



PROJETO E DESENVOLVIMENTO DE UMA CNC FIO QUENTE

Rodrigo Menezes Sobral Zacaroni*¹, Gustavo Lobato Campos²

¹IFMG – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais

²IFMG – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais

Resumo - O trabalho proposto consiste em elaborar um projeto estrutural, mecânico e eletrônico de uma máquina CNC (Comando Numérico Computadorizado) e proceder com execução da montagem da máquina. O CNC consiste em um sistema que possibilita o controle de máquinas, sendo utilizado principalmente em tornos, centros de usinagem, máquinas de corte e gravação laser, entre outras. Permite o controle simultâneo de vários eixos, através de uma lista de movimentos escrita num código específico (código G). A proposta principal é desenvolver um projeto de uma “CNC fio quente” que será utilizada para corte de Isopor (Poliestireno Expandido (EPS)) e Depron (Poliestireno Extrudado (XPS)). Para o desenvolvimento do trabalho foram utilizados *softwares* Sketchup e AutoCad para realização do projeto estrutural. O projeto eletrônico foi desenvolvido utilizando a plataforma aberta de prototipação eletrônica Arduino. Os resultados obtidos foram o projeto estrutural mecânico, o projeto eletroeletrônico e execução da máquina CNC fio quente.

Palavras-Chave - Arduino, G-code, Grbl, Máquinas CNC.

DESIGN AND DEVELOPMENT OF A HOT WIRE CNC

Abstract - This consists of presenting a structural, mechanical and electronic mechanism of a CNC and executing the assembly of the machine. The CNC consists of a system that makes it possible to control machines, the main ones being mainly lathes, machining centers, cutting and laser engraving machines, among others. It allows the simultaneous control of several axes, through a list of codes written in code (code G). The main proposal is the design of a "hot wire" used to cut Styrofoam (Expanded Polystyrene (EPS)) and Depron (Extruded Polystyrene (XPS)). For software development, Sketchup and AutoCad software were used to construct the structural design. The electronic design was developed using an open electronic prototyping platform. The results obtained were the structural design, the electro-electronic design and the processing of the hot wire CNC machine.

Keywords - Arduino, G-code, Grbl, CNC machines.

NOMENCLATURA

CAD	Desenho Assistido por Computador
CAM	Manufatura Assistida por Computador
CNC	Controle Numérico Computadorizado
EPS	Poliestireno Expandido ou Isopor
PCB	Placa de Circuito Impresso
PWM	Modulação por Largura de Pulso
XPS	Poliestireno Extrudado

I. INTRODUÇÃO

Atualmente, diversas ferramentas são acionadas por CNC (Comando Numérico Computadorizado ou Controle Numérico Computadorizado, do inglês *Computer Numeric Control*), maximizando os resultados de sistemas produtivos, e melhorando a qualidade e eficácia da linha de produção. A tecnologia CNC permite controle de ferramentas a partir de interfaces computadorizadas. São capazes de confeccionar peças complexas através da extrusão ou deposição de camadas [4]. As ferramentas de corte ou deposição das máquinas CNC's em geral, se movimentam em sistemas de coordenadas ou eixos de deslocamento, podendo ser os eixos X-Y, X-Z ou Y-Z (plano bidimensional - 2D) ou X, Y e Z (plano tridimensional - 3D) conhecidos como eixos lineares primários de deslocamento.

As máquinas CNC recebem instruções de posicionamento e movimentação através da linguagem de máquina comumente conhecida como G-code [4], este por sua vez é gerado por um programa CAM (Manufatura Assistida por Computador, do inglês, *Computer-Aided Manufacturing*) que recebe os modelos criados em *softwares* CAD (Desenho Assistido por Computador, do inglês, *Computer-Aided Design*). O dispositivo responsável por receber o G-code e executar os movimentos de uma CNC, através de seus atuadores (motores), geralmente são circuitos microcontrolados, embarcados com uma *firmware* que detém de um conjunto de instruções operacionais para controle da CNC a partir da interpretação do G-code.

