

INSTITUTO DE FÍSICA GLEB WATAGHIN
ALINE YOSHIDA MACHADO - RA 265731
BERNARDO DE ANDRADE DIAS DA COSTA - RA 250832
EDUARDA FERNANDA DE MORAIS - RA 188636
MATHEUS ENZO ARIMURA SINBO - RA 222219
VICTOR REGINATO RA 188016



Construção de uma impressora 3D

Disciplina F 849 - Relatório Parcial 1

Professor: Varlei Rodrigues

CAMPINAS - SP
2023

Conteúdo

1	Proposta de Projeto	1
2	Descrição de atividades	3
2.1	Montagem e Impressão 3D	3
2.2	Desenho Técnico	5
2.3	Eletrônica	12
2.4	Firmware	14
3	Próximas etapas	15

1 Proposta de Projeto

A impressora 3D é uma invenção relativamente recente e que proporcionou uma revolução tecnológica. Apesar de não ser eficaz para produções em grande escala, ela permite a criação de protótipos de forma muito mais rápida que os métodos tradicionais, possibilitando a criação de objetos personalizados para cada situação/problema, desde de próteses de mobilidade e implantes até adereços específicos de montagem de experimentos científicos, peças de reposição entre outras aplicações. Além disso, permite a impressão de objetos com materiais mais sustentáveis, como o PLA, que é um plástico que tem como base vegetais, sendo produzido a partir de itens renováveis e não do petróleo, como os plásticos convencionais, se decompondo rapidamente na natureza [1].

Por um outro lado, a impressora 3D também é um objeto de estudo muito interessante para a instrumentação científica, pois sua construção envolve conhecimentos de diversas áreas como eletrônica, firmware/programação, design, desenho técnico, montagem, e calibração. Assim, seu estudo possui um aspecto pedagógico interessante, uma vez que para a criação de uma impressora é necessário o conhecimento de cada uma dessas partes, e também como fazê-las funcionar juntas. Consequentemente, desenvolve a habilidade de resolução de problemas, capacidade criativa, trabalho em equipe, e aprendizado no uso de ferramentas.

A partir deste contexto, criou-se o seguinte projeto: Criar uma impressora 3D de FDM (Fused deposition modelling / Modelagem de deposição fundida) com movimentação no CoreXY.

A Modelagem de Deposição Fundida (Fused Deposition Modeling - FDM) é um processo de fabricação aditiva no qual um material termoplástico, geralmente um filamento de plástico, é aquecido até o ponto de fusão e extrudado por um bico. O bico se move em caminhos predeterminados, depositando o material derretido em camadas sobre uma superfície de construção. À medida que o material é depositado, ele esfria e solidifica, criando uma estrutura tridimensional. Já o *design* CoreXY tem chamado cada vez mais atenção por ser um *design* singular, que combina velocidade, precisão e compacidade. Diferentemente de impressoras cartesianas tradicionais, que utilizam um motor para o movimento de cada eixo, o CoreXY utiliza dois motores para coordenar a movimentação do eixo X e Y simultaneamente. Seu esquema pode ser observado na Figura 1.

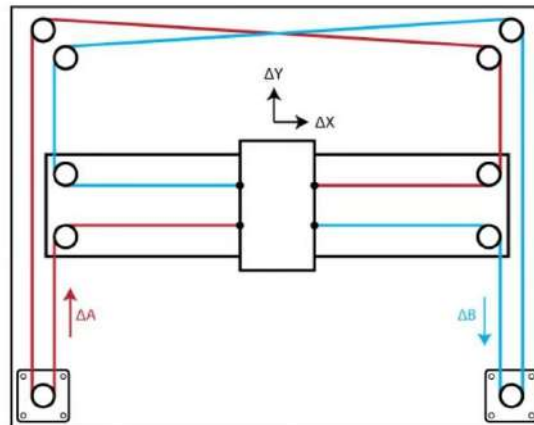


Figura 1: Representação do funcionamento do CoreXY. Imagem retirada de [Link](#)

Esta escolha de design eliminam as vibrações excessivas de uma plataforma de construção em movimento e de um sistema de extrusão pesado, resultando em um design mais estável. Os componentes móveis leves das impressoras CoreXY permitem velocidades de impressão superiores sem sacrificar a qualidade da impressão.

Este projeto pretende ser desenvolvido durante o período de um semestre letivo da Unicamp em um grupo de 5 integrantes. Tal ideia tem como objetivo desenvolver as habilidades multidisciplinares descritas acima, os quais são essenciais para o futuro profissional de um físico e de um engenheiro. Importante mencionar que havia durante todo o projeto o auxílio do Prof Varlei e do PAD Venâncio para responder qualquer dúvida.

Como grande parte do projeto já havia sido desenvolvido anteriormente ([Link para o projeto: Projeto](#)), e com o auxílio do Prof. Varlei, os problemas relacionados a montagem do equipamento resumiu-se as seguintes questões:

- 1) Projetar as peças de movimentação do CoreXY e do extrusor: Possível ver a ideia de movimentação na figura 2. As peças de movimentação do extrusor são as indicadas na figura.

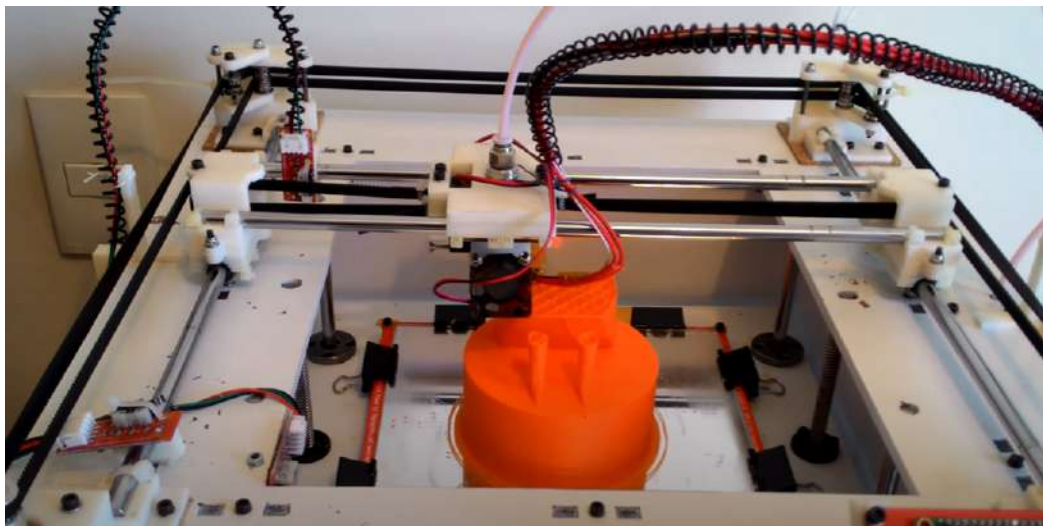


Figura 2: Modelo do CoreXY a ser seguido para o projeto. Imagem retirada de [Link](#)

2) Imprimir as peças já projetadas da impressora. Todas as peças necessárias a serem imprimidas estão presentes, com seus arquivos Gcode, no [Link](#);

3) Utilizar o Arduino Mega e seu *shield Ramps 1.4*, que consiste em uma placa que auxilia as funções do *Hardware* para o funcionamento da impressora 3D, para gerenciar o funcionamento da impressora.

4) Utilizar o *firmware* Marlin 2.0 para configurar a impressora conforme as especificações da Impressora FDM com movimentação CoreXY, além de ser responsável pelo ajuste do controle de diversas operações (temperatura, velocidade, movimentação, *homing*), da integração da máquina com o *display*, da calibração de equipamentos para garantir que a impressora responda corretamente aos comandos e esteja devidamente ajustada.

5) Realizar a montagem da estrutura do projeto utilizando as peças previamente projetadas, impressas e armazenadas do projeto anterior. Posteriormente, proceder com a integração adequada à montagem eletrônica e configuração do *firmware*, visando a subsequente avaliação de seu funcionamento.

