

**CENTRO PAULA SOUZA
ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL MARTIN LUTHER KING
TÉCNICO EM MECATRÔNICA**

IMPRESSORA 3D MECATECH

**SÃO PAULO
2025**

Eduardo Thomas Maciel Gualtiero (Org.)

IMPRESSORA 3D MECATECH
Técnico em Mecatrônica

Monografia apresentada à banca avaliadora
do Curso Técnico de Mecatrônica da
ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL MARTIN
LUTHER KING, como requisito parcial à
obtenção do título de Técnico em
Mecatrônica.

Orientador: Prof. Me. Paulo Roberto Murger
Nogueira

SÃO PAULO
2025

GRUPO

André Pereira Landim

Eduardo Thomas Maciel Guatiero

Esdras Ruffatto e Cunha

Fernando Kenji Oliveira Fujita

Gabriel Pereira da Silva

Rafael Crepani de Moraes

LANDIM, André Pereira; **GUALTIERO**, Eduardo Thomas Maciel ; **CUNHA**, Esdras Ruffatto e; **FUJITA**, Fernando Kenji Oliveira; **SILVA**, Gabriel Pereira da; **MORAES**, Rafael Crepani de.

Monografia apresentada à banca avaliadora do Curso Técnico em Mecatrônica da ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL MARTIN LUTHER KING, como requisito parcial à obtenção título de Técnico em Mecatrônica.

Orientador: Prof. Me. Paulo Roberto Murger Nogueira

Aprovado em: ____ / ____ / ____

Orientador: Prof. Me. Eng. Paulo Roberto Murger Nogueira

Assinatura: _____

Banca Examinadora

Professor: _____

Assinatura: _____

DEDICATÓRIA

Dedicamos este trabalho, primeiramente, às nossas famílias, pelo apoio incondicional, incentivo constante e por estarem sempre ao nosso lado durante toda a nossa jornada. Elas foram nossa fonte de força e motivação, oferecendo apoio emocional e prático, sempre acreditando em nós nos momentos mais desafiadores e celebrando nossas vitórias a cada passo do caminho.

Em especial, dedicamos à família de Eduardo Thomas, cuja disponibilidade e presença marcante ao longo do desenvolvimento deste projeto foram fundamentais para que pudéssemos superar obstáculos e alcançar nossos objetivos. A colaboração, compreensão e carinho de cada um foram essenciais para o sucesso desta empreitada.

Estendemos nossa gratidão aos integrantes da instituição de ensino Etec Martin Luther King, que nos proporcionaram a base necessária para nossa formação técnica e pessoal. A ETEC foi o ambiente onde adquirimos os conhecimentos e habilidades essenciais, e onde aprendemos a importância do comprometimento, da ética e da responsabilidade. Cada aula, cada desafio, contribuiu para o nosso amadurecimento profissional e humano, preparando-nos para o futuro.

Agradecemos, também, aos nossos professores, cujos ensinamentos foram mais do que apenas acadêmicos. Eles nos inspiraram a pensar criticamente, a questionar o “Status Quo” e a buscar sempre o melhor de nós mesmos. Sua dedicação ao ensino e o compromisso com o nosso aprendizado foram visíveis em cada interação e, por isso, somos profundamente gratos.

Por fim, não poderíamos deixar de expressar nossa imensa gratidão aos colegas de classe, que sempre estiveram ao nosso lado, proporcionando um ambiente de aprendizado coletivo. O companheirismo, a troca de experiências e o apoio mútuo durante todos os desafios enfrentados ao longo do curso foram fundamentais para o nosso crescimento. Juntos, superamos dificuldades, celebramos conquistas e construímos amizades que, com certeza, irão perdurar para além desta jornada acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Queremos expressar nossa profunda gratidão a todos que, de alguma forma, contribuíram para a concretização deste projeto. Sem o apoio, a colaboração e o incentivo de cada um, este trabalho não teria sido possível.

Em primeiro lugar, nosso agradecimento vai às nossas famílias, que estiveram ao nosso lado em todas as fases dessa jornada. Cada palavra de encorajamento, cada gesto de carinho e cada ato de confiança fizeram toda a diferença, permitindo-nos ultrapassar desafios com determinação e fé em nossos próprios potenciais.

De maneira especial, dirigimos nosso reconhecimento à família de Eduardo Thomas, que se fez presente de maneira constante durante o desenvolvimento deste trabalho. A presença deles, sempre atenta e solidária, nos ajudou a dar o nosso melhor em cada etapa.

Agradecemos também à ETEC Martin Luther King, instituição que desempenhou um papel indispensável na nossa formação técnica e humana. Foi lá que adquirimos as ferramentas necessárias para enfrentar os desafios do mercado e da vida profissional. A qualidade do ensino e a estrutura oferecida pela escola foram essenciais para o nosso desenvolvimento.

Estendemos nossos agradecimentos a todos os professores que, com grande dedicação, compartilharam seus conhecimentos e experiências. Suas orientações nos desafiaram a ir além, a refletir de maneira mais profunda e a crescer como indivíduos. O empenho, a paciência e a atenção de cada um foram fundamentais para que chegássemos até aqui.

Finalmente, não podemos deixar de agradecer aos nossos colegas de turma, que tornaram esta jornada ainda mais significativa. A troca de ideias, a ajuda mútua e o companheirismo foram essenciais para que superássemos as dificuldades e celebrássemos as conquistas, e por isso somos imensamente gratos a cada um.

"Se fiz descobertas valiosas, foi mais por ter paciência do que qualquer outro talento."

ISAAC NEWTON

RESUMO

Este projeto, 3D MECATECH, é baseado na Grabber i3, uma impressora 3D projetada com o objetivo de oferecer uma alternativa acessível e eficiente para fabricação aditiva, que é um processo de produção no qual os objetos são criados pela adição sucessiva de camadas de material, construindo a peça do zero até sua forma final, por meio da técnica de deposição de material fundido. A máquina opera através da leitura de arquivos digitais tridimensionais, geralmente no formato .stl, os quais são processados por um *software* fatiador que traduz o modelo em comandos que a impressora pode interpretar. O projeto da Grabber i3 é conhecido por sua estrutura robusta, modular e por utilizar componentes de fácil aquisição, o que permite sua montagem e manutenção mesmo por usuários com conhecimentos intermediários em eletrônica e mecânica. O objetivo principal deste trabalho é apresentar os fundamentos técnicos e operacionais da Grabber i3, destacando sua importância no contexto educacional e no desenvolvimento de protótipos. Para isso, utilizamos como base referências bibliográficas voltadas à impressão 3D, tutoriais técnicos, além da nossa experiência prática durante a montagem e calibração do equipamento. O processo incluiu a seleção dos componentes principais, como o extrusor, motores de passo, placa controladora, além da estrutura em MDF e trilhos metálicos. A etapa de montagem foi fundamental para o entendimento da lógica de funcionamento da impressora, permitindo-nos aplicar conceitos de controle, programação e eletrônica aprendidos ao longo do curso. Também construímos uma base para acomodar a impressora e melhorar sua estabilidade durante as impressões, contribuindo para a qualidade final das peças produzidas. Essa vivência possibilitou uma maior compreensão sobre a manufatura digital e ampliou nossa capacidade de desenvolver soluções tecnológicas de forma autônoma e aplicada.

