

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
RONDÔNIA *CAMPUS* PORTO VELHO CALAMA  
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA DE CONTROLE E  
AUTOMAÇÃO**

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT NO  
DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO**

**OSNI BRILHANTE DE FARIAS NETO**

**PORTO VELHO/RO**

**2026**

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT NO  
DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO**

**OSNI BRILHANTE DE FARIAS NETO**

Artigo publicado como Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), Câmpus Porto Velho Calama, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Controle e Automação, sob a orientação do professor Rafael Pissinati de Souza.

Aprovado em: **26/03/2026** pela banca examinadora.

---

Eduardo Araujo de Sousa  
Coordenador

---

Rafael Pissinati de Souza  
Orientador

**PORTO VELHO/RO**

**2026**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Gerador de Ficha Catalográfica do IFRO.

Santos, Jeanderson Ferreira dos.  
Módulo Didático: Sistema Barra-Bola / Jeanderson Ferreira dos Santos. - Porto Velho, 2025.  
10 f. : il.

Orientador(a): Prof. Dr. Kariston Dias Alves.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Controle e Automação) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO, Porto Velho, 2025.

1. PID controller. 2. Ziegler-Nichols. 3. Ball-and-Beam system. I. Alves, Kariston Dias (orient.). II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO. III. Título.

**Bibliotecário(a) Responsável:** Miria Santana Veiga, CRB-11/898

# APLICAÇÃO DA METODOLOGIA QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT NO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO

Engenharias, Volume 30 - Edição 154/JAN 2026 / 13/01/2026

APPLICATION OF THE QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT  
METHODOLOGY IN IOT PRODUCT DEVELOPMENT

REGISTRO DOI: 10.69849/revistaft/cs10202601130932

Osni Brilhante de Farias Neto<sup>1</sup>

Rafael Pissinati de Souza<sup>2</sup>

## Resumo

Com o avanço constante da tecnologia, a *internet of things (IoT)* está se tornando cada vez mais integrada ao nosso cotidiano, com soluções no âmbito da domótica e até mesmo na indústria. Visando otimizar o processo e elevar a comodidade, este projeto consiste em aplicar a metodologia da casa da qualidade a fim de desenvolver um sistema de supervisão para utilização em instituições de ensino para que os docentes possam comandar remotamente os equipamentos das salas de aulas e/ou laboratórios utilizados. Desta forma, elevando o conforto e diminuindo o gasto de energia em eventuais esquecimentos, além de evitar o deslocamento até ao ambiente em questão para comandar os equipamentos. Utilizando a linguagem Python aplicada a programação junto a biblioteca *KivyMD* para construção da interface, o protocolo *MQTT*

associado a placa de prototipagem *NodeMCU* para interpretação e envio dos comandos aos equipamentos por meio de sinais infravermelhos ou via comando digital com o seccionamento de um circuito de comando. O desenvolvimento deste sistema foi dividido em quatro fases para separar de maneira clara e estruturada as etapas de concepção, implementação, integração e validação, garantindo assim uma abordagem organizada e eficaz no processo de criação do produto e aplicação da metodologia.

**Palavras-chave:** Casa da Qualidade. Desenvolvimento. IoT.

## 1. INTRODUÇÃO

A automação de ambientes tem se mostrado uma solução eficiente para promover conforto, economia de energia e facilitar a gestão de recursos em diferentes contextos. Em especial, instituições de ensino possuem diversos processos e sistemas passíveis de melhoria. Desta forma, mesmo atividades simples da rotina dos colaboradores possuem a capacidade de serem otimizadas. Como por exemplo, o uso de equipamentos como ar-condicionado e projetores de vídeo. Nesse cenário, a integração de hardware com capacidade de comunicação em rede e sistemas de software baseados no conceito de Internet das Coisas (IoT) se apresenta como uma abordagem promissora.

O consumo e a otimização de energia são fatores decisivos para o desenvolvimento de novos produtos e soluções. Pois a energia elétrica é um recurso essencial e com demanda em constante crescimento. Segundo o Relatório Síntese do Balanço Energético Nacional, elaborado e publicado anualmente pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2024), o consumo final de eletricidade no país em 2023 cresceu 5,2%. Os setores que mais influenciaram nesse crescimento foram o segmento Residencial, seguido pelo Comercial e Industrial. Este crescimento está direto ou indiretamente relacionado a dois aspectos: à maneira como os equipamentos são utilizados e aos novos dispositivos tecnológicos disponibilizados no mercado. Ressalta-se que, em razão do cenário

pandêmico, houve uma ampla adoção do regime de home office, bem como um significativo avanço no desenvolvimento de criptomoedas e inteligências artificiais.

O consumo de energia tende a aumentar devido a diversos fatores. Diante disso, é fundamental buscar constantemente novas perspectivas para analisar as rotinas de consumo, tanto no setor industrial quanto no residencial. Essa abordagem permite otimizar processos, visando ganhos de eficiência e a redução de desperdícios.

Realizando a análise de processos, podemos observar diversas oportunidades de desenvolvimento e otimização, principalmente no âmbito da automação e prototipagem. O universo de possibilidades se eleva em linha com o avanço tecnológico e a disponibilidade de recursos. Conseqüentemente, as ferramentas e produtos utilizados fora do segmento industrial se tornarão progressivamente mais complexas.

## **2. METODOLOGIA E DESENVOLVIMENTO**

Visando uma abordagem direcionada para o desenvolvimento de produto, foram simuladas as necessidades do cliente com base nas experiências e observações adquiridas durante a vida acadêmica. Para melhor adequação do produto ao mercado, é necessário realizar a idealização em conjunto ou na perspectiva do cliente. Dito isto, o cliente para este projeto é representado por instituições de ensino que possuem salas de aula equipadas com um projetor de vídeo e uma central de ar-condicionado. Logo, o projeto tem como campo de aplicação as instituições, tanto públicas quanto privadas, que possuem estes equipamentos.

Para manter o resultado alinhado com as expectativas do cliente, se faz necessário adotar metodologias compatíveis com o desenvolvimento praticado. Desta forma, adotamos a utilização da ferramenta conhecida como Casa da Qualidade (QFD) para uma melhor gestão e organização

no desenvolvimento. Vale ressaltar que o processo se divide em quatro fases:

## FASE 01

Nesta etapa, foram realizadas algumas interações com o cliente visando identificar quais necessidades e o respectivo grau de significância de cada tópico para com o produto final. Desta forma, foram obtidos os dados e elaborado a tabela de requisitos do cliente, representada abaixo pela Tabela 1:

*Tabela 1: Tabela apresentando os requisitos do cliente enumerados e classificados por grau de significância em uma escala de um a cinco.*

REQUISITOS DO CLIENTE						
ID	REQUISITOS	GRAU DE SIGNIFICÂNCIA				
		1	2	3	4	5
1	CADASTRAR E DESCADASTRAR EQUIPAMENTO					x
2	REGISTRAR OS COMANDOS ENVIADOS				x	
3	BAIXO CUSTO				x	
4	REPLICÁVEL				x	
5	APLICAVEL EM QUALQUER DISPOSITIVO			x		
6	FACILIDADE NA UTILIZAÇÃO			x		
7	TELA DE CONFIGURAÇÃO DO BROKER		x			
8	FUNCIONAR NA WEB		x			
9	FUNCIONAR NO TELEFONE	x				
$\Sigma$	-	1	2	2	3	1

Fonte: Autoria Própria

Com base nos pontos pautados e definidos pelo cliente, dispostos na Figura 1, foram definidos cinco requisitos identificados como essenciais e que abrangem as necessidades do produto. Estes requisitos incluem o controlador, o meio de comunicação, a interface, a caixa de proteção e o sinal de comando. Para selecionar qual tecnologia melhor se adéqua no desenvolvimento de cada necessidade citada, foi construído a tabela de requisitos do produto, representado pela Tabela 2, onde estão destacados

quais itens foram selecionados para a implementação. Das opções, foram escolhidas aquelas que atendem aos requisitos e que, além disso, facilitam a evolução no desenvolvimento.

*Tabela 2: Tabela apresentando os requisitos do produto enumerados e dispendo de quatro opções de tecnologias onde se encontra destacado em verde as tecnologias adotadas.*

REQUISITOS DO PROTUDO					
ID	REQUISITOS	OPÇÕES			
		1	2	3	4
1	CONTROLADOR	Arduino	<b>NodeMCU</b>	ESP01	CLP
2	MEIO DE COMUNICAÇÃO	<b>Wi-Fi</b>	Ethernet	Eduroam	Rádio
3	INTERFACE	Elipse E3	Dash/Shell	Hardware	<b>Python</b>
4	CASE DE PROTEÇÃO	Caixa de Passagem	Embutir no Eq.	<b>Acrílico</b>	Impressão 3D
5	COMANDO	<b>Emissor de IR</b>	<b>Sinal Digital - Relé</b>	Adaptação no Equipamento	Adaptação no Controle
$\Sigma$	5	-	-	-	-

Fonte: Autoria Própria

Desta forma, podemos analisar a fundamentação teórica do projeto, e com isso, compreender de maneira objetiva a última etapa teórica que antecede o desenvolvimento prático, a pesquisa de anterioridade. Esta etapa, por sua vez, possibilita a identificação de produtos ou projetos similares previamente desenvolvidos por terceiros. Após executada a pesquisa, através do guia prático para buscas de patentes disponibilizado pelo Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI, 2024), constatou-se que, referente ao escopo de aplicação, não constam patentes depositadas. Desta forma, o trabalho teve seguimento conforme a idealização inicial.

## FASE 02

Após a análise das necessidades, foram definidos quais tecnologias e métodos serão utilizados no desenvolvimento. Para execução das etapas e avanço contínuo do projeto, foi adotado a divisão por sprints de uma

semana com o objetivo de atribuir a devida atenção para cada tarefa e avançar de maneira fluida entre as fases do projeto. A Tabela 3 apresenta o cronograma proposto, onde se encontra destacado a lista de atividades juntamente com sua respectiva fase de projeto e tempo atribuídos.

