

# SISTEMA DE CONTROLE INTELIGENTE DE JANELA USANDO A BITDOGLAB

Franciane S. S. da Hora <sup>(1)</sup> (silvasantos@acad.ifma.edu.br), Rorras N. da Silva <sup>(2)</sup> (rorras.neves@acad.ifma.edu.br), Nathally S. M. Garcia <sup>(3)</sup> (nathally.sophia@acad.ifma.edu.br), Liah R. C. da Silva <sup>(4)</sup>, Paulo G. S. Gomes <sup>(5)</sup> (paulogabriel@acad.ifma.edu.br);

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA);  
Departamento de Engenharia Elétrica;

**RESUMO:** O presente trabalho apresenta o desenvolvimento de um Sistema de Controle Inteligente de Janela utilizando o microcontrolador Raspberry Pi Pico W. A proposta surge da necessidade de aumentar a segurança e o conforto em ambientes residenciais, mitigando riscos como acidentes durante o fechamento manual e a exposição a intempéries. O sistema foi projetado com sensores de chuva, movimento (PIR) e obstáculos (TCRT-5000), além de um servo motor para abertura e fechamento automático. A lógica inovadora priorizou a segurança, bloqueando o fechamento caso fossem detectados movimentos ou objetos no percurso da janela, mesmo diante de comando manual ou chuva. A metodologia adotada se baseia em prototipagem rápida e abordagem iterativa, permitindo ajustes contínuos durante o desenvolvimento. Foram configurados um Ponto de Acesso Wi-Fi e uma interface web intuitiva, que possibilitam o controle remoto e a visualização em tempo real do status dos sensores. Os resultados confirmaram as especificações técnicas e práticas do sistema, destacando-se a eficiência dos sensores integrados, a confiabilidade do servo motor e a simplicidade da interface web independente. Conclui-se que o protótipo atende plenamente aos objetivos de oferecer uma solução acessível e segura para automação residencial, com potencial de expansão para integração com plataformas IoT e funcionalidades avançadas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Janela Inteligente. Automação Residencial. Raspberry Pi Pico W. Sistemas Embarcados. Segurança. IoT.

## 1. INTRODUÇÃO

A automação residencial vem se consolidando como um dos pilares da transformação tecnológica dos ambientes modernos, trazendo ganhos de eficiência, segurança e acessibilidade (POSITIVO CASA INTELIGENTE, 2024). No entanto, apesar dos avanços em áreas como iluminação, climatização e segurança, as janelas permanecem em grande parte com operação manual. Isso gera vulnerabilidades, como a exposição a intempéries inesperadas e riscos de acidentes durante o fechamento, especialmente para crianças, idosos e pessoas com mobilidade reduzida (CACTEC, 2023).

---

<sup>1</sup> Prof. Dr. Francisco Borges Carreiro, Instituto Federal do Maranhão – Campus Monte Castelo (Engenharia Elétrica) – e-mail: fborges@ifma.edu.br

O uso de sistemas embarcados em automação doméstica tem ampliado a acessibilidade dessas soluções. Microcontroladores de baixo custo, como o Raspberry Pi Pico W, oferecem conectividade Wi-Fi integrada, processamento eficiente e flexibilidade para integração de sensores e atuadores (EMBARCADOS, 2022; DIGIKEY, 2023). Associados a sensores de chuva, e obstáculos de presença, eles permitem criar dispositivos inteligentes capazes de atuar preventivamente em situações de risco, alinhando-se às demandas de conforto e segurança.

Além do aspecto tecnológico, a automação residencial também atende às necessidades sociais, como a adaptação de ambientes para idosos, cuja população cresce devido ao aumento da expectativa de vida. Sistemas automatizados modernos para um lar mais seguro, eficiente e inclusivo (PERESSIM, 2024).

Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo desenvolver e validar um Sistema de Controle Inteligente de Janela baseado no Raspberry Pi Pico W. O sistema busca automatizar o fechamento da janela em caso de chuva e, sobretudo, impedir seu movimento quando for bloqueado a presença de pessoas ou obstáculos, garantindo segurança. Complementarmente, disponibiliza controle remoto via interface web acessível por ponto de acesso Wi-Fi.

