



Daniel de Araujo Grosz
Esther Santana Meirelles
Miguel de Araujo Grosz

**DESENVOLVIMENTO DE UM PAINEL DE CONTROLE PARA
MÁQUINA DE LAVAR**

**Uma proposta de substituição de sistemas de controle
para máquinas de lavar**
Equipe GroszTech

Orientadores: Prof.^a Graciete Henrique dos Santos e Prof.
Israel Núncio Dias Lucania
Co-orientador Prof. Kleyton Sartori Leite

Mongaguá
07/2026

Daniel de Araujo Grosz
Esther Santana Meirelles
Miguel de Araujo Grosz

**DESENVOLVIMENTO DE UM PAINEL DE CONTROLE PARA
MÁQUINA DE LAVAR**

**Uma proposta de substituição de sistemas de controle
para máquinas de lavar**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Escola Técnica Adolpho
Berezin, como parte dos requisitos para a
obtenção do título de Técnico em Informática
Orientadores Prof.^ª: Graciete Henrique dos
Santos e Prof. Israel Nuncio Dias Lucania

Mongaguá
07/2026

Dedicamos este trabalho aos nossos familiares, que sempre estiveram ao nosso lado com apoio, paciência e incentivo durante todo o curso. E também aos professores, que compartilharam seus conhecimentos e contribuíram para o nosso aprendizado e crescimento.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à nossa família e amigos pelo apoio e incentivo durante a realização deste trabalho.

Agradecemos também a nossos orientadores, Professora Graciete Henrique dos Santos, Professor Israel Núncio Dias Lucania e Professor Kleyton Sartori Leite, pela orientação e pelos conselhos valiosos ao longo do planejamento e desenvolvimento do TCC.

“A inovação distingue um líder de um seguidor.”

— *Steve Jobs*

RESUMO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um painel de controle alternativo para máquinas de lavar roupas utilizando a plataforma Arduino. O projeto busca substituir painéis eletrônicos danificados de forma acessível, prática e econômica, mantendo as funções essenciais como seleção de ciclos, controle de tempo, enchimento, enxágue e centrifugação. A metodologia incluiu levantamento bibliográfico, estudo do funcionamento de painéis originais, seleção de componentes eletrônicos, programação em Arduino e testes práticos do protótipo. Os resultados esperados envolvem a criação de um sistema funcional, confiável e de baixo custo, capaz de substituir o painel original, prolongar a vida útil das máquinas e reduzir o descarte de equipamentos ainda em bom estado. Além disso, a proposta possibilita futuras expansões, como personalização de ciclos e integração com aplicativos, contribuindo para a inovação tecnológica e sustentabilidade.

PALAVRAS-CHAVES: Arduino, automação, painel de controle, eletrônica aplicada, protótipo.

ABSTRACT

This work presents the development of an alternative control panel for washing machines using the Arduino platform. The project aims to replace damaged electronic panels in an accessible, practical, and cost-effective way, maintaining essential functions such as cycle selection, timing control, water filling, rinsing, and spinning. The methodology included a literature review, study of the original panels' operation, selection of electronic components, Arduino programming, and practical testing of the prototype. The expected results involve creating a functional, reliable, and low-cost system capable of replacing the original panel, extending the machines' lifespan, and reducing equipment disposal. Additionally, the proposal allows future expansions, such as customized cycles and mobile app integration, contributing to technological innovation and sustainability.

Key Words: Arduino, automation, control panel, applied electronics, prototype.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Logo da Equipe	16
Figura 2 - Logo do Projeto	16
Figura 3 – Arduino Uno R3	19
Figura 4 – LED 5mm Vermelho	20
Figura 5 – MOC3082	20
Figura 6 – TRIAC BTA16-600B	21
Figura 7 – CD74HC4017E	22
Figura 8 – Resistor 1 Ohm 1/4 W	23
Figura 9 – Micro Switch Botão Táctil 2 Pinos.....	24
Figura 10 – Placa de Circuito Impresso (PCI).....	25
Figura 11 – Fio flexível 22 AWG	26
Figura 12 – Optoacoplador 4n25	27
Figura 13 – Diodo 1n4007	28
Figura 14 – Placas do circuito eletrônico montadas individualmente.....	31
Figura 15 – Instalação das placas eletrônicas na máquina de lavar.....	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Componente e seus valores	29
--	----

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	7
LISTA DE TABELAS.....	7
INTRODUÇÃO.....	11
1. NICHOS DE MERCADO DO PROJETO.....	12
1.1. Público-alvo – Assistências Técnicas e Consumidores Finais	12
1.2. Problema do Público-Alvo	13
1.3. Solução Proposta.....	13
2. EMPRESA	15
2.1 Missão.....	15
2.2 Visão	15
2.3 Valores	15
2.4 Logos	16
2.4.1 Logo da Equipe.....	16
2.4.2 Logo do Projeto	16
3. TECNOLOGIAS UTILIZADAS	17
3.1 Microcontroladores.....	17
3.2 Sensores	17
3.3 Tecnologias Adicionais.....	17
4. COMPONENTES.....	19
4.1. Lista de Componentes	19
4.1.1 Arduino UNO	19
4.1.2 LED 5mm Vermelho Difuso L-513HD	20
4.1.3 Circuito Integrado MOC3082 DIP-6	20
4.1.4 TRIAC BTA16-600B	21
4.1.5 Circuito Integrado CD74HC4017E DIP-16.....	22
4.1.6 Resistor 1 Ohm 1/4 W	23

4.1.7 Micro Switch Botão Táctil 2 Pinos.....	24
4.1.8 Placa de Circuito Impresso (PCI) – Fenolite perfurada 5 cm x 7 cm	25
4.1.9 Fio flexível 22 AWG	26
4.1.10 Optoaclopador 4n25	27
4.1.11 Diodo 1n4007	28
4.2. Tabela de custos do protótipo	29
Botão Chave Micro switch Push Button 2 pinos	29
4.3 Trecho do Código Fonte.....	30
5. DESENVOLVIMENTO	31
5.1 Montagem dos circuitos eletrônicos.....	31
6. MANUAL DO USUÁRIO	33
6.1 Apresentação do Sistema	33
6.2 Finalidade do Painel de Controle	33
6.3 Elementos de Interação com o Usuário	34
6.3.1 Botões de comando.....	34
6.3.2 Indicadores do sistema.....	34
6.3.3 Sensores automáticos	34
6.4 Procedimentos de Operação.....	34
6.4.1 Inicialização	34
6.4.2 Processo de lavagem	34
6.4.3 Processo de configuração	35
6.4.4 Descarte de água	35
6.4.5 Botão inicial	35
6.4.6 Desligamento do sistema	35
6.5 Sinalização Operacional.....	35
6.6 Recomendações de Segurança	35

CONCLUSÃO	36
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	37
ANEXOS.....	41

INTRODUÇÃO

Máquinas de lavar dependem de uma placa eletrônica responsável pelo controle de todas as etapas do funcionamento. Quando esse componente apresenta falhas, o equipamento deixa de operar, mesmo com suas partes mecânicas ainda preservadas.

O custo elevado de substituição e a dificuldade de encontrar placas compatíveis levam consumidores e técnicos a descartarem máquinas que ainda poderiam ser utilizadas.