Palavras-chave: impressora 3D, Grabber i3, prototipagem.

ABSTRACT

3D MECATECH, is based on the Grabber i3, a 3D printer designed to offer an affordable and efficient alternative for additive manufacturing, which is a production process in which objects are created by the successive addition of layers of material, building the part from scratch until it reaches its final shape, using the fused deposition modeling technique. The machine operates by reading three-dimensional digital files, usually in stl format, which are processed by slicing software that translates the model into commands that the printer can interpret. The Grabber i3 design is known for its robust and modular structure, as well as for using easily acquired components, which allows for assembly and maintenance even by users with intermediate knowledge of electronics and mechanics. The main objective of this work is to present the technical and operational foundations of the Grabber i3, highlighting its importance in the educational context and in prototype development. To this end, we used bibliographical references focused on 3D printing, technical tutorials, and our practical experience during the assembly and calibration of the equipment as a basis. The process included selecting the main components, such as the extruder, stepper motors, controller board, as well as the MDF structure and metal rails. The assembly stage was essential for understanding the printer's operating logic, allowing us to apply control, programming, and electronics concepts learned throughout the course. We also built a base to accommodate the printer and improve its stability during printing, contributing to the final quality of the parts produced. This experience enabled a greater understanding of digital manufacturing and expanded our ability to develop technological solutions in an autonomous and applied manner.

Keywords: 3D printer, Grabber i3, Prototyping

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--------------------------------------|----|
| Figura 1 – Estereolitografia | 15 |
| Figura 2 - Selective Laser Sintering | 16 |
| Figura 3 - Impressora 3D Graber I3 | 19 |
| Figura 4 - Impressora 3D Prusa I3 | 20 |
| Figura 5 - Kit Ramps | 22 |
| Figura 6 - Extrusora MK8 | 24 |
| Figura 7 - Termistores NTC 100k | 25 |
| Figura 8 - Arduino Mega 2560 | 27 |
| Figura 9 - Motores de Passo Nema 17 | 28 |
| Figura 10 - Mesa Aquecida MK2B | 30 |
| Figura 11 - Fonte Chaveada 12V 30A | 32 |
| Figura 12 - Vidro Temperado | 33 |
| Figura 13 - Display LCD | 34 |
| Figura 14 - Filamento PLA | 35 |
| Figura 15 - Foto da Programação 1 | 37 |
| Figura 16 - Foto da Programação 2 | 37 |
| Figura 17 - Foto da Programação 3 | 38 |
| Figura 18 - Foto da Programação 4 | 38 |
| Figura 19 - Estrutura de MDF Montada | 41 |
| Figura 20 - Primeiros Testes | 42 |
| Figura 21 - Teste Final | 43 |

SUMÁRIO

| | |
|--------------------------------------|----|
| ÍNDICE DE FIGURAS | 10 |
| INTRODUÇÃO | 12 |
| OBJETIVOS | 14 |
| Objetivo Geral | 14 |
| Objetivo Específico | 14 |
| 1 EVOLUÇÃO DAS IMPRESSORAS 3D | 15 |
| 2 MODELOS CASEIROS DE IMPRESSORAS 3D | 18 |
| 2.1 Graber I3 | 18 |
| 2.2 Prusa I3 | 20 |
| 3 PROJETO | 21 |
| 3.1 Componentes | 22 |
| 3.1.1 Kit Ramps | 22 |
| 3.1.2 Extrusora MK8 | 23 |
| 3.1.3 Termistor NTC 100K | 25 |
| 3.1.4 Arduino Mega 2560 | 26 |
| 3.1.5 Motor de Passo Nema 17 | 28 |
| 3.1.6 Mesa Aquecida MK2B | 29 |
| 3.1.7 Fonte Chaveada 12V 30A | 31 |
| 3.1.8 Vidro Temperado | 33 |
| 3.1.9 Display LCD | 34 |
| 3.1.10 Filamento PLA | 35 |
| 3.2 Programação | 36 |
| 3.2.1 <i>Software</i> | 39 |
| 3.3 Estrutura | 41 |
| 3.4 Testes | 42 |
| 4 CONCLUSÃO | 44 |
| REFERÊNCIAS | 46 |

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a impressão 3D tem se tornado uma das tecnologias mais transformadoras na área da manufatura digital, permitindo a criação de objetos tridimensionais de maneira rápida, precisa e com custos relativamente baixos. Essa tecnologia, antes restrita a grandes empresas e laboratórios de pesquisa, tornou-se acessível a pequenas oficinas, escolas e até usuários domésticos, graças à popularização dos projetos de código aberto que é um modelo de desenvolvimento de *software* em que o código-fonte é disponibilizado publicamente, permitindo que qualquer pessoa veja, utilize, modifique e distribua o programa. A evolução da chamada manufatura aditiva, processo de fabricação em que peças e objetos são produzidos por meio da adição de camadas sucessivas de material, seguindo um modelo digital, tem possibilitado o surgimento de novos modelos de negócios, acelerando processos de prototipagem e estimulado a inovação em diversas áreas como engenharia, design, educação e saúde.

Entre os diversos modelos de impressoras 3D que se destacaram nesse cenário está a Grabber i3, uma variação baseada na clássica Prusa i3. A Grabber foi idealizada com o objetivo de tornar a impressão 3D ainda mais acessível, utilizando materiais simples como MDF ou acrílico cortado a laser para a construção da estrutura. Ao eliminar a necessidade de componentes metálicos caros e difíceis de obter, a Grabber i3 tornou-se uma escolha popular entre estudantes, educadores e entusiastas da cultura maker. Seu projeto segue os princípios do movimento RepRap (*Replicating Rapid Prototyper*), cujo foco é a criação de impressoras 3D que possam ser reproduzidas em si mesmas, utilizando peças impressas em 3D.

