

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA  
SOUZA**

**Etec SYLVIO DE MATTOS CARVALHO**

**Curso de Técnico em mecatrônica**

**Beatriz Rafaela da Silva Biondi**

**Carlos Henrique Silva**

**Cristhyan Alves Moreira**

**Gabrielli Leticia Ferreira**

**Isabela Neves da Silva**

**PROTÓTIPO DE MINI MÁQUINA INJETORA DE POLIPROPILENO**

**Matão, SP  
2023**

**Beatriz Rafaela da Silva Biondi**

**Carlos Henrique Silva**

**Cristhyan Alves Moreira**

**Gabrielli Leticia Ferreira**

**Isabela Neves da Silva**

## **PROTÓTIPO DE MINI MÁQUINA INJETORA DE POLIPROPILENO**

Trabalho de Conclusão do Curso apresentado ao Curso Técnico em mecatrônica da Escola Técnica Estadual Sylvio de Mattos Carvalho, orientado pelo Prof. Wesley Soares Camargo como parte dos requisitos para a obtenção do título de Técnico em Mecatrônica.

**Matão, SP  
2023**

## RESUMO

Este projeto foi pensado com base no crescimento da indústria de injeção plástica, a qual cresce sempre mais a cada ano, visto que a demanda e venda de dispositivos injetores é muito alta. O objetivo desse trabalho é demonstrar o processo de fabricação de peças de polipropileno, bem como apresentar um protótipo de mini máquina injetora de polipropileno, que foi construída a partir de materiais que já havia no instituto de ensino, que foram comprados ou já pertencia aos autores. Os principais equipamentos que foram utilizados, são barras e chapas de ferro para a estrutura, motor de corrente contínua e motor de passo para fazer a movimentação necessária do molde e do plástico, além do uso de um Arduino e push bottoms para comandar a parte automatizada do projeto, assim demonstrando o processo de injeção de maneira eficiente.

**Palavras-chave:** Injeção plástica. Polipropileno. Motor de corrente contínua. Molde. Arduino.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>7</b>
<b>2.1</b>	<b>Objetivo geral:</b> .....	<b>7</b>
<b>2.2</b>	<b>Objetivos específicos:</b> .....	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>PESQUISA BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>DESENVOLVIMENTO</b> .....	<b>12</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>21</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>23</b>
	<b>APÊNDICE A – PROGRAMAÇÃO ARDUÍNO</b> .....	<b>24</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A indústria de injeção plástica vive em constante crescimento, visto que a demanda de dispositivos injetores é muito alta, devido ao processo ser tão preciso que pode produzir quase qualquer tipo de peça plástica, bem como em razão da facilidade e agilidade de fazer peças em poucos segundos.

Nesse panorama, cabe destacar que a velocidade da produção depende da complexidade da peça, portanto o tempo estimado de produção é de 15 a 30 segundos apenas, confirmando o fato de que a injeção plástica é um processo ágil. É importante salientar, também, que as máquinas têm um baixo custo tanto operacional quanto de mão de obra e exigem baixa supervisão dentro da empresa.

Com mais peças sendo produzidas, a quantidade de plástico a ser utilizado cresceu, uma vez que em 2022, o Brasil foi classificado como o quarto maior produtor de lixo plástico do mundo, produzindo 11,3 milhões de toneladas deste material por ano. (G1 GLOBO, 2019)

Nesse contexto, a fim de fabricar peças de polipropileno que, na maioria das vezes necessitam pouco ou nenhum acabamento, o presente projeto tem o objetivo de projetar e construir um protótipo de injeção de peças plásticas utilizando plástico reciclável advindo de tampinhas de garrafa pet, as quais foram trituradas e moídas anteriormente. Em resumo, este dispositivo de injeção de plástico reciclável oferece personalização, redução de custos, rapidez na produção e versatilidade, tornando-se uma opção viável para empresas que precisam produzir grandes quantidades de produtos de plástico personalizados ou padronizados.