*Tabela 3: Tabela apresentando a lista de atividades enumeradas, divididas por fase do projeto e relacionada com a quantidade de sprints necessárias para a conclusão.*

Cronograma de Desenvolvimento do Produto - RMSAE																
ID	FASES DO PROJETO	ATIVIDADE	SPRINT													
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	1	Idealização e Concepção do Projeto	█													
2		Pesquisa de Anterioridade		█												
3		Seleção das Tecnologias e Materias			█											
5	2	Elaboração da Arquitetura do Sistema				█										
4		Definição do Esquema Elétrico					█									
6	3	Desenvolvimento do Protótipo - Software						█	█							
7		Desenvolvimento do Protótipo - Hardware								█	█					
8		Teste de Integração										█	█			
9	4	Correção de Bugs											█	█		
10		Modelagem do Protótipo												█	█	
11		Documentação do Projeto														█
Σ	-	11														

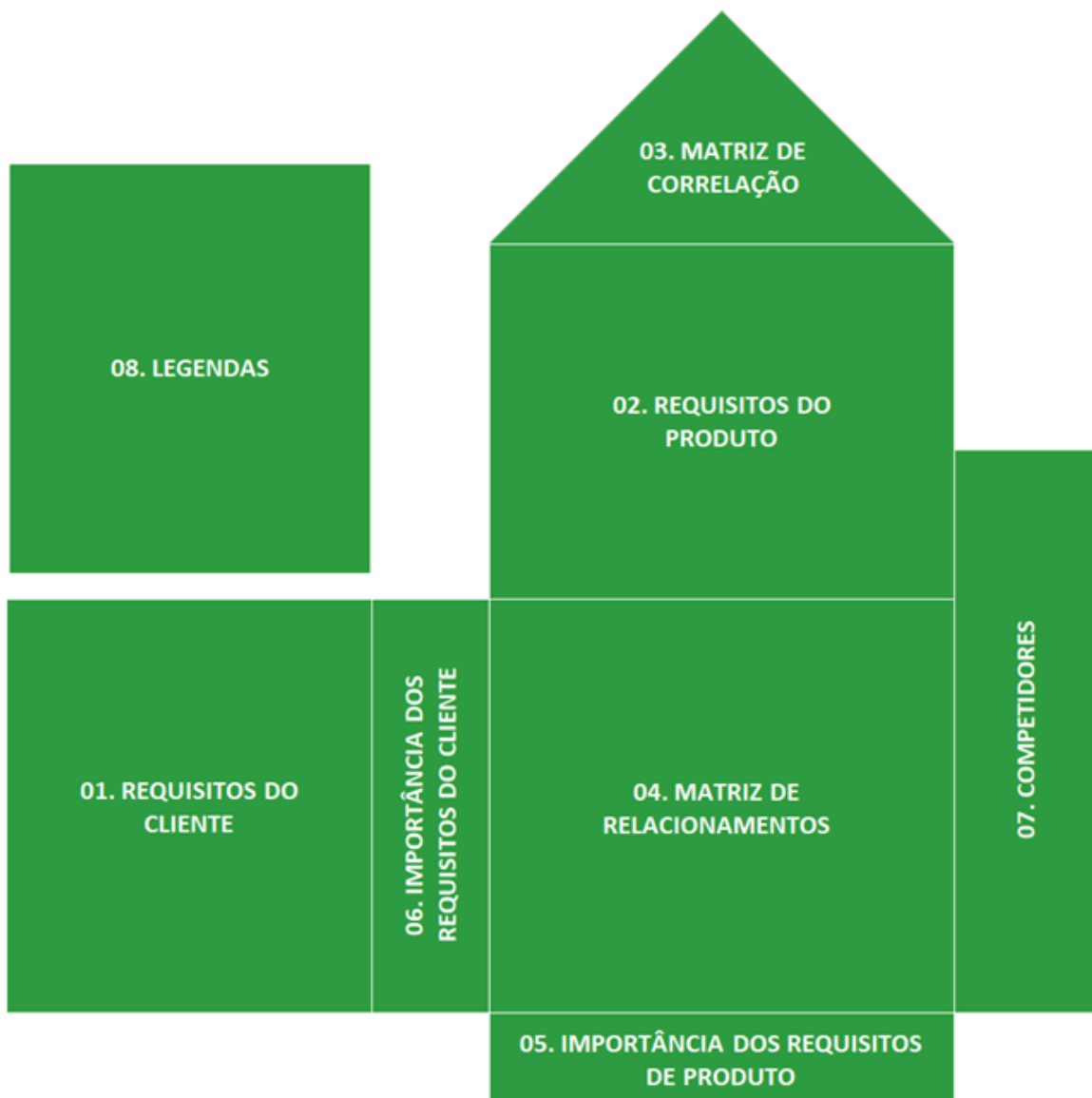
Fonte: Autoria Própria

Conforme o decorrer do desenvolvimento, comumente surgem situações que necessitam optar por uma solução diferente da identificada inicialmente. Para que essas decisões sejam objetivas e atendam o escopo original do projeto, foi utilizado a ferramenta de gerenciamento da qualidade chamada de *House of Quality*, conhecida também como Casa da Qualidade ou Matriz QFD. Os ganhos ao utilizar essa técnica para a tomada de decisão englobam desde a facilidade na comunicação entre a equipe quanto à agilidade na tomada de decisão, de modo que o projeto não saia do escopo idealizado.

A matriz QFD pode ser facilmente construída seguindo as etapas e orientações dispostas no livro *The Quality Function Deployment Handbook* (COHEN; PAINE, 2001). Por sua vez, a matriz QFD pode ser dividida em oito itens, onde cada item se integra para representar da melhor forma as necessidades do cliente e relacioná-las às características

do produto e suas respectivas relações com os demais fatores que integram o produto. O conjunto de informações construídas, na fase anterior, compõem os itens um e dois da matriz conforme ilustrado na Figura 1.

*Figura 1: Representação com figuras geométricas sólidas e com legendas enumeradas para simplificação da leitura e entendimento do quadro QFD.*



*Fonte: Autoria Própria*

À primeira vista, a casa da qualidade é complexa devido a sua variedade de informação e formas geométricas dispostas por toda a parte. Porém,

uma vez que a casa da qualidade é construída, funcionará como um guia no decorrer do projeto e auxiliará na tomada de decisões.

Ao relacionar as necessidades identificadas com as características do produto, é possível obter a matriz de relacionamentos, representada pelo item quatro na Figura 1. Onde cada interação será classificada de acordo com seu nível de influência. Já os itens cinco e seis, ressaltam a importância e apresentam a distribuição da relevância de cada tópico, a fim de facilitar qualquer priorização ou tomada de decisão.

Já o item sete, se trata de uma avaliação direta aos produtos presentes no mercado que atendam a função primária proposta. Vale ressaltar, que no desenvolvimento de qualquer produto é de fundamental importância a análise de mercado. Pois, em determinados cenários, poderá ser possível alcançar o objetivo simplesmente promovendo uma pequena melhoria em um produto já existente ou adotando a solução disponível. Outra maneira de utilizar o item sete, se dá no desenvolvimento de produtos com o objetivo de rivalizar com o mercado. Essa visão competitiva é de extrema importância para elaborar produtos mais eficientes e com maior valor percebido. Como podemos observar, a aplicação da Casa da Qualidade permite identificar as necessidades do cliente e compará-las com o desempenho dos concorrentes. Essa ideia segue em linha com o pensamento estratégico de Sun Tzu, que defendia que conhecer bem tanto as próprias capacidades quanto as do adversário é essencial para alcançar resultados favoráveis (TZU, 2007).

Para consolidar o entendimento, abaixo se encontra disposto a Figura 2, contendo as relações de cada tópico conforme análise dos dados previamente apresentados na Tabela 1 e na Tabela 2.

*Figura 2: Casa da Qualidade – QFD elaborada a partir dos dados e objetivos apresentados no decorrer deste artigo.*

Matriz de Correlação	
++	Fortemente Positiva
+	Positiva
-	Negativa
--	Fortemente Negativa
	Sem Atribuição

Matriz de Relacionamento		
⊙	Forte	9
○	Médio	3
△	Fraco	1
	Sem Atribuição	0

	Classificação de Importância do Cliente (1 = baixa, 5 = alto)	Porcentagem de classificação de importância do cliente	Porcentagem de classificação de importância do cliente							Competidor	
			Configuração do Broker	Compatibilidade dos Dispositivos	Interface Remota	Interface Física	Custo de Implantação	Velocidade de Comunicação	Limite de Dispositivos	Elipse E3	Siemens
Multiplataforma	3	11%			○		△			4	4
Baixo Custo	4	14%	○	⊙		⊙	⊙	△	○	2	1
Replicável	4	14%	△		△	○	○			3	3
Fácil de Usar	3	11%	△	○	⊙	⊙				4	4
Funciona via Web	2	7%	△		⊙		△			5	5
Funciona pelo Telefone	1	4%			⊙					4	1
Tela de Configuração do Broker	2	7%	○		⊙					3	3
Tela de Cadastro de Equipamento	5	18%			⊙				△	2	2
Registro de Eventos	4	14%			⊙					5	5
<b>Classificação de Importância</b>			2	5	5	4	3	2	1		
<b>Porcentagem de Importância</b>			9%	23%	23%	18%	14%	9%	5%		

Fonte: Autoria Própria

### FASE 03

Nesta fase, o principal objetivo é construir a solução previamente idealizada e registrada na casa da qualidade. Dessa maneira, dá-se início às atividades com a confiança de que será possível seguir o caminho de melhor solução e evitar discussões prolongadas causadas por alterações não previstas oriundas de diferentes segmentos, como a escassez de matéria-prima, mudanças no ambiente de aplicação, necessidade de atender a novas normas, entre outros fatores.

