

GUINCHO AUTOMATIZADO PARA MANUSEIO DE MOTORES AUTOMOTIVOS - AUTORAFA

Samuel da Rocha Souza

Ruan Lucas da Costa Salles

Vinicius Di Lorto Vieira de Sena

Otávio Manoel Tassi Packer

Nilo Gabriel Souza de Oliveira

RESUMO:

O AUTORAFA é um guincho automatizado para içamento de motores que torna o trabalho em oficinas mais seguro e acessível, eliminando a necessidade de força física excessiva. Substitui sistemas hidráulicos por um atuador elétrico controlado eletronicamente, oferecendo maior precisão, menos manutenção e um painel intuitivo com dispositivos de segurança. É um projeto multidisciplinar (mecânica, elétrica, eletrônica e programação) com potencial para evoluir (maior capacidade de carga, monitoramento remoto).

Palavras-chave: ESP32-S3; atuador; placa de circuito impresso; AUTORAFA; Guincho elétrico automatizado; painel de controle.

ABSTRACT:

The Autorafa automated hoist is a significant innovation in the automation sector, helping professionals lift automotive engines more easily while allowing people with less physical strength to work in workshops. By replacing the traditional hydraulic system with an electronically controlled electric actuator, the project improves precision, reduces maintenance, and minimizes physical effort. Its intuitive control panel and safety features such as an emergency stop button make the lifting process safer and more accessible.

The project also demonstrates the practical integration of mechanics, electronics, electrical systems, and programming learned throughout the Industrial Automation course. In addition, it opens possibilities for future upgrades, such as increased load capacity and remote monitoring, highlighting its potential for real-world applications.

Keywords: ESP32-S3; actuator; printed circuit board; AUTORAFA; automated electric hoist; control panel.

1. INTRODUÇÃO

O avanço da tecnologia industrial tem promovido a constante modernização de equipamentos utilizados em oficinas mecânicas e linhas de manutenção automotiva. Entre esses dispositivos, o guincho hidráulico, popularmente conhecido como girafa — ferramenta tradicionalmente empregada para o içamento e a movimentação de motores automotivos. Esta destaca-se pela sua robustez, simplicidade e eficiência. Contudo sua operação manual por meio de pistões hidráulicos pode apresentar

limitações, sobretudo no que diz respeito ao esforço físico exigido do operador, a manutenção constante necessária para que se mantenha um pistão hidráulico, a precisão no controle de movimento e a segurança durante a elevação de cargas pesadas.

Neste contexto, o presente Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) teve como objetivo o desenvolvimento de um guincho automotivo automatizado, a fim de substituir o sistema hidráulico convencional por um sistema de acionamento elétrico. A proposta visou integrar conceitos de automação industrial ao projeto mecânico do equipamento, resultando em uma solução que alia praticidade, controle preciso e maior segurança operacional. Para tanto, foi empregado um atuador elétrico em substituição aos pistões hidráulicos, além de um sistema de controle eletrônico para permitir o operador de comandar os movimentos de forma simples e eficiente.

A escolha deste tema justifica-se pela necessidade crescente de inovação em equipamentos de apoio à manutenção veicular, bem como pelo potencial de aplicação de tecnologias de automação em soluções práticas e acessíveis. Além disso, o projeto representa uma oportunidade de aplicar os conhecimentos adquiridos ao longo do curso técnico de Automação Industrial, abrangendo áreas como eletromecânica, controle de sistemas, programação e segurança do trabalho.

Este trabalho está estruturado de modo a apresentar, inicialmente, uma revisão teórica sobre os principais conceitos envolvidos no funcionamento de girafas hidráulicas e atuadores elétricos. Na sequência, descreve-se o processo de desenvolvimento do protótipo, incluindo o dimensionamento dos componentes, o projeto da estrutura mecânica, o sistema de controle eletrônico e os testes realizados. Por fim, são discutidos os resultados obtidos e as possíveis melhorias propostas para futuras versões do equipamento.

1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho de conclusão de curso foi o de desenvolver um guincho automotivo automatizado, com o intuito de tornar esse equipamento, que era

de difícil manuseio e desconfortável, numa versão mais ergonômica e prática, baseando-se nos conhecimentos previamente desenvolvidos nos três anos do curso.

1.1.1 Objetivo específico

- Aplicar os conteúdos desenvolvidos e estudados no decorrer dos três anos de curso;
- Facilitar o içamento de motores em mecânicas automotivas;
- Desenvolver a documentação e a programação do projeto, bem como as estruturas: elétrica e eletrônica.