Diversas máquinas CNC foram desenvolvidas para corte, gravação, usinagem e impressão, entre as mais conhecidas e utilizadas destacam-se: tornos, fresadoras, *routers*, *lasers* e impressoras 3D. Neste trabalho será empregado o conceito da tecnologia CNC para corte de material com fio quente, uma ferramenta não muito conhecida no universo industrial, porém muito útil para empresas do ramo de artes visuais e decoração. O fio quente é utilizado para corte de EPS (Poliestireno Expandido ou Isopor) ou XPS (Poliestireno Extrudado). A CNC fio quente realiza cortes em blocos de EPS ou XPS (popularmente conhecidos como isopor ou Depron) a partir de um desenho em 2D projetado em software de desenho vetorial bidimensional (CAD). A ferramenta de corte utilizada é um fio de tungstênio percorrido por corrente elétrica, que por consequência da passagem desta, dissipa energia na forma de calor, realizando o corte no material, conforme apresentado na Figura 1. Assim, este trabalho consiste na elaboração e execução de um projeto estrutural e eletroeletrônico de uma CNC fio quente, a fim de atender as demandas específicas de uma empresa que trabalha no ramo de comunicações visuais e decoração.

Figura 1: Corte de XPS com fio quente.



II. CORPO DO TRABALHO

A. Projeto Estrutural Mecânico

O objetivo não é criar um modelo exclusivo ou inédito de uma CNC fio quente, tão pouco desenvolver um projeto estrutural detalhado apresentando cálculos mecânicos complexos. Sendo assim, foi escolhido um modelo de referência de uma CNC fio quente presente no mercado nacional, conforme ilustrado na Figura 2, o qual servirá de referência para modelagem 3D do projeto estrutural.

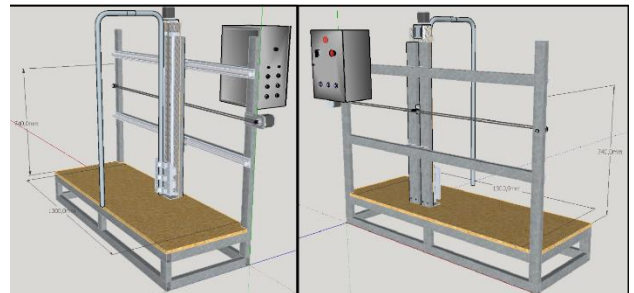
O projeto estrutural foi desenvolvido no *software* Sketchup, baseado no modelo de referência e desenvolvido de acordo

com especificações de dimensionamento para corte de chapas inteiras de XPS e EPS, o qual obteve-se área útil de corte de 1330 x 740 mm conforme apresentado na Figura 3.

Figura 2: Modelo de referência.



Figura 3: Projeto estrutural CNC fio quente.



O projeto completo encontra-se disponível para *download* na página de modelos 3D do Sketchup, o 3D Warehouse.¹

