



ETEC “PREFEITO ALBERTO FERES
Curso Técnico M-TEC em Mecatrônica

**Impressora 3D de baixo custo para aplicação educacional em escolas
públicas**

Araras – SP
Dezembro/ 2024



Etec “PREFEITO ALBERTO FERES
Curso Técnico M-TEC em Mecatrônica

**Impressora 3D de baixo custo para aplicação educacional em escolas
públicas**

Arthur Chaves Ribeiro
Dennis Henrique Pereira de Menezes
Fábio Henrique Soares de Santana
Guilherme Ozias Pereira Aguiar
João Guilherme de Campos

Orientador: Adalberto Zechin

Araras – SP
Dezembro/2024

ETEC “PREFEITO ALBERTO FERES
Curso Técnico M-TEC em Mecatrônica

**Impressora 3D de baixo custo para aplicação educacional em escolas
públicas**

Arthur Chaves Ribeiro
Dennis Henrique Pereira de Menezes
Fábio Henrique Soares de Santana
Guilherme Ozias Pereira Aguiar
João Guilherme de Campos

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso técnico em Mecatrônica da Etec Prefeito Alberto Feres, orientado pelo Prof. Adalberto Zechin, como requisito parcial para obtenção do título de técnico em Mecatrônica.

Araras – SP
Dezembro/2024

DEDICATÓRIA

Dedicamos primeiramente aos nossos pais, a ETEC, e ao nosso grupo, que se empenhou ao máximo para realização do projeto mesmo perante à adversidades e complexibilidades do trabalho.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradecemos a todos os professores que incentivaram o nosso trabalho de conclusão de curso, confiando em nossos objetivos e metas. Adalberto Zechin, Guilherme, Lizst, Dorival, Beraldo e a coordenadora Carol Salomé. Agradecimentos especiais a duas pessoas que foram essenciais na execução e finalização do projeto: o professor Jorge e o auxiliar técnico José Camilo, ambos doaram tempo e dedicação para a obtenção dos melhores resultados.

Nossos cumprimentos para o grupo em questão, que fez o seu melhor, demonstrando empenho e devoção à conclusão do trabalho.

EPÍGRAFE

“Caminhamos contra o vento
Escrevo linhas que dobram o tempo
Ando todo de branco como se fosse
jogar em Wimbledon
Ainda não canto a vitória, tenho orgulho
da nossa escola”
Tarcis – “Beira-Mar”

RESUMO

O projeto apresentado tem como objetivo demonstrar a viabilidade e os benefícios da introdução de impressoras 3D de baixo custo em escolas públicas. Por meio do desenvolvimento e montagem de um protótipo de impressora 3D acessível, o estudo visa estimular a criatividade, o aprendizado prático e a inovação entre os alunos. A metodologia utilizada combinou pesquisas de campo e bibliográficas para avaliar a receptividade dos alunos e a viabilidade técnica da proposta. Os resultados mostram que a montagem da impressora é relativamente simples e que os alunos manifestam um grande interesse em adotar essa tecnologia. A implementação de impressoras 3D em escolas públicas representa uma estratégia promissora para enriquecer a educação e preparar os alunos, tornando o aprendizado mais dinâmico e envolvente. A pesquisa enfatiza a relevância de tornar a tecnologia acessível a todos, democratizando o acesso a ferramentas inovadoras e preparando os alunos para o mercado de trabalho.

RESUMO EM LÍNGUA ESTRANGEIRA:

The project presented aims to demonstrate the feasibility and benefits of introducing low-cost 3D printers in public schools. Through the development and assembly of an affordable 3D printer prototype, the study aims to stimulate creativity, practical learning and innovation among students. The methodology used combined field and bibliographical research to evaluate student receptivity and the technical feasibility of the proposal. The results show that assembling the printer is relatively simple and that students show a great interest in adopting this technology. The implementation of 3D printers in public schools represents a promising strategy to enrich education and prepare students, making learning more dynamic and engaging. The research emphasizes the relevance of making technology accessible to everyone, democratizing access to innovative tools and preparing students for the job market.

LISTA DE FIGURAS:

Figura 1 – Primeira Impressora 3D criada.....	19
Figura 2 – Charles Hull.....	19
Figura 3 – Desmonte de componentes.....	20
Figura 4 – Desmonte de componentes.....	20
Figura 5 - Estrutura em MDF.....	22
Figura 6 - Montagem da estrutura.....	22
Figura 7 – Eixos X, Y e Z.....	23
Figura 8 - Medição da barra lisa.....	24
Figura 9 - Serragem e torneamento da barra.....	24
Figura 10 - Barra lisa do eixo Z.....	24
Figura 11 - Barra roscada do eixo Z.....	25
Figura 12 - Eixo Z finalizado.....	25
Figura 13 - Eixo Y finalizado.....	26
Figura 14 - EMAVE Araras.....	27
Figura 15 - Eixo X finalizado.....	27
Figura 16 - Estrutura com a correia.....	28
Figura 17 – Hotend.....	29

Figura 18 - Modelo em 3D.....	30
Figura 19 - Fatiador.....	30
Figura 20 - Impressão da extrusora.....	31
Figura 21 - Extrusora.....	31
Figura 22 – Shield RAMPS 1.4.....	32
Figura 23 – Arduíno Mega A2560.....	32
Figura 24 - Configuração Ativada.....	33
Figura 25 - Configuração Desativada.....	33
Figura 26 – Código carregado.....	34
Figura 27 - Cabo da fonte.....	35
Figura 28 - Arranjo de fios.....	35
Figura 29 - Fonte pronta.....	35
Figura 30 – Ligações RAMPS 1.4.....	36
Figura 31 - Biblioteca GRBL no Arduíno.....	37
Figura 32 - Interface do GRBL Controller.....	38
Figura 33 – Apresentação do projeto na Escola Aberta.....	40
Figura 34 – Apresentação do projeto na Escola Aberta.....	41
Figura 35 – Apresentação do projeto na Escola Aberta.....	41
Figura 36 – Sistema Bowden.....	42
Figura 37 – Sistema Direct Drive.....	42

Figura 38 – Extrusora modelo Greg’s Wade.....	43
Figura 39 - Motor de passo.....	44
Figura 40 – Bicos do Hotend.....	46
Figura 41 – Hotend.....	46
Figura 42 – Correia lisa.....	47
Figura 43 – Correia dentada.....	47
Figura 44 – Filamento para Impressora 3D.....	48
Figura 45 – Impressora 3D Graber I3.....	49
Figura 46 – Fonte Bivolt.....	51
Figura 47 - Sensor de fim de curso.....	52
Figura 48 - Tela LCD.....	53
Figura 49 - Arduino.....	54
Figura 50 - Marlin.....	54
Figura 51 - GRBL Controller.....	55
Figura 52 - Cura.....	55
Figura 53 - PrintRun.....	55
Figura 54 – Pergunta 2.....	57
Figura 55 – Pergunta 3.....	57
Figura 56 – Pergunta 4.....	58
Figura 57 – Pergunta 5.....	58

Figura 58 – Pergunta 6.....	59
Figura 59 – Pergunta 7.....	59
Figura 60 – Pergunta 8.....	60
Figura 61 – Pergunta 9.....	60
Figura 62 – Pergunta 10.....	61
Figura 63 – Pergunta 11.....	61
Figura 64 – Pergunta 12.....	62

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
2. OBJETIVOS.....	16
3. JUSTIFICATIVA.....	17
4. METODOLOGIA.....	18
5. DESENVOLVIMENTO.....	19
5.1. HISTÓRIA.....	19
5.2. REUTILIZAÇÃO DE COMPONENTES ELETRÔNICOS.....	20
5.3. AQUISIÇÃO DE MATERIAIS E PREÇOS.....	21
5.4. MONTAGEM.....	22
5.4.1. ESQUELETO.....	22
5.4.1.1. EIXO Z.....	23
5.4.1.2 EIXOS X E Y.....	26
5.4.1.3. CORREIA E FILAMENTO.....	28
5.4.2. HOTEND.....	29
5.4.3. EXTRUSORA.....	30
5.4.4. ARDUÍNO/PROGRAMAÇÃO.....	32
5.4.5. ELÉTRICA/ELETRÔNICA.....	35
5.5. TESTES E CALIBRAÇÃO.....	37
5.6. APLICAÇÃO.....	39
6. MATERIAIS E MÉTODOS.....	42
6.1. EXTRUSORA.....	42
6.2. MOTOR DE PASSO.....	44
6.3. ARDUÍNO.....	45
6.4. HOTEND.....	46
6.5. CORREIA E FILAMENTO.....	47
6.6. ESTRUTURA EM MDF.....	49
6.7. PARAFUSOS E BARRAS.....	50
6.8. FONTE.....	51

6.9. SENSOR DE FIM DE CURSO.....	52
6.10. TELA LCD.....	53
6.11. SOFTWARES DE PROGRAMAÇÃO.....	54
7. RESULTADOS E CONCLUSÕES.....	56
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64
8.1 ANEXOS.....	66

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de projetos em escolas públicas e estaduais possuem limitações referentes aos recursos dispostos às redes, como principal motivo o alto custo de equipamentos necessários. Foi observado em meio a esses projetos que a Impressora 3D possui uma grande relevância, principalmente na área educacional, visando uma maior participação dos alunos, maior desenvolvimento criativo e o trabalho interdisciplinar durante o ano letivo.^[1]

Nesse viés, a partir das problemáticas observadas, fica claro a necessidade da implementação de métodos de aprendizado inovadores e modernos, tornando a tecnologia acessível no ambiente escolar, por meio da redução de custos durante a fabricação destes equipamentos.

Foi realizada uma pesquisa de impressoras 3D existentes no mercado, e foi constatado que há diversos modelos, atendendo a necessidades específicas em relação à demanda, proporções, utilização, e principalmente, custos.

Nosso objetivo é realizar a montagem de uma Impressora 3D de baixo custo, para aplicação educacional em escolas públicas, visto todos os seus benefícios.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVOS GERAIS

Esse projeto tem como objetivo o desenvolvimento de uma impressora 3D com o menor gasto possível, à fim de ser implementada no meio educacional.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

2.2.1 Concluir a parte teórica para concretizar dados sobre a implementação da Impressora 3D de forma congruente.

2.2.2 Realizar a montagem da Impressora 3D com os equipamentos adquiridos, demonstrando a veracidade da premissa que foi apresentada.

2.2.3 Demonstrar sua usabilidade e viabilidade no ambiente escolar, de forma que a torne possível de ser utilizada futuramente.

3. JUSTIFICATIVA

A implementação de impressoras 3D de baixo custo como ferramenta educativa em escolas públicas é uma estratégia inovadora que pode enriquecer significativamente o processo de ensino e aprendizagem. A introdução dessa tecnologia nas salas de aula oferece uma série de benefícios educacionais e prepara os alunos para enfrentarem os desafios do mundo moderno.

Em primeiro lugar, a utilização de impressoras 3D estimula a criatividade e a inovação entre os alunos. Ao permitir que eles criem modelos tridimensionais de suas próprias ideias, as impressoras 3D proporcionam uma experiência prática e tangível que incentiva o pensamento criativo e o desenvolvimento de soluções inovadoras para problemas complexos.

Além disso, a disponibilidade de impressoras 3D de baixo custo torna essa tecnologia mais acessível para escolas públicas com recursos limitados. Isso significa que mais alunos têm a oportunidade de se beneficiar das vantagens educacionais oferecidas pela impressão 3D, reduzindo as disparidades no acesso à educação e promovendo a igualdade de oportunidades educacionais.

Em resumo, a implementação de impressoras 3D de baixo custo em escolas públicas é uma estratégia que pode revolucionar o processo de ensino e aprendizagem. Ao estimular a criatividade, promover o aprendizado prático e desenvolver habilidades tecnológicas, essa tecnologia prepara os alunos para se tornarem cidadãos bem-sucedidos e contribuintes ativos para a sociedade do futuro.