O funcionamento da impressora 3D Grabber i3 é baseado na tecnologia FDM (*Fused Deposition Modeling*), também conhecida como modelagem por deposição fundida. Nesse processo, um filamento termoplástico — geralmente PLA (ácido polilático) ou ABS (acrilonitrila butadieno estireno) — é alimentado por um motor em um extrusor, onde é aquecido até atingir seu ponto de fusão. Em seguida, o material fundido é depositado camada por camada sobre a mesa de impressão, conforme as coordenadas definidas por um arquivo de instrução chamado G-code.

A movimentação da impressora nos eixos X, Y e Z é controlada por motores de passo, que garantem precisão e repetibilidade no posicionamento do bico extrusor e da *heatbed* (*mesa aquecida*).

Neste projeto, utilizamos exclusivamente componentes de fácil aquisição no mercado nacional, preferencialmente reaproveitáveis ou de baixo custo. E os principais componentes do projeto são: Arduino e um Kit Ramps; o Arduino é uma placa controladora que funciona como o “cérebro” da impressora 3D. Ele interpreta os comandos enviados pelo computador (G-code) e controla os componentes da máquina.

Já o Kit Ramps é uma placa que se encaixa no Arduino. Ela distribui os sinais do Arduino para os motores, aquecedores, sensores e ventoinhas da impressora. Serve como a “ponte” entre o Arduino e os componentes físicos.

OBJETIVOS

Objetivo Geral

Desenvolver uma impressora 3D modelo Grabber i3, com base em tecnologias de código aberto e utilizando materiais de baixo custo e fácil acesso, a fim de compreender os princípios de funcionamento da manufatura aditiva, explorar seus aspectos práticos e didáticos, e demonstrar sua viabilidade como ferramenta para prototipagem rápida e uso educacional. O projeto busca integrar conhecimentos teóricos e práticos nas áreas de tecnologia, design e fabricação digital, promovendo uma abordagem acessível e funcional para a criação de soluções físicas a partir de modelos virtuais.

Objetivos Específicos

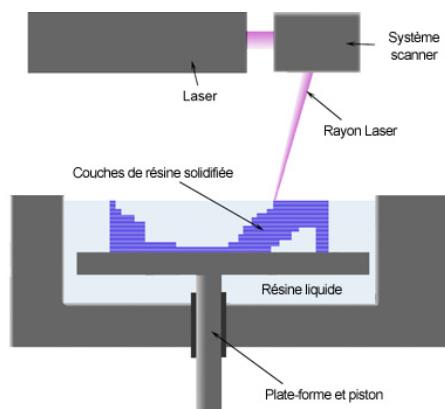
Além do objetivo de desenvolver uma impressora 3D baseada no modelo Grabber i3, visamos também: proporcionar aos usuários uma plataforma acessível e personalizada para a impressão de protótipos e peças em três dimensões, utilizando componentes de fácil aquisição, com ênfase na precisão de impressão, estabilidade mecânica e otimização do custo-benefício. O projeto deverá envolver a escolha de materiais adequados, montagem do *hardware*, configuração do *software* de controle (como o Marlin), e realização de testes para garantir a funcionalidade da impressora, incluindo a calibração do eixo, temperatura do extrusor e da cama aquecida, e resolução de problemas comuns durante a operação.

1 EVOLUÇÃO DAS IMPRESSORAS 3D

A história das impressoras 3D é uma narrativa de avanços tecnológicos contínuos que transformaram a manufatura e a prototipagem ao longo das últimas quatro décadas. Desde seu surgimento na década de 1980 até os dias atuais, a evolução dessas máquinas reflete não apenas inovações em processos e materiais, mas também a democratização do acesso a uma tecnologia antes restrita a grandes empresas.

O marco inicial da impressão 3D ocorreu em 1984, quando o engenheiro americano Chuck Hull desenvolveu a primeira tecnologia funcional de manufatura aditiva chamada estereolitografia (SLA). Essa técnica utiliza um laser ultravioleta para solidificar resina líquida camada por camada, possibilitando a criação de peças com alta resolução e detalhes precisos. Hull patenteou o processo em 1986 e fundou a empresa 3D Systems, que comercializou as primeiras impressoras SLA no mercado, voltadas inicialmente para prototipagem rápida em setores industriais.

Figura 1 – Estereolitografia

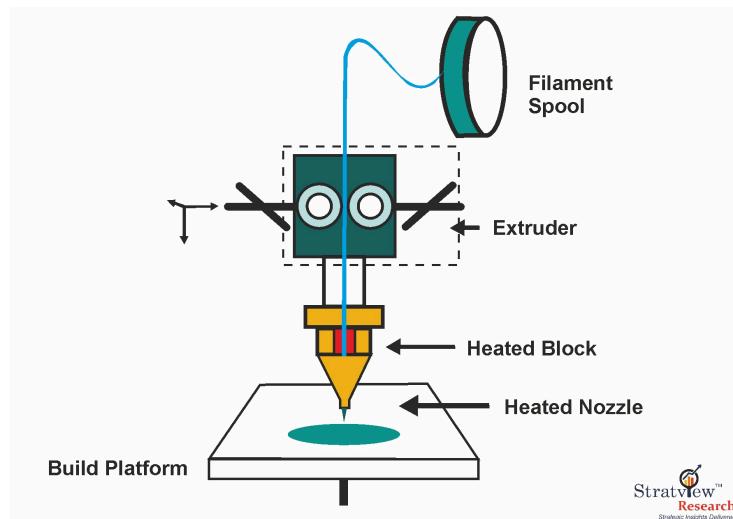


Fonte: <https://pt.3dilla.com/impressora-3d/estereolitografia/>. Acesso em: 24 jun. 2025

Nos anos 1990, outras tecnologias surgiram para expandir as possibilidades da manufatura aditiva. O *Fused Deposition Modeling* (FDM), criado por Scott Crump e patenteado em 1989, destacou-se por utilizar filamentos termoplásticos aquecidos e extrudados camada a camada para formar objetos. Essa técnica, mais simples e acessível, possibilitou maior diversidade de aplicações. A Stratasys, fundada por Crump, foi pioneira na comercialização do FDM, que ainda hoje é o método mais popular de impressão 3D.

Outra inovação significativa foi a *Selective Laser Sintering* (SLS), que utiliza laser para fundir partículas de pó metálico ou plástico, possibilitando a fabricação de peças com alta resistência mecânica e complexidade geométrica. Embora essa tecnologia seja mais cara e complexa, ela abriu caminhos para a produção direta de peças funcionais em indústrias como a aeroespacial e médica.