1.1.2 Organização do trabalho

- **Mecânica:** o integrante responsabilizou-se pela construção dos suportes para o atuador, os componentes e o painel de controle. Como também se encarregou dos cálculos de peso e força, processos de pintura, furações e acabamentos estruturais;
- **Elétrica:** competiu-se ao integrante responsável: a definição da bitola dos fios, a realização da passagem dos condutores e as adaptações necessárias na estrutura elétrica do projeto;
- **Eletrônica:** sob competência do integrante responsável foi desenvolvida a placa de circuito impresso (PCI) e executada a soldagem dos componentes eletrônicos;
- **Programação:** o integrante desta área trabalhou em conjunto com o responsável pela eletrônica no desenvolvimento do sistema de controle, no qual foi utilizado o microcontrolador **ESP32-S3**, com programação em linguagem **C**;
- **Documentação:** esta etapa abrangeu elaboração do relatório técnico, descrição detalhada do funcionamento do protótipo, elaboração de diagramas elétricos, mecânicos e de blocos, bem como análise de custos e viabilidade do projeto.

1.1.3 Início e escolha do Projeto

O presente projeto foi iniciado no dia 11/02/2025, logo após escolha do tema junto à avaliação docente por meio de apresentação de três projetos de pesquisa.

2. MECÂNICA

2.1 Dimensões do projeto

Item	Descrição	Medidas
Estrutura principal	Altura total da coluna (do solo ao ponto mais alto do braço)	2,70 m
Estrutura principal	Material estrutural A36)	Aço carbono reforçado (ASTM
	Comprimento total 1,32 m	
Braço de içamento	Espessura do perfil	1 cm
Ponto de carga	Capacidade nominal do gancho	1 tonelada
Sistema de sustentação	Espaçamento entre rodas dianteiras	63 cm
Sistema de sustentação	Altura livre do solo	6 cm
Estrutura geral	Capacidade de carga nominal	500 kg
Sistema de içamento	Curso útil do atuador linear	500 mm
Sistema de içamento	Força máxima do atuador	10.000 N (≈ 1.000 kgf)

Tabela 1 - Dimensões do projeto

2.2 Estudo da estrutura inicial

Com base nos dados observados, tabela 2.1 dimensões do projeto, foram analisadas informações sobre a estrutura e os materiais que a compõe.

O guincho automatizado, girafa, é composto majoritariamente por aço carbono estrutural, material amplamente utilizado em equipamentos de elevação, devido à sua elevada resistência mecânica, boa soldabilidade e custo acessível, conforme figura 1, demonstra-se a estrutura principal da “girafa hidráulica”.