4. METODOLOGIA

Diante da escassez de estudos sobre a implementação de impressoras 3D em escolas públicas no contexto brasileiro, este projeto propõe uma abordagem mista, combinando métodos quantitativos e qualitativos. Através de um formulário aplicado a uma amostra representativa de escolas públicas, foi possível identificar as principais demandas e expectativas em relação à tecnologia. Além disso, a realização de um protótipo permitiu analisar a viabilidade técnica e pedagógica da implementação em um ambiente real de ensino.

5. DESENVOLVIMENTO

5.1 – HISTÓRIA

A impressora 3D surgiu na década de 80, sendo fundada por Chuck Hull, fundador da empresa 3DSystems, considerada a pioneira na área. Modelos como a SLA-250, utilizavam uma técnica batizada como estereolitografia, que era capaz de imprimir objetos através de dados digitais. A partir do desenvolvimento da primeira impressora 3D, o mercado relacionado às mesmas aumentou, fazendo com que surgissem cada vez mais empresas concorrentes, consequentemente auxiliando na evolução da tecnologia das impressoras.

No lançamento das primeiras impressoras 3D, o orçamento inicial era de US\$100.000, dificultando o acesso das mesmas para empresas menores.

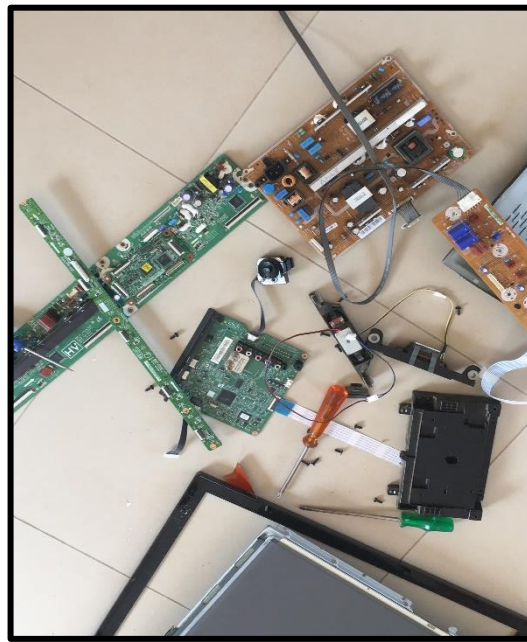
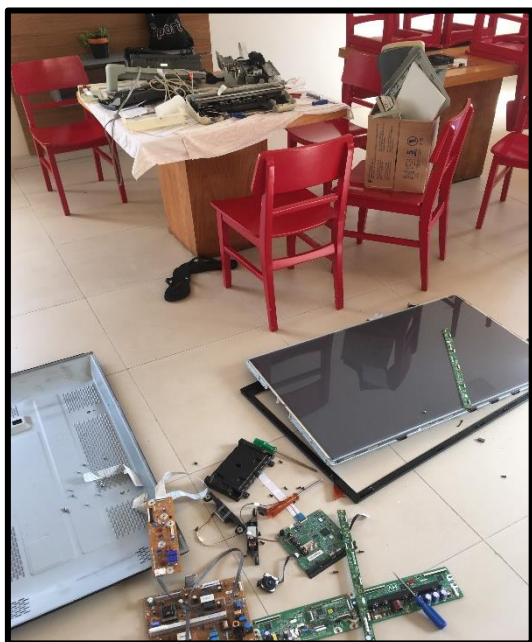
A evolução dessa tecnologia auxiliou e impulsionou diversos setores, como o da automobilística, arquitetura, engenharia, design, entre outros.



Figuras 1 e 2: Primeira impressora 3D criada e Charles Hull

5.2 - REUTILIZAÇÃO DE COMPONENTES ELETRÔNICOS

O Brasil é o quinto maior produtor de lixo eletrônico no mundo - são cerca de dois milhões de toneladas por ano. A maior parte desse material é descartada de maneira irregular, mas poderia ser reciclada^[3]. Nesse viés, com intuito de baratear o projeto do TCC foi desenvolvida uma alternativa sustentável, sendo ela, o desmonte de eletrônicos encontrados em lixos residenciais. Diante disso, levantamos as peças que poderiam ser úteis e necessárias para a construção da impressora 3D.



Figuras 3 e 4: Desmontagem de componentes

- Componentes reaproveitados:
 - Base de vidro da impressora;
 - Sistemas de rolamento da impressora;
 - Fios e cabos.

5.3 – AQUISIÇÃO DE MATERIAIS E PREÇOS

- Estrutura mdf 6mm – R\$ 40,00
- Display – R\$ 92,00
- 3 sensores de fim de curso – R\$ 25,00
- Mesa aquecida – R\$ 80,00
- Shield de controle (RAMPS 1.4) – R\$ 40,00
- Arduino – R\$ 70,00
- Parafusos – R\$ 90,00
- Kit tração com rolamentos, correia, etc – R\$ 82,00
- 5 motores Nema 17 usados – R\$ 115,00 (R\$ 23,00 cada)
- 4 drivers – R\$ 16,00
- 5 cabos motores – R\$ 22,00
- Filamentos – R\$ 26,00
- Barras lisas – R\$ 10,00 + Barras feitas na escola
- Barras roscadas – R\$ 12,00
- Hotend – R\$ 50,00
- Fonte – R\$ 30,00
- Extrusora – Grátis (Feita na impressora 3D da ETEC)

TOTAL: R\$ 800,00

Preço médio de uma impressora nova para fins de comparação: R\$ 1100,00

5.4 – MONTAGEM

5.4.1 - ESQUELETO

O esqueleto do projeto é a parte crucial para o início da montagem da Impressora 3D, visto que é um dos pilares para o funcionamento da mesma.

A montagem da estrutura é a parte mais simples, visto que a única dificuldade gira em torno da função de cada parafuso e sua identificação. Realizada sem intercorrências e em cerca de 2 horas a estrutura-base estava completamente feita.



Figura 5 – Estrutura em MDF



Figura 6 - Montagem da estrutura

5.4.1.1 – EIXO Z

O eixo Z de uma impressora 3D é responsável pelo movimento vertical da plataforma de impressão ou cabeça de impressão em relação à base da impressora. Este movimento determina a altura da camada depositada durante o processo de impressão. A precisão e estabilidade do eixo Z são essenciais para garantir que cada camada seja depositada no local correto, garantindo a precisão e qualidade do objeto final.

O sistema de plano cartesiano, base para o funcionamento dos eixos X,Y e Z surgiram em 1637, com duas obras do filósofo francês René Descartes, por isso o nome “cartesiano”.^[4]

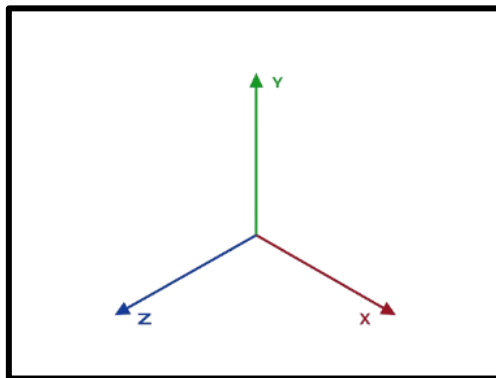


Figura 7 – Eixos X,Y e Z

Primordialmente, para a montagem do eixo Z se fez necessária a utilização de 4 barras, sendo 2 barras lisas para guia e 2 barras roscadas para movimentação. Ambas são encontradas facilmente em qualquer loja do departamento, porém, em meio à oficina escolar, encontramos uma barra que poderia ser cortada e limada, ao ponto de se tornar apta à utilização na impressora, visto que seu tamanho diferia das demais.

Com a barra lisa em mãos, fomos até a oficina, onde medimos e serramos de acordo com o tamanho necessário. Após isso, o torno se tornou parte crucial do processo, tendo em mente que era necessário diminuir o diâmetro da barra.



Figura 8 - Medição da barra lisa



Figura 9 - Serragem e torneamento da barra

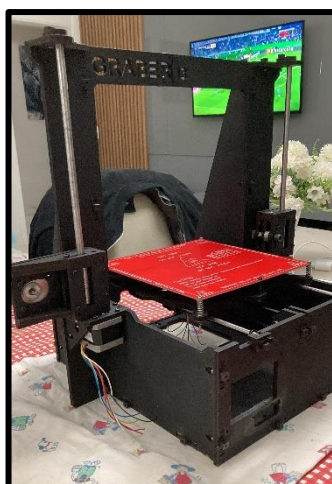


Figura 10 - Barra lisa do eixo Z

A barra roscada, por sua vez, possui diâmetro de 5mm e não houve possibilidade de reaproveitamento, portanto, compramos a barra e serramos na oficina, de modo à ficar do tamanho necessário.



Figura 11 - Barra roscada do eixo Z

A junção das barras foi feita diretamente ao suporte que possui os acoplamentos para motor de passo, além de rolamentos lineares e roscas que guiam o movimento.

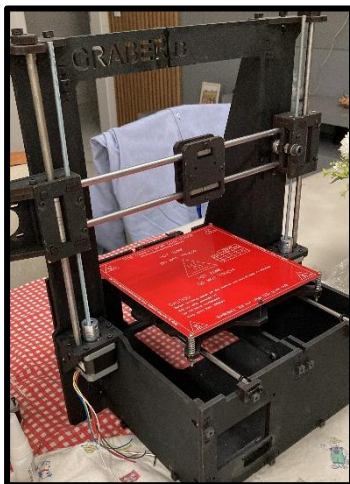


Figura 12 - Eixo Z finalizado

5.4.1.2 – EIXO X E Y

Na impressora Graber i3, os eixos X e Y controlam o movimento do carro do extrusor, que deposita o filamento para criar a peça. O eixo Y define a largura da peça (movimento para frente e para trás), enquanto o eixo X define o comprimento (movimento para a esquerda e para a direita). Juntos, eles permitem a criação de objetos 3D complexos com alta precisão, movendo o extrusor para a posição exata em cada ponto da peça.

O sistema de plano cartesiano, base para o funcionamento dos eixos X,Y e Z surgiram em 1637, com duas obras do filósofo francês René Descartes, por isso o nome “cartesiano”. [4]

Para a montagem do eixo Y, a utilização de 2 barras lisas foi essencial, além da mesa aquecida, os rolamentos e os acoplamentos em conjunto com a estrutura pré-montada. Nós já tínhamos a barra lisa para esse eixo, portanto foi necessário apenas a serragem da mesma.



Figura 13 - Eixo Y finalizado

Para a montagem do eixo X, necessitamos de 2 barras lisas também, porém não tivemos nenhuma oportunidade de reaproveitamento, então, fomos até a loja EMAVE em Araras – SP e compramos as barras restantes.



Figura 14 - EMAVE Araras

As barras foram acopladas ao X-car, que movimenta todo o conjunto de Extrusora/Hotend.



Figura 15 - Eixo X finalizado

Após todos os eixos serem colocados, o funcionamento mecânico da impressora está totalmente feito e funcional.

5.4.1.3 – CORREIA E FILAMENTO

Em relação à correia, compramos uma de 2 metros e utilizamos a dentada de modelo GT2, fixamos-a no suporte que veio junto à base MDF, prendemos e regulamos utilizando enforca gato, passando pelo rolamento e juntando a placa e as barras à correia.



Figura 16 – Estrutura com a correia

5.4.2 – HOTEND

O hotend é comprado separadamente, assim como a grande parte de todas as peças, portanto, sua montagem inclui a fixação na extrusora e a ligação dos fios no Shield RAMPS 1.4, visto que o bico aquecido e o cooler incluso necessitam de alimentação para realizar a função disposta a eles.