A automação nas indústrias tem se mostrado essencial em diversos setores, incluindo a indústria de plásticos. A utilização de injetoras de plástico automáticas não apenas aumenta a produtividade, mas também reduz custos operacionais, além de diminuir erros humanos e melhorar a qualidade dos produtos.

Elas têm a capacidade de operar em alta velocidade permitindo ciclos mais curtos de produção, a precisão das injetoras contribuem muito para a fabricação de peças plásticas de alta qualidade. A análise em injetoras de plástico automáticas é uma área de pesquisa e aplicação extremamente relevante no cenário industrial atual, devido a indústria 4.0, em razão deste panorama, a máquina injetora desse projeto é

automatizada pelo Arduino uno e seu diferencial é que ela é direcionada aos pequenos produtores, esse trabalho busca contribuir para a demonstração do funcionamento desses equipamentos, utilizando o plástico polipropileno. Bem como, aplicar os conhecimentos adquiridos no curso de mecatrônica visto que é um trabalho que engloba várias áreas deste curso, como a elétrica, programação e mecânica.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral:**

Construir protótipo de mini máquina injetora de polipropileno, utilizando barras e chapas de ferro, motor de corrente contínua, motor de passo Arduino e push bottoms.

### **2.2 Objetivos específicos:**

- Demonstrar o processo de produção de peças de polipropileno por meio de injeção plástica;
- Realizar o processo de injeção de forma eficiente;
- Relacionar o uso de programação com o mecanismo de funcionamento.

### 3 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

A indústria injetora tem uma variedade de dispositivos injetores, esse capítulo explicará as diferenças, vantagens e desvantagens entre os tipos de equipamentos e materiais mais utilizados na injeção, que são a injetora hidráulica, pneumática, elétrica e híbrida.

A máquina injetora hidráulica era a única forma de montar um sistema de funcionamento até 1980, após isso foi criada a injetora elétrica. As peças de uma máquina injetora hidráulica são mais baratas, tem maior durabilidade, e a potência é maior.



Figura 1: Máquina injetora hidráulica.  
FONTE: Sumitomo (SHI) Demag do Brasil (20170)

A máquina injetora elétrica foi criada por uma empresa no Japão em 1980, e desse modo se tornaram populares. A máquina injetora elétrica tem uma maior eficiência energética, um processo mais rápido, operação mais limpa e menor tempo de inatividade.



Figura 2: Máquina injetora elétrica.  
FONTE: Eurostec.

A Máquina injetora híbrida é uma junção da elétrica com hidráulica, substituindo alguns itens como os motores já que são trocados por inversores CA de velocidade variável, de maneira que a bomba só opera quando necessário, e usa uma menor quantidade de óleo. É mais barata que máquinas totalmente elétricas ou hidráulicas.

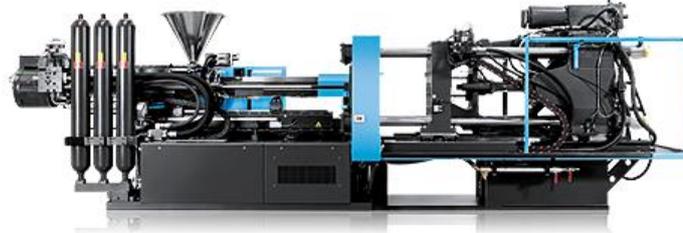


Figura 3: Máquina injetora híbrida.  
FONTE: Sumitomo (SHI) Demag do Brasil (2017).

As máquinas injetoras de plástico e de metal realizam o mesmo processo, mas com materiais diferentes. O metal é um material que precisa ser fundido, e isso é feito em alta temperatura, e é moldado a partir do resfriamento, já o plástico é um material de modelagem fácil, que é derretido em uma temperatura bem mais baixa que o metal, seu resfriamento é mais rápido, e o custo é menor que o metal.



