

MARIOT: Automação na Amazônia Ocidental

Angelo Maggioni e Silva¹, Estevão Emanuel Silva de Farias¹, Paulo Sócrates de Souza Pinheiro¹, Pedro Lucas Queiroz de Melo¹, Renato Souza do Nascimento Junior¹, Hélio Arthur Silva do Nascimento¹, Luiz Fernando Furtado de Assis¹, Fredson Gomes da Silva Junior¹

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Acre (IFAC) Caixa Postal 15.064 – 91.501-970 – Rio Branco – AC – Brasil

{juniorfredson5209, renatosdnjunior, estevaoemanuel470, furtadodeassis99, helioarthursilva, pedrolucasmelo5, paulosocratesdesouza}@gmail.com, {angelo.silva}@ifac.edu.br

Resumo. A crescente demanda por eficiência energética impulsiona a busca por soluções automatizadas para reduzir o consumo de eletricidade. Este artigo propõe um sistema para desligamento automático de aparelhos de ar-condicionado em prédios, visando otimizar o uso de energia e reduzir desperdícios. Este artigo descreve o sistema MARIOT com uso do equipamento inédito SRW-004 por meio de uma interface touch screen para gestão de aparelhos elétricos. Os resultados iniciais apontam uma economia 21,41% com eletricidade além de um custo de R\$ 45,00 por ambiente controlado sem intervenção na rede elétrica. A proposta visa otimizar o consumo energético e facilitar a gestão térmica do ambiente, reduzindo desperdícios e aumentando a eficiência operacional.

Abstract. The increasing demand for energy efficiency drives the search for automated solutions to reduce electricity consumption. This paper proposes a system for the automatic shutdown of air conditioning units in buildings, aiming to optimize energy use and minimize waste. The study presents the MARIOT system, which integrates the novel SRW-004 sensor with a touchscreen interface for managing electrical devices. Initial results indicate a 21.41% reduction in electricity consumption, with a cost of only R\$ 45.00 per controlled environment, without requiring modifications to the electrical network. The proposed solution enhances energy consumption optimization and facilitates thermal management, contributing to waste reduction and increased operational efficiency.

1. Introdução

O uso eficiente de sistemas de climatização em instituições de ensino é um desafio recorrente devido ao alto consumo energético. Muitas vezes, aparelhos de ar-condicionado permanecem ligados sem necessidade, resultando em desperdício de eletricidade e altos custos operacionais.

O consumo de energia elétrica tem aumentado exponencialmente devido à crescente demanda por dispositivos eletrônicos em residências, escritórios e indústrias. Grande parte dessa energia é desperdiçada por equipamentos que permanecem ligados ou em modo de espera (standby), consumindo eletricidade mesmo quando não estão em uso. Sabe-se que esse desperdício pode representar uma parcela significativa do

consumo total de energia elétrica, impactando não apenas os custos financeiros, mas também o meio ambiente (International Energy Agency – IEA, 2022).

A eficiência energética é um dos pilares fundamentais para a sustentabilidade e a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEEs). Segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), o setor de energia responde por aproximadamente 73% das emissões globais de CO₂, sendo que o uso ineficiente de eletricidade contribui para esse quadro (IPCC, 2021). Estratégias simples, como desligar equipamentos quando não estão em uso e utilizar dispositivos com tecnologia de baixo consumo, podem reduzir significativamente o desperdício energético (GELLINGS, 2020).

De acordo com a IEA, a adoção de medidas de eficiência energética poderia reduzir os custos globais de eletricidade em até 10%, beneficiando tanto consumidores individuais quanto o setor produtivo (IEA, 2021). Iniciativas governamentais, como programas de etiquetagem energética e incentivos fiscais para tecnologias eficientes, têm sido implementadas para estimular o uso racional da eletricidade (EPE, 2022).

Diante desse contexto, este artigo tem como **hipótese** que automatizar o desligamento de aparelhos de ar-condicionado pode (i) reduzir o consumo de energia elétrica mensal, (ii) preservar aparelhos condicionadores de ar ampliando a vida útil deles, (iii) reduzir o custo de manutenção e (iv) evitar incêndios (que aconteceram) causados por manutenção irregular.