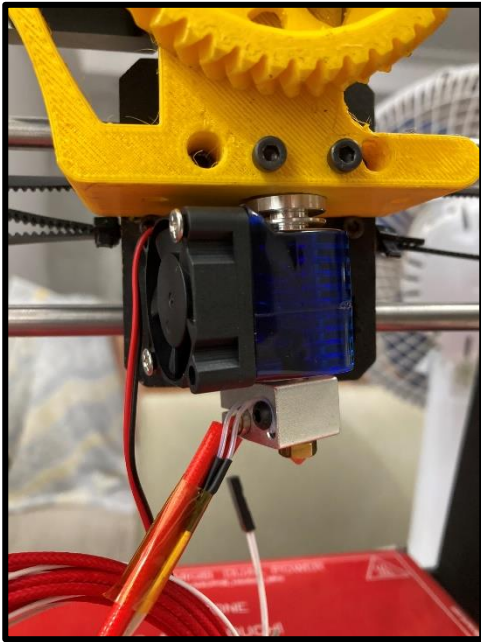


Figura 17 - Hotend

5.4.3 – EXTRUSORA

A extrusora se mostrou a parte estrutural “mais” complicada, visto que, baseado no pensamento de DIY (Do It Yourself/Faça Você Mesmo), era necessário a utilização de outra impressora 3D, e recorremos à impressora disponível em nossa escola. Os modelos em .STL (arquivo em 3D personalizável) são facilmente encontrados na Internet, e o modelo utilizado foi retirado do Site Thingiverse (Anexo 2).

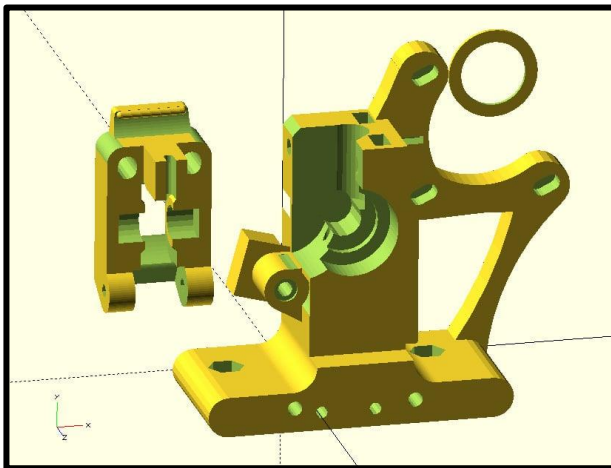


Figura 18 - Modelo em 3D

Com a obtenção do modelo, a próxima etapa seria a fatiação do mesmo, onde o modelo é programado para ser impresso na impressora, com o tempo de impressão esperado. Foi realizado no programa Prusa Slicer, fatiador oficial da impressora da escola.

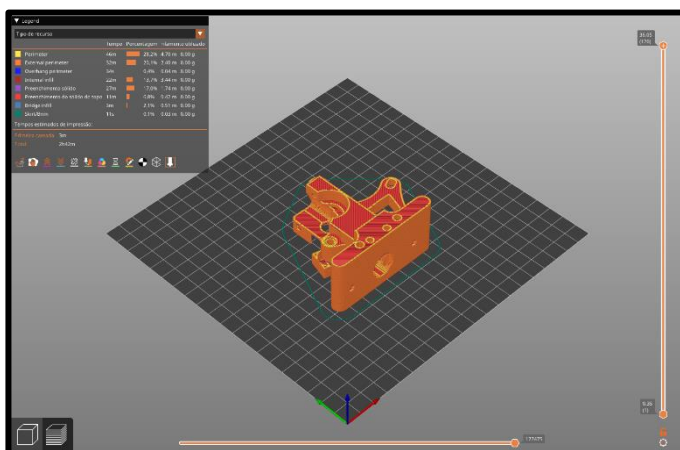


Figura 19 - Fatiador

Após o fatiamento, basta plugar o pen-drive na impressora e esperar a impressão. Geralmente ocorre sem problemas, porém qualquer erro obriga a reinicialização da impressão, o que leva a demorar mais tempo que o esperado. Tudo ocorreu sem problemas e a peça foi impressa e montada com os parafusos necessários.

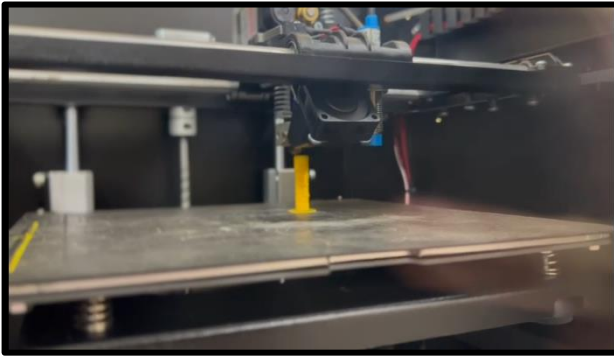


Figura 20 - Impressão da extrusora

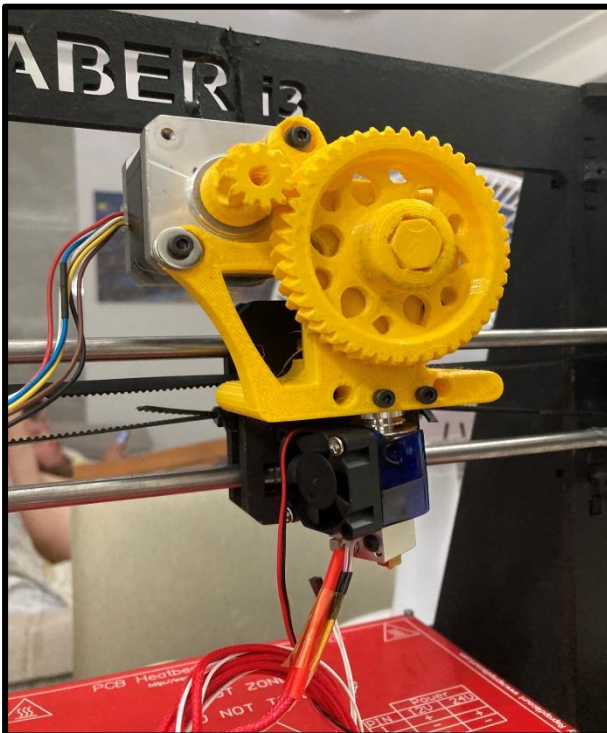


Figura 21 - Extrusora

5.4.4 – ARDUÍNO/PROGRAMAÇÃO

Para esse projeto, o arduíno escolhido foi o Arduíno Mega A2560, juntamente com o módulo eletrônico Shield RAMPS 1.4, desenvolvidos especialmente para impressoras 3D, permitindo o controle de 1 motor de passo no eixo X, 1 motor de passo eixo Y, 2 motores de passo eixo Z, mesa aquecida, o Hotend (bico aquecido), a extrusora, o sensor de temperatura do Hotend, entre outros componentes.

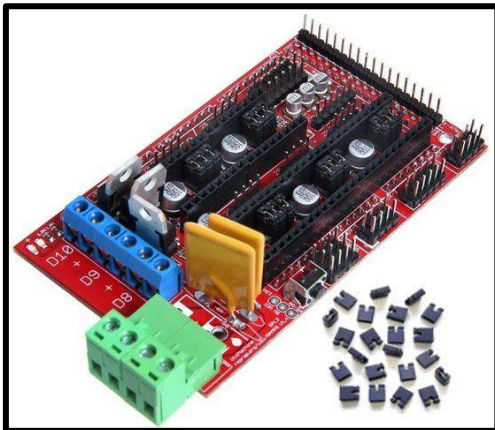


Figura 22 – Shield RAMPS 1.4

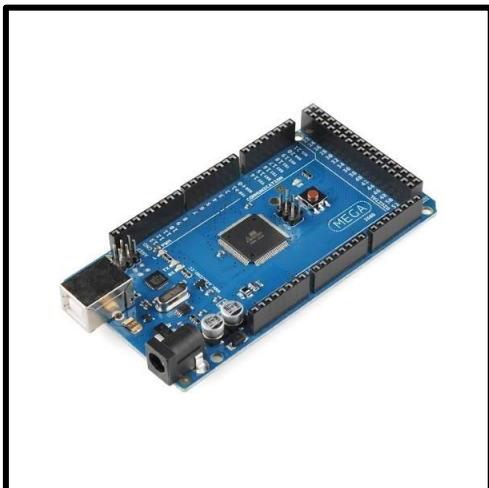
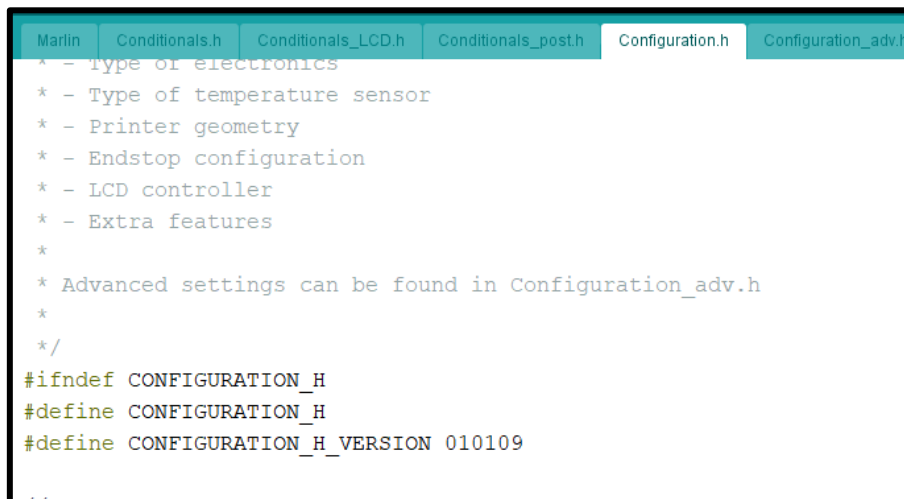


Figura 23 – Arduíno Mega A2560

A programação em si não é complexa, e consiste em baixar o Firmware Marlin e configurá-lo de acordo com as configurações da impressora no Arduino IDE. Ele vem pré-configurado, e para alterar qualquer medida, seguindo os preceitos básicos de programação em C++, basta retirar as duas // que indicam comentário, ou para desativar, acrescentar as duas // (Anexos 5 e 6), como mostra a imagem:

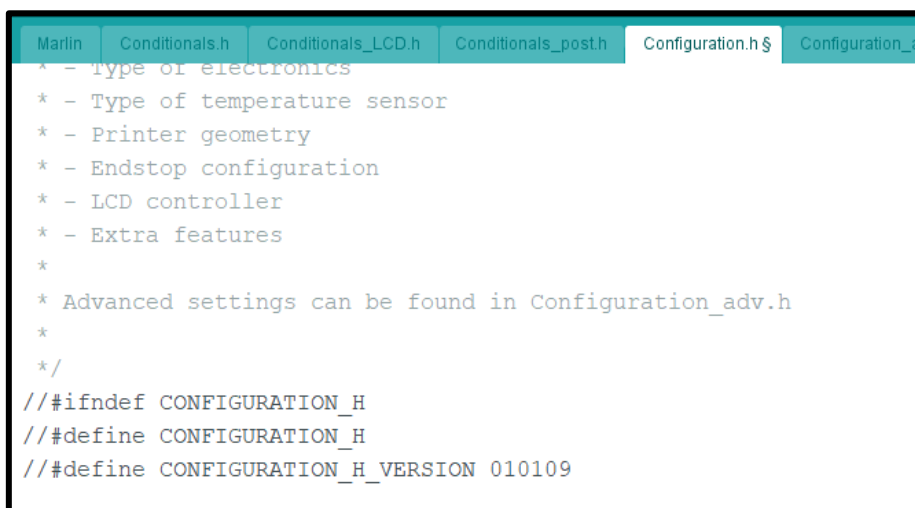


```

Marlin | Conditionals.h | Conditionals_LCD.h | Conditionals_post.h | Configuration.h | Configuration_adv.h
* - Type of electronics
* - Type of temperature sensor
* - Printer geometry
* - Endstop configuration
* - LCD controller
* - Extra features
*
* Advanced settings can be found in Configuration_adv.h
*
*/
#define CONFIGURATION_H
#define CONFIGURATION_H_VERSION 010109

