança em laboratórios de engenharia elétrica, com foco na aplicação da Internet das Coisas (IoT) como ferramenta de apoio ao ensino e à gestão de dispositivos elétricos. A partir de uma revisão bibliográfica qualitativa, observou-se que a IoT contribui para a melhoria da segurança ao viabilizar o monitoramento remoto, o controle de acesso, a detecção de incidentes e a análise em tempo real, favorecendo o aprendizado prático e a consciência operacional dos estudantes. O sistema proposto foi desenvolvido em contexto educacional, com participação ativa de discentes, e combina redundâncias físicas e lógicas para mitigar falhas e prevenir choques elétricos. A redundância física é implementada por meio de chaves de bloqueio instaladas nos painéis elétricos, exigindo intervenção manual de operadores autorizados, promovendo a responsabilização no uso dos equipamentos.*

***Palavras-chave:*** *Segurança em Laboratórios,Internet das Coisas (IoT),Engenharia Elétrica,ESP32,Ambiente Seguro.*

# INOVAÇÕES EM SEGURANÇA DE LABORATÓRIOS DE ENGENHARIA ELÉTRICA: O PAPEL DA INTERNET DAS COISAS

## 1 INTRODUÇÃO

A eletricidade figura entre as principais causas de acidentes graves em ambientes industriais e educacionais, o que ressalta a necessidade de medidas de segurança eficazes. Segundo a Associação Brasileira de Conscientização para os Perigos da Eletricidade (ABRACOPEL, 2024), entre os anos de 2013 e 2023, foram registrados 9.376 casos de choque elétrico no Brasil, correspondendo a 57 % do total de acidentes elétricos no país. Somente em 2023, ocorreram 986 incidentes, dos quais 674 resultaram em óbitos — sendo 68 % deles atribuídos a choques elétricos.

Em instituições de ensino superior, os laboratórios de engenharia elétrica configuram-se como ambientes críticos, dado o uso de equipamentos de alta potência, como fontes, geradores e transformadores (BRASIL, 2024). A operação segura desses dispositivos requer vigilância contínua e a adoção de medidas preventivas rigorosas, considerando os riscos associados a falhas de isolamento, ausência de aterramento e erros operacionais (SILVA, 2018).

Nesse contexto, o presente estudo apresenta uma proposta em desenvolvimento, originada a partir de uma iniciativa conjunta entre docentes e discentes de uma instituição de ensino superior (IES), com o objetivo de integrar tecnologias emergentes ao processo formativo. O projeto visa à implementação de um sistema baseado em Internet das Coisas (IoT), voltado ao monitoramento e controle em tempo real de riscos elétricos, com o intuito de promover um ambiente laboratorial mais seguro e alinhado às práticas pedagógicas de segurança e inovação.

A proposta pedagógica contempla a integração de sensores de corrente, tensão e temperatura a microcontroladores ESP32, utilizando o protocolo MQTT. Esse arranjo possibilita o envio de alertas, o bloqueio automático de equipamentos e o controle remoto de acesso, em situações de sobrecarga, curto-circuito ou superaquecimento (GOMES, 2020; SOUZA, 2019). Complementarmente, práticas convencionais como o uso de dispositivos DR, sistemas de aterramento e campanhas de conscientização são também incorporadas, consideradas essenciais para a consolidação de uma cultura de segurança (GELLER, 2010; SILVA, 2018).

Este artigo tem como objetivo principal investigar e descrever a integração de sistemas IoT na prevenção de acidentes elétricos em laboratórios didáticos, analisando seus potenciais pedagógicos e técnicos. A pesquisa encontra-se em andamento, envolvendo tanto o desenvolvimento da solução quanto sua futura aplicação em disciplinas práticas da graduação, com vistas à promoção da interdisciplinaridade entre eletrônica, automação e segurança do trabalho.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Pesquisas anteriores têm demonstrado a relevância da aplicação de tecnologias emergentes na mitigação de riscos e no aprimoramento do controle em ambientes laboratoriais, especialmente em espaços educacionais voltados à formação de engenheiros. Tais contribuições fornecem subsídios relevantes para projetos de ensino que articulam segurança elétrica e inovação pedagógica.