Figura 2 - Selective Laser Sintering



Fonte: <https://www.stratviewresearch.com/manage/uploads/articles/>. Acesso em: 24 jun. 2025

Um ponto de virada importante ocorreu em 2005 com o lançamento do projeto RepRap (*Replicating Rapid Prototyper*), idealizado pelo professor britânico Adrian Bowyer. O RepRap trouxe a ideia revolucionária de uma impressora 3D auto replicante, com design *open-source* (código aberto) e foco em baixo custo, permitindo que os usuários pudessem construir suas próprias máquinas e imprimir partes para elas mesmas. Isso acelerou a disseminação da impressão 3D para o público geral, incentivando comunidades de hobistas, educadores e pequenos empreendedores.

Com a expiração das patentes do FDM por volta de 2009, houve uma explosão no desenvolvimento de impressoras 3D caseiras, com modelos como a Prusa i3 e a Graber i3 ganhando popularidade mundial. Essas máquinas oferecem uma combinação de custo acessível, qualidade satisfatória e facilidade de montagem, democratizando ainda mais a tecnologia.

Nos anos 2010 e 2020, a evolução das impressoras 3D foi marcada por melhorias significativas em vários aspectos. A precisão e velocidade das máquinas aumentaram, novos materiais passaram a ser utilizados, incluindo metais, cerâmicas, materiais biocompatíveis e compósitos. Os softwares de modelagem e fatiamento tornaram-se mais sofisticados e amigáveis, integrando recursos de simulação e otimização.

Além disso, a impressão 3D passou a ser parte integrante da chamada Indústria 4.0, que reúne automação, inteligência artificial, *internet* das coisas e manufatura digital para criar processos produtivos mais inteligentes e flexíveis. Nesse contexto, a impressão 3D é utilizada não só para prototipagem, mas também para produção em pequena escala, personalização de massa e fabricação local, reduzindo custos logísticos e impactos ambientais.

2 MODELOS CASEIROS DE IMPRESSORAS 3D

As impressoras 3D da Grabber e Prusa são bastante populares no mercado de impressão 3D, especialmente entre entusiastas e profissionais. Cada marca tem suas particularidades e se destaca em diferentes aspectos, como qualidade, confiabilidade, facilidade de uso e recursos adicionais. Vamos explicar, a seguir, um pouco sobre cada uma delas e os tipos de impressoras que essas marcas oferecem.

2.1 Graber i3

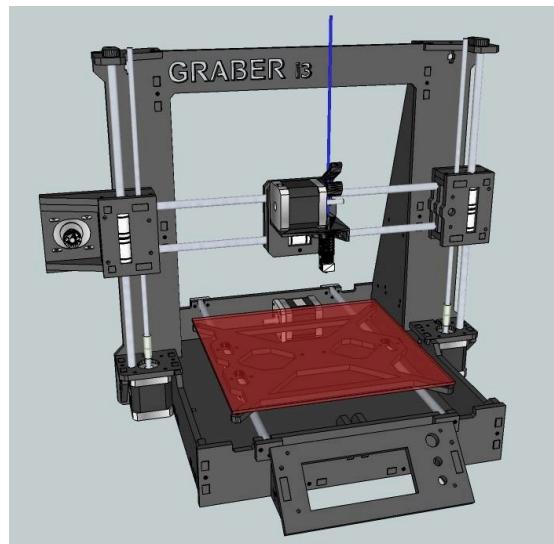
A impressora Graber i3 é uma das mais populares no mercado de impressão 3D, e isso não é à toa. Ela se baseia no design clássico do modelo Prusa i3, que revolucionou o setor por sua simplicidade e eficiência. Esse modelo de impressora é conhecido por sua boa qualidade de impressão, com resultados precisos e detalhados, seja para protótipos rápidos ou peças mais elaboradas. Além disso, a Graber i3 é reconhecida por ser fácil de montar, o que a torna uma excelente opção para iniciantes no mundo da impressão 3D.

Em sua versão mais simples, a impressora vem em kits que exigem montagem, o que permite que o usuário aprenda sobre o funcionamento e os componentes da impressora. Porém, para quem busca mais comodidade, alguns modelos já vêm parcialmente montados, facilitando ainda mais o processo de instalação. Este tipo de configuração é ideal para quem deseja começar a imprimir rapidamente, sem perder o aprendizado sobre o equipamento.

Um dos maiores atrativos da Graber i3 é sua excelente relação custo-benefício. Ela oferece recursos de alta qualidade por um preço acessível, o que a torna uma escolha popular tanto entre amadores quanto profissionais que precisam de uma impressora 3D eficiente sem comprometer o orçamento.

Outro ponto positivo é a sua tecnologia de impressão FDM (*Fused Deposition Modeling*), que é a mais utilizada em impressoras 3D domésticas, garantindo uma boa combinação entre performance e custo de operação. A FDM utiliza filamentos termoplásticos, como PLA e ABS, para criar objetos camada por camada, o que proporciona uma impressão rápida e com alta resistência das peças produzidas.

Figura 3 - Impressora 3D Graber I3



Fonte: <https://reprap.org/wiki/File:GraberI3.jpg/>. Acesso em: 7 jul. 2025

2.2 Prusa I3

O Prusa i3, versão mais atualizada desse modelo, é altamente valorizado tanto por amadores quanto por profissionais, devido à sua combinação de características técnicas avançadas, facilidade de uso e, principalmente, a impressionante qualidade de impressão que oferece. Sua área de impressão de 250 x 210 x 210 mm é ideal para a maioria dos projetos, permitindo que você crie desde protótipos pequenos até peças de maior escala, com precisão e agilidade.

Entre os recursos que destacam ainda mais esse modelo, estão o auto-nivelamento, que ajusta automaticamente a cama de impressão para garantir que as primeiras camadas sejam perfeitas, o que é crucial para uma impressão bem-sucedida. O sensor de filamento é outro recurso muito apreciado, pois detecta automaticamente quando o filamento está acabando ou se houve um problema com o material, evitando falhas durante a impressão. Além disso, a recuperação após falha de energia é um recurso que permite à impressora retomar o trabalho de onde parou, evitando desperdício de material e tempo em casos de queda de energia ou interrupções imprevistas. Esses recursos não só melhoraram a experiência do usuário, mas também oferecem maior confiabilidade e consistência nas impressões, o que é essencial para quem trabalha com produção de peças em escala industrial ou para prototipagem de alta precisão.

Figura 4 - Impressora 3D Prusa I3



Fonte:<https://www.impresoras3d.com/pt/as-oito-coisas-que-voc%C3%AA-n%C3%A3o-sabia-sobre-o-prusa-mk3s/>. Acesso em: 7 jul. 2025

3 PROJETO

O projeto consiste no desenvolvimento e construção de uma impressora 3D de baixo custo, utilizando materiais e componentes de fácil acesso ao público, com o objetivo de tornar a tecnologia de manufatura aditiva mais acessível. A proposta envolve a aplicação integrada dos conhecimentos técnicos adquiridos ao longo do curso de Mecatrônica, abrangendo as áreas de projeto mecânico, eletrônica, automação e programação de sistemas embarcados.