Nesse contexto, este trabalho apresenta o desenvolvimento de um protótipo de painel alternativo baseado em Arduino Uno, projetado para assumir o controle das funções essenciais da máquina de lavar. A proposta busca oferecer uma alternativa técnica e acessível para restabelecer o funcionamento do equipamento, contribuindo para o prolongamento de sua vida útil e para a redução do descarte desnecessário.

Este trabalho está organizado da seguinte forma: iniciamos com um estudo do nicho de mercado apresentando as justificativas do projeto, bem como o problema e o público-alvo, além de uma breve explicação sobre nossa solução. Em seguida nos apresentamos nossa equipe como uma empresa, com sua visão, missão e valores, demonstrando o lado empreendedor aprendido durante o curso técnico. Já na parte de desenvolvimento do projeto apresentamos as tecnologias utilizadas e os componentes aplicados, para em seguida detalhar o passo a passo da produção do protótipo e seu manual de usuário, para então concluirmos que o protótipo é uma ótima opção para baratear a manutenção de uma máquina de lavar e também aumentar sua vida útil, diminuindo assim o descarte antecipado do equipamento.

1. NICHOS DE MERCADO DO PROJETO

O nicho de mercado deste projeto é voltado para o setor de assistência técnica e manutenção de eletrodomésticos, especialmente máquinas de lavar roupas. Atualmente, muitas famílias e pequenos negócios enfrentam dificuldades quando o painel eletrônico de uma máquina apresenta defeito, seja pelo alto custo de reposição ou pela indisponibilidade de peças para modelos mais antigos (ALMEIDA, 2025).

Além disso, fatores econômicos recentes têm levado muitos consumidores a optarem pelo conserto em vez da compra de novos equipamentos, devido à queda do poder de compra da população (TERRA, 2024).

Segundo a Agência Brasil, o descarte incorreto de lixo eletrônico é um problema crescente no Brasil e no mundo. Dados do relatório The Global E-Waste Monitor apontam que o mundo descarta cerca de 53 milhões de toneladas de resíduos eletrônicos por ano. No cenário nacional, o Brasil descartou mais de 2 milhões de toneladas de lixo eletrônico somente em 2019, sendo que menos de 3% desse material é reciclado de forma adequada (TOKARINA, 2021; ITU; UNITAR, 2024).

A pesquisa ainda aponta que cerca de 16% dos brasileiros descartam equipamentos eletrônicos no lixo comum, enquanto 33% da população afirma não saber onde realizar o descarte correto. Além disso, 87% das pessoas mantêm aparelhos sem uso guardados em suas residências.

Esse cenário deixa evidente que muitos equipamentos eletrônicos são descartados ou abandonados mesmo possuindo componentes ainda funcionais. No caso das máquinas de lavar roupas, partes como motor, válvulas, estrutura mecânica e sistema hidráulico frequentemente permanecem em condições de uso, sendo o defeito concentrado apenas no painel eletrônico de controle.

Diante disso, o objetivo é oferecer aos consumidores e pequenos prestadores de serviços, uma alternativa acessível, prática e tecnológica para prolongar a vida útil dos equipamentos, contribuindo também para a redução do descarte de resíduos eletrônicos, que representam um desafio ambiental e econômico significativo (ECOBRAZ, 2025).

1.1. Público-alvo – Assistências Técnicas e Consumidores Finais

O público-alvo inclui tanto pequenos negócios de assistência técnica, que buscam soluções econômicas e eficientes para oferecer a seus clientes, quanto

consumidores finais que necessitam substituir painéis danificados sem precisar adquirir uma nova máquina.

Geralmente, esses clientes estão localizados em áreas urbanas, onde há maior concentração de prestadores de serviço e acesso a materiais de reparo (SIQUEIRA; BRITTO, 2024). De acordo com os dados do Observatório Sebrae (2025), existem cerca de 47,198 empresas ativas no segmento de reparo e manutenção de eletrodomésticos em todo o Brasil, sendo que o estado de São Paulo concentra aproximadamente 1,593 estabelecimentos, evidenciando a relevância econômica do setor e sua forte presença regional.

1.2. Problema do Público-Alvo

Segundo Borella (2025), um dos principais problemas enfrentados pelos clientes é a falha nos painéis eletrônicos das máquinas de lavar, que tornam o equipamento inutilizável mesmo quando a parte mecânica está em perfeito estado.

A substituição desses painéis é, na maioria das vezes, cara e difícil de encontrar para modelos antigos. Por exemplo, o custo de substituição da placa eletrônica pode variar de R\$ 400 a mais de R\$ 1.500, dependendo da marca e disponibilidade da peça. Valores consultados no varejo indicam placas originais de marcas como Brastemp ou Electrolux na faixa de R\$ 169 a R\$ 722, enquanto kits completos ou versões genéricas podem ultrapassar R\$ 1.000. Essa discrepância de custo, somada à dificuldade de encontrar peças para modelos descontinuados, muitas vezes torna o conserto inviável do ponto de vista econômico, levando ao descarte do equipamento ainda funcional. (ALMEIDA, 2025; REFRIBRAS, 2025.)

Além disso, o aumento da inflação e a redução do poder de compra da população têm contribuído para o crescimento da procura por serviços de manutenção e reparo de eletrodomésticos. Nesse contexto, muitos consumidores optam pelo conserto de equipamentos já existentes em vez da aquisição de novos produtos, buscando reduzir custos e prolongar a vida útil dos aparelhos (G1, 2022).

1.3. Solução Proposta

A solução proposta consiste no desenvolvimento de um painel alternativo baseado em Arduino, capaz de reproduzir a principal função do painel original, ou seja, controlar ciclos de lavagem, tempo, enchimento, enxágue e centrifugação, desta forma tornando a máquina funcional por um baixo custo.

Além de ser de baixo custo, o projeto permite futuras expansões, como personalização de ciclos e a integração com aplicativos móveis, atendendo tanto a consumidores finais quanto a assistências técnicas que desejam oferecer serviços inovadores e econômico.

2. EMPRESA

A GroszTech é a empresa criada pela equipe para o desenvolvimento de soluções na área de tecnologia e automação. Ela foi formada com o objetivo de aplicar conhecimentos de eletrônica, programação e sistemas embarcados para criar projetos funcionais, como o painel de controle para máquina de lavar.

A empresa busca desenvolver produtos práticos, acessíveis e eficientes, sempre priorizando inovação, qualidade e responsabilidade no que faz.

2.1 Missão

A GroszTech tem como missão criar soluções tecnológicas eficientes e acessíveis para a automação e eletrônica, facilitando o dia a dia das pessoas.

2.2 Visão

Ser reconhecida como uma empresa referência em tecnologia e automação.

2.3 Valores

Inovação: Buscar constantemente novas ideias e tecnologias.

Responsabilidade: Entregar soluções seguras, estáveis e bem desenvolvidas.

Transparência: Agir com ética e comunicação clara.

Colaboração: Valorizar o trabalho em equipe e o compartilhamento de conhecimento.

Qualidade: Priorizar excelência em cada projeto, do design ao produto final.

Foco no Usuário: Desenvolver tecnologias pensando na experiência e necessidade real das pessoas.

2.4 Logos

2.4.1 Logo da Equipe



Figura 1 - Logo da Equipe

Fonte: Criado pela equipe

2.4.2 Logo do Projeto



Figura 2 - Logo do Projeto

Fonte: Criado pela equipe

2.4.3 Slogan da Empresa e do Projeto

GroszTech:

Tecnologia para todos.