Apesar de parecer incomum, é prática recorrente em algumas instituições deixar os aparelhos ligados mesmo em ambientes desocupados, seja por esquecimento, falta de controle centralizado ou ausência de políticas rigorosas de desligamento. Essa realidade foi observada no campus estudado.

Neste contexto, o **objetivo** do projeto MARIOT é propor um sistema de automação predial baseado em repetidores infravermelhos conectados a uma central de controle implantada em um Raspberry Pi 4 com Android para acionamento de dispositivos remotamente. Este projeto foi nomeado como MARIOT em homenagem póstuma ao Prof. Marilson Braga e a sigla IoT formando um acróstico.

2. Trabalhos Relacionados

Diversos sistemas de automação para controle de ar-condicionados já foram propostos, cada um com abordagens distintas. Nesta seção, comparamos o MARIOT com três soluções existentes, destacando seus diferenciais e limitações.

2.1. PLC

Farias et al. (2022) desenvolveram um sistema de automação utilizando Arduino e Power Line Communication (PLC), uma tecnologia que transmite dados através da rede elétrica existente, permitindo o envio de comandos sem necessidade de cabeamento adicional. Esse método reduz custos de infraestrutura, mas depende da qualidade do cabeamento elétrico do local. O MARIOT se diferencia ao utilizar infrared (IR) e RF

(Rádio Frequência), uma tecnologia de comunicação sem fio de curto alcance, possibilitando uma instalação mais flexível e sem interferências da rede elétrica.

2.2. SAIR

Santos et al. (2022) apresentaram o SAIR, que controla iluminação e ar-condicionado via IoT e CloudMQTT. O sistema permite comandos remotos e automação baseada em sensores de temperatura e presença, mas depende de uma conexão Wi-Fi estável. O MARIOT, por outro lado, pode operar com Internet instável e sem configuração prévia, tornando-se uma solução mais robusta para locais com infraestrutura de rede limitada.

2.3. ARCO-IoT

Andrade et al. (2020) propuseram o ARCO-IoT, que também usa ESP32 (microcontrolador com conectividade Wi-Fi e Bluetooth, utilizado em aplicações embarcadas).e IoT para monitorar e controlar ar-condicionados. O sistema captura sinais infravermelhos dos controles remotos e permite acionamento remoto via web, além de desligamento automático com sensores de presença. Embora semelhante ao MARIOT no uso de IR, o ARCO-IoT depende da conectividade Wi-Fi e de uma API (Interface de Programação de Aplicações), enquanto o MARIOT pode operar sem necessidade de servidores externos. Abaixo segue a Tabela 1 com o resumo dos principais trabalhos relacionados.

Tabela 1. Comparativo de trabalhos relacionados com MARIOT (proposta).

Característica	PLC	SAIR	ARCO-IoT	MARIOT
Plataforma de Controle	Arduino MEGA com Ethernet Shield	ESP32.	ESP32.	Raspberry Pi 4.
Comunicação	PLC (rede elétrica)	Wi-Fi+Cloud MQTT	Wi-Fi + API Web	Wi-Fi ou RF
Automação	Sensores de temperatura e presença.	Controle remoto via interface web.	Sensores de temperatura e presença, desligamento automático.	Programação de horários, controle remoto.
Interface de Gerenciamento	Aplicação Web.	Aplicação Web.	ARCO-Web.	Aplicação Android/Web.

Alcance da Comunicação	Limitado pela infraestrutura elétrica.	Dependente de Wi-Fi e nuvem.	Dependente de Wi-Fi e API.	Dependente de Wi-Fi.
Facilidade de Instalação	Exige integração com rede elétrica existente.	Conectividade via Wi-Fi e nuvem.	Exige configuração da API e Wi-Fi.	Plug and Play.

3. Metodologia

O desenvolvimento do MARIOT foi realizado por **alunos do curso técnico integrado ao ensino médio** em informática para internet, redes de computadores, um aluno do **ensino superior** em Sistemas para Internet e financiado pelo Instituto Federal do Acre (IFAC). Inicialmente os alunos participaram do curso "*Tecnologias Disruptivas e Inovação*" em 2024 com carga horária de 200h adquirindo conhecimentos sobre Fabricação Digital (Impressão 3D e CNC Laser), Robótica I, Empreendedorismo, Economia e Indústria 4.0 dentre outros módulos. Destacamos a Indústria 4.0 por transformar processos produtivos globais, utilizando tecnologias como IA, IoT, robótica avançada, big data, manufatura aditiva e computação em nuvem para aumentar eficiência, flexibilidade e conectividade (Santos et al., 2018).