O processo inclui o dimensionamento e modelagem estrutural da impressora em *software CAD*, a seleção criteriosa de componentes eletromecânicos — como motores de passo, *drivers* (*software* que permite que o sistema operacional se comunique com um dispositivo de *hardware*), sensores e placas controladoras —, além do desenvolvimento e implementação do firmware responsável pelo controle de movimento e extrusão. Também foram realizadas a calibração e otimização dos parâmetros de impressão, garantindo precisão dimensional, qualidade superficial e repetibilidade nos resultados.

Todo o projeto será executado com foco na redução de custos, estimando-se um investimento aproximado de um terço do valor de uma impressora 3D comercial equivalente, sem comprometer a funcionalidade e o desempenho do equipamento. Dessa forma, o trabalho visa demonstrar a viabilidade técnica e econômica de construir uma impressora 3D eficiente e acessível, unindo teoria e prática na aplicação dos princípios da mecatrônica moderna.

3.1 Componentes

3.1.1 Kit Ramps

O kit RAMPS (*RepRap Arduino Mega Pololu Shield*) é um dos principais componentes usados em impressoras 3D, especialmente nos projetos de estilo RepRap. Ele se conecta ao Arduino Mega e serve como uma plataforma que organiza e gerencia todas as conexões dos motores, aquecedores, sensores e outros dispositivos essenciais da impressora.

Ele permite que o Arduino controle os motores de passo com precisão, coordene o aquecimento do *hotend* (responsável pela fusão do filamento) e da mesa aquecida com base nas informações recebidas dos sensores de temperatura, e responda a comandos enviados pelo computador através de um *software* de fatiamento, como o Marlin. Além disso, torna mais fácil montar ou fazer manutenção na impressora, porque é modular e seus componentes, como *drivers* de motor, podem ser substituídos separadamente.

Figura 5 - Kit Ramps



Fonte: Autoral

3.1.2 Extrusora MK8

A extrusora MK8 é um dos componentes mais importantes do sistema de deposição de material fundido (FDM) em impressoras 3D, sendo amplamente utilizada em equipamentos de baixo custo e projetos *D/Y* (Faça você mesmo) devido à sua simplicidade, eficiência e compatibilidade com diversos tipos de filamento.

Sua função principal é realizar a alimentação controlada do filamento termoplástico em direção ao *hotend*, onde o material é aquecido até atingir o ponto de fusão. Esse processo é fundamental para garantir um fluxo constante e preciso de material durante a impressão, resultando em camadas uniformes e peças com melhor qualidade dimensional.

A extrusora MK8 é composta por elementos como o motor de passo (geralmente NEMA 17), o engrenamento de tração (*drive gear*), o rolamento de pressão (*idler bearing*) e o sistema de guia do filamento. O conjunto atua de forma sincronizada para exercer a força necessária sobre o filamento, evitando deslizamentos e falhas na alimentação.

Dependendo da configuração da impressora, a MK8 pode operar nos modos *Bowden* (com tubo PTFE entre a extrusora e o *hotend*) ou *Direct Drive* (acoplada diretamente ao *hotend*). Cada sistema apresenta características específicas: o *Bowden* reduz o peso do conjunto móvel, permitindo impressões mais rápidas, enquanto o *Direct Drive* oferece maior precisão na extrusão e melhor desempenho com filamentos flexíveis.

Além disso, a MK8 pode ser ajustada conforme o tipo de filamento utilizado (como PLA, ABS, PETG ou TPU), variando a tensão da mola, a velocidade de alimentação e a temperatura do bico extrusor, fatores que influenciam diretamente na qualidade da impressão e na confiabilidade do equipamento.

Figura 6 - Extrusora MK8



Fonte: Autoral

3.1.3 Termistor NTC 100K

Esse comportamento possibilita ao *firmware* da impressora 3D realizar o monitoramento preciso da temperatura dos elementos térmicos, como o *hotend* (responsável pela fusão do filamento) e a *heatbed* (mesa aquecida), que assegura a adesão adequada da peça à superfície de impressão. Através dos sensores térmicos, geralmente termistores ou termopares, o *firmware* coleta dados em tempo real e, com base em algoritmos de controle — como o PID (Proporcional-Integral-Derivativo) — ajusta dinamicamente a potência enviada aos resistores de aquecimento.

Dessa forma, o sistema mantém as temperaturas dentro das faixas operacionais ideais para o material utilizado, prevenindo variações bruscas que poderiam causar falhas, como entupimentos, delaminações ou deformações na peça impressa. Esse controle térmico automatizado garante maior estabilidade, qualidade dimensional e repetibilidade no processo de impressão 3D.

Figura 7 - Termistores NTC 100k



Fonte: Autoral

3.1.4 Arduino Mega 2560

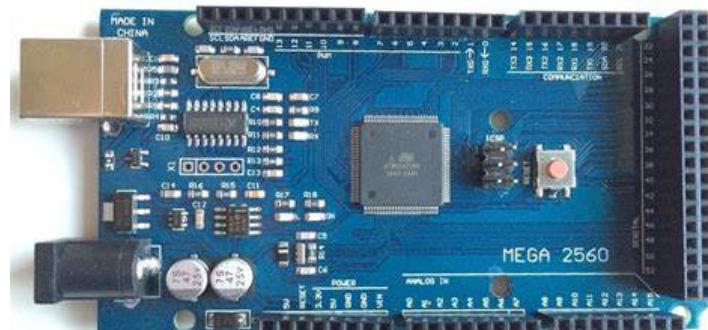
O Arduino Mega 2560 atua como a unidade de controle principal — ou “cérebro” — de grande parte das impressoras 3D baseadas em arquitetura *open source*. Ele é um microcontrolador desenvolvido com o chip ATmega 2560, responsável por processar e executar todas as instruções do firmware, geralmente Marlin, Repetier ou Klipper, que interpretam o código G (*G-code*) gerado pelo software de fatiamento (*slicer*).

Esse microcontrolador gerencia a movimentação dos motores de passo nos eixos X, Y, Z e do extrusor, controlando sua velocidade, aceleração e posicionamento com alta precisão. Além disso, o Arduino Mega 2560 coordena o funcionamento dos sensores de temperatura, termistores, ventoinhas de resfriamento, aquecimento do *hotend* e da mesa aquecida, além de interfaces de entrada e saída, como *displays LCD*, leitores de cartão SD e sensores de fim de curso (*endstops*).

