



BANCADA DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL APLICADA À FORMAÇÃO DO ENGENHEIRO ELETRICISTA - INTEGRAÇÃO COM SOLUÇÕES DE IOT

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2025.6397

Autores: DOUGLAS CASTRO CASSEANO FURTADO, KARISTON DIAS ALVES, CIRO JOSÉ EGOAVIL MONTERO

Resumo: Este artigo apresenta o desenvolvimento e a aplicação de uma bancada didática voltada para o ensino de instalações elétricas residenciais e automação, com ênfase na integração de tecnologias da Internet das Coisas (IoT). A bancada proposta simula um ambiente doméstico típico e permite a implementação de sistemas reais de automação utilizando o microcontrolador ESP32, a plataforma Blynk IoT e o protocolo MQTT. Dois sistemas foram desenvolvidos: um para automação da iluminação e outro para controle de portão, ambos operáveis por meio de interruptores físicos e acesso remoto via dispositivos móveis. A abordagem pedagógica adotada prioriza a integração entre teoria e prática, promovendo o desenvolvimento de competências técnicas essenciais, como programação, projeto de circuitos, sistemas embarcados e controle remoto via IoT. Os resultados demonstraram elevado valor educacional, contribuindo para uma aprendizagem ativa e contextualizada, alinhada às demandas da Indústria 4.0.

Palavras-chave: Automação Residencial, ESP32, IoT, Sistemas Embarcados, Ensino de Engenharia

BANCADA DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL APLICADA À FORMAÇÃO DO ENGENHEIRO ELETRICISTA - INTEGRAÇÃO COM SOLUÇÕES DE IOT

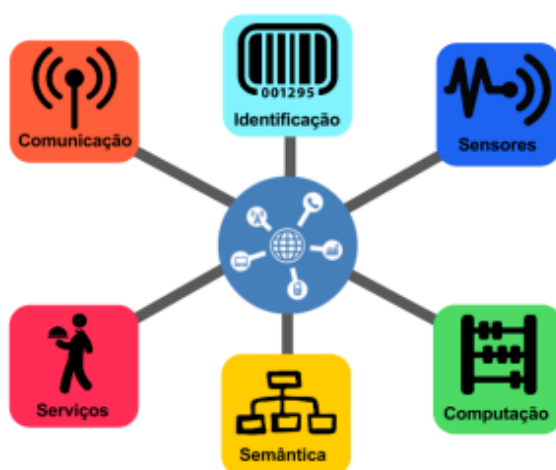
1 INTRODUÇÃO

A automação tem sido um dos principais motores de transformação tecnológica e social desde o final do século XVIII, impulsionada por sucessivos avanços que redefiniram a fabricação de produtos e a interação entre máquinas e pessoas (SANTOS et al., 2018). Seu objetivo central é otimizar processos produtivos, aumentando a eficiência, reduzindo custos e minimizando riscos em tarefas perigosas, complexas ou repetitivas (QUINDERÉ, 2009). O advento da eletrônica e dos semicondutores no século XX marcou o início de uma nova era, conhecida como “Revolução da Informação” ou “Revolução Digital” (OKA, 2000), que preparou o terreno para os sistemas inteligentes e conectados da atualidade.

Atualmente, vivencia-se a chamada Indústria 4.0, conceito que descreve a integração de tecnologias emergentes como Inteligência Artificial (IA), robótica avançada, Internet das Coisas (IoT), veículos autônomos, big data, computação em nuvem, realidade aumentada, sistemas ciberfísicos e segurança digital (SANTOS et al., 2018). Esses elementos promovem uma fusão entre os mundos físico, digital e biológico, tornando imprescindível a formação de profissionais de engenharia aptos a lidar com tais transformações. Essa necessidade demanda currículos mais dinâmicos, com maior articulação entre teoria e prática, e com ênfase no desenvolvimento de competências técnicas alinhadas às demandas.

Nesse contexto, destaca-se a Internet das Coisas (IoT), que viabiliza a conexão de objetos do cotidiano à rede, permitindo seu controle remoto e a atuação como provedores de serviços. A arquitetura básica dos dispositivos IoT é composta por unidades de processamento/memória, módulos de comunicação, fontes de energia e sensores/atuadores (SANTOS et al., 2016). Esses blocos, conforme Figura 1, são essenciais para a interligação de tecnologias e a integração dos objetos ao ambiente virtual.

Figura 1 – Blocos básicos da IoT



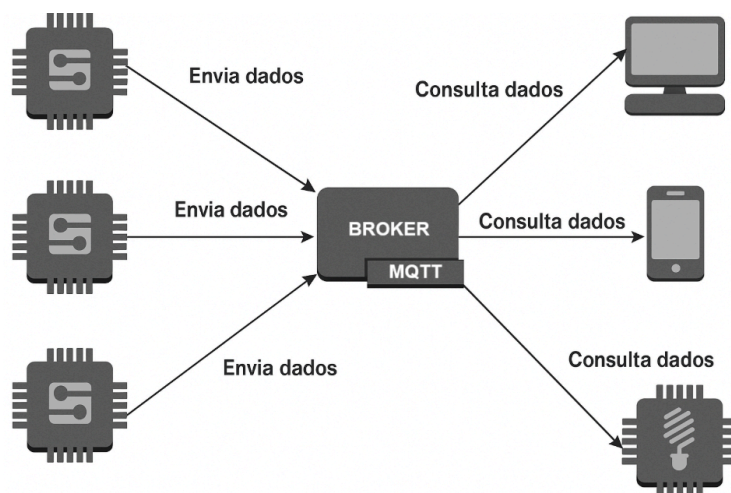
Fonte: SANTOS et al. (2016).

