

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA
SOUZA**

ETEC SYLVIO DE MATTOS CARVALHO

Curso de Técnico em Mecânica

Alisson Osvaldo Zanon Quirino

Cledson Felix Santos

João Victor Rodrigues de Alcântara

Pedro Henrique dos Santos

Rafael Benedito Caetano

PONTE ROLANTE EM ESCALA REDUZIDA

**Matão, SP
2024**

Alisson Osvaldo Zanon Quirino
Cledson Felix Santos
João Victor Rodrigues de Alcântara
Pedro Henrique dos Santos
Rafael Benedito Caetano

PONTE ROLANTE EM ESCALA REDUZIDA

Trabalho de Conclusão do Curso apresentado ao Curso Técnico em Mecânica da Escola Técnica Estadual Sylvio de Mattos Carvalho, orientado pelo Prof. Silvio Ângelo Lanza, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Técnico em Mecânica.

Matão, SP
2024

RESUMO

O presente trabalho aborda a teoria e a prática relacionadas ao desenvolvimento de um projeto de modernização de uma ponte rolante, com aplicação no mercado industrial. Utilizando técnicas e equipamentos de eletrônica digital, São detalhados ao longo do trabalho os componentes e técnicas específicas para o projeto proposto, assim como o passo-a-passo da montagem da ponte, implementação dos motores, diagramas do circuito elétrico. Também será posto micros fim de curso para limitar os movimentos da ponte, impedindo que aconteça danos a ponte e possíveis acidentes. Todas as melhorias e automação propostas visam aumentar a segurança e reduzir a necessidade de manutenção, preservando assim a vida útil da ponte.

Palavras-chave: Ponte Rolante. Limite. Implementação. Automação Segurança.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	5
Objetivo Geral.....	5
Objetivo Específico.....	5
2. METODOLOGIA.....	6
2.1 Ponte Rolante.....	6
2.1.1 Componentes da ponte rolante.....	7
2.1.2 Ponte.....	7
2.2 Cabeceiras.....	8
2.3 Viga(s).....	8
2.4 Carro Talha	9
2.5 Talha	10
2.6 Tipos de Ponte Rolante.....	10
2.6.1 Ponte Rolante Apoiada.....	10
2.6.2 Ponte Rolante Suspensa.....	11
2.6.3 Ponte Rolante uni-Viga.....	12
2.6.4 Ponte Rolante dupla viga.....	12
2.6.5 Controle dos Movimentos.....	13
2.6.6 Botoeira Pendente.....	13
2.6.7 Controle Remoto.....	14
2.6.8 Cabine.....	15
3. DESENVOLVIMENTO.....	16
3.1 Automação.....	17
3.2 Botoeiras.....	17
3.3 Motores.....	17
3.4 Relé.....	17
3.5 Lista de Materiais.....	18
3.6 Materiais e Procedimentos.....	18
3.7 Estrutura.....	26
3.8 Instalação Elétrica.....	27
3.9 Conclusão do Projeto.....	29
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	30
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31

1 INTRODUÇÃO

A movimentação de carga envolve o transporte de materiais e produtos das empresas, tanto dentro dos estoques e armazéns, como para o consumidor final. A ponte rolante é um equipamento utilizado para movimentação e elevação de grandes cargas, que dificilmente poderiam ser movidas de forma manual. Constituída basicamente de viga, carro e talha. Foi desenvolvida para suportar pesos variados e é composta por uma estrutura metálica horizontal.

Foi realizado um estudo nos Estados Unidos pelo Konecranes Training insitute (KTI) a partir de dados da OSHA (Occupational Safety and Health Administration) o instituto fez uma análise de incidentes registrados com pontes rolantes industriais durante um período de dez anos. Do total de acidentes, a maior incidência (37%) foi de esmagamento pela carga durante a operação. Deste montante, 33,8% foram fatais e outros 36,8% resultaram em danos físicos significativos.

O avanço da tecnologia e a busca por processos mais eficientes e seguros têm impulsionado constantes inovações no ambiente industrial. Nesse contexto, a mecatrônica desempenha um papel fundamental ao integrar conhecimentos de mecânica, eletrônica e computação para o desenvolvimento de sistemas automatizados e inteligentes. Um exemplo prático dessa integração se encontra na implementação de células de carga em pontes rolantes, as quais representam uma evolução significativa no monitoramento e controle de cargas elevadas.