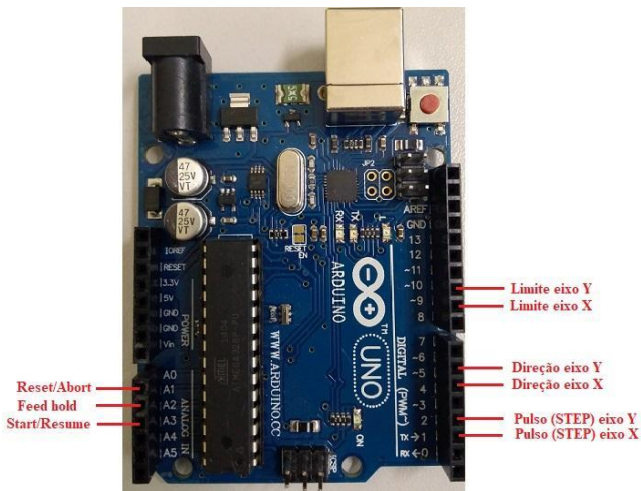
B. Projeto Eletroeletrônico

O projeto eletrônico consiste no desenvolvimento de um *shield* Arduino para CNC 2 eixos, que será responsável pela organização dos componentes e ligações com sensores fim de curso, *drivers* de potência e botões. Além de especificar e dimensionar os dispositivos eletrônicos que irão compor todo o sistema, tais como: fonte DC, *drivers* e controlador PWM (Modulação por Largura de Pulso, do inglês *Pulse Width Modulation*) para controle de temperatura do fio quente.

Para desenvolvimento da *shield* CNC foi utilizado o *software open-source* Fritzing, destinado a criação de esquemas e diagramas eletrônicos, prototipagem e *layout* de placas de circuito impresso (PCB) que se encaixam na plataforma Arduino. O Fritzing possibilita ao usuário desenvolver seus projetos através de um esquemático eletrônico idealizado no protoboard, o que facilita o processo de criação do diagrama eletrônico. Sendo assim, com o objetivo de facilitar as ligações entre Arduino e os periféricos, de acordo o esquema de ligações ilustrado na Figura 4, foi iniciado o projeto de uma *shield* CNC 2 eixos.

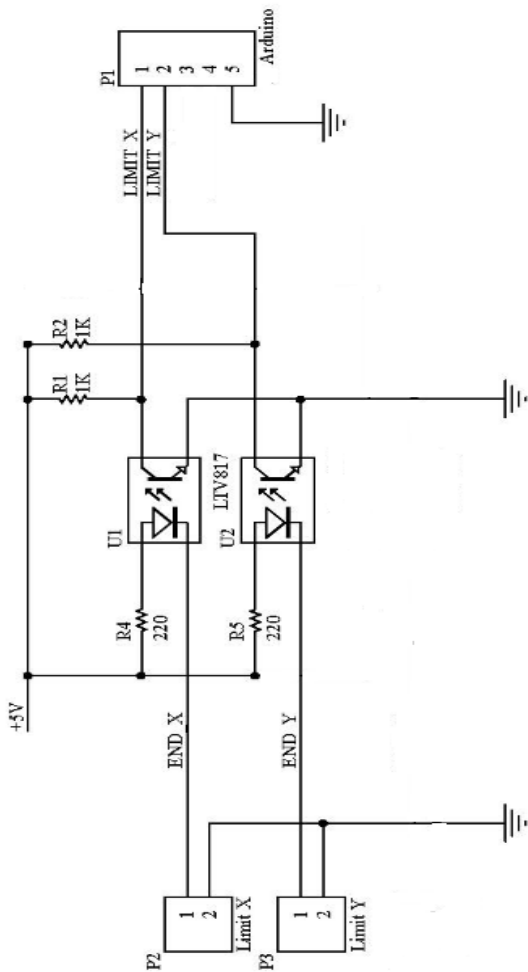
¹ Projeto estrutural da CNC fio quente disponível em: <https://tinyurl.com/y9nwjssg>

Figura 4: Esquema de conexões do Arduino carregado com Grbl v1.1.



