



CURSO TÉCNICO EM MECATRÔNICA

DAVI OLIVEIRA STRAFORIN
LUIS FELIPE FONSECA RUFFINO
NATÁLIA SATURNINO DE ALMEIDA
RAFAEL GIACOMELLI GINI

**CNC ROUTER CONTROLADA POR ARDUINO PARA CONFECÇÃO
DE PLACAS PCB**

**SÃO CARLOS – SP
DEZEMBRO 2025**

**DAVI OLIVEIRA STRAFORIN
LUIS FELIPE FONSECA RUFFINO
NATÁLIA SATURNINO DE ALMEIDA
RAFAEL GIACOMELLI GINI**

**CNC ROUTER CONTROLADA POR ARDUINO PARA CONFECÇÃO
DE PLACAS PCB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Etec Paulino Botelho, do Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, como requisito parcial para a obtenção da habilitação profissional de Técnico de Nível Médio em MECATRONICA sob a orientação da(s) Professore(s) Claudio Torres e Luis Schiavone.

**SÃO CARLOS - SP
DEZEMBRO 2025**

DAVI OLIVEIRA STRAFORIN
LUIS FELIPE FONSECA RUFFINO
NATALIA SATUNINO DE ALMEIDA
RAFAEL GIACOMELLI GINI

CNC ROUTER CONTROLADA POR ARDUINO PARA A CONFEÇÃO DE PALCAS PCB

Aprovada em : ____ / ____ / ____

Conceito: _____

Banca de Validação:

Professor Claudio Torres Gonçalves
Etec Paulino Botelho
Orientador

Professor Luis Schiavone Neto
Etec Paulino Botelho
Orientador

Professora Evandra Maria Raimundo
Etec Paulino Botelho

Professor Anderson Beluco
Etec Paulino Botelho

SÃO CARLOS – SP
2025

***Dedicamos este trabalho
primeiramente a Deus, e aos
nossos familiares.
Agradecemos o amor e apoio
durante todo o período de
curso.***

Agradecemos, primeiramente, a Deus, por nos guiar até aqui.

Ao nosso orientador, professor Claudio Torres, nosso sincero reconhecimento pela importante orientação, paciência e por compartilhar conosco seu conhecimento na área.

Aos professores do curso Técnico em Mecatrônica, pela paciência e por dividir conosco seus conhecimentos na área de mecatrônica.

E a todos da instituição que, direta ou indiretamente contribuíram para nossa formação e conclusão deste trabalho.

A maior recompensa para o trabalho do homem Não é o que ele ganha com isso, mas o que ele se torna com isso - Jhon Ruskin

RESUMO

Com o avanço tecnológico e o barateamento de equipamentos, a automação tornou-se importante para a competitividade do mercado. Maquinas de controle numérico (CNC), pioneiras em 1949, evoluíram em vários tipos, como: fresadoras, tornos, cortadoras a laser e routers.

Neste projeto, visamos o desenvolvimento de uma maquina CNC router de baixo custo, acessível, de fácil manuseio para pequenos e médios negócios. Utilizando matérias como aço 1020 , peças impressas em PLA/ABS e um microcontrolador Arduino Mega, o equipamento foi planejado para ser robusto mas de fácil produção. O objetivo principal é a produção automatizada de placas de circuito impresso (PCB). O equipamento utiliza método específico para desenhar na placa de fenolite cobreada com uma caneta permanente. Após a marcação ser feita, a placa será submetida a um banho ácido com perclorato de ferro, que corrói quimicamente apenas o cobre não protegido, fazendo assim as trilhas, onde, mais tarde, passara a corrente elétrica até os componentes eletrônicos que ali serão posicionados.

Palavras-chave: Arduino; Automação; CNC Router; Fabricação de PCB.

ABSTRACT

With technological advancement and the cheapening of equipment, automation has become important for market competitiveness. Computer Numerical Control (CNC) machines, pioneers in 1949, have evolved into various types, such as milling machines, lathes, laser cutters, and routers.

In this project, we aimed at the development of a low-cost, accessible, and easy-to-handle CNC router machine for small and medium businesses. Using materials such as 1020 steel, PLA/ABS printed parts, and an Arduino Mega microcontroller, the equipment was planned to be robust yet easy to produce.

The main objective is the automated production of printed circuit boards (PCB). The equipment uses a specific method to draw on the copper-clad phenolic board with a permanent pen. After the marking is made, the board will be submitted to an acid bath with ferric chloride, which chemically corrodes only the unprotected copper, thus creating the traces, where, later, the electric current will pass to the electronic components that will be positioned there.

Keywords: Arduino; Automation; CNC Router; PCB Manufacturing

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Máquina CNC fechada.....	17
FIGURA 2 – Máquina CNC para PCB.....	18
FIGURA 3 – Placa de fenolite desenhada.....	19
FIGURA 4 – Chapa de aço.....	21
FIGURA 5 – Eixos X e Y montados a base.....	22
FIGURA 6 – Fusos e mancais.....	23
FIGURA 7 – Montagem mecânica finalizada.....	24
FIGURA 8 – Desenho técnico fuso.....	25
FIGURA 9 – Desenho técnico mancal central.....	25
FIGURA 10 – Desenho técnico mancal ponta.....	26
FIGURA 11– Desenho técnico canaleta.....	25
FIGURA 12– Base impressa junto ao motor.....	27
FIGURA 13 – Acoplador do eixo junto ao motor.....	28
FIGURA 14– Placa Arduino.....	30
FIGURA 15– Ponte H	31
FIGURA 16– Alimentação.....	32
FIGURA 17– Motores.....	33
FIGURA 18– Servo motor.....	34
FIGURA 19– IDE Arduino.....	35

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Tabela de materiais.....	37
-------------------------------------	----

LISTA DE ABREVIATURAS / SIGLAS

CNC – Computer Numerical control (controle numérico computadorizado)

PLA/ABS – Dois tipos comuns de materiais termoplasticos

PCB – Printed circuit board (placa de circuito impresso)

Motor DC - direct corent , tipo de motor acionado por corrente direta

IDE Arduino - (Ambiente de Desenvolvimento Integrado) é o software gratuito de código aberto usado para escrever compilar e carregar programas (chamados “sketches”) para placas Arduino.

IHM – é a sigla para Interface Homem-Máquina (do inglês, human-Machine Interface ou HMI). Trata-se de um software que permite a interação entre um operador humano e uma maquina.

Codigo G - (ou g code) é a linguagem de programação padrão usada para dizer às maquinas automatizadas, como impressoras 3D e maquinas CNC , exatamente como se mover e o que fazer.

MHz – (mega-hertz) é uma unidade de frequência

KB - é a abreviação de kilobytes (quilobyte, em português) é uma unidade de medida usada para quantificar a quantia de dados ou armazenamento digital.

V - É a abreviação de Volt (ou Volts) , a unidade de medida para tensão elétrica

SUMÁRIO

1. Introdução.....	13
2. Objetivo.....	15
3. Planejamento.....	16
4. O que é uma CNC router	17
4.1 CNC router para confecção de PCB.....	18
4.2 Processo químico.....	19
5. Funcionamento da CNC router através do Arduino.....	20
5.1 Desenvolvimento mecânico.....	21
5.1.1 Base.....	21
5.1.2 Eixos X e Y.....	22
5.1.3 Mancais.....	23
5.1.4 Montagem na base.....	24
5.2 Partes impressas.....	27
5.2.1 Suporte do motor.....	27
5.2.2 Acoplador do motor ao eixo.....	28
6. Eletrônica e comando.....	29
6.1 Arduino	29
6.2 Ponte H.....	30
6.3 Alimentação.....	32
6.4 Motores Dc.....	33
6.5 Servo motor.....	34
6.6 Periféricos.....	34
7. Código e programação.....	35
8. Sistema de segurança.....	36
9. Resultado.....	36
10. Considerações finais.....	37
11. Tabela de materiais.....	37
12. Referencia bibliográfica.....	38

1. INTRODUÇÃO

Com o avanço tecnológico e consequente barateamento de equipamentos eletrônicos e controladores, a instituição de mecanismos autômatos e sistemas de padronização em indústrias de todos os portes, se tornam essenciais para o seu destaque e estabilização no mercado, devido ao aumento da qualidade, velocidade de produção, e redução de consumo de materiais e mão de obra.