De acordo com o **objetivo geral** do presente projeto tem a intenção de desenvolver e implementar um sistema de automação para uma ponte rolante equipada com célula de carga para monitoramento e controle preciso do peso das cargas elevadas. Além disso, pretende-se incorporar um sistema de intertravamento que, em caso de carga excedente, impeça o funcionamento da ponte rolante, garantindo a segurança no ambiente de trabalho. O projeto visa aprimorar a eficiência operacional e a segurança no manuseio de cargas, contribuindo para a prevenção de acidentes e a melhoria dos processos industriais.

Os **objetivos específicos** são: Realizar o sistema de acordo com a implementação de carga para monitoramento da mesma. Projetar o sistema da Ponte Rolante com célula de carga. Construir e testar um protótipo da Ponte Rolante com célula de carga. Realizar análises de desempenho e precisão do sistema.

2 METODOLOGIA

2.1 Ponte rolante

A ponte rolante é um equipamento essencial em ambientes industriais, projetado para movimentar cargas pesadas de maneira eficiente e segura. Composta por uma estrutura metálica que se desloca sobre trilhos, ela permite a movimentação horizontal da carga. Além disso, possui um mecanismo de elevação que facilita o deslocamento vertical.

Esses equipamentos são amplamente utilizados em indústrias, armazéns e pátios de carga, onde a movimentação de grandes volumes é necessária. As pontes rolantes otimizam processos logísticos, aumentam a eficiência operacional e garantem a segurança no transporte de materiais.

Projetadas e construídas de acordo com normas específicas, como a NBR 8400 no Brasil, as pontes rolantes variam em capacidade de carga, alcance, velocidade e outros parâmetros para atender às necessidades de diferentes aplicações industriais.

Em resumo, as pontes rolantes são fundamentais na movimentação de cargas pesadas em ambientes industriais, contribuindo significativamente para a produtividade e a segurança no trabalho.



Figura 1: Modelo de Ponte Rolante

FONTE: <https://www.ferroindustria.com.br/ponte-rolante-industrial/>

2.1.1 COMPONENTES DA PONTE ROLANTE

A viga, parte principal da ponte rolante, pode ser única ou dupla, dependendo da operação. Ela possibilita o movimento do carro, que por sua vez se desloca sobre a viga e sustenta a talha. Esta última é responsável pela elevação da carga, utilizando cabos de aço e um motor elétrico para o sistema de freios.



Figura 2: Componentes de Uma Ponte Rolante

FONTE: <https://mimanutencao.com.br/site/2018/07/26/composicao-de-uma-ponte-rolante/>

2.1.2 Ponte

A ponte é a estrutura principal que permite o movimento horizontal de uma ponte rolante, possibilitando o deslocamento da carga dentro do barracão ou área de trabalho. Em uma ponte rolante que cobre uma área de trabalho, a ponte é composta por duas cabeceiras e uma viga única (univiga) ou dupla (biviga), elementos essenciais para sua operação. Esta estrutura deve ser projetada para suportar cargas de maneira robusta e segura, atendendo às necessidades específicas de movimentação de materiais na instalação industrial correspondente. A integração eficiente desses componentes é crucial para a funcionalidade e segurança do equipamento.



Figura 3: Componente da Ponte

FONTE: <https://csmmovimentacao.com.br/>

2.2 Cabeceiras

As cabeceiras estão localizadas nas extremidades da viga e nelas são fixadas as rodas, sendo que uma dessas rodas geralmente é acionada por uma caixa de engrenagens, conectada a um motor elétrico. Esse sistema permite o movimento de translação da ponte rolante. As rodas se movem sobre trilhos que compõem o caminho de rolamento, possibilitando o deslocamento da ponte ao longo da área de trabalho.



Figura 4: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1111964353-cabeceira-de-ponte-rolante-220380v-capac-3-e-5-tons-_JM

2.3 Viga

A viga principal da ponte rolante é crucial para seu funcionamento. Quando o projeto utiliza uma única viga, a ponte é chamada de uni-viga, enquanto um projeto com duas vigas é conhecido como ponte dupla-viga. O carro da talha se desloca sobre ou sob essa viga, dependendo do tipo de ponte rolante.