Figura 4: Injetora de metal sob pressão.  
FONTE: Maquimport (2023).



Figura 5: Máquina injetora de plástico.  
FONTE: Plástico Virtual (2023).

As peças que são fabricadas no processo de injeção não necessitam de remendas, pois, a máquina injetora possibilita que a peça seja feita de uma vez só, sem necessidade de um processo de montagem da peça. Como exemplo temos a capa do mouse que é fabricada a partir da máquina injetora.



Figura 6: Capa do mouse.  
FONTE: Ali Express (2010-2022).

Algumas injetoras elétricas podem ter uma capacidade de injeção menor em comparação com as hidráulicas, o que causa a limitação de peças maiores ou em volumes elevados na produção. Embora as injetoras elétricas sejam mais eficientes em termos energéticos do que as hidráulicas, elas ainda podem consumir mais eletricidade em comparação com outros tipos de máquinas de moldagem por injeção. Isso pode levar a um aumento nos custos operacionais, especialmente em países com tarifas de energia mais elevadas, além de ter uma dependência da energia elétrica, a qual precisa ser estável e confiável pois falhas elétricas ou interrupções de energia podem levar a paralisações e perdas de produção, outra desvantagem é que as injetoras de plástico elétricas são projetadas especificamente para injetar plástico, isso significa que elas são menos versáteis do que outros tipos de máquinas de moldagem por injeção, que podem lidar com uma variedade de materiais, como metal, borracha ou cerâmica.

As injetoras de plástico híbridas tendem a ter um custo inicial mais elevado em comparação com as injetoras hidráulicas tradicionais, visto que possuem um sistema mais complexo, combinando componentes hidráulicos e elétricos, bem como a necessidade de controle e ajustes adicionais devido à dependência de fornecimento de energia elétrica para operar, portanto, em caso de queda ou interrupções no fornecimento de energia elétrica, a produção das peças plásticas pode ser afetada.

A máquina injetora hidráulica tem um consumo de energia mais alto, devido ao uso de bombas hidráulicas, resultando em um custo operacional mais elevado. Bem como possuem menor precisão e controle em comparação as injetoras elétricas, o que acaba afetando a qualidade das peças produzidas, especialmente em aplicações que requerem alta precisão dimensional, ocasionando algum defeito de produção como rebarbas ou manchas.

Esse equipamento utiliza o fluido hidráulico que em caso de vazamento pode contaminar o ambiente de trabalho e como consequência ter a limpeza constante como uma característica e manutenção frequente. Essa máquina também tem um traço de maior ruído e vibração, que pode afetar o conforto dos trabalhadores no ambiente de trabalho pois torna o uso de protetor auricular obrigatório nesse espaço.

A reciclagem de plástico nas indústrias brasileiras envolve um processo complexo, já que começa com a coleta seletiva, onde os plásticos são separados de outros resíduos, além disso são organizados por tipos, visto que diferentes tipos de plástico necessitam de diferentes processos de reciclagem, o qual passa por uma série de etapas. Os principais tipos de plásticos reciclados no Brasil são o PET (polietileno tereftalato), PEAD (polietileno de alta densidade), PEBD (polietileno de baixa densidade) e PP (polipropileno). No entanto, mesmo com os esforços empreendidos na reciclagem do plástico, uma quantidade considerável não é reciclada no Brasil, devido a uma série de fatores, como a falta de estrutura adequada de coleta seletiva em várias regiões, a falta de conscientização por parte da população e a carência de incentivos econômicos para a reciclagem.