```

Figura 24 - Configuração Ativada



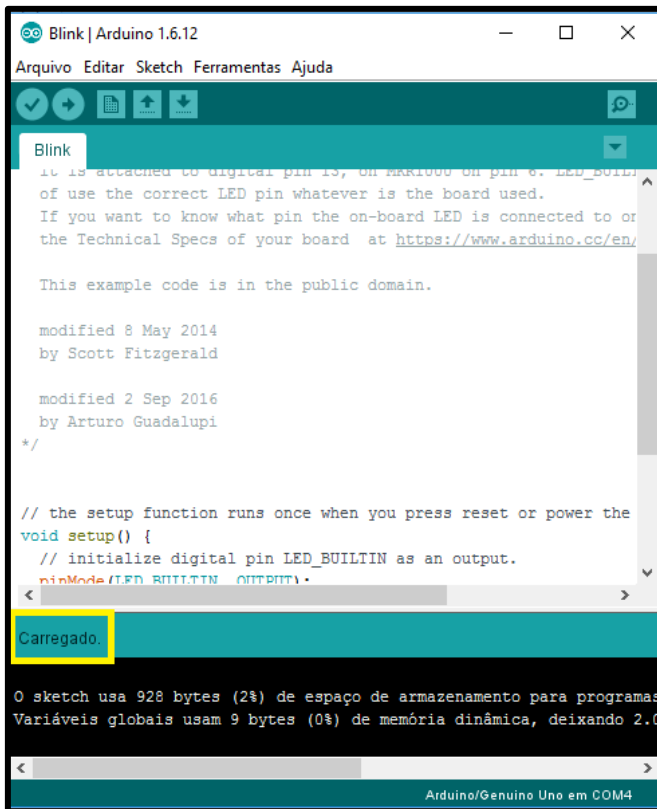
```

Marlin | Conditionals.h | Conditionals_LCD.h | Conditionals_post.h | Configuration.h | Configuration_a
* - Type of electronics
* - Type of temperature sensor
* - Printer geometry
* - Endstop configuration
* - LCD controller
* - Extra features
*
* Advanced settings can be found in Configuration_adv.h
*
*/
// #define CONFIGURATION_H
// #define CONFIGURATION_H_VERSION 010109

```

Figura 25 - Configuração Desativada

Essa programação se segue alterando parâmetros como área de impressão, quantidade de extrusoras, Baudrate (velocidade de contato entre computador e impressora), fim de curso, entre diversos outros personalizáveis. Por fim, basta enviar toda a configuração a placa arduino que ele estará pronto para ser utilizado.



```
Blink | Arduino 1.6.12
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda
Blink
it is attached to digital pin 13, or hardware on pin 6. LED_BUILTIN
of use the correct LED pin whatever is the board used.
If you want to know what pin the on-board LED is connected to or
the Technical Specs of your board at https://www.arduino.cc/en/
This example code is in the public domain.
modified 8 May 2014
by Scott Fitzgerald
modified 2 Sep 2016
by Arturo Guadalupi
*/
// the setup function runs once when you press reset or power the
void setup() {
  // initialize digital pin LED_BUILTIN as an output.
  pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);
}
Carregado.
O sketch usa 928 bytes (2%) de espaço de armazenamento para programas
Variáveis globais usam 9 bytes (0%) de memória dinâmica, deixando 2.0
Arduino/Genuino Uno em COM4
```

Figura 26 - Código carregado

5.4.5 – ELÉTRICA/ELETRÔNICA

Para iniciar a parte elétrica, era necessário ligar a fonte na tomada, e ela por si só já funciona com um arranjo, pegando os fios positivo, negativo e terra de um cabo de fonte de computador e reordenando dentro dos pinos da fonte.



Figura 27 - Cabo da fonte

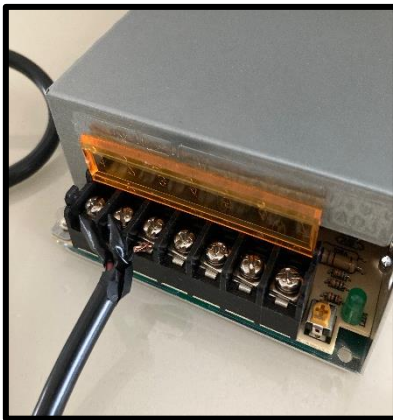


Figura 28 - Arranjo de fios



Figura 29 - Fonte pronta

A ligação da fonte na placa Arduino ocorre pela ligação de 4 fios dentro de um borne verde, porém, além da parte elétrica, temos a eletrônica, que comandará todo o sistema.

Sua aplicação se dá de acordo com o esquema a seguir^[5], onde conectamos os drivers e cabos do motor, os componentes que necessitam de voltagem específica, como o hotend, além de sensores de temperatura e fim de curso:

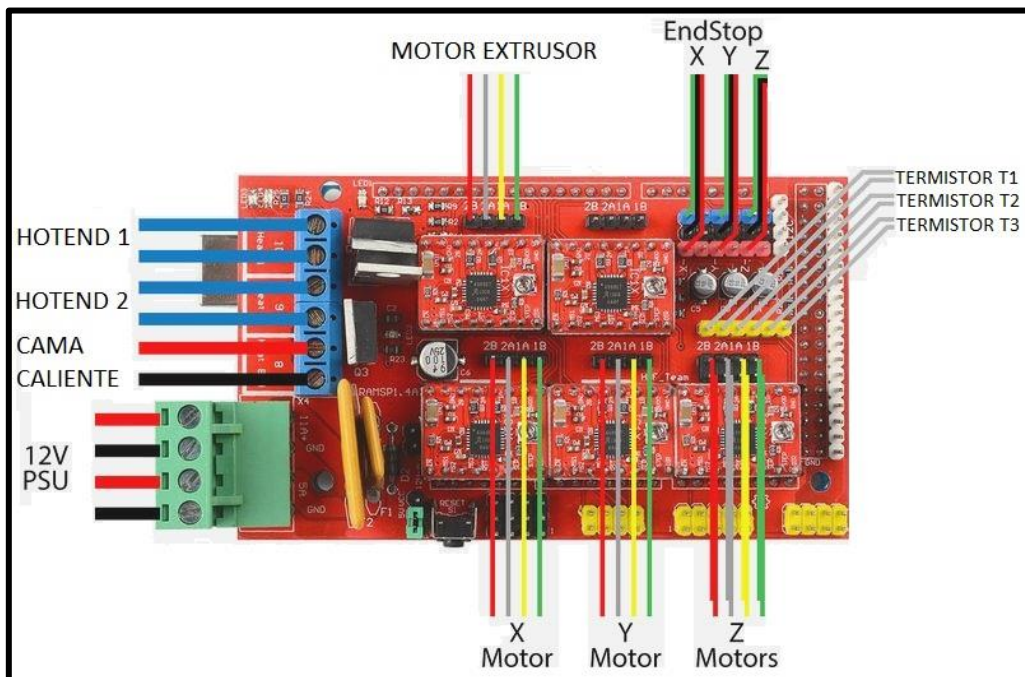
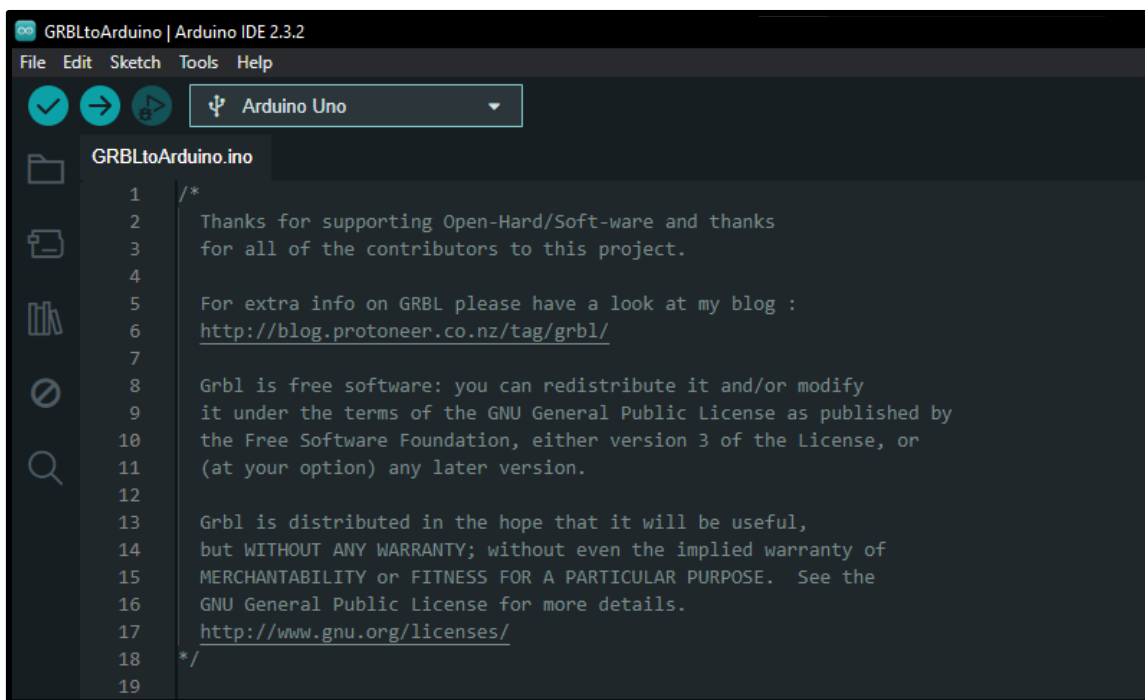


Figura 30 – Ligações RAMPS 1.4

5.5 – TESTES E CALIBRAÇÃO

Com todos os eixos montados, o teste se torna possível, possibilitando analisar a movimentação do mesmo, procurando corrigir qualquer problema existente. Após realizar a ligação dos motores nos devidos drivers, o processor se torna totalmente digital com auxílio do computador.

Inicialmente foram instalados os softwares Arduíno e o programa GRBL Controller, que possibilitam os testes de cada eixo individualmente. Logo após a instalação, o primeiro passo foi a instalação da biblioteca GRBL no software Arduíno, para que os comandos sejam reconhecidos pelo GRBL Controller.



```
GRBLtoArduino | Arduino IDE 2.3.2
File Edit Sketch Tools Help
Arduino Uno
GRBLtoArduino.ino
1 /*
2  Thanks for supporting Open-Hard/Soft-ware and thanks
3  for all of the contributors to this project.
4
5  For extra info on GRBL please have a look at my blog :
6  http://blog.protoneer.co.nz/tag/grbl/
7
8  Grbl is free software: you can redistribute it and/or modify
9  it under the terms of the GNU General Public License as published by
10 the Free Software Foundation, either version 3 of the License, or
11 (at your option) any later version.
12
13 Grbl is distributed in the hope that it will be useful,
14 but WITHOUT ANY WARRANTY; without even the implied warranty of
15 MERCHANTABILITY or FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. See the
16 GNU General Public License for more details.
17 http://www.gnu.org/licenses/
18 */
19
```

Figura 31 - Biblioteca GRBL no Arduíno

O envio da biblioteca é rápido, possibilitando a abertura do software GRBL Controller, que ao ser brevemente configurado, reconhece quase que instantaneamente o arduíno, juntamente com a presença e movimentação dos motores.