A automação residencial representa uma aplicação direta e crescente da IoT, com foco em oferecer conforto, segurança, praticidade e eficiência energética. No Brasil, essa tendência começou a se intensificar no século XXI, impulsionada pelo barateamento de componentes e pela maior acessibilidade à internet (GOMES; SILVA; GELACKI, 2016).

Nesse cenário, o ESP32, microcontrolador lançado em 2016 pela Espressif Systems, tornou-se um elemento fundamental em projetos de automação e IoT. O ESP32 combina baixo custo, consumo reduzido de energia, conectividade Wi-Fi e Bluetooth integrada, e grande capacidade de processamento. Com um processador de 32 bits, 30 pinos (25 GPIOs utilizáveis), suporte a protocolos como I2C, SPI e PWM, além de programação em C++ via Arduino IDE, o ESP32 oferece uma plataforma robusta para prototipagem e desenvolvimento de sistemas (HERCOG et al., 2023).

Para possibilitar a comunicação entre dispositivos IoT, destaca-se o protocolo MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*), Figura 2, desenvolvido pela IBM em 1999. Leve, eficiente e ideal para aplicações embarcadas, o MQTT adota um modelo de publicação/assinatura mediado por um "broker", que gerencia o fluxo de mensagens entre os dispositivos (OLIVEIRA, 2017; JUCA e PEREIRA, 2018). Sua implementação no ESP32, via protocolo TCP/IP, permite integração com plataformas de controle remoto como a Blynk IoT, facilitando o desenvolvimento de interfaces para monitoramento e comando de sistemas em tempo real (SANTOS et al., 2016).

Figura 2 – Funcionamento básico do MQTT



Fonte: OLIVEIRA (2017).

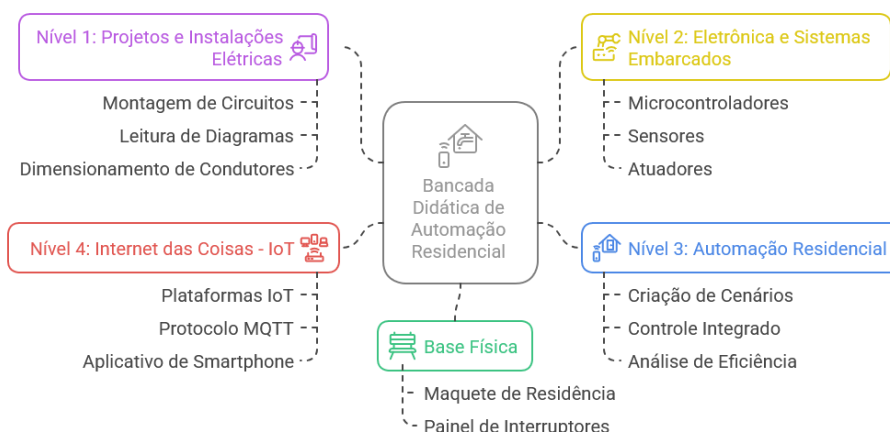
Compreendendo que a construção do conhecimento na engenharia deve se dar por meio de conexões significativas entre teoria e prática, e não por uma simples justaposição de conteúdos (SIMÕES; SIPLE; FIGUEIREDO, 2014), torna-se evidente a importância do uso de metodologias ativas no processo de ensino-aprendizagem.

Dessa forma, este trabalho propõe a aplicação de uma bancada didática voltada ao ensino de instalações elétricas e automação residencial. A proposta integra o uso do ESP32, o protocolo MQTT e a plataforma Blynk IoT, possibilitando a criação de um ambiente de aprendizagem prática, interativo e alinhado às demandas tecnológicas introdutórias da Indústria 4.0. O projeto visa contribuir com a formação de profissionais mais preparados para os desafios da engenharia contemporânea.

2 BANCADA DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL APLICADA À FORMAÇÃO DO ENGENHEIRO ELETRICISTA

A metodologia de ensino baseada em níveis de complexidade é fundamental para a capacitação de estudantes de engenharia, garantindo uma progressão didática e a compreensão aprofundada dos conceitos. A bancada didática proposta neste artigo, Figura 3, separa o conhecimento em etapas, facilitando a assimilação e a aplicação práticas.

Figura 3 – Mapa dos níveis de aplicação da bancada.



Fonte: Feito pelo Autor

A Figura 4, apresenta a bancada educacional desenvolvida para fins didáticos no ensino da engenharia elétrica. Construída em MDF, a estrutura simula uma residência unifamiliar, sendo o tipo de construção mais comum no contexto urbano e rural brasileiro, facilitando a identificação e o entendimento por parte dos estudantes. A maquete conta com paredes, esquadrias, cobertura e um portão de acesso frontal cercado por grades.

A base inferior da maquete, formada por um caixote robusto de MDF de 10 mm, serve de suporte estrutural e abriga todos os sistemas de automação elétrica, e dispositivos necessários. Por se tratar de um projeto compacto e construído com materiais amplamente disponíveis, a bancada apresenta-se como uma solução economicamente viável e de fácil replicação, tornando-se acessível para diferentes contextos educacionais.