## **2. METODOLOGIA**

O presente capítulo visa descrever a metodologia a metodologia para o desenvolvimento do Sistema de Controle Automatizado para a Janela Inteligente foi conduzida de natureza aplicada e experimental, adotando um modelo de desenvolvimento iterativo e incremental (PASSEI DIRETO, 2025). Essa abordagem, com ciclos curtos de concepção, implementação e teste, permitiu ajustes contínuos, garantindo a confiabilidade e minimizando o retrabalho.

### **2.1 Fase de Iniciação e Planejamento**

Na fase de iniciação, foram estabelecidos os objetivos centrais do projeto:

- Controle automatizado de abertura e fechamento da janela;
- Integração de sensores de chuva, detecção de presença (PIR) e obstrução (TCRT-5000);
- Desenvolvimento de uma interface web para monitoramento e comando remoto.

O planejamento técnico definiu o Raspberry Pi Pico W / BITDOGLAB como a Unidade de Processamento Central e um Servo Motor como o atuador principal para a movimentação da janela. Foi elaborado um cronograma modular abrangendo a aquisição de hardware, a montagem do circuito em protoboard e a validação progressiva de cada componente.

### **2.2 Recursos Materiais e Arquitetura de Hardware**

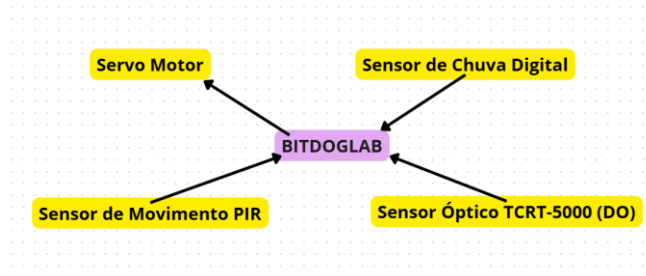
A prototipagem foi realizada em protoboard para facilitar a integração e depuração dos componentes. A arquitetura de hardware seguiu o seguinte esquema de recursos materiais:

**Figura 1 - Recursos Materiais e Arquitetura de Hardware**

Componente	Função no Sistema	Conexão (GPIO)
Raspberry Pi Pico W / BITDOGLAB	Unidade de processamento central, servidor web e controlador PWM.	
Servo Motor (90°)	Atuador responsável pela abertura e fechamento da janela.	GPIO 2 (PWM)
Sensor de Chuva Digital	Aquisição de dados climáticos (detecção de precipitação).	GPIO 16 (Digital IN)
Sensor de Movimento PIR	Aquisição de dados de segurança (detecção de presença).	GPIO 17 (Digital IN)
Sensor Óptico TCRT-5000 (DO)	Aquisição de dados de segurança (detecção de obstrução no fechamento).	GPIO 18 (Digital IN)
Fios Jumper e Estrutura	Interconexão dos componentes e suporte mecânico da janela.	

Fonte: Autoria própria, 2025.

**Figura 2 - Diagrama da especificação de hardware do sistema.**



Fonte: Autoria própria, 2025.

Conforme representado na Figura 1 e Figura 2, a implementação física foi concretizada pela interconexão dos sensores – configurados como entradas digitais para aquisição de dados – e do Servo Motor, responsável pela atuação por meio do sinal PWM, ambos conectados à Unidade de Processamento Central.

### 2.3 Desenvolvimento de Firmware e Software

O firmware do microcontrolador foi desenvolvido em linguagem C, utilizando o SDK oficial do Raspberry Pi Pico. As ferramentas empregadas no desenvolvimento incluíram o ambiente VS Code, o qual permitiu o desenvolvimento e monitoramento serial para depuração em tempo real, além das bibliotecas específicas do SDK para GPIO, PWM e comunicação Wi-Fi.