Ao separar a construção prática do produto de maneira objetiva, é possível dividir as principais entregas desta etapa em duas, o *software* e o *hardware*:

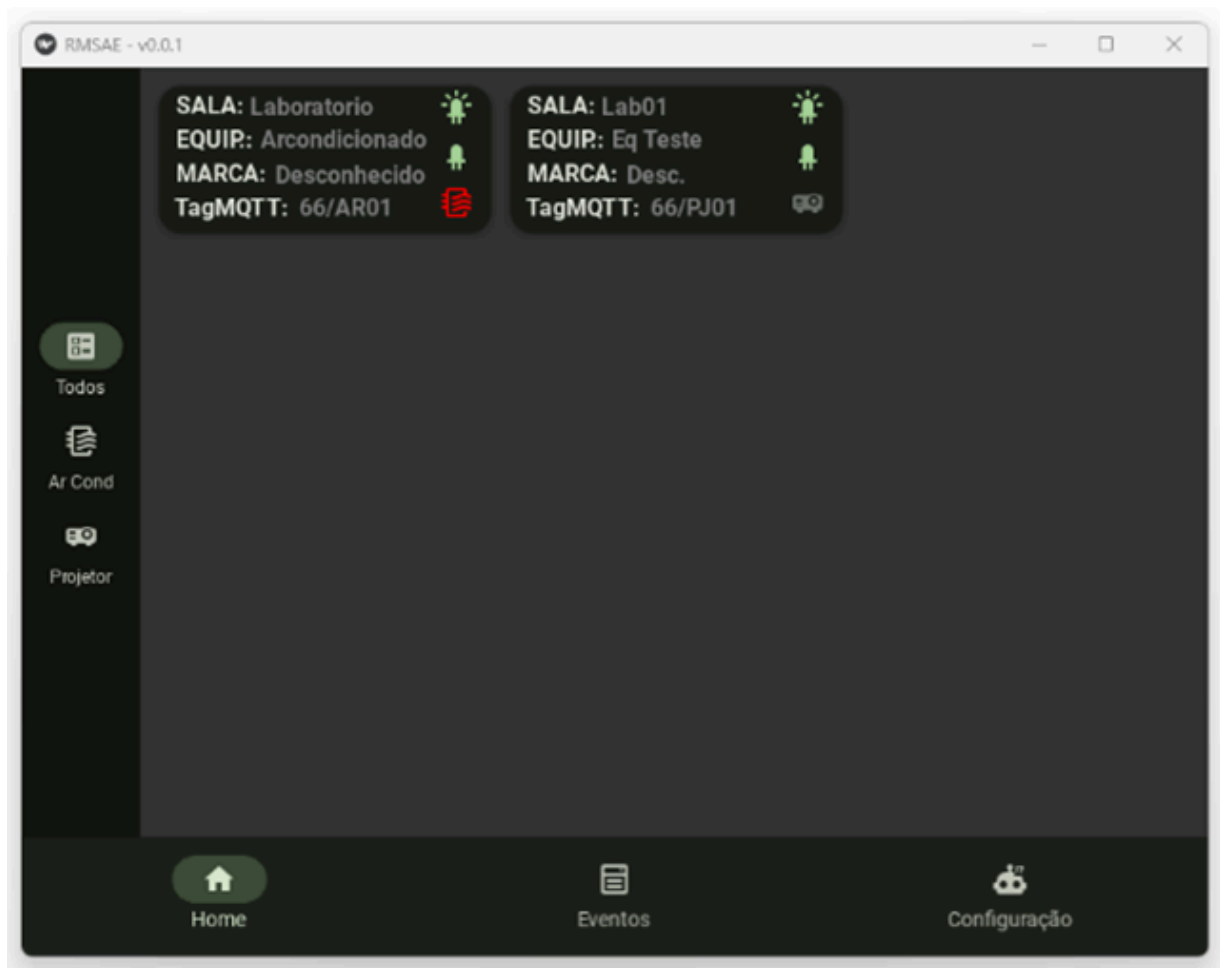
## **1. Desenvolvimento do Software**

De acordo com Oorschot, Bertrand e Rutte (2001), os atrasos em projetos de desenvolvimento de *front-ends* para novos produtos geralmente estão relacionados a prazos superestimados, instabilidade nas etapas do projeto e dificuldades de integração entre as equipes envolvidas.

Para atender as especificações e concluir o software dentro do prazo proposto, se faz necessário a elaboração de uma aplicação que apresenta telas com funções para utilização do usuário, configuração do broker, adição ou remoção dos equipamentos e registro dos comandos enviados. Com esta premissa em mente, foi iniciado a construção de um software básico, mas objetivo, para permitir o correto funcionamento do sistema e integração ao hardware.

A tela inicial do sistema possui a lista de dispositivos monitorados seguidos de alguns dados individuais de cada equipamento, conforme apresentado na Figura 3.

*Figura 3: Tela inicial do software de supervisão contendo dois equipamentos cadastrados e apresentando respectivamente o estado de ligado na cor vermelha e desligado na cor cinza.*

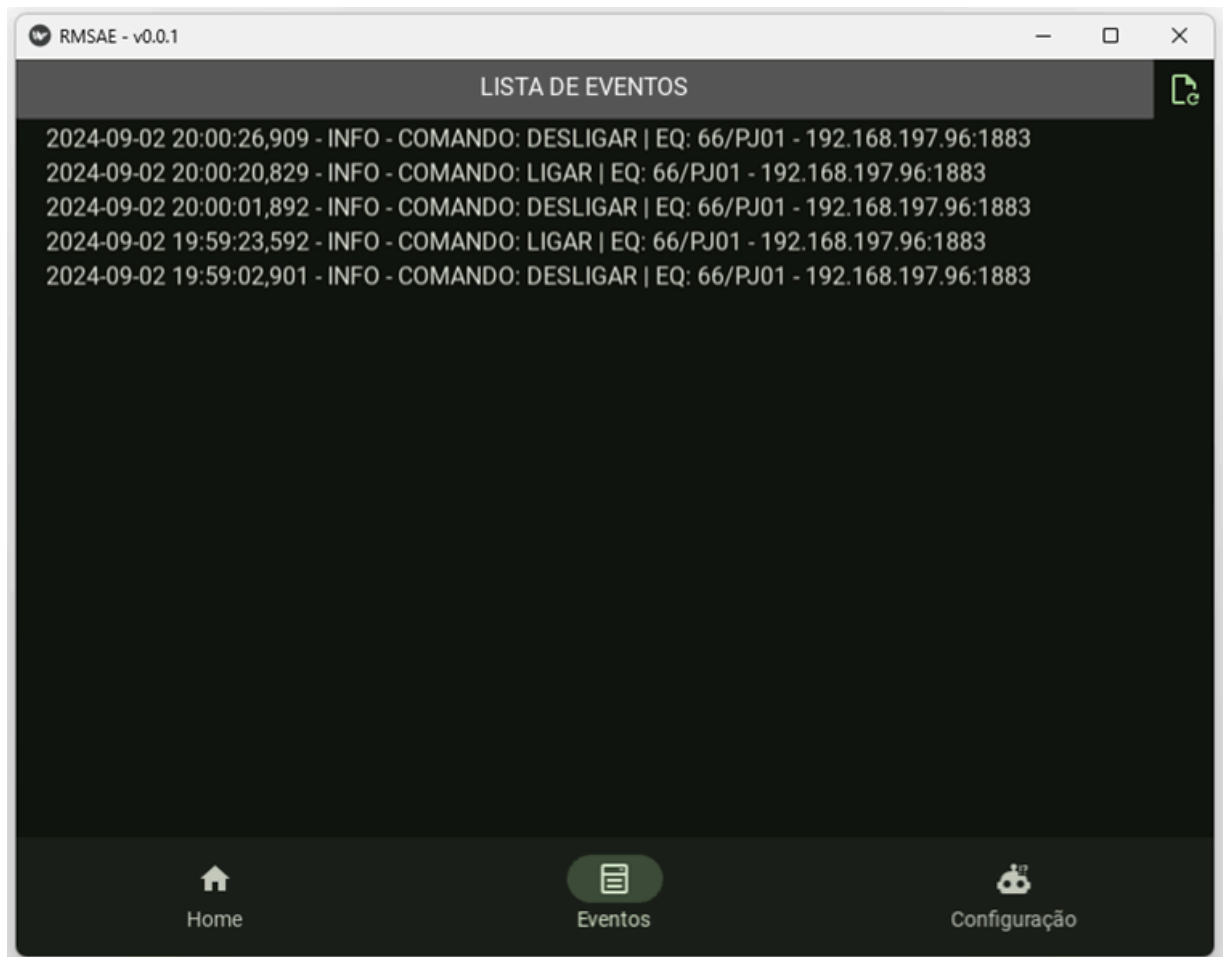


*Fonte: Autoria Própria*

O menu lateral, localizado à esquerda da tela principal, apresenta os filtros para facilitar a localização dos equipamentos a serem comandados. Contando com a opção de visualizar somente os equipamentos de uma determinada classe ou a visualização de todos os dispositivos.

Na tela inicial, encontra-se o menu de navegação, localizado na parte inferior, por meio do qual é possível selecionar entre as telas disponíveis, como, por exemplo, a tela de eventos registrados, apresentada na Figura 4.

*Figura 4: Tela de eventos do software de supervisão contendo diversos registros de comandos processados pela interface.*