Normalmente, ele é utilizado em conjunto com a placa de expansão RAMPS 1.4 (*RepRap Arduino Mega Pololu Shield*), que atua como uma interface intermediária entre o microcontrolador e os componentes eletrônicos da impressora. A RAMPS distribui os sinais elétricos, fornece conexões para os *drivers* de motores (como A4988 ou DRV8825) e gerencia a alimentação elétrica dos circuitos de potência e controle.

Em resumo, o Arduino Mega 2560 é o núcleo de processamento responsável por sincronizar todos os sistemas da impressora 3D, garantindo que as instruções digitais sejam convertidas com precisão em movimentos mecânicos e ajustes térmicos, resultando na formação exata das camadas do objeto impresso.

Figura 8 - Arduino Mega 2560



Fonte: <https://electronperdido.com/shop/arduino-compatible/mega/>. Acesso em: 22 ago. 2025

3.1.5 Motor de Passo Nema 17

Os motores de passo NEMA 17 são componentes eletromecânicos fundamentais no sistema de movimentação de impressoras 3D, sendo responsáveis por controlar com alta precisão os deslocamentos nos eixos X, Y e Z, além de atuar na alimentação do filamento pela extrusora. Esses motores operam com base em incrementos angulares discretos — denominados “passos” — que permitem um controle posicional altamente detalhado e repetível, essencial para a deposição precisa das camadas de material durante o processo de impressão.

Comumente, os motores NEMA 17 utilizados em impressoras 3D possuem um ângulo de passo de $1,8^\circ$, o que equivale a 200 passos por rotação completa, podendo atingir resoluções ainda maiores por meio de técnicas de *microstepping*, que subdividem cada passo em frações menores. Essa característica garante suavidade nos movimentos e maior fidelidade dimensional nas peças impressas.

Além disso, os motores NEMA 17 apresentam um bom equilíbrio entre torque, tamanho e eficiência energética, sendo capazes de movimentar com estabilidade o conjunto do eixo ou o mecanismo de extrusão sem perda de passos, desde que corretamente alimentados e ajustados. Sua padronização dimensional (face de montagem de 1,7 polegada, equivalente a 42 mm) facilita a integração com diferentes modelos de impressoras 3D, tornando-os um dos padrões mais utilizados no mercado de manufatura aditiva.

Figura 9 - Motores de Passo Nema 17



Fonte: Autoral

3.1.6 Mesa Aquecida MK2B

A mesa aquecida MK2B foi desenvolvida como evolução da série MK2 (e MK2a) com suporte para alimentação dupla (12 V ou 24 V), o que oferece mais versatilidade para diferentes configurações de impressoras. A placa tem dimensões típicas de 214 × 214 mm, com área aquecida efetiva na faixa de 200 × 200 mm, laminado de fibra de vidro FR4 com espessura cerca de 1,6 mm e cobre de cerca de 35 µm (“1 oz”) nas trilhas de aquecimento.

No uso típico, alimentada a 12 V, apresenta resistência de aproximadamente 1,0-1,2 Ω, enquanto na configuração de 24 V a resistência pode estar entre 3-3,4 Ω, o que permite que a placa atinja temperaturas de trabalho em torno de 100-120 °C. Para funcionamento, é crucial ter fonte de alimentação adequada — uma fonte que suporte alta corrente (por exemplo >10 A no modo 12 V) — e garantir boa conexão elétrica com fios de bitola adequada, além de considerar isolamento térmico na parte inferior da placa para acelerar o aquecimento e reduzir perda de calor. Em termos de aplicação, a mesa aquecida MK2B é usada como base aquecida para impressão 3D: ela aquece a superfície sobre a qual a peça é construída para evitar empenamentos e garantir melhor adesão do filamento, especialmente com materiais que encolhem bastante ao esfriar, como ABS ou PETG. Também há advertência de segurança: a superfície pode atingir temperaturas altas, portanto é recomendado desligar a tensão e aguardar alguns minutos antes de tocar ou fazer manutenção.

Em comparação com outros tipos de mesa aquecida (por exemplo lâminas de silicone ou alumínio aquecido), alguns usuários apontam que placas de PCB como a MK2B oferecem boa distribuição de calor e simplicidade de montagem, enquanto outros preferem alternativas com aquecimento mais rápido ou massa térmica diferente, segundo discussões da comunidade.

Figura 10 - Mesa Aquecida MK2B



Fonte: Autoral

3.1.7 Fonte Chaveada 12V 30A

A fonte chaveada de 12V e 30A desempenha um papel fundamental no sistema de alimentação da impressora 3D, sendo responsável por converter a tensão alternada (AC) da rede elétrica — normalmente 110V ou 220V — em tensão contínua (DC) estabilizada de 12 volts, com capacidade de corrente máxima de 30 amperes.

Esse tipo de fonte utiliza o princípio de chaveamento em alta frequência, o que permite maior eficiência energética, redução de perdas por calor e diminuição do tamanho e peso dos componentes internos, em comparação com fontes lineares tradicionais. Além disso, o circuito interno é composto por etapas de retificação, filtragem, chaveamento e regulação, garantindo uma tensão de saída estável, mesmo sob variações na carga ou na tensão da rede.

A corrente fornecida pela fonte é suficiente para alimentar todos os subsistemas da impressora 3D, incluindo motores de passo responsáveis pelo movimento dos eixos, resistências de aquecimento do *hotend* e da mesa aquecida (*heated bed*), ventiladores de refrigeração, placa controladora e demais periféricos eletrônicos. O uso de uma fonte de 30A assegura margem de segurança elétrica, evitando sobrecargas e garantindo operação contínua e confiável durante longos períodos de impressão.

Em resumo, a fonte chaveada 12V 30A é um componente essencial para a estabilidade e o desempenho global da impressora 3D, pois fornece energia limpa, eficiente e regulada para todos os seus circuitos e dispositivos.

Figura 11 - Fonte Chaveada 12V 30A



Fonte: Autoral

3.1.8 Vidro Temperado

O vidro temperado em uma impressora 3D atua como uma superfície de impressão de alta precisão, posicionada sobre a mesa aquecida (*heated bed*). Sua função principal é fornecer uma base rígida, perfeitamente plana e termicamente estável para garantir a correta adesão das primeiras camadas do filamento fundido durante o processo de deposição.

Por ser submetido a um processo de têmpera, o vidro adquire maior resistência mecânica e térmica em comparação ao vidro comum, suportando variações de temperatura típicas da impressão 3D sem deformações ou trincas. Essa estabilidade dimensional contribui para uma distribuição uniforme do calor proveniente da mesa, evitando gradientes térmicos que poderiam causar empenamentos (*warping*) ou descolamento da peça.