O estudo de Lee et al. (2019), intitulado *Smart Control System on Electrical Safety in Testing Laboratories*, apresenta um sistema de monitoramento e controle de equipamentos elétricos baseado em sensores e módulos de relé, com ênfase na segurança do usuário. A proposta evidencia a importância da vigilância contínua na prevenção de acidentes, além de oferecer uma abordagem replicável em contextos educacionais.

De maneira semelhante, Yang et al. (2021), em *Intelligent Monitoring System of Materials Subject Laboratory Based on IoT*, propõem um sistema de monitoramento inteligente com arquitetura em quatro camadas, capaz de acompanhar variáveis como temperatura e pressão, bem como controlar atuadores em situações emergenciais. A modularidade do sistema permite sua adaptação a distintas realidades de laboratórios acadêmicos, promovendo oportunidades de aprendizagem em projetos interdisciplinares.

Em outro estudo relevante, Kim et al. (2017) discutem o uso de sensores IoT em laboratórios químicos para fins de controle de acesso, monitoramento de substâncias e detecção de vazamentos. A proposta, voltada à segurança e à gestão automatizada, mostra-se aplicável como objeto de estudo em disciplinas de instrumentação e sistemas embarcados, contribuindo para a formação prática e crítica dos discentes.

Wu et al. (2019) apresentam uma abordagem diferenciada, baseada no uso de sensores vestíveis para monitoramento ambiental e fisiológico em ambientes industriais. A solução, descrita em *Design and Implementation of a Wearable Sensor Network System for IoT-Connected Safety and Health Applications*, também se mostra promissora para estudos educacionais focados em saúde ocupacional e ergonomia no contexto da engenharia.

Inspirado por essas experiências internacionais, o presente projeto propõe o desenvolvimento de um sistema inteligente, integrado e de baixo custo para controle e monitoramento de dispositivos elétricos em laboratórios de engenharia elétrica de uma instituição de ensino superior. A iniciativa, conduzida por docentes e discentes por meio de atividades de extensão e iniciação científica, visa contribuir diretamente para a segurança operacional e para o aprendizado ativo em ambientes experimentais.

O sistema propõe o bloqueio da energização da bancada na ausência de autorização prévia do instrutor, com base em relés controlados remotamente, promovendo maior responsabilidade no uso dos equipamentos (SOUZA, 2019). Em contraste com os estudos anteriores, a proposta adota uma abordagem formativa, considerando os desafios educacionais associados ao uso da IoT, como a necessidade de capacitação dos usuários, gestão ética de dados e integração curricular (SILVA, 2018).

A arquitetura sugerida é composta por múltiplas camadas de segurança, permitindo não apenas o monitoramento em tempo real, mas também a identificação de situações anômalas e a execução de ações corretivas automáticas. Essa estrutura fomenta o aprendizado por meio da análise de dados, da tomada de decisão e da implementação de medidas preventivas — habilidades essenciais à formação do engenheiro (SANTOS, 2019).

Além da eficiência técnica, a proposta enfatiza o controle de acesso inteligente, substituindo métodos tradicionais e garantindo que apenas usuários autorizados possam operar os equipamentos. Essa funcionalidade reforça a responsabilidade individual no ambiente de aprendizagem, incentivando práticas conscientes e colaborativas. Por fim, aspectos éticos como a proteção de dados e o consentimento informado são considerados, promovendo uma formação técnica alinhada aos princípios de responsabilidade social e cidadania digital (GOMES, 2020).

## 3 METODOLOGIA

A metodologia adotada neste estudo fundamenta-se em uma revisão bibliográfica sistemática, com foco na aplicação de tecnologias emergentes voltadas à segurança em

laboratórios didáticos de engenharia elétrica. A investigação insere-se no escopo da formação acadêmica e da prevenção de acidentes em ambientes de aprendizagem (GIL, 2002).

