DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE SEGURANÇA E MONITORAMENTO PARA REDES ELÉTRICAS COM CONTROLE LOCAL E REMOTO VIA ESP8266

DEVELOPMENT OF A SECURITY AND MONITORING SYSTEM FOR ELECTRICAL NETWORKS WITH LOCAL AND REMOTE CONTROL VIA ESP8266

Enzo Gabriel Ignacio Daval, Henrique Martimiano Gomes Salgado, João Pedro Januário Da Silva, Matheus Vinicius Souza De Lazari, Thiago La Pastina dos Reis

Faculdade de Tecnologia de São Vicente - FATEF, Curso de Tecnologia em Automação Industrial
E-mail para contato: thiago.pastina@fortec.edu.br

RESUMO –Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema de segurança e monitoramento para redes elétricas e eletrônicas, utilizando relés de proteção e o microcontrolador ESP8266. O objetivo é detectar e prevenir falhas em equipamentos, aumentando a confiabilidade e reduzindo interrupções. A solução permite acionamento local e remoto: por meio de uma interface acessada via navegador, é possível verificar o estado de cada carga, ativá-la ou desativá-la, além de executar uma parada de segurança que desliga todas as cargas simultaneamente. Essa abordagem possibilita resposta ágil em situações de risco e favorece a continuidade operacional. A arquitetura proposta também viabiliza manutenção preditiva, oferecendo análise em tempo real do estado das cargas. Os resultados obtidos demonstram maior segurança, estabilidade no sistema elétrico e potencial redução de custos operacionais.

Palavras-chave: Relés de proteção; Monitoramento elétrico; Automação; ESP8266; Segurança elétrica.

ABSTRACT –This work presents the development of a security and monitoring system for electrical and electronic networks, using protection relays and the ESP8266 microcontroller. The objective is to detect and prevent equipment failures, increasing reliability and reducing downtime. The solution enables both local and remote control: through a web-based interface, it is possible to check the status of each load, turn it on or off, and perform an emergency shutdown that deactivates all loads simultaneously. This approach allows for quick response in risk situations and supports operational continuity. The proposed architecture also enables predictive maintenance by providing real-time analysis of the load status. The results obtained demonstrate enhanced safety, greater system stability, and potential reduction in operational costs.

Keywords: Protection relays; Electrical monitoring; Automation; ESP8266; Electrical safety.

1 INTRODUÇÃO

A segurança e o acompanhamento de ambientes tornaram-se cada vez mais indispensáveis em um mundo em constante avanço tecnológico. Nesse cenário, o aprimoramento de sistemas eficientes que assegurem a proteção de residências, estabelecimentos comerciais e locais públicos é uma necessidade crescente (Santos et al., 2021). A demanda por segurança e confiabilidade nas instalações elétricas tem impulsionado o desenvolvimento de tecnologias de proteção e monitoramento cada vez mais avançadas (Silva et al., 2019; Oliveira e Ferreira, 2022).

Em sistemas elétricos de grande porte, como redes de distribuição e transmissão de energia, a proteção adequada é fundamental para garantir a segurança dos equipamentos, a integridade do sistema e a continuidade no fornecimento de energia (Rodrigues et al., 2020). Nesse contexto, os relés desempenham um papel crucial, atuando como dispositivos automáticos capazes de detectar falhas e acionar mecanismos de proteção, evitando danos maiores (Pereira e Costa, 2023). Além disso, a automação tem se consolidado como um recurso essencial nos sistemas elétricos modernos, permitindo intervenções em tempo real, com confiabilidade e eficiência (Mendes et al., 2021). O uso de dispositivos inteligentes conectados a redes de comunicação possibilita uma atuação rápida e precisa, reduzindo o tempo de inatividade e os custos de manutenção (Carvalho et al., 2022).

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um Sistema de Segurança e Monitoramento voltado para redes elétricas e eletrônicas, baseado em relés para o controle remoto de cargas e em um microcontrolador ESP8266 para gerenciamento e supervisão (Gomes et al., 2019). O sistema opera tanto de forma local — por meio de botões físicos — quanto de forma remota, através de uma interface acessada via navegador, permitindo verificar o status das cargas, acioná-las ou desativá-las, além de realizar uma parada de segurança que desliga todas as cargas simultaneamente (Souza e Almeida, 2023).

A justificativa para este projeto está na necessidade de se prevenir falhas em sistemas elétricos e proteger equipamentos contra instabilidades, picos ou quedas de energia que possam comprometer sua integridade. A possibilidade de controle à distância, somada ao acesso imediato para emergências em nível local, favorece a continuidade operacional e minimiza riscos. Através do monitoramento automatizado, torna-se possível detectar e, em alguns casos,

corrigir transtornos simples, contribuindo para a eficiência, a confiabilidade e a segurança dos sistemas monitorados (Barbosa et al., 2020).