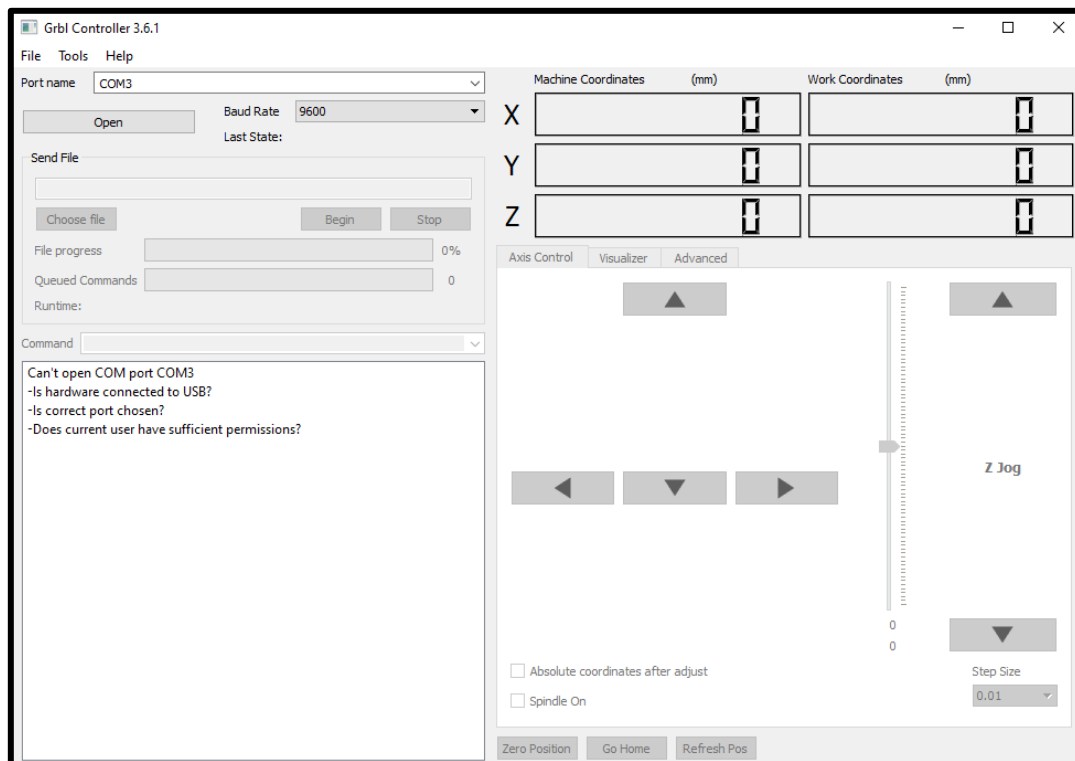


Figura 32 - Interface do GRBL Controller

Nesta fase de testes, todos os eixos funcionaram corretamente, indicando que não há nenhum problema evidente, tanto nos eixos quanto nos motores (Anexos 3 e 4).

Com a finalização da parte eletrônica, era possível realizar o teste do HOME, onde a máquina deve ir para a posição inicial, indicada pelo fim de curso presente em cada eixo. Apesar de parecer uma tarefa simples, pequenos detalhes, como rotação invertida ou mal contato, sempre ocorrem. Apesar disso, O HOME ocorre perfeitamente, mostrando que ela já é capaz de movimentar-se sozinha e localizar a área de criação.

5.6 – APLICAÇÃO

Como é de conhecimento geral, o corpo da escola são os alunos, logo, nada mais justo do que perguntar a eles sobre seu interesse com a possibilidade de haver uma impressora 3D operando no ambiente escolar, de modo que fosse possível sua utilização durante as aulas para desenvolver projetos.

Pensando nisso, foi montado um formulário com 12 perguntas dicotômicas, ou seja, sim ou não. Baseado nas respostas dos alunos, saberemos seus interesses em ter acesso a novas tecnologias, além da quantidade de escolas em que essa aplicação se tornaria possível.

As perguntas foram pensadas para promover um ambiente de ensino intuitivo e melhorar o empenho dos alunos, de modo que a Impressora se torne uma ferramenta útil no aprendizado dos mesmos.

- **PERGUNTAS:**

1. Qual sua escola?
2. Você já ouviu falar sobre impressoras 3D?
3. Você sabe como funciona uma impressora 3D?
4. Você acha que impressão 3D é uma tecnologia interessante?
5. Você acredita que a impressão 3D pode ser útil para o aprendizado?
6. Você gostaria de ter aulas que utilizassem uma impressora 3D?
7. Você acha que a impressora 3D pode tornar as aulas mais divertidas?
8. Você teria interesse em criar seus próprios projetos utilizando a impressora 3D?
9. Você acha que a escola deveria investir em impressão 3D?
10. Você acredita que é importante ter um espaço dedicado para o uso de impressora 3D na escola (Sala Maker)?

11. Você se interessaria em manter a impressora 3D funcionando? Aprendendo o básico para realizar manutenções e/ou auxiliar outros alunos?
12. Você acredita que uma impressora 3D melhoraria a imagem da escola e o desempenho dos alunos?

Esse formulário foi disponibilizado, por meio de um código QR, durante a Escola Aberta, um evento da ETEC Alberto Feres o qual permite a visita de diversas escolas para conhecer seu interior: as salas de aula, os laboratórios, os cursos em si, além de projetos desenvolvidos pelos alunos. Com isso, foi possível avaliar o interesse dos alunos e professores sobre o projeto, além da troca de conhecimento e opiniões que podem aprimorar ainda mais o desenvolvimento da ideia.



Figura 33 – Apresentação do projeto na Escola Aberta



Figura 34 – Apresentação do projeto na Escola Aberta

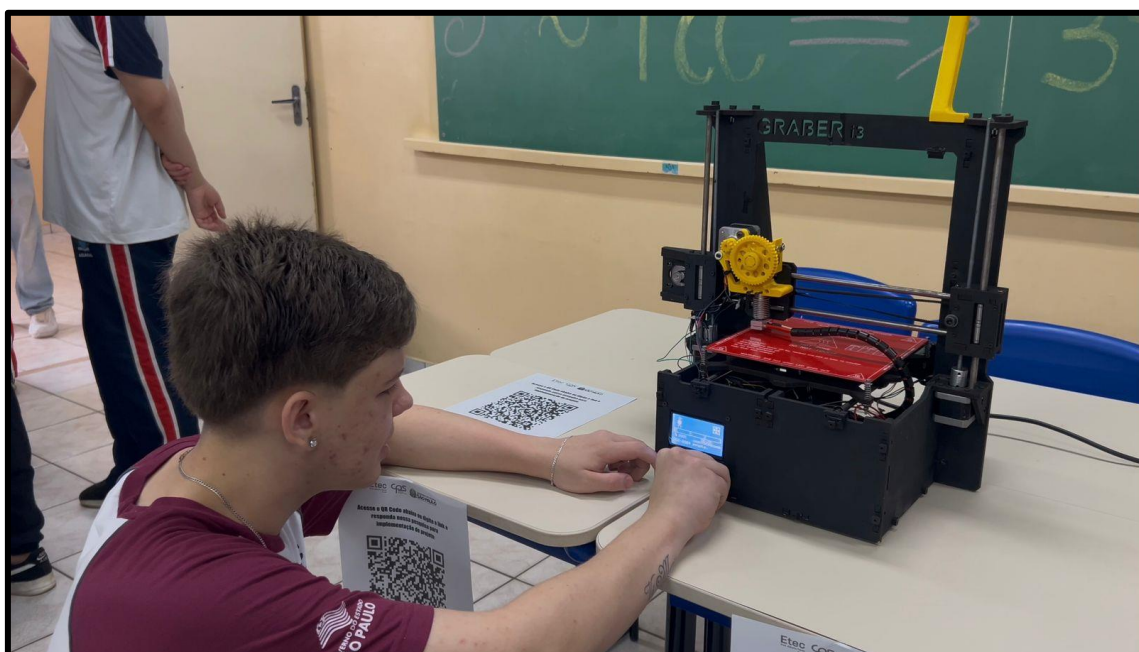


Figura 35 – Apresentação do projeto na Escola Aberta

6. MATERIAIS E MÉTODOS

6.1 – EXTRUSORA

Dentro da impressora 3D, a extrusora tem a função de “empurrar” o filamento em direção ao Hotend, portanto, é uma peça de acoplamento e depende de um motor de passo para funcionar. Há diversos tipos de sistemas extrusores, sendo eles:

- **Sistema Bowden:** o filamento é guiado após ser tracionado pela conjunto de engrenagens (ou engrenagem e coroa, dependendo da extrusora) por um tubo de PTFE (Teflon) até o bico do hotend, onde o material será finalmente extrusado.^[6]

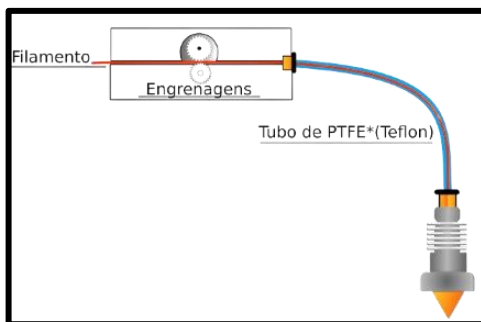


Figura 36 – Sistema Bowden

- **Direct Drive:** o filamento é tracionado direto para dentro do hotend, onde segue caminho livre até o bico. Tal sistema é muito utilizado por ser ideal para praticamente qualquer tipo de material, sem a necessidade de se fazer grandes ajustes, sobretudo para filamentos flexíveis.^[6]

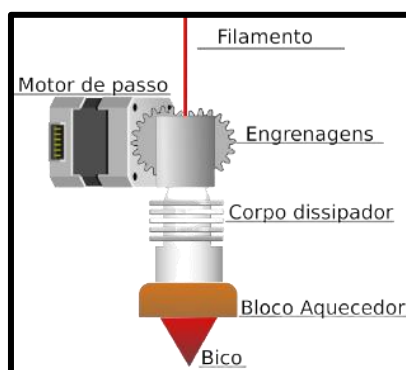


Figura 37 – Sistema Direct Drive

Falando sobre modelos, o mais comum e que fora utilizado é o Greg's Wade, o qual há apenas 2 engrenagem que oferece torque ao empurrar o filamento. Modelos mais caros geralmente são oferecidos com dupla-engrenagem, sendo mais precisos até em sistemas Bowden.

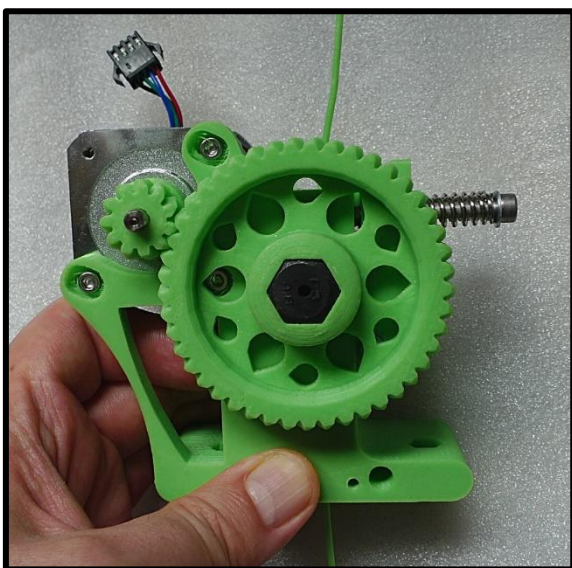


Figura 38 – Extrusora modelo Greg's Wade

6.2 - MOTOR DE PASSO

Criado na década de 30 pelo francês Marius Lavet, o motor de passo é muito utilizado em projetos que demandam exatidão e precisão.^[7]

Controlados digitalmente, eles necessitam de um driver, que varia de acordo com a polaridade do motor, podendo ser monopolar ou bipolar, além da quantidade de fios, torque e rotação do mesmo.

A impressora Graber I3 necessita de motores bipolares com pelo menos 4 kg de torque. Esse projeto utiliza 5 deles, com 6 fios cada, sendo 4 para movimentação dos eixos e 1 para a extrusora.