O levantamento teórico teve como objetivo subsidiar o desenvolvimento de um protótipo educacional de sistema inteligente para monitoramento e controle de riscos elétricos, com ênfase nas aplicações pedagógicas da Internet das Coisas (IoT). O processo metodológico seguiu critérios de inclusão e exclusão previamente definidos, conforme as orientações de Lakatos e Marconi (2021):

Critérios de inclusão:

- Estudos publicados em periódicos científicos ou anais de conferências nos últimos dez anos;
- Trabalhos que abordam o uso de tecnologias como IoT, sensores inteligentes e sistemas integrados de controle aplicados à segurança em laboratórios de ensino;
- Pesquisas voltadas para soluções práticas, como monitoramento em tempo real, automação de respostas e controle de acesso.

Critérios de exclusão:

- Artigos focados exclusivamente em aplicações industriais, sem relação com ambientes educacionais;
- Publicações que abordam tecnologias alheias à temática da IoT ou à segurança em laboratórios;
- Ensaios opinativos ou estudos teóricos sem embasamento empírico ou aplicação direta.

A busca foi conduzida em bases de dados científicas amplamente reconhecidas, incluindo IEEE Xplore, ScienceDirect, SpringerLink e Google Scholar. Foram utilizadas expressões-chave em inglês, tais como *Internet of Things*, *laboratory safety*, *smart monitoring systems* e *electrical engineering laboratories*. Após a triagem inicial de 12 publicações, a leitura dos títulos e resumos permitiu a seleção de quatro estudos considerados altamente relevantes.

Esses estudos foram analisados em profundidade, considerando-se tanto sua contribuição técnica quanto sua aplicabilidade didática e valor formativo nos cursos de engenharia. Os principais trabalhos selecionados foram:

- Lee et al. (2019) apresentaram um sistema de monitoramento e controle de equipamentos elétricos, com ênfase na vigilância contínua para prevenção de acidentes;
- Yang et al. (2021) propuseram uma arquitetura em quatro camadas para monitoramento inteligente em laboratórios de materiais, destacando a modularidade e a adaptabilidade do sistema;
- Kim et al. (2017) investigaram a segurança em laboratórios químicos por meio de sensores IoT e APIs abertas, incluindo funcionalidades como detecção de vazamentos e controle de acesso;

Wu et al. (2019) introduziram uma rede de sensores vestíveis para monitoramento ambiental e fisiológico em tempo real, aplicada a ambientes industriais, com potencial de adaptação ao ensino de engenharia.

Com base nas evidências levantadas, propôs-se o desenvolvimento de um sistema de segurança em múltiplas camadas voltado a laboratórios educacionais de instituições de ensino superior. O sistema integra sensores de corrente, tensão e temperatura a microcontroladores ESP32, utilizando o protocolo MQTT para controle remoto, priorizando o monitoramento proativo e o aprendizado ativo durante as práticas laboratoriais.

Apesar das contribuições significativas da revisão bibliográfica, reconhece-se como limitação metodológica a dependência de fontes secundárias e a subjetividade na interpretação dos dados. Por tratar-se de uma pesquisa de natureza exploratória, os resultados obtidos são preliminares e teóricos, com base na literatura existente. As etapas

futuras do projeto contemplam a validação empírica do sistema em ambiente acadêmico real, envolvendo docentes e discentes em atividades interdisciplinares de ensino, pesquisa e extensão (GIL, 2002; LAKATOS e MARCONI, 2021).

## 4 DESENVOLVIMENTO

A proposta desenvolvida neste projeto visa à integração de tecnologias baseadas em Internet das Coisas (IoT) à infraestrutura tradicional de laboratórios de engenharia elétrica, com o objetivo de aprimorar a segurança e fomentar o aprendizado ativo dos discentes, por meio da experimentação com soluções reais de automação e controle. A iniciativa resulta de uma colaboração entre docentes e estudantes de graduação em engenharia, no âmbito de atividades de ensino e pesquisa aplicada.