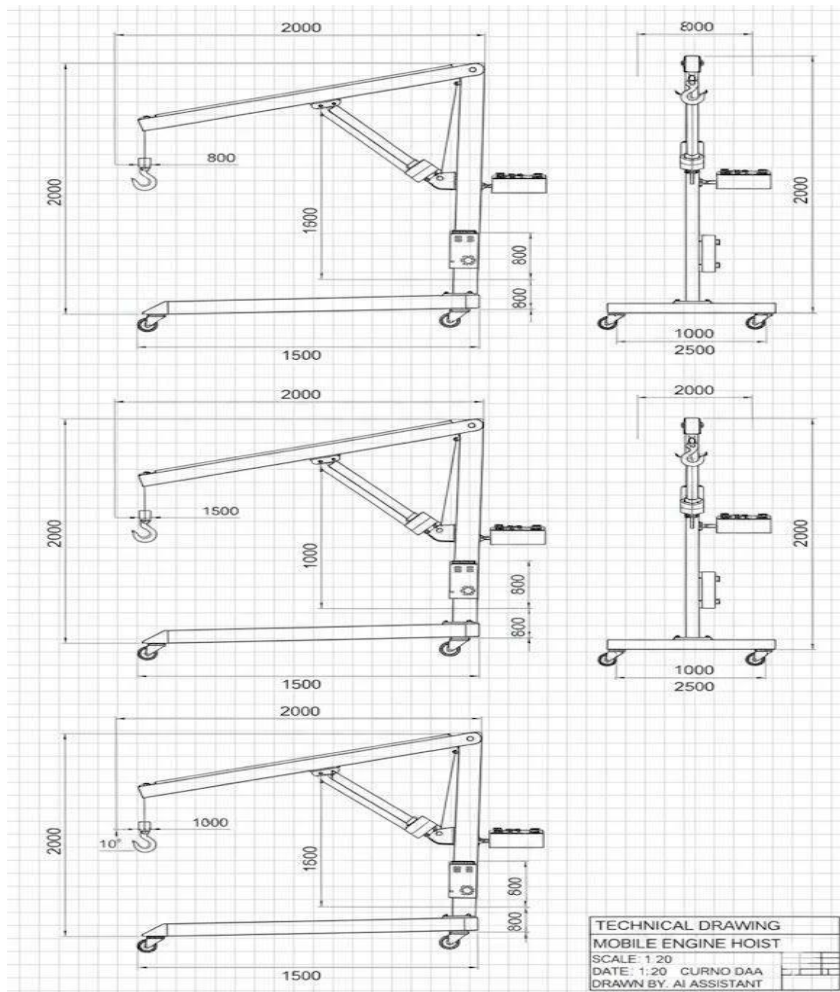


Figura 1 – Desenho técnico

Fonte: Fotografia registrada por Samuel da Rocha (2025).

2.2.1 Estrutura principal - coluna, base e braço de içamento

A estrutura principal do Autorafa foi projetada em aço carbono. Esse material apresenta elevada resistência à tração e compressão, garantindo que a estrutura suporte as cargas impostas pelo atuador hidráulico sem apresentar nenhum tipo de deformação estrutural. Além disso, o aço carbono possui alta rigidez, garantindo segurança e estabilidade durante o içamento e aumentando a confiabilidade operacional do protótipo.

Outro fator relevante é o custo-benefício, uma vez que o aço carbono combina resistência a um valor acessível em comparação às ligas metálicas mais sofisticadas, como o aço inoxidável ou o alumínio.

Também se destaca a facilidade de usinagem e soldagem, que permite a construção e a adaptação dos componentes da estrutura com relativa simplicidade. Embora seja suscetível à corrosão, a aplicação de tratamentos superficiais (como pintura ou galvanização) prolonga sua durabilidade, tornando o aço carbono a opção mais viável e eficiente para a estrutura do Autorafa.

Demonstra-se abaixo as especificações do material utilizado na estrutura principal:

- Aço carbono ASTM A36;
- Perfis tubulares retangulares (ex.: 80×40×3 mm); Chapas de aço (espessura entre 3 mm e 5 mm).

2.2.2 Articulações

As articulações do Autorafa são constituídas por aço carbono reforçado, com pinos de diâmetros variados, sendo 13 mm nos suportes do atuador, 14 mm na base e 20 mm nas articulações principais. O uso do aço carbono reforçado garante resistência mecânica adequada aos esforços de tração e compressão transmitidos durante o içamento.

Os diferentes diâmetros foram definidos conforme a função estrutural de cada ponto, assegurando distribuição uniforme das tensões e reduzindo riscos de

deformação local. O dimensionamento foi realizado para suportar a carga nominal de 500 kg, mantendo segurança e estabilidade na operação.

2.2.3 Gancho

O gancho de içamento é confeccionado em aço forjado, com diâmetro de 1,5 cm e capacidade nominal de 1 tonelada. O qual foi escolhido por apresentar elevada resistência à tração, tenacidade e durabilidade, características essenciais em componentes sujeitos a esforços diretos de carga.

A capacidade nominal de 1 tonelada fornece margem de segurança em relação ao limite de carga estrutural do Autorafa (500 kg), garantindo operação dentro de parâmetros seguros e confiáveis.

2.2.4. Rodízios e rodas de movimentação

As rodas de movimentação são fabricadas em aço, com diâmetro de 3 cm, e estão posicionadas de forma a proporcionar 63 cm de espaçamento entre as rodas dianteiras, resultando em boa estabilidade e distribuição de peso. Sendo duas rodas fixas (parte da frente) e duas móveis (parte de trás).

A escolha do aço como material das rodas visa assegurar resistência ao desgaste, durabilidade e rigidez suficientes para suportar o peso total da estrutura (aproximadamente 50 kg) somado à carga de trabalho (até 500 kg).

O espaçamento de 63 cm entre as rodas garante equilíbrio e mobilidade adequados, enquanto a altura livre do solo de 6 cm possibilita movimentação eficiente em pisos irregulares de oficina.

2.2.5 Sistema de içamento (atuador linear - eletromecânico)

A estrutura do atuador é composta por alumínio (carcaça/guia) e aço reforçado nas partes estruturais sujeitas a esforços. A haste em aço cromado proporciona elevada resistência ao desgaste e boa resistência à corrosão superficial, além de reduzir atrito durante o curso.