A primeira máquina de CNC foi creditada a James Parsons em 1949. Parsons foi um pioneiro da computação que trabalhou em um Projeto de Pesquisa da Força Aérea. A pesquisa foi sobre como produzir pás de helicóptero e melhor revestimento de aeronaves.

Tornos CNC:

Aplicações: Usados para girar peças cilíndricas ou produzir formas simétricas. Ideal para a fabricação de eixos, parafusos, buchas e componentes rotativos.

Fresadoras CNC:

Aplicações: Utilizadas para cortar, entalhar, furar e dar forma a materiais. Amplamente empregadas na fabricação de peças tridimensionais, como moldes, peças de metal, plástico e madeira.

Centros de Usinagem CNC:

Aplicações: Combinam as funções de tornos e fresadoras, permitindo a usinagem de peças complexas em múltiplos eixos. Amplamente usados na produção de componentes aeroespaciais, automotivos e moldes.

Máquinas de Corte a Laser CNC:

Aplicações: Utilizadas para cortar materiais como metal, plástico, madeira e cerâmica. Aplicações comuns incluem corte de chapas metálicas, gravação a laser e fabricação de peças personalizadas.

Máquinas de Eletroerosão CNC:

Aplicações: Utilizadas para usinar materiais duros através de descargas elétricas. Ideal para produzir peças de alta precisão, moldes de injeção de plástico e componentes de metal duro.

Máquinas de Corte por Jato de Água CNC:

Aplicações: Usam um jato de água de alta pressão para cortar materiais. Aplicável a uma ampla gama de materiais, incluindo metal, pedra, vidro e plástico. Adequadas para cortes precisos e complexos.

Máquinas de Impressão 3D CNC:

Aplicações: Utilizadas para criar objetos tridimensionais camada por camada. Amplamente empregadas na prototipagem rápida, produção de peças personalizadas e na indústria médica para criar implantes personalizados.

Máquinas de Roteamento CNC:

Aplicações: Usadas para cortar, esculpir e entalhar materiais como madeira, plástico e espuma. Amplamente utilizadas em carpintaria, fabricação de modelos e na indústria de sinalização.

A aplicação de máquina CNC continua a se expandir à medida que a tecnologia avança, oferecendo soluções mais eficientes e personalizadas para diferentes setores industriais, oferecendo soluções cada vez mais especializadas para diversas aplicações industriais. A escolha da máquina CNC adequada dependerá das necessidades específicas de produção e dos materiais a serem processados.

Em função dos tipos de CNC citados acima, o nosso trabalho visa o tipo de CNC de Roteamento para fazer o desenho na placa de fenolite com a caneta de CD para após o processo de desenho podermos fazer a corrosão do material restante e ficar apenas a trilha de cobre onde serão colocados os componentes.

2. OBJETIVO

Com base nesse preceito, o grupo planejou para o projeto a criação de uma máquina CNC (Controle Numérico Computadorizado) Router, visando o baixo custo de produção e a facilidade de construção e expansão visando ajudar no crescimento industrial de produção em série, utilizando-se de equipamentos e processos simples para a sua montagem e programação, de maneira que seja de fácil construção e para que sua integração a pequenos e médios negócios seja acessível.

3. PLANEJAMENTO

Durante a etapa de pesquisa, procuramos métodos e sugestões de construção disponíveis na internet, analisando a viabilidade do projeto, e montando o planejamento de construção.

Optamos por realizar um equipamento robusto e de pequeno porte, utilizando-se do aço 1020 galvanizado como material principal, juntamente com peças impressas em PLA e ABS, já para o circuito eletrônico, utilizamos do Arduino Mega como microcontrolador, e três motores com redutores 6V e uma ponte H L298N para o controle dos eixos X e Y, e um servo motor para o eixo Z, devido a sua forma simples e rápida de programação, através da linguagem C++.

Procuramos também ver teses, artigos e publicações de tipos de cnc router similares para termos ideias e ajuda (as teses, artigos e ideias estão nas referências).

4 O que é uma CNC Router

A Router CNC é uma máquina controlada por comandos numéricos fornecidos através de um computador ou IHM, utilizada na fabricação de peças em diversos tipos de materiais, como madeiras, metais e plásticos, podendo ser configurada para o corte, gravação, moldagem ou subtração de materiais em até três dimensões, de acordo com as ferramentas utilizadas, na qual o controlador atua em motores nos eixos X, Y e Z, perpendiculares entre si, de modo a fornecer total liberdade de atuação na área de trabalho designada.

Seu funcionamento ocorre através da interpretação das coordenadas inseridas, geralmente através da linguagem de código G(G-Code), que é transmitida através de um computador à máquina, que traduz para códigos e sinais PWM(Pulse Width Modulation) para os drivers e microcontroladores, que por sua vez atuam os motores ou motores de passo, desenhando com precisão na superfície a ser trabalhada, de acordo com o programa escrito no computador.

Através desse programa, que define, além dos movimentos dos eixos, a velocidade de rotação e de movimento da ferramentas, ou demais funções adicionais, quando necessárias, de modo a garantir a qualidade e precisão da peça, tornando a produção um processo de alta produtividade e repetitividade, independente da complexidade da peça, garantindo a uniformidade entre as peças e a quantificação exata do tempo e gasto de materiais durante o processo. Devido a essas vantagens, o CNC se tornou amplamente presente em indústrias de várias espécies.



Figura 1: Máquina CNC Fechada

4.1 CNC Router para confecção de PCB

Em uma CNC Router para PCB , sua aplicação é dedicada à confecção de placas PCB de fenolite cobreada, sendo separadas de acordo com o método de produção.

Um dos processos, conhecido como fresadora, se utiliza de uma ferramenta de fresa para realizar o corte da superfície de cobre, gravando mecanicamente as lacunas isolantes e preservando as trilhas e conexões da placa.

Já no segundo método, que foi escolhido pela equipe como o ideal para o projeto, recebe o aplique das trilhas e conexões que haverão na placa através do uso de um marcador permanente, que isola as partes do cobre a serem mantidas na placa de fenolite, que depois é submetida a um banho químico em percloreto de ferro em forma líquida, até a total corrosão do material exposto. Este processo recebe o nome de etching (ou água forte) e é inspirado na tradição de gravar imagens e símbolos em metais expostos com o uso de ácidos, pertencente à cultura egípcia, e adotada pela Europa medieval, e para o seu funcionamento, é necessário explicar o processo químico que ocorre entre os componentes presentes:



figura 2: CNC Router para PCB

4.2 Processo Químico

A corrosão do cobre (Cu) pelo perclorato de ferro($FeCl_3$) ocorre através de uma **reação de oxirredução (redox)**, na qual o cobre metálico é rapidamente oxidado e corroído pelo ácido.

O processo ocorre com a transferência de elétrons do metal não-protegido pela camada de tinta aplicada sobre a placa pela Router, para o ácido, resultando na dissolução do cobre exposto e deixando como produto, gases tóxicos e solúveis.