A modernização do laboratório foi concebida com o intuito de articular conhecimentos técnicos e formação em segurança, por meio da utilização de sensores e atuadores conectados a dispositivos convencionais, tais como contatores, relés, fontes de alimentação e painéis de comando (SILVA, 2018). Os painéis previamente existentes foram adaptados com sensores IoT e microcontroladores ESP32, possibilitando o controle de fontes de 220 VCA e 24 VCC.

A estrutura física do sistema foi organizada com a inclusão de dispositivos de proteção, como disjuntores, interruptores diferenciais residuais (IDRs) e chaves de bloqueio, em conformidade com as normas técnicas de segurança elétrica (ABNT, 2004).

A Figura 1 ilustra o painel de comandos elétricos utilizado na implementação do sistema, evidenciando a disposição dos componentes de controle e segurança.

Figura 1 - Painel de comandos elétricos.

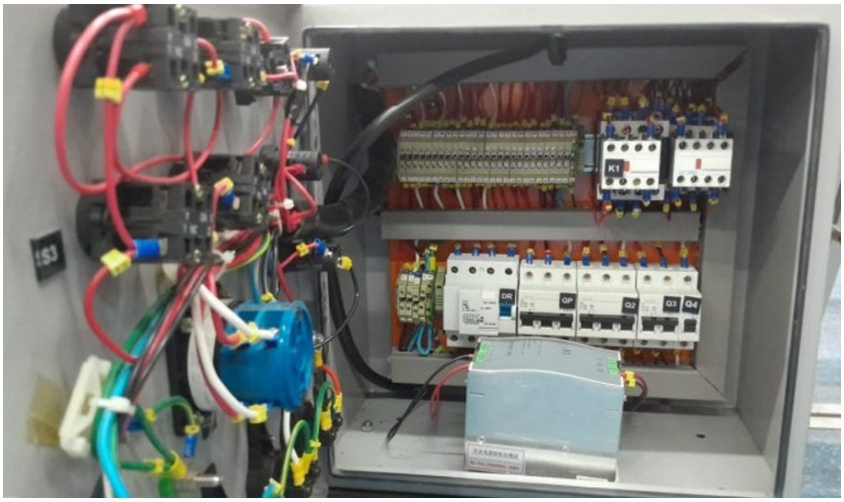

Fonte: Autores

Com o objetivo de ampliar a segurança operacional e criar um ambiente de aprendizagem mais interativo e seguro, foi desenvolvida uma arquitetura em camadas, composta pelos seguintes elementos:

- Microcontrolador ESP32, responsável por acionar o módulo de relé;
- Broker MQTT (Adafruit IO), utilizado para a troca de dados entre dispositivos;
- Dashboard Adafruit, que permite o monitoramento e controle remoto;
- Aplicativo de interface, que realiza autenticação digital do usuário.

A comunicação entre esses elementos ocorre por meio do protocolo MQTT, escolhido por sua leveza e confiabilidade em aplicações de IoT (GUERRA E PIERIN, 2020). O ESP32, com conectividade Wi-Fi, processamento dual-core e múltiplas interfaces de E/S, possibilita controle eficiente e em tempo real das cargas do laboratório (ESPRESSIF SYSTEMS, 2017). A disposição dos componentes físicos do sistema pode ser observada na Figura 2, destacando a interface do comando elétrico.

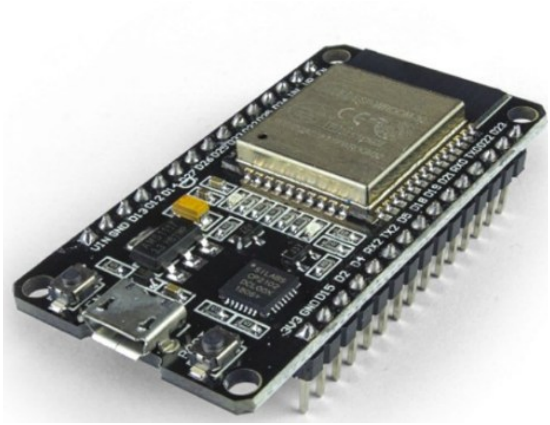
Figura 2 - Interface de comando elétrico



Fonte: Autores

Conforme ilustrado na Figura 3, o ESP32 desempenha o papel central na arquitetura do sistema embarcado.