Além disso, o vidro temperado apresenta uma superfície lisa e quimicamente inerte, o que facilita tanto a aderência inicial do material — especialmente quando combinado com agentes adesivos como cola bastão, spray de cabelo — quanto a remoção da peça após o resfriamento, devido à contração térmica natural do polímero. Essa característica reduz o risco de danos à peça ou à mesa aquecida, prolongando a vida útil do equipamento e garantindo maior qualidade dimensional e acabamento superficial nas impressões.

Figura 12 - Vidro Temperado



Fonte: <https://produto.mercadolivre.com.br/>. Acesso em: 22 ago. 2025

3.1.9 Display LCD

O *display LCD* em uma impressora 3D atua como a principal interface homem-máquina (IHM), permitindo o controle direto e autônomo do equipamento sem a necessidade de um computador conectado continuamente. Esse componente, geralmente integrado à placa controladora por meio de comunicação serial (como via interface SPI ou I²C), possibilita ao operador executar comandos essenciais de forma prática e intuitiva.

Por meio do display, é possível gerenciar todo o processo de impressão, incluindo a inicialização e pausa de trabalhos, o ajuste preciso das temperaturas do *hotend* e da mesa aquecida (*heatbed*), o controle manual dos eixos X, Y e Z, e a calibração da superfície de impressão. Além disso, ele permite o carregamento e descarregamento do filamento, a verificação de parâmetros em tempo real (como velocidade, fluxo e temperatura) e o acesso a configurações avançadas do *firmware* — geralmente baseados em plataformas como Marlin, Klipper ou Repetier.

Modelos mais modernos de impressoras 3D utilizam displays *touchscreen* (dispositivo que detecta e responde a comandos de toque) com interface gráfica aprimorada, que exibem informações detalhadas sobre o progresso da impressão, alertas de erro, consumo de material e monitoramento térmico. Dessa forma, o *display LCD* não apenas facilita a operação e o monitoramento da impressora, mas também contribui para a precisão, segurança e eficiência do processo de manufatura aditiva.

figura 13 - Display LCD



Fonte: Autoral

3.1.10 Filamento PLA

O filamento PLA (ácido polilático) é um biopolímero termoplástico feito de fontes renováveis, como amido de milho e cana-de-açúcar. É considerado ambientalmente vantajoso por ser compostável em condições industriais e ter menor impacto ambiental que plásticos convencionais, embora sua degradação natural ocorra apenas em ambientes controlados.

O PLA é amplamente utilizado na impressão 3D por sua boa rigidez, estabilidade dimensional e excelente qualidade superficial, com temperatura de extrusão entre 180 °C e 220 °C. É fácil de imprimir, pois adere bem à mesa, não exige câmara aquecida e quase não libera odores, sendo ideal para iniciantes e prototipagem rápida.

Apesar de rígido, o PLA é mais quebradiço e menos resistente ao impacto que outros materiais, como o ABS. Para melhorar seu desempenho, podem ser usadas versões modificadas, como PLA+ ou misturas com fibras e copolímeros. Técnicas como o *annealing* (recozimento) também aumentam sua resistência térmica e mecânica.

Em resumo, o PLA combina ótimo acabamento, baixo odor e simplicidade de impressão, sendo indicado para peças decorativas, protótipos e aplicações em que a estética é mais importante que a resistência extrema.

Figura 14 - Filamento PLA



Fonte: Autoral

3.2 Programação

Em nosso projeto, foi utilizado o Marlin Firmware, um *software* de código aberto amplamente empregado no controle de impressoras 3D FDM (*Fused Deposition Modeling*) e outros sistemas de fabricação digital e prototipagem rápida. Desenvolvido em linguagem C++, o Marlin é baseado na arquitetura Arduino, oferecendo uma estrutura modular e altamente configurável que possibilita adaptar o *firmware* a diferentes tipos de impressoras, controladores e periféricos.

Compatível com uma ampla variedade de placas de controle, como RAMPS 1.4, MKS Gen, SKR, Duet e diversas versões do Arduino Mega e Due, o Marlin se destaca pela flexibilidade e pela extensa comunidade de desenvolvedores que constantemente aprimoram suas funcionalidades e estabilidade. Essa característica torna o *firmware* uma das opções mais robustas e acessíveis para integração em projetos de impressão 3D.

O Marlin é responsável pelo controle preciso de todos os sistemas da impressora, incluindo os movimentos dos eixos X, Y e Z, o gerenciamento térmico dos *hotends* e da mesa aquecida, o ajuste de velocidade, aceleração e *jerk* (velocidade instantânea na troca de direção), além do controle do extrusor e do fluxo de filamento. Ele também oferece suporte a recursos avançados, como auto nivelamento da mesa (*Auto Bed Leveling*), compensação de malha (*Mesh Bed Leveling*), auto calibração de sensores, recuperação após falhas de energia (*Power Loss Recovery*), proteções térmicas (*Thermal Runaway Protection*) e suporte a interfaces gráficas via LCD ou *touchscreen*.

Além disso, o firmware permite uma ampla personalização por meio de arquivos de configuração, possibilitando ajustar parâmetros como dimensões da máquina, tipo de extrusor, sensores, drivers de motor de passo, comunicação serial e protocolos G-code (código G). Graças à sua estrutura aberta e à compatibilidade com diferentes plataformas, o Marlin continua sendo uma das soluções mais confiáveis e versáteis para o controle de impressoras 3D e sistemas de automação baseados em microcontroladores.

Figura 15 - Foto da Programação 1

```

306 * 147 : PT100 with 4k7 pullup
307 * 130 : PT100 with 1k pullup (non standard)
308 *
309 */
310 * 998 : Dummy Table that ALWAYS reads 25°C on the temperature defined below.
311 * 999 : Dummy Table that ALWAYS reads 100°C on the temperature defined below.
312 *
313 * :{ "0": "Not used", "1": "100k / 4.7k - EPCOS", "2": "200k / 4.7k - ATC Semitec 204GT-2", "3": "Mendel-parts / 4.7k", "4": "10k !! do not use for a hotend. Bad re:
314 */
315 #define TEMP_SENSOR_0 1
316 #define TEMP_SENSOR_1 0
317 #define TEMP_SENSOR_2 0
318 #define TEMP_SENSOR_3 0
319 #define TEMP_SENSOR_4 0
320 #define TEMP_SENSOR_BED 1
321 #define TEMP_SENSOR_CHAMBER 0
322
323 // Dummy thermistor constant temperature readings, for use with 998 and 999
324 #define DUMMY_THERMISTOR_998_VALUE 25
325 #define DUMMY_THERMISTOR_999_VALUE 100
326
327 // Use temp sensor 1 as a redundant sensor with sensor 0. If the readings
328 // from the two sensors differ too much the print will be aborted.
329 // #define TEMP_SENSOR_1_AS_REDUNDANT
330
331 //---- MELTINN REPRODUCIBILITY_CODE_PRINTER_KINETIC.h