UniBoard:

O controle que simplifica.

3. TECNOLOGIAS UTILIZADAS

3.1 Microcontroladores

O microcontrolador é o componente principal do sistema, responsável por receber as informações dos sensores e executar as funções do painel eletrônico. Neste projeto, para construção do protótipo, será utilizado o Arduino, uma plataforma eletrônica de código aberto que usa hardware e software fáceis de aprender e programar em conjunto com o circuito integrado 4017 (ARDUINO, 2025).

A escolha do Arduino se deve à sua facilidade de uso, grande quantidade de tutoriais disponíveis e compatibilidade com diversos sensores e componentes. Ele permite controlar etapas como tempo de lavagem, enchimento, drenagem e centrifugação, além de possibilitar futuras melhorias, como o controle por aplicativo de celular. A escolha do CI 4017 tem como objetivo reduzir a quantidade de portas digitais utilizadas no Arduino, tornando o circuito mais eficiente e simplificado.

Também será utilizado um *buzzer*, responsável por emitir um sinal sonoro a cada ação realizada no painel. Sua utilização é relevante para a sinalização do início e da finalização das etapas da máquina de lavar.

3.2 Sensores

Os sensores terão um papel importante no funcionamento do sistema, pois permitirão que o Arduino receba informações sobre o estado da máquina e controle suas funções de forma automática.

O principal sensor utilizado será o sensor de nível de água, já existente na máquina, responsável por medir a quantidade de água dentro do tambor durante o ciclo de lavagem. A partir dessas informações, o Arduino fará o controle das válvulas de entrada e saída de água, além de acionar o motor e a bomba de drenagem por meio de módulos de relé.

3.3 Tecnologias Adicionais

Além do microcontrolador e dos sensores, o sistema proposto utiliza tecnologias complementares de controle, acionamento e interface, responsáveis pela execução das ações eletromecânicas e pela automação do processo.

Os motores elétricos constituem uma tecnologia fundamental do sistema, pois são responsáveis pela conversão de energia elétrica em energia mecânica, permitindo

o movimento do tambor durante as etapas de lavagem e centrifugação. Esses motores serão acionados de forma indireta pelo Arduino, por meio de módulos de relé, que possibilitam o controle seguro de cargas de maior potência a partir de sinais de baixa tensão.

Os painéis eletrônicos representam a tecnologia de interface entre o usuário e o sistema de controle. No projeto proposto, será desenvolvido um painel eletrônico alternativo baseado em Arduino, responsável por interpretar os comandos do usuário e coordenar as etapas do ciclo de lavagem. Esse painel substitui o painel original da máquina, mantendo suas funções básicas e permitindo futuras expansões do sistema.

A utilização de um painel eletrônico alternativo baseado em microcontrolador contribui para a redução dos custos de manutenção e para a prolongação da vida útil do equipamento, evitando o descarte de eletrodomésticos que ainda apresentam pleno funcionamento mecânico, o que caracteriza uma solução tecnologicamente viável e ambientalmente sustentável (ECOBRAZ, 2025; ALMEIDA, 2025; AENO, 2025).

4. COMPONENTES

4.1. Lista de Componentes

Esses componentes foram selecionados de acordo com os requisitos do projeto, priorizando baixo custo, facilidade de encontrar no mercado e compatibilidade elétrica entre as partes. A seguir, são apresentados os principais componentes utilizados na montagem do protótipo, incluindo os elementos eletrônicos e os módulos responsáveis pelo correto funcionamento do sistema.

4.1.1 Arduino UNO

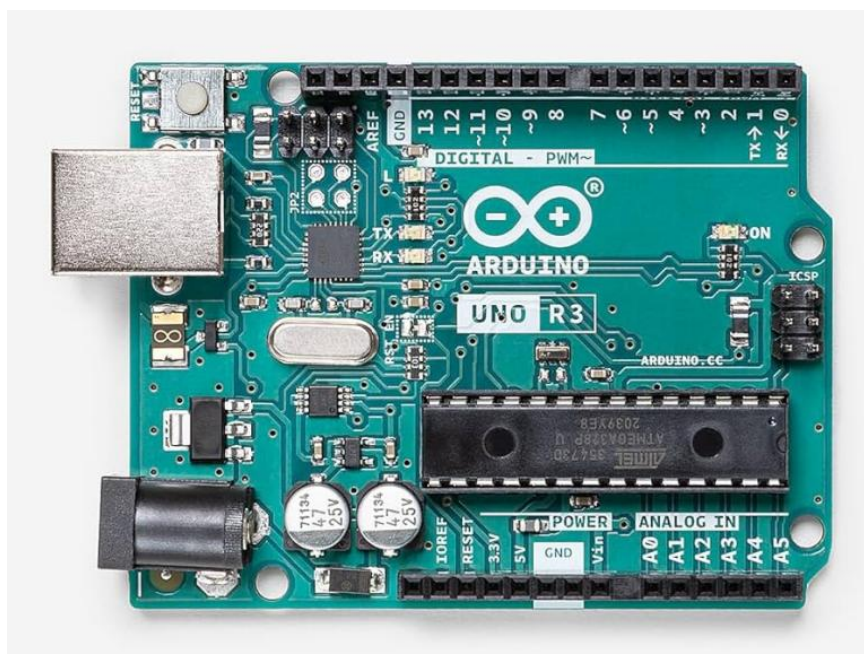


Figura 3 – Arduino Uno R3

Fonte: [Amazon](#)

O Arduino Uno (Figura 3) é uma placa de microcontrolador baseada no ATmega328P. Possui 14 pinos de entrada/saída digitais (dos quais 6 podem ser usados como saídas PWM), 6 entradas analógicas, um ressonador cerâmico de 16 MHz, uma conexão USB, um conector de alimentação, um conector ICSP e um botão de reset. Contém tudo o que é necessário para suportar o microcontrolador; basta conectá-lo a um computador com um cabo USB ou alimentá-lo com um adaptador AC-DC ou bateria para começar. (ARDUINO, 2025)

Nesse projeto, o microcontrolador será responsável por controlar todo o painel por meio do código desenvolvido em C++, gerenciando as funções e os componentes eletrônicos utilizados no sistema.

4.1.2 LED 5mm Vermelho Difuso L-513HD



Figura 4 – LED 5mm Vermelho

Fonte: [Casa da Robótica](#)

Segundo a MakerHero o LED (Light Emitting Diode, ou Diodo Emissor de Luz) é formado por um material semicondutor que emite luz quando uma tensão é aplicada aos seus terminais (Figura 4).

No projeto, os LEDs serão utilizados para indicar visualmente as funções em execução no painel, como as etapas do ciclo de lavagem, proporcionando ao usuário uma forma simples e rápida de identificar o estado de operação.

4.1.3 Circuito Integrado MOC3082 DIP-6



Figura 5 – MOC3082

Fonte: [Mult Comercial](#)

O MOC3082 (Figura 5) é um *optoacoplador* com detecção de passagem por zero (zero-cross), projetado para o acionamento de cargas em corrente alternada por meio de TRIACs. Ele utiliza um LED infravermelho interno acoplado a um fotodetector,

que dispara o TRIAC no momento em que a tensão alternada cruza o zero, reduzindo ruídos eletromagnéticos e garantindo uma comutação mais suave (GUSE, 2025).