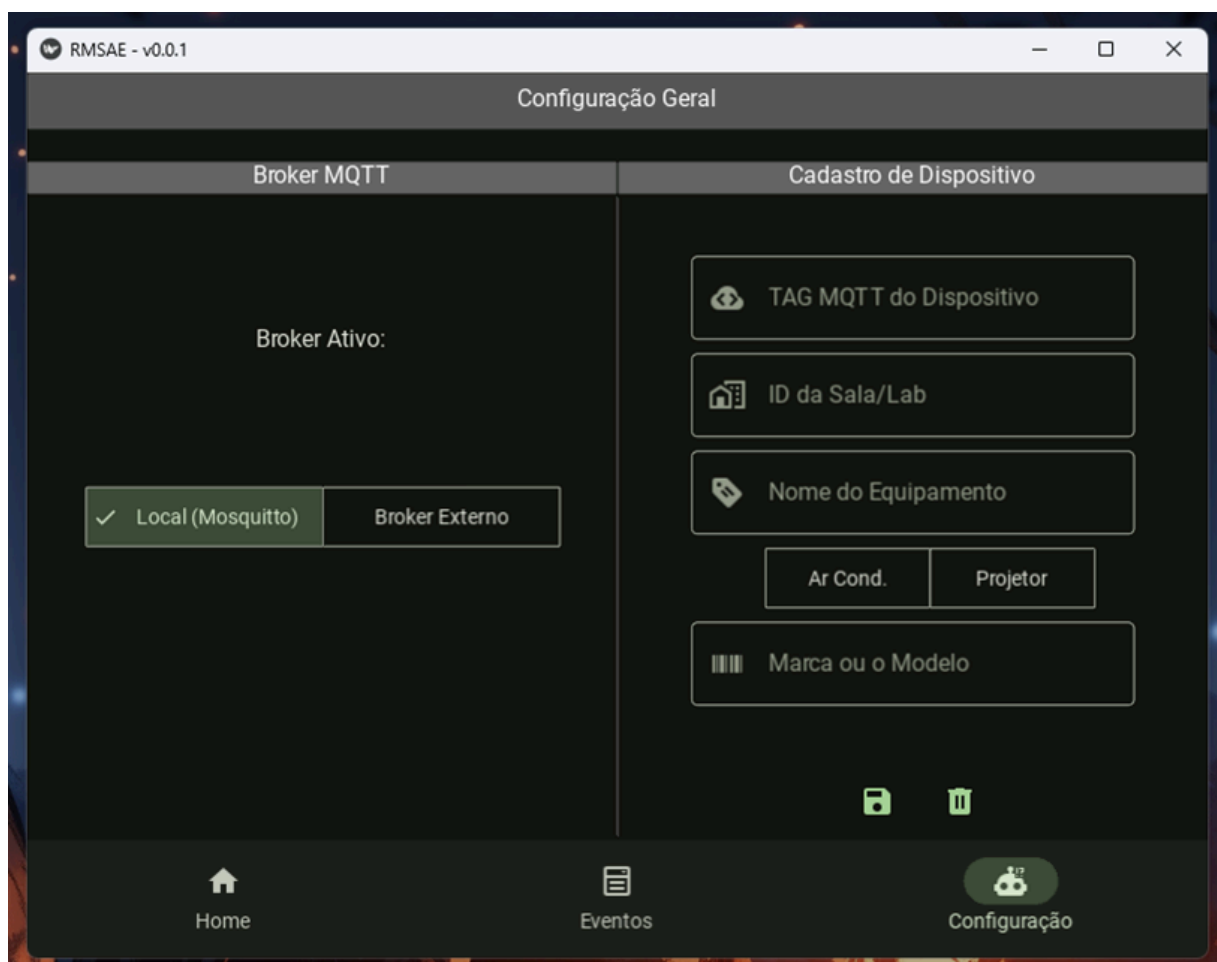


*Fonte: Autoria Própria*

Nessa tela, é possível observar quais comandos foram devidamente enviados e interpretados pelo hardware. Todos os registros se encontram ordenados cronologicamente, possibilitando o acompanhamento e interpretação dos acontecimentos.

Para realizar a parametrização do sistema, foi desenvolvido uma tela dedicada para este fim. Onde é possível selecionar o broker utilizado, promover o cadastro e remoção dos dispositivos supervisionados conforme apresentado na Figura 5, logo abaixo:

*Figura 5: Janela de configuração do software, apresentando ambiente de configuração do broker na lateral esquerda e ambiente de cadastro dos dispositivos na lateral direita.*



*Fonte: Autoria Própria*

Dessa forma, o software atende as especificações do projeto de maneira direta e eficiente. Mantendo a simplicidade como prioridade e atendendo com precisão cada necessidade identificada, garantindo um funcionamento adequado e em linha com o escopo inicial do projeto.

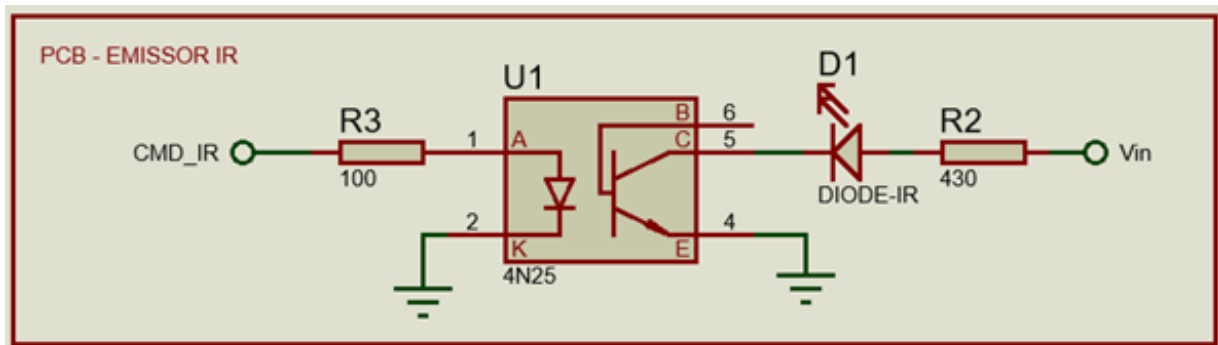
## **2. Desenvolvimento do Hardware**

Para realizar a comunicação do sistema e transmitir o sinal recebido para o equipamento presente em sala, foi desenvolvido um dispositivo responsável por atuar como intermediário. O hardware para esta aplicação, conta com um microcontrolador capaz de receber e interpretar os dados trafegados, via protocolo MQTT, através da internet e desta forma traduzir em comandos para o respectivo equipamento.

Para comandar os equipamentos que não possuem integração com o sistema de comando digital, foi idealizado a utilização de uma saída via

emissor infravermelho. Desta forma, o projeto poderá ser aplicado para uma extensa variedade de dispositivos comumente utilizados em laboratórios e ambientes correlatos. O hardware responsável por enviar esse sinal está representado pelo esquemático presente na Figura 6.

*Figura 6: Esquemático detalhado do circuito eletrônico responsável por enviar os sinais através do emissor infravermelho para os equipamentos monitorados.*

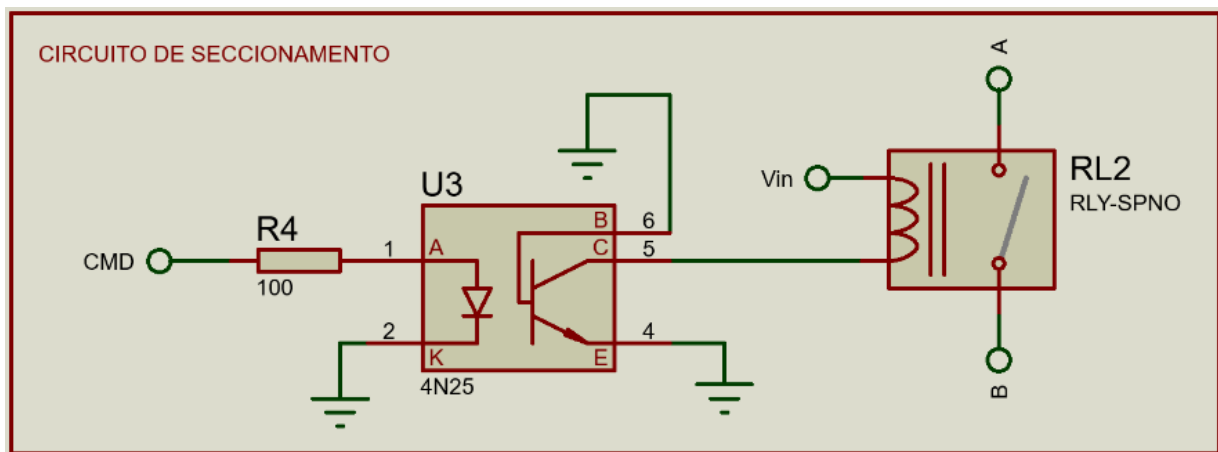


*Fonte: Autoria Própria*

Já o comando digital, utiliza um relé de estado sólido para promover o seccionamento em um terminal disponibilizado no hardware. Desta forma, possibilita a manipulação de um sinal de comando enviado para uma contatora ou a interrupção do circuito de força do equipamento em questão.

O esquemático do circuito descrito, se encontra melhor detalhado na Figura 7.

*Figura 7: Esquemático detalhado do circuito eletrônico responsável por enviar os sinais através do relé de estado sólido para os equipamentos monitorados.*



*Fonte: Autoria Própria*

Vale ressaltar que a utilização recomendada é por meio de um circuito de comando, tendo em vista que o projeto estará acessível em um ambiente institucional com a presença de transeuntes.

Todas as respectivas placas relacionadas aos esquemáticos apresentados, se encontram fixadas através de pinos e protegidas dentro de uma case confeccionada por impressão 3D. Desta maneira, os únicos componentes que podem ser observados externamente são o botão de comando local, os terminais do tipo switch para comutação do sinal digital através do relé de estado sólido e o conector de carga do dispositivo desenvolvido. Para os casos em que a substituição de alguma das placas seja necessária, o acesso aos elementos internos pode ser facilmente efetuado com a remoção de quatro parafusos dispostos na tampa superior da case. Melhores detalhes da montagem podem ser observados na fase seguinte, através da Figura 11.