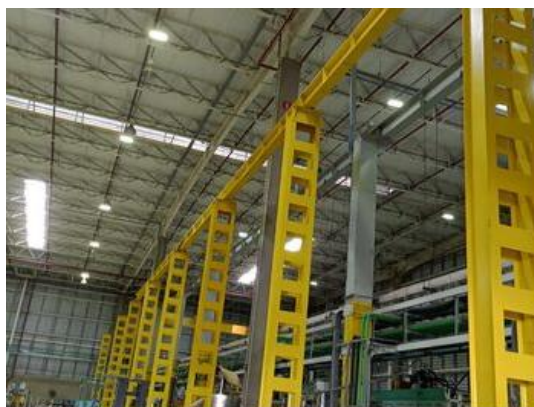


Figura 5: Viga

FONTE: <https://www.vastec.com.br/estrutura-para-ponte-rolante>

2.4 Carro Talha

O carro talha se movimenta sobre as vigas principais da ponte e contém o sistema de elevação (talha). Ele é responsável pelo deslocamento transversal e vertical da carga, movimentando-a nos eixos X e Y.



Figura 6: Carro Talha

FONTE: <https://portuguese.alibaba.com/product-detail/500kg-3-ton-chain-hoist-220v-1600914127840.html?spm=a2700.7724857.0.0.509f443cqbtEoB>

2.5 Talha

A talha, montada no carro da ponte, é responsável pelo movimento de elevação da carga. Geralmente, utiliza um cabo de aço para levantar um bloco de gancho ou outro dispositivo de elevação. O motor elétrico com freio eletromagnético, conhecido como moto-freio, é utilizado para parar o movimento de elevação. A talha também pode ser montada sob a viga principal da ponte, utilizando um trolley para permitir o deslocamento transversal, eliminando a necessidade do carro da ponte.



Figura 7: Talha

FONTE: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-3851718484-100-mts-cabo-de-aco-p-talha-ponte-rolante-38-6x36-flexivel-_JM

2.6 Tipos de Pontes Rolante

Existem diversos tipos de pontes rolantes, cada uma projetada para atender a necessidades específicas de movimentação e elevação de cargas. Os tipos mais comuns incluem: Ponte rolante apoiada, Ponte rolante suspensa, Ponte rolante uni-viga e Ponte rolante dupla-viga.

2.6.1 Ponte Rolante Apoiada

A viga da ponte rolante se desloca sobre trilhos no caminho de rolamento. Esses trilhos são suportados pelas colunas de concreto do edifício ou, se o projeto do edifício não previu a instalação de uma ponte rolante, por colunas de aço especialmente fabricadas para essa estrutura.



Figura 8: Ponte Rolante Apoiada

FONTE:

<https://www.vastec.com.br/ponte-rolante-apoiada>

2.6.2 Ponte Rolante Suspensa

A viga da ponte rolante se desloca por baixo dos trilhos das vigas do caminho de rolamento. Esses trilhos são sustentados por colunas de concreto do edifício ou, caso o projeto do edifício não tenha previsto a instalação de uma ponte rolante, por colunas de aço especialmente fabricadas para essa estrutura.



Figura 9: Ponte Rolante Suspensa

FONTE: <https://ciriexabus-cranes.com.br/produtos/pontes-rolantes/suspensa/>

2.6.3 Ponte Rolante Uni-Viga

A ponte rolante é constituída por duas cabeceiras, uma única viga e um dois ou dois carros trolley que sustentam a(s) talha(s). O carro trolley corre na aba inferior da viga da ponte rolante.



Figura 10: Ponte Rolante Uni-Viga

FONTE: <https://wscranes.com.br/ponte-rolante-univiga/>

2.6.4 Ponte Rolante Dupla-Viga

A ponte rolante é composta por duas cabeceiras, uma única viga, e um ou dois carros trolley que suportam a(s) talha(s). O carro trolley se desloca ao longo da aba inferior da viga da ponte rolante.



