

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE GOIÁS Uni-ANHANGUERA
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**ADAPTAÇÃO DE IMPRESSORA 3D PARA CRIAÇÃO DE PLACAS DE
CIRCUITO IMPRESSO**

SAMUEL RENAN LEONHARDT

GOIÂNIA
Novembro/2019

SAMUEL RENAN LEONHARDT

**ADAPTAÇÃO DE IMPRESSORA 3D PARA CRIAÇÃO DE PLACAS DE
CIRCUITO IMPRESSO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Núcleo de Ciências Exatas, Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica do Centro Universitário de Goiás Uni-Anhanguera, sob orientação do Prof. Ms. José Ricardo Cosme Lérias Ribeiro, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

GOIÂNIA
Novembro/2019

TERMO DE APROVAÇÃO

SAMUEL RENAN LEONHARDT

ADAPTAÇÃO DE IMPRESSORA 3D PARA CRIAÇÃO DE PLACAS DE CIRCUITO
IMPRESSO

Trabalho de conclusão de curso apresentado à banca examinadora como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Elétrica do Centro Universitário de Goiás – Uni-Anhanguera, deferido e aprovado em 26 de novembro de 2019 pela banca examinadora constituída por:

Orientador: Prof. Ms. José Ricardo Cosme Lérias Ribeiro

Prof. Ms. Alisson Rodrigues Alves

Prof. Ms. Murilo Parreira Leal

Prof. Ms. Álvaro Adelino Oliveira

Conceito Final: _____

Dedico este trabalho para minha família, por acreditar e investir em mim. A Denise que me instiga a ser melhor e me faz crescer como pessoa e profissional. E por Frodo.

RESUMO

Demonstro neste trabalho a adaptação, tanto mecânica, quanto de software, de uma impressora 3D, capaz de realizar a confecção das trilhas de circuito impresso em uma placa de fenolite (material plástico industrial isolante elétrico, coberto com uma camada de cobre). Isto resulta na remoção mecânica do cobre excedente, promovendo a isolação das trilhas, a perfuração para os terminais e o corte da placa, resultando no circuito final. Para tal, será realizada a impressão de uma peça na impressora 3D que fará o posicionamento do motor, na mesma e também serão executadas as devidas alterações no software para que possa fabricar a placa de circuito impresso.

PALAVRAS-CHAVE: IMPRESSORA 3D, FENOLITE, CIRCUITO

LISTA DE ABREVIATURAS

3D	Três dimensões
ABS	Acrylonitrile Butadiene Styrene
CAD	Computer Aided Design
CNC	Computer Numeric Control
EEPROM	Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory
LCD	Liquid Crystal Display
PCB	Printed Circuit Board
PETG	Polyethylene Terephthalate Glycol
PLA	Polylactic Acid
PWM	Pulse-Width Modulation
RAMPS	RepRap Arduino Mega Pololu Shield
REPRAP	Rapid Replication Prototyping
SD CARD	Secure Digital Card
SRAM	Static RAM
STL	Stereolithography
USB	Universal Serial Bus

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Método por corrosão	17
Figura 2. Método por fresamento	18
Figura 3. Impressora 3D	19
Figura 4. Filamentos	20
Figura 5. Motor de Passo	21
Figura 6. Visão interna de um motor de passo	21
Figura 7. Arduino Mega	22
Figura 8. RAMPS 1.4	23
Figura 9. Driver A4988	24
Figura 10. Diagrama de conexão do driver A4988	25
Figura 11. LCD 12864	25
Figura 12. Mesa Aquecida (Heated Bed)	26
Figura 13. Bico Aquecido (Hotend)	27
Figura 14. Placa de fenolite cobreada	29
Figura 15. Fresas	29
Figura 16: Motor Spindle 300W	30
Figura 17. Fluxo lógico dos softwares	32
Figura 18. Placa de montagem do Hotend	33
Figura 19. Modelagem 3D da placa de montagem do Hotend	34
Figura 20. Modelo 3D da parte inferior do suporte do motor	34
Figura 21. Vista inferior do suporte do motor	34
Figura 22. Modelo 3D da parte superior do suporte do motor	35
Figura 23. Modelo 3D do suporte do motor sendo impresso	35
Figura 24. Suporte do motor instalado na impressora Ender	36
Figura 25. Placa teste a ser confeccionada	37
Figura 26. Função CAM Processor	38
Figura 27. Flatcam com a placa modelo	39
Figura 28. Isolação da camada superior	40
Figura 29. Roteamento CNC da camada superior	41
Figura 30. Roteamento CNC dos furos dos terminais passantes	42
Figura 31. Configuração do corte da placa	43

Figura 32. Configuração do roteamento para o corte da placa	44
Figura 33. Conversão da camada superior	45
Figura 34. Conversão do corte da placa e furos	45
Figura 35. Inserção do modelo 3D no Simplify 3D	46
Figura 36. Definição da espessura de camada do circuito	47
Figura 37. Configurações da aba Extruder	48
Figura 38. Configurações da aba Layer	49
Figura 39. Configurações da aba Additions	50
Figura 40. Configurações da aba Infill	51
Figura 41. Configurações da aba Support	52
Figura 42. Configurações da aba Temperature	53
Figura 43. Configurações da aba G-Code	54
Figura 44. Configurações da aba Other	55
Figura 45. Rotinas geradas pelo software para a confecção da placa	56
Figura 46. Primeiro resultado obtido da fabricação da PCB	57
Figura 47. Segundo resultado obtido da fabricação da PCB	58
Figura 48. Terceiro resultado obtido na fabricação da PCB	59
Figura 49. Terceiro resultado obtido após o corte da PCB	60
Figura 50. Quarto resultado obtido na fabricação da PCB	61
Figura 51. Quarto resultado obtido após o corte da PCB	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Especificações do arduino mega	23
Tabela 2 – Características RAMPS	23
Tabela 3 – Características do driver A4988	24
Tabela 4 – Características do motor Spindle de 300W	30
Tabela 5 – Custos totais do Projeto	31

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	OBJETIVO GERAL	13
1.2	OBJETIVO ESPECÍFICO	14
2	JUSTIFICATIVA	15
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1	MÉTODO DE CONFECÇÃO DE PCB	16
3.1.1	MÉTODO DE CORROSÃO	16
3.1.2	MÉTODO DE FRESAMENTO	17
3.2	IMPRESSORA 3D	18
3.2.1	FILAMENTOS	16
3.3	COMPONENTES ELETRÔNICOS	20
3.3.1	MOTORES DE PASSO	20
3.3.2	ARDUINO MEGA 2560 R3	21
3.3.3	PLACA RAMPS 1.4	23
3.3.4	DRIVER A4988	24
3.3.5	LCD 12864	25
3.3.6	MESA AQUECIDA (HEATED BED)	26
3.3.7	BICO AQUECIDO (HOTEND)	26
3.3.8	FIRMWARE MARLIN	27
3.4	MATERIAIS PARA CONFECÇÃO DA PCB	20
3.4.1	PCI	28
3.4.2	FENOLITE	28
3.4.3	FRESAS	29
3.4.4	MOTOR BRUSHLESS	30
3.5	CUSTO DA ADAPTAÇÃO	31
4	MATERIAIS E MÉTODOS	32
4.1	SOFTWARE	32
4.2	SKETCHUP	33

4.2.1	MODELAGEM DO SUPORTE	33
4.3	EAGLE	36
4.3.1	PLACA MODELO	36
4.3.2	CAM PROCESSOR	37
4.4	FLATCAM	39
4.4.1	CAMADA SUPERIOR	40
4.4.1.1	CAMADA SUPERIOR GERBER	40
4.4.1.2	CAMADA SUPERIOR GERBER ISO	40
4.4.2	FUROS PARA OS TERMINAIS PASSANTES	41
4.4.3	CORTE DA PLACA	42
4.4.3.1	CORTE DA PLACA GERBER	42
4.4.3.2	CORTE DA PLACA GERBER ISO	43
4.5	TINKERCAD	43
4.5.1	CONVERSÃO DA CAMADA SUPERIOR, FUROS E CORTE DA PLACA	44
4.6	SIMPLIFY 3D	46
4.6.1	CONFIGURAÇÃO DA ESPESSURA DO OBJETO	47
4.6.2	CONFIGURAÇÃO DOS PROCESSOS PARA O ROTEAMENTO	47
4.6.2.1	ABA EXTRUDER	47
4.6.2.2	ABA LAYER	48
4.6.2.3	ABA ADDITIONS	49
4.6.2.4	ABA INFILL	50
4.6.2.5	ABA SUPPORT	51
4.6.2.6	ABA TEMPERATURE	52
4.6.2.7	ABA G-CODE	53
4.6.2.8	ABA OTHER	54
4.6.3	FATIAMENTO DO PCB	55
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	57
5.1	RESULTADOS	57
5.1.1	PRIMEIRO TESTE	57
5.1.2	SEGUNDO TESTE	58
5.1.3	TERCEIRO TESTE	59
5.1.4	QUARTO TESTE	60

6 CONCLUSÃO	62
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
DECLARAÇÃO E AUTORIZAÇÃO	655
ANEXO A – Declaração de Autorização	656

1 INTRODUÇÃO

No decorrer das últimas décadas o custo para a aquisição de PCB's (placas de circuito impresso), desde as mais simples, até às de nível profissional, com duas ou mais faces, vem decaindo. Atualmente, encontra-se disponível PCB's por uma fração do custo de outrora, contudo, são de maior interesse para a produção em larga escala. No âmbito dos entusiastas, estudantes e instituições de ensino, que fabricam em baixa escala, para placas de teste e protótipos, o custo unitário de fabricação se torna algo dispendioso. Comumente nestes casos, com o intuito de redução de custo da produção das placas, se emprega dois métodos, o método de corrosão por agente oxidante e o método de fresamento.

O método de corrosão de placas é um dos mais empregados para confecção de placas, contudo, demanda vários itens para este processo, como mesas aquecedoras para a transferência de desenho, perfuradores, para os furos dos terminais e o uso de produtos químicos como o percloroeto de ferro.

Entretanto, este método possui diversas adversidades, por se tratar de um processo químico, que depende de temperatura e da concentração do agente oxidante, se torna impraticável precisar o tempo que a placa necessita ficar submersa na solução corrosiva, podendo gerar as mais variadas complicações, tais como, fazer em demasiado a remoção do cobre das trilhas, levando a circuitos abertos ou ainda não fazendo a remoção completa, o que pode deixar com curtos circuitos na placa.

Já no método de fresamento, utiliza-se máquinas que se movem por um plano cartesiano, as CNC's (comando numérico computadorizado), as quais estão equipadas com fresas que fazem a remoção do cobre para a confecção das placas de circuito.

Este método se mostra um processo interessante para a confecção de placas de circuito impresso, pois, faz todos os processos necessários de fabricação em uma única etapa, tal como, a remoção mecânica do cobre, para isolar as trilhas, a perfuração para a inserção dos terminais

passantes e o corte final da placa, tornando todo o processo de fabricação muito mais rápido do que o método de corrosão.

Se valendo das qualidades dos métodos de corrosão e fresamento, ou seja, baixo custo de produção e precisão, encontra-se o propósito deste projeto que é a implementação de uma adaptação em uma impressora 3D, que além de fazer a impressão de objetos, possa também fazer todos os processos de uma CNC, mas sem a necessidade de aquisição de outros equipamentos e com qualidade de uma placa de nível profissional.

Este trabalho está estruturado em seções. Além desta introdução, ele foi estruturado da seguinte forma:

- Seção 3 – Na revisão bibliográfica, foram apresentados os métodos de confecção de PCB, uma apresentação sobre impressoras 3D e seus tipos de filamentos. Também sendo discorrido sobre as partes eletrônicas utilizadas em impressoras 3D e materiais necessários para a fabricação de placas. Outro ponto apresentado é os custos para a adaptação da impressora 3D.
- Seção 4 – Em materiais e métodos, são apresentados e explicados os softwares utilizados no projeto e suas configurações
- Seção 5 – Resultados – Por fim, apresenta e discute o resultado obtido na confecção das placas em uma impressora 3D.

1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste projeto apresenta a criação de uma adaptação da plataforma de uma impressora 3D cartesiana, Ender 3, para fazer a fabricação de placas de circuito impresso (PCB), com qualidade, baixo custo e eficiência.

Isso, realizado através da remoção mecânica do cobre, para a isolação das trilhas; da perfuração, para os terminais passantes; e, o corte final da placa, sem que seja necessário a aquisição de outros equipamentos de alto valor agregado.

1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Adaptação da plataforma de uma impressora 3D Graber I3, para produção de placas de circuito impresso, com a utilização de fresas para a retirada mecânica do cobre, para que haja a isolamento das trilhas, os furos dos terminais e o corte final da placa.
- Realizar a impressão de uma peça de adaptação em PLA (poliácido láctico), de modo a manter o motor da fresa preso à impressora 3D para que possa posteriormente fabricar uma placa de circuito impresso.
- Fabricar uma PCB utilizando uma fresa.

2 JUSTIFICATIVA

A fabricação de placas de circuito impresso é algo relevante no dia a dia dos acadêmicos por se tratar da aplicação de uma ideia aliada a um conhecimento e conceito, sendo concebidos na forma física. Contudo, como o método apresentado aos acadêmicos normalmente é o de utilização de corrosão, o qual é costumeiramente moroso e tendencioso a erro, pois, envolvem agentes corrosivos e a necessidade de interferência humana faz com que muitos acadêmicos não o realizem ou tenham diversas dificuldades.

Apesar de existirem máquinas CNC's especializadas na confecção de placas de circuito impresso, as quais, fazem todos os processos para a confecção da placa, como a remoção mecânica do cobre, para a isolação das trilhas; a perfuração, para os terminais passantes; e o corte final da placa de forma rápida e eficaz, contudo estas máquinas são onerosas para instituições de ensino, o que faz com que muitas não as tenham.

Com o intuito de propiciar este tipo de método, mas sem a necessidade da aquisição de várias plataformas, foi engendrada uma forma de adaptação de uma plataforma de impressora 3D, para que esta possa fabricar placas de circuito impresso, removendo o cobre da placa através da utilização de fresas.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 MÉTODOS DE CONFECÇÃO DE PCB

Existem diversos métodos aplicados para a confecção de placas de circuito impresso (PCB), dentre os mais utilizados, se encontram os métodos de corrosão e fresamento (CNC), conforme observações a seguir.

3.1.1 MÉTODO DE CORROSÃO

O método de corrosão possui um baixo custo de manufatura e relativa simplicidade para a confecção das placas de circuito impresso. O processo para a fabricação deste método:

a) se inicia através da impressão do layout do circuito com uma impressora à laser em um papel transferidor, o qual, pode variar, mas, normalmente acaba por ser um papel couché.

b) Corta-se a placa no tamanho necessário para o circuito.

c) Após a aplicação uniforme de calor, há à transferência da tinta do papel para a placa de fenolite.

d) Após a aplicação do layout do circuito na placa de fenolite, submerge-se a placa no percloroeto de ferro e todas as partes que não foram cobertas com a tinta serão corroídas.

e) Após a remoção da tinta com um agente abrasivo, comumente uma palha de aço obtém-se a PCB pronta para utilização. A Figura 1, ilustra os passos para a confecção de uma placa pelo método de corrosão.

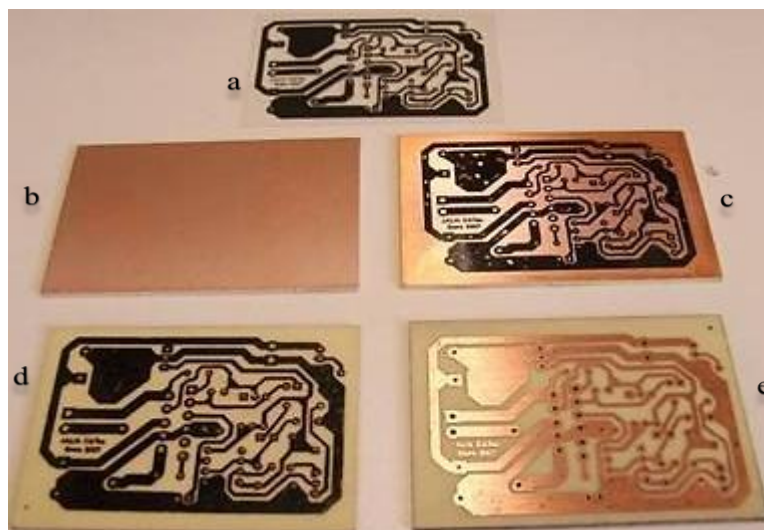


Figura 1: Método por corrosão

Fonte: https://http2.mlstatic.com/papel-termotransferible-circuitos-impresos-x-10-hojas-pcb-D_NQ_NP_13365-MCO3112732854_092012-O.jpg(2019).

Apesar deste método ser muito utilizado, apresenta diversas desvantagens, por se tratar de um processo químico, dependente da temperatura e da concentração do agente corrosivo, não é possível precisar o tempo que a placa necessita ficar submersa na solução corrosiva, o que pode acarretar em problemas, tais como, corroer demasiadamente o cobre das trilhas, levando a circuitos abertos ou ainda não fazendo a corrosão completa, o que se traduz em curtos circuitos na placa. Outro impedimento deste método é a espessura das linhas, pois, se as trilhas forem finas, pode acabar por se tornar um circuito aberto. Por estes motivos, se torna quase impraticável o uso deste método em placas de dupla face.

3.1.2 MÉTODO DE FRESAMENTO

O método de fresamento é uma alternativa para a confecção de placas, pois faz todos os processos necessários de fabricação, desde a remoção mecânica do cobre para isolar as trilhas, a perfuração para a inserção dos terminais passantes e o corte final da placa, tudo isso em apenas uma única etapa. O que o torna mais rápido do que o método tradicional de corrosão. Devido ao fato de se utilizar um maquinário com uma programação e não um processo químico para a criação do circuito, este método não compartilha das mesmas dificuldades que o anterior, pois, este não irá remover cobre a mais ou a menos, deixando assim, circuitos abertos ou curtos circuitos. Por meio deste método, pode-se inclusive fazer mais de uma placa por vez e ainda é

capaz de ser utilizado em placas com mais de uma face. A Figura 2, ilustra a remoção de cobre de uma placa de fenolite, através do método de fresamento.