Sua movimentação funciona por meio de passos, por isso é ideal para projetos que necessitam de medidas precisas, já que é possível controlar cada passo do motor individualmente, possibilitando a exatidão em suas ações.^[7]

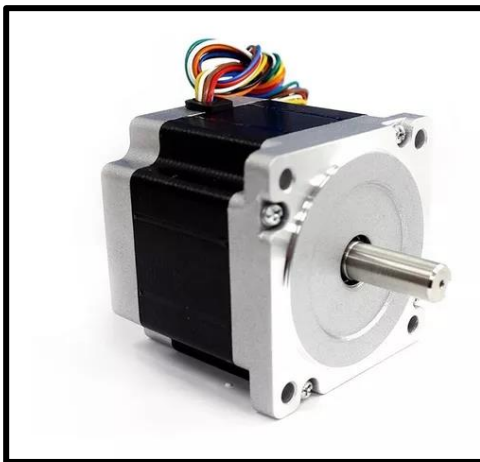


Figura 39 - Motor de passo

6.3 - ARDUÍNO

O “cérebro” da impressora 3D se encontra nesse componente. O arduíno é uma plataforma programável com diversos drivers para interação com outros equipamentos, além de uma placa única e código aberto, o que permite qualquer alteração necessária.

O nome “Arduíno” vem de um bar na comuna italiana de Ivrea, onde alguns dos fundadores do projeto costumavam se reunir. O bar foi nomeado Arduíno de Ivrea, que foi o marquês de Ivrea e rei da Itália de 1002 à 1014.^[8]

A plataforma iniciou em 2005 com os pesquisadores David Cuartielles, David Mellis, Gianluca Martino, Massimo Banzi e, Tom Igoe. Inicialmente projetada com o intuito de interagir em projetos escolares de forma a ter um orçamento menor que outros sistemas de prototipagem disponíveis naquela época.^[8]

Os componentes básicos do Arduíno são:

- **Microcontrolador:** Realiza o controle das operações e instruções dadas à placa;
- **Clock:** controlado pelo cristal oscilador, geralmente é de 16 MHz, fornece um ritmo para as atividades do microcontrolador;
- **Módulo de comunicação com um computador** composto por uma entrada USB e um microcontrolador dedicado, uma ponte para upload de um código para o Arduino;
- **Conector de alimentação;**
- **Conectores para sensores:** fazem ou leitura analógica ou leitura digital.

6.4 - HOTEND

O Hotend, como o próprio nome diz, é o componente final do processo de impressão, por onde o filamento passa e é aquecido, de modo que se torne maleável e fique no formato desejado. O componente em si é composto por 3 partes, sendo elas:

- **Bico:** Funciona como uma ponta de caneta, podendo ter os mais diversos tamanhos e formatos, que variam de acordo com a necessidade;^[9]



Figura 40 – Bicos do Hotend

- **Bloco do aquecedor:** é a parte que une o bico à quebra de calor e mantém a estrutura do Hotend sólida;^[9]
- **Bloco de calor:** componente responsável por gerar o calor que aquece o filamento;^[9]

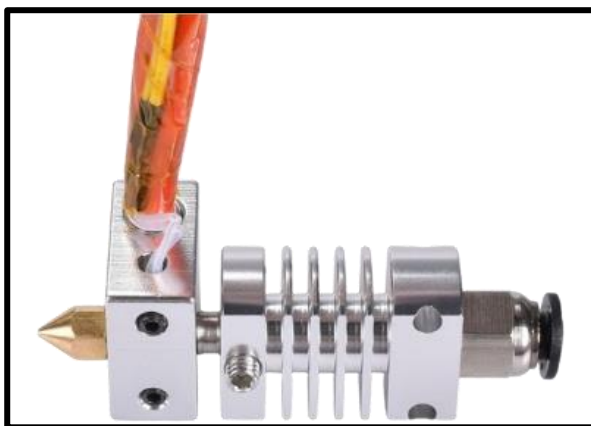


Figura 41 - Hotend

6.5 - CORREIA E FILAMENTO

Dentro do contexto de impressoras 3D, uma correia serve para o deslize e realização de movimentos entre os eixos citados acima, proporcionando movimentos necessários para o funcionamento correto da impressora.

Geralmente produzidas em borracha, as correias dentro da mecânica surgiram em meio à Revolução Industrial, onde se viu a necessidade de transporte e movimentação de diversos componentes dentro das máquinas, por isso são chamadas de “transportadoras”.^[10]

As correias mais utilizadas nesse ramo são lisas ou dentadas (pequenos relevos), no nosso caso, utilizamos correias GT2 dentadas.



Figuras 42 e 43 – Correia lisa e dentada

O filamento, fazendo uma comparação rasa, é o mesmo que o cartucho de tinta é para uma impressora comum, ou seja, é o insumo utilizado na fabricação de peças em 3D.

Os filamentos são compostos de polímeros termoplásticos (plásticos que atingem um estado pastoso quando aquecidos) e são produzidos na forma de um fio contínuo que é enrolado em um carretel para venda. Esse fio de plástico contínuo alimenta a impressora 3D e depois é derretido e expelido pelo extrusor, vindo a formar o objeto final.^[11]

A diferença entre os diversos tipos de filamentos se dá na sua composição, sendo o ABS - Acrilonitrila Butadieno Estireno (Acrylonitrile Butadiene Styrene, em inglês) o mais antigo e, conseqüentemente, o mais utilizado, sendo feito a partir do petróleo. O PLA - Ácido Polilático (Polylactic Acid, em inglês) se torna uma opção mais viável hoje por ser biodegradável e mais barato que o ABS. Há também o PCL, que oferece menor resistência para temperaturas altas (temperatura de ebulição em cerca de 60° a 100°), o que facilita sua utilização em ambientes educacionais e médicos, proporcionando segurança e confiabilidade, além de também ser biodegradável.



Figura 44 – Filamento para Impressora 3D

6.6 - ESTRUTURA EM MDF

Nosso projeto visa o baixo custo, porém mantendo a qualidade, sem realizar adaptações, portanto, não cabe a nós realizar a montagem de uma estrutura própria, visto que é seguido um padrão por todas as empresas, resultando em um mesmo modelo: Graber I3.

O design da Graber i3 é especialmente adequado para construí-la com um cortador a laser ou até mesmo com uma simples máquina de corte CNC. Ele deriva do design original do Prusa i3 e substitui todas as peças impressas em 3D por peças totalmente em madeira ou acrílico.^[5]

A impressora possui diversos acessórios desenvolvidos pela comunidade de desenvolvedores, em sites como Thingiverse, por exemplo. Através desses desenvolvimentos, pode-se utilizar extrusor MK7/8, bowden, nivelamento BL Touch, nivelamento por indução, entre outras melhorias^[5]

O material mais acessível e prático, que nos permite adaptar conformes nossas necessidades é o MDF (Medium Density Fiberboard ou, em português, Painel de Fibra de Densidade Média), material leve feito com fibras de madeira^[11].



Figura 45 – Impressora Graber I3

6.7 - PARAFUSOS E BARRAS

Apesar da existência do parafuso ter várias versões, a mais antiga sobre sua origem remete ao inventor grego Arquitas de Tarento, em 400 a.C. Foi ele quem desenvolveu o objeto para prensas voltadas à extração de azeite de oliva e também para a produção de vinho.

Dito isso, ele é o componente mais utilizado no mundo, prendendo e segurando quase tudo que vemos por inteiro. Portanto, se torna indispensável sua utilização, assim como seus complementos, como rolamentos, porcas e barras.^[13]

Segue a relação de todos os parafusos utilizados na impressora Graber I3:

Estrutura geral:

- 35 parafusos M3 16mm
- 35 porcas M3
- 8 arruelas M3
- 6 parafusos M4 10mm
- 6 porcas M4
- 6 arruelas M5

Eixo Y (Mesa):

- 3 rolamentos lineares/buchas
- 2 parafusos M3 25mm
- 2 parafusos M3 16mm
- 1 rolamento 608
- 1 parafuso M8
- 1 porca M8
- 4 parafusos M3 10mm (prender o motor)
- 1 polia GT2
- 2 barras lisas de 343mm 8mm
- 4 parafusos M3 16mm
- 4 porcas M3

Eixo X e Z:

- 2 barras lisas de 400mm 8mm
- 2 barras lisas de 320mm 8mm
- 2 fusos (barras roscadas) TR8
- 3 rolamentos lineares/buchas
- 2 acopladores de 8mm para 5mm
- 1 rolamento 624
- 8 parafusos M3 10mm
- 1 parafuso M4 20mm
- 1 porca M4
- 4 parafusos M4 30mm
- 4 porcas M4
- 2 porcas M3
- 4 parafusos M3 20mm
- 1 polia GT2

Correias nos eixos:

- 2 Correias GT2

6.8 – FONTE

Para alimentar todos os componentes do projeto, foi analisado primordialmente, a voltagem de todos os componentes, chegando à conclusão de que seriam necessários 12V e 30A para suportar toda a demanda elétrica da impressora, visto que estão em uso 5 motores, arduíno, bicos quentes, entre outros componentes.

A fonte escolhida é chaveada e bivolt, facilitando o funcionamento da impressora em diversos ambientes, além de possui diversas entradas.



Figura 46 – Fonte Bivolt

6.9 – SENSOR DE FIM DE CURSO

O sensor de fim de curso é um sensor eletromecânico usado para determinar a presença, ausência, passagem, posicionamento ou fim do curso de um objeto. Seus contatos são acionados mecanicamente para comandar um motor, máquina ou equipamento ligado ao motor, para que ele inicie ou termine uma determinada forma de atuar, por meio de inversão de polaridade, temporização, repetidores, contadores, etc.^[14]

Na impressão 3D, o sensor de fim de curso é colocado paralelamente aos eixos X,Y e Z, demonstrando ao arduíno e ao programa que aquele é o limite do eixo, limitando o espaço de criação da máquina.

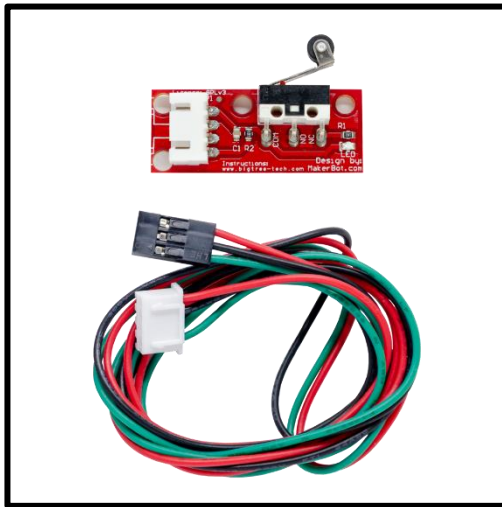


Figura 47 - Sensor de fim de curso

6.10 – TELA LCD

LCD (Liquid Crystal Display) é uma tecnologia de tela que utiliza cristais líquidos e polarizadores de luz para formar imagens. É comumente aplicada em celulares, TVs, monitores, notebooks e outros eletrônicos de consumo.^[16]

O LCD foi inventado pelo engenheiro americano George Heilmeyer no ano de 1964, enquanto trabalhava na RCA. O uso comercial da tecnologia começou em 1972.^[15]

Na impressão 3D, a tela de LCD normalmente é um componente extra que facilita a utilização da impressora, visto que na ausência de um computador, ela se torna um visualizador do arduíno, que por sua vez, caso tenha um código pré-programado, possibilita sua ativação e impressão diretamente da tela controlada pelos botões.



Figura 48 - Tela LCD

6.11 - SOFTWARES DE PROGRAMAÇÃO

Esse projeto se mostra extremamente útil, porém dependente de softwares de terceiros. Utilizamos diversos programas com variadas funções em busca do aprimoramento e funcionamento da impressora.