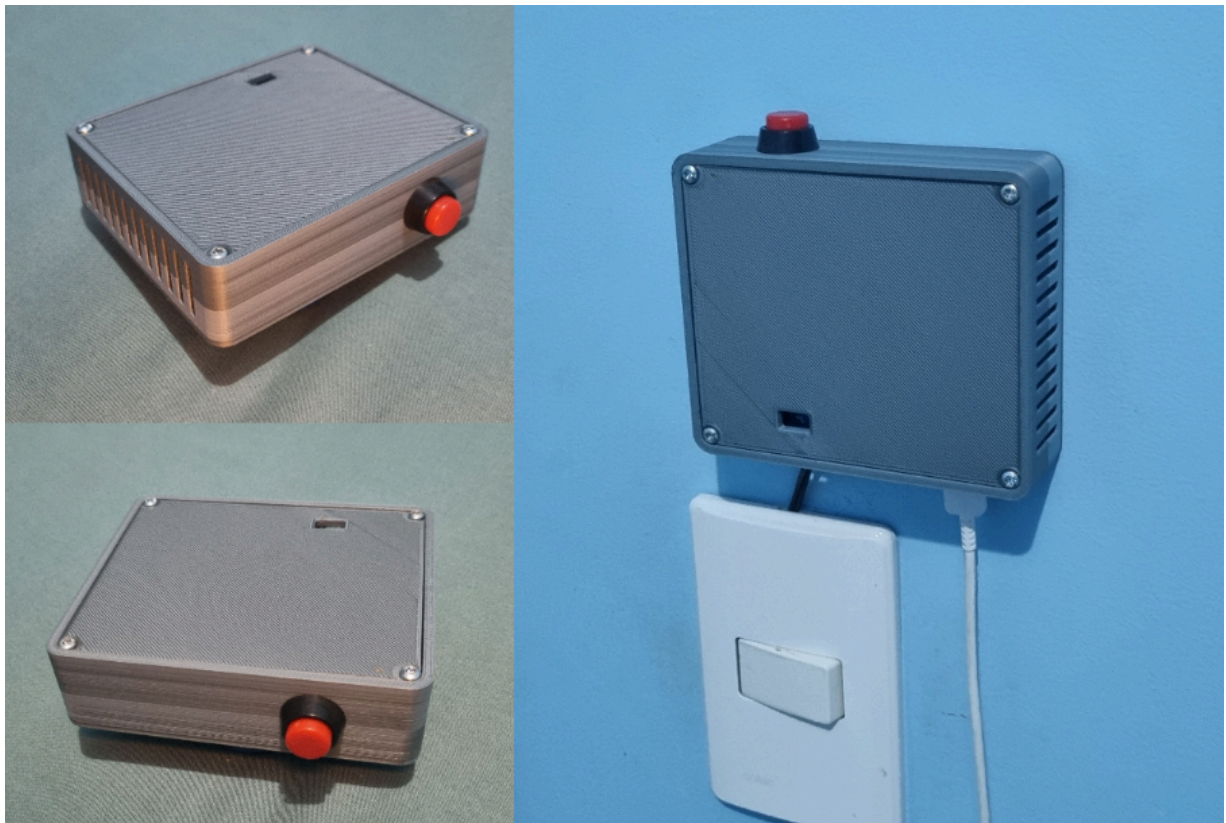
#### **FASE 04**

A quarta e última fase do projeto, corresponde à etapa de consolidação do protótipo IoT, onde representa a homologação dos esforços empreendidos nas etapas anteriores. Nesse estágio, o foco recai sobre o acabamento, manuseio e usabilidade do produto.

A qualidade de um produto é determinada através de uma observação crítica dos resultados obtidos após uma bateria de testes direcionados a este fim. Buscando validar as especificações do produto e garantir o nível de confiabilidade necessário, foi empregado diversos testes práticos realizados em bancada, com o objetivo de verificar possíveis falhas pontuais como a presença de ruído na comunicação entre o módulo e sistema, irregularidades nas funcionalidades básicas do dispositivo, possíveis interferências entre os softwares e bugs de maneira geral.

Os ensaios foram conduzidos exclusivamente em ambiente acadêmico para possibilitar melhor controle e análise dos resultados. O dispositivo foi devidamente instalado e conectado ao fornecimento de energia para a realização de todos os testes, como apresentado pela Figura 8.

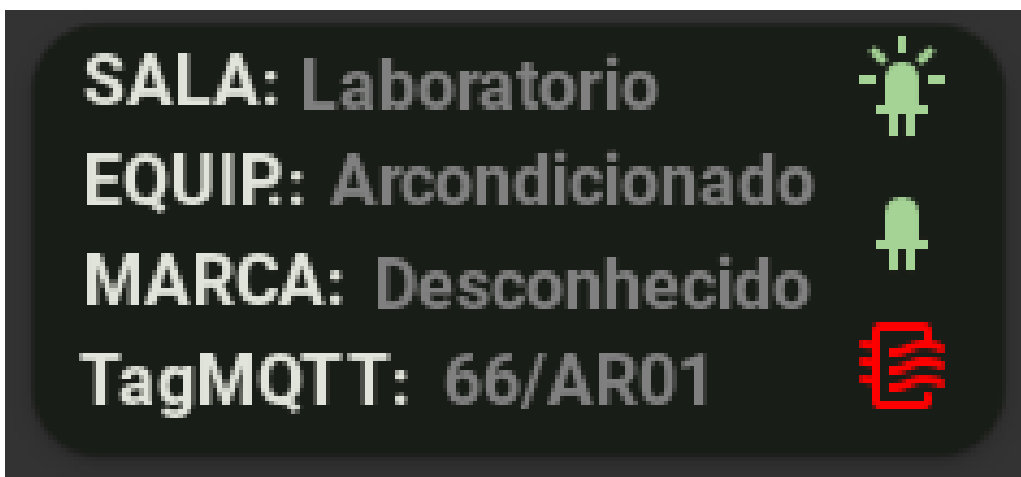
*Figura 8: Captura do produto finalizado, fixado na parede e conectado a fonte de energia para utilização experimental e realização dos testes operacionais.*



*Fonte: Autoria Própria*

Desta forma, após realizado a instalação do produto foi possível utilizar a interface do software para a realização da inclusão e exclusão de alguns dispositivos, envios de comandos para ligar e para desligar juntamente com o reconhecimento do status de operação do equipamento na cor vermelha presente no cartão de identificação do dispositivo, conforme apresentado na Figura 9.

*Figura 9: Captura do de tela recortada apresentando o cartão de identificação de um dos equipamentos com status de indicação em status “LIGADO” representado na cor vermelha.*



Fonte: Autoria Própria

Como o desenvolvimento do produto foi orientado pela metodologia da casa da qualidade, os testes e verificações buscaram confirmar o alinhamento entre as necessidades expressas pelos usuários e as funcionalidades efetivamente entregues.

Dessa maneira, caso sejam identificados sinais de falha ou mau funcionamento em alguma das funções, é necessário que o projeto passe por um *rollback* e seja submetido a uma nova etapa de desenvolvimento. Favorecendo a elaboração de correções pontuais e direcionadas para corrigir as anomalias observadas durante os ensaios executados.

### **3. REFERENCIAL TEÓRICO**

O crescente uso de tecnologias digitais têm impulsionado o desenvolvimento de soluções que promovem maior controle e eficiência no uso de equipamentos. Projetar e aplicar essas tecnologias está integrado dentre as diversas atribuições do engenheiro de controle e automação. Desta forma, a cada dia se torna mais comum encontrarmos, presentes em salas de aula e laboratórios das instituições, soluções que anteriormente só eram aplicadas em ambiente industrial. A implementação de dispositivos de hardware conectados à rede, aliados a sistemas de software capazes de endereçar comandos e registrar operações, tem se mostrado uma alternativa viável para o controle e supervisão de equipamentos. Nesse cenário, destaca-se a utilização do protocolo MQTT para comunicação remota, da linguagem *Python* como base para sistemas que integram funcionalidade e versatilidade e, por último, mas não menos importante, do microcontrolador *NodeMCU*, responsável por se comunicar diretamente com a internet via wireless. Possibilitando soluções onde a simplicidade e robustez estão presentes, atendendo às necessidades específicas do ambiente educacional e permitindo a melhoria contínua do sistema.

A automação de ambientes compreende o uso de sistemas de controle para operar equipamentos de forma automática ou remota, com o objetivo de melhorar a eficiência energética, a segurança e a conveniência (OGATA, 2010). No contexto educacional, isso inclui o gerenciamento de dispositivos comumente utilizados em salas de aula e laboratórios, promovendo não apenas economia, mas também melhor gerenciamento dos ativos e organização do espaço físico.

No âmbito da comunicação entre dispositivos, o protocolo MQTT tem se destacado por sua leveza e eficiência. Trata-se de um protocolo baseado no modelo *publish/subscribe*, que permite a troca de mensagens entre clientes por meio de um broker central. Sua baixa sobrecarga o torna ideal para aplicações em sistemas embarcados e Internet das Coisas (IoT) (BANKS; GUPTA, 2014).

Além disso, linguagens de programação de alto nível como Python oferecem bibliotecas e estruturas que facilitam a implementação de clientes *MQTT*, interfaces de usuário e sistemas de registro de eventos. *Python* também é amplamente adotado em ambientes acadêmicos, o que reforça sua aplicabilidade em soluções voltadas a instituições de ensino (LUTZ, 2013).

Diversos modelos têm sido propostos para o controle remoto de equipamentos em ambientes institucionais. Soluções como plataformas baseadas em *ESP32*, *Raspberry Pi* e *Arduino* já demonstraram viabilidade em aplicações semelhantes, especialmente quando associadas a protocolos como *MQTT* ou *HTTP* (BAYOD-RÚJULA; PÉREZ-RUIZ; GARCÍA-TRALLERO, 2020). Tais dispositivos são capazes de acionar relés e se integrar a sistemas e interfaces de controle para ligar e desligar equipamentos dentre outras aplicações.

Por outro lado, sistemas de supervisão e controle baseados em Python se destacam pela flexibilidade e facilidade de integração com APIs, bancos de dados e interfaces gráficas. Ferramentas como *Paho MQTT*, *Kivy* e *SQLite* permitem a construção de aplicações robustas, capazes de enviar comandos aos dispositivos e registrar logs de operação em tempo real.

Autores como Banks e Gupta (2014) destacam o *MQTT* como a escolha ideal para aplicações onde a eficiência e a confiabilidade são essenciais, reforçando sua adoção em ambientes com conectividade limitada ou intermitente.

Em contraste, trabalhos mais recentes, como o de Bayod Rújula, Pérez-Ruiz e García-Trallero (2020), enfatizam o aspecto pedagógico dos sistemas de automação em instituições de ensino, sugerindo que tais soluções não apenas otimizam os recursos, mas também servem como instrumentos didáticos em cursos de engenharia e tecnologia. Desta forma, a escolha de tecnologias *Open Source* possibilita que a

manutenção e melhoria do sistema seja praticada pelos próprios acadêmicos.

Embora existam soluções tecnológicas disponíveis e abordagens bem documentadas na literatura, verifica-se uma carência de sistemas integrados e específicos para ambientes educacionais. A maioria dos estudos apresenta soluções genéricas ou voltadas a aplicações residenciais, o que exige adaptações para o contexto institucional. Além disso, tais sistemas não abordam sobre o registro das ações realizadas e por sua vez impossibilita possíveis auditorias e rastreabilidade dos comandos e parâmetros alterados.

A literatura revisada demonstra a viabilidade técnica de se implementar sistemas de automação remota utilizando *hardware* embarcado e protocolos de comunicação como *MQTT*. Também evidencia o potencial de linguagens como *Python* na construção de sistemas de controle e monitoramento. Contudo, observa-se uma lacuna no desenvolvimento de soluções específicas para instituições de ensino que integrem controle remoto, registro de comandos e facilidade de uso por operadores não técnicos.