Assim, como havia 5 integrantes, decidiu-se que cada integrante do grupo havia que ser responsável em resolver cada um dos problemas. Assim, o projeto possui as seguintes 5 áreas: Eletrônica, Firmware, Montagem, Impressão, e Desenho.

A partir desta configuração iniciou-se o projeto, e cada parte desenvolveu as respectivas áreas concomitantemente e colaborativamente com as outras. Desta maneira, a seguir estão as explicações do progresso de cada parte até o momento.

2 Descrição de atividades

2.1 Montagem e Impressão 3D

Neste projeto as peças que compõem a impressora foram impressas numa impressora 3D comercial Sethi3D S4X e S3X. Começar a imprimir as peças custou 1 semana de trabalho, pois antes de começar as impressões foi necessário realizar um curso online no Moodle, um treinamento presencial de como manusear a impressora, e fazer as impressões com segurança. Passado o primeiro gargalo do processo, foi necessário um planejamento da ordem que as peças deveriam ser impressas de forma a permitir que a montagem da impressora fosse feita em paralelo com as impressões, levando em conta que algumas peças demoram horas para serem impressas. Esta impressora conta com 8 peças cujos modelos já estavam prontos, e 3 que teriam que ser projetadas pelo grupo. De acordo com o que foi decidido pelo grupo, começamos a imprimir os suportes do motor do eixo z.

Enquanto essas peças estavam sendo impressas, iniciou-se a montagem do frame de MDF que dá estrutura para a impressora. O frame é composto por 2 peças laterais, 1 peça do fundo, 1 base, 1 suporte para mesa de impressão, 1 peça frontal e 1 tampa que serve de suporte para o core XY (Figura 3). As peças foram cortadas a laser e foram projetadas de forma que encaixassem perfeitamente uma nas outras. Para garantir a estabilidade do frame, as partes deste foram presas utilizando parafusos tamanho M3 e porcas entre as peças. Após fixar a base da impressora, foi preso os suportes dos motores de elevação da mesa (Figura 4). Os quais foram as primeiras peças impressas pelo grupo.

Ao prender os suportes com parafusos M3 sobre a mesa de apoio, colocou-se os fusos sobre os motores e os eixos de guia. Dessa forma, permitindo instalar a mesa onde

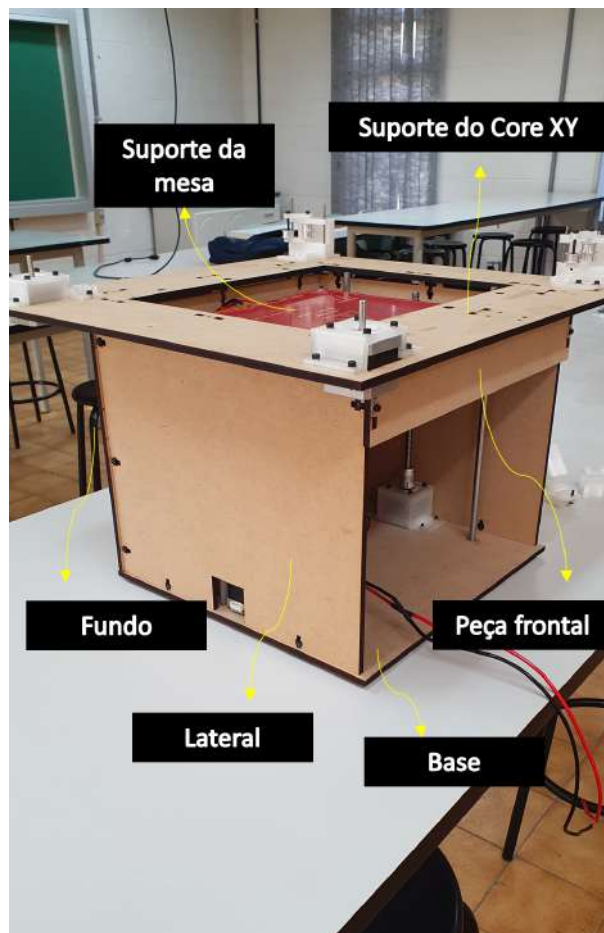


Figura 3: Montagem do frame de MDF

Com os suportes prontos, iniciou-se a montagem do eixo z. Ele inclui dois motores presos nos suportes, dois rolamentos, 4 eixos e dois fusos. Os fusos e os eixos foram presos no suporte da mesa de impressão. Importante notar que os eixos permitem a estabilidade da mesa, enquanto que os fusos permitem a movimentação da mesa. Para prender o fuso foi necessário o uso de uma "castanha", importante para evitar problemas com backlash, originado das folgas entre as engrenagens do fuso. O eixo z pode ser observado

na Figura 4.

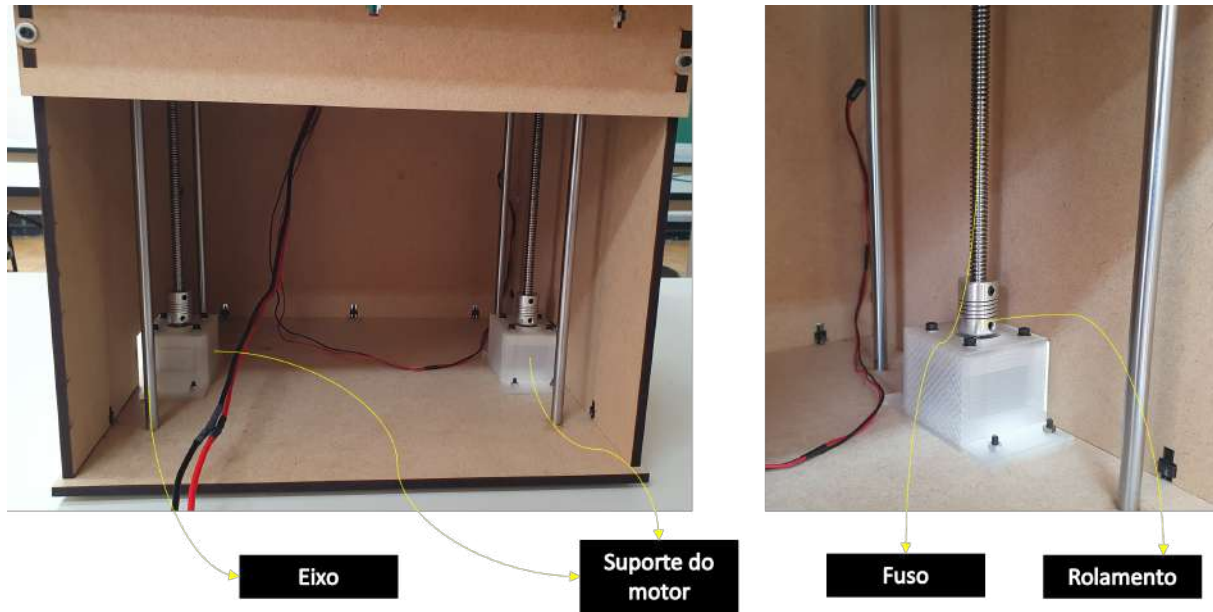


Figura 4: Montagem do eixo z

Com o eixo z no lugar, montou-se o core XY. Embora todas as peças já projetadas terem sido impressas, ainda era necessário refazer o projeto de umas das peças que necessitavam de impressão. Na Figura 5 podem ser observados os motores e os suportes para as correias. Na imagem também pode ser vista a mesa aquecida que também devidamente instalada.