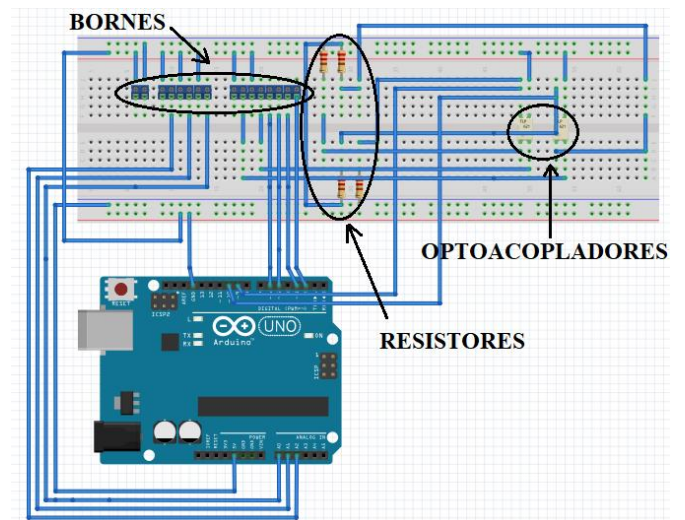
A fim de evitar que os ruídos gerados pela atuação das chaves fim de curso cheguem até os pinos de entrada do Arduino, foram utilizados optoacopladores na configuração apresentada na Figura 5 de forma a isolar estes ruídos [2].

Figura 5- Ligação dos optoacopladores para evitar ruídos das chaves.



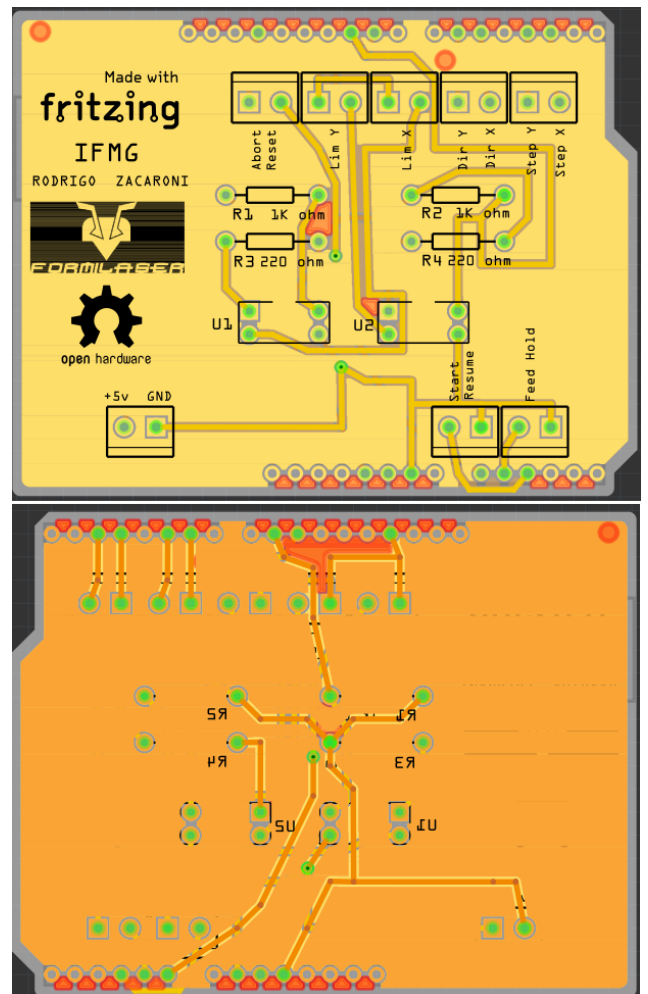
A Figura 6 ilustra as ligações entre o Arduino e os componentes do circuito eletrônico da CNC shield.

Figura 6: Esquema de conexões para a CNC shield.