#### 4 DESENVOLVIMENTO

Ao iniciar o processo de desenvolvimento foi discutido entre o grupo as ideias centrais do projeto como; matérias a serem utilizados, custos gerais, ferramentas e outras ideias. A partir desta discussão foi iniciada a montagem pratica, utilizando a oficina proporcionada pela escola e a oficina particular da integrante Beatriz Rafaela local onde foi realizada as primeiras modificações para a montagem do projeto, como ponto inicial foi efetuado as perfurações na placa de metal, assim apresentado na figura 2 na página 14. Em seguida das perfurações foram centralizados e fixados os motores as placas como visto na figura 3 página 14. Logo após foi elaborado o desenvolvimento do molde com auxílio dos professores Wesley e Leandro. Foi feito as linhas de programação junto com o professor Leandro em horário de aula, nesse dia a intenção era fazer uma usinagem para diminuir a espessura do molde, no centro de usinagem CNC laboratório 54 Ilustrado na figura abaixo.

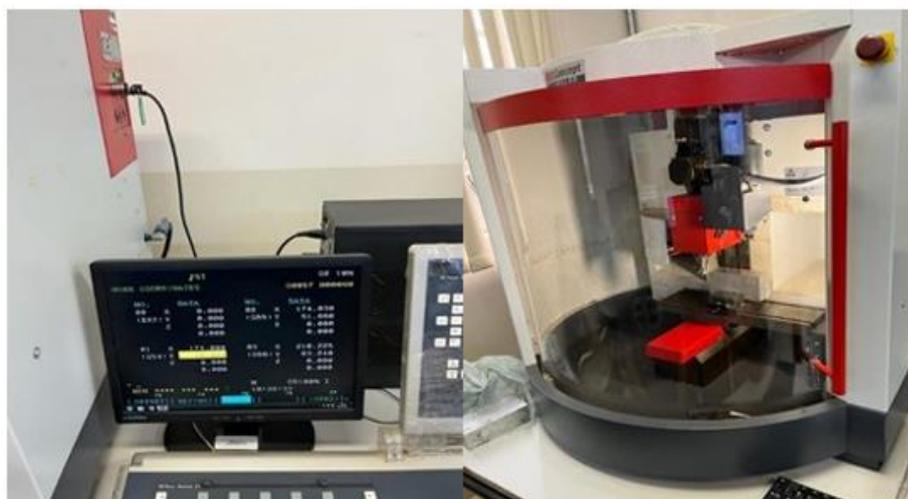


Figura 7: Desenvolvendo a programação para a usinagem do molde e testes para a usinagem do molde no centro de usinagem CNC.

FONTE: Próprios autores

Como ponto inicial foi feita as perfurações na placa de metal, em seguida das perfurações foram fixados os motores as placas como visto na figura abaixo.



Figura 8: Furação das placas laterais e a fixação dos motores  
FONTE: Próprios autores

Posteriormente utilizando a oficina na escola, foram efetuados os cortes as colunas guias e as usinagens as colunas guias no torno para poder ter um encaixe melhor às placas cortadas anteriormente, como podemos ver nas figuras abaixo.



Figura 9: cortando as colunas guias.  
FONTE: Próprios autores.



Figura 10: Usinando as colunas cortadas no torno.  
FONTE: Próprios autores.

Após a usinagem das colunas foi ajustado a estrutura do injetor e efetuado os cortes da chapa e para o desenvolvimento da estrutura do funil.



Figura 11: Ajustando o apoio da estrutura do injetor.  
FONTE: Próprios autores.

No dia foi feito os desenhos de como seria a estrutura do funil, e os cortes de um pedaço de chapa com medidas aproximadas que será utilizado para desenhar a estrutura do funil o processo pode ser visto na figura abaixo.



Figura 12: Medições para executar o funil.  
FONTE: Próprios autores.

Cortamos um pedaço de chapa com medidas aproximadas que usamos para desenhar a estrutura do funil.



Figura 13: Corte da chapa para a estrutura do funil.  
FONTE: Próprios autores.

Foi feito os ajustes para que as partes da estrutura do molde se encaixassem com mais facilidade e melhor acabamento, o processo pode ser visto na figura abaixo.



Figura 14: Efetuando os ajustes nas rebarbas do apoio.  
FONTE: Próprios autores.