Este trabalho foi desenvolvido como um projeto de iniciação científica, com o intuito de aplicar na prática os conhecimentos adquiridos ao longo do curso superior. A proposta visa integrar fundamentos teóricos de eletrônica, automação e redes de comunicação na construção de uma solução funcional e acessível para segurança e monitoramento de sistemas elétricos.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa, de caráter experimental, foi conduzida com a montagem de um protótipo em bancada, com o objetivo de testar um sistema de segurança e monitoramento com controle local e remoto de cargas simuladas. A proposta foi desenvolvida de forma a reproduzir, em pequena escala, um cenário de controle elétrico seguro e acessível, utilizando componentes comuns no ambiente acadêmico, com boa disponibilidade e baixo custo, o que favorece sua aplicação em projetos educacionais e prototipagens rápidas.

Para o controle central, utilizou-se o microcontrolador ESP8266 (NodeMCU), responsável pelo processamento lógico das entradas e saídas digitais e pela comunicação via Wi-Fi, permitindo o acionamento das cargas através de navegador em dispositivos conectados à mesma rede. A escolha desse módulo se deu por sua robustez, compacidade e ampla documentação disponível, além da capacidade de hospedar páginas HTML diretamente na memória interna. Foram utilizados três LEDs brancos (D1, D2 e D3) para simular o funcionamento das cargas A, B e do relé de parada de emergência. Em versões futuras, esses LEDs serão substituídos por relés eletromecânicos modelo SRD-05VDC-SL-C, com bobina de 5 V e contato de 250 V AC / 10 A. Um desses relés será do tipo normalmente fechado (NF), destinado à função de parada de emergência, garantindo que o desligamento ocorra mesmo em falhas do controle lógico. Para proteger as bobinas dos relés contra picos de tensão reversa durante a comutação, foram previstos diodos 1N4007 (D4, D5 e D6) conectados em paralelo às bobinas.

O chaveamento das saídas foi realizado por meio de transistores NPN BC337 (Q1 a Q4), atuando como chaves eletrônicas entre o microcontrolador e as cargas simuladas. As bases desses transistores foram polarizadas com resistores de 2,2 kΩ (R1 a R4), garantindo condução eficaz sem sobrecarregar as saídas digitais do ESP8266. Já os LEDs, representando as cargas controladas, foram alimentados por uma fonte de 5 V através de resistores limitadores de 150

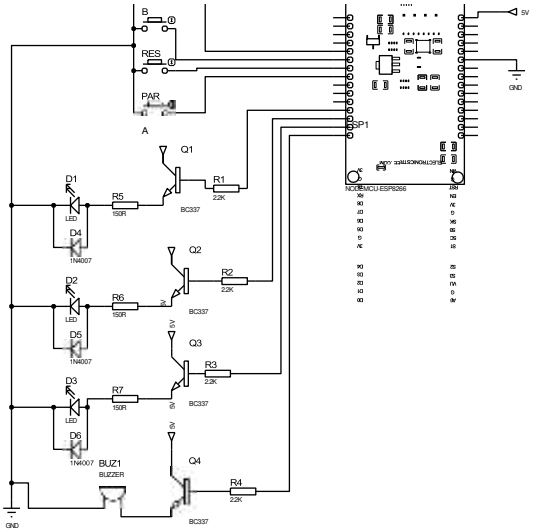
Ω (R5 a R7), conectados aos coletores dos transistores, assegurando proteção contra sobrecorrente e evitando a queima dos componentes. Um buzzer piezoelétrico de 5 V também foi incluído no circuito, com acionamento controlado via transistor, com a finalidade de emitir alertas sonoros em situações específicas, como na parada geral do sistema.

Além dos elementos de saída, foram incorporados quatro botões de controle (A, B, RES e PAR). Os dois primeiros são utilizados para acionamento manual das cargas 1 e 2, permitindo testes locais sem necessidade de interface remota. O botão RES permite o reset do circuito de proteção, restaurando o sistema ao estado inicial após uma condição de emergência. Já o botão PAR, dedicado à parada de emergência, atua como uma medida de segurança prioritária, desligando todas as saídas imediatamente, tanto por via física (com lógica diretamente no microcontrolador) quanto por interface web.

O esquema elétrico do circuito pode ser visualizado na Figura 1, que representa todos os elementos citados e suas interligações. A montagem foi realizada sobre uma protoboard padrão, utilizando fios jumper para facilitar a organização modular do sistema e permitir alterações rápidas durante a fase de testes. Essa abordagem se mostrou eficiente para verificar o funcionamento das interligações e identificar possíveis falhas na montagem.