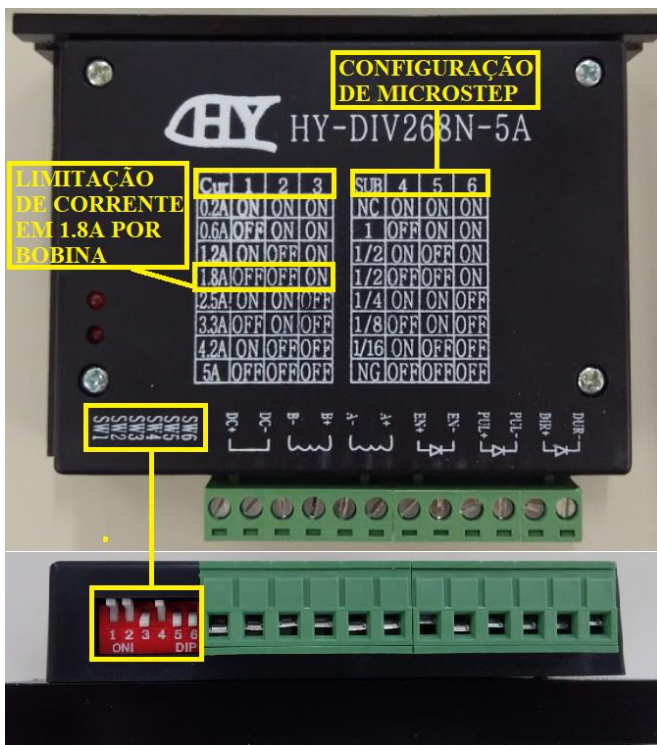
A Figura 7 ilustra o projeto da PCB obtido através do circuito da Figura 6.

Figura 7: PCB da CNC shield.



O módulo HY-DIV268N-5A, que contém o *driver* de potência TB6600 será utilizado para acionamento dos motores de passo Nema 23 de 10Kgf.cm². Este *driver* controla motores de passo com corrente de 0,2 a 5A por bobina, sendo suficiente para suprir a corrente máxima de 2A por fase do motor escolhido. O ajuste de limitação de corrente e de micropasso é realizado pelo acionamento das chaves de 1 a 6 conforme ilustrado na Figura 8.

Figura 8: Configuração do modulo HY-DIV268N-5A.



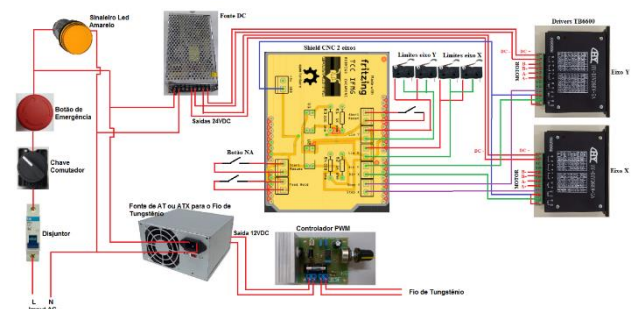
O sistema constituído pelos *drivers* de potência e motores de passo será alimentado por uma fonte 24VDC e 10A. Para controle da temperatura do fio quente será utilizado um controlador PWM com capacidade de corrente de saída de até 10A que será alimentado separadamente por uma fonte AT 300W. A opção de utilizar uma fonte dedicada ao controle de temperatura do fio de tungstênio está no fato de a alimentação máxima do circuito PWM ser de 16VDC (VCC máximo do CI 555) impossibilitando a utilização da fonte de 24VDC para alimentação do circuito PWM. A Figura 9 apresenta a placa de circuito do controlador PWM, facilmente encontrada no mercado nacional.

Figura 9: Controlador PWM.



A Figura 10 apresenta o esquema eletroeletrônico² o qual será utilizado para montagem de um painel de comandos da CNC.

Figura 10: Esquema eletroeletrônico do painel de controle.



Finalizado o projeto da CNC fio quente e de posse dos componentes mecânicos, eletrônicos e elétricos, conforme listados na Tabela 1 e Tabela 2, necessários para sua execução, iniciou-se a fabricação da máquina CNC em questão.

Tabela 1: Material estrutural e mecânico da CNC fio quente.