A equação isolada desta reação é:

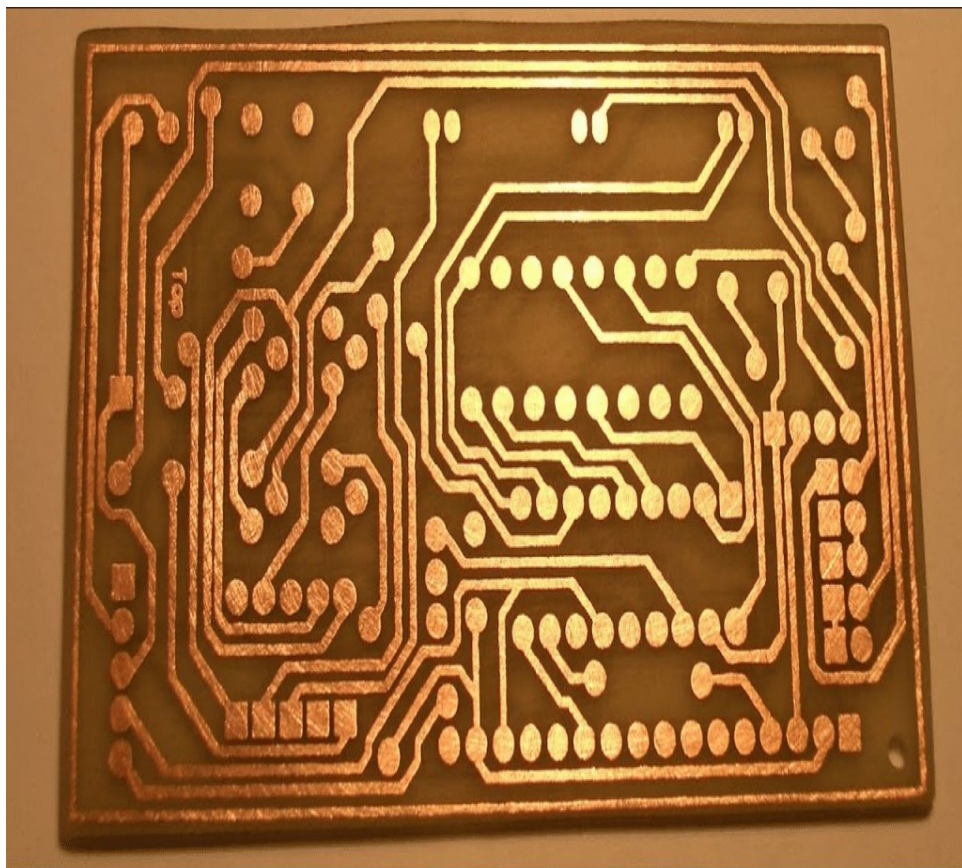
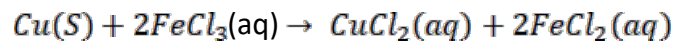


figura 3: Placa de Fenolite Desenhada

5. Descrição do Funcionamento da cnc router através de arduino

A máquina CNC para desenho de circuitos elétricos (PCB) é um mini plotter CNC de 3 eixos (X, Y, Z), projetada para desenhar automaticamente as trilhas e contatos através do código fornecido ao Arduino, que indica, através do tempo de acionamento dos motores, o desenho resultante na placa fenolite, substituindo por completo o desenho feito à mão.

Área de Trabalho: A router possui uma área útil de impressão de 15 x 4,5 cm , com o intuito de ser utilizada para a criação de placas eletrônicas de pequeno a médio porte, para usos caseiros ou profissionais, de maneira que tenha uma fácil maneabilidade e uma fácil remontagem do sistema.

Movimentação: O equipamento se utiliza de dois fusos horizontais independentes para mover os eixos X e Y, atuados através de dois motores redutores DC3-6V, e um motor redutor DC3-6V respectivamente, onde o eixo Y é acoplado perpendicularmente ao eixo X, já o eixo Z, utilizado para levantar e abaixar a caneta responsável por desenhar na placa de fenolite cobreada, é atuado através de um pequeno servo motor fixo ao eixo Y através de peças modeladas e impressas em poliláctico (PLA), em impressora 3D própria de um dos membros do grupo. Seu funcionamento se trata de duas peças, uma fixa à caneta e outra fixa ao eixo Y, unidas através de dois tubos metálicos guias de 5mm de diâmetro, que fixam uma peça a outra, permitindo apenas o deslocamento de cima para baixo, o qual é regido pelo ângulo de posicionamento do servo motor, que fica alocado no meio da peça fixa ao eixo Y, garantindo um movimento controlado da ferramenta, e minimizando as variações devido ao movimento dos demais eixos

5.1 Desenvolvimento mecânico

5.1.1 Base

Escolhemos uma chapa de aço 1020 de dimensões 320 X 320 mm e espessura de 3 mm para ser utilizada de base em que se fixará a router. A escolha desta chapa de aço se deve a sua resistência mecânica e a sua planicidade. Para realizar a limpeza, polimento e deixar a placa de aço ideal para as demais partes, foi utilizado uma lixadeira roto orbital. A seguir, foi realizado quatro soldas de uma canaleta de aço 1020 cuja dimensão das 4 cantoneiras é de 20X20X20 mm para servir de suporte ao eixo X.



figura 4: Chapa de Aço

5.1.2 Eixos X e Y

Escolhemos canaletas metálicas (Metalon de Perfil U) de aço 1020 galvanizados para constituir a guia dos eixos X e Y, perpendiculares entre si, e uma barra roscada de 5/16" de diâmetro que será utilizada como eixo, que ficará alojada dentro das canaletas metálicas, e serão responsáveis pela movimentação da ferramenta, realizando o rebaixado das pontas dos fusos, onde ficarão acoplados os motores.

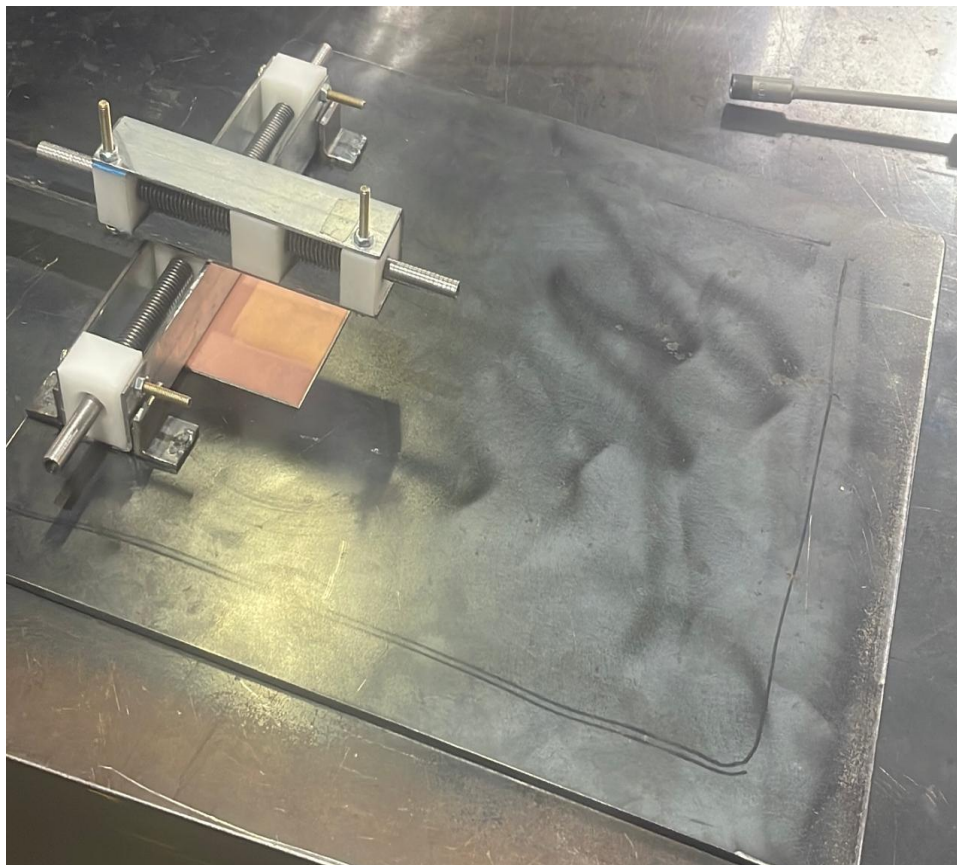


figura 5: Eixos Montados à Base

5.1.3 Mancais

Para os mancais fixos e mancais roscados dos eixos X e Y, usamos um tarugo de perfil quadrado de poliacetal, devido a facilidade de se trabalhar com esse material e sua capacidade de resistir ao trabalho.