A lógica de funcionamento do sistema foi programada na IDE Arduino, utilizando linguagem baseada em C/C++, com bibliotecas específicas para controle de GPIOs e comunicação Wi-Fi. Já a interface web foi construída em HTML básico, hospedada diretamente no microcontrolador, permitindo controle remoto individual das cargas, visualização do estado de cada saída e execução

Figura 1: Esquema elétrico do circuito



3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a montagem do protótipo em bancada, conforme o circuito previamente descrito, foi realizada a programação do microcontrolador ESP8266 com as funcionalidades de leitura dos botões físicos, controle das saídas e comunicação via Wi-Fi. A Figura 2 apresenta a montagem real do circuito, com os LEDs representando cargas simuladas e os demais componentes devidamente conectados na protoboard. Durante os testes, o sistema apresentou desempenho satisfatório nas operações previstas. Os botões físicos acionaram e desligaram os LEDs individualmente, simulando o controle de cargas, e a função de parada de segurança desligou todas as saídas simultaneamente. O tempo de resposta foi praticamente instantâneo, compatível com as expectativas para sistemas embarcados de controle direto (Farias et al., 2022).

A utilização de transistores NPN BC337 mostrou-se eficaz no chaveamento das cargas, permitindo controle estável e seguro. A polarização correta das bases, por meio dos resistores de 2,2 kΩ, garantiu a saturação completa dos transistores durante a condução, eliminando ruídos ou falhas de comutação. Os resistores limitadores de corrente nos LEDs protegeram os componentes e facilitaram a visualização do status de cada carga. A presença do buzzer agregou valor ao sistema, funcionando como alerta sonoro em cenários específicos, como o acionamento da parada de emergência. Esse tipo de feedback auditivo pode ser particularmente útil em ambientes com baixa visibilidade ou para usuários com necessidades especiais.

A comunicação Wi-Fi manteve-se estável ao longo dos testes, permitindo acesso contínuo à interface web por meio de dispositivos conectados à mesma rede local. A Figura 3 ilustra a interface desenvolvida, que apresenta o status das cargas e oferece controle remoto com botões para acionamento individual e parada geral. Esse tipo de solução, com acesso via navegador, tem sido amplamente adotado em projetos de automação pela praticidade e confiabilidade que oferece (Nunes et al., 2021). O sistema também demonstrou ser robusto diante de oscilações na rede: foram realizados testes simulando a queda momentânea da conexão Wi-Fi e, após o restabelecimento, o microcontrolador retomou o funcionamento normalmente, preservando o estado anterior das saídas.

A interface demonstrou-se responsiva e de fácil compreensão, com retorno visual imediato nos LEDs da bancada ao acionar os comandos na tela. Essa simplicidade operacional

é desejável em sistemas que envolvem segurança e resposta em tempo real. A experiência de uso foi avaliada como positiva, tanto no controle local quanto remoto, sem ocorrência de travamentos ou atrasos perceptíveis. Além disso, observou-se que o sistema apresentou boa imunidade a interferências, mesmo em ambiente com múltiplos dispositivos conectados à mesma rede sem fio.

Também foi possível validar a lógica de segurança implementada: ao acionar o botão PAR, todas as saídas foram desativadas instantaneamente, mesmo com comandos ativos na interface web, demonstrando que a prioridade da segurança foi corretamente programada no firmware. Já o botão RES atuou como reset físico do sistema, restaurando o circuito após uma parada, sem necessidade de reinicialização manual via software, o que torna a solução mais prática e segura.

De forma geral, os testes confirmaram que o sistema é funcional, confiável e adequado para aplicações que exijam controle remoto e segurança operacional. A montagem modular em protoboard facilitou a identificação e correção de pequenos ajustes durante os testes, mostrando-se ideal para a fase de validação. A futura substituição dos LEDs por relés de 5 V permitirá o acionamento de cargas reais, ampliando a aplicabilidade do projeto para ambientes industriais, residenciais e educacionais (Fernandes et al., 2021). Com a adição de sensores e integração com bancos de dados ou sistemas de notificação, o sistema poderá evoluir para aplicações mais complexas, como manutenção preditiva e automação residencial inteligente.