Figura 4 – Bancada educacional aplicada à formação do engenheiro eletricista.



Fonte: Feito pelo Autor

Do lado direito da maquete, Figura 4, observa-se o painel de chaves (interruptores) do tipo paralelas, que possibilita a simulação e controle local dos pontos de iluminação. Esta configuração permite acesso prático aos elementos do sistema, facilitando tanto a visualização quanto a intervenção didática pelos estudantes durante as atividades práticas.

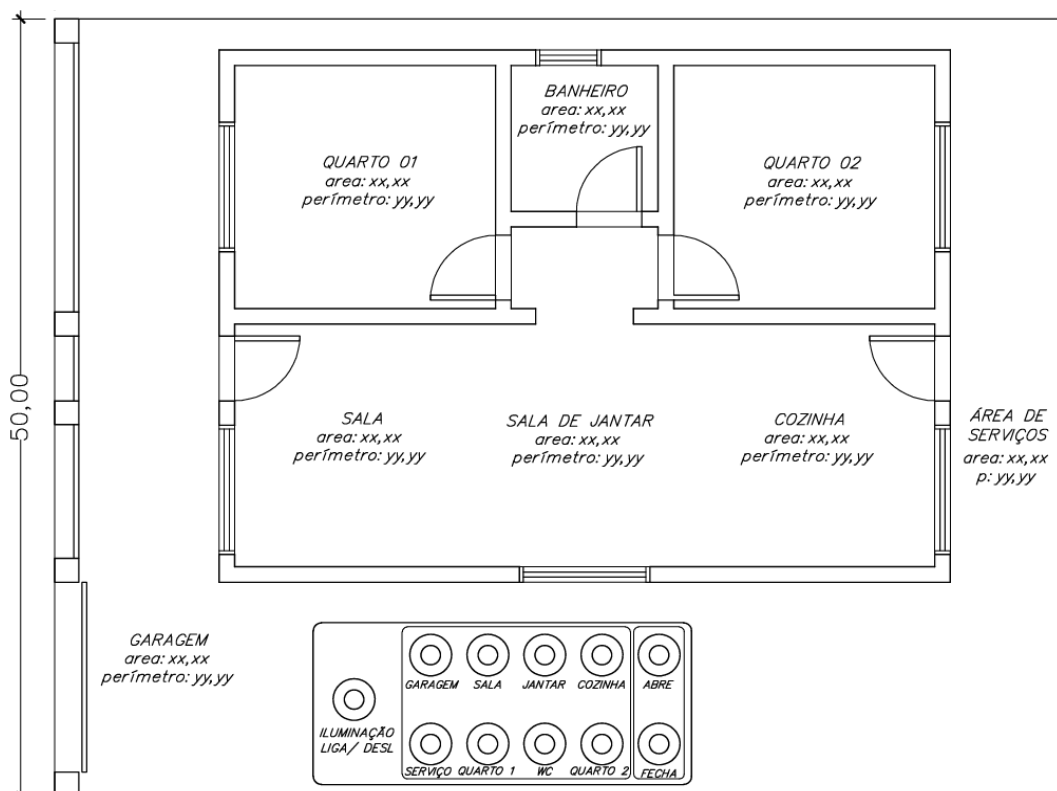
2.1 Projetos e instalações elétricas

A estrutura da maquete possibilita a visualização clara do desenvolvimento do projeto de distribuição elétrica dos pontos de iluminação, simulação de sistemas elétricos residenciais, proporcionando uma experiência prática sobre os princípios da instalação elétrica predial, aterramento, dimensionamento de condutores e dispositivos de proteção.

Com base na planta *layout* apresentada na Figura 5, a maquete foi concebida com uma organização espacial que representa ambientes típicos de uma residência, como sala, quartos, banheiro, cozinha, área de serviço e garagem. A disposição dos pontos de controle lateralizados, visíveis na maquete, está diretamente ligada à planta, permitindo aos alunos estabelecerem a correspondência entre os cômodos e seus respectivos circuitos.

A abordagem prática é complementada por exercícios de leitura e interpretação de diagramas unifilares, montagem de circuitos, e realização de medições com instrumentos como multímetro e alicate amperímetro.

Figura 5 – Bancada de automação residencial aplicada à formação do engenheiro eletricista.



Fonte: Feito pelo Autor

2.2 Eletrônica/Sistemas embarcados

Com a inclusão de circuitos integrados (CIs), ou de microcontroladores, a bancada passa a oferecer suporte ao desenvolvimento de sistemas autônomos e *off-line*, permitindo a construção de pequenas automações locais sem dependência da internet. Isso possibilita a

criação de projetos como supervisores de nível de água, medidores de consumo de energia, sistemas de alarme, temporizadores automáticos e controladores de iluminação.

Esses recursos viabilizam a exploração prática de conceitos como entradas e saídas digitais e analógicas, modulação por largura de pulso (PWM), comunicação serial (UART, SPI, I2C) e o uso de bibliotecas específicas para sensores e atuadores, incluindo relés, sensores de presença, sensores ultrassônicos, fotocélulas, entre outros dispositivos. A abordagem proposta estimula competências em programação (linguagens C, C++, Assembly), lógica computacional, testes e depuração de códigos, além da integração de *hardware* e *software*.