Cortamos quatro segmentos do tarugo já usinado e já com um furo de centro passante seguindo a distância do fuso ao centro da canaleta, para servir de mancais dos eixos, e os outros dois tarugos, abrimos a rosca do passo do fuso, para servir de mancal roscado dos eixos, onde serão acoplados respectivamente, a canaleta do eixo Y, e a estrutura da fixação da caneta do eixo Z



figura 6: Fusos e Mancais

5.1.4 Montagem na base

Na fase de fixação das partes metálicas na base, iniciamos realizando soldagem nas cantoneiras para posicionar a cantoneira do eixo X com a face aberta virada para cima, em seguida parafusamos dois mancais de apoio, com o fuso e um mancal roscado entre eles, na canaleta através de parafusos passantes e porcas, finalizando o eixo X. Já no eixo Y, prendemos uma das extremidades da outra canaleta, com a face aberta na horizontal, no mancal roscado do eixo x e parafusamos os dois mancais do eixo Y, encaixados ao eixo e ao mancal roscado, da mesma maneira que prendemos no eixo anterior, deixando espaço nas extremidades dos eixos para o encaixe dos motores. Em uma das extremidades do eixo Y, encaixamos com certa pressão da ferramenta de contraponto um rolamento blindado 608Z para maior estabilidade de desenho, e maior propagação do peso do eixo Y.