Item	Descrição	Quantidade	Valor (R\$)
1	Acoplamento flexível para motor de Passo 5 x 8mm	1 un	13,50
2	Correa gt2	3 m	65,85
3	Fuso Trapezoidal TR8 com flange	1m	123,75
4	Guia linear - 16mm Ø	2 pcs de 1 m	150,00
5	Guia linear apoiada - 20mm Ø	2 pcs de 1,5 m	570,00
6	Madeira MDF 15mm para mesa	0,8 m ²	60,00
7	Mancal kfl08	1 un	26,75
8	Mão de obra - soldagem (Serralheira)	-	150,00
9	Metalon 30 x 50mm	16 m	128,00
10	Pillow Block 16mm	4 un	110,49
11	Pillow Block aberto 20mm	4 un	179,99
12	Polia Gt2 10mm	1 un	14,38
13	Rolamento 608-zz	2	2,00

² disponível em <https://tinyurl.com/ybqatvvp>

14	Suporte L para motor de passo Nema 23	1 un	20,79
15	Suporte para eixo linear 16mm	4 un	55,43
16	Suporte reto para motor de passo Nema 23	1 un	17,99
Total			1763,17

Tabela 2: Material Elétrico e Eletrônico da CNC fio quente.

Item	Descrição	Quantidade	Valor (R\$)
1	Arduino Uno rev3	1 un	53,49
2	Botão de emergência 22mm 1NF	1 un	16,08
3	Botão pulsador Preto 22mm	3	18,00
4	Cabo flexível 1,00 mm preto	10 m	6,10
5	Cabo PP 2x1,00 mm preto	10 m	13,60
6	Cabo PP 3x1,50 mm preto	3 m	7,62
7	Cabo PP 4x1,00 mm preto	5 m	12,40
8	Chave comutadora	1 un	17,51
9	Conector Make 4 vias	6 un	30,00
10	Confeção Shield Arduino - PCB	10 un	48,00
11	Controlador PWM - 10A	1 un	39,00
12	Disjuntor unipolar 16A	1 un	6,99
13	Driver HY -DIVTB268N - 5A	2 un	192,98
14	Fio de tungstênio 0,17mm	5 m	28,99
15	Fonte AT 300W	1 un	23,90
16	Fonte DC 24V - 10A	1 un	49,99
17	Interruptor fim de curso	4 un	59,32
18	Motor de Passo Nema 23 10kgf.cm	2 un	218,00
19	Plugue macho 2P+T 10A preto	1 un	3,46
20	Prensa cabos nylon 1/2"	6 un	21,300
21	Prensa cabos nylon 3/4"	1 un	3,41
22	Quadro 400x300x200	1 un	104,35
23	Sinaleiro led amarelo 22mm 220V	1 un	7,68
24	Terminal ilhós 1,00 mm	50 un	4,50
Total			978,00

C. Execução dos Projetos Estrutural Mecânico

Seguindo as especificações dos projetos estrutural mecânico procedeu-se com a montagem da estrutura mecânica da CNC tendo como referência as especificações de dimensionamento definidas no mesmo. Algumas das etapas de fabricação são apresentadas na Figura 11.

Figura 11: Fabricação da estrutura da CNC fio quente.



Algumas peças foram fabricadas através de impressão 3D sendo elas: o cabeçote para fixação do arco do fio quente; o suporte para castanha, que por sua vez é a peça que possibilita o movimento do cabeçote ao longo do fuso, eixo Y; a presilha para a corréa GT2 que possibilita a movimentação ao longo do eixo X; e um espaçador para o suporte do motor de passo do eixo Y. A Figura 12 identifica estes componentes no projeto e a Figura 13 apresenta estas peças fabricadas.

Figura 12: Peças projetadas para impressão 3D.