Dessa forma, a proposta deste projeto busca preencher essa lacuna, aplicando a metodologia casa da qualidade e desenvolvendo um sistema dividido em dois componentes *hardware* e *software* voltados para o controle e monitoramento dos equipamentos presentes em salas de aula e laboratórios. A abordagem adotada visa não apenas melhorar a eficiência operacional, mas também servir como um recurso educacional e de apoio à gestão institucional.

#### **4. DISCUSSÃO**

A execução de uma série de testes pós confecção é de suma importância para elevar a qualidade e confiança no produto final. Portanto, os testes foram elaborados baseados nos principais aspectos do projeto, permitindo avaliar comportamentos específicos. Durante a realização dos

testes operacionais, o projeto demonstrou um comportamento adequado. Os comandos enviados via interface foram traduzidos corretamente em seus respectivos equipamentos e a duração dos testes permaneceram dentro do tempo estimado para os processos executados. Os resultados de performance mensurados, em todos os testes, se encontram apresentados na Tabela 4.

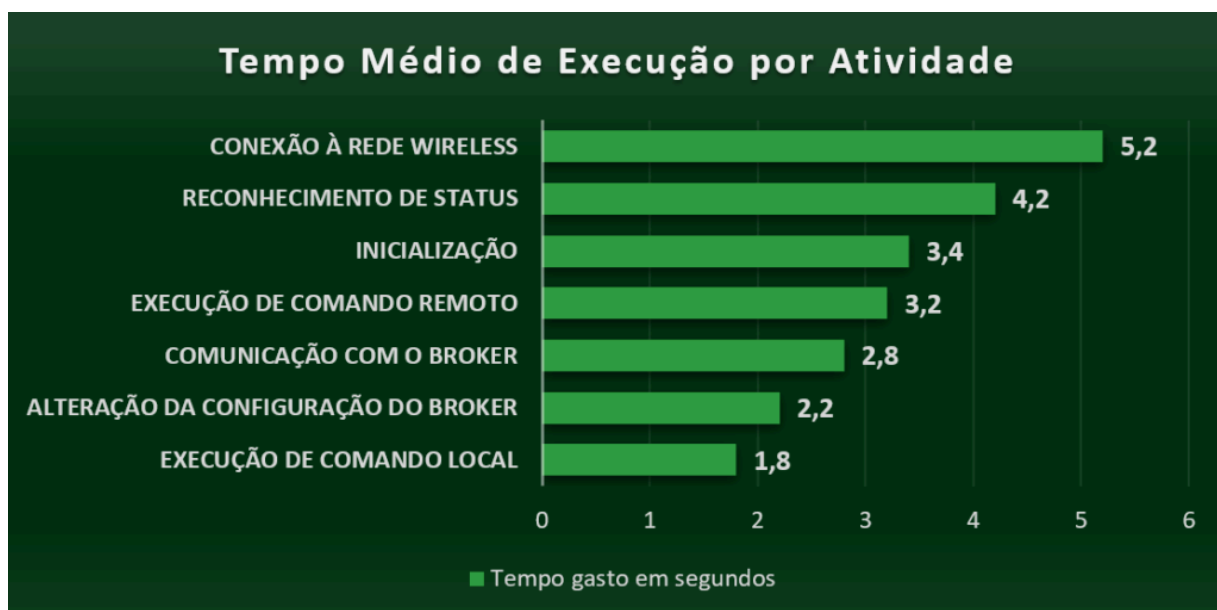
*Tabela 4: Tabela apresentando a lista de testes realizados e seus respectivos resultados observados.*

BATERIA DE TESTES E RESULTADOS OBTIDOS							
ID	AVALIAÇÃO REALIZADA	MÉDIA (Segundos)	SEQUÊNCIA DE RESULTADO OBTIDOS				
			1°	2°	3°	4°	5°
1	INICIALIZAÇÃO	3,4	3	3	4	3	4
2	ALTERAÇÃO DA CONFIGURAÇÃO DO BROKER	2,2	2	3	2	2	2
3	CONEXÃO À REDE WIRELESS	5,2	5	5	5	6	5
4	COMUNICAÇÃO COM O BROKER	2,8	3	2	3	3	3
5	EXECUÇÃO DE COMANDO LOCAL	1,8	2	2	1	2	2
6	EXECUÇÃO DE COMANDO REMOTO	3,2	4	3	3	3	3
7	RECONHECIMENTO DE STATUS	4,2	5	4	4	4	4
8	VERIFICAÇÃO DE LOG ARMAZENADO	-	✓	✓	✓	✓	✓
9	CADASTRO DE EQUIPAMENTO	-	✓	✓	✓	✓	✓
10	EXCLUSÃO DE EQUIPAMENTO	-	✓	✓	✓	✓	✓
<b>10</b>		-	-	-	-	-	-

Fonte: Autoria Própria

Para resumir o desempenho e classificar os maiores ofensores da performance do produto, todas as atividades se encontram listadas e apresentadas na Figura 14, em ordem decrescente em relação à média de tempo necessário para serem executadas.

*Figura 10: Gráfico de colunas apresentando a duração média da lista de testes realizados e seus respectivos resultados observados.*



Fonte: Autoria Própria

Os demais aspectos observados se encontram apresentados nos tópicos a seguir:

## 1. INSTALAÇÃO

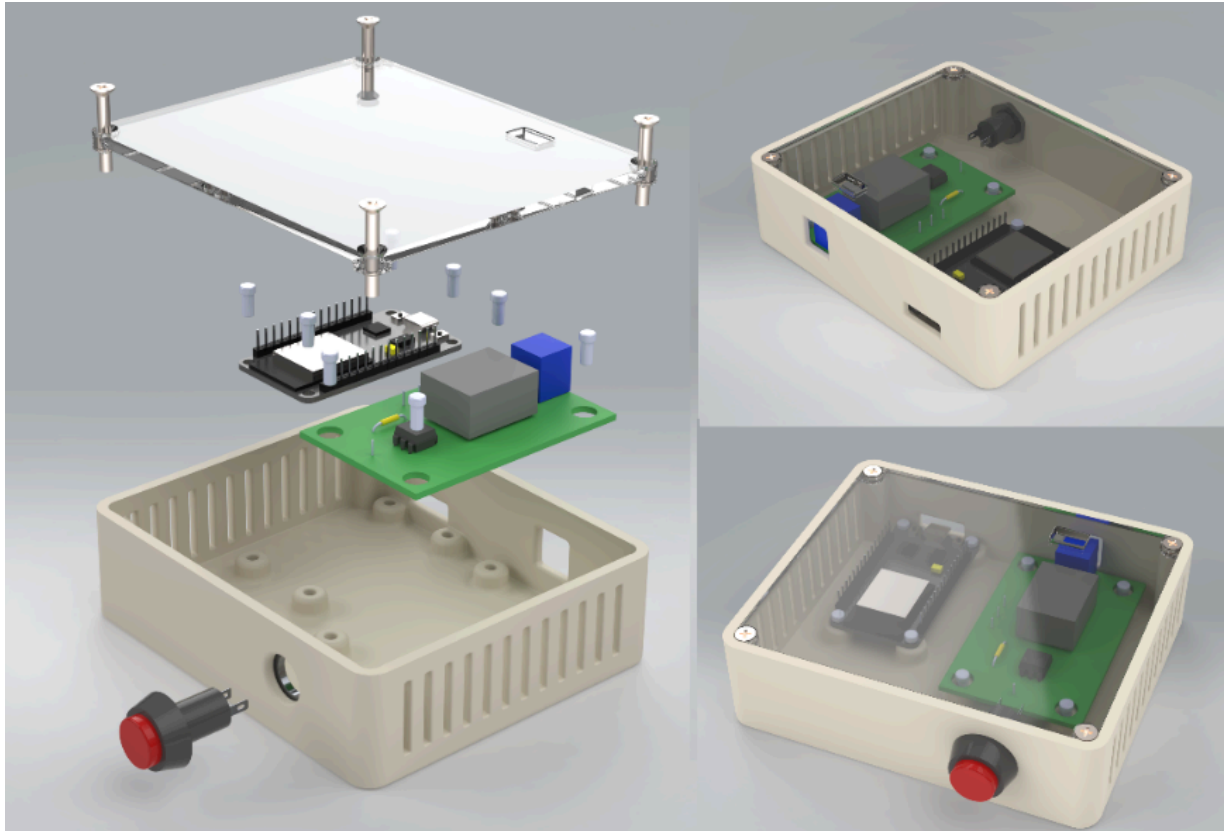
A montagem dos componentes ao case, impresso em 3D, revelou que o design atende aos requisitos necessários para utilização em áreas abrigadas, tais como salas de aula e laboratórios. A escolha dos materiais e a técnica de impressão 3D permitem uma produção ágil e personalizável, alinhada com as necessidades presentes no desenvolvimento de qualquer produto.

No entanto, é importante observar que a utilização em ambientes externos ou sujeitos a condições adversas exigiria uma revisão criteriosa dos materiais empregados, considerando fatores como resistência mecânica, exposição à umidade e variações bruscas de temperatura.

A distribuição dos componentes e montagem podem ser melhor interpretadas observando a Figura 11.

*Figura 11: Captura da renderização do modelo 3D do projeto montado, em vista explodida, vista frontal e traseira para visualização da disposição dos*

*componentes internos.*



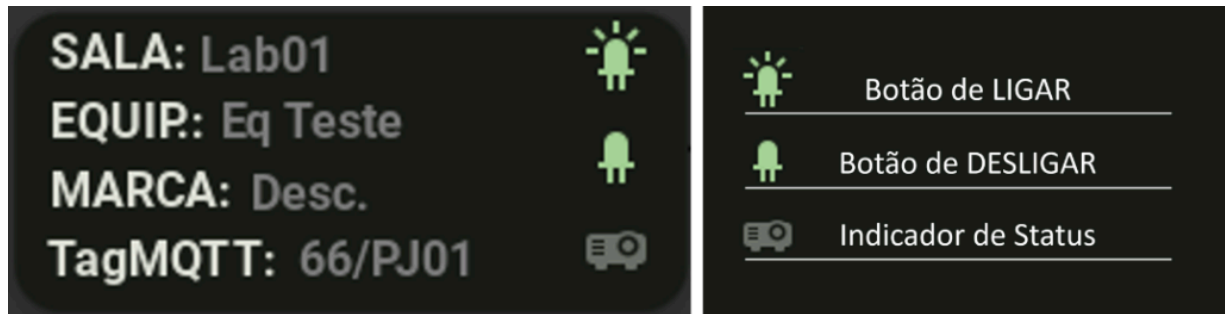
Fonte: Autoria Própria

A fixação do dispositivo na parede deve ser realizada através de parafuso ou de fita dupla face, ressaltando que o dispositivo é alimentado por uma fonte de energia e por tal motivo deve ser instalado próximo de uma tomada elétrica.