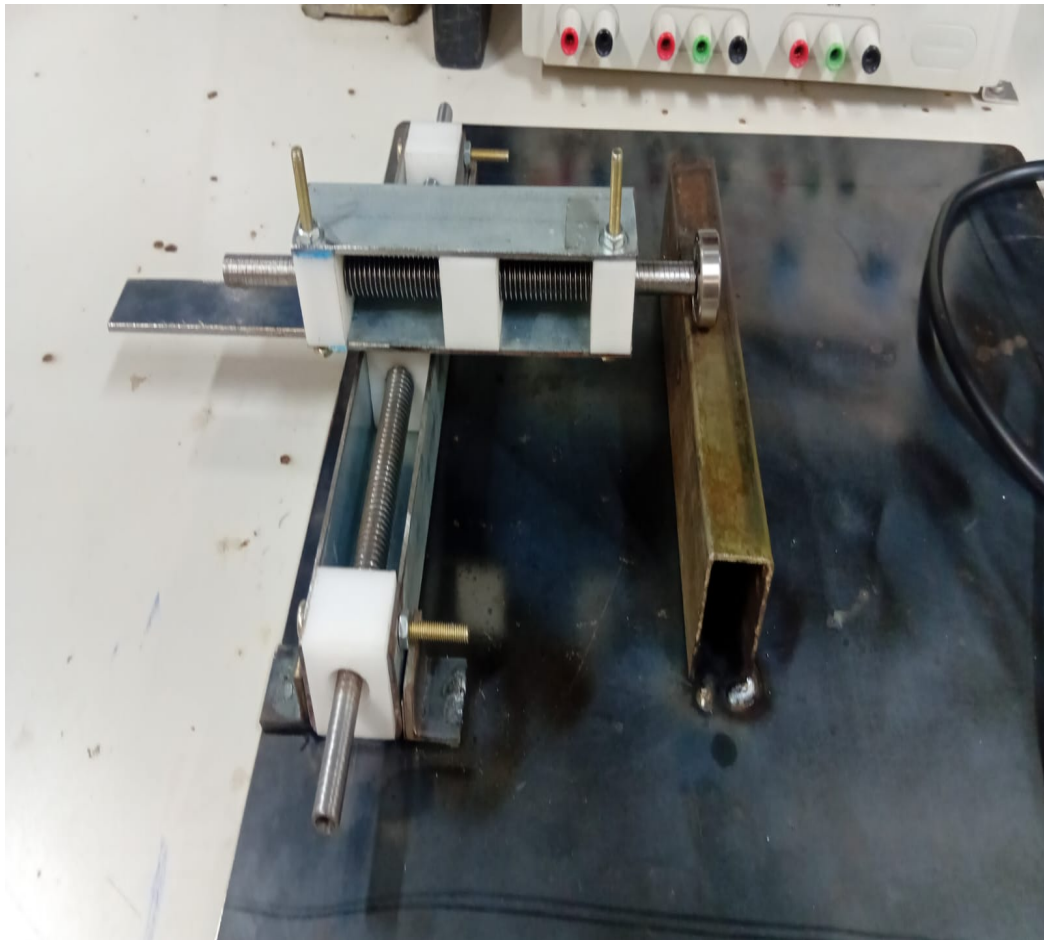


figura 7: Montagem mecânica finalizada

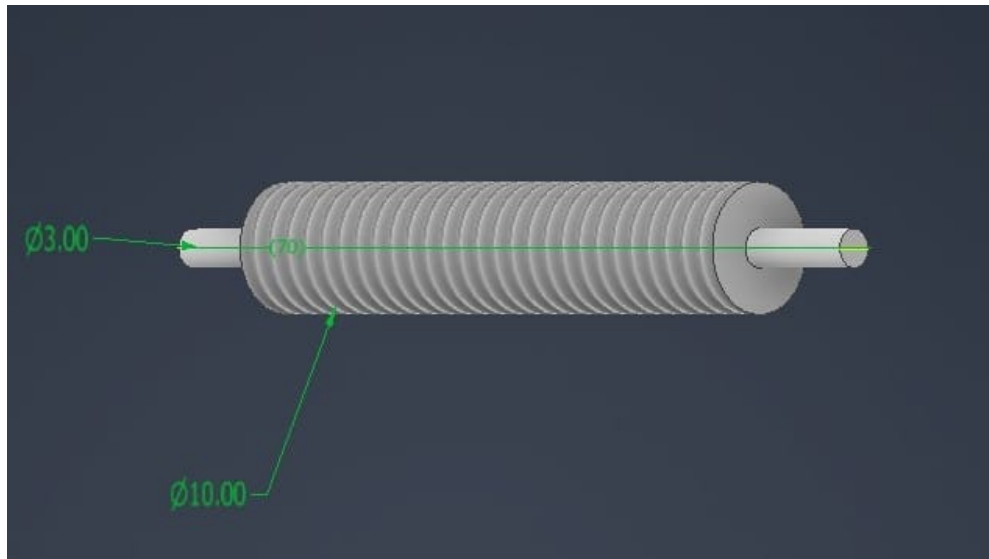


Figura 8: Desenho técnico fuso

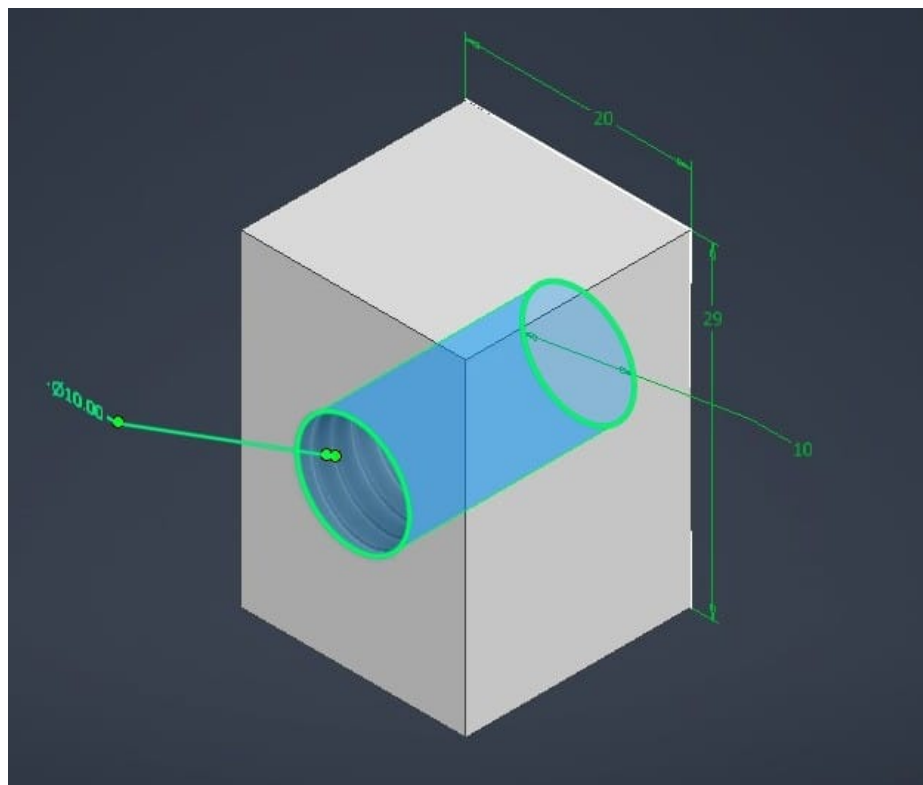


Figura 9: Desenho técnico mancal central

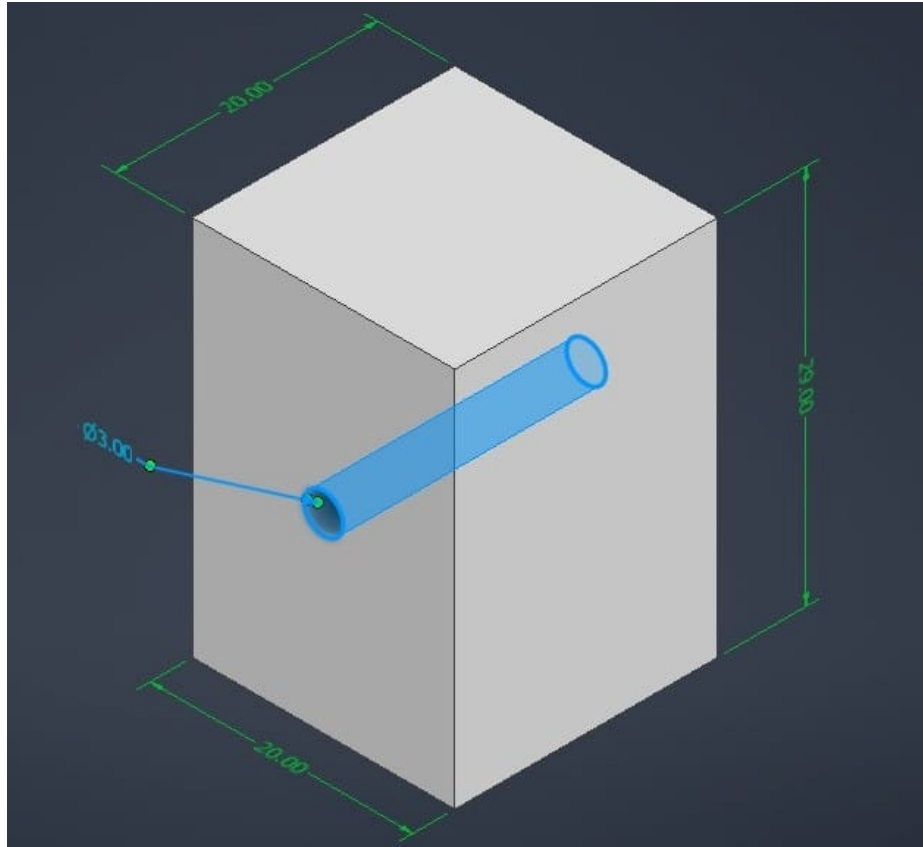


Figura 10: Desenho técnico mancal ponta

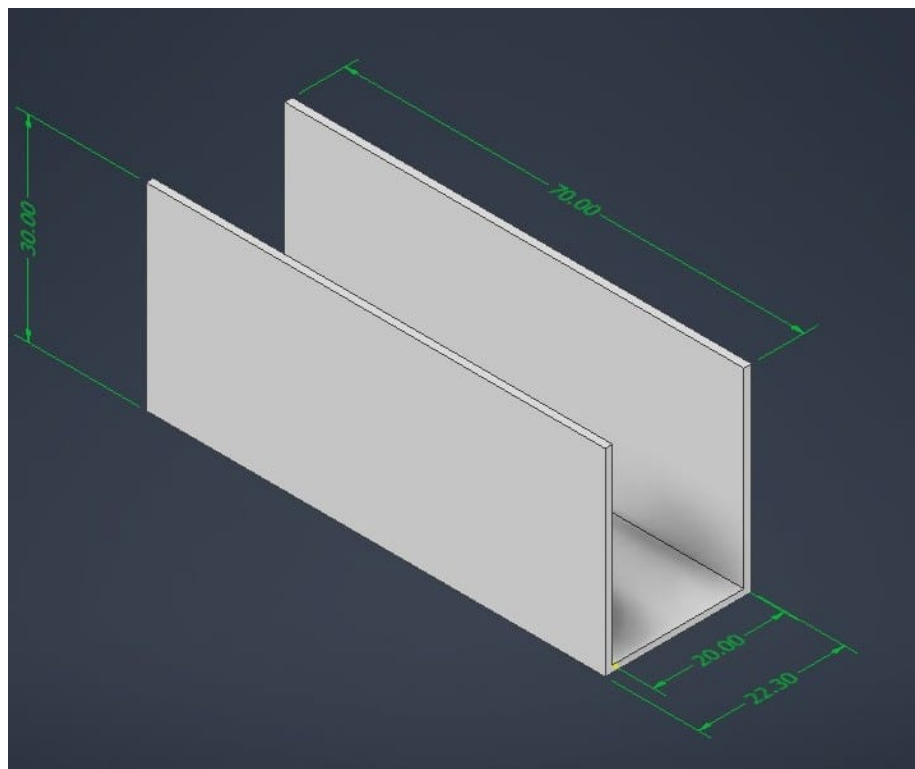


Figura 11: Desenho técnico canaleta

5.2 Partes Impressas

5.2.1 Suporte de Motor

Após selecionarmos os motores a serem utilizados, confeccionarmos a estrutura metálica, foi realizada a medida da altura em que os eixos estavam em relação a suas bases na chapa, e utilizamos estes valores para a projeção de uma base da altura correta no Fusion 360, para que o eixo do motor ficasse alinhado à barra roscada.