Figura 2: Montagem do circuito

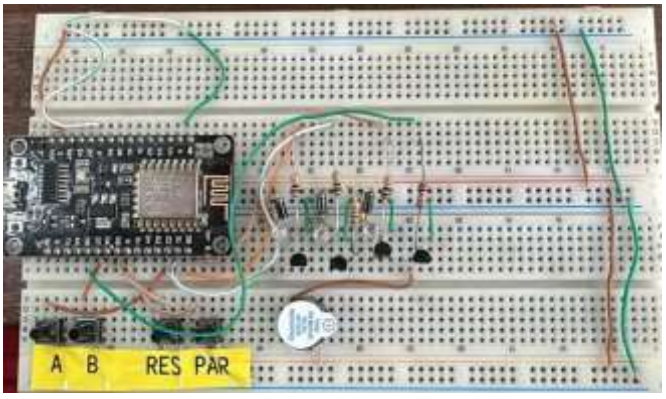


Figura 3: Interface WEB



4 CONCLUSÃO

O desenvolvimento e os testes do protótipo confirmaram a viabilidade técnica de um sistema de segurança e monitoramento baseado em ESP8266, com controle local por botões físicos e acesso remoto via interface web. O sistema demonstrou resposta rápida, estabilidade na comunicação e funcionalidade consistente, tanto no acionamento individual de cargas quanto na parada de segurança. A montagem em bancada, ainda utilizando LEDs como cargas simuladas, serviu como base sólida para validação do projeto, que poderá ser expandido com a inclusão de relés reais para controle de dispositivos de potência em aplicações residenciais, industriais ou educacionais. Os autores agradecem à Escola e Faculdade Fortec pelo apoio institucional, acadêmico e técnico, essencial para a realização deste projeto e para a consolidação dos conhecimentos adquiridos ao longo do curso.

5 REFERÊNCIAS

BARBOSA, L. S.; SILVA, M. R.; COSTA, P. A. Monitoramento de sistemas elétricos em tempo real utilizando redes sem fio. *Anais do Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente*, p. 123-130, 2020.

CARVALHO, R. M.; OLIVEIRA, S. L.; SOUZA, J. C. Automação e controle de sistemas elétricos utilizando dispositivos IoT. *Revista Brasileira de Engenharia Elétrica*, v. 10, n. 2, p. 150-165, 2022.

FARIAS, P. R.; LIMA, T. F.; PEREIRA, A. S. Tempo de resposta em sistemas embarcados de controle direto: uma análise comparativa. *Anais do Congresso Brasileiro de Automática*, p. 456-463, 2022.

FERNANDES, C. A.; GOMES, R. D.; LIMA, M. P. Aplicações de sistemas de monitoramento e controle remoto em ambientes industriais e residenciais. *Revista de Engenharia de Automação e Controle*, v. 8, n. 3, p. 210-225, 2021.

GOMES, A. F.; SANTOS, E. M.; OLIVEIRA, R. P. Desenvolvimento de um sistema de monitoramento e controle remoto baseado em ESP8266. *Anais do Simpósio Brasileiro de Computação Embarcada*, p. 321-328, 2019.

MENDES, L. A.; ROCHA, P. C.; BARROS, J. R. Automação de sistemas elétricos: tendências e desafios. *Revista de Automação e Sistemas*, v. 12, n. 1, p. 78-92, 2021.

NUNES, F. S.; COSTA, G. H.; PEREIRA, L. D. Interfaces web para controle e monitoramento de sistemas de automação. *Anais do Congresso Brasileiro de Informática na Educação*, p. 678-685, 2021.

OLIVEIRA, A. C.; FERREIRA, J. L. Tecnologias avançadas para proteção e monitoramento

de instalações elétricas. *Revista Brasileira de Energia Elétrica*, v. 9, n. 4, p. 320-335, 2022.

PEREIRA, S. R.; COSTA, M. A. Relés de proteção em sistemas elétricos: uma análise comparativa. *Anais do Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos*, p. 543-550, 2023.

RIBEIRO, D. F.; CASTRO, T. S. Capacidade de recuperação em sistemas de monitoramento contínuo. *Revista de Sistemas e Computação*, v. 15, n. 2, p. 180-195, 2023.

RODRIGUES, E. G.; ALVES, N. B.; MARTINS, R. T. Proteção de sistemas elétricos de grande porte: desafios e soluções. *Anais do Congresso Brasileiro de Redes Elétricas*, p. 234-241, 2020.

SANTOS, R. L.; PEREIRA, V. M.; ALMEIDA, C. N. Aprimoramento de sistemas de segurança para ambientes residenciais e comerciais. *Revista de Segurança Eletrônica*, v. 7, n. 1, p. 45-60, 2021.

SILVA, J. P.; RODRIGUES, M. F.; GONÇALVES, A. K. Tecnologias de monitoramento avançadas para instalações elétricas. *Anais do Simpósio Brasileiro de Qualidade da Energia Elétrica*, p. 112-119, 2019.

SOUZA, W. R.; ALMEIDA, L. F. Controle remoto de cargas em sistemas de segurança e monitoramento. *Revista de Eletrônica e Automação*, v. 11, n. 3, p. 280-295, 2023.