### 2.3.1 Interface Web e Comunicação

Para o comando e monitoramento remoto, o sistema foi configurado para operar como um Ponto de Acesso Wi-Fi autônomo. Um servidor HTTP leve, hospedado diretamente no Pico W, foi desenvolvido para servir a interface web. Essa solução permitiu que dispositivos móveis se conectassem diretamente ao microcontrolador via navegador, eliminando a dependência de roteadores externos e simplificando a usabilidade.

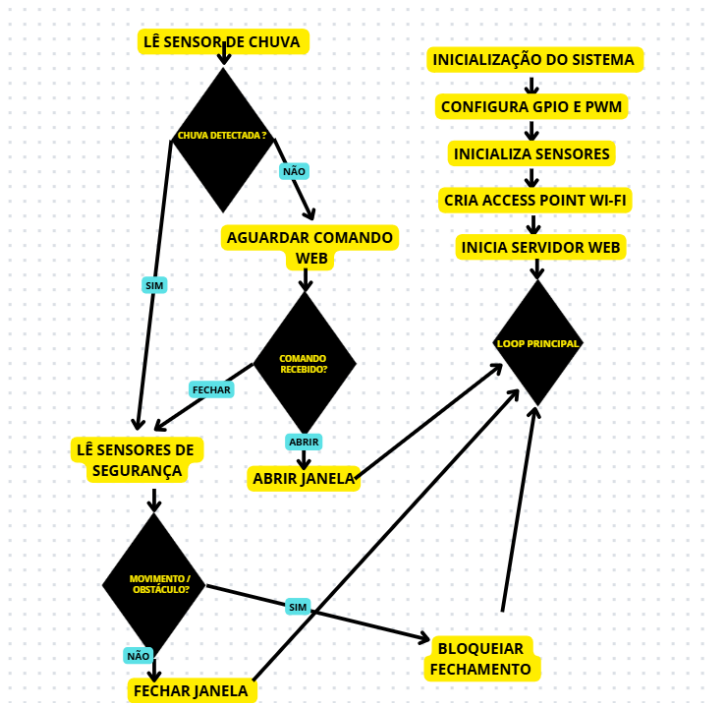
### 2.4 Lógica de Controle e Validação

A lógica de decisão central foi programada para priorizar a segurança e a integridade do sistema e dos usuários, conforme as considerações éticas (IFBA, 2023).

- Ação Primária: O fechamento da janela é acionado automaticamente na detecção de precipitação pelo Sensor de Chuva.
- Lógica de Bloqueio: O fechamento automático ou manual é bloqueado se o Sensor PIR identificar movimento presença humana ou se o Sensor Óptico TCRT-5000 detectar um obstáculo na trajetória do fechamento.
- Reavaliação de Segurança: Em caso de bloqueio, o sistema mantém a janela aberta e reavalia a condição de segurança a cada 5 segundos.

A Figura 3 ilustra o fluxo de decisão hierárquico adotado pelo firmware, detalhando a sequência lógica de verificação de sensores e as ações resultantes do sistema.

#### **Figura 3 - Fluxograma da Lógica de Decisão e Controle do Sistema**



Fonte: Autoria própria, 2025.

## 2.5 Montagem do Protótipo Físico

A montagem do Circuito Físico consistiu na materialização do projeto em um protótipo de baixa fidelidade, com o objetivo de validar a funcionalidade dos componentes eletrônicos e do mecanismo de movimento em um ambiente simulado.

Para este fim, foi utilizada uma caixa de papelão para construir a estrutura que simula um cômodo e a janela. A escolha deste material visou a rapidez na construção e o baixo custo, características adequadas para a fase de prototipagem e validação inicial.