No projeto, o MOC3082 será utilizado junto ao Arduino para controlar cargas AC de forma segura. Quando o Arduino envia um sinal para o LED interno do componente, ocorre a ativação do fotodetector. Com isso, o MOC3082 dispara o TRIAC externo responsável por ligar ou desligar a carga conectada à rede elétrica. Graças à função zero-crossing, o disparo ocorre apenas no instante em que a tensão AC cruza o zero, minimizando interferências. Dessa forma, o Arduino consegue acionar dispositivos de alta tensão mantendo isolamento elétrico completo entre o microcontrolador e a rede AC.

A escolha do MOC3082, em vez da utilização direta de módulos de relé, justifica-se pela ausência de partes mecânicas, pela maior vida útil, pela redução de ruídos elétricos e pelo isolamento eficiente entre o circuito de controle e a rede elétrica, características especialmente importantes em aplicações em corrente alternada.

4.1.4 TRIAC BTA16-600B



Figura 6 – TRIAC BTA16-600B

Fonte: [Baú da Eletrônica](#)

Segundo o anúncio da Ryndack Componentes o TRIAC BTA16-600B (Figura 6) é um componente semicondutor utilizado para chaveamento de cargas AC de média a alta potência. Ele é capaz de conduzir até 16 amperes e suportar tensão máxima repetitiva de 600 volts, sendo adequado para controle de motores, lâmpadas,

aquecedores e outros tipos de cargas resistivas ou indutivas. Possui sensibilidade de *gate*, ou seja, sensibilidade de chaveamento, em torno de 35 mA e é normalmente encontrado no encapsulamento TO-220AB, que permite melhor dissipação térmica durante a operação.

No projeto com Arduino, o BTA16-600B é acionado por meio de um optoacoplador MOC3082, garantindo isolamento elétrico entre o microcontrolador e a rede AC. Enquanto o Arduino envia o comando de controle ao optoacoplador, o TRIAC é quem efetivamente liga ou desliga a carga conectada à tomada, permitindo que o Arduino controle dispositivos de alta tensão de forma segura e eficiente.

A escolha do TRIAC BTA16-600B, em vez da utilização de módulos de relé, justifica-se pela sua maior durabilidade, comutação silenciosa e ausência de partes mecânicas, o que reduz o desgaste físico e aumenta a vida útil do sistema. Além disso, o TRIAC permite comutações rápidas e eficientes em aplicações de corrente alternada, sendo mais adequado para o controle frequente de cargas elétricas no contexto do projeto.

4.1.5 Circuito Integrado CD74HC4017E DIP-16



Figura 7 – CD74HC4017E

Fonte: Juried Engineering

O CD74HC4017E (Figura 7) é um contador Johnson de alta velocidade baseado em tecnologia CMOS. Esse circuito integrado atua como contador e decodificador, sendo capaz de ativar sequencialmente uma entre dez saídas (Q0 a Q9) a cada pulso aplicado no pino de *clock*. O dispositivo opera com tensões entre 2 V e 6 V, sendo amplamente utilizado em sequenciadores, temporizadores, sistemas de controle e efeitos visuais. Seu encapsulamento DIP-16 facilita a prototipagem e a integração em placas eletrônicas (TEXAS INSTRUMENTS, 2023).

No projeto com Arduino, o CD74HC4017E é utilizado para expandir e organizar o controle de múltiplas saídas sem exigir muitos pinos do microcontrolador. A cada pulso enviado pelo Arduino para o pino de *clock* do CI, uma das saídas é ativada de forma sequencial, permitindo controlar LEDs, estados do painel ou etapas de funcionamento da máquina utilizando apenas alguns pinos digitais. Isso aumenta a eficiência do sistema e simplifica a lógica de controle.

A escolha do CD74HC4017E, em vez da utilização de módulos de relé, justifica-se pelo fato de que o componente é mais adequado para controle lógico de baixa potência, apresentando menor custo, menor consumo de energia e maior simplicidade de circuito. Além disso, por não possuir partes mecânicas, o CD4017 não sofre desgaste físico nem gera ruídos de comutação, o que contribui para maior confiabilidade e durabilidade do sistema.

4.1.6 Resistor 1 Ohm 1/4 W



Figura 8 – Resistor 1 Ohm 1/4 W

Fonte: [Proesi](#)

De acordo com a Proesi Componentes Eletrônicos, o resistor de 1 Ω , 1/4 W é um componente eletrônico passivo cuja função principal é controlar e limitar a corrente elétrica dentro do circuito (Figura 8). Ele atua oferecendo resistência à passagem dos elétrons, garantindo que a corrente permaneça em níveis seguros para os demais componentes.

Por apresentar baixa tolerância, esse resistor mantém um valor muito próximo do nominal, o que proporciona maior estabilidade e confiabilidade no funcionamento do sistema. Além disso, sua potência de 1/4 W permite dissipar o calor gerado pela corrente elétrica sem comprometer o desempenho do circuito.

Nesse caso, o resistor será utilizado para regular a corrente em uma parte específica do circuito, protegendo os componentes contra sobrecarga e assegurando que operem dentro dos limites elétricos adequados. Isso contribui para o bom funcionamento do equipamento e aumenta a durabilidade dos componentes envolvidos.

4.1.7 Micro Switch Botão Táctil 2 Pinos

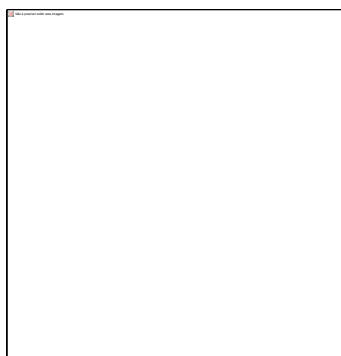


Figura 9 – Micro Switch Botão Táctil 2 Pinos

Fonte: [Mercado Livre](#)

De acordo com a MakerHero, o *push button* (botão táctil) é um componente eletrônico usado para enviar comandos ao circuito quando é pressionado (Figura 9). Ele funciona como um interruptor momentâneo, ou seja, fecha o contato elétrico apenas enquanto está sendo apertado e volta ao estado normal quando é solto. Esse tipo de botão é muito utilizado em equipamentos eletrônicos e painéis de controle, pois é pequeno, fácil de usar e permite a interação direta do usuário com o sistema.

Nesse projeto, o botão será utilizado para selecionar e acionar as funções da máquina de lavar. Sempre que o usuário pressionar o botão, um sinal será enviado ao Arduino para iniciar ou alterar uma operação. Isso permite controlar o equipamento

de forma simples e prática, facilitando o uso do painel sem necessidade de comandos complexos.