Fizemos um dimensional do motor sobre a placa de aço projetada, e fizemos as hastes de apoio em seu perímetro, de tamanho e área corretos para que seja possível a troca e desmontagem do sistema quando necessário, e mantendo a estabilidade e rigidez do sistema, com os projetos prontos, exportamos em formato 3MF para as etapas de slicing (fatiamento) e impressão.

Com o Design exportados, utilizamos a Creality Ender-3 V3 Ke, juntamente com seu software para as demais etapas da confecção dos suportes, onde fizemos os ajustes de densidade, velocidade de impressão e temperatura de bico para que a peça fosse feita em PLA, com um acabamento uniforme e resistente.

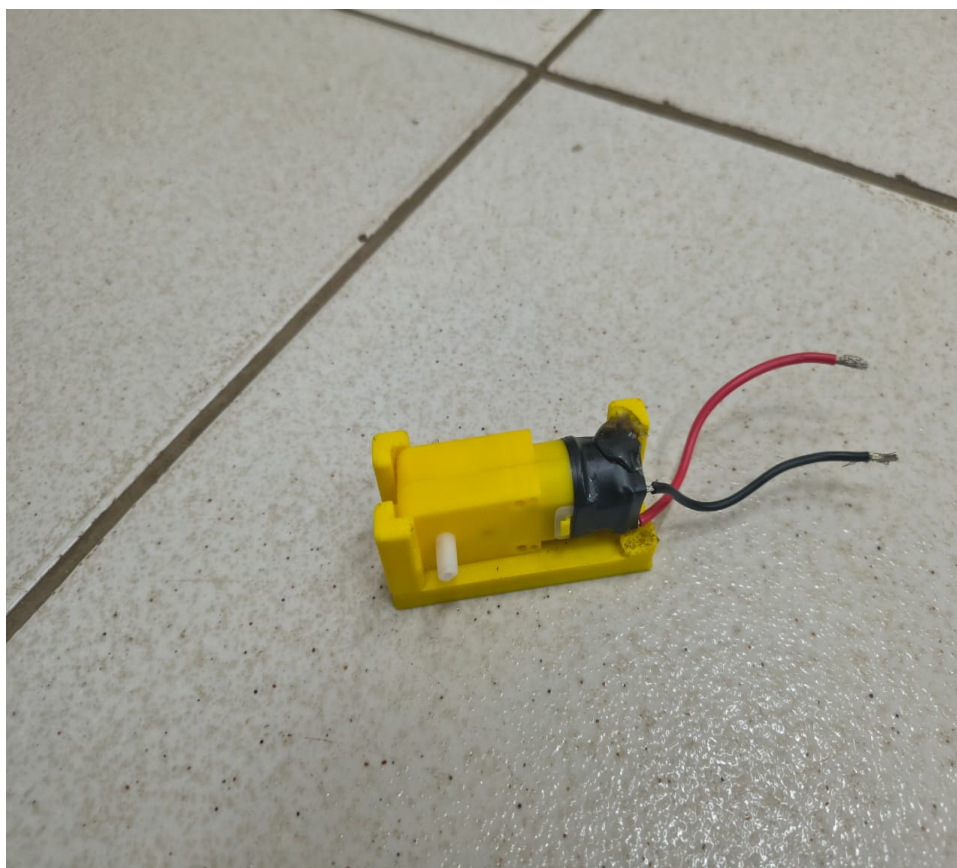


figura 12: Base Impressa junto ao Motor

5.2.2 Acoplador do Motor ao Eixo

Durante esta etapa, cogitamos diversas possibilidades, como tubos de borracha plástica, solda plástica ou acopladores parafusados, mas após análise, foi decidido utilizar-se de um acoplador impresso, em ABS, devido a sua maior resistência e menor dureza superficial, permitindo um maior índice de deformação elástica, prevenindo quebras e deformações permanentes durante a instalação ou operação do equipamento.

Projetamos o tubo cilíndrico, em que 2/3 de sua altura no sentido da base têm, de diâmetro interno, a medida dos fusos metálicos, e no último terço, foi feito no formato e dimensão da ponta do eixo dos motores, que devido a sua forma com ângulos retos, não necessita de fixação adicional ou demais partes.

O processo de fatiamento e impressão foi semelhante à base, apenas alteramos os parâmetros devido ao material, e imprimimos o cilindro inclinado, para aumentar a resistência do material no sentido da rotação.

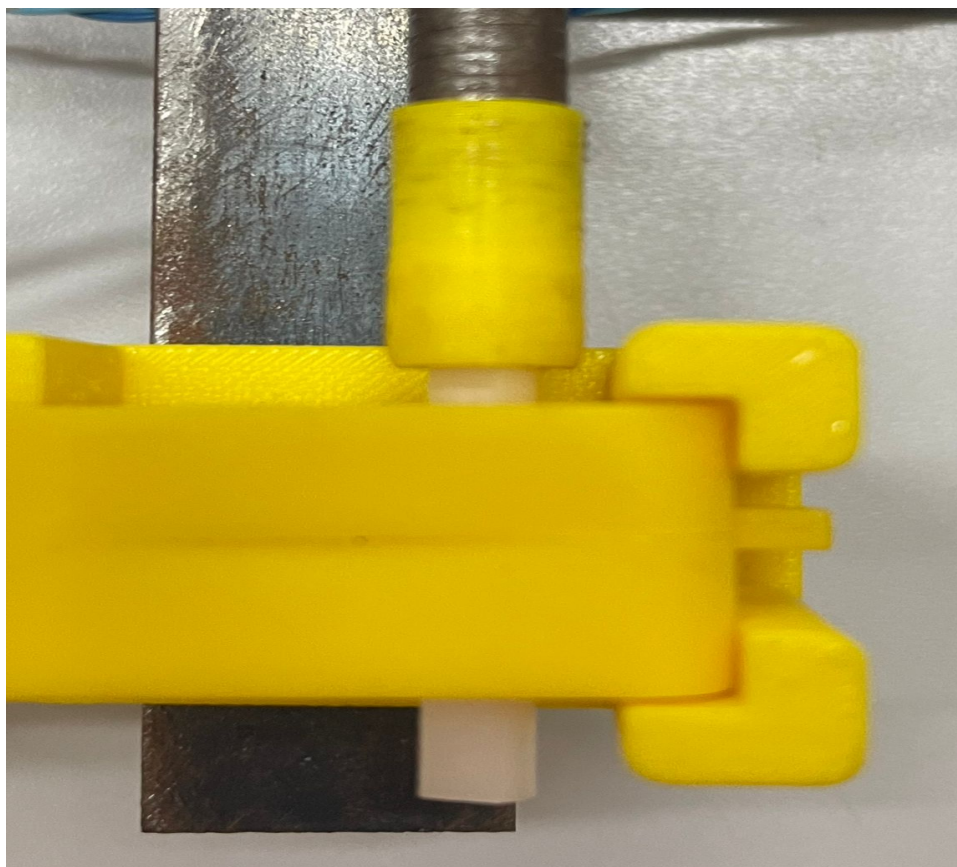


figura 13:acoplador do eixo ao motor

6 .Eletrônica e Controle

6.1 Arduino Mega

O Arduino Mega é um modelo desenvolvido para atender projetos que exigem maior capacidade de memória e um número superior de pinos de entrada e saída em relação ao Arduino Uno e outros modelos da mesma linha.

A placa é baseada no microcontrolador ATmega2560, um dispositivo de 8 bits que oferece 256 KB de memória flash e 8 KB de SRAM. Graças a suas características, o Arduino Mega é uma excelente opção para projetos que envolvem vários sensores, atuadores ou sistemas complexos de controle.