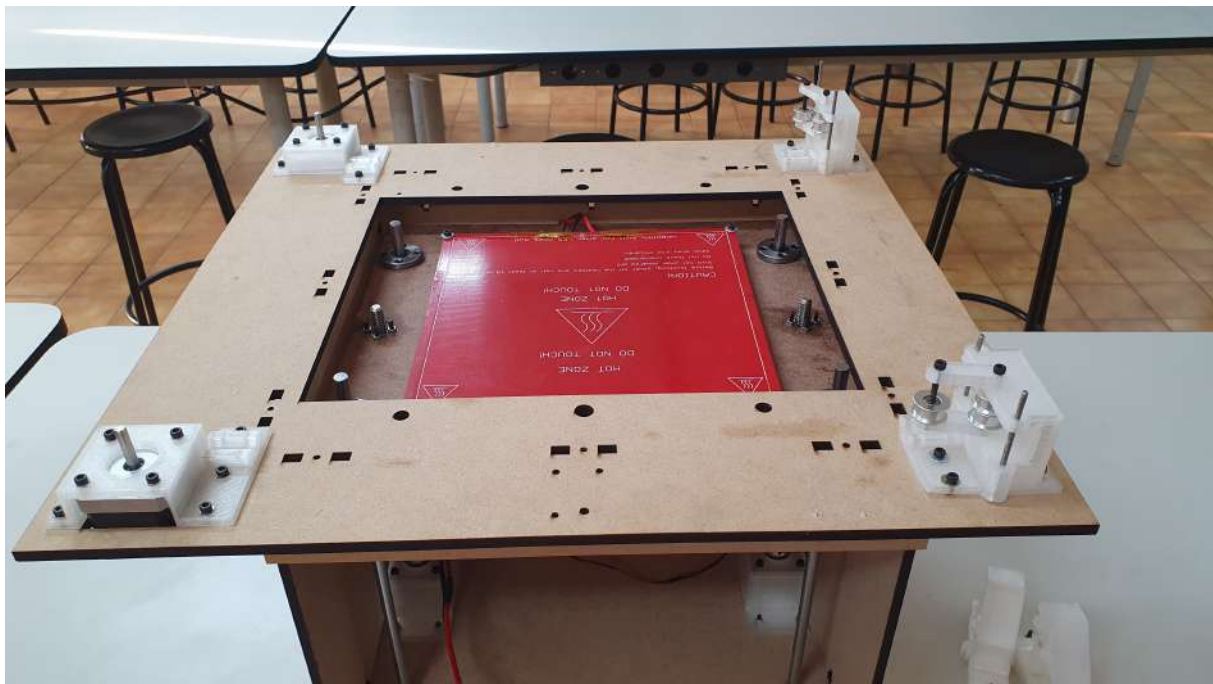


Figura 5: Montagem do core xy

Nesse momento, a montagem se encontra em outro gargalo, pois a sequência da montagem depende do "carrinho" do core XY, que embora tenha sido projetada, possui alguns problemas de estrutura que estão sendo resolvidos pela equipe de desenho. Todavia, importante mencionar o suporte para os eixos onde ficam o carrinho e o bico extrusor (Figura 6). Esta peça foi impressa, porém sua instalação depende do carrinho estar pronto, impedindo que continue a montagem.



Figura 6: Suporte para os eixos do carrinho (peça superior) e base para encaixe no eixo fixo no core xy (peça inferior)

Com a montagem do core xy estagnada, iniciou-se a montagem do extrusor, seguindo as instruções do fabricante. O extrusor, junto com o motor, servem para puxar o filamento para dentro da impressora. Foi necessário desenhar uma peça para servir de suporte para o motor e o extrusor, e prendê-los no frame (Figura 7), permitindo a estabilidade destes.

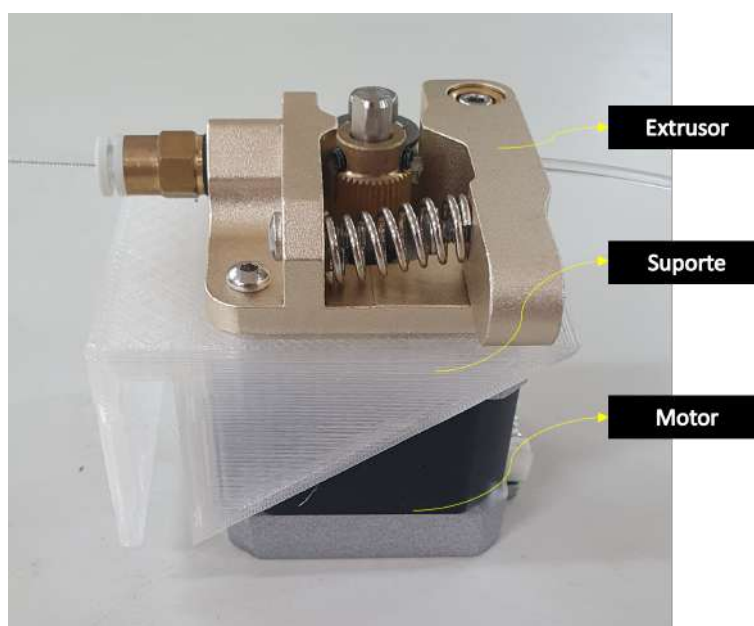


Figura 7: Montagem do extrusor, motor e suporte

2.2 Desenho Técnico

Como citado na seção anterior, a maioria das peças que precisam ser impressas para a construção da impressora 3D, são iguais aos modelos encontrados na impressora 3D projetada pelo Prof. Dr. Varlei Rodrigues (modelo de referência), e estão disponíveis em [My CoreXY project by Varlei](#). Mas, existem algumas diferenças entre o projeto de impressora do professor Varlei e a impressora que o grupo busca construir. Com o propósito de facilitar a manutenção do hotend, na impressora 3D projetada pelo grupo, essa peça não irá se encontrar no centro da carruagem, mas na frente da carruagem, como exemplificado na figura 8.

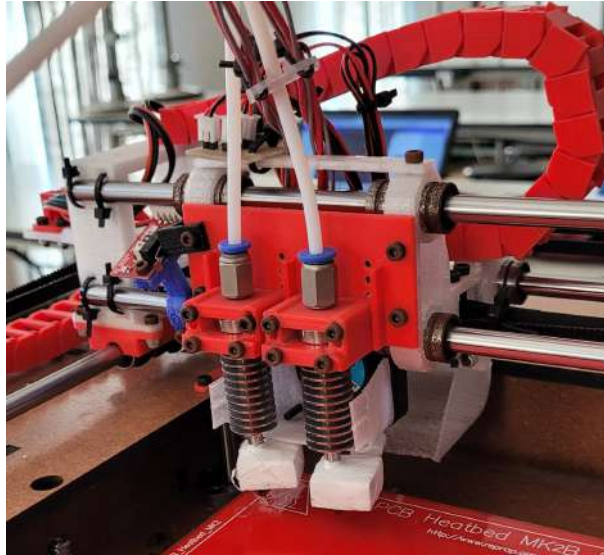


Figura 8: Exemplo de carruagem com o hotend na frente.

Portanto, serão utilizados 3 eixos para o suporte da carruagem, sendo necessário reprojeter os suportes dos eixos da carruagem e a carruagem. Além disso, também foi recriado o suporte da extrusora, que será fixo na parte superior do frame. Para todas as peças reprojeteradas, foi escolhido o padrão M3 de parafusos (3mm de diâmetro) para fixação e conexão das peças. Então, todos os furos de passagem de parafusos foram feitos com 3,2mm de diâmetro, para compensar erros dimensionais criados no processo de impressão 3D das peças.

As primeiras peças a serem redesenhadas foram os suportes dos eixos. Para isso, utilizou-se como referência a mesma peça da impressora do professor Varlei, somente adicionando acima de um eixo, e de forma paralela, um suporte para um novo eixo. As figuras 9 e 10 mostram o projeto dos suportes para os lados A e B do CoreXY, respectivamente, sendo que uma peça é apenas o reflexo da outra.