Ao longo das semanas, foi desenvolvido e finalizado os acabamentos da usinagem do protótipo e inserido o molde para demonstração assim como demonstrado nas figuras abaixo.

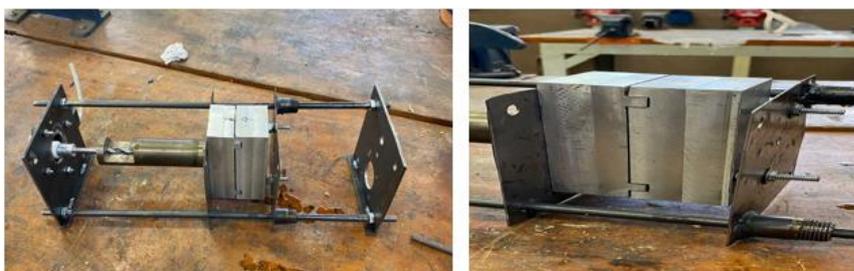


Figura 13: Demonstração do protótipo e da localização do molde  
FONTE: Próprios autores.



Figura 14: Demonstração da parte do interior do molde e onde o modelo ficar pronto  
FONTE: Próprios autores.

Após algumas semanas efetuando os acabamentos e aperfeiçoamento das usinagens do protótipo foi dado início a última parte, a parte elétrica, para iniciar a parte elétrica foi desenvolvido os testes de temperatura para derreter o polipropileno, mostrado na figura abaixo.



Figura 15: Testando a temperatura ideal para o derretimento do plástico  
FONTE: Próprios autores.

No primeiro teste da parte elétrica, conforme a orientação do professor Ariovaldo Sano foi elaborado a programação e o circuito elétrico, porém quando foi compilado para o Arduino, não funcionou como deveria, já que o motor de passo teria que girar no sentido horário ao pressionar um push bottom, mas quando foi ligado a fonte de alimentação, o motor funcionou sem o acionamento do push bottom.

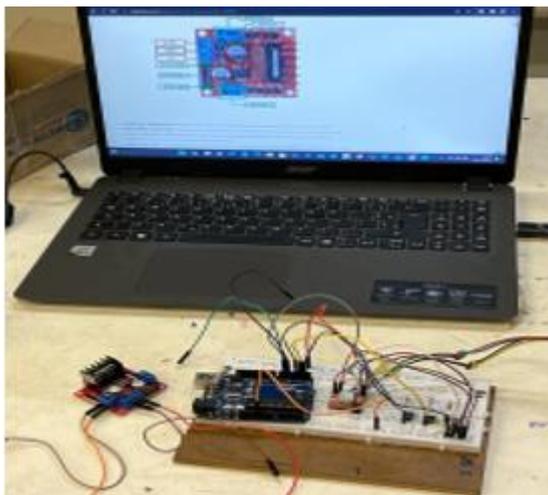


Figura 16: Circuito elétrico, com driver a4988  
FONTE: Próprios autores.

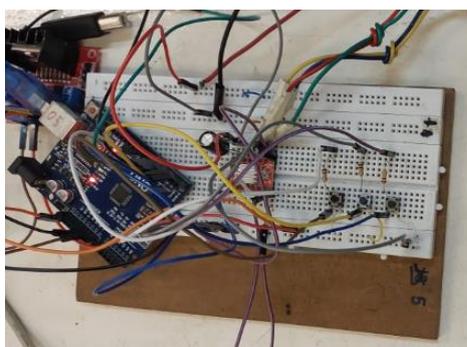


Figura 17: circuito elétrico, com driver a4988  
FONTE: Próprios autores.

A programação foi feita para controlar os motores da máquina. O primeiro motor é acionado através de dois push buttons, um para girar no sentido horário e outro para girar no sentido anti-horário. E o motor de corrente contínua é acionado

através de um terceiro push button, o qual ao ser pressionado ativa o relê que faz o motor girar por 30 segundos.