Figura 11: Ponte Rolante Dupla-Viga

FONTE: <https://www.maqfort.com.br/ponte-rolante/ponte-rolante-dupla-viga-maqfort/>

2.6.5 Controle dos Movimentos

O controle remoto de uma ponte rolante funciona via receptor de rádio frequência, conectado eletricamente ao painel e oferece a possibilidade do operador se posicionar com segurança e de forma a facilitar a visualização da carga. Além disso, possui ainda um transmissor portátil, carregador e baterias.



Figura 12: Controle Remoto de Movimentos Ponte

FONTE: <https://www.tongsis.com.br/controle-remoto/controle-remoto-ponte-rolante>

2.6.6 Botoeira Pendente

Embora a botoeira pendente seja uma maneira convencional de controlar os movimentos de uma ponte rolante, ela apresenta algumas desvantagens. Por estar conectada ao painel elétrico da ponte por meio de um cabo, pode aumentar o risco operacional devido à proximidade do operador com a carga em movimento. Além disso, pode reduzir a produtividade, já que o operador pode enfrentar dificuldades para se deslocar entre máquinas e materiais enquanto está preso à ponte pela botoeira pendente. Essa configuração também pode aumentar os custos de manutenção, pois o cabo está sujeito a se enroscar em objetos e a própria botoeira pendente pode sofrer danos por golpes e pancadas.



Figura 13: Botoeira Pendente

FONTE: <https://www.cortexservice.com.br/botoeira-ponte-rolante>

2.6.7 Controle Remoto

Uma alternativa para controlar os movimentos de uma ponte rolante é o uso de um controle remoto via rádio frequência. Esse sistema consiste em um receptor de rádio frequência conectado eletricamente ao painel da ponte rolante, juntamente com um transmissor portátil para seleção dos movimentos. Além disso, inclui um carregador de baterias e uma bateria química. O uso do controle remoto via rádio frequência oferece várias vantagens em relação à botoeira pendente:

O transmissor do controle remoto é portátil, garantindo um posicionamento mais seguro do operador em relação à carga em movimento, o que aumenta a segurança na operação da ponte rolante.

O controle remoto permite que o operador se posicione a uma distância segura do receptor conectado ao painel da ponte rolante. Isso significa que o operador pode

escolher a rota mais eficiente dentro da configuração da fábrica, aumentando a produtividade.

Com o uso do controle remoto, a botoeira pendente pode ser retirada ou permanecer instalada como backup. Em ambos os casos, o desgaste dos cabos será mínimo, o que reduz os custos de manutenção da ponte rolante.



Figura 14: Controle Remoto

FONTE: <https://www.tongsis.com.br/controle-remoto/controle-remoto-ponte-rolante>

2.6.8 Cabine

Outra forma de controlar os movimentos de uma ponte rolante é por meio de uma cabine de operação instalada diretamente na própria ponte rolante. Esse método é empregado em ambientes onde há agressividade significativa abaixo da ponte ou quando o operador precisa ter uma visão superior da operação, como na movimentação de contêineres.



Figura 14: Cabine

FONTE: <https://www.ponterolante.com.br/p/63/cabines-ponte-rolante-gruas-equipamentos-portuarios>

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 Automação

A automação teve seus primórdios nas linhas de montagem automotiva na década de 1920. A partir desse período, os avanços nessa área foram significativos, resultando em melhorias na qualidade e na quantidade de produção, bem como na redução da necessidade de mão de obra e nos custos.

3.2 Botoeiras

Quando se trata de acionar um motor, geralmente pensamos em usar uma chave. No entanto, nos sistemas elétricos de comando, os botões que acionam os motores são diferentes de um interruptor comum, como os usados para ligar uma lâmpada. Os botões utilizados são de pulso, sendo assim necessita ficar pressionado para emitir o sinal a tal movimento.

3.3 Motores

No projeto, foi selecionado um motor de 12 volts de corrente contínua, comumente utilizado para acionar vidros elétricos de automóveis. Essa escolha foi feita porque o motor atende aos requisitos de movimentação da ponte rolante, tem uma força considerável e ao mesmo tempo mantém os custos do projeto acessíveis.

3.4 Relé

O relê é um dispositivo eletrônico que possibilita a abertura e o fechamento de um circuito elétrico através de um sinal elétrico, controlando assim o fluxo de corrente elétrica.