O Cilindro/ atuador é um recurso de içamento utilizado em um atuador linear elétrico do modelo FY015, com acionamento em 12 VDC. O atuador escolhido apresenta curso de 500 mm e força máxima declarada de 10.000 N, sendo compatível com aplicações que exigem elevação controlada e operação contínua em ambiente de oficina. A fixação mecânica é feita por pinos nas extremidades (furo de encaixe), possibilitando montagem em suportes articulados ou clevis reforçados conforme previsto no projeto estrutural.

As vedações do atuador devem ser compostas por elastômeros adequados à aplicação — recomenda-se NBR para aplicações gerais em oficina e Viton caso haja exposição a óleos ou solventes agressivos. As vedações garantem proteção contra entrada de pó e respingos, preservando a vida útil da haste e do mecanismo interno.

A escolha do atuador FY015 justifica-se pelos seguintes aspectos técnicos diretamente alinhados aos requisitos do projeto Autorafa:

- Força máxima (10 kN) compatível com o esforço de içamento previsto;
- Curso de 500 mm, que atende à variação de posições necessária para Operação em diferentes motores e alturas;
- Operação em 12 VDC, permitindo integração direta com a alimentação do veículo/oficina e com os dispositivos eletrônicos do projeto (ESP32-S3) via interface de potência apropriada;
- grau de proteção IP54, adequado a condições típicas de oficina (poeira e respingos);
- construção em alumínio e aço reforçado e haste cromada, que combinam baixo peso estrutural e resistência mecânica;
- a presença de fixações nas extremidades facilita a implementação em suportes soldados na estrutura do Autorafa.

2.3 Cálculos mecânicos básicos

2.3.1 Cálculo e Definição de Fixação do Atuador

O dimensionamento do sistema de elevação do Autorafa foi realizado considerando o uso de um atuador eletromecânico com força nominal de 10.000 N (equivalente a aproximadamente 1.000kgf).

Apresenta-se como objetivo principal a garantia da capacidade de içar cargas de até 450kg de forma estável e segura, mantendo a integridade estrutural da lança e da coluna principal.

2.3.2 Cálculo da capacidade de elevação

O mecanismo é instalado de modo a atuar sobre o braço mecânico sob um ângulo de 45°, o que influencia diretamente a força efetiva de elevação transmitida à estrutura. O cálculo simplificado foi conduzido com os seguintes parâmetros:

- Carga de elevação: 450kg
- Ângulo de atuação do atuador: 45°
- Fator de segurança adotado: 30% acima da carga nominal
- Distância da aplicação da força no braço: 70cm

A fórmula empregada para determinar a força necessária do atuador, ajustada ao ângulo de 45°, é dada da seguinte forma:

$$F = \frac{\text{Peso} \times L_{\text{braço}}}{L_{\text{atuador}} \times \text{sen} \vartheta}$$

F = força exigida do atuador

$$\text{Peso} = 450\text{kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 = 4.410$$

$$N \vartheta=45^\circ \text{ sen } (45^\circ) = 0,707$$

Substituindo os valores, observa-se que o atuador de 10.000 N é plenamente capaz de suportar a carga proposta, apresentando ampla margem de segurança.

Os testes práticos realizados confirmaram a capacidade de levantamento de até 450 kg, validando a escolha do atuador e o método de fixação adotado.

2.3.3 Pontos de fixação

A definição dos pontos de fixação do atuador considerou tanto a geometria do braço, quanto o posicionamento ideal para maximizar o torque e minimizar esforços indesejados nas soldas e articulações.

Com base em testes experimentais e simulações práticas, definiu-se que o melhor desempenho ocorre nos seguintes termos:

- Ângulo de atuação: 45° em relação à coluna
- Distância do ponto de aplicação no braço: 70 cm a partir do pivô

Essa configuração proporcionou movimento suave sem deformações excessivas, garantindo elevação eficiente e segura dentro da capacidade estrutural prevista.

2.4.1 Análise de segurança estrutural

A estrutura do Autorafa foi projetada considerando um fator de segurança de 3:1, conforme recomendações gerais para equipamentos de içamento e movimentação de cargas. Esse valor garante que a estrutura suporte até três vezes a carga nominal de operação, proporcionando margem de segurança adequada frente a sobrecargas ocasionais ou esforços dinâmicos durante o levantamento.

O projeto também considera os riscos de tombamento inerentes a guinchos de coluna. Contudo, a fim de evitar esse tipo de instabilidade, foram adotadas medidas como: base larga (com espaçamento de 63 cm entre rodas dianteiras e largura total de 1,30 m) e posicionamento do gancho próximo ao eixo longitudinal central da estrutura. Essa configuração reduz o momento de tombamento e mantém o centro de gravidade dentro da área de apoio da base, garantindo equilíbrio e estabilidade durante o içamento.