Nas primeiras linhas da programação, foi definido as entradas e saídas, bem como os pinos que cada componente foi conectado no Arduino. Após isso, foi escrito as variáveis da programação, que compõem os dados para o programa funcionar da maneira correta, como os passos da revolução do motor de passo e o tempo que o motor dc fica acionado, dessa maneira foi concluído o programa que deixa a máquina injetora automatizada.

Após ajustes na programação e na parte elétrica foi iniciado os testes direcionados a injeção do polipropileno, conforme mostrado nas figuras abaixo.



Figura 18: Primeira peça injetada durante os testes  
FONTE: Próprios autores



Figura 19: Processo de injeção sendo finalizado  
FONTE: Próprios autores



Figura 20: Tabuleiro de dama com as peças feitas pelo protótipo de mini máquina injetora de polipropileno  
FONTE: Próprios autores

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme a construção da estrutura do protótipo de mini máquina injetora de polipropileno, para isso foi utilizado a oficina disponibilizada pela escola para fazer o corpo do projeto. Entretanto, ocorreu um problema com o deslizamento da placa, o qual foi ocasionado por um furo torto, que impedia o funcionamento dela, para solucionar este imprevisto foi adicionado uma bucha que ajustou o alinhamento da placa.

Outra dificuldade que foi encontrada durante a montagem foi que a estrutura do bico injetor girava junto com o motor e para conseguir um bom resultado, foi soldado um pedaço de ferro com uma chapa que resolveu o problema.

Durante o desenvolvimento do projeto, ocorreu certa dificuldade para efetuar os moldes no formato das botoeiras, então foi resolvido alterar o molde para uma peça de dama (polipropileno), facilitando a programação. Além disso, permanecem alguns problemas na estrutura que comprometem o processo da injeção, tornando a fabricação das peças de plástico ainda não possível.

Era de comum consentimento o uso das tampinhas de garrafa pet como fonte de polipropileno, porém não foi realizado o tritramento desse material, então como breve solução a aluna Beatriz trouxe o polipropileno em sua forma original, já triturado.

No que diz respeito a programação, através das referências de pesquisa de campo, porém quando foi efetuado a montagem do circuito elétrico para controlar o motor de passo com o programa Arduino, não funcionou e por isso foi solicitado ao professor Ariovaldo Sano auxílio para a montagem do programa em linguagem C e a princípio, quando foi executado o diagrama no aplicativo Proteus, o programa funcionou, e foi resolvido retirar algumas linhas que não estava em uso do programa, e após isso, ele parou de funcionar. Durante a montagem prática, no mesmo instante que foi religado a fonte de alimentação, o motor de passo acionou sozinho e girou no sentido horário e anti-horário, este movimento deveria acontecer somente quando um botão fosse pressionado, já o motor de corrente contínua também não funcionou.

Por fim, no teste final foi avaliado que antes da apresentação final no dia 27 de novembro, a resistência esteve e aqueceu acima de 200 graus, e o termopar não identificou o problema, por esse motivo não obteve a conclusão e produção das peças injetadas.

Após a apresentação final para a banca, e foi designado um outro prazo para a reapresentar o protótipo, assim, ao longo da semana foi comprado um outro termopar que atuou de forma correta, foi feito os reparos, ajustes e correções necessárias na parte elétrica que era um dos principais problemas para que a injeção fosse feita, após solucionar a parte do circuito elétrica , conseguimos resolver a parte da movimentação do molde , que ocorreu de maneira eficiente conforme o esperado.

Em seguida foi iniciado os testes de injeção, que também ocorreu, mas com algumas dificuldades, umas as ideias iniciais era que a broca transportasse o polipropileno para dentro da resistência e faze pressão para que o material derretesse e fosse injetado no molde , porem a broca estava apenas transportando o plástico a força do motor não estava sendo suficiente então como uma solução breve foi resolvido deixar a máquina semiautomática e fazer o processo de injeção de forma manual , utilizando uma barra com as mesmas proporções da broca e das entradas do bico injetor, após algumas tentativas foi feita as primeiras injeções, depois de ajustes de quantidade de polipropileno e a cronometragem dos segundos necessários e as peças começaram a sair perfeitamente.