3.5 Lista de Materiais

Qtde	Unidade Medida	Descrição Material	Valor Unitário (R\$)	Valor (R\$)
6	Un.	Push button	R\$ 2,79	R\$ 16,74
3	Un.	Relé de inversão 12V/ 5 pinos	R\$ 7,94	R\$ 23,82
1	Un.	Painel de Acrílico	R\$ 130,00	R\$ 130,00
1	Un.	Fonte 12 V (corrente contínua)	R\$ 30,00	R\$ 30,00
10	m	Cabo multi-via 0.5 mm	R\$ 16,00	R\$ 160,00
3	Un.	Motor 12V Elétrico	R\$ 60,00	R\$ 180,00
6	Un.	Rolamento	R\$ 4,00	R\$ 24,00
18	m	Metalon 2 x 2 mm	R\$ 3,50	R\$ 63,00
1	m	Cabo de aço 1,5 mm	R\$ 3,00	R\$ 3,00
Valor Total:				R\$ 630,56

FONTE: Arquivo Pessoal (2024).

3.6 Materiais e Procedimentos

Neste capítulo, apresentaremos os procedimentos realizados até alcançarmos a conclusão final do projeto.

MOTOR DE VIDRO ELÉTRICO: movem as janelas dos veículos. No presente projeto sua função é de movimentar a Ponte Rolante, foi utilizado 3 motores desse modelo para os 3 diferentes movimentos da ponte.



Figura 15: Motor de vidro elétrico

Fonte: <https://www.caprichoimports.com.br/produto/motor-vidro-eletrico-dianteiro-esquerdo-fieta-ecosport-2008-a-2014.html>

BOTONEIRAS: As botoeiras são painéis com botões de controle. Neste projeto as botoeiras foram utilizadas como parte do Controle de Movimentos da ponte, foram necessários 6 botões para todos os movimentos que também são 6.



Figura 16: Botões

FONTE: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1175729812-05-botao-tic-tac-pulso-buzina-sem-trava-atacado-_JM?attributes=Q29y%3AQXp1bA%3D%3D&quantity=1

BOTÃO DE EMERGÊNCIA: o botão de emergência interrompe o funcionamento em situações de risco. Neste projeto o botão de emergência foi inserido no controle de movimentos da ponte, com a exata função de proteger de situações de risco.



Figura 17: Botão de Emergência

FONTE: <https://shopee.com.br/Kit-Bot%C3%A3o-Emergencia-22mm-1nf-Gira-Destrava-Identificador-i.319880828.3012515114>

PRENSA CABO: o prensa cabo veda passagens de cabos elétricos. Neste projeto o prensa cabo foi utilizado no controle de movimentos da ponte, para sua função anteriormente explicada.



Figura 18: Prensa Cabo

FONTE: <https://www.djledeletrica.com.br/comprar/prensa-cabo-completo-bsp-1-2-cpp/direto/2582>

BARRAS METALON: As barras metálicas fornecem suporte à estrutura. Neste projeto o que compõe toda a estrutura são essas barras metálicas, que trazem a experiência de suportar a carga a ser elevada.



Figura 19: Barras Metálicas (Metalon)

FONTE: <https://distriferro.com.br/produto/2908/metalon-galv-50x30x155mm>

ROLAMENTOS: Os rolamentos reduzem o atrito em movimentos rotativos. Neste projeto os rolamentos foram utilizados para trazer o movimento da Ponte Rolante, de forma eficaz e prática.



Figura 20: Rolamentos

FONTE: <https://www.rolautorolamentos.com.br/rolamento-6002-2rs-skf-p3673>

CABOS MULTI-VIA 0,5mm: Os cabos multi-via conduzem os comandos e a potência dos motores. Neste projeto os cabos foram utilizados na parte elétrica da ponte rolante de forma organizada e eficaz.



IMAGEM ILUSTRATIVA

Figura 21: Cabo multi-via

FONTE: <https://www.edcabos.com/cabos/cabo-comando/cabo-controle-20x1-00mm-vias-pretas-numeradas--p>

TINTA SPRAY PRETO: A tinta spray preto foi utilizada para cobrir toda a estrutura da base.