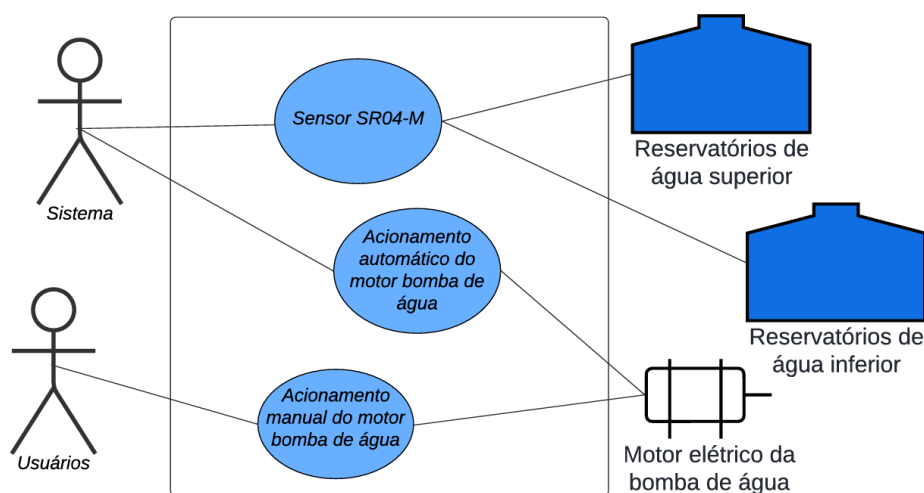
2.3 Automação residencial

A bancada permite simular cenários de automação residencial, como controle de iluminação, portões automáticos, ventiladores e dispositivos conectados. Isso permite aos estudantes compreenderem desde a estrutura física até a programática.

A implementação prática de sistemas de automação proporciona uma visão concreta sobre aplicações da Engenharia Elétrica em ambientes domésticos, reforçando a conexão entre teoria e prática. Além disso, é possível discutir questões de eficiência energética, segurança, conforto e acessibilidade.

A Figura 6, ilustra uma proposta de automação do abastecimento de água podendo utilizar a plataforma Arduino em um sistema *offline*, ou seja, sem conexão com a internet. O sistema pode ser composto por um sensor ultrassônico SR04-M, ou similar, responsável por medir o nível da água nos reservatórios, e por um relé (motor elétrico), que aciona a bomba de água para transferir o fluido do reservatório inferior para o superior.

Figura 6 – Diagrama de caso de uso de automação do abastecimento de água.



Fonte: Feito pelo Autor

O acionamento da bomba pode ocorrer de forma automática, quando o sensor detecta um nível baixo no reservatório superior, ou de forma manual, por meio de intervenção do usuário. Essa proposta permite o desenvolvimento de conceitos fundamentais de automação, como controle de processos, sensoriamento, atuação e tomada de decisão baseada em condições locais, promovendo o aprendizado prático de sistemas embarcados e automação residencial em contextos sem infraestrutura de rede.

2.4 Integração de dispositivos com plataformas IoT

A integração do ESP32 com plataformas como Blynk IoT via protocolo MQTT permite aos estudantes vivenciar o ecossistema da Internet das Coisas (IoT) de forma aplicada. A manipulação de dispositivos por meio de interfaces remotas, como aplicativos em *smartphones*, evidencia o potencial da IoT na criação de soluções inteligentes e conectadas.

Esse tipo de experiência contribui para a formação de competências exigidas pelo mercado, como a capacidade de projetar soluções de monitoramento e controle remoto, integração de sensores, processamento de dados em tempo real e comunicação em rede. Além disso, favorece o aprendizado interdisciplinar, integrando Engenharia Elétrica, Computação e Telecomunicações.

2.5 Aplicações didáticas da bancada

Em síntese, a bancada é concebida para ser integrada em disciplinas de Engenharia Elétrica por meio de uma abordagem progressiva, dividida em três conjuntos. No nível básico, a ênfase está nas instalações elétricas prediais, com atividades que incluem a leitura de diagramas unifilares, a montagem de circuitos elétricos residenciais e a realização de medições com multímetro. O principal objetivo é proporcionar ao aluno a compreensão da distribuição da instalação elétrica, do dimensionamento de condutores e dispositivos de proteção, bem como das normas técnicas aplicáveis, com destaque para a ABNT NBR 5410. Para isso, a estratégia pedagógica recomendada é a combinação entre aulas teóricas e práticas guiadas na bancada.

O nível intermediário está voltado ao estudo de dispositivos eletrônicos e sistemas embarcados, utilizando microcontroladores como o ESP32. Nesse estágio, os estudantes são estimulados a programar em linguagens como C/C++, Assembly e Java, desenvolvendo competências em lógica computacional, depuração de código e integração entre *hardware* e *software*. A estratégia pode basear-se na metodologia PBL (*Problem-Based Learning*), na qual são propostos desafios reais, como por exemplo: “automatizar o acionamento de luzes com base na luminosidade ambiente”. Tal abordagem favorece a autonomia e a resolução de problemas de forma criativa e prática.