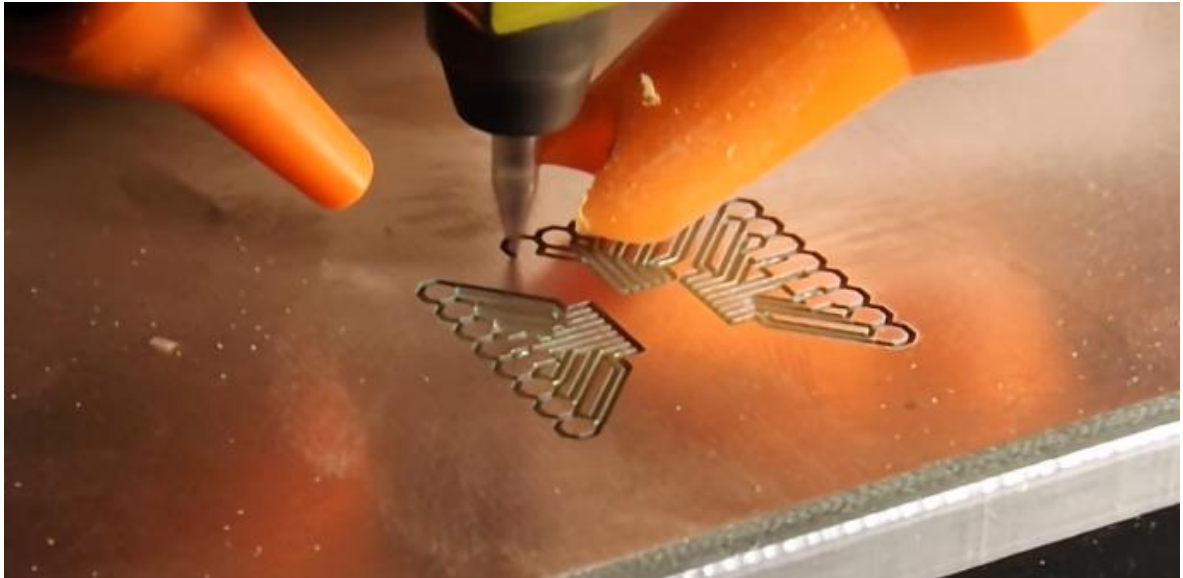


Figura 2: Método por fresamento
Fonte: <https://i.ytimg.com/vi/v2GJu5-NpcY/maxresdefault.jpg>(2019).

Entretanto, apesar deste método ser mais rápido e eficiente para a confecção de placas, ele é oneroso para entusiastas e instituições de ensino, pois, se faz necessário a aquisição de equipamentos específicos como máquinas fresadoras CNC.

3.2 IMPRESSORA 3D

As impressoras 3D têm estado nos holofotes da mídia como o próximo grande passo da tecnologia, pois, permite que indústrias de pequeno, médio e grande porte, façam seus protótipos de produtos e ferramentas a uma fração do custo atual.

Tal como a Opel, que é a terceira maior fabricante de carros da Europa e atesta que ao se utilizar a impressão 3D, reduziu entre 10% e 90% o custo com protótipos de ferramentas (STRATASYS).

Já no âmbito do público em geral, permite que pessoas possam desenvolver itens em suas próprias residências, tanto como um passatempo, como para um meio de empreender. Contudo, por mais que esta tecnologia esteja em franca expansão nos últimos anos, com a adesão das

indústrias e público em geral, sua origem remonta aos anos 80. A Figura 3, ilustra um modelo de impressora 3D cartesiana.



Figura 3: Impressora 3D

Fonte: https://www.3dhubs.com/s3fs-public/styles/printer_main_picture/public/original_prusai3mk2_0.png?itok=YnQZGsBQ(2019)

As impressoras 3D possuem inúmeras aplicações e em todos os âmbitos da sociedade, pois podem ser utilizadas desde a criação de protótipos em indústrias, tal como, no meio médico, com a criação de próteses para quem sofreu amputação em algum membro, na arquitetura, para a confecção de maquetes e na engenharia, para a fabricação de itens de teste.

A confecção dos objetos em uma impressora 3D, necessita de um arquivo tridimensional ou STL (estereolitografia), que contém os “caminhos” ou layouts com orientações de posição e coordenadas do objeto 3D e assim realizar o depósito das camadas geradas pela impressora 3D.

3.2.1 FILAMENTOS

A impressora utiliza o método por deposição de filamento camada por camada ara que haja a confecção dos objetos. Contudo, para que o modelo virtual se torne um objeto físico, é

necessária uma análise das características e esforços que seu objeto irá necessitar, pois, os filamentos evoluem na mesma velocidade que a tecnologia de impressão 3D. Desta forma, os mesmos possuem uma grande quantidade de opções, pois, atendem a todas necessidades do mercado, desde cores, materiais e densidades. Dentre os inúmeros filamentos que existem no mercado os mais utilizados são o ABS, por seu baixo custo, o PLA por ser mais ecológico, o PETG, por possuir uma alta resistência química, mecânica e a temperatura. A Figura 4, ilustra exemplos de bobinas de filamento.



Figura 4: Filamentos

Fonte: <http://www.mousta.com.br/wp-content/uploads/2016/04/filamento-3d-mousta-new.png>(2019).

3.3 COMPONENTES ELETRÔNICOS

Apesar de existirem os mais diversos tipos e modelos de impressoras 3D, os componentes eletrônicos das impressoras são similares entre si. Todos os componentes devem possuir às devidas características para que desempenhem corretamente todas as funções da impressora.

3.3.1 MOTORES DE PASSO

A movimentação dos eixos X, Y e Z, se faz necessário por meio de motores. Eles fazem a transição do pulso elétrico ao movimento em si, contudo, como a precisão do movimento é algo muito importante, usa-se comumente neste tipo de aplicação motores de passo, pois ao se aplicar um pulso de tensão em seus terminais, há um incremento de movimento angular, que

permite o controle da posição, velocidade e direção (SOUZA, 2007). A Figura 5, ilustra o modelo de motor de passo a ser utilizado no projeto.

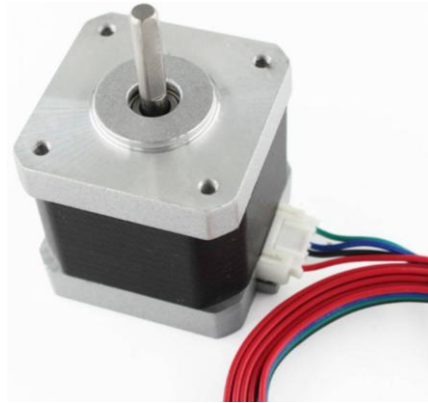


Figura 5: Motor de Passo

Fonte: https://images-americanas.b2w.io/produtos/01/00/oferta/28254/6/28254651_2SZ.jpg(2019).

Os motores de passo são normalmente utilizados em aplicações em que se necessita de movimentos com alta precisão, como scanners, braços mecânicos nas indústrias, equipamentos médicos, impressoras, entre outras aplicações que demandem controle de posição (SOUZA, 2007).

A Figura 6, ilustra a constituição interna de um motor de passo.

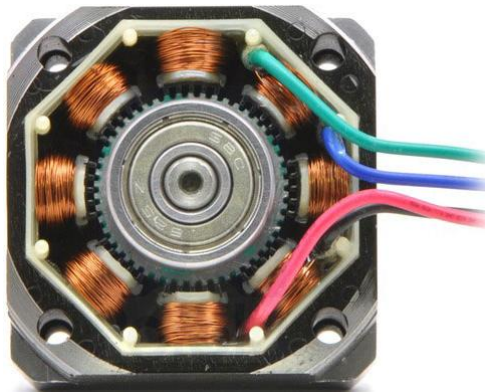


Figura 6: Visão interna de um motor de passo

Fonte: https://images-americanas.b2w.io/produtos/01/00/oferta/28254/6/28254651_2SZ.jpg(2019).

3.3.2 ARDUINO MEGA 2560 R3

O Arduino Mega neste projeto, ficará responsável por fazer o processamento das entradas e saídas dos dispositivos conectados a ele. Este microcontrolador, segundo ARDUINO (2019), possui um processador ATmega 2560, com 54 entradas/saídas digitais, 16 entradas analógicas

e conexão USB, sendo projetado para a utilização na impressão 3D para suportar todos os periféricos que deverão ser conectados a ele, como o LCD, a RAMPS e sensores para o auto nivelamento. Sendo assim, o Arduino acabou por se tornar um dos dispositivos mais utilizados nas impressoras RepRap. A Figura 7, ilustra uma placa Arduino Mega 2560.

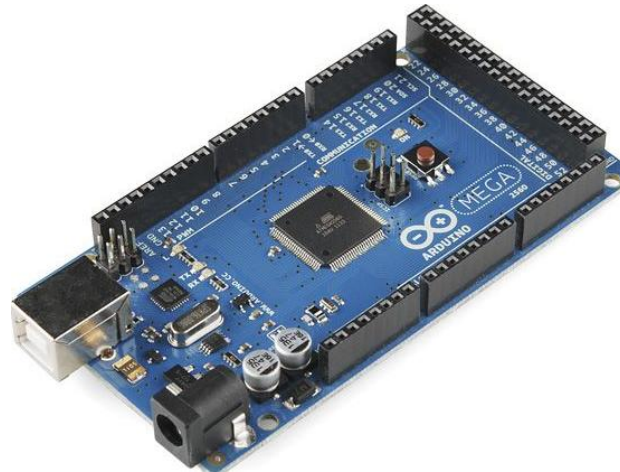


Figura 7: Arduino Mega

Fonte: https://cf3.s3.souqcdn.com/item/2014/01/26/65/67/18/6/item_XL_6567186_4092571.jpg(2019).

Conforme apresentado na Tabela 1, tem-se as demais especificações técnicas da placa Arduino Mega:

Tabela 1 – Especificações do arduino mega

Microcontrolador	ATmega 2560
Tensão de operação	5V
Tensão de entrada(recomendada)	7-12V
Tensão de entrada(limite)	6-20V
Entradas/Saídas digitais	54 (aonde 15 podem ser PWM)
Entrada analógica	16
Corrente DC por entrada/saída	20 mA
Corrente DC para pinos 3.3V	50 mA
Memória Flash	256 KB dos quais 8 KB são para o bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Velocidade de Clock	16 MHz

Comprimento	101,52 mm
Largura	53,3 mm
Peso	37 g

Fonte: ARDUINO

3.3.3 PLACA RAMPS 1.4

A placa RAMPS (RepRap Arduino Mega Pololu Shield) é um Shield ou módulo eletrônico criado especialmente para a plataforma Arduino Mega 2560 como descrito em seu acrônimo. Foi construída para que possa conter a eletrônica necessária para o funcionamento de uma impressora 3D. Elas também devem ser de fácil manutenção, expansão e com um baixo custo (LASHIN, 2014).

A Figura 8, ilustra uma placa RAMPS 1.4.

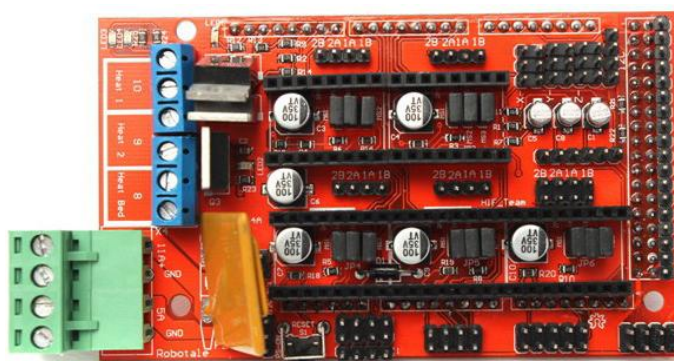


Figura 8: RAMPS 1.4

Fonte: https://www.netram.co.za/6360-thickbox_default/ramps-14-shield.jpg(2019).

Conforme apresentada na Tabela 2, na qual, tem-se às demais características do módulo.

Tabela 2 – Características RAMPS

Controle para mesa aquecida (Heated Bed) com fusível de 11A
Controle para o bico aquecido (Hot-end)
3 Circuitos de termistores
LEDs indicativos para a extrusora, cooler e mesa aquecida
5 Slots para drivers A4988
3 Saídas controladas PWM por Mosfets
Fusível de 5A para proteção da placa e componentes

Pinos extras PWM, digital, serial, SPI, I2C e analógico

Bornes a parafuso para conexão dos fios

6 Conjuntos de pinos digitais com VCC, GND e Sinal para chave de fim de curso

Fonte: REPRAP

3.3.4 DRIVER A4988

O dispositivo responsável pelo controle dos motores de passo da impressora 3D neste trabalho é a placa de controle ou driver A4988. Ela possui compatibilidade com a RAMPS 1.4, aliados com 5 resoluções de passo, que podem ir de um passo até um dezesseis avos de passo. Também possui limite de corrente ajustável por potenciômetro, proteção para sobre corrente e temperatura elevada (POLULU, 2019).

A Figura 9, ilustra um driver A4988.



Figura 9: Driver A4988

Fonte: https://www.tecnotronics.com.br/wp-content/uploads/2017/03/A066_2.jpg(2019).

Conforme apresentado na Tabela 3, tem-se às demais características do driver A4988.

Chip	A4988
Temperatura	-20°C a 85°C
Tensão lógica	3,5V a 5V
Tensão de saída dos motores	8 a 35V
Resolução	1/1, 1/2, 1/4, 1/8, e 1/16 passos

Fonte: REPRAP

Na Figura 10, é ilustrado o diagrama de conexão do driver a4988.

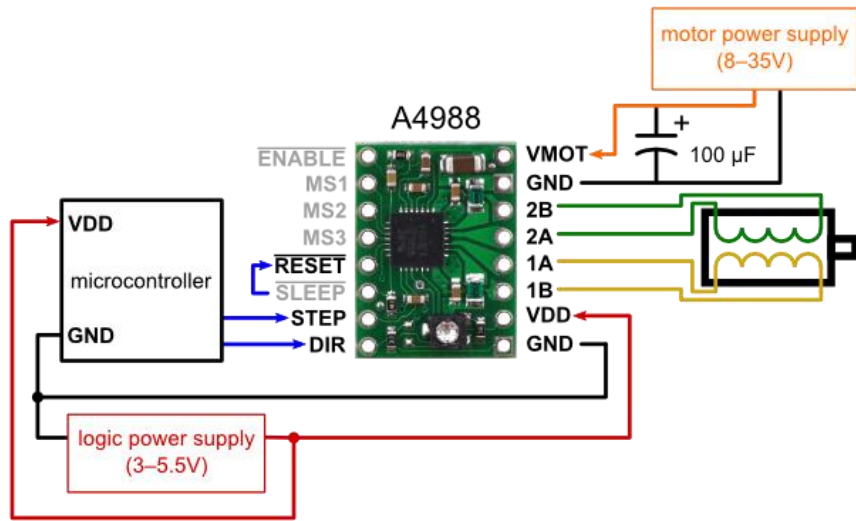


Figura 10: Diagrama de conexão do driver A4988

Fonte: <https://a.pololu-files.com/picture/0J3360.600.png?d94ef1356fab28463db67ff0619afadf> (2019).

3.3.5 LCD 12864

Através da tela do LCD 12864 pode se fazer o controle da impressora e também obter às informações de posicionamento, temperatura do bico aquecido (Hotend) e da mesa aquecida (Heated bed). Também informando o tempo para a conclusão dos objetos e a velocidade do cooler do bico aquecido.

A fFigura 11, ilustra o LCD a ser utilizado no projeto.



Figura 11: LCD 12864

Fonte: https://www.mydunia3d.com/wp-content/uploads/2017/01/3.LCD_.jpg(2019).

3.3.6 MESA AQUECIDA (HEATED BED)

Ao se fazer a impressão de um objeto, o plástico que é extrudado pelo hotend, esfria e encolhe. Se este processo não ocorrer uniformemente ao longo de uma parte impressa, pode acarretar em uma peça deformada.

Para evitar que isto ocorra, é utilizado uma mesa aquecida que garante que a superfície em que está sendo depositado o material, tenha uma temperatura uniforme, o que resulta em um encolhimento uniforme do material (REPRAP, 2019). A Figura 12, ilustra uma mesa aquecida que é comumente utilizada nas impressoras cartesianas.



Figura 12: Mesa Aquecida (Heated Bed)

Fonte: https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/71D22GmhF%2BL._SX425_.jpg(2019).

3.3.7 BICO AQUECIDO (HOTEND)

O bico aquecido é uma peça fundamental para o funcionamento da impressora, pois, é responsável por aquecer o filamento de 170°C a 250°C, dependendo do filamento a ser utilizado. Ao chegar a temperatura requerida pelo filamento escolhido, este entra em um estado semilíquido e ao força-lo pela passagem de um bico, que pode variar de 0,1 a 1,4 mm, ocorre a deposição de camada por camada até a conclusão do objeto que está sendo impresso. Na Figura 13, ilustra-se a visão interna de um bico aquecido.