Figura 3 - ESP32



Fonte: Autores

O módulo relé (Figura 4) desempenha a função de comutação dos circuitos sob controle do ESP32.

Figura 4 - Módulo Relé


Fonte: Autores

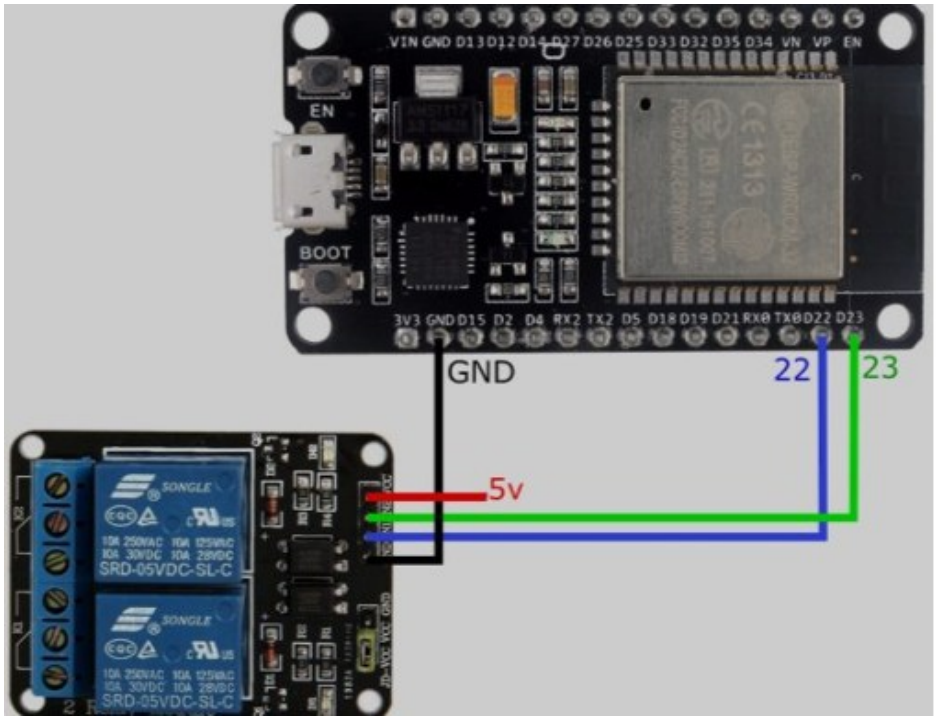
A Dashboard Adafruit foi utilizada como ferramenta pedagógica para que os estudantes visualizassem, em tempo real, o comportamento dos sistemas de controle desenvolvidos. A integração com a nuvem permite personalizar tópicos MQTT (LEITE, 2017), configurar alertas e tomar decisões com base em eventos críticos, conforme exemplificado na Figura 5 (ADAFRUIT, 2024).

Figura 5 - Dashboard Adafruit


Fonte: Autores

Para garantir um processo de energização seguro e educacionalmente orientado, o sistema foi projetado com redundância física e lógica. A redundância física é assegurada pelo uso de chaves de bloqueio nos painéis elétricos, exigindo intervenção manual por operadores autorizados. Já a redundância lógica depende de autorização digital via aplicativo, integrando o controle de acesso à plataforma IoT. A integração entre esses dois mecanismos está representada na Figura 6, que ilustra a instalação do ESP32 em conjunto com o módulo relé no painel elétrico.