Por fim, no nível avançado, a bancada é utilizada em atividades de Internet das Coisas (IoT), nas quais os alunos integram a plataforma IoT ao microcontrolador via protocolo TCP/IP, MQTT, ou outros. São desenvolvidas interfaces remotas para controle de dispositivos e analisados dados em tempo real, promovendo a compreensão de conceitos como comunicação em rede, segurança digital e interoperabilidade entre sistemas. A estratégia de ensino nesse estágio é a realização de projetos em grupo, como por exemplo: “desenvolver um sistema de alarme residencial com notificação por e-mail”, incentivando o trabalho colaborativo, a aplicação interdisciplinar dos conhecimentos adquiridos e a aproximação com os desafios tecnológicos atuais da Engenharia 4.0.

3 USO DA BANCADA COMO FERRAMENTA EDUCACIONAL (AUTOMAÇÃO DA ILUMINAÇÃO E PORTÃO DE ACESSO)

Com base no projeto desenvolvido, a validação do produto educacional foi realizada por meio de duas atividades práticas integradoras, que consolidam a aplicação de diversos conhecimentos teóricos e práticos adquiridos ao longo da formação em engenharia elétrica. As atividades envolveram desde a elaboração de esquemas e diagramas (desenho técnico), dimensionamento e montagem de circuitos elétricos, aplicação de conceitos de instalações

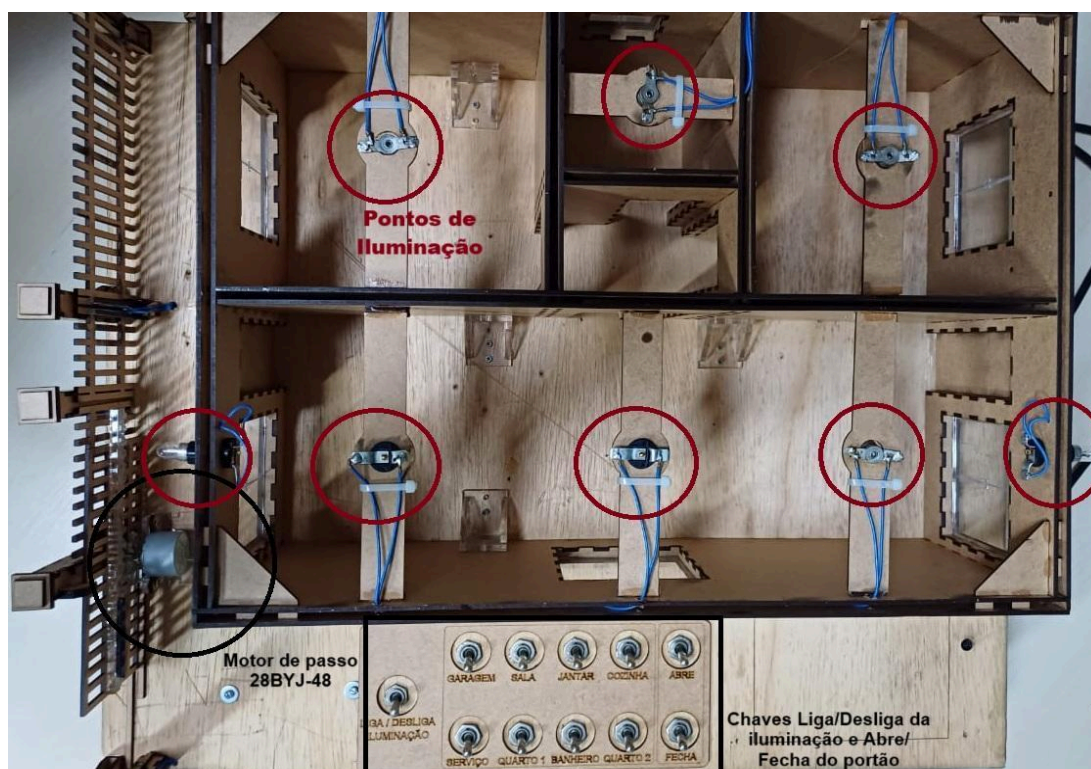
residenciais, eletrônica analógica e digital, até o desenvolvimento de sistemas embarcados com programação em C/C++.

Além disso, exigiram habilidades de construção mecânica, como a montagem estrutural da maquete e a fixação de componentes. Essas competências foram aplicadas no desenvolvimento do sistema de automação da iluminação com 8 pontos de luz e no sistema de controle automatizado do portão de acesso, ambos operando de forma integrada com microcontroladores ESP32 e plataforma IoT, proporcionando experiências concretas e contextualizadas de aprendizagem.

3.1 Automação da Iluminação

Para esta aplicação, foram implementados oito pontos de iluminação em 12V AC, representando os diferentes cômodos da maquete (Figura 7). Esses pontos podem ser acionados tanto por interruptores paralelos (chave fim de curso física) embutidos na lateral da bancada, quanto remotamente, através do aplicativo Blynk IoT, acessado por dispositivos móveis. Essa dupla abordagem permite a simulação de um sistema híbrido real, no qual o morador pode ligar ou desligar luzes localmente ou remotamente via internet.