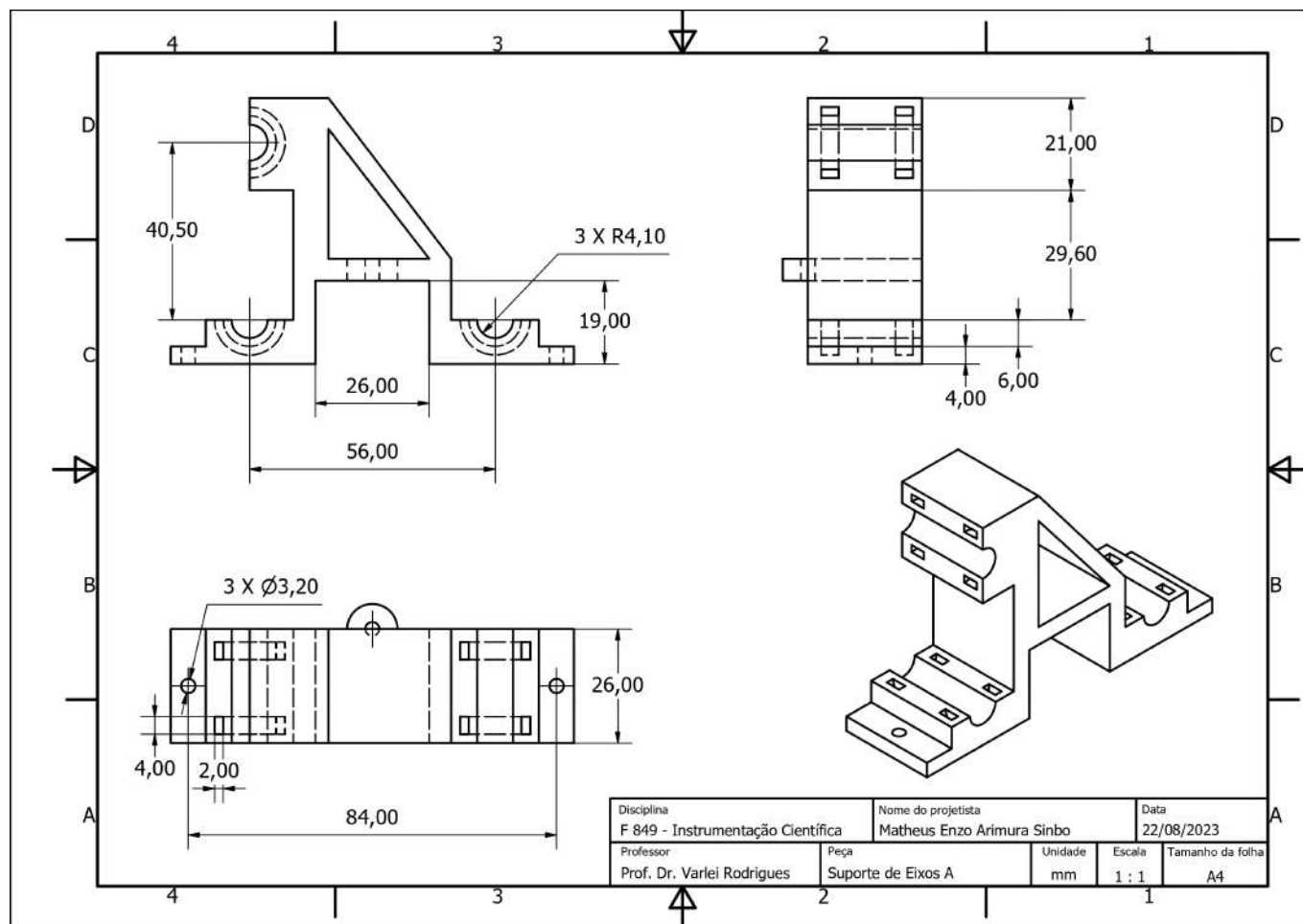


Figura 9: Desenho técnico do suporte dos eixos da carruagem para o lado A.

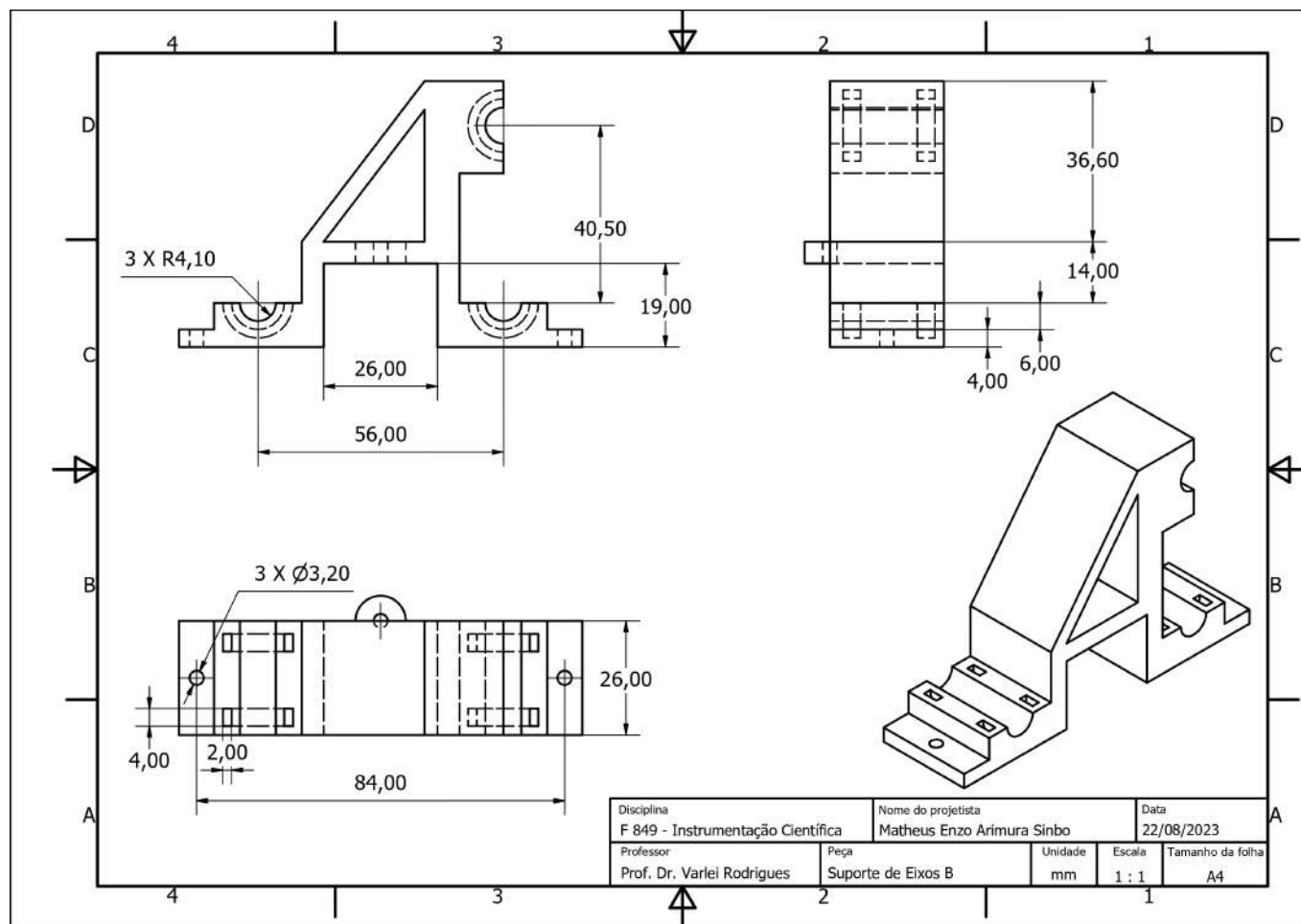


Figura 10: Desenho técnico do suporte dos eixos da carruagem para o lado B.

Já para projetar uma nova carruagem, não havia similaridades com a carruagem da impressora de referência do professor Varlei. Então, em um primeiro momento, foi pensado em uma carruagem que adaptava aquela exemplificada na figura 8, mas em uma única peça (monobloco), resultando no desenho da figura 11. Dessa maneira, a rigidez da peça iria ser maior e, por necessitar de menos conexões, a complexidade da montagem iria diminuir.