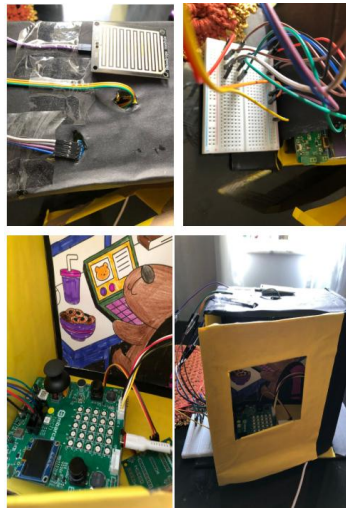
### 2.5.1 Estrutura e Mecanismo:

- **Modelo Estrutural:** A caixa de papelão foi moldada para representar o ambiente, provendo uma superfície estável para a fixação do microcontrolador e dos sensores.
- **Mecanismo da Janela:** Um recorte na estrutura de papelão foi projetado para simular uma janela funcional. O movimento de abertura e fechamento foi acionado diretamente pelo Servo Motor 90°.
- **Acoplamento do Servo Motor:** O Servo Motor foi fixado à estrutura de papelão e seu eixo foi acoplado mecanicamente à folha da janela. Esta ligação permitiu que o sinal PWM, enviado pela BITDOGLAB, se traduzisse no movimento angular preciso de 0° Janela Fechada a 90° Janela Aberta, conforme o objetivo do projeto.

- **Microcontrolador e Circuito de Controle:** A placa BITDOGLAB e as conexões elétricas foram alojadas na parte interna da estrutura, garantindo a organização dos Fios Jumper e a proteção do circuito de controle.
- **Posicionamento dos Sensores:** Os sensores foram posicionados de forma estratégica para os testes de validação:
  - O Sensor de Chuva foi instalado no topo da estrutura para simular a detecção de precipitação.
  - O Sensor de Movimento PIR foi direcionado para a área de abertura da janela, simulando a detecção de presença.
  - O Sensor Óptico TCRT-5000 foi fixado no batente da janela, em posição ideal para detectar qualquer obstrução física no momento do fechamento.

A Figura 4 ilustra a disposição final dos componentes e o acionamento mecânico do Servo Motor na estrutura simulada.

**Figura 4 - Montagem do circuito físico.**



**Fonte:** Autoria própria, 2025.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Esta seção apresenta e discute os resultados experimentais obtidos com a implementação do Sistema de Controle Automatizado para a Janela Inteligente. Os testes abrangeram a conectividade da interface web remota, o desempenho do Servo Motor nos movimentos de abertura e fechamento, e a confiabilidade dos sensores na aquisição de dados e na execução dos bloqueios de segurança.

#### **3.1 Inicialização e Configuração do Sistema**

**Figura 5 - Terminal de Depuração.**

```
---- Opened the serial port COM3 ----
--- Controle de Janela Inteligente com Servo, Chuva, Movimento e Obstáculo
Configurando PWM para o servo no pino GPIO2
Servo movido para 0 graus.
Servo inicializado na posicao 'Fechada' (0 graus).
Configurando pino GPIO16 para o sensor de chuva (saída digital DO)
Sensor de chuva digital inicializado.
Configurando pino GPIO17 para o sensor de movimento PIR
Sensor PIR de movimento inicializado.
Configurando pino GP18 (DO) para o sensor reflexivo TCRT-5000
Sensor óptico reflexivo TCRT-5000 (saída digital) inicializado.
Ponto de acesso 'Controle_Janela' criado.
Para desativar, pressione 'd' no terminal serial.
Chuva: NAO | Movimento: SIM | Obstaculo (Digital): SIM | Janela: FECHADA
Chuva: NAO | Movimento: SIM | Obstaculo (Digital): SIM | Janela: FECHADA
Chuva: NAO | Movimento: SIM | Obstaculo (Digital): SIM | Janela: FECHADA
```