## **2. INTERFACE**

Após realizado o cadastro dos equipamentos o sistema apresenta seu respectivo cartão de identificação na tela inicial. Desta maneira, é possível realizar o envio de comandos diretamente através da interface principal para o equipamento desejado. Os botões de comando estão dispostos na lateral direita em cada cartão de identificação. Para uma melhor compreensão, se encontra disposto na Figura 12 o cartão de identificação com a legenda:

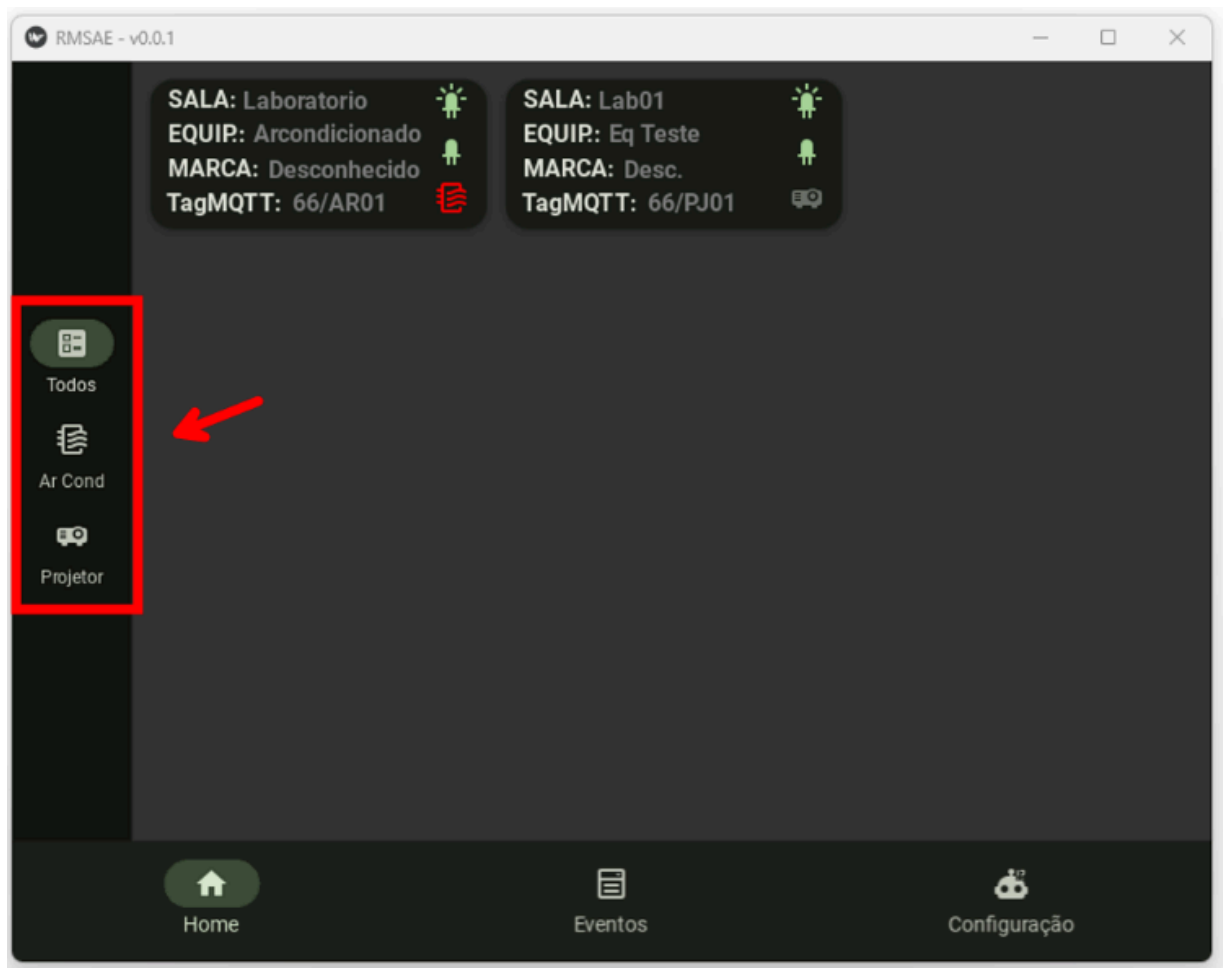
*Figura 12: Captura de tela do sistema apresentando o cartão de identificação de um dos equipamentos cadastrados ao lado da legenda para interpretação dos ícones.*



Fonte: Autoria Própria

Para que a localização do cartão de identificação seja executada de maneira ágil, o sistema possibilita ao usuário a função de filtrar os cartões em tela. Esta função pode ser aplicada através do menu disposto na lateral esquerda da tela. Conforme apresenta a Figura 13.

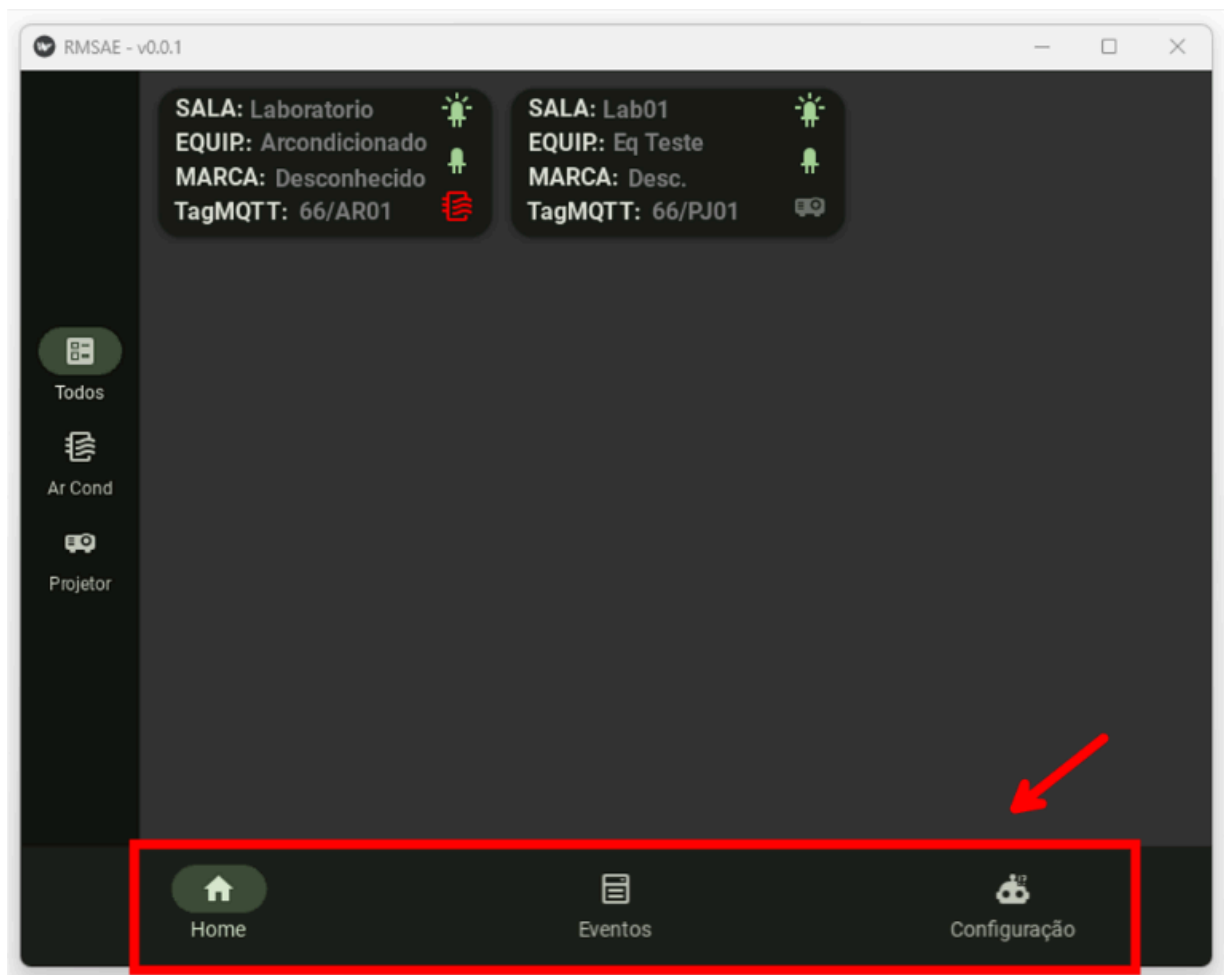
*Figura 13: Tela inicial do software de supervisão contendo dois equipamentos cadastrados e apresentando os filtros disponíveis destacados em vermelho.*



Fonte: Autoria Própria

Toda a navegação do sistema é realizada através do menu de telas, localizado na parte inferior da tela inicial. Desta forma, o usuário poderá acessar a tela de configuração, a tela de eventos e retornar à tela inicial para envio de comando e monitoramento dos equipamentos. Para melhor identificação, abaixo se encontra a Figura 14 destacando o menu de navegação.