4.1.8 Placa de Circuito Impresso (PCI) – Fenolite perfurada 5 cm x 7 cm

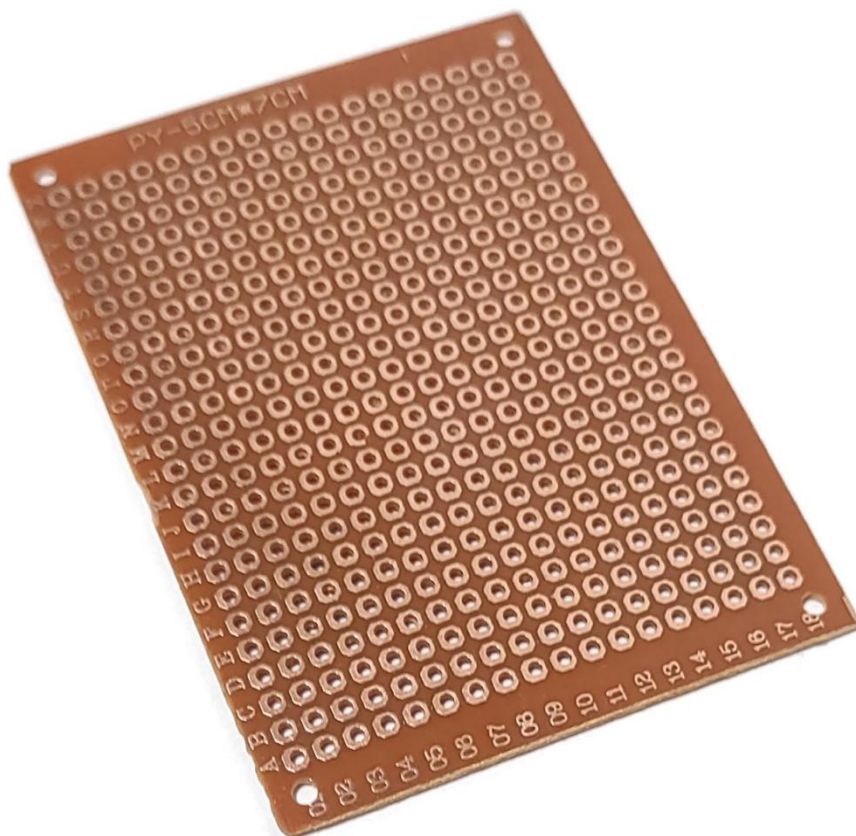


Figura 10 – Placa de Circuito Impresso (PCI)

Fonte: [Casa da Robótica](#)

Segundo a Casa da Robótica, a Placa de Circuito Impresso (PCI), exibido na figura 10, é um elemento fundamental para o desenvolvimento de projetos eletrônicos, pois possibilita a montagem de circuitos sem a necessidade do uso de processos químicos, como o percloroeto de ferro, além de reduzir o tempo de fabricação e facilitar a organização dos componentes. Esse tipo de placa é indicado para projetos com microcontroladores, sistemas digitais e diversos equipamentos eletrônicos.

No presente projeto, a Placa de Circuito Impresso (PCI) de fenolite perfurada será utilizada como a base física para a montagem definitiva dos circuitos eletrônicos. Nela serão fixados e soldados os componentes responsáveis pelo funcionamento do sistema, tais como resistores, LEDs, circuitos integrados e fios condutores.

A PCI permitirá a organização adequada dos componentes, garantindo maior estabilidade mecânica e segurança elétrica ao circuito. Além disso, sua utilização possibilitará a interligação correta entre os módulos do projeto, facilitando os testes de funcionamento, a identificação de falhas e a manutenção do protótipo. Dessa forma, a placa atuará como elemento estrutural do sistema, assegurando a continuidade elétrica entre os componentes e contribuindo para o funcionamento confiável do projeto proposto.

4.1.9 Fio flexível 22 AWG

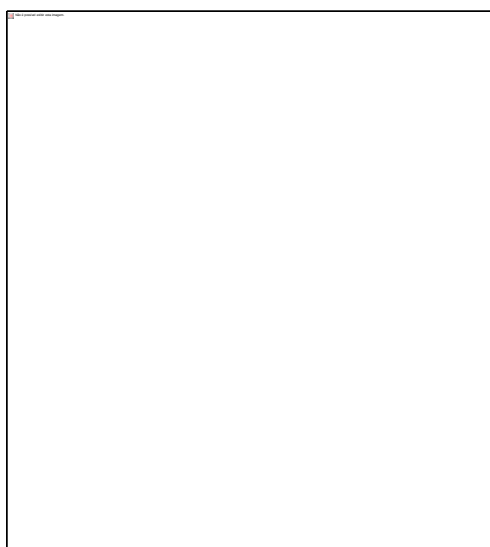


Figura 11 – Fio flexível 22 AWG

Fonte: [Saravati](#)

De acordo com a Proesi Componentes Eletrônicos, o fio flexível 22 AWG (Figura 11) é um condutor elétrico composto por vários filamentos de cobre, revestido por uma camada de material isolante, geralmente em PVC. Por ser flexível, esse tipo de fio é ideal para montagens eletrônicas e conexões em protoboards, placas e módulos, pois facilita o manuseio, a organização e a adaptação do circuito sem risco de rompimento do condutor.

A bitola 22 AWG indica a espessura do fio, sendo adequada para conduzir correntes elétricas de baixa a média intensidade com segurança, algo comum em projetos com microcontroladores, sensores e outros componentes eletrônicos. Além disso, o revestimento isolante evita curtos-circuitos e garante maior proteção ao circuito.

Nesse caso, o fio 22 AWG será utilizado para realizar as ligações entre os componentes do projeto, permitindo a passagem segura da corrente elétrica e facilitando a montagem e manutenção do circuito, contribuindo para uma organização mais eficiente e um funcionamento confiável do sistema.

4.1.10 Optoaclopador 4n25



Figura 12 – Optoacoplador 4n25

Fonte: [Casa da Robótica](#)

De acordo com a Casa da Robótica, o circuito integrado optoacoplador 4N25 (Figura 12) é um componente eletrônico capaz de isolar eletricamente duas partes de um circuito enquanto permite a transmissão de sinais entre elas. Ele faz isso utilizando luz infravermelha em vez de contato elétrico direto, o que proporciona proteção contra ruídos, interferências e picos de tensão.

O 4N25 contém internamente um LED infravermelho e um fototransistor. Quando o LED recebe sinal elétrico na entrada, ele emite luz que é captada pelo fototransistor, fazendo com que este conduza no lado de saída, mesmo que os dois lados não estejam eletricamente conectados. Essa técnica é chamada de isolamento óptico.

Nesse projeto, o optoacoplador será usado para proteger e separar o circuito de controle da parte que comanda cargas ou módulos externos, garantindo que

eventuais ruídos ou diferenças de potencial não afetem diretamente o circuito sensível. Isso aumenta tanto a segurança quanto a confiabilidade do sistema.

4.1.11 Diodo 1n4007



Figura 13 – Diodo 1n4007

Fonte: [Casa da Robótica](#)

Segundo a Casa da Robótica, o diodo retificador 1N4007 (Figura 13) é um componente eletrônico que deixa a corrente elétrica passar só em um sentido, do ânodo para o cátodo, e bloqueia no sentido contrário.

Esse tipo de diodo é capaz de suportar até 1 A de corrente e até 1000 V de tensão reversa, o que o torna adequado para proteger circuitos e ser usado em fontes de alimentação e outras aplicações que exigem robustez.

Nesse projeto, o 1N4007 será usado para garantir que a corrente só siga no sentido correto, evitando que tensões voltadas para trás prejudiquem outros componentes. Isso ajuda a proteger o circuito e manter o funcionamento seguro do sistema.