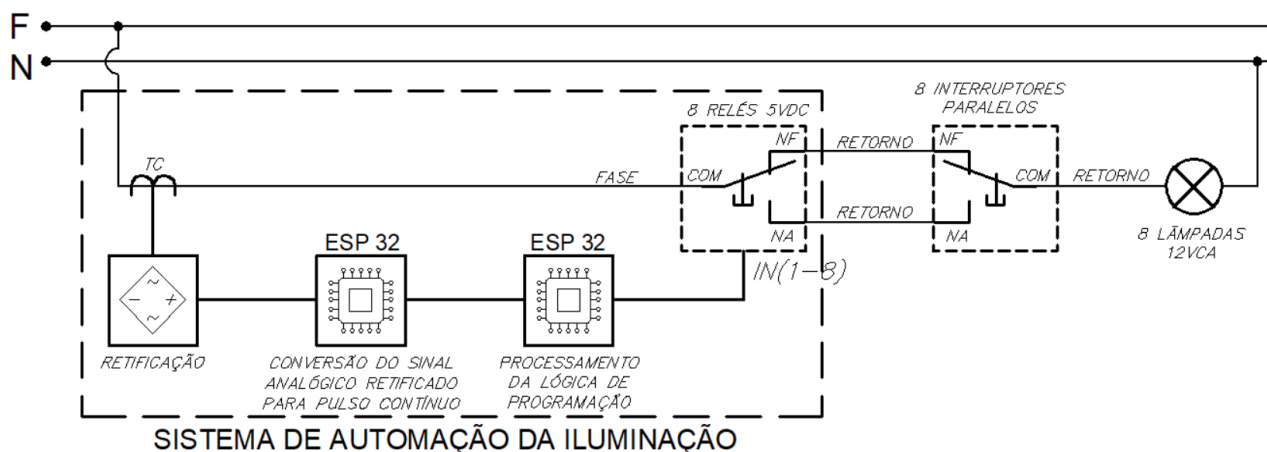
Figura 7 – Vista superior da bancada educacional.



Fonte: Feito pelo Autor

O diagrama esquemático funcional apresentado na Figura 8, também representa o sistema de automação da iluminação usando o microcontrolador ESP32. Nele, é possível visualizar que o sinal de corrente alternada do estado da carga é monitorado por um transformador de corrente (TC), retificado e convertido em pulsos contínuos para processamento lógico. O ESP32 principal, envia ao Blynk o sinal de estado da lâmpada, e aciona, mediante comando remoto, por meio de relés de 5VDC, todas as oito lâmpadas de 12VCA individualmente. O sistema também permite o acionamento manual por interruptores paralelos, mantendo a operação híbrida.

Figura 8 – Diagrama Esquemático Funcional.

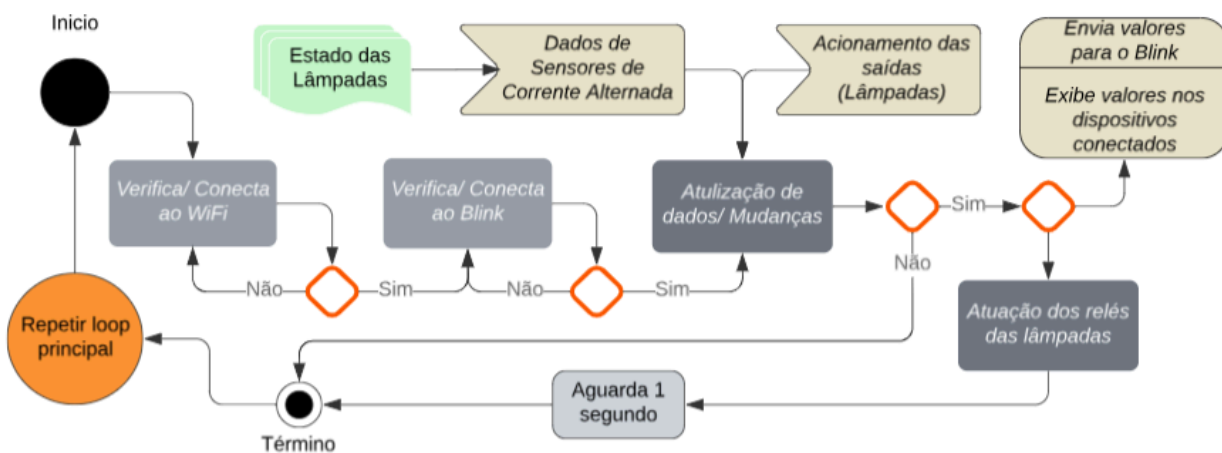


Fonte: Feito pelo Autor

O controle das cargas foi feito por meio de módulos relé conectados aos pinos digitais do ESP32, enquanto os sensores físicos que detectam o estado dos interruptores foram conectados às entradas digitais após a retificação e conversão para sinal digital.

Conforme é visto na Figura 9, no ESP32 e no aplicativo, cada ponto de iluminação está associado a dois pinos virtuais: um para o controle (V8 a V15) e outro para exibição do estado (V0 a V7). Dessa forma, é possível observar no aplicativo se determinada lâmpada está acesa ou apagada, independentemente de onde o comando foi acionado.

Figura 9 – Diagrama de estados do Sistema de Automação com ESP32 desenvolvido.