Especificações técnicas do Arduino Mega

Microcontrolador: ATmega2560 (arquitetura AVR de 8 bits);

Clock: 16 MHz;

Memória flash: 256 KB (dos quais 8 KB são utilizados pelo gerenciador de inicialização);

SRAM: 8 KB;

EEPROM: 4 KB;

Tensão operacional: 5 V;

Tensão de entrada (recomendada): 7–12 V;

Tensão de entrada (limite): 6–20 V;

Pinos de E/S digitais: 54;

Pinos de entrada analógica: 16;

Portas seriais: 4;

Pinos para interrupção externa: 6.

A placa é amplamente utilizada em projetos de automação, robótica e prototipagem eletrônica, permitindo a criação de sistemas automatizados de alta precisão, como impressoras 3D, braços robóticos e máquinas CNC.

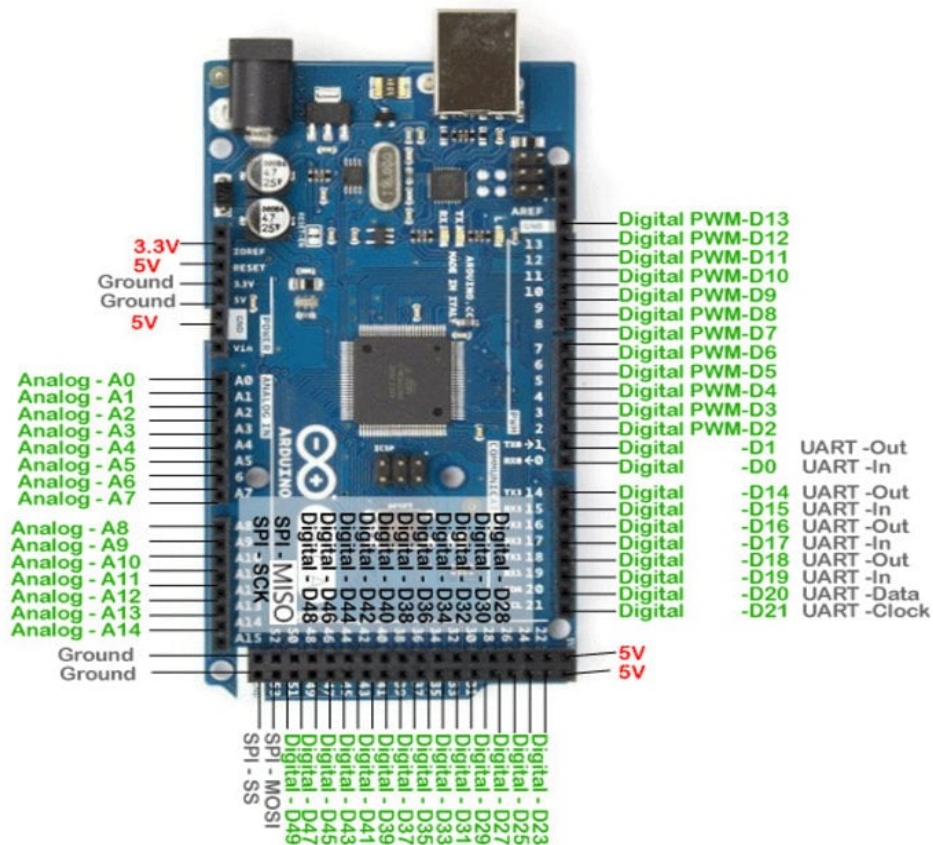


figura 14:Placa Arduino

6.2 Ponte H (Driver de Motor)

O mini driver de motor Ponte H é um componente eletrônico compacto utilizado para controlar a velocidade e o sentido de rotação de motores de corrente contínua (DC) ou motores de passo.

Ele atua como interface entre a fonte de energia e o motor, recebendo sinais de controle de um microcontrolador, como o Arduino.

Funcionamento

A Ponte H é formada por quatro transistores dispostos em forma de “H”. Essa configuração permite inverter a polaridade da tensão aplicada ao motor, controlando assim o sentido de rotação.

O driver interpreta os sinais vindos do microcontrolador e os converte em comandos elétricos que ajustam tanto o sentido de rotação quanto a velocidade do motor.

Além disso, o driver limita a corrente consumida, protegendo o microcontrolador contra sobrecarga e evitando danos aos componentes eletrônicos.

Principais características

Dimensões reduzidas: ideal para projetos com limitação de espaço;

Controle de motores: suporta até dois motores DC ou um motor de passo;

Tensão operacional: de 2 V a 10 V;

Corrente máxima: 1,5 A por canal (ou até 2,5 A no total, dependendo do modelo);

Chips controladores comuns: L298N (maior potência) e L9110S (baixo consumo e menor aquecimento);

Aplicações típicas:

Robótica (movimentação de robôs);

Automação residencial e industrial;

Protótipos e projetos educacionais

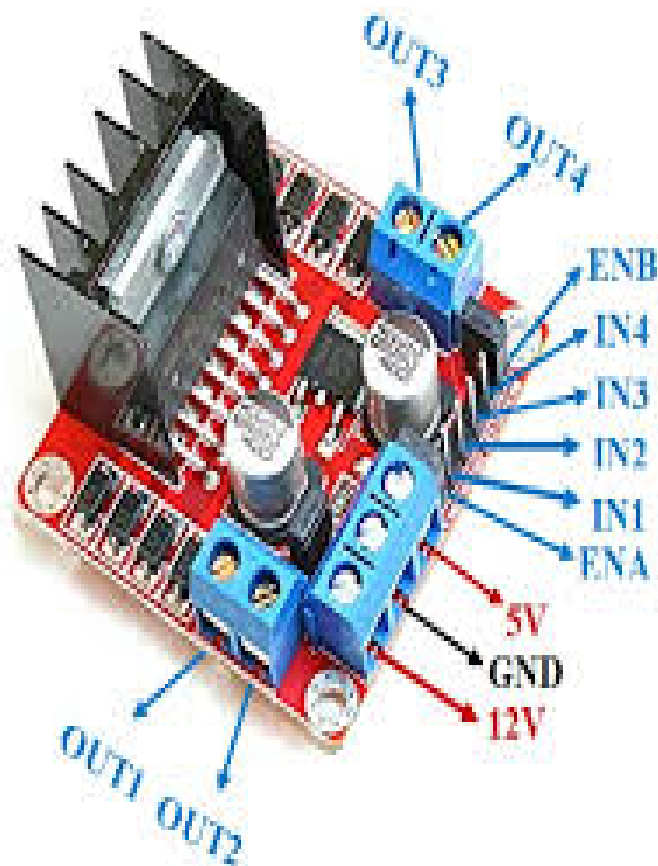


figura 15:Ponte H

6.3 Alimentação do Sistema

Optamos pelo uso de baterias para o trabalho devido a mobilidade e independência que promove ao projeto, permitindo o deslocamento e operação em ambientes independente de instalações elétricas e lógicas do local.

Pensando nisso, escolhemos como fonte de energia, duas baterias de 4.3V a 9600mAh conectadas em paralelo.



figura 16: Baterias

6.4 Motores DC

É um componente composto por um motor elétrico DC e uma caixa de engrenagens que diminuem a velocidade de rotação e aumentam o torque do motor.

Contamos com 3 motores com caixa de redução para movimentar os fusos que direcionam a caneta, criando assim as trilhas do circuito.



figura 17: Motoredutores

6.5 Servo Motor

O componente chave selecionado para realizar o movimento do eixo Z foi o servo motor, que se trata de um componente amplamente utilizado em todas as espécies de indústrias e máquinas devido ao seu funcionamento que se diferencia de um eletromotor comum.