Porém, como citado na seção anterior, com essa primeira versão da carruagem houve problemas no processo de montagem. Isso se deve ao fato de, não ter sido considerado erros típicos que são criados no processo de impressão da peça. Da forma que a peça foi projetada, primeiramente os rolamentos dos eixos iriam encaixar nos furos, sendo fixos pela pressão entre o rolamento e a peça. Então, com os rolamentos fixos, os eixos passariam por dentro dos rolamentos e seriam fixos com cintas nos suportes dos lados A e B, figuras 9 e 10, respectivamente. É possível montar desta maneira, mas, após a impressão da carruagem, os furos não eram perfeitamente circulares e não possuíam as mesmas do que quando projetadas digitalmente. Isso resultou em problemas de alinhamento dos rolamentos, impedindo os eixos de atravessar a carruagem e inviabilizando a montagem com essa carruagem.

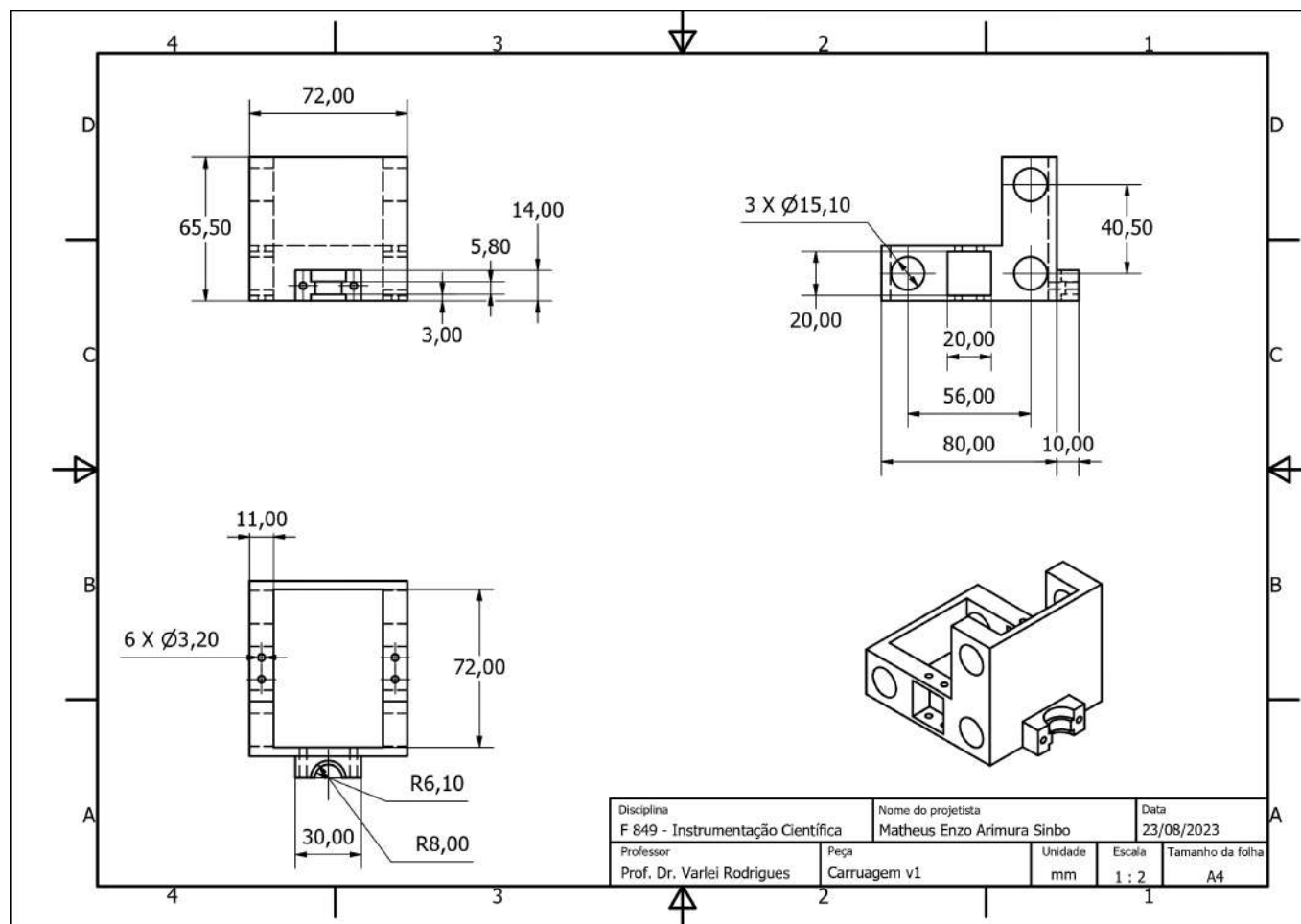


Figura 11: Desenho técnico da primeira versão da carruagem.

Portanto, a fim de evitar o erro presente na primeira versão da carruagem, foi realizada um novo projeto para a peça, dividindo ela em três partes principais. Essas partes são representadas nas figuras 12, 13 e 14, sendo a base da carruagem, o suporte para os eixos verticais e a placa de suporte do hotend, respectivamente.

Nessa segunda versão da carruagem, os rolamentos serão fixos por cintas, de maneira que seja possível atravessar os eixos por dentro dos rolamentos, antes de fixá-los na carruagem. Desse modo, é possível alinhar os rolamentos fora da peça e corrigir qualquer erro pequeno devido à impressão, através do ajuste das cintas. Ou seja, aumenta-se a complexidade da montagem, mas diminui a probabilidade de descartes de peças devido à discrepâncias na impressão. A figura 15 ilustra a montagem final esperada da carruagem.

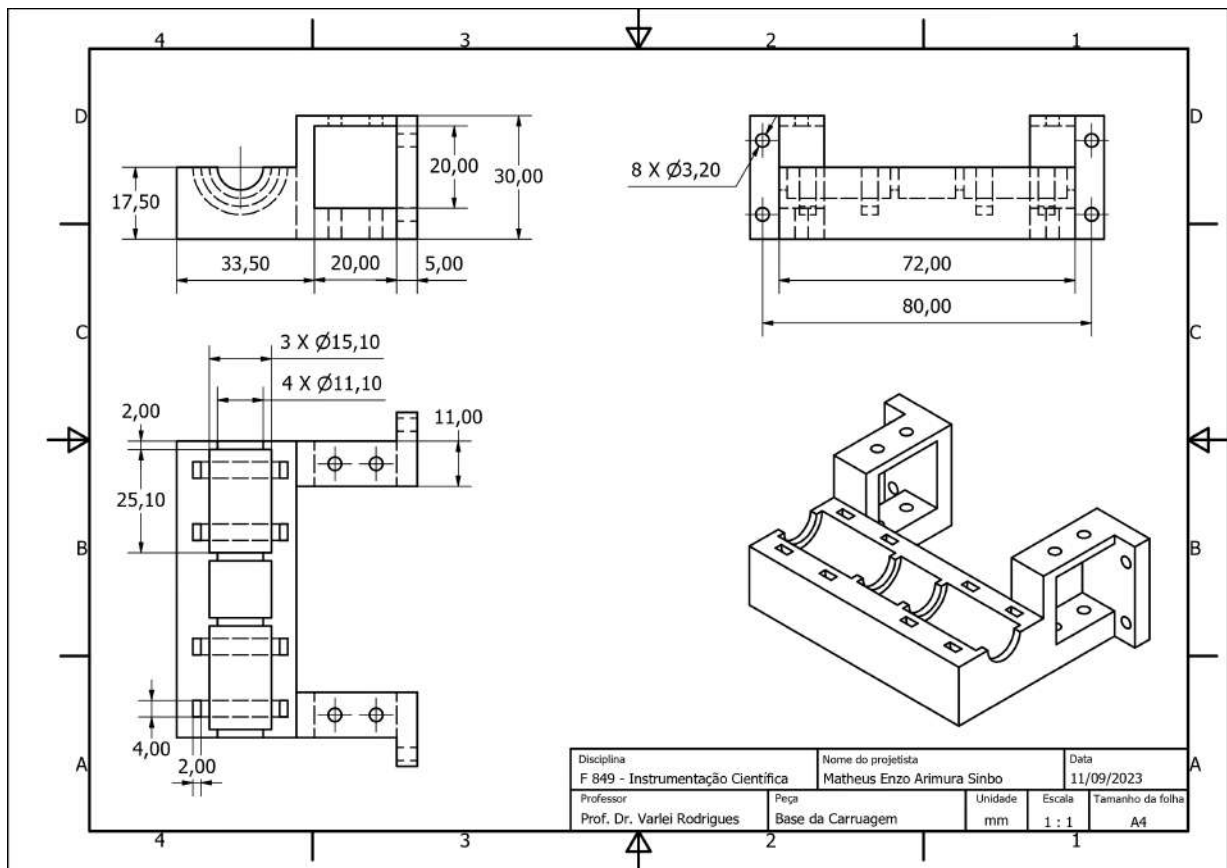


Figura 12: Desenho técnico da base da carruagem.