Fonte: Feito pelo Autor

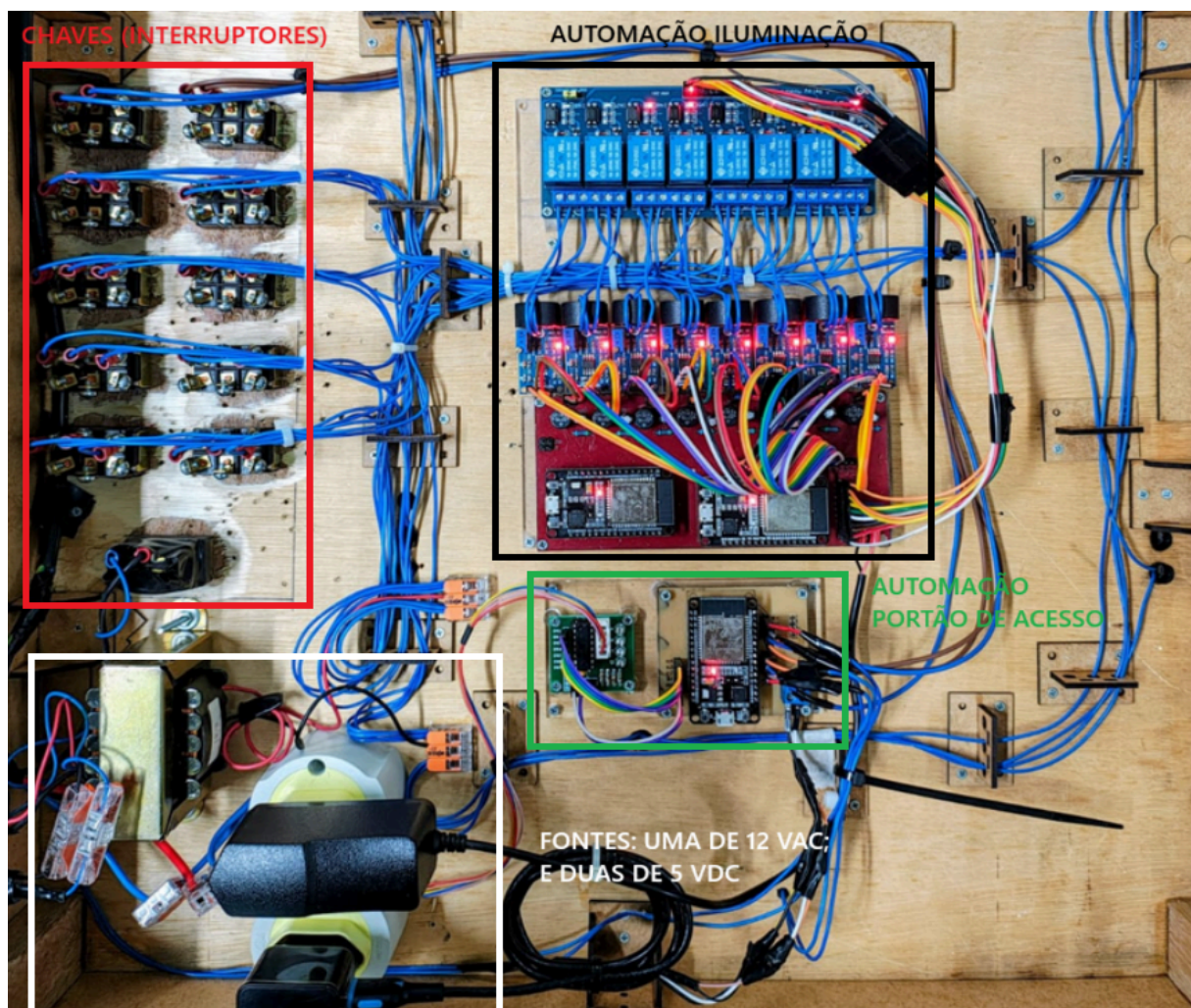
A lógica de acionamento foi elaborada para garantir a consistência dos estados. A cada toque no botão virtual do Blynk, o relé correspondente é acionado ou desligado (nível LOW ou HIGH), e o estado atual da lâmpada é detectado através do sensor físico e enviado para atualização no aplicativo, utilizando `Blynk.virtualWrite`. Além disso, incluiu-se a função `BLYNK_CONNECTED`, responsável por sincronizar todos os pinos virtuais no momento em que o dispositivo se conecta à plataforma.

3.2 Automação do Portão de Acesso

O sistema de automação controla um motor de passo 28BYJ-48, acionado pelo driver ULN2003 e acoplado ao portão articulado da maquete. A placa ESP32 gerencia o motor em

três modos: abrir (sentido horário), fechar (anti-horário) e parar. O controle pode ser feito por meio de botões físicos na bancada ou por controle remoto via aplicativo Blynk IoT em dispositivos móveis conectados à internet. A Figura 10 mostra os elementos do sistema montados na bancada.

Figura 10 – Vista interna da caixa base da bancada, contendo os dois sistemas de automação.



Fonte: Feito pelo Autor

Os botões físicos estão ligados às entradas digitais do ESP32, configuradas para detectar pulsos. Os comandos de abrir e fechar são excludentes, evitando conflitos de direção. O sistema também conta com botões de parada para testes de interrupção. No controle remoto, dois botões virtuais no *app* Blynk (V0 para abrir e V1 para fechar) se comunicam com o ESP32 via internet, usando a biblioteca BlynkSimpleEsp32.