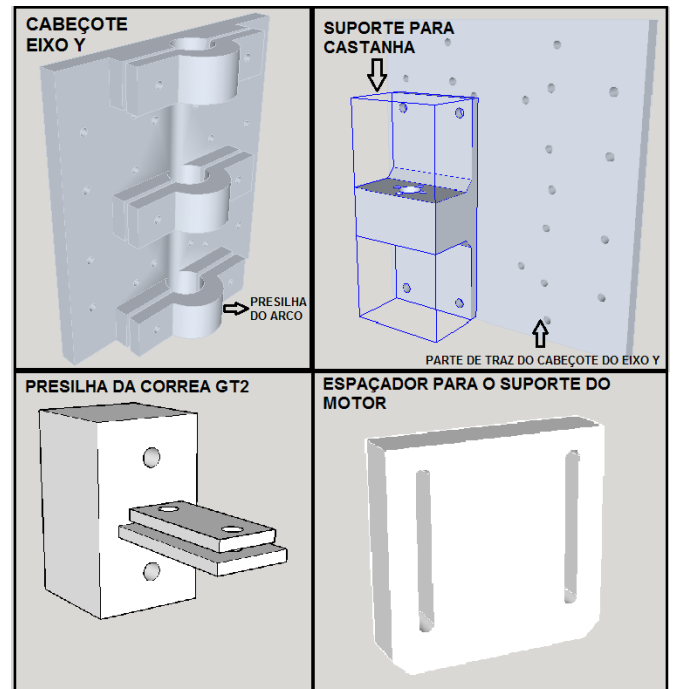


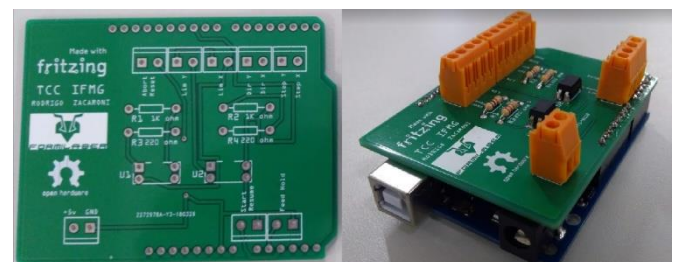
Figura 13: Peças obtidas em impressão 3D



D. Execução dos Projetos Eletroeletrônico

Inicialmente foi providenciada a confecção e montagem da PCB shield Arduino conforme apresentado na Figura 14.

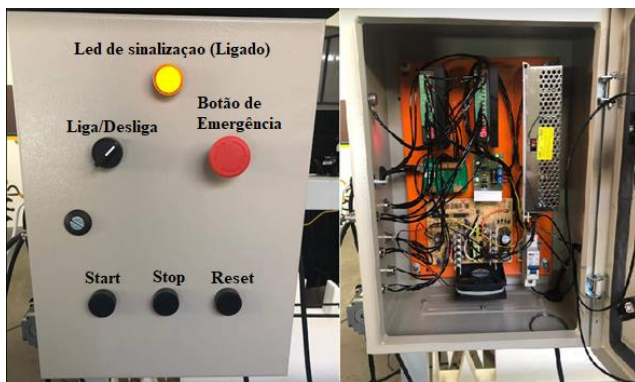
Figura 14: PCB Shield Arduino.



As conexões elétricas foram realizadas segundo o que foi desenvolvido no projeto eletroeletrônico, conforme Figura 10,

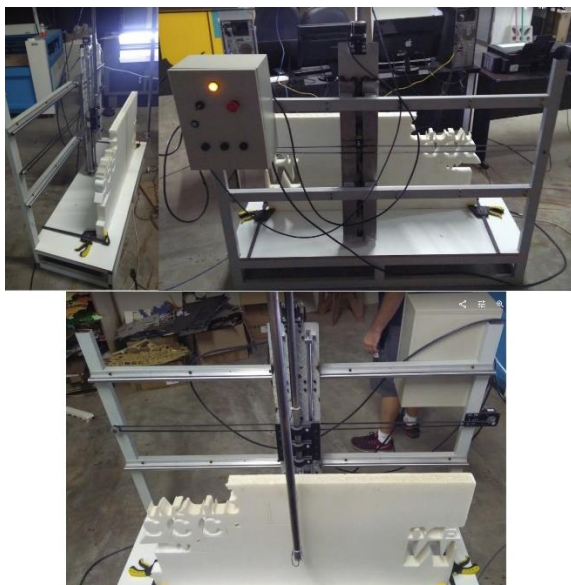
o resultado da montagem do painel encontra-se presente na Figura 15.