*Figura 14: Tela inicial do software de supervisão contendo dois equipamentos cadastrados e apresentando o menu de navegação destacado em vermelho.*



Fonte: Autoria Própria

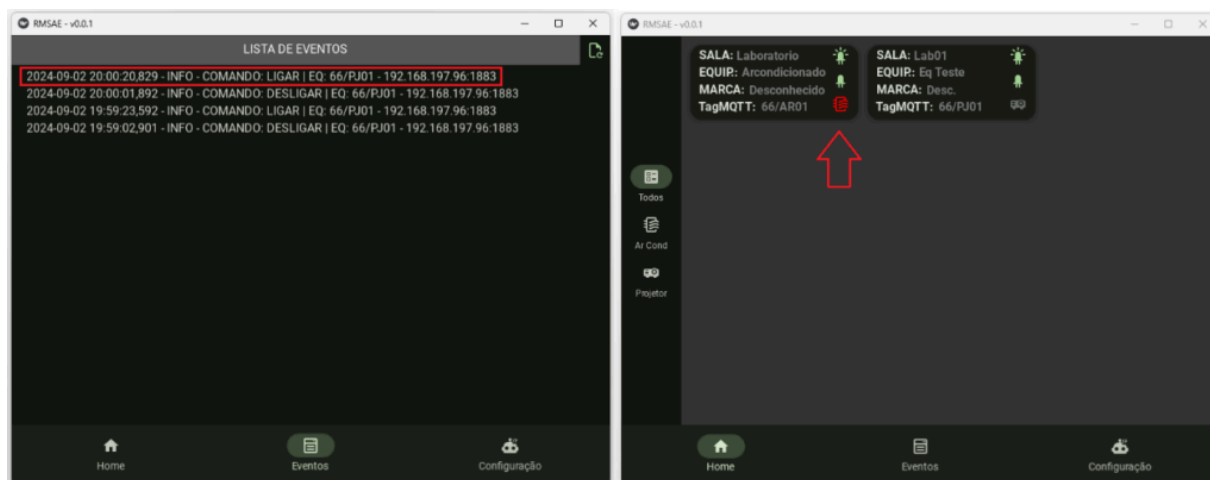
Todo o layout do sistema é minimalista, tornando a utilização do sistema clara e objetiva. Contudo, graças ao *framework kivy* é possível realizar alterações e *upgrades* conforme a necessidade de aplicação.

### 3. COMUNICAÇÃO

Para consolidar qualquer comunicação, é necessário realizar o envio, a recepção e a interpretação dos dados e só então será possível afirmar que a comunicação foi bem sucedida. Dito isto, o teste aplicado é composto pelo envio e a percepção do comando através do indicador presente na tela inicial do sistema.

A evidência do teste pode ser observada através da Figura 15, onde se encontra presente o log com o registro de comando enviado ao lado da tela inicial do sistema apresentando o ícone de status na cor vermelha:

Figura 15: Capturas de tela do software apresentando o log do comando enviado e indicativo de retorno do dispositivo na cor vermelha.



Fonte: Autoria Própria

Os resultados obtidos com os testes demonstram a eficácia e confirmam a capacidade do sistema de estabelecer uma conexão estável entre dois dispositivos e uma estação hospedando o software desenvolvido. Esse resultado reforça a eficiência do MQTT como solução para sistemas que demandam monitoramento contínuo.

Contudo, é importante destacar que a segurança da comunicação não foi avaliada explicitamente nos testes realizados. Para garantir a integridade das informações transmitidas, recomenda-se implementar mecanismos de autenticação e criptografia.

#### 4. COMANDO E USABILIDADE

Toda a estrutura de interface do hardware foi concebida de modo que o seu uso fosse simplificado. Desta forma, a interface local possui apenas um botão que permite o envio dos comandos para ligar e desligar. Portanto, toda a parametrização do equipamento deve ser realizada antes da adesão ao sistema.

Os testes de comando local foram realizados pressionando o botão vermelho, localizado na parte superior do produto, conforme destacado

na Figura 16, e finalizado após identificado o reconhecimento do comando pelo equipamento.

*Figura 16: Captura do produto finalizado, fixado na parede e conectado a fonte de energia com seta indicando o botão de comando local.*



Fonte: Autoria Própria

Para a comunicação via infravermelho, foi realizada a instalação do componente responsável pela emissão do sinal. Todos os testes realizados levaram em consideração a utilização tanto do comando digital quanto do comando via infra vermelho. Dessa forma, o funcionamento de todo o módulo de comando foi devidamente validado.

O componente responsável pela emissão do sinal via infra vermelho é destacado ao produto final devido ao seu papel complementar. Para

melhor visualização do componente, o dispositivo se encontra apresentado na Figura 17.

*Figura 17: Captura do componente utilizado para permitir que o dispositivo realize a emissão de comando via infravermelho.*



Fonte: Autoria Própria

Entretanto, vale considerar que a emissão via infravermelho pode apresentar limitações em ambientes com alta interferência luminosa ou distâncias superiores às especificadas dos componentes utilizados. Sendo assim, recomenda-se avaliar a necessidade de implementar redundâncias ou alternativas tecnológicas para mitigar possíveis falhas.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O sistema se destaca por se basear em tecnologias *open source*, tornando o projeto livre para que possa ser trabalhado e aprimorado a fim de se adequar a cada necessidade. Os resultados obtidos durante os testes, demonstram que o sistema possui capacidade para gerenciar uma quantidade significativa de equipamentos. Porém, não é recomendado a

utilização com números elevados de dispositivos, pois o sistema apresenta uma interface simples para exibição e navegação entre os itens.

As limitações relacionadas à alocação de banda utilizada e testes de estresse no servidor broker não foram mensurados. Desta maneira, a capacidade máxima de dispositivos é desconhecida, sendo possível estimar com base somente nos dados da fabricante do microcontrolador e dispositivos envolvidos no tráfego da rede.

Os testes realizados nos levam a crer que o sistema atende os requisitos do escopo do projeto, que é promover o comando remoto dos equipamentos de sala através de um terminal. Devido ao projeto está em caráter inicial, podemos observar diversos pontos de melhoria ao compararmos com sistemas mais robustos e supervisórios já presentes no âmbito industrial. Vale ressaltar, também, que o sistema se encontra livre de bugs críticos que comprometem seu funcionamento. Possibilitando a aplicação e utilização para aprendizados focados na eletrônica e no desenvolvimento de melhorias relacionadas à transmissão e interpretação dos comandos direto aos equipamentos. Para o software, é fortemente recomendado o desenvolvimento de funcionalidades que complementam o escopo de aplicação, tais como a tela de gerenciamento do broker e agrupamentos para representação de pavilhões em instituições de maior capacidade.

Em síntese, os testes realizados validam a viabilidade técnica do produto, destacando sua funcionalidade e adaptabilidade. No entanto, algumas considerações devem ser levadas em conta para futuros desenvolvimentos, como a implementação de medidas de segurança na comunicação, a avaliação de alternativas para emissão de comandos, a revisão dos materiais para uso em ambientes mais desafiadores e o aprimoramento da interface gráfica. Essas melhorias contribuirão para elevar ainda mais a robustez e a versatilidade do sistema, alinhando-o às melhores práticas da Engenharia de Controle e Automação, bem como aos padrões de qualidade exigidos pela indústria atual.

## REFERÊNCIAS

BANKS, A.; GUPTA, R. **MQTT Version 3.1.1**. OASIS Standard, 2014. Disponível em: <http://docs.oasis-open.org/mqtt/mqtt/v3.1.1/mqtt-v3.1.1.html>. Acesso em: 01 de janeiro de 2026.

BAYOD-RÚJULA Ángel; PÉREZ-RUIZ, J.; GARCÍA-TRALLERO, M. P. Educational and energy efficiency potential of building automation systems in schools. **Renewable Energy and Power Quality Journal**, v. 18, p. 123–128, 2020.

COHEN, L.; PAINE, F. K. **The Quality Function Deployment Handbook**. 1. ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2001.

EPE. **Empresa de Pesquisa Energética**. 2024. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2024>. Acesso em: 01 de janeiro de 2026.

INPI. **Instituto Nacional da Propriedade da Industrial**. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/inpi/pt-br>. Acesso em: 01 de janeiro de 2026.

LUTZ, M. **Learning Python**. 5. ed. [S.l.]: O'Reilly Media, 2013.

OGATA, K. **Engenharia de controle moderno**. 5. ed. [S.l.]: Pearson Prentice Hall, 2010.

OORSCHOT, K. E. van; BERTRAND, J. W. M.; RUTTE, C. G. An empirical study into the causes of lateness of new product development projects. **International Journal of Project Management**, v. 19, n. 8, p. 385–396, 2001.

TZU, S. **A Arte da Guerra**. São Paulo: Cultrix, 2007.

---

<sup>1</sup>Discente do Curso Superior de Engenharia de Controle e Automação do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia de Rondônia – *Campus Calama*. e-mail: osni.brilhante@gmail.com

<sup>2</sup>Docente do Curso Superior de Engenharia de Controle e Automação do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia de Rondônia – *Campus Calama*. Mestre em Sistemas Mecatrônicos (UNB). e-mail: rafael.pissinati@ifro.edu.br

[← Post anterior](#)

[Post seguinte →](#)

## RevistaFT

**A RevistaFT** têm 30 anos. É uma **Revista Científica Eletrônica Interdisciplinar Indexada de Alto Impacto e Qualis/DOI**.

Periodicidade mensal e de acesso livre. Leia gratuitamente todos os artigos e publique o seu também [clikando aqui](#),



## Contato

**Queremos te ouvir.**

**WhatsApp:** (21) 99451-7530

**WhatsApp:** (21) 99217-2623

**WhatsApp SP:** (11) 98597-3405

**e-Mail:** contato@revistaf  
t.com.br

**ISSN:** 1678-0817

**CNPJ:** 48.728.404/0001-22

**Fator de impacto** FI= 5.397 (muito alto)

## Conselho Editorial

**Editores**

**Fundadores:**

Dr. Oston de Lacerda Mendes.  
Dr. João Marcelo Gigliotti.

**Editor**

**Científico:**

Dr. Oston de Lacerda Mendes

**Jornalista**

**Responsável:** Marcos Antônio

Alves MTB

6036DRT-MG

**Orientadoras:**

Dra. Hevellyn Andrade

**Turismo**  
**Acadêmico**



Monteiro

Dra. Chimene

Kuhn Nobre

**Revisores:**

Lista atualizada  
periodicamente

em

[revistaft.com.br/e](http://revistaft.com.br/e)

[xpediente](http://revistaft.com.br/e) Venha

fazer parte de

nosso time de

revisores

também!

Copyright © Revista ft Ltda. 1996 -  
2026

Rua José Linhares, 134 - Leblon | Rio  
de Janeiro-RJ | Brasil