Figura 6 - ESP32 e módulo relé




Fonte: Autores

Esse modelo de dupla verificação (física e digital) reforça a segurança dos usuários e estimula boas práticas entre os estudantes, promovendo a conscientização quanto à responsabilidade no manuseio de equipamentos de alto risco. A arquitetura também favorece a criação de condições didáticas para discussões sobre ética, responsabilidade técnica e prevenção de acidentes.

Além disso, está prevista a ampliação do sistema com sensores de temperatura e corrente, permitindo a detecção de anomalias e a interrupção automática da energia elétrica em caso de risco, por meio do acionamento do relé (SANTOS, 2019).

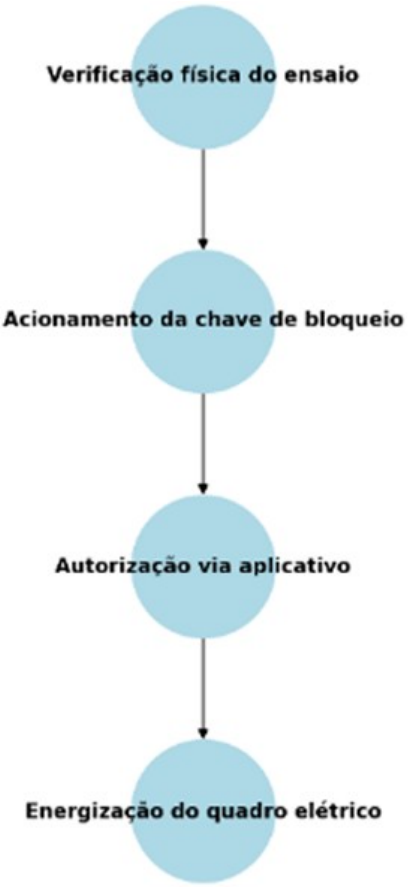
O sistema foi desenvolvido com ênfase na modularidade e na replicabilidade, permitindo que a solução seja adaptada a diferentes contextos laboratoriais e níveis de ensino. Dessa forma, busca-se não apenas a mitigação de riscos, mas também o fortalecimento de competências técnicas como análise de dados, lógica de controle e integração de sistemas embarcados. O caráter interdisciplinar da iniciativa permite sua aplicação em disciplinas de eletrônica, automação e segurança do trabalho, promovendo o aprendizado ativo com base em situações-problema.

Adicionalmente, o projeto prevê a implementação de uma interface web ou aplicativo móvel, com visualização em tempo real dos parâmetros monitorados e geração de relatórios

automatizados, o que amplia o potencial de uso da solução em avaliações pedagógicas, auditorias internas e ações de melhoria contínua nos laboratórios.

A proposta se diferencia por seu caráter pedagógico e preventivo, estruturado em múltiplas camadas de segurança, cuja organização está sintetizada na Figura 7, por meio de um fluxograma simplificado do sistema.

Figura 7 - Fluxograma simplificado




Fonte: Autores

- a. Sensores IoT: monitoramento contínuo de variáveis como corrente, tensão e temperatura;
- b. Controle de Acesso Automatizado: autenticação digital dos usuários;
- c. Histórico de Manutenção: geração automática de registros de uso e intervenções técnicas;
- d. Intervenções Automatizadas: análise de dados em tempo real com ativação de medidas de segurança.

Essas funcionalidades não apenas aumentam a proteção dos usuários, como também potencializam o aprendizado prático, ao permitir que os discentes compreendam e interajam com os conceitos de automação, redes de sensores, segurança elétrica e comunicação de dados em um contexto real de engenharia.

A proposta também contempla o uso de IoT para controle de permissões e prevenção de uso indevido, substituindo chaves físicas por autenticação em plataforma digital, com possibilidade de acesso remoto via dispositivos móveis (GUERRA E PIERIN, 2020). Sua arquitetura modular permite escalabilidade, tornando o sistema adaptável às necessidades de diferentes disciplinas e cursos.