4.2. Tabela de custos do protótipo

Item	Descrição	Valor Unitário (R\$)	Quantidade	Total (R\$)
1	Arduino UNO	35,00	1	35,00
2	LED 5mm Vermelho Difuso L-513HD - Paralight	0,25	10	2,50
3	Circuito Integrado MOC3082 DIP-6 - Fairchild	2,30	5	11,50
4	Triac BTA16-600B - TO-220 - Loja 1591	4,80	5	24,00
5	Circuito Integrado CD74HC4017E DIP-16 - Texas	1,80	1	1,80
6	Resistor 1 Ohm 1/4W	0,15	23	3,45
7	Botão Chave Micro switch Push Button 2 pinos	1,39	3	4,19
8	Placa de Circuito Impresso - Fenolite 5cm x 7cm	4,99	3	14,97
9	Fio flexível 22 AWG branco	1,28	1 metro	1,28
10	Optoaclopador 4n25	2,50	1	2,50
11	Diodo 1n4007	0,05	1	0,05
			TOTAL	101,24

Tabela 1 - Componente e seus valores

Como podemos verificar na tabela 1, o valor base do protótipo ficou muito abaixo dos valores apresentados no tópico '1.2 Problema do Público-alvo' do projeto, demonstrando o foco da nossa solução ser possível de se realizar.

4.3 Trecho do Código Fonte

O trecho apresentado a seguir demonstra a função responsável pelo gerenciamento das etapas do ciclo de lavagem da máquina. Essa função realiza a seleção do processo a ser executado, atualiza a interface do painel e prepara a execução da próxima atividade do sistema.

```
void goWork(int id){
    idTrabalho = id;
    if(idTrabalho >= 7) idTrabalho = 0;

    Serial.print("Indo para trabalho== ");
    Serial.println(idTrabalho);

    p.setProcesso(idTrabalho);

    Serial.print("Set Head == ");

    TrabalhoMaquina *t = trabalhos[idTrabalho];
    t->preparar(&timerTrabalho);
}
```

A função *goWork()* recebe como parâmetro o identificador da etapa que será executada. Inicialmente, o valor é armazenado na variável *idTrabalho*, responsável por controlar o estado atual da máquina. Em seguida, é realizada uma verificação para garantir que o índice permaneça dentro dos limites definidos para os processos cadastrados.

Posteriormente, o método *setProcesso()* atualiza o painel da máquina, permitindo que o usuário visualize a etapa em execução. Por fim, o trabalho correspondente é recuperado do vetor *trabalhos* e preparado para execução por meio do temporizador *timerTrabalho*.

Esse mecanismo permite que o sistema realize a transição entre as diferentes fases do ciclo de lavagem de forma organizada e automatizada, contribuindo para o correto funcionamento da máquina de lavar.

5. DESENVOLVIMENTO

5.1 Montagem dos circuitos eletrônicos

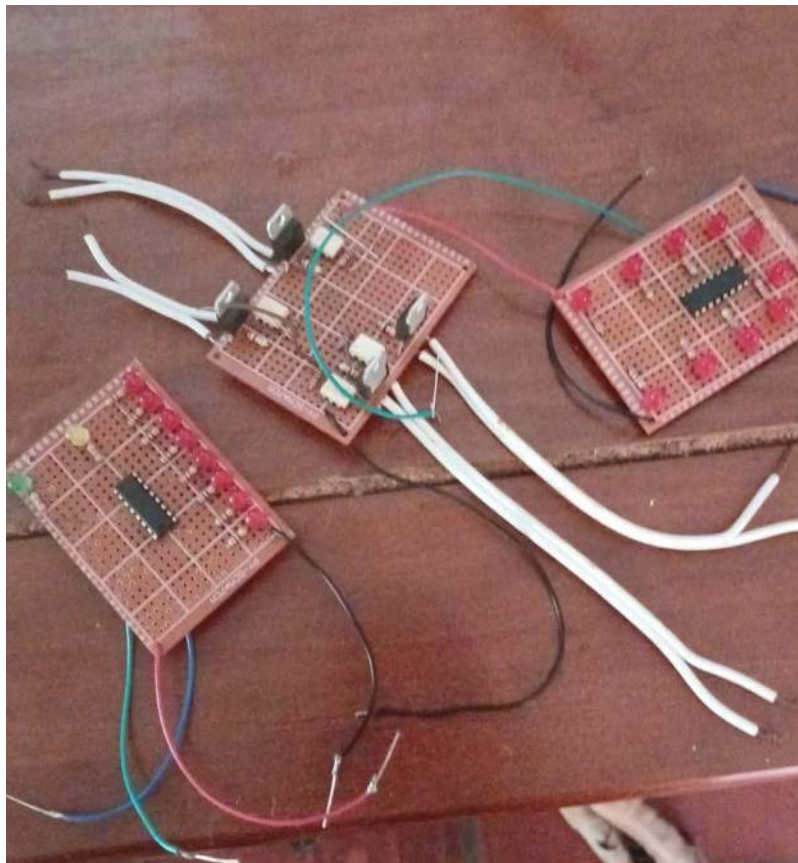


Figura 14 – Placas do circuito eletrônico montadas individualmente.

Fonte: Autores (2026).

A construção do projeto foi realizada por meio da montagem manual dos circuitos eletrônicos em placas de circuito impresso (PCI) de fenolite perfurada. Os componentes, como resistores, LEDs, circuitos integrados e fios condutores, foram inseridos nas placas e soldados de forma permanente, formando três módulos principais do sistema.

Cada módulo foi organizado de modo a garantir a correta disposição dos componentes e facilitar a visualização do funcionamento por meio dos LEDs indicadores.

5.2 Instalação dos circuitos na máquina de lavar

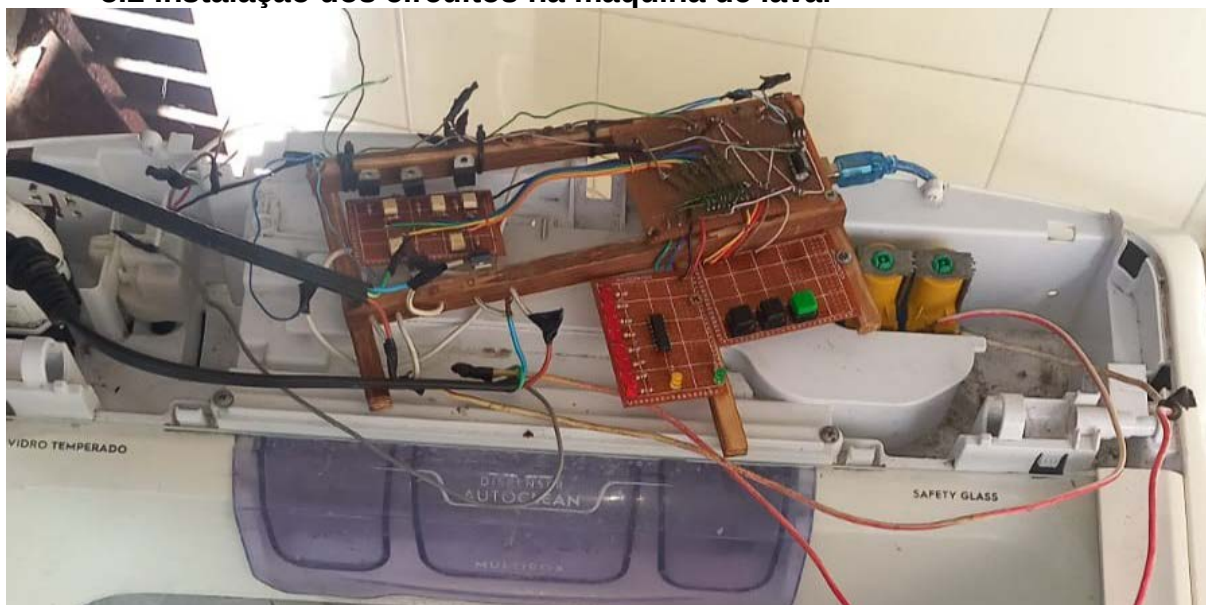


Figura 15 – Instalação das placas eletrônicas na máquina de lavar.