4 RESULTADOS

Durante os testes com a bancada educacional, os sistemas de automação da iluminação e do portão de acesso funcionaram de forma estável, com resposta eficiente tanto por comandos locais (botões físicos) quanto remotos (Blynk IoT). O motor de passo 28BYJ-48 com driver ULN2003 mostrou-se adequado à escala da maquete, enquanto a

plataforma ESP32 permitiu a integração entre *hardware* e controle via *smartphone*, explorando conceitos de lógica de controle, comunicação em rede e segurança.

O sistema do portão foi programado para garantir segurança operacional, desabilitando comandos opostos simultâneos. Na automação da iluminação, os oito pontos em 12V AC foram controlados por relés remotamente e acionados fisicamente por interruptores paralelos, com sensores de estado atualizados no aplicativo.

Do ponto de vista didático, os projetos permitiram aplicar conteúdos como acionamento de cargas, programação embarcada e Internet das Coisas (IoT). A combinação de baixo custo, flexibilidade e potencial de expansão confirma a eficácia da bancada como recurso pedagógico de fácil reprodução no ensino de engenharia elétrica.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha gratidão à minha família, pelo amor, paciência e incentivo constante ao longo das jornadas. Agradeço também à Universidade Federal de Rondônia e seu Grupo de Pesquisa em Modelagem de Sistemas Elétricos (GPMSE), pelo apoio técnico e orientação dedicada. Estendo meus agradecimentos ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), pelo suporte institucional e pelas oportunidades que contribuíram significativamente para o desenvolvimento deste projeto.

REFERÊNCIAS

GOMES, Andrew Bueno; SILVA, Guilherme de Almeida Cardoso da; GELACKI, Raphael. **Automação residencial utilizando uma plataforma de baixo custo**. 2016. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/16895>. Acesso em: maio 2025.

HERCOG, Darko et al. **Design and implementation of ESP32-based IoT devices**. *Sensors*, v. 23, n. 15, p. 6739, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1424-8220/23/15/6739>. Acesso em: maio 2025.

JUCA, Sandro; PEREIRA, Renata. **Aplicações práticas de sistemas embarcados Linux utilizando Raspberry Pi**. *PoD Editoria*, v. 1, n. 1, p. 1–10, 2018. Disponível em: <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/60918451/Livro-Aplicacoes-Praticas-Rpi20191016-13857-1jp2kma-libre.pdf>. Acesso em: maio 2025.

OKA, Mauricio Massazumi. **História da eletricidade**. [S.l.]: [s.n.], 2000. Disponível em: <https://www.lsi.usp.br/~dmi/manuais/HistoriaDaEletricidade.pdf>. Acesso em: maio 2025.

OLIVEIRA, Sérgio de. **Internet das coisas com ESP8266, Arduino e Raspberry Pi**. [S.l.]: Novatec Editora, 2017. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=rnojEAAAQBAJ>. Acesso em: maio 2025.

QUINDERÉ, Patrick. **Casa inteligente – um protótipo de sistema de automação residencial de baixo custo**. 2009. Disponível em: <https://www.meuguru.com/material/faculdade-meridional/engenharia-eletrica/casa-inteligente-um-prototipo-de-sistema-de-automacao-residencial-de-baixo-custo/KKrzuwXpN>. Acesso em: maio 2025.

SANTOS, Bruno P. et al. **Internet das coisas: da teoria à prática**. Minicursos SBRC – Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos, v. 31, p. 16, 2016. Disponível em: <https://homepages.dcc.ufmg.br/~mmvieira/cc/papers/internet-das-coisas.pdf>. Acesso em: maio 2025.

SANTOS, Bruno P. et al. **Indústria 4.0: desafios e oportunidades**. Revista Produção e Desenvolvimento, v. 4, n. 1, p. 111–115, 2018. Disponível em: <https://revistas.cefet-rj.br/index.php/producaoedesarrollo/article/view/e316>. Acesso em: maio 2025.

SIMÕES, R.; SIPLE, I. Z.; FIGUEIREDO, E. B. de. **Aplicação da integral na determinação de características geométricas de seções planas de estruturas em barras**. [S.l.: s.n.], 2014. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/683393670/APLICACAO-DA-INTEGRAL-NA-DETERMINACAO-DE-CARACTERISTICAS-GEOMETRICAS-DE-SECOES-PLANAS-DE-ESTRUTURAS-EM-BARRAS>. Acesso em: maio 2025.

HOME AUTOMATION BENCH APPLIED TO ELECTRICAL ENGINEER TRAINING - INTEGRATION WITH IOT SOLUTIONS

Abstract: *This paper presents the development and application of an educational bench designed for teaching residential electrical installations and automation, with emphasis on integrating Internet of Things (IoT) technologies. The proposed bench simulates a typical home environment and enables the implementation of real automation systems using the ESP32 microcontroller, the Blynk IoT platform, and the MQTT protocol. Two systems were developed: one for lighting automation and another for gate control, both operable through physical switches and remote access via mobile devices. The pedagogical approach adopted prioritizes the integration between theory and practice, promoting the development of essential technical competencies such as programming, circuit design, embedded systems, and remote control via IoT. The results demonstrated high educational value, contributing to active and contextualized learning aligned with Industry 4.0 demands.*

Keywords: *Residential Automation, ESP32, IoT, Embedded Systems, Engineering Education*