Os principais softwares utilizados foram:

1. **Arduíno:** criado em 2005 na Itália, é um programa de software aberto que permite a programação da placa física para absolutamente qualquer função, que nesse caso, fez a impressora funcionar.^[8]



Figura 49 - Arduino

2. **Marlin:** criado em 2011, é um firmware baseado na programação C++ e feito para ser combinado ao Arduino®, é a base para toda a comunicação e controle da impressora pelo computador.^[16]



Figura 50 - Marlin

3. **GRBL Controller:** criado em 2011, o GRBL Controller é um software de teste para motores, comumente utilizado em tornos CNC caseiros. É um programa bem completo e intuitivo, facilitando seu uso por pessoas leigas na área.^[17]

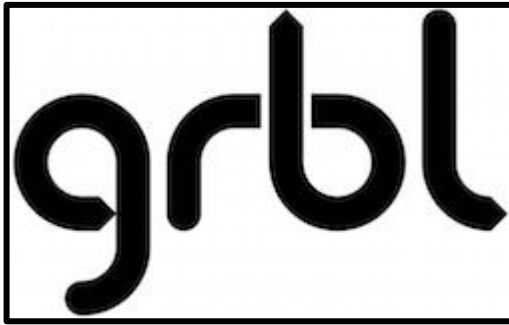


Figura 51 - GRBL

4. **Cura:** criado em 2016, Cura é um software fatiador para impressoras 3D, ou seja, prepara os modelos a serem impressos da melhor forma possível. É severamente útil para as primeiras impressões realizadas.^[18]

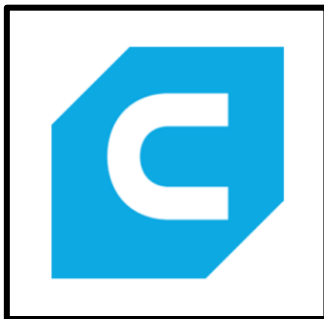


Figura 52 - Cura

5. **PrintRun:** software de código-aberto da empresa PronterFace, possui a mesma função de testes do GRBL Controller, porém com algumas opções e configurações próprias para impressoras 3D, sendo mais viável ao nosso projeto.^[19]



Figura 53 - PrintRun

7. RESULTADOS E CONCLUSÕES

Como resultado do projeto, utilizaremos os dados obtidos com a montagem e a pesquisa de aplicação feita durante o período de Escola Aberta, o qual diversos alunos e professores visitaram a escola e responderam o formulário.

Obtivemos um total de 42 alunos participantes, matriculados em 11 instituições de ensino diferentes, sendo elas:

- EMEF. “Joel Job Fachini” – 11 alunos
- ETEC Pref^o Alberto Feres – 8 alunos
- E.E. Prof^o "Vicente Ferreira dos Santos" – 7 alunos
- E.E. “Ignácio Zurita Júnior” – 3 alunos
- E.E. “Dr. Maximiliano Baruto” – 3 alunos
- E.E. “Francisco Graziano” – 2 alunos
- E.E. "Oscar Alves Janeiro" – 2 alunos
- EMEF. "Professor Júlio Ridolfo"- 2 alunos
- E.E. "Prof^a Maria Rosa Nucci Pacifico Homem" – 2 alunos
- UNIP – Universidade Paulista – 1 aluno
- EMEF. "Prof. Leonaldo Zornoff" – 1 aluno

- **Análise por pergunta:**

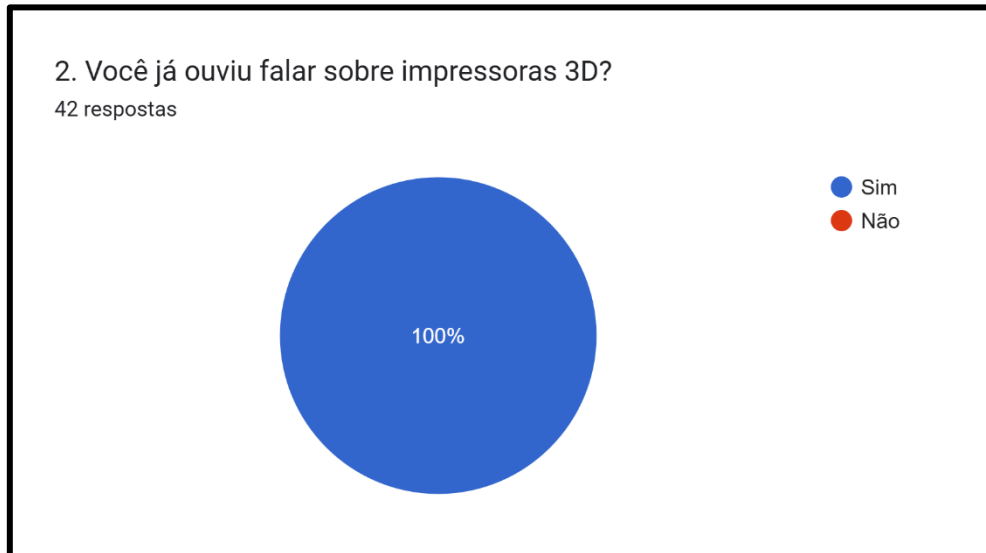


Figura 54 – Pergunta 2

A impressão 3D é um tecnologia relativamente nova, porém seu conteúdo é amplamente discutido por sua relevância, então era esperado o conhecimento prévio do assunto.

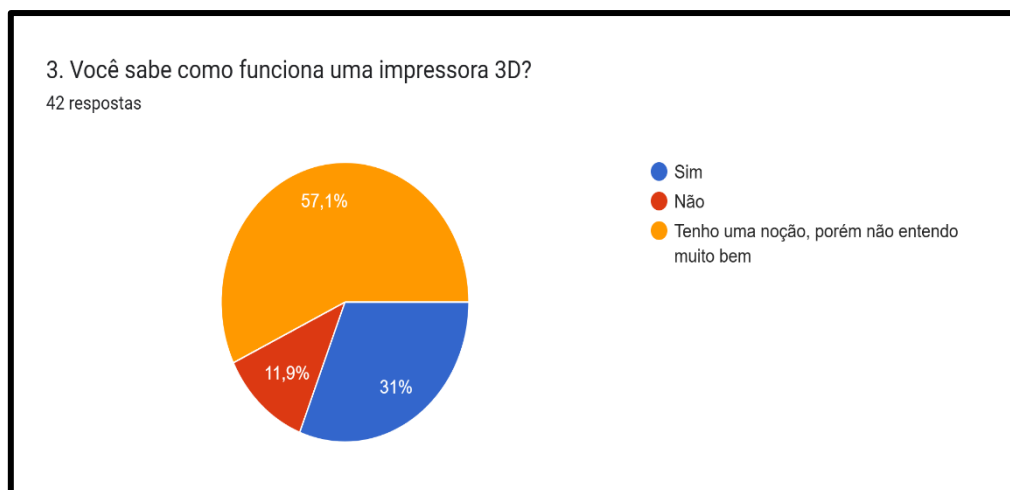


Figura 55 - Pergunta 3

Caso não haja interesse prévio no assunto, é senso comum haver uma pequena parcela de conhecimento sobre o funcionamento, porém sem se aprofundar.



Figura 56 - Pergunta 4

A impressão 3D é interessante, partindo do pressuposto de que há infinitas possibilidades de criação, logo, se torna uma tecnologia atrativa.



Figura 57 - Pergunta 5



Figura 58 - Pergunta 6

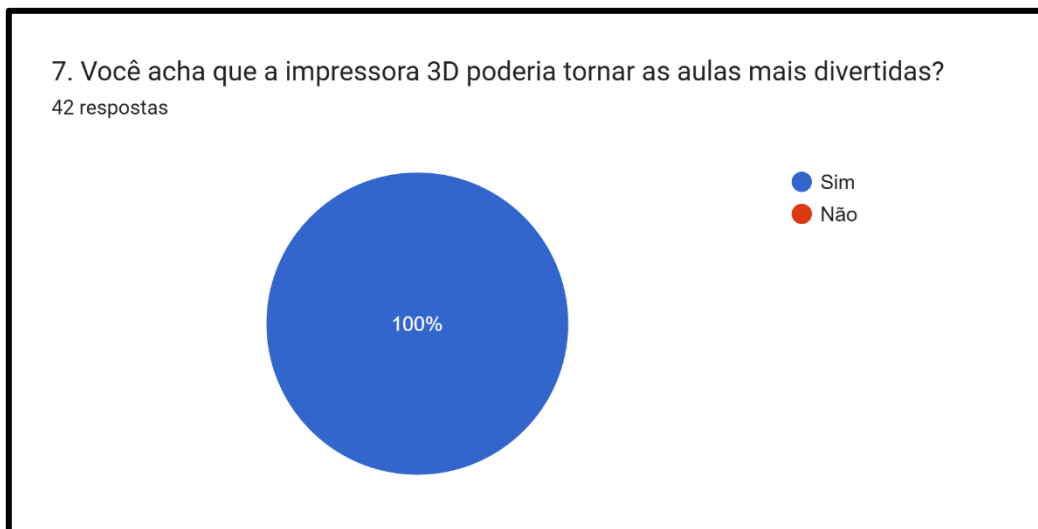


Figura 59 - Pergunta 7

As perguntas 5,6 e 7 refletem a impressora no âmbito escolar, de modo que alunos ávidos pela tecnologia busquem por novas formas de aprendizado, os quais acarretam o quase 100% de percentual acerca da utilidade da impressora em sala de aula, evidenciados na pesquisa.



Figura 60 - Pergunta 8

90% dos alunos possuem interesse em expressar sua criatividade através da impressão 3D, o que tornaria o ambiente receptivo e imersivo.



Figura 61 - Pergunta 9

O investimento em impressoras 3D, na visão dos estudantes, se torna necessária para o processo de aprendizagem, visto o interesse dos alunos e os benefícios ali propostos.

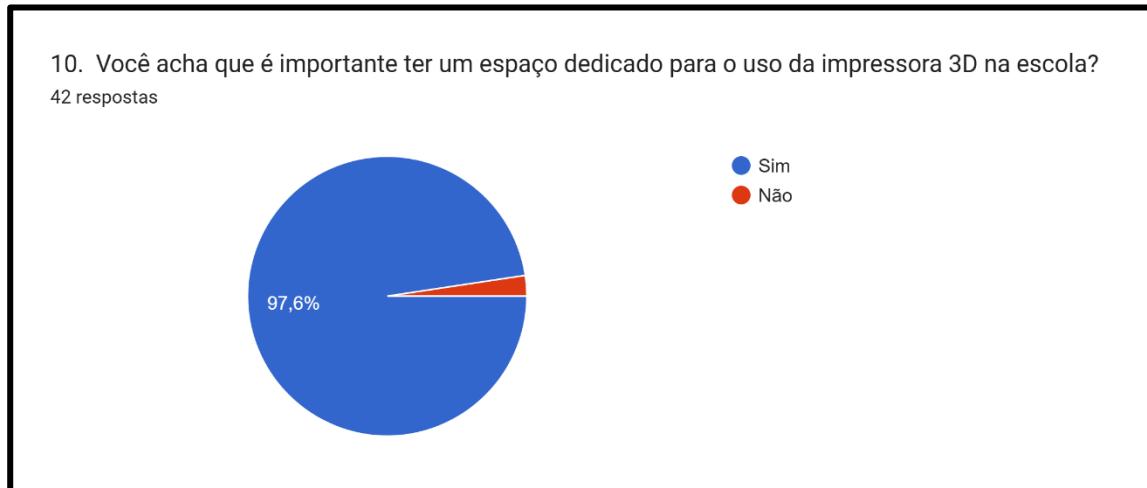


Figura 62 - Pergunta 10

Para melhor aproveitamento da tecnologia, se faz necessário um espaço adequado para o mesmo, e muitas escolas não o possuem, principalmente pela falta de recursos oferecidos.