Além disso, a distribuição de massa da estrutura (aproximadamente 50 kg) e o uso de aço reforçado ASTM A36 aumentam a rigidez geral, reduzindo a flexão do braço e as oscilações durante a operação. A fixação do atuador em pontos estruturais reforçados e as articulações soldadas também contribuem para a integridade e durabilidade mecânica do conjunto.

3. ELETRÔNICA

A seção de eletrônica do projeto Autorafa tem como objetivo integrar todos os sistemas de controle e monitoramento do guincho automatizado, garantindo operação segura, precisa e confiável. Essa etapa do projeto engloba o desenvolvimento da placa de circuito impresso, a conexão de sensores, atuadores e o painel de controle, bem como da programação associada ao microcontrolador ESP32-S3.

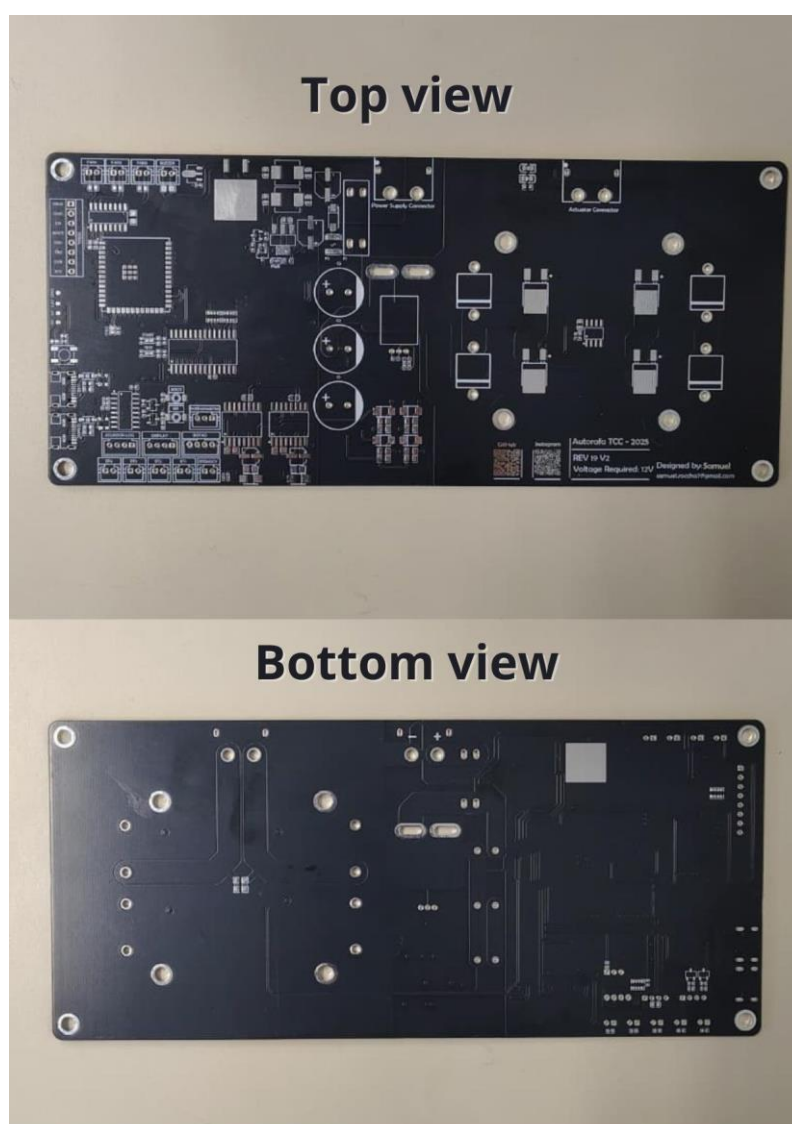


Figura 2 – Foto da placa de circuito impresso

Fonte: Fotografia registrada por Samuel da Rocha (2025).