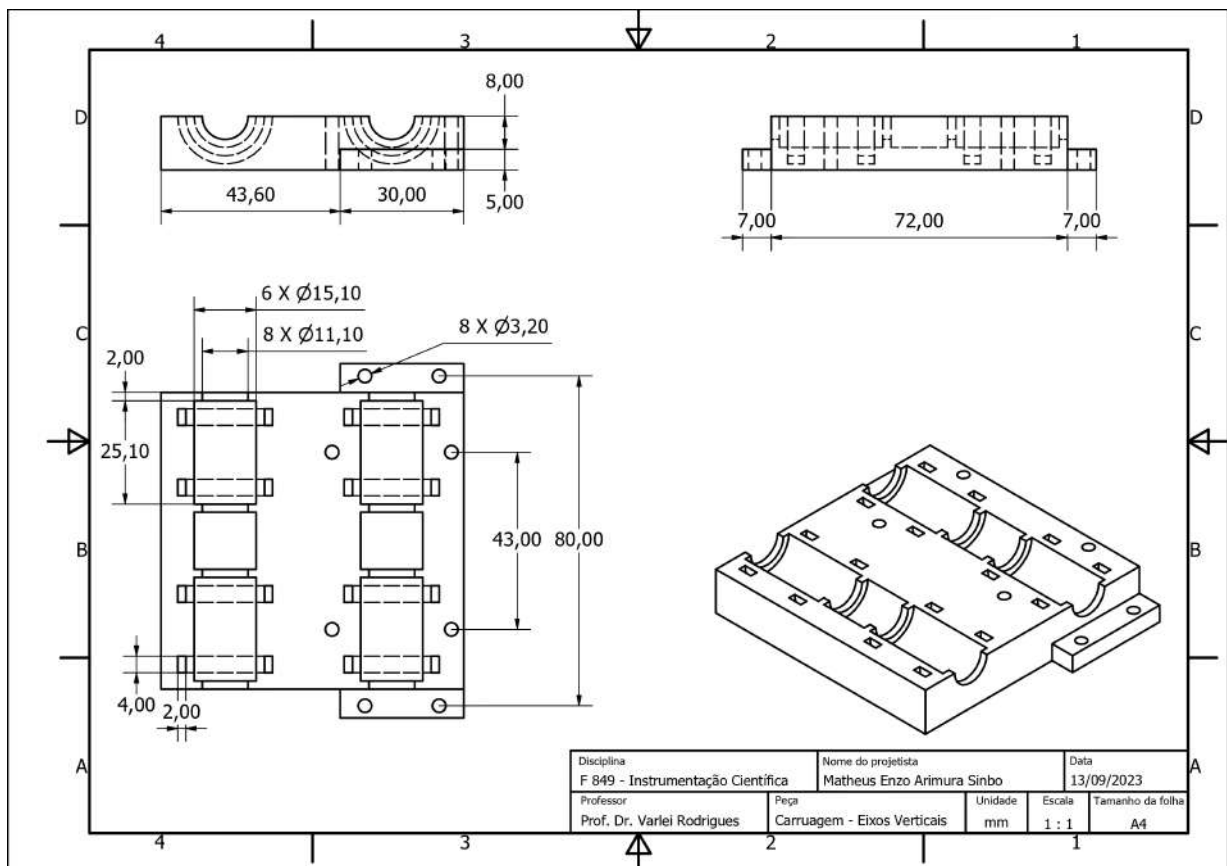


Figura 13: Desenho técnico do suporte dos eixos verticais na carruagem.

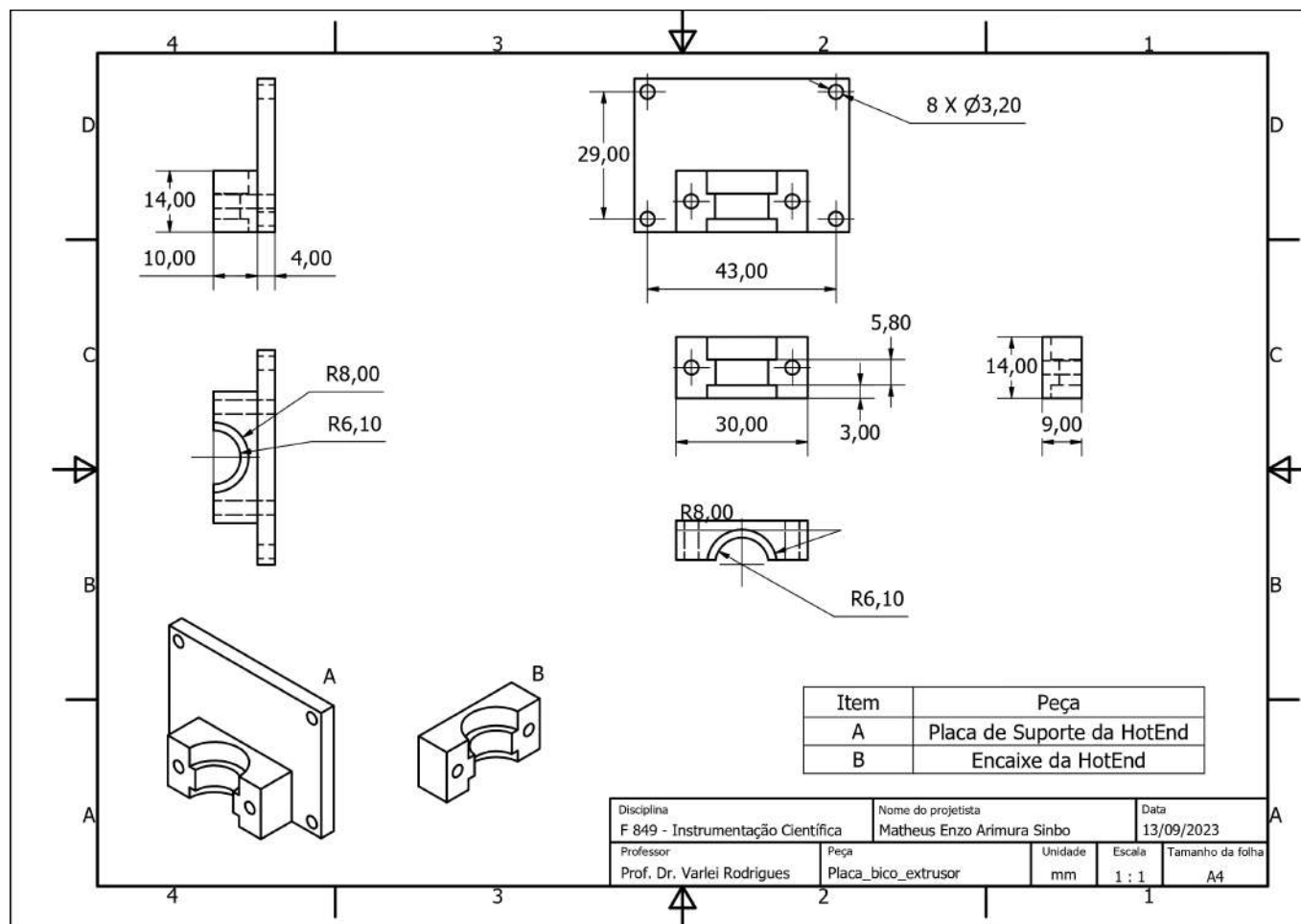


Figura 14: Desenho técnico da placa de suporte do hotend e do encaixe da hotend.