## REFERÊNCIAS

(N.d.). Com.Br. Retrieved November 13, 2023. Disponível em: [fromhttps://www.eurostec.com.br/torno-barramento-inclinado-cnc-nl-12](https://www.eurostec.com.br/torno-barramento-inclinado-cnc-nl-12). Acesso em: 13 nov. 2023.

(nd). Aliexpress. com. Recuperado em 13 de novembro de 2023. Disponível em: <https://pt.aliexpress.com/i/1005001394594499.html>. Acesso em: 13 nov. 2023.

Brasil é o 4o maior produtor de lixo plástico do mundo e recicla apenas 1%. Disponível em: <https://g1.globo.com/natureza/noticia/2019/03/04/brasil-e-o-4o-maior-produtor-de-lixo-plastico-do-mundo-e-recicla-apenas-1.ghtml>. Acesso em: 6 nov. 2023.

Brasil, U. (n.d.). Injetora de Metais. Injetora de Metais. Retrieved November 13, 2023. Disponível em: <https://www.maquimport.com.br/injetora-de-metais>. Acesso em: 13 nov. 2023.

Demag, S. (shi). (n.d.). Máquinas hidráulicas. Sumitomo-shi-demag. Disponível em: <https://brasil.sumitomo-shi-demag.eu/produtos/systec-maquinas-hidraulicas.html>. Acesso em: 13 nov. 2023.

(nd). Aliexpress. com. Recuperado em 13 de novembro de 2023. Disponível em: <https://pt.aliexpress.com/i/1005001394594499.html>. Acesso em: 13 nov. 2023.

(N.d.). Com.Br. Retrieved November 13, 2023. Disponível em: [fromhttps://www.eurostec.com.br/torno-barramento-inclinado-cnc-nl-12](https://www.eurostec.com.br/torno-barramento-inclinado-cnc-nl-12). Acesso em: 13 nov. 2023.

## APÊNDICE A – PROGRAMAÇÃO ARDUÍNO

```
#include <Stepper.h>

//Declaração das variáveis
const int stepsPerRevolution = 200;
Stepper mp (stepsPerRevolution, 8, 9, 10, 11);
#define BOT1 2
#define BOT2 3
#define BOT3 4
byte ESTBOT1;
byte ESTBOT2;
byte ESTBOT3;
#define MDC1 5
#define MDC2 6

void setup()
{
  mp.setSpeed(50); // ajusta a velocidade inicial para 200 passos
  pinMode (BOT1, INPUT);
  pinMode (BOT2, INPUT);
  pinMode (BOT3, INPUT);
  pinMode (MDC1, OUTPUT);
  pinMode (MDC2, OUTPUT);
}
```

```
void loop()
{
  ESTBOT1 = digitalRead (BOT1);
  ESTBOT2 = digitalRead (BOT2);

  if (ESTBOT1 & !ESTBOT2) //BOT1 pressionado e BOT2 não pressionado
  {
    mp.step (stepsPerRevolution); //gira no sentido horário
  }
  if (!ESTBOT1 & ESTBOT2) //BOT1 não pressionado e BOT2 pressionado
  {
    mp.step (~stepsPerRevolution); //gira no sentido anti-horário
  }
  if (!ESTBOT1 & !ESTBOT2)
  {
    mp.setSpeed (0); //deixa o motor parado
  }
  ESTBOT3 = digitalRead (BOT3);
  if (ESTBOT3)
  {
    digitalWrite (MDC1, HIGH);
    digitalWrite (MDC2, LOW);
    delay (1000);
    digitalWrite (MDC1, LOW);
    digitalWrite (MDC2, LOW);
  }
}
```