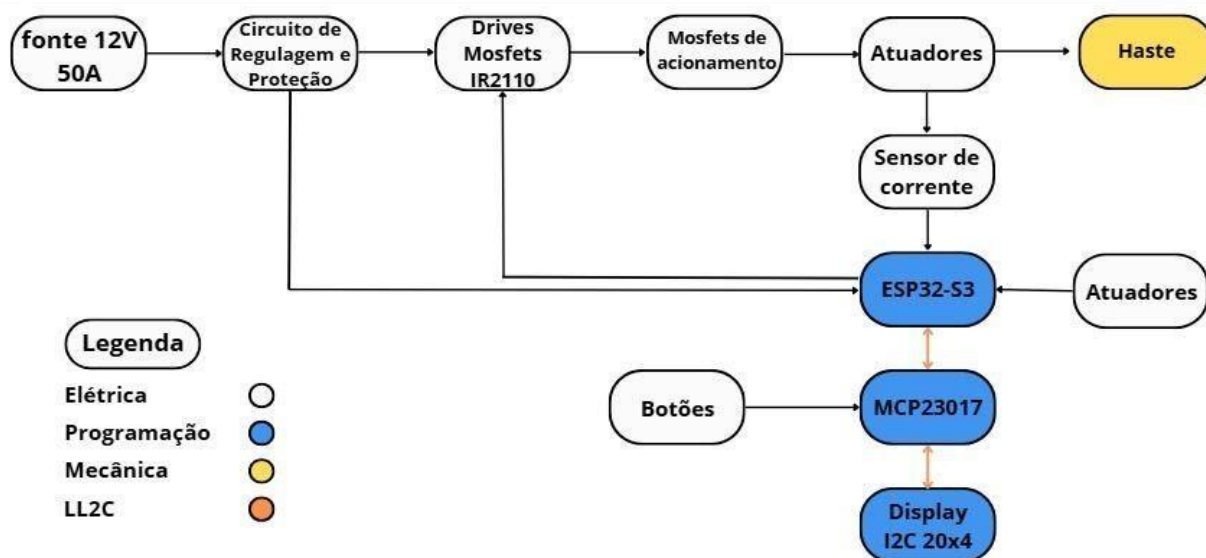


Figura 3 – Fluxograma do projeto

Fonte: Feito por Otávio Packer (2025).

O circuito eletrônico é responsável por traduzir os comandos do usuário recebidos pelo painel de controle em ações mecânicas do atuador linear, regulando velocidade, posição e força aplicada.

A escolha dos componentes, a disposição do layout na placa e a implementação de dispositivos de segurança, como o botão de emergência, visam assegurar a funcionalidade e a confiabilidade do protótipo. Assim, a eletrônica constitui a interface entre o operador e a estrutura mecânica, permitindo que o Autorafa realize içamentos com precisão e segurança.

3.2 Painel de controle

O painel de controle projetado para o Autorafa foi desenvolvido de forma a garantir praticidade, segurança e monitoramento em tempo real do sistema. Ele é composto por botões de acionamento, elementos de segurança, potenciômetro de ajuste e display informativo.

3.2.1 Elementos de comando

Os elementos de comandos seguem as seguintes especificações:

- Botões de içamento: dois botões destinados ao controle de subida e descida do atuador linear;
- Botões de navegação no menu: dois botões adicionais para navegação entre as telas do display;
- Botão de emergência: botão tipo “stop” (trava mecânica), responsável por desligar imediatamente a alimentação do sistema em situações críticas;
- Chave liga/desliga: chave geral de energia do equipamento;
- Potenciômetro de ajuste: componente destinado à regulação da força/velocidade do atuador.

3.2.2 Sistema de interface (display)

O painel conta com um display digital responsável pela visualização das informações de operação. O menu foi organizado em diferentes telas conforme segue:

Dimensão do display:

- Dimensão total: 98 X 60 X 14mm
- Dimensão área total visível: 76 X 26mm
- Dimensão caractere: 2,94 X 4,74mm
- Dimensão ponto: 0,54 X 0,54mm

Info: apresenta dados gerais sobre o sistema Autorafa.

Atuador: mostra o estado atual do atuador (posição, acionamento e condição operacional).

Voltar: opção que retorna ao menu principal. Submenu: contém

quatro opções adicionais:

1. About: informações técnicas sobre o projeto.
2. Code: referente ao software/programação do sistema.
3. Log: registros de operação e mensagens sobre o estado do sistema.
4. Voltar: retorna ao menu principal.

Log: exibe siglas e mensagens sobre o estado da estrutura, do atuador e dos demais subsistemas do projeto, por exemplo: "TP2" "Temperatura acima do normal".

Voltar (inicial): opção final que leva novamente à tela principal.

3.2.3 Segurança e confiabilidade

O botão de emergência localizado no painel de controle (segurança e conforto) e aliado à chave liga/desliga, garante redundância de segurança, atendendo boas práticas de sistemas eletromecânicos.

A disposição lógica dos menus no display permite intuitividade de operação, reduzindo riscos de erro humano durante o uso.