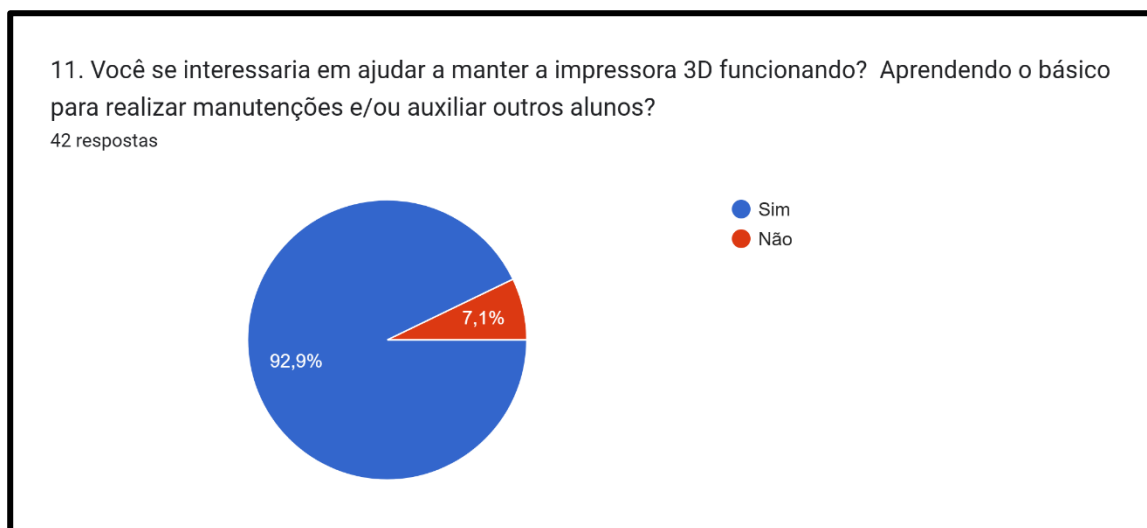


Figura 63 - Pergunta 11

Para um bom funcionamento, é necessário que cada aluno faça sua parte, e cerca de 93% dos alunos pesquisados têm interesse em manter uma impressora funcionando.

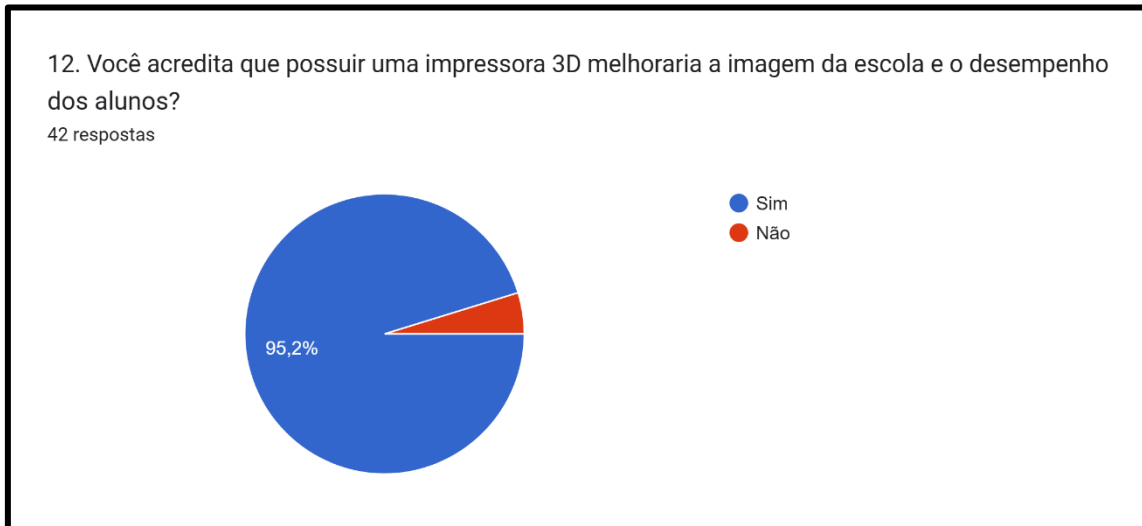


Figura 64 - Pergunta 12

Para finalizar, a obtenção de uma impressora 3D melhoraria a imagem da escola, visto que nem todas dispõem de investimentos nessas áreas, além do desempenho dos alunos, como foi dito anteriormente.

Analisando todos os resultados dos gráficos, vemos que a receptividade do projeto, caso fosse realmente aplicado, seria alta, visto que há muitos benefícios ao integrar uma impressora 3D aos projetos escolares, e com um custo relativamente baixo.

Professores e alunos se demonstraram interessados em vê-la funcionando e criaram expectativas de que, em algum momento, terão a possibilidade de utilizá-la em sala de aula. É uma integração tecnológica que visa aprofundar os conhecimentos dos alunos e professores nas áreas relacionadas, ao mesmo tempo em que promove um ambiente dinâmico de ensino.

Sobre a montagem da impressora, tudo correu bem, de modo que sua montagem demanda apenas conhecimentos básicos em elétrica, eletrônica, mecânica e programação. Houveram problemas, alguns que estão fora do nosso âmbito intelectual, seja por defeito próprio do componente ou algo ainda desconhecido, visto que na área eletrônica, qualquer má ligação ou curto-circuito pode ocasionar o não funcionamento do componente.

O protótipo foi feito para ilustrar e demonstrar a facilidade de se obter uma impressora realmente funcional, com um preço relativamente abaixo do custo comercial. A movimentação dos eixos com controle pela tela LCD já desenvolve a ideia de como é o funcionamento da impressora, que é suficiente para impressionar alunos fascinados com a tecnologia.

Durante a montagem necessitamos de outra impressora 3D para impressão de alguns componentes, como a extrusora e suportes auxiliares. Esse fato se torna curioso quando nos damos conta de que, para montar uma impressora 3D, é necessário o uso de outra, ou seja, uma reação em cadeia. Isso é mais um exemplo de como a impressora 3D, em ambiente escolar, se torna um componente útil para o processo criativo durante o desenvolvimento do aluno em sala de aula.

Concluindo, a ideia de se possuir uma impressora 3D nas escolas é vista com bons olhos pelos alunos e professores que participaram da pesquisa, de modo que uma futura aplicação possa realmente ocorrer. A impressora, ao ser montada seguindo todos os parâmetros necessários, tem a capacidade de imprimir aquilo que for proposto, e por ser um projeto DIY (Do It Yourself – Faça Você Mesmo), a comunidade dentro da internet está sempre presente para dar suporte aos possíveis problemas que possam vir a surgir.

É um projeto ambicioso, com grande potencial para diversificar e influenciar o ensino atual na sociedade brasileira, que se feito de maneira correta, possibilitaria uma grande mudança no sistema atual de ensino, possibilitando uma melhora significativa no empenho e interesse dos alunos.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. WEB, S. **Impressão 3D na educação: como aplicar e quais são os benefícios.** Disponível em: <<https://selbetti.com.br/impresao-3d-na-educacao/>>.
2. **Primeira Impressora 3D do mundo: conheça a história!** Disponível em: <<https://3dlab.com.br/a-primeira-impressora-3d-do-mundo/>>.
3. **Maior parte do lixo eletrônico do Brasil é descartada irregularmente, mas poderia ser reciclada.** Disponível em: <<https://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2023/12/09/maior-parte-do-lixo-eletronico-do-brasil-e-descartada-irregularmente-mas-poderia-ser-reciclada.ghml>>.
4. DOS, C. **método de localização bidimensional algébrico.** Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_coordenadas_cartesiano>. Acesso em: 27 set. 2024.
5. **Graber i3/pt - RepRap.** Disponível em: <https://reprap.org/wiki/Graber_i3/pt>. Acesso em: 27 set. 2024.
6. RAZGRIZ, G. **Conjunto de extrusor para impressão 3D: te contamos tudo sobre ele!** Disponível em: <<https://www.makehero.com/blog/conjunto-de-extrusor-para-impresao-3d/>>.
7. **Motor de Passo: o que é, como funciona e para que serve.** Disponível em: <<https://blog.kalatec.com.br/motor-de-passo/>>.
8. **Arduino.** Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Arduino>>.
9. **Bico Impressora 3D - O que é HOTEND? - GUIA DEFINITIVO.** Disponível em: <<https://magma3d.com.br/2020/07/03/bico-impressora-3d/>>.
10. DOS, C. **correia de distribuição.** Disponível em: <[https://pt.wikipedia.org/wiki/Correia_\(mec%C3%A2nica\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/Correia_(mec%C3%A2nica))>.
11. **Filamentos para Impressão 3D: O que você precisa saber.** Disponível em: <<https://www.wishbox.net.br/blog/filamentos-para-impresao-3d/>>.

12. **MDP ou MDF: qual o melhor? Conheça as diferenças!** Disponível em: <<https://www.madeiramadeira.com.br/central-de-dicas/artigos/mdf-ou-mdp-conheca-as-diferencas>>.
13. **IFLA FERRAMENTAS. Parafusos: Conheça mais sobre sua origem, modelos e aplicações.** Disponível em: <<https://www.ifla.com.br/parafusos-conheca-mais-sobre-sua-origem-modelos-e-aplicacoes/#:~:text=Apesar%20da%20sua%20exist%C3%A2ncia%20ter>>. Acesso em: 27 set. 2024.
14. **WBUY. Sensor Fim de Curso.** Disponível em: <<https://www.cetti.com.br/fim-de-curso-telemecanique-1na-1-nf-cabeca-rotativa-haste-regulavel-xckn2145g11>>. Acesso em: 29 set. 2024.
15. **O que é LCD? Conheça os tipos e as vantagens dessa tecnologia.** Disponível em: <<https://tecnoblog.net/responde/o-que-e-lcd/>>.
16. **WIKIPEDIA CONTRIBUTORS. Marlin (firmware).** Disponível em: <[https://en.wikipedia.org/wiki/Marlin_\(firmware\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Marlin_(firmware))>. Acesso em: 29 set. 2024.
17. **Grbl - EduTech Wiki.** Disponível em: <<https://edutechwiki.unige.ch/en/Grbl>>. Acesso em: 29 set. 2024.
18. **Cura (software).** Disponível em: <[https://en.wikipedia.org/wiki/Cura_\(software\)#:~:text=Ultimaker%20Cura%20works%20by%20slicing](https://en.wikipedia.org/wiki/Cura_(software)#:~:text=Ultimaker%20Cura%20works%20by%20slicing)>.
19. **Printrun: Pure Python 3d printing host software.** Disponível em: <<https://www.pronterface.com/>>.

8.1– ANEXOS

1. **Trabalho de Conclusão de Curso utilizado como referência:** RONALDO DA, J. et al. **Etec Paulino Botelho Técnico em Mecatrônica**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://ric.cps.sp.gov.br/bitstream/123456789/13555/1/TCC%20-%20FECHADURA%20INTELIGENTE-2023.pdf>>. Acesso em: 29 set. 2024.
2. **Arquivo da Extrusora:** THINGIVERSE.COM. **Ultimate Greg’s Wade’s Geared Extruder - 30mm version by AndrewBCN**. Disponível em: <<https://www.thingiverse.com/thing:961630>>. Acesso em: 29 set. 2024.
3. **Tutorial de Programação:** TECH, S. **Arduino CNC Shield Tutorial - Control Stepper Motors using CNC Shield V3.0**. YouTube, 21 jan. 2021. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=zUb8tiFCwmk>
4. **Tutorial de Programação:** NEI RIBEIRO. **Como instalar GRBL no Arduino**. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=vgRiR9PJEO4>>. Acesso em: 29 set. 2024.
5. **Canal de Referência:** **Atividade Maker | Router CNC**. Disponível em: <https://www.youtube.com/channel/UCS4v6gZi4T4by_fwQe6VIbg>. Acesso em: 29 set. 2024.
6. **Canal de Referência:** **Jo Info Tech**. Disponível em: <<https://www.youtube.com/channel/UCKLgKSDPSTY4NMc48Rk16Ug>>. Acesso em: 29 set. 2024.