Fonte: Autores (2026).

Após a montagem dos circuitos do protótipo, as placas eletrônicas foram fixadas em uma base de madeira para proporcionar maior estabilidade e facilitar a instalação na máquina de lavar. Em seguida, foram posicionadas na parte superior do equipamento e conectadas aos demais componentes do sistema por meio da fiação. Nessa etapa, também foram realizados os testes de funcionamento e os ajustes necessários para verificar se todas as conexões e módulos estavam operando corretamente.

6. MANUAL DO USUÁRIO

6.1 Apresentação do Sistema

Este capítulo apresenta o manual do usuário do painel de controle automatizado desenvolvido para operação de uma máquina de lavar, baseado em sistema microcontrolado.

O dispositivo foi projetado para controlar eletronicamente as principais etapas do processo de lavagem, permitindo a interação do usuário por meio de comandos manuais e realizando o monitoramento automático de variáveis do sistema.

O painel permite executar as seguintes funções:

- Ligar o sistema
- Desligar o sistema
- Ativar o modo de lavagem
- Ativar o modo de centrifugação
- Monitorar o nível de água
- Realizar o descarte da água

O sistema também possui sinalização visual e sonora para informar o estado de funcionamento ao usuário.

6.2 Finalidade do Painel de Controle

O painel de controle automatizado tem como objetivo permitir a operação simplificada das etapas essenciais de uma máquina de lavar, garantindo controle eletrônico e monitoramento do processo.

O sistema realiza:

- Gerenciamento das etapas de lavagem e centrifugação
- Verificação do nível de água por sensores
- Controle do descarte de água
- Comunicação do estado do sistema por indicadores

O protótipo possui finalidade educacional e experimental, demonstrando a aplicação de sistemas embarcados na automação de equipamentos domésticos.

6.3 Elementos de Interação com o Usuário

O painel é composto por dispositivos de entrada, saída e monitoramento responsáveis pela operação do sistema.

6.3.1 Botões de comando

Permitem a seleção manual das funções:

- Botão de iniciar
- Botão de etapas
- Botão de configuração

6.3.2 Indicadores do sistema

Responsáveis pela comunicação do estado operacional:

- LEDs indicadores de funcionamento
- Sinalização sonora por *buzzer*

6.3.3 Sensores automáticos

Realizam o monitoramento das condições do sistema:

- Sensor de nível de água
- Sistema de descarte de água

6.4 Procedimentos de Operação

6.4.1 Inicialização

Ao ser ligada a tomada o sistema é energizado e entra em estado de prontidão para execução das funções disponíveis.

6.4.2 Processo de lavagem

Quando o botão de etapas é selecionado, o sistema avança a etapa de lavagem. Nas quais são:

1. Encher
2. Lavar
3. Centrifugar
4. Molho
5. Descarte de água

6.4.3 Processo de configuração

O botão de configuração é responsável pelo controle do nível de água, modo de lavagem, tempo de centrifugação e de molho.

6.4.4 Descarte de água

O descarte de água é realizado automaticamente quando necessário, podendo ocorrer:

- Ao término da lavagem
- Antes do início da centrifugação

6.4.5 Botão inicial

O botão iniciar dará início à lavagem depois que todas as configurações forem selecionadas.

6.4.6 Desligamento do sistema

O desligamento é realizado por meio da retirada do plugue da tomada, interrompendo todas as operações e desenergizando o sistema.

6.5 Sinalização Operacional

- O sistema utiliza sinais visuais e sonoros para comunicação com o usuário.
- LED aceso continuamente indica sistema energizado
- LED intermitente indica processo em execução
- Sinal sonoro indica alertas ou mudanças de estado

6.6 Recomendações de Segurança

Para garantir o funcionamento adequado do sistema, recomenda-se:

- Não operar o equipamento com conexões soltas ou danificadas
- Evitar contato do circuito com água ou umidade
- Desligar o sistema antes de realizar manutenção

CONCLUSÃO

O desenvolvimento deste projeto permitiu a criação de um protótipo de painel alternativo para máquinas de lavar roupas baseado na plataforma Arduino Uno. A proposta surgiu da necessidade de oferecer uma solução viável para equipamentos que se tornam inutilizáveis devido a falhas em seus painéis eletrônicos, mesmo quando seus componentes mecânicos permanecem em boas condições de funcionamento.

Durante a realização do trabalho, foi possível aplicar conhecimentos de eletrônica, programação, sistemas embarcados e automação, integrando diferentes componentes para reproduzir as funções essenciais de uma máquina de lavar, como enchimento, lavagem, enxágue e centrifugação. Além disso, o desenvolvimento do protótipo demonstrou que é possível construir uma alternativa funcional com custo significativamente inferior ao valor de muitas placas eletrônicas originais disponíveis no mercado.

Os resultados obtidos indicam que a solução proposta pode contribuir para a redução dos custos de manutenção, beneficiando tanto consumidores finais quanto assistências técnicas. Da mesma forma, ao possibilitar o reaproveitamento de equipamentos que seriam descartados, o projeto também auxilia na diminuição da geração de resíduos eletrônicos, promovendo uma alternativa mais sustentável para o setor.

Por fim, conclui-se que os objetivos estabelecidos foram alcançados, uma vez que o protótipo desenvolvido demonstrou ser capaz de executar as principais funções de controle da máquina de lavar. Como trabalhos futuros, sugere-se a implementação de novas funcionalidades, como interface digital mais avançada, personalização de ciclos de lavagem e integração com dispositivos móveis, ampliando ainda mais as possibilidades de utilização do sistema.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AENO. *How Does a Washing Machine Work: Revealing the Construction and Characteristics of Appliances*. Disponível em: <https://aeno.com/blog/how-does-a-washing-machine-work-revealing-the-construction-and-characteristics-of-appliances/>. Acesso em: 29 out. 2025.

ALMEIDA, Rafael. *Quanto custa consertar o painel da máquina de lavar*. Publicado no site do Jornada Agroecologia em 28/03/2025. Disponível em: <https://jornadaagroecologia.com.br/quanto-custa-consertar-o-painel-da-maquina-de-lavar>. Acesso em: 7 out. 2025.

ARDUINO. *Arduino UNO R3*. Arduino.cc, 2025. Disponível em: <https://docs.arduino.cc/hardware/uno-rev3/>. Acesso em: 05 dez. 2025.

ARDUINO. *What is Arduino?* Disponível em: https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction/?x_tr_hist=true. Acesso em: 7 out. 2025.

BORELLA, Kelen. *Quais são os problemas mais comuns em máquinas de lavar roupas*. Jornal do Bras, 2025. Disponível em: <https://jornaldobras.com.br/noticia/66860/quais-sao-os-problemas-mais-comuns-em-maquinas-de-lavar-roupas>. Acesso em: 28 out. 2025.