Dessa forma, a proposta não apenas moderniza a segurança dos laboratórios, mas também promove um ambiente de ensino-aprendizagem alinhado às exigências da formação em engenharia, integrando tecnologia, responsabilidade técnica e desenvolvimento ético-profissional (ABNT, 2004; RIBEIRO; SANTOS, 2019).

## 5 CONCLUSÕES

A escassez de estudos voltados à aplicação de tecnologias de Internet das Coisas (IoT) em ambientes educacionais, especialmente utilizando o microcontrolador ESP32, evidencia uma lacuna significativa no que diz respeito à segurança e à prevenção de acidentes em laboratórios de engenharia elétrica. Este trabalho contribui para preencher parte dessa lacuna ao propor uma solução acessível, escalável e educacionalmente orientada, baseada na integração entre ESP32, protocolo MQTT e plataformas de controle remoto, como a Dashboard Adafruit.

Mais do que propor uma modernização tecnológica, a pesquisa se compromete com a formação integral de estudantes de engenharia, ao integrar conceitos de automação, segurança elétrica, redes de sensores e ética profissional em uma solução aplicada, desenvolvida por docentes e discentes no contexto institucional. Os resultados teóricos reforçam o potencial transformador da IoT não apenas na mitigação de riscos elétricos, mas também na qualificação do ambiente de ensino-aprendizagem, promovendo o protagonismo estudantil na construção de práticas seguras e inteligentes.

As implicações práticas da proposta incluem o monitoramento em tempo real dos equipamentos, a automação de respostas a eventos críticos, a prevenção de falhas, o registro de histórico de uso e a restrição de acesso aos recursos laboratoriais. Tais recursos contribuem para a criação de um ambiente educacional mais seguro, eficiente e alinhado às competências esperadas na Indústria 4.0.

No entanto, desafios importantes ainda precisam ser enfrentados, como a proteção dos dados frente a ataques cibernéticos, a falta de padronização entre dispositivos e a confiabilidade dos sistemas em condições adversas. A superação dessas barreiras exige o envolvimento contínuo da comunidade acadêmica em esforços interdisciplinares que combinem tecnologia, educação e segurança.

Como desdobramentos futuros, recomendam-se estudos empíricos em ambientes laboratoriais reais, além do desenvolvimento de plataformas interativas para capacitação prática de alunos antes do uso dos equipamentos. A incorporação de tecnologias complementares, como inteligência artificial e blockchain, pode ampliar ainda mais a confiabilidade e a rastreabilidade dos sistemas.

Dessa forma, esta investigação estabelece um modelo preliminar de proteção elétrica aplicado à educação em engenharia, que pode servir como referência para futuras iniciativas em laboratórios didáticos. A proposta destaca-se não apenas pela inovação técnica, mas por sua vocação formativa, contribuindo para o fortalecimento de uma cultura de segurança, responsabilidade e autonomia nos espaços de aprendizagem.

## REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ABRACOPEL – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CONSCIENTIZAÇÃO PARA OS PERIGOS DA ELETRICIDADE. *Anuário 2024*. Disponível em: **https://abracopel.org/wp-**

**content/uploads/2024/06/Ebook-Anuario-12062024_compressed_rev1.pdf**. Acesso em: 29 nov. 2024.

ADAFTUIT INDUSTRIES. *Adafruit: About us*. 2024. Disponível em: **https://www.adafruit.com/about**. Acesso em: 29 nov. 2024.

ANDRADE, R. *Transformadores e geradores: riscos e prevenções*. São Paulo: Érica, 2015.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. *Norma Regulamentadora nº 10 (NR 10): Segurança em instalações e serviços em eletricidade*. Brasília, 2004.

ESPRESSIF SYSTEMS. ESP32-WROOM-32 *datasheet.* 2023. Disponível em: **https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-wroom-32_datasheet_en.pdf**. Acesso em: 29 nov. 2024.

GELLER, E. *Segurança em instalações elétricas: princípios e práticas*. São Paulo: Pioneira, 2010.

GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. São Paulo: Atlas, 2002.

GOMES, A. ESP32: *programação e aplicações*. São Paulo: Novatec, 2020.

GUERRA, L. F.; PIERIN, P. C. *Sistema de análise e controle IoT utilizando o protocolo MQTT*. São Paulo: Universidade Federal de São Paulo, 2020.

KIM, H.; LEE, E.; KWON, D.; JU, H. Chemical laboratory safety management service using IoT sensors and open APIs. In: **INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION AND COMMUNICATIONS (ICIC),** 2017. Proceedings [...]. IEEE, 2017. p. 262–263.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. *Fundamentos de metodologia científica*. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2021.

LEE, C. C. et al. Smart control system on electrical safety in testing laboratories. In: **IEEE INDUSTRIAL ELECTRONICS SOCIETY ANNUAL CONFERENCE – IECON**, 45., 2019, Lisboa. Proceedings [...]. IEEE, 2019. p. 3031–3036.

LEITE, F. *Internet das coisas: práticas com MQTT e Arduino*. São Paulo: Novatec, 2017.

RIBEIRO, T. M. L.; SANTOS, G. O. Estudos dos protocolos de comunicação MQTT e CoAP para aplicações M2M. *Revista Tecnológica da Fatec de Americana*, v. 3, n. 1, p. 1–10, 2019.

SANTOS, S. *Internet das coisas com ESP32: projeto e implementação de aplicações IoT*. São Paulo: Érica, 2019.

SILVA, M. L. *Internet das Coisas (IoT) na automação e segurança elétrica*. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2018.

SOUZA, J. A. *Protocolos de comunicação para IoT: implementação com MQTT e outras soluções*. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2019.

WU, F.; WU, T.; YUCE, M. R. Design and implement a wearable sensor network system for IoT connected safety and health applications. In: **IEEE WORLD FORUM ON INTERNET OF THINGS (WF-IoT)**, 5., 2019. Proceedings [...]. IEEE, 2019. p. 123–127.

YANG, F.; ZHAO, T.; ZHANG, H. Intelligent monitoring system of materials subject laboratory based on IoT. In: **INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER NETWORK, ELECTRONIC AND AUTOMATION (ICCNEA)**, 2021. Proceedings [...]. IEEE, 2021. p. 145–150.

# INNOVATIONS IN ELECTRICAL ENGINEERING LABORATORY SAFETY: THE ROLE OF THE INTERNET OF THINGS

***Abstract:*** *This study analyzes safety in electrical engineering laboratories, focusing on the application of the Internet of Things (IoT) as a tool to support teaching and the management of electrical devices. Based on a qualitative literature review, it was observed that IoT enhances safety by enabling remote monitoring, access control, incident detection, and real-time data analysis, while also fostering students' practical learning and operational awareness.*

*The proposed system was developed in an educational context with active student participation and combines physical and logical redundancies to mitigate failures and prevent electric shocks. Physical redundancy is implemented through locking switches installed in electrical panels, requiring manual intervention by authorized operators, thereby promoting responsibility in equipment usage. Logical redundancy, based on IoT using ESP32 and the MQTT protocol, digitally validates user authorization before allowing the circuit to be energized, through authentication via a mobile app or secure terminal.*

*The system also generates real-time alerts, logs unauthorized access attempts, and collects usage data, enabling quick interventions, audit trails, and continuous improvement of safety practices. Despite its effectiveness, implementation challenges persist, including cybersecurity vulnerabilities, infrastructure costs, lack of standardization among devices, and dependence on stable connectivity.*

*It is concluded that adopting a multi-layered safety architecture, combined with fostering a safety culture among users, is essential to prevent accidents. When properly integrated into educational environments, IoT proves to be an effective tool for optimizing the safety and efficiency of electrical engineering laboratories.*

***Keywords:*** *Safety in Laboratories; Internet of Things (IoT); Electrical Engineering; ESP32; Safe Environment.*