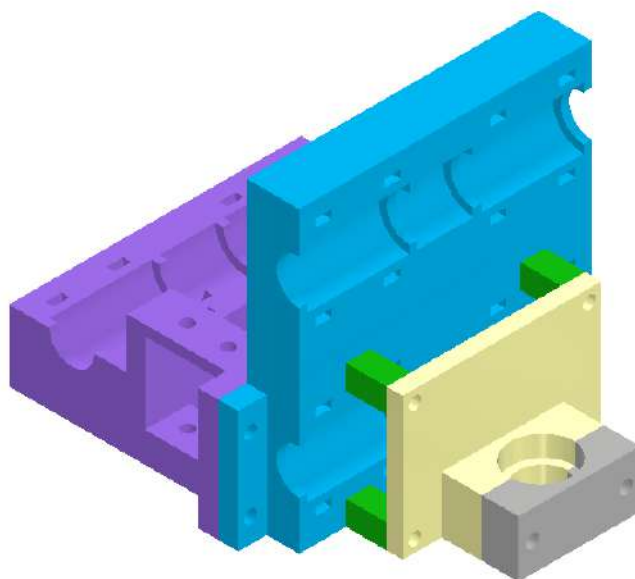


Figura 15: Esquema de montagem da carruagem, com as peças conectadas por parafusos M3. Em roxo a base da carruagem, em azul o suporte para os eixos verticais, em verde espaçadores de 10mm de comprimento, em amarelo a placa de suporte da hotend e, em cinza, o encaixe da hotend.

Por fim, a última peça recriada pelo grupo foi o suporte da extrusora. Ela foi feita com o objetivo de ser uma peça de uma impressão simples e rápida, mas, ao mesmo tempo, possuir uma boa rigidez. O projeto dessa peça é mostrado na figura 16, envolvendo furos para encaixar um motor de passo Nema 17, um espaço vazio de 7mm de altura para encaixar da parte superior do frame, e furos para fixar o suporte no frame. Desse modo, o motor e a extrusora são montados no suporte de acordo com a figura 7 e, posteriormente, encaixa-se o suporte da extrusora no frame e fixa ele através de parafusos.

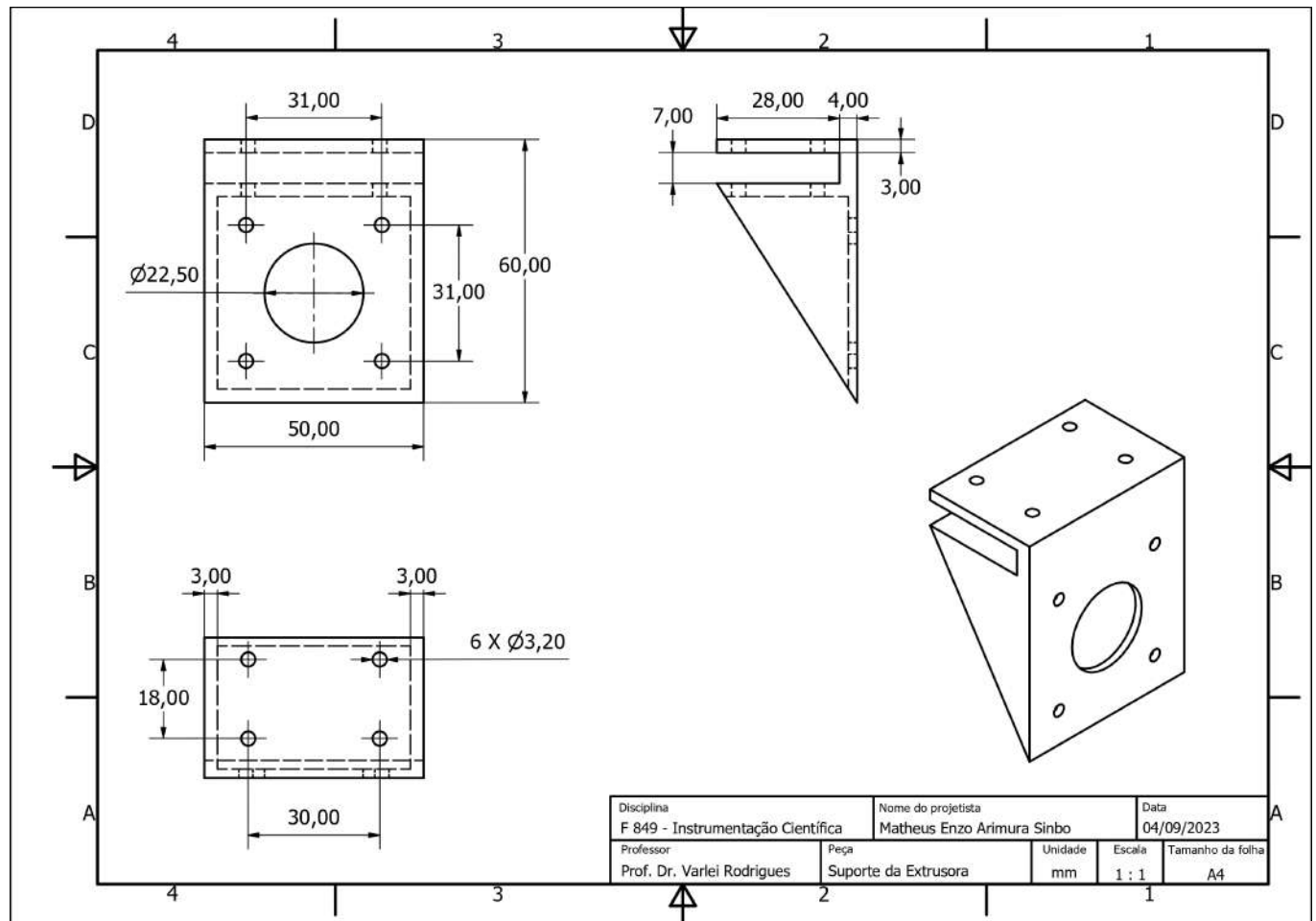


Figura 16: Desenho técnico do suporte da extrusora.

2.3 Eletrônica

Neste primeira fase de projeto foi feita uma assimilação física e conceitual dos componentes e dispositivos que compõem a estrutura do hardware eletrônico da impressora. Também foram feitos testes de prova de conceito juntamente para validar e avaliar o funcionamento dos dispositivos e também a interação com o firmware. A maioria destes eram unitários, ou seja, buscavam a validação de uma interação em específico, por exemplo: Girar um motor, ler um sensor, setar algum parâmetro ou gerar alguma resposta do firmware. Nos próximos parágrafos serão descritos os principais componentes eletrônicos da impressora. Como referência de montagem verificação de pinagem foram usados os sites

O "Ramps 1.4" é uma das principais partes de hardware da impressora, e se trata de um "shield" que funciona como uma interface de ligação elétrica para praticamente todas as partes eletrônicas e elétricas da impressora. O "cérebro", ou controlador da impressora, é um Arduino MEGA 2560 que é acoplado diretamente ao "Ramps". Assim, quando configurados, permitem o controle das partes da máquinas para efetuar os comandos devidos.

O primeiro componente importante é o "motor de passo", este possui um conector com quatro fios, que são dois pares de bobina, onde ao todo são quatro motores, e cada um tem seu próprio **driver de motor de passo** (tirando o eixo z que possui dois motores para só um driver). Este último, por sua vez, é um pequeno shield (acoplável no "Ramps") que possui o CI que efetivamente é o driver. É colocado um dissipador térmico por cima do CI para ajuda no fluxo de calor que as vezes pode ser alto.