Como resultado deste curso os alunos egressos foram orientados a desenvolver o sistema MARIOT para aumentar a eficiência energética do IFAC, automatizando os aparelhos de ar condicionado do Instituto. Este trabalho destaca de **maneira inédita** o uso do equipamento SRW-004, um controle remoto infravermelho Wi-Fi inteligente, com custo a partir de R\$ 45,00 por ambiente monitorado (R\$ 15,00 carregador + R\$ 30,00 do equipamento). O sistema consiste em hardware de baixo custo capaz de receber um comando via Wi-Fi e convertê-lo em um sinal infravermelho conforme Figura 1.



Figura 1. Visão geral de um usuário interagindo com o sistema.

De forma sucinta, o usuário programa o horário de funcionamento dos aparelhos de ar condicionado e a central envia o comando no horário predeterminado. Quando o

dispositivo SRW-004 recebe o comando ele converte em infravermelho e retransmite aos condicionadores de ar da sala.

O equipamento utilizado conecta-se na Wifi e retransmite o sinal com consumo em stand-by menor que 0,3 watts, tensão de entrada 5V DC, conecta-se Wi-Fi 2.4GHz 802.11 b/g/n, pesa 30g e possui dimensões de 68x68x19,5mm conforme pode ser visto na Figura 2.



Figura 2. Controle remoto infravermelho Wi-Fi modelo SRW-004.

O equipamento é compatível com aplicativos *Smart Life*, *Tuya Smart* ou *Nova Digital* instalados em um dispositivo Android conforme Figura 3. Todos os aplicativos estão disponíveis em lojas de aplicativos.



Figura 3. Interface do Aplicativo.

Destacamos que houve a necessidade de criar um suporte para fixação do equipamento no teto das salas conforme Figura 4. O suporte em sua versão atual é impresso utilizando uma impressora 3d modelo Bambu gastando 6g de filamento ABS com duração total de 6m para impressão. Todo projeto está disponível no site <https://www.thingiverse.com/thing:6974188>.

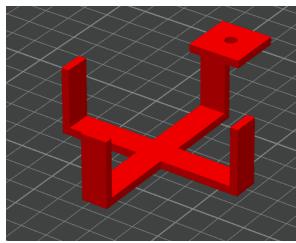


Figura 4. Suporte do equipamento infravermelho modelado na impressora 3D.

Optamos por utilizar um Raspberry Pi 4 para instalação do software *Nova Digital* (disponível na Play Store) à um celular como interface de operação pois o Raspberry Pi 4 é um microcomputador altamente versátil, amplamente utilizado em projetos de automação e IoT devido ao seu desempenho e custo-benefício. Ele conta com um processador quad-core ARM Cortex-A72 de 64 bits, clock de até 1,5 GHz com 8GB de RAM LPDDR4, proporcionando alto poder de processamento para aplicações embarcadas. Além disso, possui duas portas micro-HDMI, duas USB 3.0 e duas USB 2.0, conectividade Wi-Fi dual-band (2,4 GHz e 5 GHz), Bluetooth 5.0 e porta Gigabit Ethernet. Sua porta GPIO de 40 pinos possibilita o controle direto de sensores e atuadores, sendo essencial para aplicações futuras deste projeto.

A integração do Raspberry Pi 4 com um display LCD touchscreen de 7" e o sistema operacional Android amplia suas funcionalidades para aplicações com interface gráfica interativa. O display LCD touch relativamente grande facilita a navegação dos usuários dispensando periféricos adicionais como teclado e mouse. O Android, por sua vez, permite o desenvolvimento, teste e uso de aplicativos desenvolvidos pelos alunos de maneira fácil e intuitiva, como aqueles feitos na IDE *MIT App Inventor* (MIT, 2025). O uso de um Raspberry Pi 4 com Android aponta ser uma solução eficiente e de baixo custo, permitindo fácil manutenção e escalabilidade do sistema.

Todo o sistema não interfere na rede elétrica do prédio, não sendo necessário interferir no circuito dos aparelhos de ar condicionado. Além disso, o aplicativo conecta-se ao Wi-Fi disponível à comunidade, transpondo o firewall Pfsense, respeitando todos os limites de velocidade e bloqueio impostos pelo servidor conforme regras institucionais.