4. PROGRAMAÇÃO

O sistema de controle da AutoRafa foi desenvolvido para permitir o acionamento automatizado do atuador linear por meio de uma interface eletrônica segura e responsiva. O núcleo da operação é uma Placa de Circuito Impressa (PCI) dedicada, comandada por um software embarcado que gerencia sensores, botões, drivers e o display informativo. O objetivo central da lógica de programação é reduzir o esforço físico do operador e garantir precisão no movimento da estrutura.

Tecnologias Utilizadas

A programação foi realizada em C/C++, linguagem padrão para sistemas embarcados, devido ao seu desempenho e controle direto sobre o hardware. O sistema emprega o microcontrolador ESP32-S3, escolhido pela alta capacidade de processamento, quantidade de interfaces disponíveis e estabilidade. O desenvolvimento foi conduzido no Visual Studio Code integrado ao ambiente Arduino, permitindo compilação, organização modular e fácil integração de bibliotecas.

Arquitetura e Organização do Código

O código é estruturado em módulos independentes, cada um responsável por uma função específica:

- **Main:** inicialização global e loop principal.
- **Hardware/Config:** configuração de GPIO, ADC, I²C, PWM/LEDC.
- **Sensors:** leitura de sensores, leitura dos botões via MCP23017 e filtragem dos sinais.
- **Menu:** navegação no display LCD 20x4 e ajuste de parâmetros.
- **Actuator:** geração dos sinais PWM para os drivers IR2110 (subir, descer e parar).
- **SES/SESC (Segurança):** monitoramento e ações de proteção.

Essa divisão garante clareza, manutenção facilitada e escalabilidade do software.

Fluxo de Funcionamento

Na inicialização, o sistema configura todos os periféricos e verifica estabilidade do hardware, indicando status através do LED de sinalização. Em seguida, estabelece comunicação via I²C com o MCP23017 e o display LCD.

Durante o funcionamento, o software:

- lê continuamente sensores (corrente, tensão, temperatura, potenciômetro);
- interpreta comandos do usuário (botões de subida, descida e navegação);
- atualiza o display com informações do sistema;
- controla o atuador via dois drivers IR2110 com sinais PWM dedicados;
- aplica rotinas de segurança caso algum parâmetro exceda os limites.

Esse ciclo é executado de forma contínua, garantindo um controle preciso e proteção ao operador e ao equipamento.

5. SISTEMA ELÉTRICO

5.1 Fonte de alimentação

O sistema elétrico do Autorafa é alimentado por uma fonte de 12 VDC, responsável por fornecer energia tanto ao atuador linear quanto ao sistema eletrônico de controle. A potência nominal aproximada é de 600W, valor suficiente para acionar o atuador sob carga máxima, assegurando estabilidade e eficiência durante o funcionamento.

5.2 Distribuição elétrica

A energia é distribuída em dois circuitos principais: o circuito de potência, destinado ao acionamento do atuador, e o circuito de controle, responsável pela alimentação do ESP32-S3-WROOM-1U, do display e dos botões do painel. Essa separação permite melhor organização dos condutores, reduz interferências eletromagnéticas e facilita futuras manutenções.

5.3 Proteções elétricas

Para garantir segurança operacional, o sistema conta com fusíveis de proteção e proteção contra curto-circuito e um botão de emergência localizado no painel de controle. O botão de emergência corta instantaneamente a alimentação do atuador em caso de falha, prevenindo danos mecânicos ou elétricos. Além disso, ele possui drivers de acionamento que ligam a parte de potência com os mosfets sem sobrecarregar o microcontrolador.

5.4 Cabos e conexões

As conexões elétricas utilizam cabos de 2,5 mm² no circuito de potência e 0,5 mm² no circuito de controle. Todos os condutores possuem isolamento em PVC 750 V, garantindo resistência térmica e proteção contra curtos-circuitos. Esse dimensionamento assegura eficiência energética e confiabilidade nas ligações internas do protótipo.

5.5 Considerações finais do sistema elétrico

O conjunto elétrico do Autorafa garante distribuição estável de energia, isolamento adequado entre os circuitos e proteção confiável dos componentes. O projeto prioriza a segurança do operador e o desempenho contínuo do sistema, assegurando que o guincho automatizado opere de forma eficiente e dentro dos parâmetros técnicos estabelecidos.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento do guincho automotivo automatizado Autorafa comprovou que a integração entre automação industrial e mecânica pode gerar soluções práticas, seguras e acessíveis para o setor automotivo. O projeto atingiu seu objetivo ao substituir o sistema hidráulico por um atuador elétrico controlado eletronicamente, proporcionando maior precisão nos movimentos, menor necessidade de manutenção e operação mais simples e eficiente.