**Fonte:** Autoria própria, 2025.

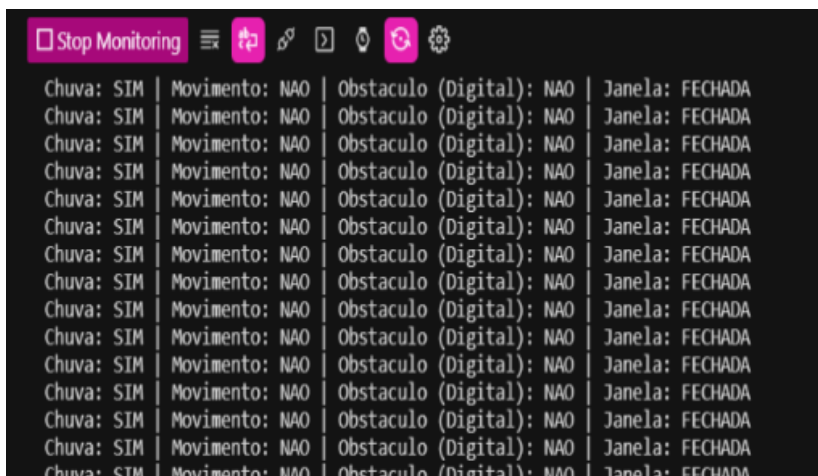
A Figura 5 ilustra o processo de inicialização do firmware e a configuração da arquitetura de hardware. Observa-se que o sistema iniciou com sucesso as seguintes etapas:

- **Configuração de PWM:** O sinal Pulse Width Modulation foi configurado no GPIO 2 para controlar o Servo Motor, o qual foi movido e inicializado na posição de Fechada.
- **Inicialização dos Sensores:** Os sensores foram configurados nos respectivos pinos GPIO, conforme o planejamento:
  - Sensor de Chuva Digital no GPIO 16.
  - Sensor de Movimento PIR no GPIO 17.
  - Sensor Óptico TCRT-5000 no GPIO 18.
  - Comunicação: O Access Point 'Controle\_Janela' foi criado, confirmando a disponibilidade do servidor web para o monitoramento e comando remoto, um requisito fundamental do projeto.

### 3.2 Validação da Lógica de Segurança Hierárquica

Os testes de campo e a análise do monitor serial confirmaram a robustez da lógica de controle. A Figura 6 demonstra o output contínuo de dados, confirmando a leitura em tempo real do estado de cada sensor e a posição da janela.

**Figura 6 - Terminal de Depuração.**

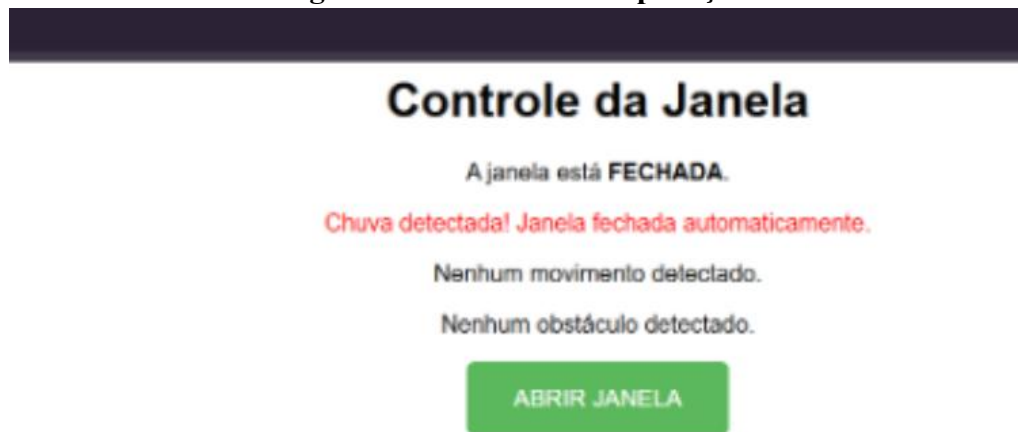


Fonte: Autoria própria, 2025.

O sistema foi testado para validar a prioridade da lógica de bloqueio de segurança. Conforme observado nos logs de depuração da Figura 6, mesmo sob o comando de fechamento, o sistema manteve a janela fechada sob as seguintes condições de risco.

### 3.3 Interface Web de Controle e Acesso

Figura 6 - Terminal de Depuração.



Fonte: Autoria própria, 2025.

A interface web detalhada na Figura 7 consolidou o sistema como uma solução autossuficiente de automação residencial. Ao operar como Ponto de Acesso, a plataforma elimina qualquer exigência de infraestrutura de rede externa, bastando que o dispositivo do usuário se conecte diretamente à rede gerada pelo microcontrolador.