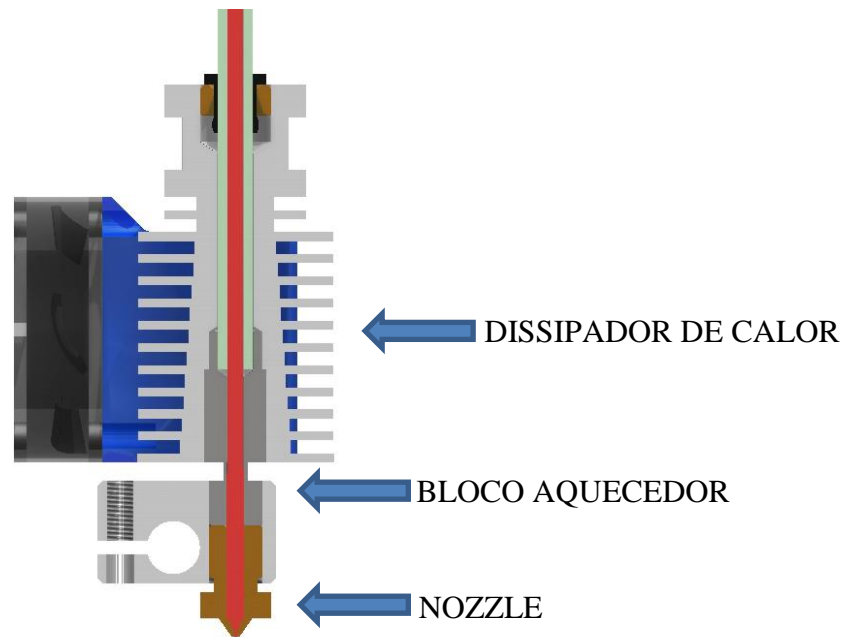


Figura 13: Bico Aquecido (Hotend)

Fonte: <https://cdn.shopify.com/s/files/1/0239/9287/products/V6-175-500x500.png?v=1493691061>(2019).

3.3.8 FIRMWARE MARLIN

A plataforma utilizada para este projeto é o Arduino. Contudo, para que haja a comunicação entre software e hardware, ou seja, a interpretação e subsequente controle da impressora 3D, desde seus motores, a sensores, extrusores e os demais periféricos, será necessário o uso de um firmware e para tal, fora escolhido o firmware Marlin.

Este firmware de código aberto, foi criado em 2011 para ser aplicado em impressoras Reprap. Sendo um dos mais utilizados por entusiastas e diversos fabricantes, por ser confiável e de relativa facilidade para a calibração dos eixos da impressora. Este firmware fornece um conjunto de instruções operacionais, para que seja realizada a impressão dos objetos 3D. O Marlin também fornece a possibilidade de impressão com entrada USB e cartão SD e utiliza o planejamento antecipado de trajetória para a impressão (MARLIN, 2019).

3.4 MATERIAIS PARA CONFECÇÃO DA PCB

Para a confecção da placa de circuito impresso são necessários certos materiais tal como a placa de fenolite, fresas e o motor para realizar a remoção mecânica do cobre. Conforme pode ser observado com às descrições a seguir.

3.4.1 PCI

A placa de circuito impresso ou PCI é utilizada em equipamentos eletrônicos, sendo constituída por uma placa fina de cobre depositada sobre um material dielétrico (isolante elétrico), sendo o isolante fenolite o mais empregado devido ao seu menor custo.

Nestas placas são impressas trilhas de cobre para que haja a conexão elétrica de diversos componentes. Podendo contar com uma camada simples, dupla ou até multicamada (MELO; RIOS e GUTIERREZ, 2009).

3.4.2 FENOLITE

O laminado a ser utilizado para a confecção da placa de circuito impresso, pode variar desde o laminado de fenolite ao de fibra de vidro. Ambos são isolantes elétricos e resistentes a fogo, sendo o fenolite mais comum e mais utilizado em instituições de ensino. Este será o material utilizado neste trabalho para o fresamento de um circuito. A Figura 14, ilustra uma placa de fenolite.



Figura 14: Placa de fenolite cobreada

Fonte: <https://4.imimg.com/data4/JT/AA/MY-150589/cem-1-copper-clad-laminate-500x500.jpg>(2019).

3.4.3 FRESAS

A placa de circuito impresso, foi confeccionada primeiramente realizando a retirada do cobre para isolar as trilhas que compreendem o circuito eletrônico. A fresa entra neste processo fazendo a remoção mecânica do cobre, para isolar as trilhas, realizar os furos dos terminais e o corte final da placa. A Figura 15, ilustra brocas fresadoras de diversos tamanhos.



Figura 15: Fresas

Fonte: https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/51MUsJ5PjwL._SL1000_.jpg (2019).

3.4.4 MOTOR BRUSHLESS

Em conjunto com as fresas, se optou por ser utilizado o motor Spindle de 300W, comumente empregado em máquinas CNC de baixo custo, por possuir alta velocidade de rotação, baixo nível de ruído e boa precisão. Sendo empregado desde a remoção do cobre para a fabricação de placas de circuito impresso até a usinagem de alumínio. A Figura 16, ilustra o motor a ser instalado na impressora 3D.



Figura 16: Motor Spindle 300W

Fonte: <http://www.whebsolutions.com.br/wp-content/uploads/2016/11/Motor-Spindle-300w-Cnc-Router.jpg>(2019).

Conforme apresentado na Tabela 4, tem-se as demais características do motor.

Tabela 4 – Características do motor Spindle de 300W

Tensão	12V a 48V
Velocidade de Rotação	3000-12000 RPM
Potência	300W
Torque	0,23 N.m
Precisão	0.01 - 0.05 mm
Diâmetro	52 mm
Comprimento	175 mm
Peso	922 G

Fonte: ROBOHELP

3.5 CUSTOS DA ADAPTAÇÃO

Apesar das possibilidades geradas a partir da adaptação da impressora 3D, todo o processo demanda certos materiais e os mesmos têm custos para o projeto. Contudo, para que houvesse uma redução nos custos, os itens foram adquiridos na China e importados para o Brasil. Conforme apresenta a Tabela 5, tem-se os custos totais do projeto.

Tabela 5 – Custos totais do Projeto

Descrição do item	Valor
Impressora 3D Creality Ender 3	R\$ 1.290,61
Motor 300W	R\$ 140,63
Fonte 12V, 30A	R\$ 49,40
Kit 4 placas de cobre	R\$ 34,80
Kit fresa 0,1 mm 10°	R\$ 23,99
Kit fresa de 0,8 mm a 3,175mm	R\$ 22,24
Parafuso	R\$ 11,50
Base plástica	R\$ 6,50
Suporte do Motor impresso	R\$ 5,56
TOTAL	R\$ 1.585,23

Fonte: O próprio autor

Apesar da impressora 3D, constituir um bem que se deduz já ser possuído pela pessoa que irá aplicá-lo, o custo de aquisição da utilizada no projeto foi adicionado a tabela. Conforme pode ser observado o custo total ficou em R\$ 1.585,23, retirando-se o custo da impressora o valor total da adaptação foi de R\$ 294,62.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 SOFTWARE

A confecção da placa de circuito impresso exige a utilização de software, como o Sketchup v2019, para realizar o desenho 3D da peça, o qual, será o suporte do motor junto a impressora Ender 3.

O software Eagle v9.5 foi utilizado para realizar o esquemático, desenho da placa e para exportar os arquivos gerber que serão posteriormente utilizados no Flatcam v8.5. Neste software foi realizado à interpretação dos arquivos gerbers e a configuração das rotinas para o roteamento, furo, corte e demais processos para a confecção da placa na impressora 3D se faz também a utilização do Flatcam.

Após a geração das rotinas para o manufatura da placa e ocorrida a exportação do arquivo .svg, o site Tinkercad interpreta e transforma o arquivo em um arquivo STL, sendo assim possível a leitura por parte do software Simplify 3D.

Após todos esses processos, gerou-se um arquivo gcode que a impressora consegue interpretar e por fim realizar o roteamento da placa desenhada no Eagle. A Figura 17, ilustra o fluxo lógico dos software.

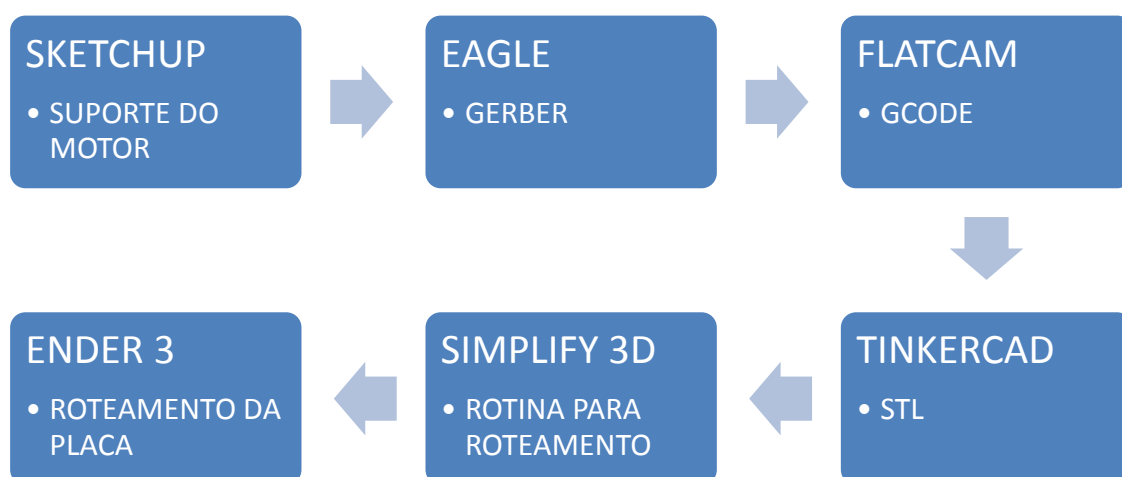


Figura 17: Fluxo lógico dos software
Fonte: O próprio autor

4.2 SKETCHUP

O SketchUp é um software para a criação e modelagem de cenários, casas e objetos 3D. O mesmo possui uma interface simples e intuitiva, aliada a diversas ferramentas robustas que auxiliam na confecção dos objetos. (SKETCHUP, 2019).

Devido a sua qualidade, simplicidade e material complementar/tutoriais o mesmo será empregado neste projeto para o desenho do suporte do motor que irá realizar o roteamento da placa.

4.2.1 MODELAGEM DO SUPORTE

Para iniciar a modelagem 3D do suporte, foi retirado o Hotend (bico aquecido) da impressora 3D, pois o mesmo impedia o levantamento das medidas necessárias, como largura e altura máximas e alinhamento dos parafusos existentes. A figura 18, ilustra a placa de montagem do Hotend.

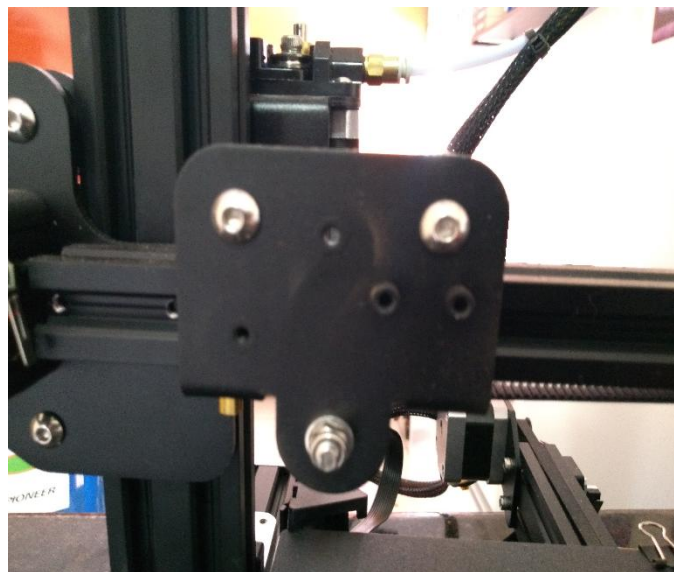


Figura 18: Placa de montagem do Hotend
Fonte: O próprio autor

Determinadas as medidas da placa aonde será instalado o suporte do motor, os dados foram inseridos no software Sketchup, para a modelagem 3D. A Figura 19, ilustra o modelo 3D da placa de montagem do Hotend.

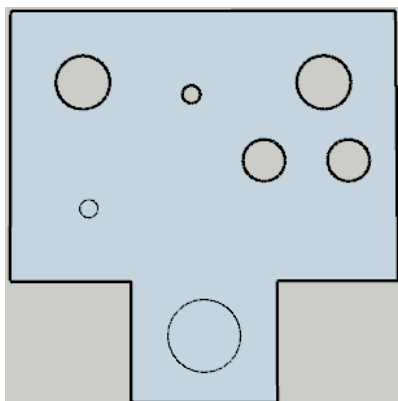


Figura 19: Modelagem 3D da placa de montagem do Hotend
Fonte: O próprio autor

Utilizando-se como base as medidas da Figura 19 e a largura de 50mm de diâmetro do motor Spindle utilizado no projeto, foi modelado o suporte para o motor. Após várias modelagens e testes, obteve-se o modelo final. As Figuras 20, 21 e 22, ilustram o suporte da adaptação do motor na impressora 3D.

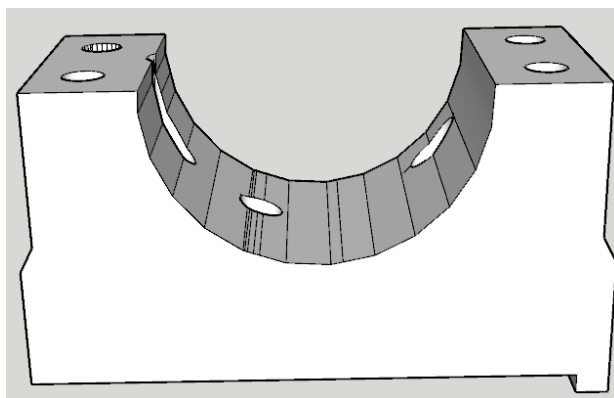


Figura 20: Modelo 3D da parte inferior do suporte do motor
Fonte: O próprio autor

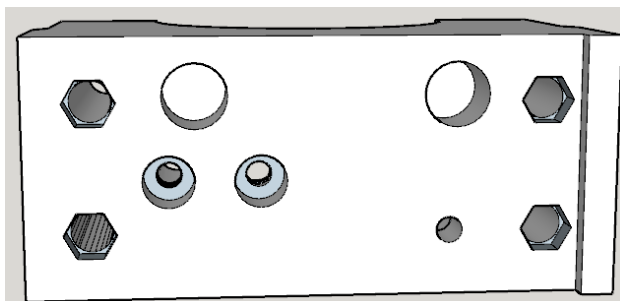


Figura 21: Vista inferior do suporte do motor
Fonte: O próprio autor

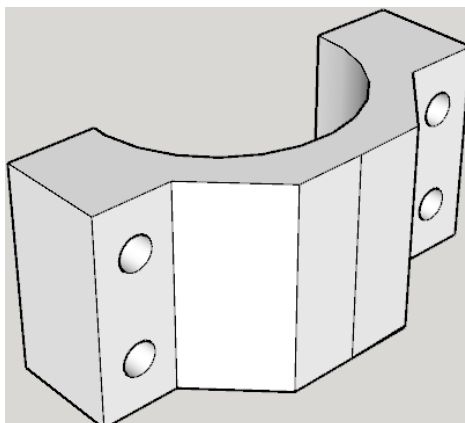


Figura 22: Modelo 3D da parte superior do suporte do motor
Fonte: O próprio autor

Finalizado a modelagem 3D do suporte, deu-se seguimento na confecção do mesmo na impressora 3D. Optou-se por utilizar como material do suporte o filamento PLA, devido a sua resistência e ao seu baixo ponto de fusão. A Figura 23, ilustra a fabricação do suporte do motor.

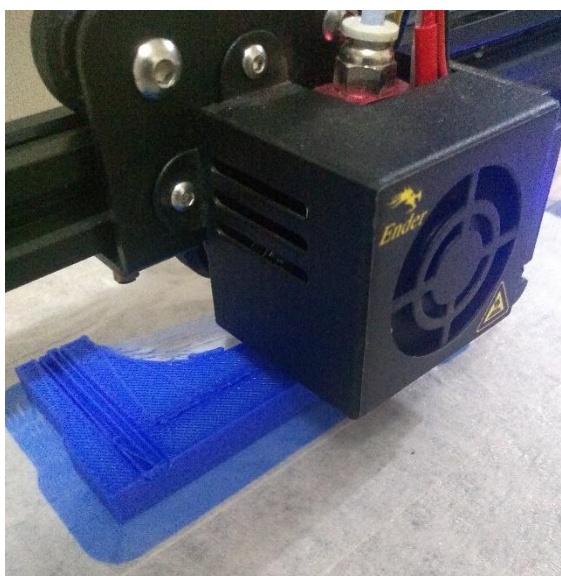


Figura 23: Modelo 3D do suporte do motor sendo impresso
Fonte: O próprio autor

Decorrido as etapas anteriores e as 8 horas 49 minutos de impressão, a modelagem 3D concebida no software Sketchup, foi transformada em um objeto físico e instalado na impressora Ender 3.

Na instalação do suporte foi necessário a utilização de 3 parafusos M3x30mm para fixar o suporte inferior do motor na placa de montagem. Também sendo empregado 4 parafusos M4x75

mm, 4 arruelas e 4 porcas M4 para a fixação da parte superior do suporte do motor. A Figura 24, ilustra o suporte do motor instalado na impressora.