CASA DA ROBÓTICA. *Placa de fenoliteilhada perfurada 7 x 5 cm – circuito impresso*. Disponível em: https://www.casadarobotica.com/prototipagem-ferramentas/prototipagem/placas-de-circuito/placa-de-fenolite-ilhada-perfurada-7x5-cm-circuito-impresso?parceiro=3259&srsId=AfmBOoo0G0X_yE1zT3MT_jli6lAnwdu5Qsw5pWt98Og3u-m1k3gNBVnf36o. Acesso em: 18 jan. 2026.

CASA DA ROBÓTICA. *5x circuito integrado – CI optoacoplador / foto acoplador 4N25 DIP*. Disponível em: <https://www.casadarobotica.com/componentes-eletronicos/componentes/componentes-integrados/3x-circuito-integrado-ci->

[optoacoplador-foto-acoplador-4n25-dip?srsltid=AfmBOoqH8NJOGEf51VLoP4HmwbKQvMM6EqxRgM2v2YBXGV0e0gTB_7_I](https://www.casadarobotica.com/componentes-eletronicos/componentes/diodo/20x-diodo-retificador-1n4007?parceiro=3259&gad_source=1&gad_campaignid=17347210457&gclid=Cj0KCQjw8PDPBhCeARIsAOJwmWVlukbHxaUdvg4JKnFYVGIShQfnTaTKOeSyUkA9Jh7vqmQCuafeOIYaAvvxEALw_wcB). Acesso em: 07 abr. 2026.

CASA DA ROBÓTICA. 20x diodo retificador 1N4007. Disponível em: https://www.casadarobotica.com/componentes-eletronicos/componentes/diodo/20x-diodo-retificador-1n4007?parceiro=3259&gad_source=1&gad_campaignid=17347210457&gclid=Cj0KCQjw8PDPBhCeARIsAOJwmWVlukbHxaUdvg4JKnFYVGIShQfnTaTKOeSyUkA9Jh7vqmQCuafeOIYaAvvxEALw_wcB. Acesso em: 07 abr. 2026.

ECOBRAZ. *Impactos ambientais e econômicos do descarte de eletrodomésticos: geladeiras, máquinas de lavar e resíduos eletrônicos*. Ecobraz, 10 ago. 2025. Disponível em: https://ecobraz.org/pt_BR/blog/impactos-ambientais-e-economicos-do-descarte-de-eletrodomesticos-geladeiras-maquinas-de-lavar-e-residuos-eletronicos. Acesso em: 8 out. 2025.

G1. Serviço de consertos de eletrodomésticos cresce com alta da inflação. Jornal Nacional, 12 maio 2022. Disponível em: <https://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2022/05/12/servico-de-consertos-de-eletrodomesticos-cresce-com-alta-da-inflacao.ghtml>. Acesso em: 07 jun. 2026.

GUSE, Rosana. O que é um optoacoplador? *MakerHero*. Disponível em: <https://www.makerhero.com/blog/o-que-e-um-optoacoplador/#:~:text=Um%20optoacoplador%2C%20tamb%C3%A9m%20conheci%20como,isolamento%20el%C3%A9trico%20total%20entre%20eles>. Acesso em: 10 dez. 2025.

INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION (ITU) e UNITED NATIONS INSTITUTE FOR TRAINING AND RESEARCH (UNITAR). *The Global E-waste Monitor 2024*. 4.^a ed., 2024. Disponível em: <https://www.itu.int/en/ITU-D/Environment/Pages/Publications/The-Global-E-waste-Monitor-2024.aspx>. Acesso em: 07 mai. 2026.

MAKERHERO. *LED Difuso 5 mm Vermelho*. MakerHero, s.d. Disponível em: <https://www.makehero.com/produto/led-difuso-5mm-vermelho/>. Acesso em: 05 dez. 2025.

PROESI COMPONENTES ELETRÔNICOS. *Resistor de precisão 1 Ω 1/4 W 1%*. Disponível em: <https://www.proesi.com.br/resistor-precis-o-1-1-4w-1r?srsltid=AfmBOoqx09isUK2pq7h0W9Tn4IVmxXVlhVqctmWPa6JjmNUy8Mkq3Xhn>. Acesso em: 20 abr. 2026.

SARAVATI. *Cabo flexível 22 AWG 0,30 mm – branco (vendido por metro)*. Disponível em: https://www.saravati.com.br/cabo-flexivel-22-awg-0-30mm-branco-vendido-p-metro.html?gad_source=4&gad_campaignid=23551463662&gclid=Cj0KCQjw8PDPBhCeARIsAOJwmWXc1XfriPlo2LnmSQZoJD7eJQe_5xM5gHGvFXqN5SN1luSw-Pg1AZwaAgvhEALw_wcB. Acesso em: 01 abr. 2026.

SEBRAE. *Perfil de empresas por atividade econômica – Reparação e manutenção de equipamentos eletroeletrônicos de uso pessoal e doméstico (CNAE 9521-5/00)*. Observatório SEBRAE, 2025. Disponível em: <https://observatorio.sebrae.com.br/profile/industry/reparacao-e-manutencao-de-equipamentos-eletroeletronicos-de-uso-pessoal-e-domestico-9521500>. Acesso em: 28 out. 2025.

SIQUEIRA, Breno; BRITTO, Vinícius. *Censo 2022: 87% da população brasileira vive em áreas urbanas*. Agência IBGE Notícias, 14 nov. 2024. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/41901-censo-2022-87-da-populacao-brasileira-vive-em-areas-urbanas>. Acesso em: 7 out. 2025.

REFRIBRAS. *Placa Eletrônica Lavadora – catálogo de peças*. Disponível em: <https://refribras.com.br/categoria/lavadora/placa-eletronica-lavadora/>. Acesso em: 28 out. 2025.

RYNDACK COMPONENTES. *BTA16-600B TRIAC 600 V 16 A*. Disponível em: <https://www.ryndackcomponentes.com.br/bta16-600b-triac-600v-16a.html>. Acesso em: 10 dez. 2025.

TERRA. *Queda do poder de compra impulsiona conserto de eletrônicos*. Terra Notícias, 18 nov. 2024. Disponível em: <https://www.terra.com.br/noticias/queda-do-poder-de-compra-impulsiona-conserto-de-eletronicos,0bfd6f8014516f85ff051317030dda83czdwvr7s.html>. Acesso em: 8 out. 2025.

TEXAS INSTRUMENTS. CD74HC4017 – High-Speed CMOS Decade Counter/Divider. Datasheet. Disponível em: <https://www.ti.com/product/CD74HC4017>. Acesso em: 06 dez. 2025.

TOKARINA, Mariana. *Brasil é o quinto maior produtor de lixo eletrônico*. Publicado no site Agência Brasil em 07/10/2021. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2021-10/brasil-e-o-quinto-maior-produtor-de-lixo-eletronico>. Acesso em: 20 abr. 2026.

ANEXOS

ON SEMICONDUCTOR; FAIRCHILD. *MOC3081 / MOC3082 / MOC3083 – Zero-Cross Optocouplers*. Datasheet. Disponível em: <https://www.mouser.com/ds/2/149/MOC3081M-356014.pdf>. Acesso em: 07 dez. 2025.

STMICROELECTRONICS. *BTA16-600B – 16A Triac*. Datasheet. Disponível em: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/22033/STMICROELECTRONICS/BTA16-600B.html>. Acesso em: 07 dez. 2025.