Os testes realizados demonstraram que o Autorafa reduz significativamente o esforço físico necessário para o içamento de motores, permitindo que profissionais com diferentes condições físicas possam atuar na área, promovendo inclusão e acessibilidade.

Além de facilitar o trabalho dos operadores, o projeto contribui para a modernização das oficinas mecânicas, acompanhando a tendência de automatização e segurança no ambiente de trabalho. O uso de um painel de controle intuitivo, aliado a dispositivos de segurança como o botão de emergência, garante confiabilidade e reduz riscos durante a operação.

Como sugestões para futuras melhorias, propõe-se o aumento da capacidade de carga, o aprimoramento do sistema de controle e a implementação de monitoramento remoto. Essas inovações podem ampliar o desempenho e consolidar o Autorafa como uma solução viável e competitiva no mercado.

Conclui-se que o projeto alcançou seus objetivos e representa um avanço importante para o setor automotivo, demonstrando o potencial da automação industrial como ferramenta de inovação tecnológica, eficiência produtiva e valorização do trabalho humano.

REFERENCIAS

Acrocabosdeaco. Especificações gancho de içamento, 2025. Disponível em: <https://www.acrocabo.com.br/gancho-icamento>. Acesso em: 23 jun. 2025.

Acrocabosdeaco. Material esse que é amplamente utilizado em equipamentos de elevação, 2025. Disponível em: [gad_source=1&gad_campaignid=22853660786&gbraid=0AAAABA4HEI8PjrQ5m65MvIAOEyVZWHZ1V&gclid=EAlaIqobChMItMXGxZySkAMV_hBECB2vtwYKEAAYASA_AEgl46PD_BwE](https://www.acrocabo.com.br/gad_source=1&gad_campaignid=22853660786&gbraid=0AAAABA4HEI8PjrQ5m65MvIAOEyVZWHZ1V&gclid=EAlaIqobChMItMXGxZySkAMV_hBECB2vtwYKEAAYASA_AEgl46PD_BwE). Acesso em: 15 jun. 2025.

Anhangueraferramentas. Exemplos de botoeiras, 2025. Disponível em: <https://www.anhangueraferramentas.com.br/material-eletrico/botoes-industriais>. Acesso em: 21 ago. 2025.

Baogang Steel. Especificações Aço carbono ASTM A36, 2025. Disponível em: https://www.bg-steel.com/products/carbon_steel/carbon_steel_plates_1307320/carbon_steel_plates.html? Acesso em: 29 jun. 2025.

Brito, Renato. *Fundamentos de mecânica: cinemática / leis de Newton*. 4. ed. Fortaleza: VestSeller, 2017

Engautomação. Especificações atuador linear elétrico do modelo FY015, 2025. Disponível em: <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-4430226940atuador-linear350mm-sensor-potnciometro-hall-12v-10000n- JM?attributes=U0VOU09SIFggQ0FSR0EgWCBWRUXPQw%3D%3D%3A5EFMTCBYIDEwMDAwTiBYIDYuNU1NIFM%3D>. Acesso em: 7 ago. 2025.

Globalhp. Funcionamento de um atuador hidráulico, 2025. Disponível em: <https://www.globalhp.com.br/o-que-e-e-como-funciona-um-atuador-hidraulico/>.

Acesso em: 19 jun. 2025. Hashtagtreinamentos. O que é linguagem C, 2025.

Disponível em:

https://www.hashtagtreinamentos.com/o-que-e-linguagem-c?conversion=base-exgopost-novos&gad_source=1&gad_campaignid=22810243158&gbraid=0AAAAADLIh89nR6Te9OnVB8ziteoSuTriC&gclid=EAlaIqobChMI3dCXyLO1kAMVBF5IAB1qbjXEAAYA_iAAEglCnvD_BwE. Acesso em: 31 ago. 2025.

Ikechukwu, O.; IKPE, A. E. *Design of Automotive Engine Hoisting Device for*

Mechanical Applications. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/327288149_Design_of_Automotive_Engine_Hoisting_Device_for_Mechanical_Applications. Acesso em: 19 out. 2025.

Jlpcb. Placa de circuito impresso, 2025. Disponível em: <https://jlpcb.com/>. Acesso em: 11 ago. 2025.

Malvino, Albert Paul; BATES, David J. Eletrônica: tradução Antônio Pertence Júnior. 8. ed. Porto Alegre: AMGH, 2016. Ulmaforge. Especificações aço forjado, 2025. Disponível em:

<https://www.ulmaforge.com/en/new/what-is-forged-steel-and-what-are-itsmaincharacteristics/>. Acesso em: 4 ago. 2025.