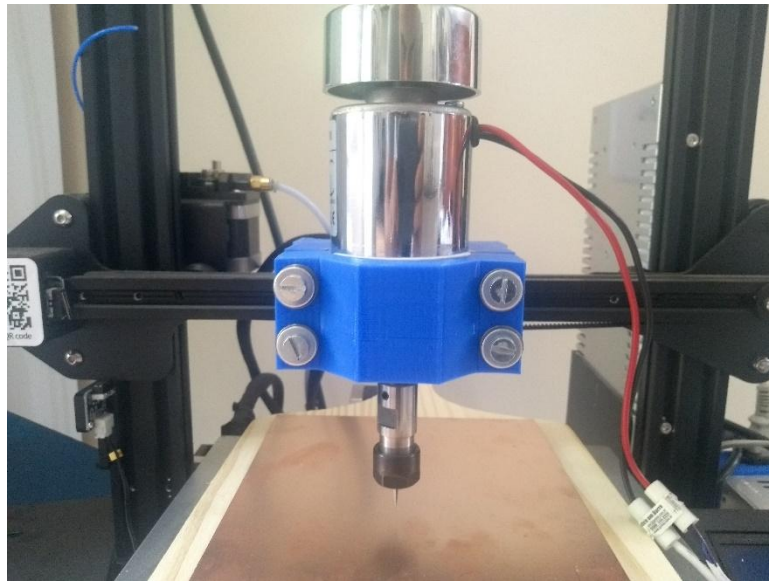


Figura 24: Suporte do motor instalado na impressora Ender
Fonte: O próprio autor

4.3 EAGLE

O software Eagle é um software criado para projetar placas de circuito impresso PCB (*Printed Circuit Board*), o mesmo, possui um amplo conteúdo em suas bibliotecas para facilitar o projeto do esquemático básico, o desenho da placa e o posicionamento de componentes na PCB. (AUTODESK, 2019).

Sendo o principal motivo de utilização neste projeto foi para se obter o arquivo gerber, o qual, é utilizado no software Flatcam para gerar o roteamento da placa.

4.3.1 PLACA MODELO

A placa fabricada, pode ser projetada no Eagle, onde-se realiza o diagrama e posterior desenho da placa, mas, para fins de utilização neste projeto foi escolhido um modelo de exemplo encontrado na biblioteca do Eagle. A Figura 25, ilustra a placa a ser confeccionada.

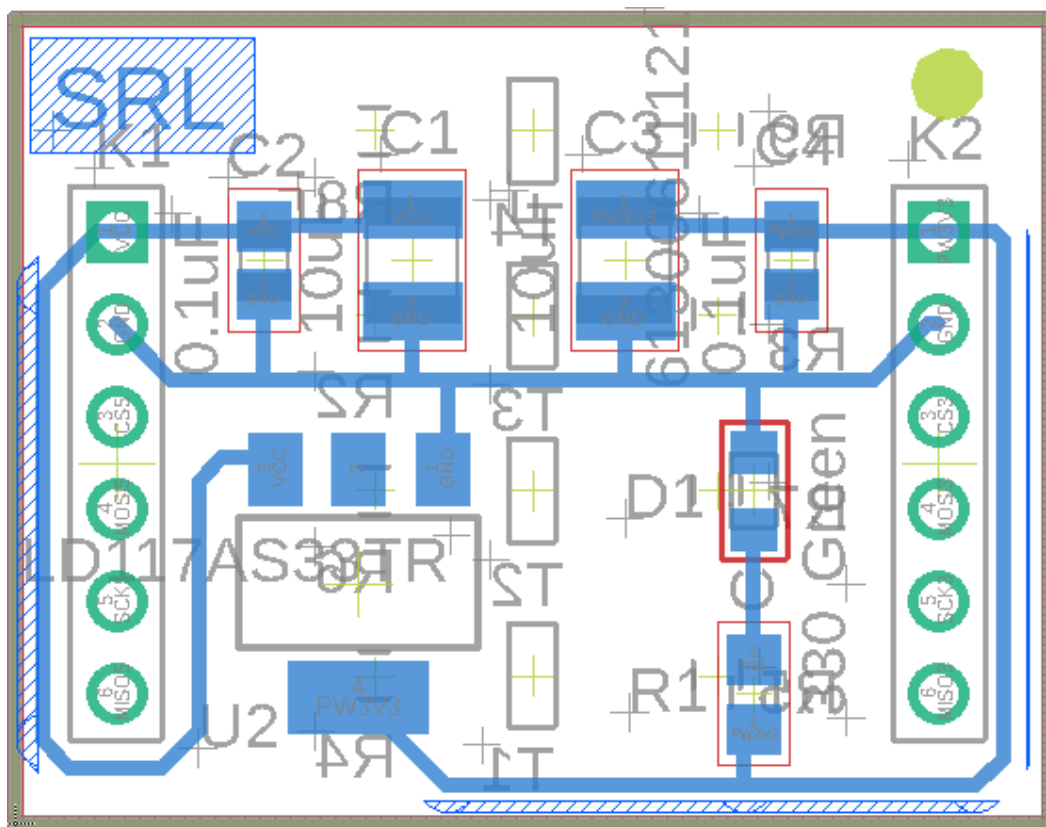


Figura 25: Placa teste a ser confeccionada
 Fonte: O próprio autor

4.3.2 CAM PROCESSOR

Para gerar o arquivo gerber que será lido pelo Flatcam, utiliza-se a função CAM processor (File > CAM Processor). A placa modelo possui apenas 1 camada e para tal não se faz necessário a utilização da opção mirror, por se tratar de uma montagem SMD. A Figura 26, ilustra a função CAM Processor.

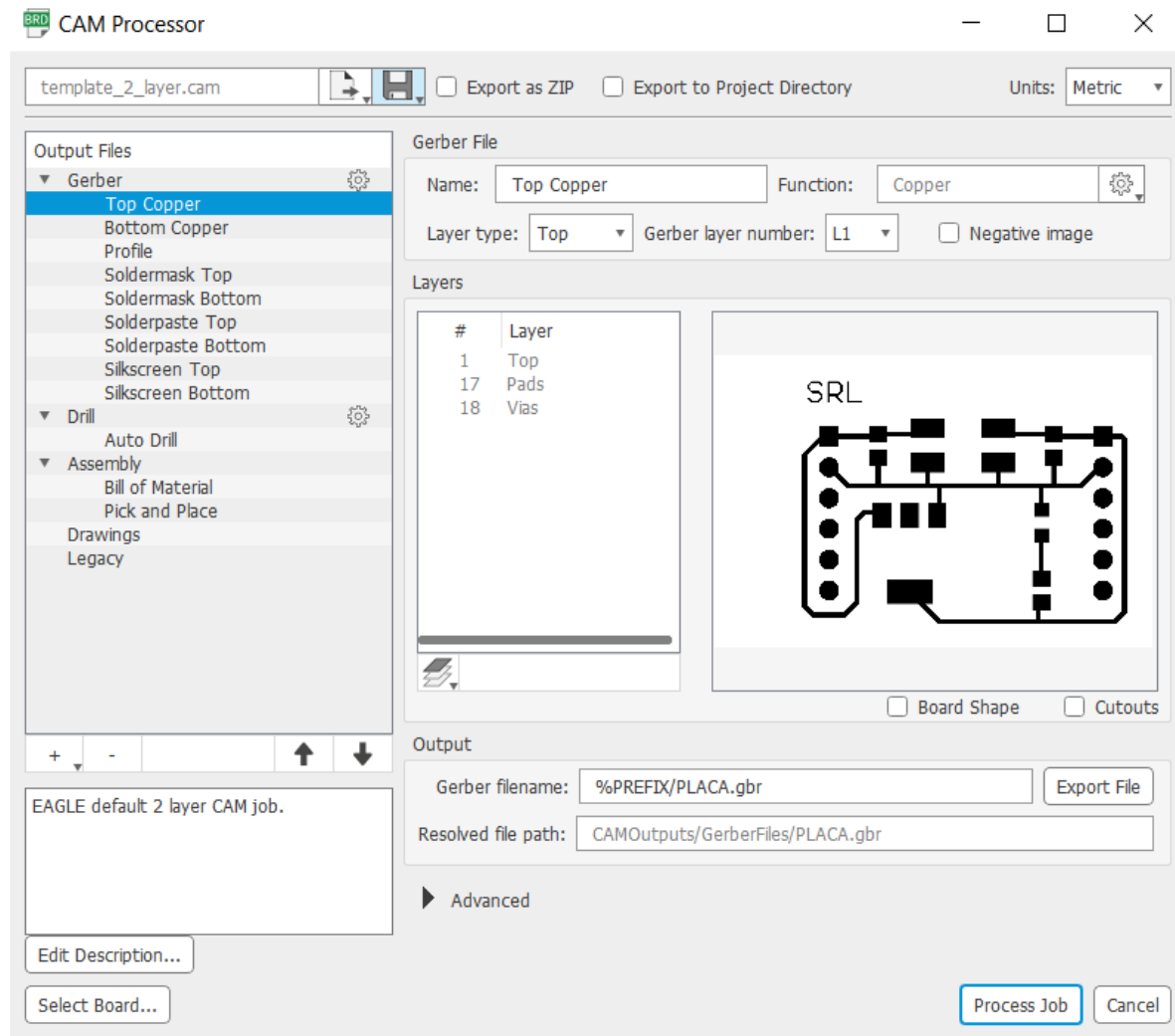


Figura 26: Função CAM Processor
Fonte: O próprio autor

Selecionado a opção Top Copper, o mesmo elege as camadas Top (superior), pads (ilhas) e vias para serem exportadas, entretanto para exportar o arquivo gerber é necessário pressionar o botão Process Job. O mesmo processo ocorre para o corte da placa aonde é selecionado a opção Profile e para o furo dos terminais passantes é selecionado a opção Auto Drill.

4.4 FLATCAM

O software Flatcam é um software livre conhecido principalmente por gerar as rotinas de roteamento de placas de circuito impresso, contudo é apenas uma de suas inúmeras aplicações (FLATCAM, 2019).

Para a confecção da placa no Flatcam se fez necessário alguns passos, tais como, inserir o comando “set_sys excellon_zeros T” está função institui que o formato do excellon exportado pelo Eagle, seja reconhecido e interpretado pelo Flatcam.

O segundo passo é à inserção do arquivo excellon referente aos furos dos terminais passantes e os arquivos gerber relativos a isolamento e o corte do circuito. A Figura 27, ilustra os arquivos inseridos.

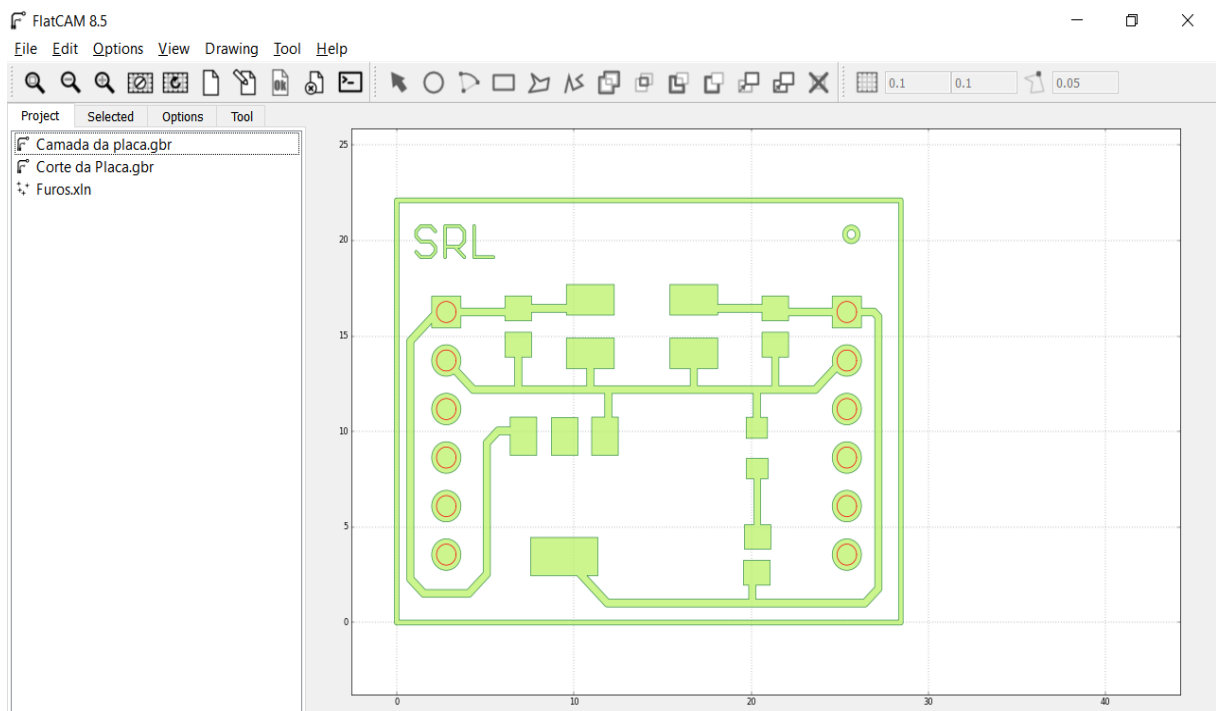


Figura 27: Flatcam com a placa modelo
Fonte: O próprio autor

Para gerar o arquivo gcode que pode ser lido pela impressora é necessário a configuração de cada função, tanto para a camada superior, quanto os furos e o corte da placa.

4.4.1 CAMADA SUPERIOR

4.4.1.1 CAMADA SUPERIOR GERBER

Para criar a isolação da camada superior é vital configurar o diâmetro da broca a ser utilizado, sendo empregado para a placa de teste à broca de 0,1 mm com ângulo de 10°.

Outro ponto a ser considerado é a quantidade de vezes que a broca irá passar para realizar a mesma função, pois com um maior número de passadas menor é a chance de haver curto circuitos na hora de soldar. Configurados estes itens gera-se a geometria. A Figura 28, ilustra as configurações da camada inferior.

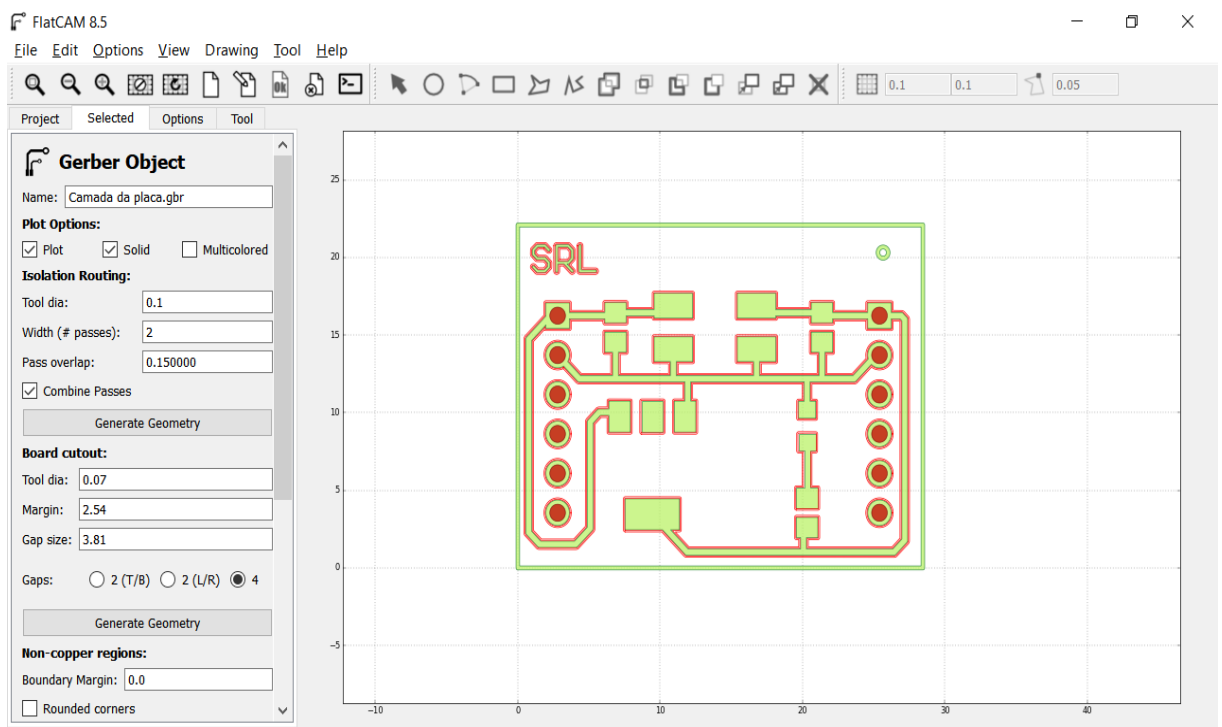


Figura 28: Isolação da camada superior

Fonte: O próprio autor

4.4.1.2 CAMADA SUPERIOR GERBER ISO

Nesta fase, também foi configurado outras opções de fresamento, como à profundidade de corte o qual foi selecionado -0.1 mm; para a altura da broca ao se movimentar fora do circuito foi fixado em 1 mm; o feed rate ou a velocidade de deslocamento nos eixos fez-se o uso da

velocidade de 76,2 mm/s e novamente o diâmetro da broca é 0,1 mm. Configurados estes itens, gera-se a geometria. A Figura 29, ilustra às configurações da camada inferior iso.