Figura 15: Painel Elétrico e de Comando.



Depois de finalizada a montagem de todo o projeto da CNC fio quente e realizadas as configurações de *software* conforme informações detalhadas do *site* da *GitHub*³, obteve-se o projeto finalizado. Conforme ilustrado na Figura 16.

Figura 16: Projeto finalizado.



E. Resultados

Finalizado os testes e realizados ajustes, foi realizado o primeiro corte em XPS. A Figura 17 apresenta o resultado final do trabalho realizado pela CNC.

Figura 17: Resultado do primeiro corte em XPS.



³ <https://github.com/gnea/grbl/wiki>

III. CONCLUSÃO

Este trabalho prova que o microcontrolador Arduino, apesar de muito utilizado na confecção de máquinas CNC 3 eixos, também pode ser utilizada para controle de ferramentas em 2 eixos, para isto, basta desconsiderar a utilização do controle do eixo Z. Além disso, pode-se notar que, apesar de ser uma plataforma de prototipagem barata, o Arduino é uma ferramenta muito poderosa, podendo ser utilizado para o desenvolvimento de máquinas de alta complexidade e precisão. Destaca-se também que, pelo fato de o Arduino ser uma ferramenta *open source* e mundialmente utilizada por estudantes, entusiastas, inventores, hobistas e pesquisadores, existe uma grande quantidade de material disponível na *web*, o que facilitou o processo de desenvolvimento deste trabalho.

Com relação ao projeto mecânico e estrutural desenvolvido neste trabalho, destaca-se o quão poderoso e útil são os *softwares* livres de desenvolvimento CAD e CAM, dando destaque especial ao *software* Sketchup, onde foi desenvolvido o projeto. Apesar do foco principal deste trabalho não ser o projeto mecânico e estrutural, onde não foram desenvolvidos as análises e cálculos mecânicos complexos que certamente um engenheiro mecânico o faria, o senso crítico e o mínimo conhecimento em mecânica e física adquiridos no curso de engenharia elétrica foram colocados em prática, e os resultados foram satisfatórios. Há de se destacar que se trata de um projeto tecnicamente e economicamente viável e de fácil implementação, podendo ser executado por qualquer pessoa que tenha o mínimo de conhecimento técnico em eletroeletrônica e mecânica.

Através dos resultados obtidos podemos concluir que a integração organizada do processo de idealização, projeto e execução da máquina CNC serviu para obtenção dos ótimos resultados alcançados. Como planejado, a CNC fio quente se mostrou uma ferramenta versátil e de qualidade.

REFERÊNCIAS

- [1] FERNANDES, Felipe Domêni da Silva; CASTANHO, Gabriel Martin; GOMES, Leandro de Oliveira. FRESA CNC CONTROLADA POR MICROCONTROLADOR. 2017. 91 f. TCC (Graduação) - Curso de Curso Superior de Tecnologia em Automação Industrial, Universidade Tecnológica Federal do Paraná., Curitiba, 2017.
- [2] GRBL. 2018. Disponível em: <<https://github.com/gnea/grbl/wiki>>. Acesso em: 08 out. 2018.
- [3] LYRA, Pablo Vinícius Apolinário. Desenvolvimento de uma Máquina Fresadora CNC Didática. 2010. 98 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecatrônica, Universidade de Brasília, Brasília, 2010.
- [4] POLASTRINI, Fernando Henrique. DESENVOLVIMENTO DE UMA MÁQUINA CNC DE BAIXO CUSTO COM SOFTWARE E HARDWARE ABERTOS. 2016. 113 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica., Instituto Federal Minas Gerais – Campus Formiga, Formiga, 2016.