Fonte: <https://www.felap.com.br/tinta-spray-preto-brilhante-uso-geral-350ml-250g-tekbond/p/23016900>

TINTA SPRAY VERMELHO: A tinta spray da cor vermelho foi utilizada no projeto para trazer destaque as partes da Ponte Rolante que executarão os movimentos.



Fonte: <https://www.lojadomecanico.com.br/produto/122393/32/566/tinta-spray-super-color-vermelho-uso-geral-com-350ml--250g-tekbond-23041006900>

FONTE 12V: A fonte 12v gera a tensão para alimentar todo o sistema da ponte, tanto os comandos como a potência.



Fonte: <https://www.lojalunicom.com.br/fonte-de-alimentao-bivolt-chaveada-12v-5amp/prod-5339372/>

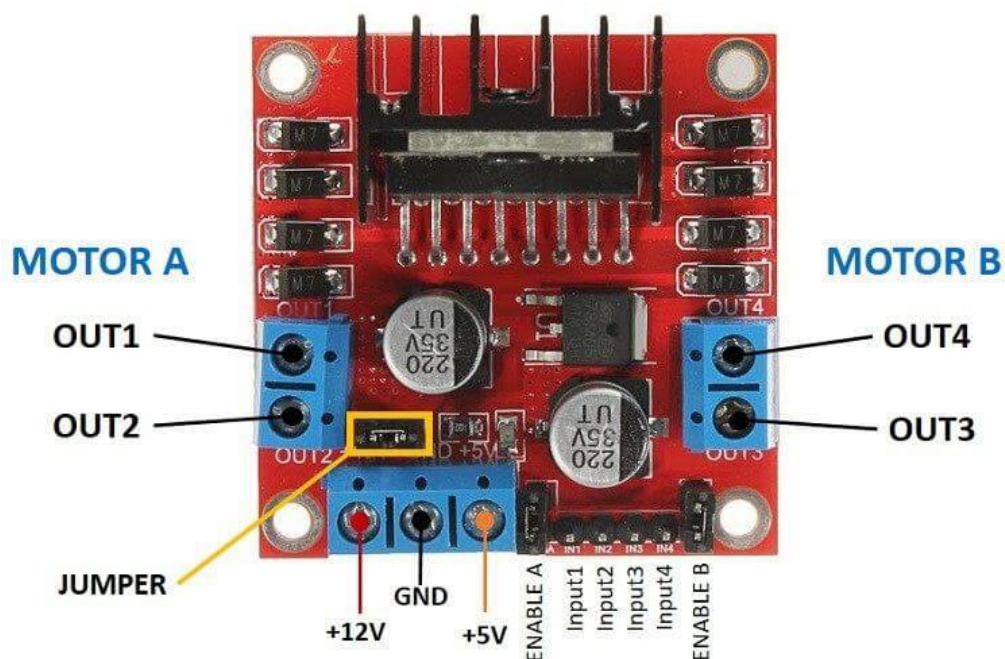
MÓDULO RELÉ: Esse relé foi utilizado para fazer o bloqueio e desbloqueio da ponte quando apertado o botão de emergência.



Figura 27: Módulo Relé

FONTE: <https://www.wjcomponents.com.br/rele-1>

MÓDULO L298N: Esse módulo foi utilizado para executar o acionamento dos motores, fazendo a reversão deles, ocasionando nos movimentos frente/trás, direita/esquerda.



FONTE: <https://www.aranacorp.com/pt/usando-um-modulo-l298n-com-arduino/>

CABOS JUMPER MACHOXFEMÊA: Os cabos jumper realizam conexões temporárias. Neste projeto os cabos jumper auxiliam com as ligações tanto no arduino quanto das células de carga para a Ponte.



Figura 29 FONTE: <https://www.marinostore.com/acessorios/cabo-jumper-20cm-40-pcs-macho-femea>

BARRA ROSCADA: A barra roscada é utilizada na fixação e sustentação da estrutura. Neste projeto a função da barra roscada é de ser guia para o movimento do carrinho da ponte.



Figura 30: Barra Roscada
FONTE: <https://www.arducore.com.br/fuso-trapezoidal-tr8-8x150mm-passo-8mm-flange>

CORREIA: A correia transmite movimento entre polias ou engrenagens. Neste projeto a correia foi utilizada para fazer o movimento do carro maior da ponte.