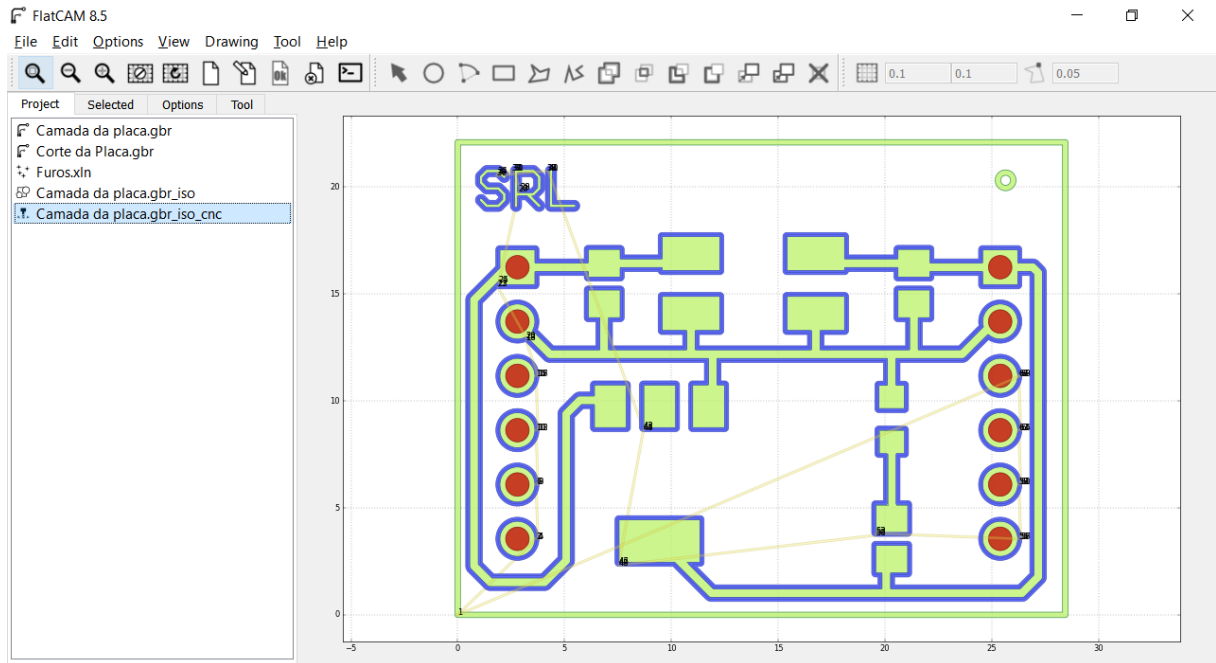


Figura 29: Roteamento CNC da camada superior

Fonte: O próprio autor

Após estes processos pode-se exportar o arquivo em formato SVG, para posterior utilização no site Tinkercad.

4.4.2 FUROS PARA OS TERMINAIS PASSANTES

No sentido de se realizar a furação para os terminais passantes deve-se determinar a profundidade do furo, portanto foi definido a profundidade de 1,8 mm visto que pode furar completamente a placa de fenolite. Já para a altura da broca ao se movimentar fora do circuito foi fixado em 6 mm; o feed rate ou a velocidade de deslocamento nos eixos fez-se o uso da velocidade de 15 mm/s e com diâmetro de 1,1 mm para a broca. Configurados estes itens é pressionado gera-se geometria, o que acarreta e uma rotina CNC. A Figura 30, ilustra às configurações excellon dos furos.

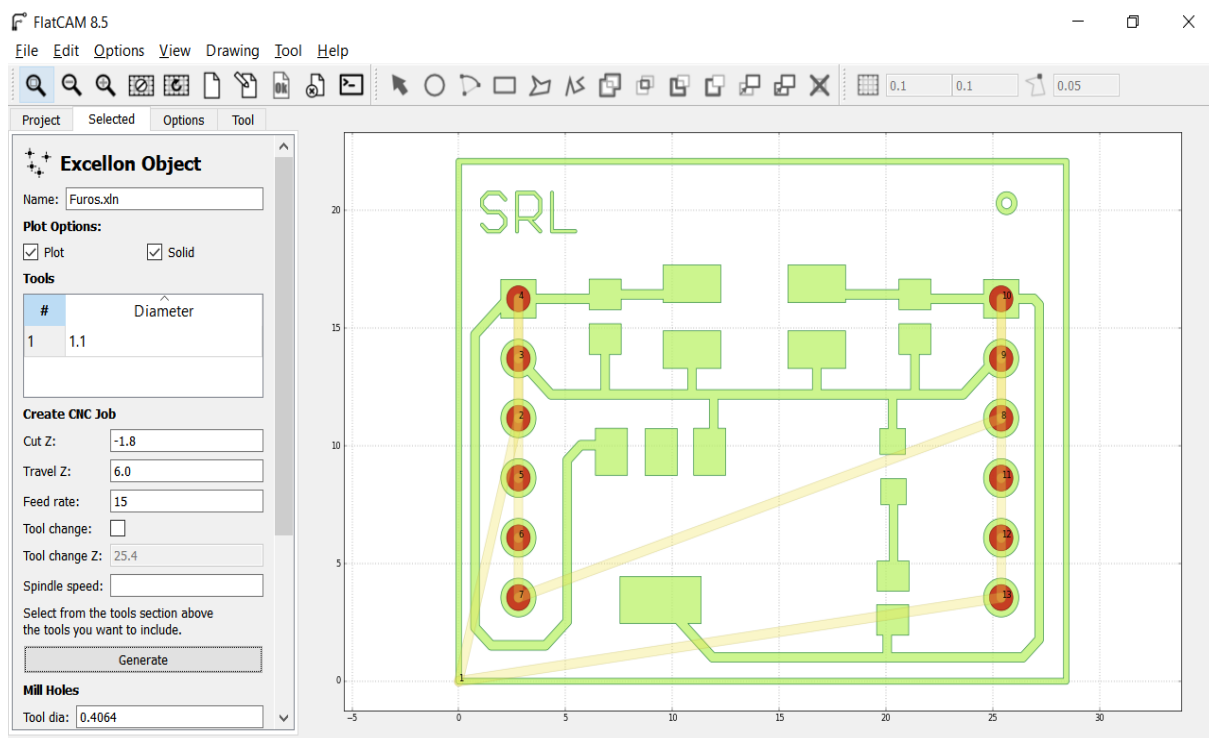


Figura 30: Roteamento CNC dos furos dos terminais passantes

Fonte: O próprio autor

Posteriormente a estes processos pode-se exportar o arquivo em formato SVG, para posterior utilização no site Tinkercad.

4.4.3 CORTE DA PLACA

4.4.3.1 CORTE DA PLACA GERBER

Para efetuar o corte da placa de circuito impresso, o processo é similar ao da camada superior, salvaguardas alguns pontos. Deve-se definir o diâmetro da broca a ser utilizado, sendo empregado para a placa de teste à broca de 0,8 mm. Configurados estes itens gera-se a geometria. A Figura 31, ilustra às configurações do corte da placa.

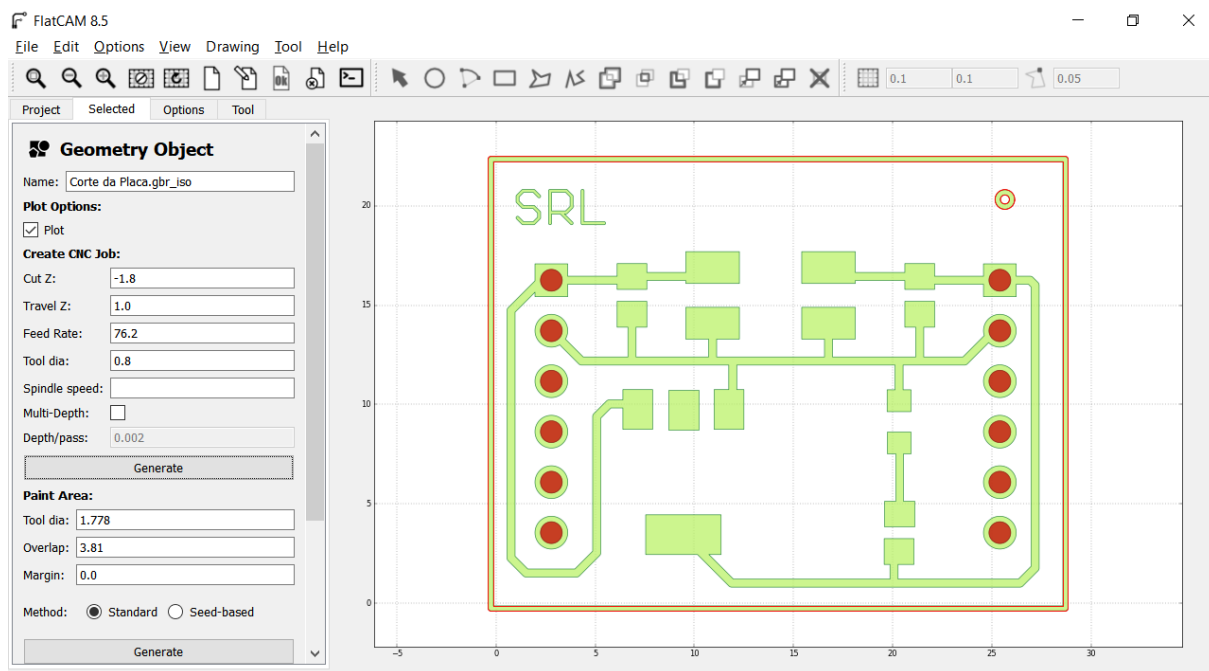


Figura 31: Configuração do corte da placa

Fonte: O próprio autor

4.4.3.2 CORTE DA PLACA GERBER ISO

Neste momento configura-se outras opções de fresamento, como a profundidade de corte da placa o qual foi selecionado -1.8 mm; para a altura da broca ao se movimentar fora do circuito foi fixado em 6 mm; o feed rate ou a velocidade de deslocamento nos eixos fez-se o uso da velocidade de 76,2 mm/s e novamente o diâmetro da broca é 0,8 mm. Configurados estes itens, gera-se a geometria. A Figura 32, ilustra às configurações do corte da placa iso.

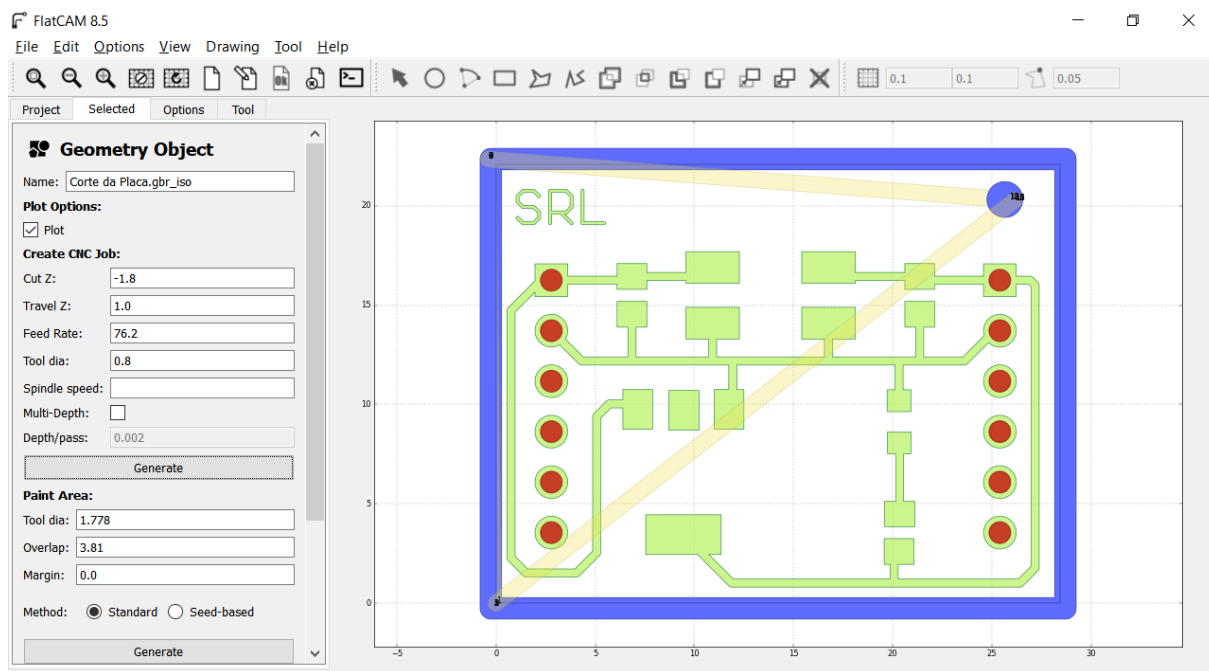


Figura 32: Configuração do roteamento para o corte da placa

Fonte: O próprio autor

Finalizados estes processos pode-se exportar o arquivo em formato SVG, para posterior utilização no site Tinkercad.

4.5 TINKERCAD

O Tinkercad é uma plataforma online de design de modelos 3D em CAD. A plataforma é reconhecida por ser gratuita e de fácil utilização. (TINKERCAD, 2019).

Está ferramenta foi empregada por permitir que de maneira prática e rápida haja à conversão do arquivo .svg gerado pelo Flatcam para um arquivo .stl, o qual, pode ser lido por um software slicer como Simplify 3D.

4.5.1 CONVERSÃO DA CAMADA SUPERIOR, FUROS E CORTE DA PLACA

Para a conversão do arquivo .svg para .stl, o processo todo se resume a dois passos. No primeiro faz-se login no site Tinkercad, abre-se um novo projeto e é realizada importação do

arquivo, o qual neste caso é a camada superior, furos e corte da placa. O segundo passo se resume a exportar o arquivo escolhendo a opção de exportar como .stl. As Figuras 33 e 34, ilustram a conversão da camada superior, furos e corte da placa.

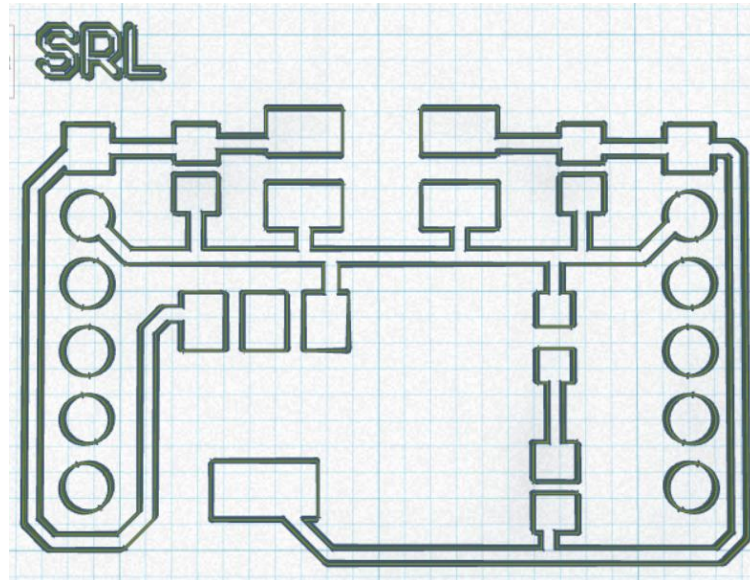


Figura 33: Conversão da camada superior

Fonte: O próprio autor

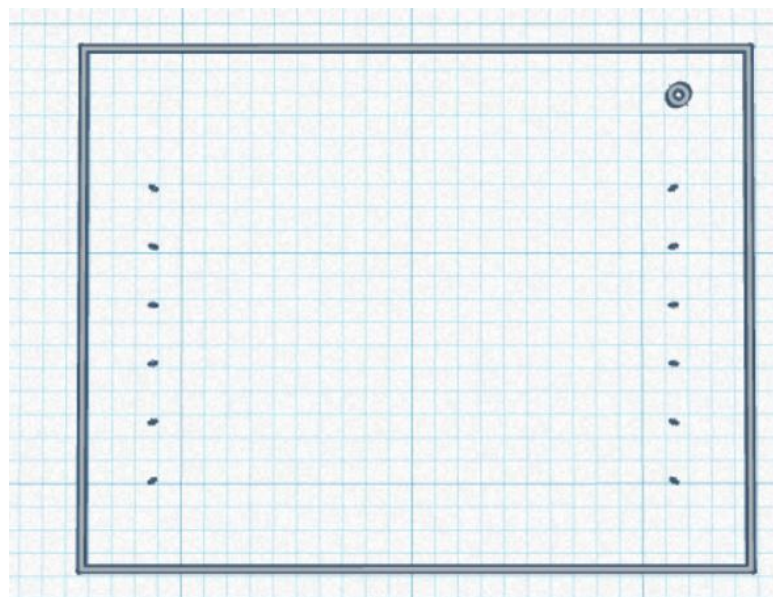


Figura 34: Conversão do corte da placa e furos

Fonte: O próprio autor

4.6 SIMPLIFY 3D

O Simplify 3D é um dos melhores e mais famosos software de fatiamento para impressoras 3D. O mesmo realiza a tradução do modelo 3D em instruções que a impressora 3D possa entender. (SIMPLIFY 3D, 2019).

Após a conversão das rotinas geradas no Flatcam, as quais foram posteriormente convertidas pelo site Tinkercad para um modelo 3D editável e interpretável pelo software Simplify 3D.

Prosegue-se para a próxima etapa da confecção da placa, onde é realizado a importação do modelo 3D e é efetuado uma configuração que atenda a necessidade do projeto. A Figura 35, ilustra os objetos inseridos no Simplify 3D.

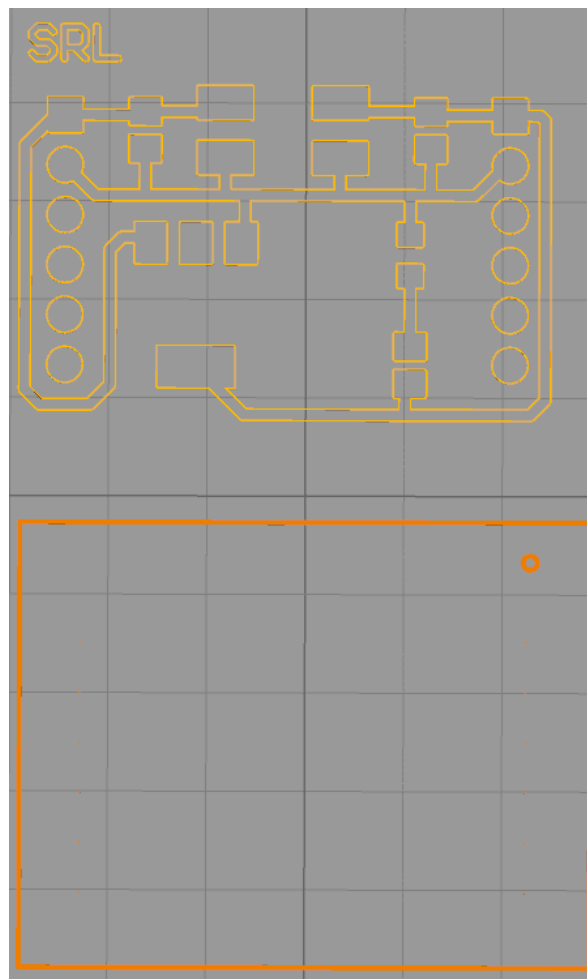


Figura 35: Inserção do modelo 3D no Simplify 3D

Fonte: O próprio autor

4.6.1 CONFIGURAÇÃO DA ESPESSURA DO OBJETO

Para que ocorra a remoção mecânica do cobre da placa, define-se a espessura do objeto em 0,1 mm, dado que ao configurar os processos para o roteamento será removido apenas a camada superficial de cobre do objeto. A Figura 36, ilustra a definição da espessura de camada do circuito.