Em ambientes onde não há disponibilidade de Wi-Fi, o sistema pode ser adaptado para operar por meio de redes RF locais ou agendamento offline pré-configurado, mas essas alternativas ainda estão em fase de teste e não integram a versão atual implantada.

A princípio as regras de automação serão configuradas conforme horário de aulas a ser divulgado em meados de março/2025 e o início do período de testes previstos para junho/2025 concomitante com o início das aulas.

4. Resultados e Discussão

As estimativas preliminares, baseadas na simulação dos horários reais de uso das salas, indicam que o sistema MARIOT pode reduzir significativamente o tempo em que os aparelhos permaneçam ligados sem necessidade. Os testes estão previstos para junho de 2025.

Atualmente o custo de energia elétrica pode ser visto na Tabela 2. Em um cenário tradicional, os aparelhos de ar condicionado permanecem em funcionamento durante todo o dia, sem considerar a ocupação real das salas, o que resulta em desperdício de energia, principalmente em períodos em que os ambientes estão desocupados. Atualmente o edifício contém 23 salas, onde o ar condicionado opera de forma contínua das 7h às 22h, o custo médio mensal de energia elétrica é de aproximadamente R\$ 39.346,90.

Tabela 2. Custo de energia predial atual

Mês	Custo
Janeiro/2025	R\$ 39.946,52
Dezembro/2024	R\$ 31.971,72
Novembro/2024	R\$ 36.988,07
Outubro/2024	R\$ 48.481,28

Em um cenário hipotético, considerando o horário de uso das salas vigente (2024) a implementação do sistema de automação passa a ser ajustada de acordo com a ocupação das salas. Em oito salas, que permanecem vazias durante o período vespertino, os aparelhos são programados para desligar das 12h20 às 13h30 e das 18h às 19h. Já em duas salas, a automação desliga os aparelhos durante o período noturno, das 22h às 7h. Essas mudanças permitem uma redução significativa no tempo de operação dos sistemas de climatização, levando a uma economia de energia elétrica.

Ao calcular os custos de energia com base no novo cenário de funcionamento, os resultados previstos indicam uma economia mensal de R\$ 8.032,90 considerando R\$ 2,25 o kWh. O custo total previsto de energia com a automação para as 23 salas passará de R\$ 39.346,90 para R\$ 31.314,00, representando uma economia aproximada de 21,41% com eletricidade.

Esses resultados evidenciam o potencial da automação predial não apenas para a redução de custos operacionais, mas também para a promoção de uma **gestão energética mais sustentável**.

5. Conclusão

Buscamos neste artigo validar nossa metodologia para iniciar os testes reais e posterior evolução do sistema incluindo automação da iluminação, abertura e fechamento de portas por meio de credenciais com NFC e monitoramento de presença utilizando sensores de movimento. O sistema MARIOT apresenta-se como uma solução viável para otimização do consumo de energia, garantindo maior controle e automação dos sistemas de climatização. Espera-se ainda incubar a ideia no formato de Startup para fomentar o empreendedorismo e movimentar a economia da Região Norte. Agradecemos ao Instituto Federal do Acre.

Referências

- GELLINGS, C. W. *Efficient Use and Conservation of Energy*. CRC Press, 2020.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). *World Energy Outlook 2022*. Paris: IEA, 2022.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Cambridge University Press, 2021.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). *Relatório Anual de Eficiência Energética no Brasil*. Brasília: EPE, 2022.
- FARIAS, R. A. et al. Aplicação Web para automação de ar-condicionado via integração das tecnologias Arduino e Power Line Communication. 2022.
- SANTOS, J. F. et al. SAIR: Sistema Automatizado de Iluminação e Refrigeração. 2022.
- SANTOS, Beatrice Paiva et al. Indústria 4.0: desafios e oportunidades. Revista Produção e Desenvolvimento, v. 4, n. 1, p. 111-124, 2018.
- ANDRADE, G. E. et al. Dispositivo de IoT para Monitoramento e Controle Remoto de Condicionadores de Ar. 2020.
- MIT APP INVENTOR. MIT App Inventor. Disponível em: <https://appinventor.mit.edu>. Acesso em: 9 mar. 2025.