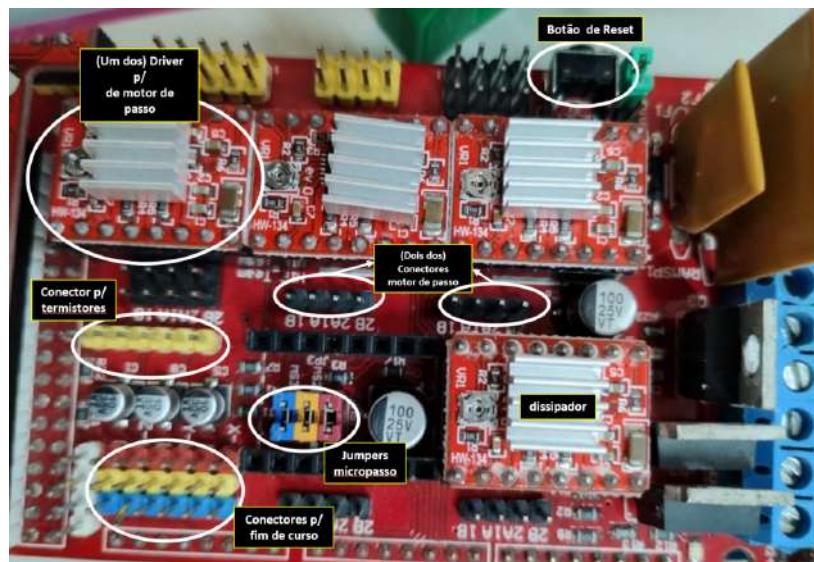


Figura 17: Ramps 1.4 e localização de alguns conectores

Ademais, para ajustar o micro passo dado pelo motor foi necessário verificar através do *datasheet* qual combinação de pinos levava à configuração necessária de 1/16 micro passos, e para tal usou-se jumpers, que selecionam a tensão em tais pinos. Importante notar que, o driver de motor de passo possui função de fornecer energia para a operação do motor, uma vez que um controlador não consegue fornecer a energia necessária para operá-lo.

A "bed" é a superfície que precisa se manter aquecida durante a impressão, uma vez que é o local de depósito de filamento ao sair do extrusor. Caso não fosse mantida aquecida, o filamento que sai com alta temperatura do extrusor sofreria um choque térmico ao encostar na mesa, e deformaria a impressão. Ademais, a "bed" é alimentada com 12V, e esquenta com base no efeito Joule, ou seja, a partir de uma resistência. E também possui acoplado um termistor, para controle da temperatura, e um LED que liga a partir de certa temperatura.

O dispositivo de interface visual e de interação firmware-usuário será o **Reprap Discount Smart Controller**, que contém um LCD de quatro linhas e vinte caracteres onde é possível monitorar atributos da impressão como temperatura, andamento e status gerais. É possível navegar no menu do *firmware* Marlin onde acessa-se inúmeras funcionalidades usando o próprio LCD como interface visual e um encoder rotativo com botão para navegação. Na figura 18 é possível visualizar o LCD e o encoder (à direita).

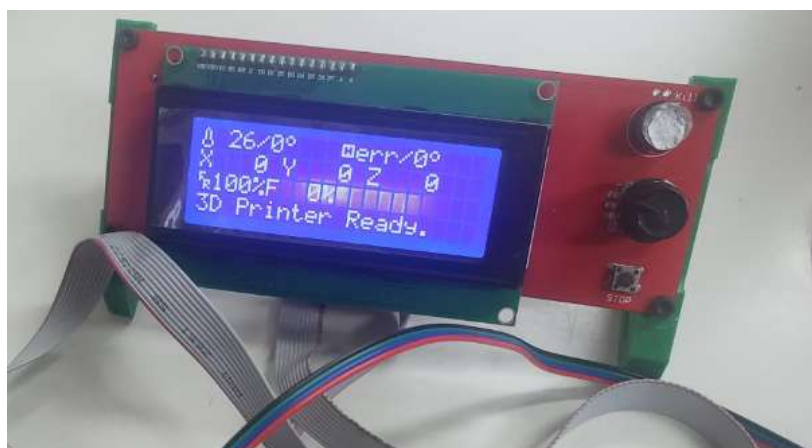


Figura 18: RepRap Discount Smart Controller com a tela inicial do firmware Marlin.

A impressora será alimentada por uma fonte que fornece 12V e 30A, que é ligada à rede elétrica.

A **chave de fim de curso** será o dispositivo usado para identificar a origem dos eixos, toda vez que uma impressão iniciar, ou acabar, o comando de *Auto Home* será dado, e o carro será posicionado na origem, definida pela posição da chave de fim de curso. Para implementar tal ponto, há diferentes maneiras, a que será usada no projeto para o core XY é mecânico, ou seja, quando há o toque mecânico ocorre uma mudança

no nível de tensão do pino de saída (comum), e o controlador detecta o fim de curso.

2.4 Firmware

O Marlin é um firmware de código aberto amplamente utilizado em impressoras 3D. O Marlin é o software incorporado que controla diversas funções na impressora 3d, como o movimento dos motores ou a extrusão do material. Ele é altamente configurável, o que significa que os usuários podem ajustar as configurações de modo que atenda as necessidades específicas do modelo de impressora utilizado.

O *Firmware* utilizado para este projeto foi Marlin 2.1 e o primeiro passo foi instalar a plataforma *Visual Studio Code* e as extensões *Auto Build Marlin* e *PlatformIO IDE* para compilar e carregar o código no *hardware Ramps 1.4*

As primeiras modificações no código consistiu em adequar seu uso para o nosso modelo de impressora. O sistema de movimentos utilizado é o CoreXY, então nas configurações mecânicas do firmware, ativamos o comando

```
#define CoreXY
```

Além disso, este projeto utiliza *RepRap Smart Controller*, então ativou-se o suporte para este controlador desmarcando o comando:

```
#define REPRAP_DISCOUNT_SMART_CONTROLLER
```

A próxima configuração foi definir os *steps/mm* dos eixos X,Y,Z, com os valores calculados.

```
#define DEFAULT_AXIS_STEPS_PER_UNIT { 80, 80, 400, 500 }
```

Por fim, durante o teste do fim de curso, percebeu-se que o estado que o fim de curso é ativado, estava invertido, então nas configurações foi acionado para LOW:

```
#define X_MIN_ENDSTOP_HIT_STATE LOW
#define X_MAX_ENDSTOP_HIT_STATE LOW
#define Y_MIN_ENDSTOP_HIT_STATE LOW
#define Y_MAX_ENDSTOP_HIT_STATE LOW
```

3 Próximas etapas

A partir do presente no momento do progresso do projeto, é importante estabelecer expectativas e metas até o próximo relatório parcial. Abaixo encontra-se os próximos passos de cada uma das áreas do projeto:

1) Montagem: Conseguir a peça da carruagem do Core XY, permitindo a construção por inteira deste. Para tal, necessário prender os eixos de movimentação, os suportes do eixos da carruagem, e as extrusoras. A partir disso, permitirá testes das áreas de eletrônica e firmware.

2) Desenho técnico: Com a nova carruagem projetada, acompanhar o processo de montagem, para caso seja necessário modificações, redesenho ou novas projeções de peças.

3) Impressão: Imprimir a nova carruagem, checar com a equipe de montagem sobre necessidade de reimpressão de peças e começar a imprimir peças "auxiliares", como o suporte do LCD.

4) Firmware: É necessário aguardar a finalização da montagem mecânica e eletrônica para fazer os testes de calibração e as configurações necessárias para o funcionamento da impressora como um todo.

5) Eletrônica: Aguardar a finalização da montagem mecânica para fazer montagem eletrônica e a integração do *Hardware* na impressora. Por enquanto, será estudado o melhor posicionamento da fiação, uma vez que é fundamental posicionar os cabos com atenção, levando em conta as partes móveis da impressora, justamente para evitar rompimentos no fios e danos por excesso de tensão mecânica, por exemplo.

Referências

- [1] UNKNOWN. A impressão 3d é sustentável? 3 razões para acreditar que o futuro chegou, 2021. Acesso em 12 de setembro de 2023.