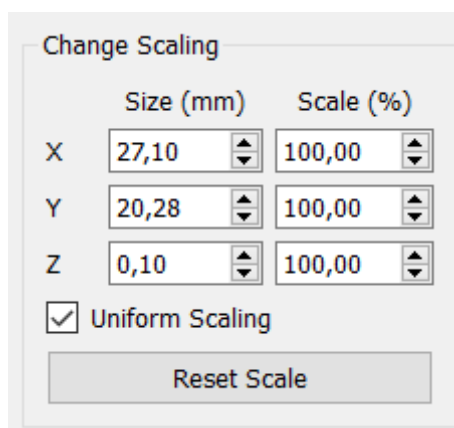


Figura 36: Definição da espessura de camada do circuito

Fonte: O próprio autor

4.6.2 CONFIGURAÇÃO DOS PROCESSOS PARA O ROTEAMENTO

Após a definição da espessura da camada do circuito, altera-se as configurações do processo de roteamento.

4.6.2.1 ABA EXTRUDER

Na aba extrusão, altera-se a “*Extrusion Width*” ou largura de extrusão para um valor mais baixo do que os pré-estabelecidos pelo software, pois acarreta em uma melhora do roteamento gerado pelo software e devido a essa característica fora adotado para este projeto o valor de 0,07 mm.

Define-se a “*Retraction Vertical Lift*” ou retração para a altura da broca ao se movimentar fora do circuito em 1 mm e a “*Retraction Speed*” ou velocidade de retração para 76,2 mm/s. A Figura 37, ilustra as configurações da aba Extruder.

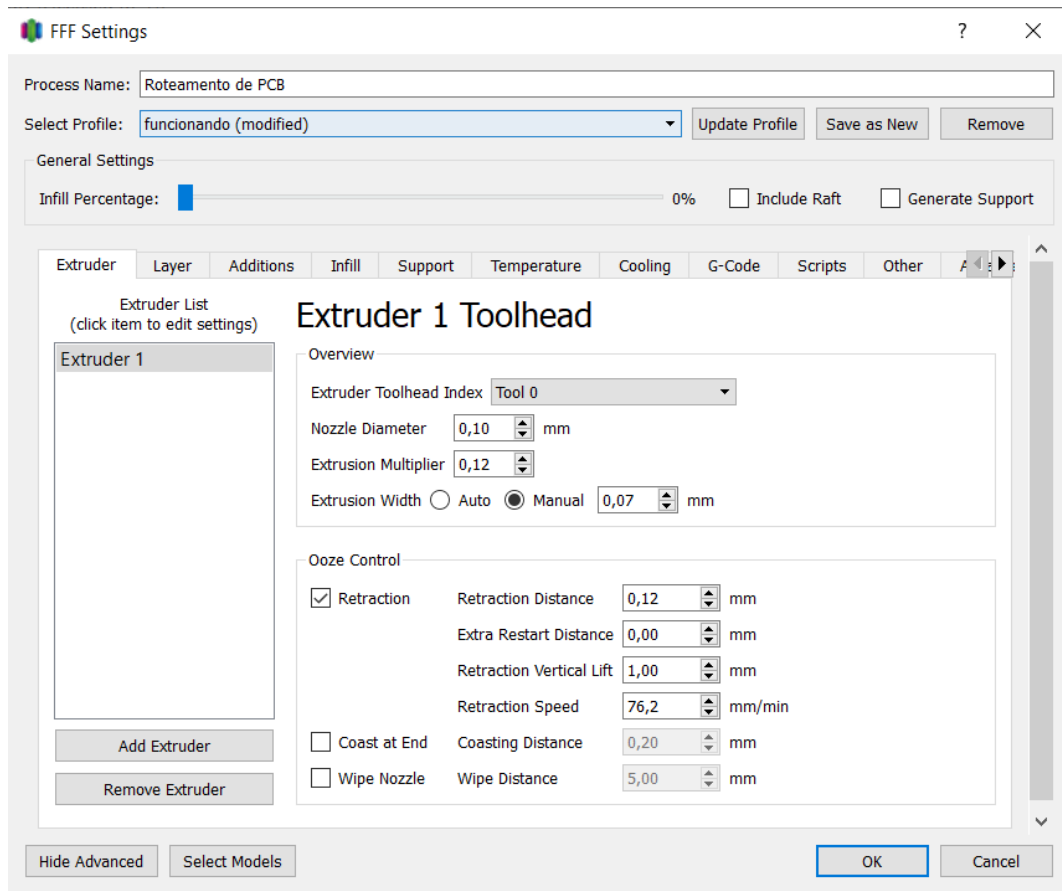


Figura 37: Configurações da aba Extruder

Fonte: O próprio autor

4.6.2.2 ABA LAYER

Na aba Layer, altera-se a “*Primary Layer Height*” ou altura da camada primária para 0,1 mm, do mesmo modo que fora alterado para que o circuito/objeto possuísse uma altura de 0,1 mm. A Figura 38, ilustra as configurações da aba Layer.

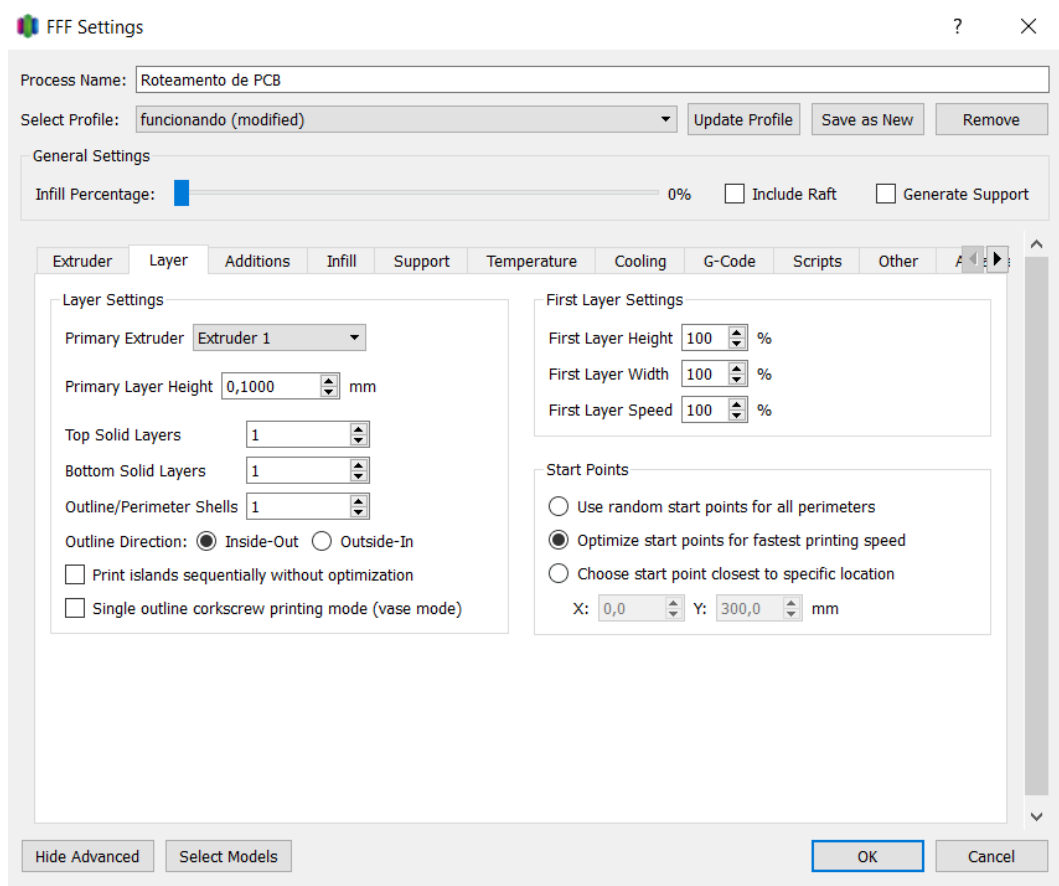


Figura 38: Configurações da aba Layer

Fonte: O próprio autor

4.6.2.3 ABA ADDITIONS

Na aba Additions, desliga-se as opções Skirts/Brim, pois são modos criados para gerar uma maior adesão da peça 3D à mesa de impressão e conforme não irá ocorrer a deposição de material e será utilizado uma broca em vez de um Hotend, não se faz necessário o uso desta função. A Figura 39, ilustra as configurações da aba Additions.

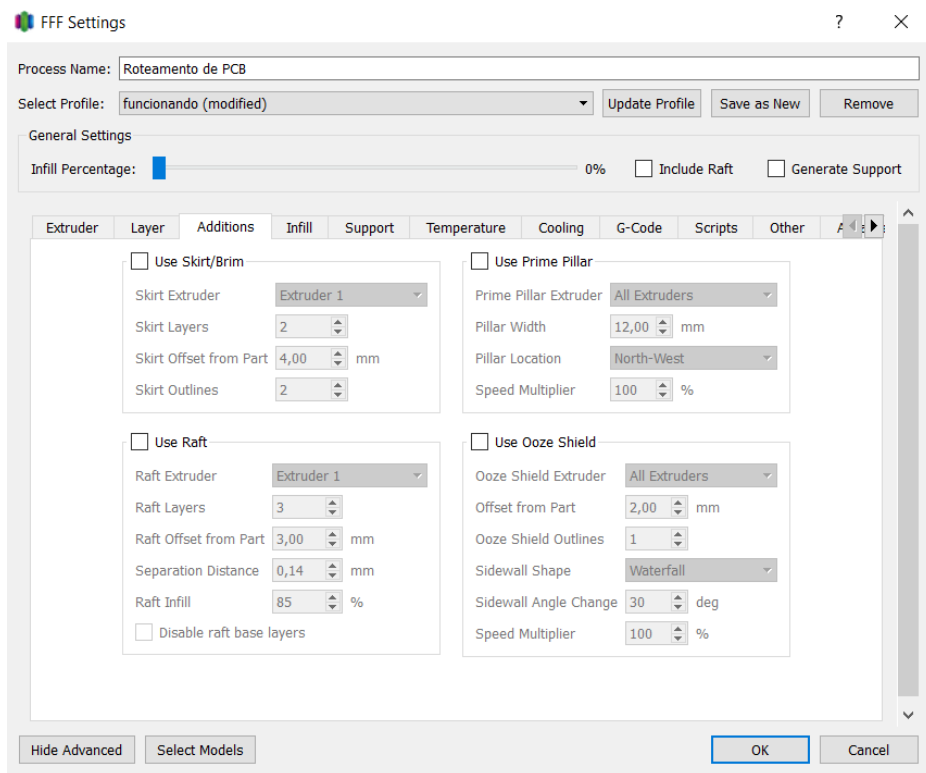


Figura 39: Configurações da aba Additions

Fonte: O próprio autor

4.6.2.4 ABA INFILL

Na aba Infill, zera-se a “*Infill Percentage*” ou porcentagem de preenchimento, dado que apesar de ser um fator crucial na impressão 3D pelo mesmo definir a quantidade de horas de impressão e dureza do material. Na confecção da PCB a mesma não se faz a utilização de filamento, portanto, o mesmo deve ser zerado. A Figura 40, ilustra as configurações da aba Infill.

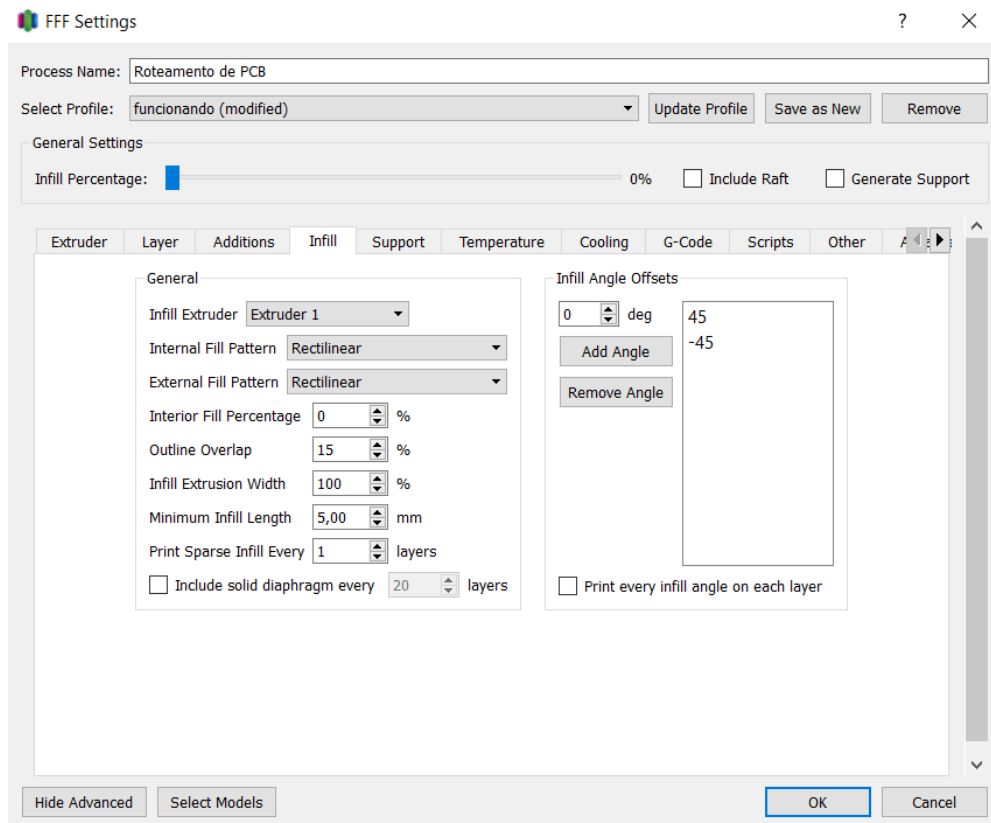


Figura 40: Configurações da aba Infill

Fonte: O próprio autor

4.6.2.5 ABA SUPPORT

Na aba Support, desativa-se à opção “*Generate Support Material*” ou gerar material de suporte, pois é uma ferramenta criada para evitar a deformação das camadas do objeto, visto que a impressão 3D efetua a sobreposição de camada sobre camada e ao ser realizado a deposição do filamento em áreas sem camada anteriores a mesma pode deformar, todavia, conforme não será utilizado filamento, o mesmo pode ser desligado. A Figura 41, ilustra as configurações da aba Support.

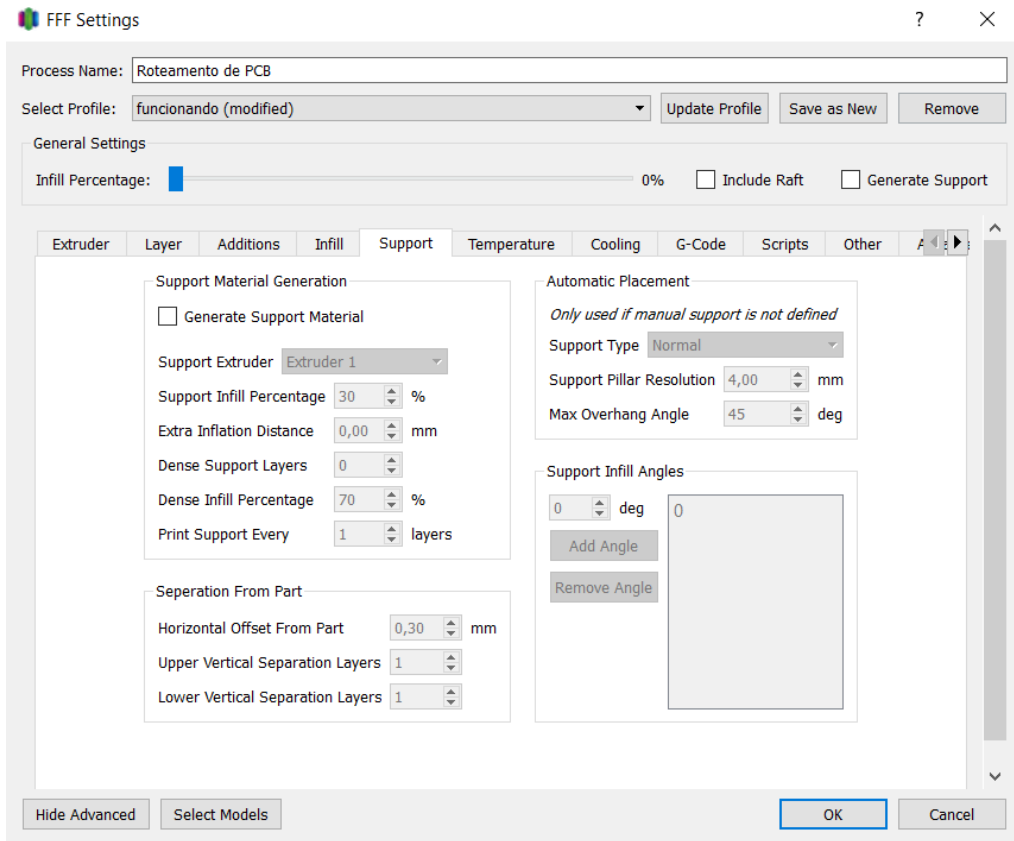


Figura 41: Configurações da aba Support

Fonte: O próprio autor

4.6.2.6 ABA TEMPERATURE

Na aba Temperature, deve-se pressionar o botão “*Remove Temperature Controller*” ou remover controlador de temperatura, pois não será utilizado o controle de temperatura do Hotend e da Heated Bed, visto que, não haverá a deposição de material, contudo, pode-se definir também a temperatura como a ambiente, caso decida-se manter o controlador de temperatura. A Figura 42, ilustra as configurações da aba Temperature.