Figura 33: Correia

FONTE: https://www.loja.cormagrs.com.br/MLB-3662112170-correia-para-carro-5pk860-_JM

PAINEL DE ACRILICO DO COMANDO: A caixa plástica protege o comando elétrico. Neste projeto todas as ligações de comando e potencia da ponte vão para essa caixa de acrílico. Dessa forma fica tudo organizado e fácil de visualizar.



Figura 34: Caixa Plástica

FONTE: <https://www.resispar.com.br/caixa-quadro-eletrico-schumacher-ip66-310x230mm>

GANCHO: O gancho é utilizado para suspender ou prender objetos. Neste projeto o gancho é utilizado para prender e elevar a peça ou objeto para pesagem.



Figura 35: Gancho

FONTE: <https://www.casasbahia.com.br/trava-segurana-gancho-talha/b>

3.7 Estrutura

Inicialmente, analisamos as dimensões da estrutura devido às limitações de tamanho. Após avaliar as medidas, começamos a montagem da estrutura, soldando as barras até alcançar a forma da base desejada, em seguida já foi feito o carro menor da ponte.



Fonte: Arquivo próprio do grupo

Após toda a estrutura estar pronta, fizemos toda a parte de pintura, começando com a base WashPrimer em todas as partes que estava no ferro para proteger a estrutura de ferrugem, e depois foi aplicado a tinta preta na base, e a vermelha no carro, até chegar nesse resultado.



Fonte: Arquivo próprio do grupo

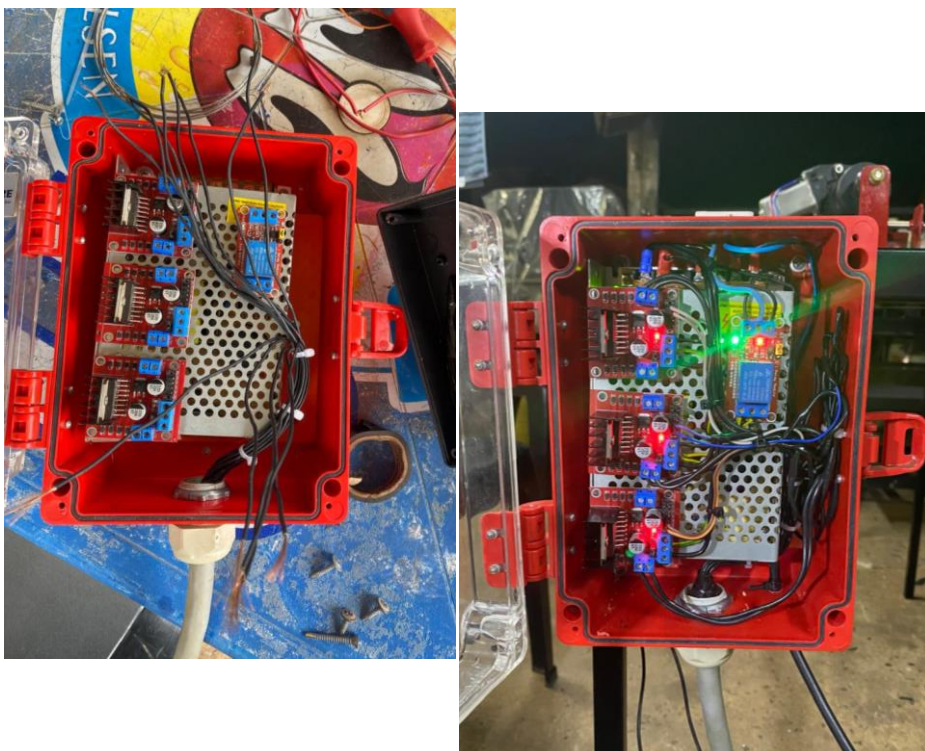
3.8 Instalação Elétrica

Após toda a estrutura estar pronta, começamos a fazer a parte elétrica. De início fizemos as ligações do controle.