Ele se trata de um motor altamente preciso, projetado para movimentar com base em sua posição inicial e posição que deseja alcançar, através de um sistema de feedback que o informa a sua posição, angular ou linear, exata.

Sua integração ao sistema Arduino ocorre através de uma biblioteca própria para essa espécie de componente, através da qual se fornece o ângulo, em graus, que se deseja alcançar, e o pino de comunicação do servo motor.



figura 18: Servo Motor

6.6 Periféricos

Utilizamos como demais componentes eletrônicos para a criação do nosso projeto, buzzer, botão, microswitch, leds, resistores, emendas WAGO, caixa para fios plástica, proto board, organizador de fios, suporte baterias modificado e cabo USB para comunicação do Arduino.

7 Código e Programação

Utilizamos da linguagem C++ na IDE do Arduino para a programação do nosso cnc, utilizamos de um notebook para a escrita , decidimos usar dessa programação por conta de facilitar a produção de novos programas com o auxílio de um simples curso de programação ministrado pelo honorável professor Maurílio durante um semestre do curso de mecatrônica pela instituição ETEC PAULINO BOTELHO.

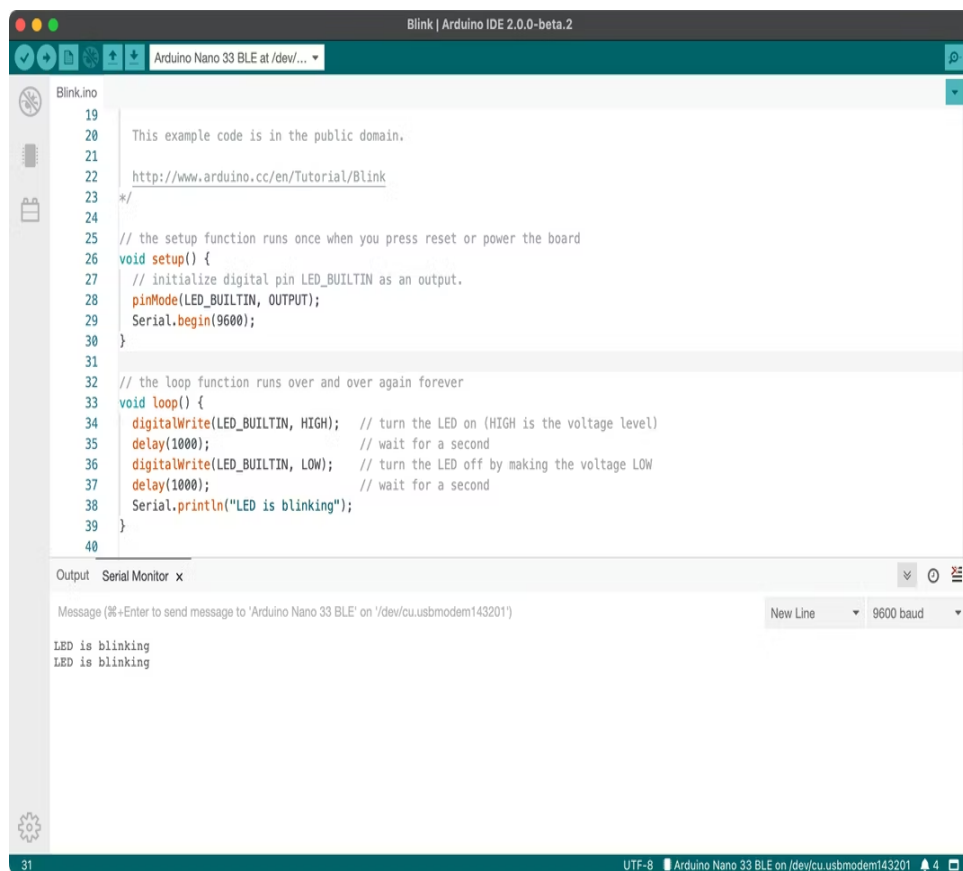


figura 19: IDE Arduino

Código utilizado na IDE do Arduino

#include <Servo.h>

//3 ESQUERDA

//4 DIREITA

//5 TRAS

//6 FRENTE

// 1000ms = 2mm

```

Servo myservo; // create servo object to control a servo
int pos;      // a variable to store the position
void setup() {
  myservo.attach(2); // attaches the servo on pin 9 to the servo object

  pinMode(3, OUTPUT);
  pinMode(5, OUTPUT);
  pinMode(4, OUTPUT);
  pinMode(6, OUTPUT);

  pinMode(7, INPUT_PULLUP); // sensores NA → fecham para GND
  pinMode(8, INPUT_PULLUP);
  pinMode(9, INPUT_PULLUP);

  pinMode(10, INPUT_PULLUP); // botão RESET

  pinMode(11, OUTPUT); // LED1
  pinMode(12, OUTPUT); // LED2
  pinMode(13, OUTPUT); // BUZZER
  myservo.write(0);
}

```

8. Sistema de segurança

Assim que o processo de desenho for iniciado um LED verde acenderá e permanecerá aceso até todo o processo ser finalizado, após o término, um LED vermelho será ligado juntamente com o Buzzer (Buzina), que será acionado cada vez que um circuito acabar o processo, pra avisar que o usuário deve retirar a placa de fenolite cobreada desenhada, e adicionar uma nova, para reiniciar o processo.

9 Resultado

O desenvolvimento do CNC Router permitiu comprovar que é possível criar uma máquina CNC funcional, acessível e útil para a produção de placas de circuito elétrico utilizando uma caneta como ferramenta. Ao longo do projeto, ficou evidente que, mesmo com materiais simples e uma estrutura compacta, é possível alcançar precisão suficiente para prototipagem e atividades de ensino, desde que haja integração cuidadosa entre a parte mecânica, eletrônica e de programação.

10 Considerações Finais

Acreditamos que para um novo protótipo seria necessário repensar a organização e passagens dos cabos, melhorar a capacidade e qualidades dos motores e fonte de alimentação, ausência de pintura e estética geral e a melhoria de alguns parâmetros.

12 Tabela De Materiais

canaletas	R\$ 16,00
eixos	R\$ 8,80
Chapa Metálica	R\$ 50,00
Tarugo de Poliacetal e serviço de Usinagem	R\$ 300,00
1 Rolamento Blindado	R\$ 25,00
4 parafusos de aço com porca de 50mm	R\$ 15,00
3 motorreduzores	R\$ 28,20
Servo Motor	R\$ 14,16
4 Emendas WAGO	R\$ 39,60
Fiação e conexões	R\$ 55,00
Corrugado flexível	R\$ 10,00
Suporte de Baterias	R\$ 20,00
2 Baterias e Carregador	R\$ 25,90
Ponte H	R\$ 18,99
Arduino MEGA	R\$ 153,78
Metalon e Cantoneiras	R\$ 13,75
Proto Board	R\$ 3,32
LEDs, Buzzer, Botão e Resistor	R\$ 10,00
Caixa Plástica	R\$ 17,00
3 Placas de Fenolite	
Caneta de CD	R\$ 13,80

REFERENCIAS

História do CNC: A Origem e Evolução da Usinagem CNC

Data de publicação: 12 de janeiro de 2021 – visitado em 16 de outubro de 2025

<https://www.rapiddirect.com/pt/blog/cnc-history/>

Construindo uma maquina cnc

Data de publicação: não disponível – visitado em 11 de agosto de 2025

[Construindo uma Tupia CNC: 18 Passos \(com Fotos\) - Instructables](#)

O processo CNC para iniciantes

Data de publicação: 2025 – visitado em 16 de outubro de 2025

[O Processo CNC para Iniciantes Absolutos - Mark Lindsay CNC](#)