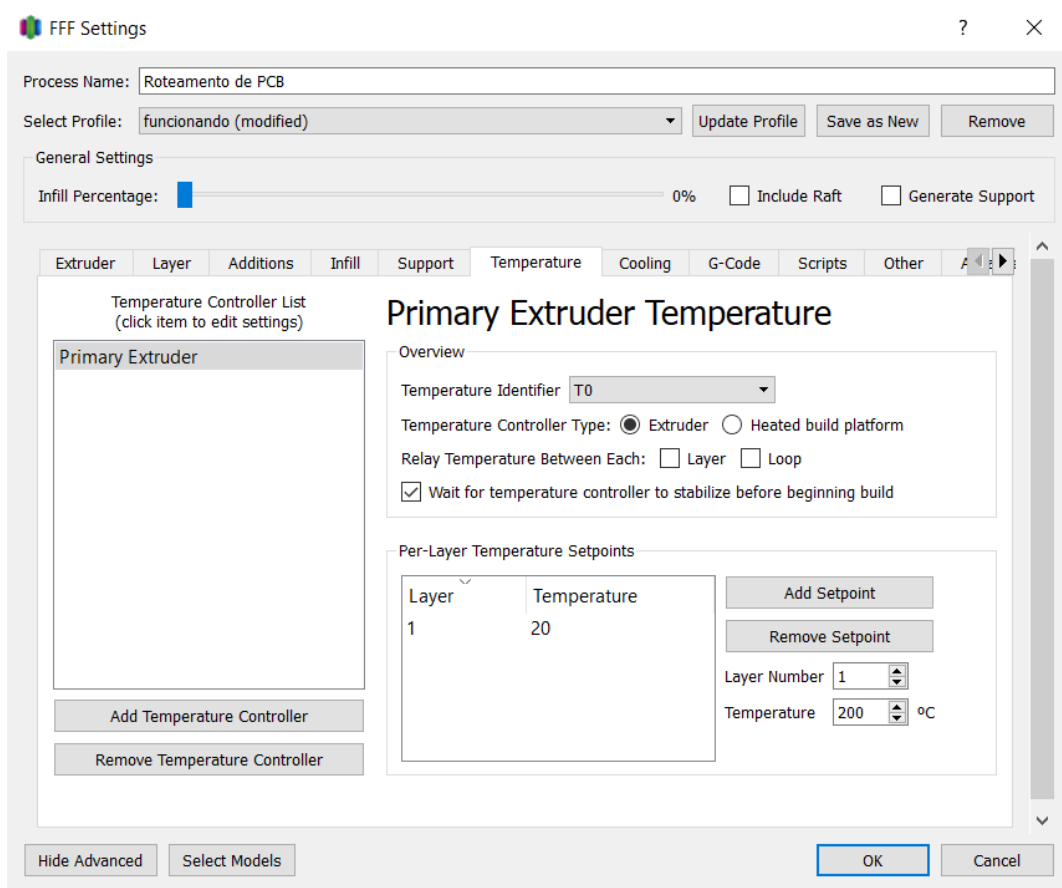


Figura 42: Configurações da aba Temperature

Fonte: O próprio autor

4.6.2.7 ABA G-CODE

Na aba G-Code, deve-se ajustar a opção “*Global G-Code Offset*” ou deslocamento global do g-code, já que, conforme foram adicionados um suporte e um motor integrado a ele, alterou-se o centro da cabeça de impressão, o que, acabou tornando-o deslocado da mesa de impressão. Portanto, adicionou-se 15 mm no eixo Y para ajustar ao ponto original da cabeça de impressão em relação a mesa. A Figura 43, ilustra as configurações da aba G-Code.

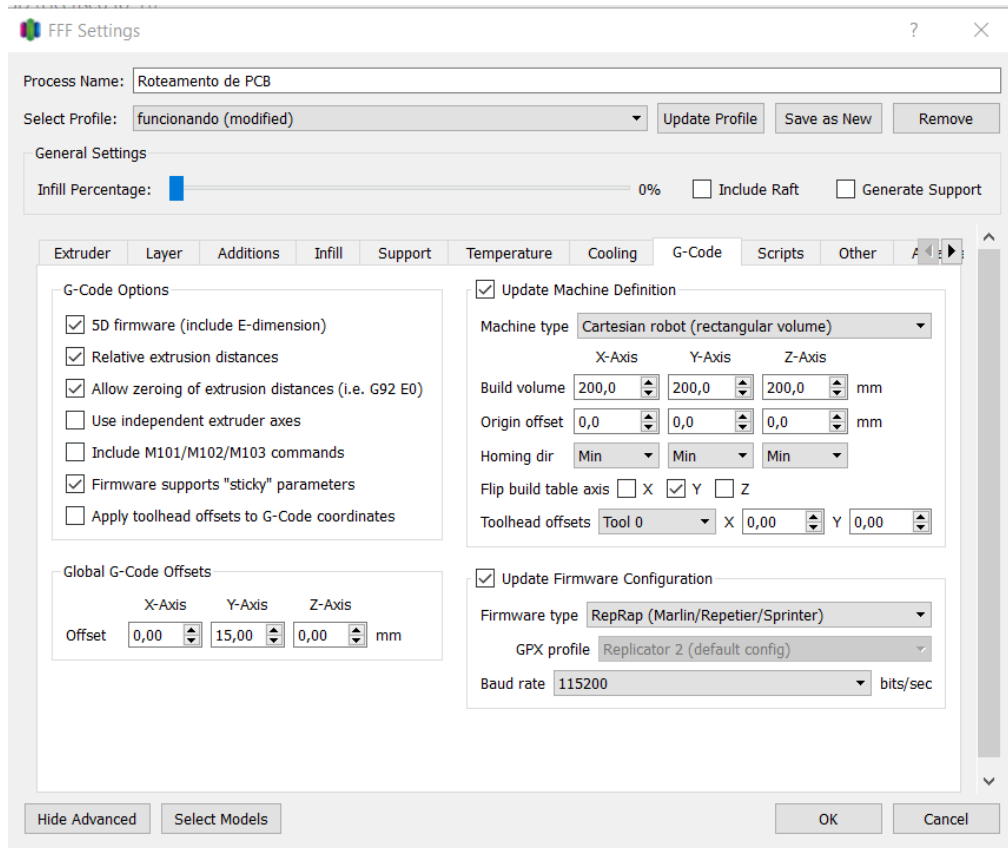


Figura 43: Configurações da aba G-Code

Fonte: O próprio autor

4.6.2.8 ABA OTHER

Na aba Other, deve-se ajustar as velocidades que serão utilizadas para o roteamento da placa, como à “*Default Printing Speed*” ou velocidade de impressão padrão em 100 mm/min, à “*X/Y Axis Movement Speed*” ou velocidade dos eixos x/y em 76,2 mm/min e a “*Z axis Movement Speed*” ou velocidade de movimentação do eixo Z em 27,6 mm/min. A Figura 44, ilustra às configurações da aba Other.

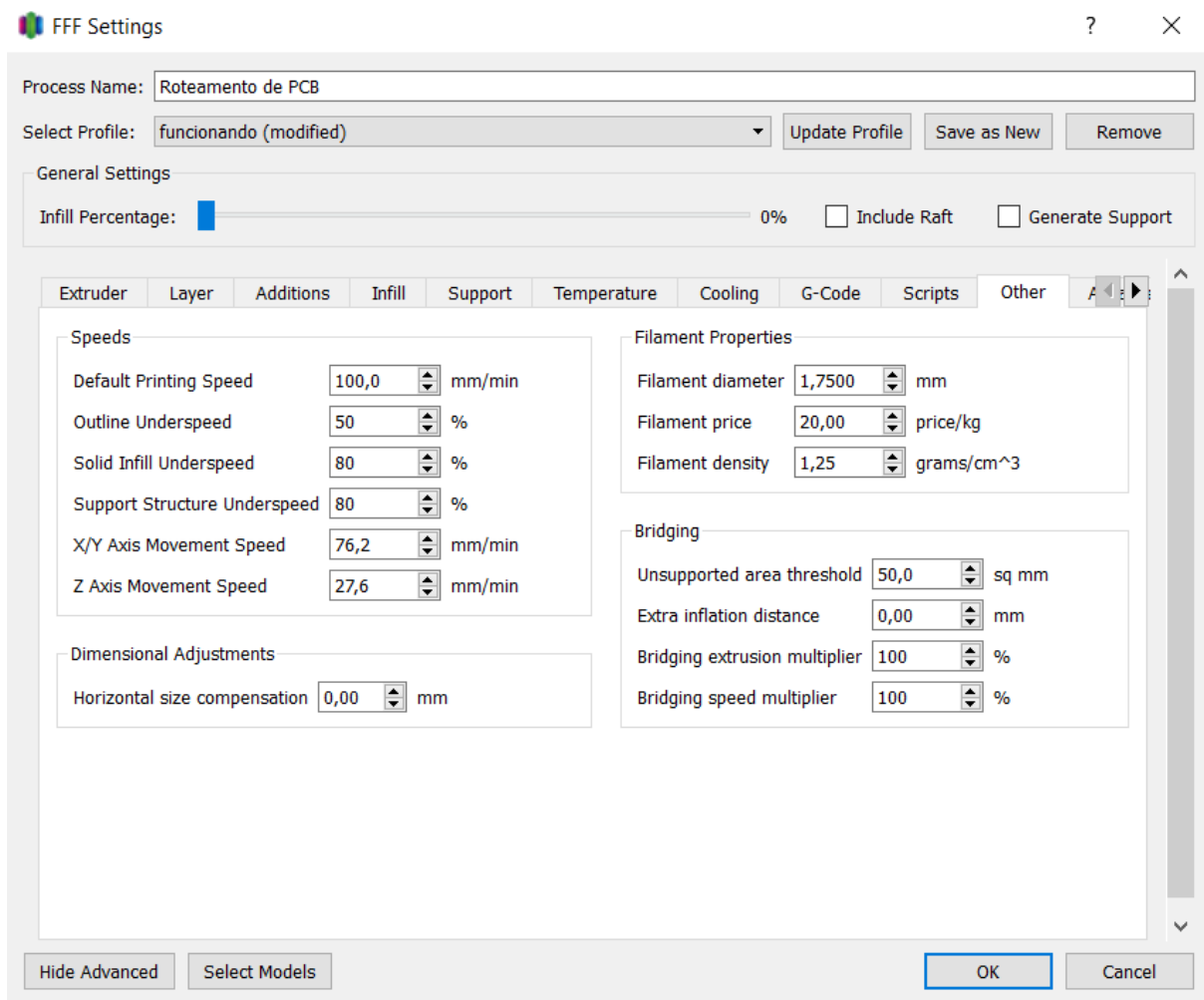


Figura 44: Configurações da aba Other

Fonte: O próprio autor

4.6.3 FATIAMENTO DO PCB

Decorrida a gravação das configurações realizadas anteriormente, pode-se dar continuidade no fatiamento ou geração das rotinas de confecção de objeto, selecionando-se a opção “*Prepare To Print*” ou preparar para impressão.

Selecionado a opção, o mesmo, irá gerar as rotinas de roteamento da PCB e ofertar às opções de confecção da placa, seja ela por cabo USB ou por armazenamento em um dispositivo móvel (USB, Cartão SMD e etc). A Figura 45, ilustra as rotinas geradas pelo software para a confecção da placa.

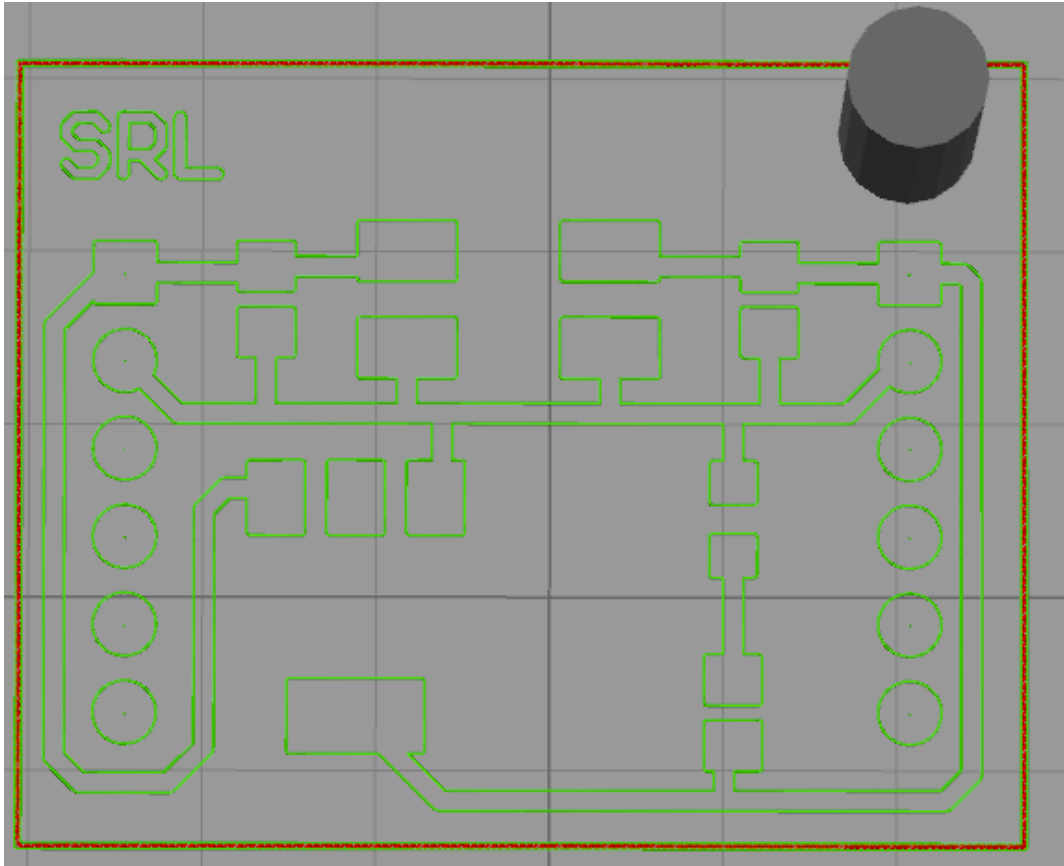


Figura 45: Rotinas geradas pelo software para a confecção da placa

Fonte: O próprio autor

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 RESULTADOS

Após realizado a geração dos arquivos e efetuado a criação das rotinas de roteamento, os quais foram salvos em um dispositivo móvel SMD e realizado os testes na impressora 3D.

5.1.1 PRIMEIRO TESTE

Para empreender o primeiro teste, foram realizadas algumas adaptações para a confecção da placa, como a instalação do suporte do motor na impressora, a deposição de uma base de sacrifício entre a mesa de impressão e a placa de fenolite, visto que, a broca desce alguns milímetros a mais do que a espessura da placa e uma fonte 12V para a alimentação do motor, conferindo ao mesmo uma velocidade de 3000 RPM.

Decorrido a instalação destas peças, foi realizado o nivelamento da mesa de impressão, para que, a fresa de 0,1 mm retirasse igualmente o material por todo o circuito. Transcorrido estas etapas, deu-se seguimento na produção da PCB. A Figura 46, ilustra o resultado obtido com o primeiro teste.

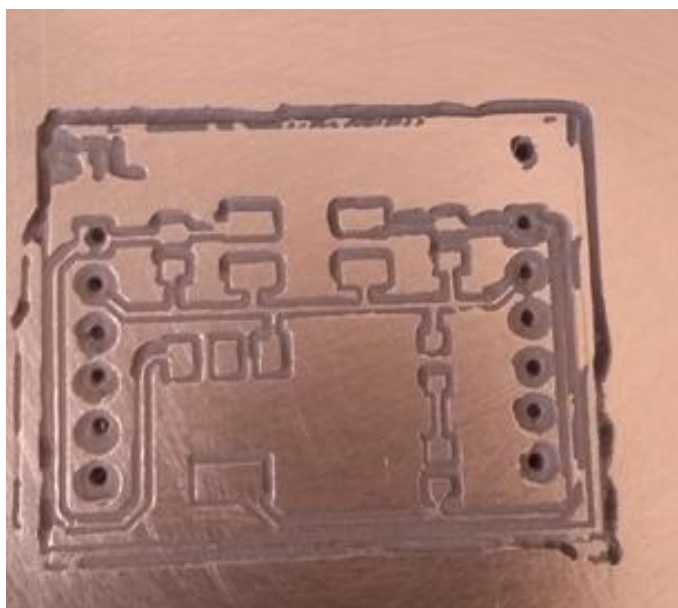


Figura 46: Primeiro resultado obtido da fabricação da PCB

Fonte: O próprio autor

Conforme pode ser observado na Figura 46, a fresa retirou demasiado material das trilhas, inclusive inutilizando algumas delas. Não obstante, os furos para os terminais passantes ficaram sem cobre nas ilhas para posterior solda de componentes e o desgaste para o corte integral da placa ocorreu de forma irregular, o que por fim, não acabou realizando-o com êxito.

Neste experimento, constatou-se que em razão do diminuto tamanho do circuito em questão e o fato do mesmo possuir montagem SMD, exige que a impressora tenha grande precisão, principalmente no nivelamento da mesa de impressão.

5.1.2 SEGUNDO TESTE

No segundo teste, manteve-se as configurações do teste predecessor, visto que, fora constatado que o mesmo não foi o causador dos problemas. Sendo o maior atribulador do processo e da qualidade da placa, o nivelamento da mesa de impressão.