## 4. CONCLUSÕES OU CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Sistema de Controle Inteligente de Janela atinge plenamente seus objetivos, demonstrando as soluções de integração de sensores e atuadores em um microcontrolador de baixo custo para automação residencial. O protótipo oferece resposta eficiente às condições ambientais, ao mesmo tempo em que prioriza a segurança de pessoas e objetos. A lógica de bloqueio em caso de movimento ou obstáculos representa um avanço relevante na prevenção de acidentes.

Uma interface web acessível e autônoma consolida o sistema como uma solução prática e inclusiva, independente de infraestrutura de rede. Os desafios enfrentados, como a limitação de sensores, foram superados com soluções eficazes, evidenciando a flexibilidade da metodologia iterativa.

Conclui-se que o projeto contribui para o avanço da automação residencial, unindo inovação tecnológica, acessibilidade e segurança, e estabelece base sólida para futuras expansões, como integração IoT e novos modos de operação..

## **5. AGRADECIMENTOS**

Expresso minha sincera gratidão a Deus, fonte de força e sabedoria que tornou este projeto possível. Agradeço profundamente aos meus familiares, pelo apoio incondicional e incentivo contínuo ao longo de toda a jornada. Manifesto meu reconhecimento aos professores e colegas do Curso EMBARCATECH, cuja orientação técnica e colaboração foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho

## **6. REFERÊNCIAS**

ATILUX. Automação residencial e industrial: sensores de presença para segurança e eficiência. 2025. Disponível em: <https://www.atilux.com.br/automacao-residencial-e-industrial-sensores-de-presenca-para-seguranca-e-eficiencia/>. Acesso em: 12 jul. 2025.

CACTEC. 5 Perigos para Quem Não Tem Automação Residencial. 2023. Disponível em: <https://cactec.com.br/5-perigos-para-quem-nao-tem-automacao-residencial/>. Acesso em: 10 jul. 2025.

CIA CUIDADORES. Smart Homes para Idosos: Automação Residencial que Garante Segurança e Conforto. [sd]. Disponível em: <https://ciacuidadores.com.br/smart-homes-idosos-seguranca/>. Acesso em: 12 jul. 2025.

DIGIKEY. Primeiros passos com a placa microcontroladora multinúcleo Raspberry Pi Pico usando C. 2023. Disponível em: <https://www.digikey.pt/pt/articles/getting-started-raspberry-pi-pico-multicore-microcontroller-board>. Acesso em: 12 jul. 2025.

EMBARQUES. Nova Raspberry Pi Pico W: Agora com WiFi (e Bluetooth). 2022. Disponível em: <https://embarcados.com.br/nova-raspberry-pi-pico-w-agora-com-wifi-e-bluetooth/>. Acesso em: 10 jul. 2025.

IFBA. Automação e Segurança Cibernética - Parte I. 2023. Disponível em: <https://inq.conquista.ifba.edu.br/v1/automacao-e-seguranca-cibernetica-parte-i/>. Acesso em: 10 jul. 2025.

KOSTEN-HAUS. Sensores para automação residencial: tipos mais comuns. 2021. Disponível em: <https://www.kostenhaus.com.br/artigo/sensores-automacao-residencial/>. Acesso em: 10 jul. 2025.

FABRICANTE HERÓI. Primeiros Passos Raspberry Pico W. 2022. Disponível em: <https://www.makehero.com/blog/primeiros-passos-raspberry-pico-w/>. Acesso em: 10 jul. 2025.

PASSEI DIRETO. Protocolos de Comunicação em Sistemas Embarcados. 2025. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/189288120/protocolos-de-comunicacao-em-sistemas-embarcados>. Acesso em: 10 jul. 2025.

PERESSIM, Abraão Eli Soares do Nascimento et al. Uso da automação residencial direcionado à segurança e acessibilidade para idosos. 2024.

POSITIVO CASA INTELIGENTE. Vantagens da automação residencial para idosos e pessoas com deficiência. 2024. Disponível em: <https://blog.positivocasainteligente.com.br/vantagens-automacao-residencial-idosos-pcds/>. Acesso em: 10 jul. 2025.