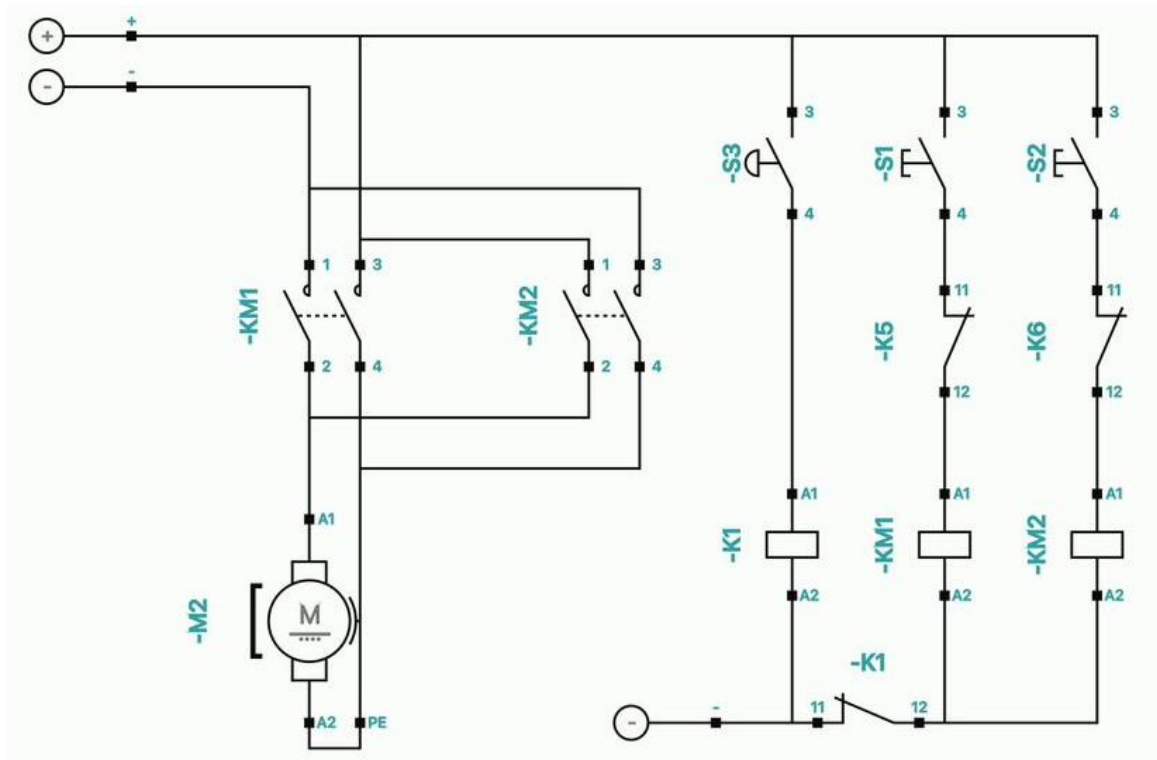
Fonte: Arquivo próprio do grupo

Após o controle pronto, fizemos o comando no painel de acrílico.



Fonte: Arquivo próprio do grupo

Esquema eléctrico



3.9 CONCLUSÃO DO PROJETO

Após toda a instalação elétrica, o projeto foi concluído com todos os ajustes finais e acabamentos esperados.



4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nosso projeto de TCC demonstrou perfeitamente o sistema de controle e segurança em pontes rolantes, destacando sua eficiência nas operações industriais.

Concluimos este trabalho alcançando todos os resultados esperados, criando e desenvolvendo um sistema com todos os aspectos de uma ponte rolante real.

O projeto foi bem finalizado com todos os detalhes de acabamento esperados e funcionalidade, demonstrando nossa habilidade desenvolvida no curso técnico.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

<http://www.jornacitec.fatecbt.edu.br/index.php/VIIJTC/VIIJTC/paper/view/1539/1875>

<https://www.youtube.com/watch?v=QvQbl-tDQ3s>

https://www.ifmg.edu.br/arcos/ensino-1/tai/20172_TAI3_Ponterolante.pdf

https://dspace.doctum.edu.br/bitstream/123456789/1088/1/TCC_2%20Rodrigo_Rafael%20%282%29.pdf

<https://www.youtube.com/watch?v=yoBq4fny-gg>