Devido à altura da mesa, a fresa ao realizar as rotinas de roteamento pode remover material em demasia, acarretando em uma baixa qualidade da placa e circuitos abertos. Neste teste também, houve a substituição da fresa de 0,1 mm, dado que, devido ao teste anterior a mesma tornou-se maior em detrimento da ponta. A figura 47, ilustra o resultado obtido com o segundo teste.

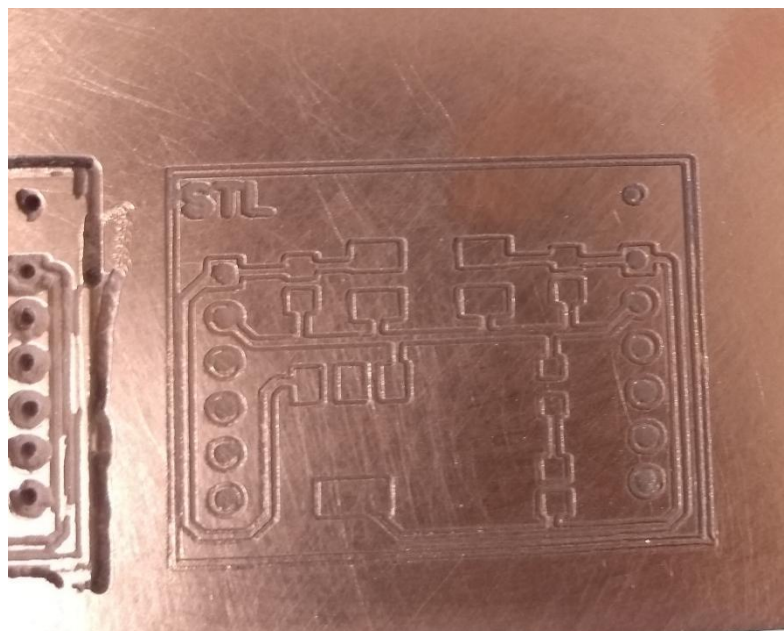


Figura 47: Segundo resultado obtido da fabricação da PCB

Fonte: O próprio autor

Na confecção da segunda placa notou-se uma melhora significativa na qualidade da mesma, mostrando-se acertada o novo nivelamento da mesa de impressão. Conforme pode-se visualizar na Figura 47, houve a completa remoção da camada de cobre para à criação do isolamento necessário para às ilhas e trilhas do circuito.

5.1.3 TERCEIRO TESTE

Em decorrência dos testes anteriores, decidiu-se realizar todos os processos da confecção da placa, após o roteamento da placa, o mesmo realizará à perfuração para os terminais passantes e posterior corte da placa. Para tal, foi iniciado o isolamento das trilhas e ilhas do circuito, sendo novamente utilizado a broca de 0,1mm. A Figura 48, ilustra o resultado obtido com o terceiro teste.

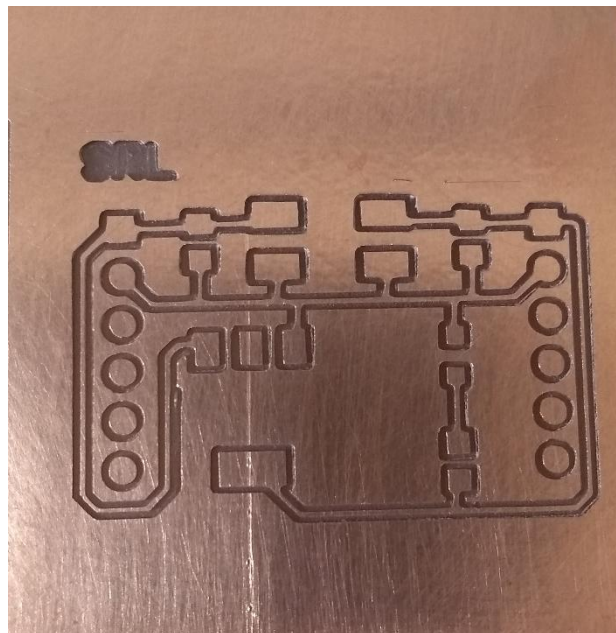


Figura 48: Terceiro resultado obtido na fabricação da PCB

Fonte: O próprio autor

Após a finalização desta etapa foi efetuada a troca da fresa de 0,1 mm para a fresa de 0,8 mm, a qual realizou a perfuração dos terminais e o corte final da placa. A Figura 49, ilustra o resultado obtido com o corte da placa do terceiro teste.

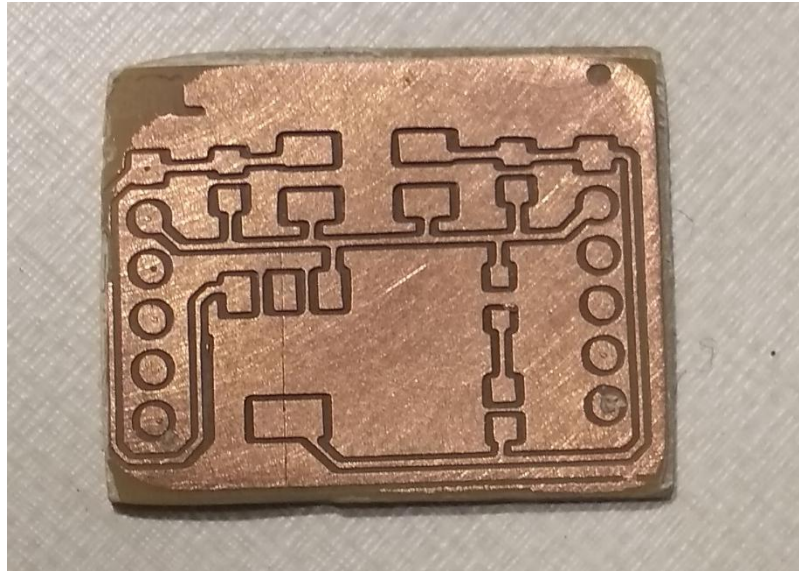


Figura 49: Terceiro resultado obtido após o corte da PCB

Fonte: O próprio autor

Na manufatura da terceira placa, obteve-se uma qualidade mais elevada do que o segundo teste, contudo, apesar da peça estar devidamente nivelada, o corte da placa gerou severas vibrações, o que, acarretou na movimentação da placa na mesa de impressão e fazendo a fresa transcorresse sobre uma das trilhas previamente confeccionadas.

5.1.4 QUARTO TESTE

Visto o resultado obtido no terceiro teste, ocorreu a movimentação da placa e em decorrência uma das vias acabou por ficar inutilizável, foi aplicado além da fita dupla face um grampo metálico para evitar o incidente anterior. As configurações do software foram mantidas e o nivelamento da mesa, foi refeito devido aos erros do terceiro teste. A Figura 50, ilustra o resultado obtido com o quarto teste.

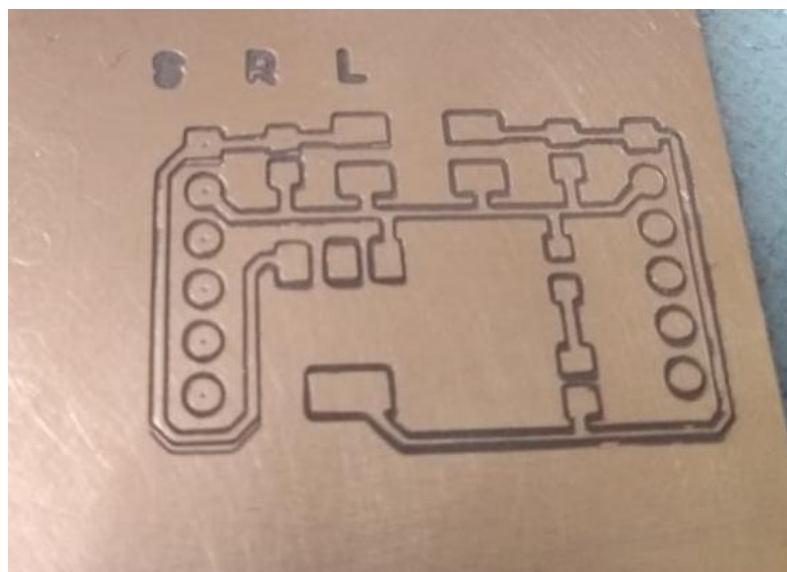


Figura 50: Quarto resultado obtido na fabricação da PCB

Fonte: O próprio autor

Realizado o roteamento para a isolamento das ilhas, trilhas e a marcação dos furos para a próxima etapa, foi efetuada a troca da fresa de 0,1 mm para a fresa de 0,8 mm, a qual realizou a perfuração dos terminais e o corte final da placa. A Figura 51, ilustra o resultado obtido com o corte da placa do quarto teste.

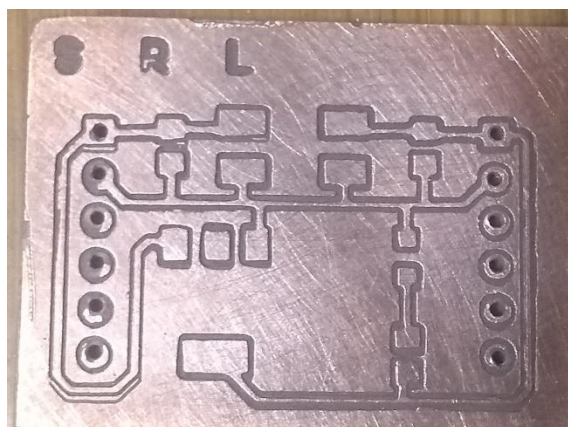


Figura 51: Quarto resultado obtido após o corte da PCB

Fonte: O próprio autor

Na fabricação da quarta placa, obteve-se uma excelente qualidade. As perfurações para os terminais passantes evidenciam que mesmo após a troca das brocas, continuou centralizado e o corte da placa ocorreu sem demais problemas para a impressora, mesmo com a maior vibração gerada da pelo corte, mostrando-se eficiente o grampo metálico instalado.

6 CONCLUSÃO

Conclui-se que a proposta deste trabalho de apresentar uma nova visão sobre as impressoras 3D visto que além da fabricação de objetos, as mesmas podem ser utilizadas como alternativas para máquinas de elevado custo, como às roteadoras de placa de circuito impresso ou PCB.

No decorrer da obtenção deste resultado, realizou-se a configuração dos software e fora idealizado e confeccionado o suporte para a adaptação do motor na posição do Hotend. Para tal, utilizou-se os furos pré-existentes, tornando-o mais simples em sua fixação, pois, desaparafusando-se os parafusos que fixam o Hotend na placa do eixo x é efetuado o posicionamento do suporte do motor e retido o mesmo no lugar.

No decorrer do trabalho constatou-se que a plataforma da impressora Ender 3, apesar de ser rígida e robusta, ainda gerou influência da mesma na qualidade da placa, todavia, o parâmetro que proporcionou uma maior influência é considerado um dos parâmetros mais simples na impressão 3D.

O nivelamento da mesa de impressão apesar de ser algo relativamente corriqueiro, mostrou-se desafiador para a confecção da placa, visto que, apesar de ser possível conseguir um bom nivelamento se valendo do uso das polias existentes na mesa de impressão, fatores como a própria placa ser minimamente curvada pode ocasionar na quebra da ponta da fresa, requerendo a substituição da mesma e um novo ajuste no nivelamento.

Apesar das dificuldades inerentes da fabricação de placas de circuito impresso, como o nivelamento e a qualidade dos materiais, a mesma, mostrou-se viável ao se fazer utilização da plataforma de uma impressora 3D. Inclusive em placas diminutas que possuem ilhas para componentes SMD's, as quais, demandam uma maior precisão para se atingir uma boa qualidade.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARDUINO. Arduino Mega 2560. Disponível em: <<https://store.arduino.cc/usa/mega-2560-r3>>. Acesso em: 16 mar. 2019.

AUTODESK. Software Eagle. Disponível em: <<https://www.autodesk.com.br/products/eagle/overview>>. Acesso em: 19 out. 2019

FLATCAM. Software Flatcam. Disponível em: <<http://flatcam.org/>>. Acesso em: 19 out. 2019

LASHIN, M. M. Design and Execution of a 3D Printer Using a PLA Filament as a new Application of Arduino. International Journal of Mechanical Engineering and Technology, v. 5, n. 7, 2014.p. 171-183. Disponível em: <<http://www.iaeme.com/MasterAdmin/UploadFolder/30120140507017/30120140507017.pdf>>. Acesso em: 17 mar. 2019.

MARLIN. Marlin Firmware. Disponível em: <marlinfw.org>. Acesso em: 17 mar. 2019.

MELO, Paulo R. de S.; RIOS, Evaristo C. D.; GUTIERREZ, Regina M. V. Placas de Circuito Impresso: Mercado Atual e Perspectivas. Rio de Janeiro: 2009. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set1406.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2019.

POLULU. A4988 Stepper Motor Driver Carrier. Disponível em: <<http://www.pololu.com/product/1182>>. Acesso em: 17 mar. 2019.

REPRAP. Ramps 1.4. Disponível em: <https://reprap.org/wiki/RAMPS_1.4>. Acesso em: 17 mar. 2019.

REPRAP. Heated Bed. Disponível em: <https://reprap.org/wiki/Heated_Bed>. Acesso em: 17 mar. 2019.

ROBOHELP. Motor Spindle 48v 300w Cnc Router Fresa Tb6560 Disponível em: < <http://www.robohelp.com.br/motor-spindle-48v-300w-cnc-router-fresa-tb6560>>. Acesso em: 31 mar. 2019.

SIMPLIFY 3D. Software Simplify 3D. Disponível em:< <https://www.simplify3d.com/>>. Acesso em: 27 out. 2019

SKETCHUP. Software Sketchup. Disponível em:< <https://www.sketchup.com/pt-BR>>. Acesso em: 19 out. 2019

SOUZA, Marco A. A. Implementação de Sistema Controlado de Motor de Passo em Malha Fechada Utilizando Tecnologia Baseada em Controle Digital de Sinus. São Carlos, 2007. Disponível em:<<http://www.tcc.sc.usp.br/tce/disponiveis/18/18042100/tce-14052010-111439/>>. Acesso em: 16 mar. 2019.

STRATASYS. Redução de custos com impressão 3D. Disponível em:< <http://blog.stratasys.com/2015/11/18/opel-3d-printing/>>. Acesso em: 20 nov. 2019

TINKERCAD. Site Tinkercad. Disponível em:< <https://www.tinkercad.com/>>. Acesso em: 27 out. 2019

DECLARAÇÃO E AUTORIZAÇÃO

Eu, _____,
portador (a) da Carteira de Identidade nº _____,
emitida pelo _____,
inscrito (a) no CPF sob nº _____, residente e domiciliado(a) na
rua _____, setor _____, na
cidade de _____, estado de _____, telefone
fixo (____) _____ e telefone celular (____) _____ e-
mail: _____, declaro, para os devidos fins e sob
pena da lei, que o Trabalho de Conclusão de Curso:

_____, é uma produção
de minha exclusiva autoria e que assumo, portanto, total responsabilidade por seu conteúdo.

Declaro que tenho conhecimento da legislação de Direito Autoral, bem como da obrigatoriedade da autenticidade desta produção científica. Autorizo sua divulgação e publicação, sujeitando-me ao ônus advindo de inverdades ou plágio e uso inadequado de trabalhos de outros autores. Nestes termos, declaro-me ciente que responderei administrativa, civil e penalmente nos termos da Lei 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, que altera e consolida a legislação sobre direitos autorais e dá outras providências.

Pelo presente instrumento autorizo o Centro Universitário de Goiás, Uni-ANHANGUERA a disponibilizar o texto integral deste trabalho tanto na biblioteca, quanto em publicações impressas, eletrônicas/digitais e pela internet. Declaro ainda, que a presente produção é de minha autoria, responsabilizo-me, portanto, pela originalidade e pela revisão do texto, concedendo ao Uni-ANHANGUERA plenos direitos para escolha do editor, meios de publicação, meios de reprodução, meios de divulgação, tiragem, formato, enfim, tudo o que for necessário para que a publicação seja efetivada.

ANEXO A

DECLARAÇÃO E AUTORIZAÇÃO

Eu, Samuel Renan Leonhardt,
portador (a) da Carteira de Identidade nº 4113274296,
emitida pelo Secretaria de segurança Pública (SSP),
inscrito (a) no CPF sob nº 030.314.940-08, residente e domiciliado(a) na
rua T-9, 735, Apartamento 302, setor Buena, na
cidade de Goiânia, estado de Goiás, telefone
fixo (62) e telefone celular (62) 998536433 e-
mail: samuel-leonhardt@hotmail.com declaro, para os devidos fins e sob
pena da lei, que o Trabalho de Conclusão de Curso:
Adaptação de impressora 3D para criação de
placas de circuito impresso, é uma produção
de minha exclusiva autoria e que assumo, portanto, total responsabilidade por seu conteúdo.

Declaro que tenho conhecimento da legislação de Direito Autoral, bem como da obrigatoriedade da autenticidade desta produção científica. Autorizo sua divulgação e publicação, sujeitando-me ao ônus advindo de inverdades ou plágio e uso inadequado de trabalhos de outros autores. Nestes termos, declaro-me ciente que responderei administrativa, civil e penalmente nos termos da Lei 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, que altera e consolida a legislação sobre direitos autorais e dá outras providências.

Pelo presente instrumento autorizo o Centro Universitário de Goiás, Uni-ANHANGUERA a disponibilizar o texto integral deste trabalho tanto na biblioteca, quanto em publicações impressas, eletrônicas/digitais e pela internet. Declaro ainda, que a presente produção é de minha autoria, responsabilizo-me, portanto, pela originalidade e pela revisão do texto, concedendo ao Uni-ANHANGUERA plenos direitos para escolha do editor, meios de publicação, meios de reprodução, meios de divulgação, tiragem, formato, enfim, tudo o que for necessário para que a publicação seja efetivada.

Goiânia 26 de novembro de 20 19

Samuel Renan Leonhardt

(SAMUEL RENAN LEONHARDT)