```

Fonte: Autoral

Figura 16 - Foto da Programação 2

```

010 /**
011 * Default Axis Steps Per Unit (steps/mm)
012 * Override with M28
013 */
014 #define DEFAULT_AXIS_STEPS_PER_UNIT { 80, 80, 4000, 500 }
015
016 /**
017 * Default Max Feed Rate (mm/s)
018 * Override with M28
019 */
020 #define DEFAULT_MAX_FEEDRATE { 200, 200, 2, 20 }
021
022 /**
023 * Default Max Acceleration (change/s) change = mm/s
024 * (Maximum start speed for accelerated moves)
025 * Override with M21
026 */
027 #define DEFAULT_MAX_ACCELERATION { 3000, 3000, 100, 10000 }
028
029 /**
030 * Default Acceleration (change/s) change = mm/s
031 * Override with M24
032 */
033

```

Fonte: Autoral

Figura 17 - Foto da Programação 3

```

Marlinfinalizado - Configuration.h | Arduino IDE 2.3.6
File Edit Sketch Tools Help
Arduino Mega or Mega 2...
Marlinfinalizado.ino Conditionals.h Conditionals_LCD.h Conditionals_post.h Configuration.h Configuration_adv.h G26_Mesh_Validation_Tool.cpp HAL.h I2CPositionEncoder.cpp I2CPositionEncoder.h ...
547 /*
548 * A4988 is assumed for unspecified drivers.
549 */
550 /* Options: A4988, DRV8825, LV8729, L6470, TB6560, TB6600, TMC2100,
551 * TMC2100_STANDALONE, TMC2208, TMC2208_STANDALONE,
552 * TMC260X, TMC260X_STANDALONE, TMC2608, TMC2608_STANDALONE,
553 * TMC5130, TMC5130_STANDALONE
554 */
555 #define X_DRIVER_TYPE DRV8825
556 #define Y_DRIVER_TYPE DRV8825
557 #define Z_DRIVER_TYPE DRV8825
558 // #define X2_DRIVER_TYPE A4988
559 // #define Y2_DRIVER_TYPE A4988
560 // #define Z2_DRIVER_TYPE A4988
561 #define E0_DRIVER_TYPE DRV8825
562 // #define E1_DRIVER_TYPE A4988
563 // #define E2_DRIVER_TYPE A4988
564 // #define E3_DRIVER_TYPE A4988
565 // #define E4_DRIVER_TYPE A4988
566 // #define E5_DRIVER_TYPE A4988
567
568 // Enable this feature if all enabled endstop pins are interrupt-capable.
569 // This will remove the need to poll the interrupt pins, saving many CPU cycles.
570 // #define ENDSTOP_INTERRUPTS_FEATURE
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633

```

Fonte: Autoral

Figura 18 - Foto da programação 4

```

Marlinfinalizado - Configuration.h | Arduino IDE 2.3.6
File Edit Sketch Tools Help
Arduino Mega or Mega 2...
Marlinfinalizado.ino Conditionals.h Conditionals_LCD.h Conditionals_post.h Configuration.h Configuration_adv.h G26_Mesh_Validation_Tool.cpp HAL.h I2CPositionEncoder.cpp I2CPositionEncoder.h ...
509 /**
510 * Default Axis Steps Per Unit (steps/mm)
511 * Override with M222
512 */
513 /*
514 #define DEFAULT_AXIS_STEPS_PER_UNIT { 80, 80, 4000, 500 }
515
516 /**
517 * Default Max Feed Rate (mm/s)
518 * Override with M203
519 */
520 /*
521 #define DEFAULT_MAX_FEEDRATE { 200, 200, 2, 20 }
522
523 /**
524 * Default Max Acceleration (change/s) - mm/s
525 * (Maximum start speed for accelerated moves)
526 * Override with M201
527 */
528 /*
529 #define DEFAULT_MAX_ACCELERATION { 3000, 3000, 100, 10000 }
530
531 /**
532 * Default Acceleration (change/s) - mm/s
533 * Override with M204
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633

```

Fonte: Autoral

3.2.1 Software

Download do Firmware Marlin (Repositório oficial no GitHub).

3.2.2 *Hardware* (Setup de Teste)

Placa Arduino Mega 2560 R3.

Shield RAMPS 1.4.

Drivers de motor (ex: 4x A4988).

(*Hardware* mínimo para teste de compilação não necessita de motores/sensores conectados).

3.2.3 Etapa 1: Configuração do Ambiente e *Hardware* Base (Configuration.h)

3.2.4 Definição da Placa-Mãe

```
#define MOTHERBOARD BOARD_RAMPS_14_EFB
```

3.2.5 Configuração de Comunicação Serial

```
#define SERIAL_PORT 0
```

```
#define BAUDRATE 115200
```

3.2.6 Configuração de Termistores

```
#define TEMP_SENSOR_0 1
```

```
#define TEMP_SENSOR_BED 1
```

3.2.7 Configuração dos *Endstops*

```
#define USE_XMIN_PLUG, #define USE_YMIN_PLUG, #define  
USE_ZMIN_PLUG
```

Inversão da lógica : X_MIN_ENDSTOP_INVERTING = true

3.2.8 Configuração dos *Drivers* de Motor

```
#define X_DRIVER_TYPE A4988
```

3.2.9 Definição da Cinemática e Dimensões da Impressora

```
#define X_BED_SIZE 200
```

```
#define Y_BED_SIZE 200
```

```
#define Z_MAX_POS 180
```

3.2.11 Etapa 2: Calibração de Movimento (Configuration.h)

3.2.12 Cálculo de Passos por Milímetro (Steps/mm)

Análise de polias, correias, fusos e micro-passos dos drivers.

```
#define DEFAULT_AXIS_STEPS_PER_UNIT { 80, 80, 400, 95 }
```

3.2.13 Direção dos Motores

```
#define INVERT_X_DIR true
```

3.2.14 Configurações de *Homing*

```
#define X_HOME_DIR -1
```

3.2.14 Etapa 3: Configurações de Segurança e Recursos Avançados (Configuration_adv.h)

3.2.15 Proteções Térmicas

```
#define THERMAL_PROTECTION_HOTENDS  
#define THERMAL_PROTECTION_BED
```

3.2.16 Configurações de Desempenho

```
#define DEFAULT_ACCELERATION ...  
#define DEFAULT_X_JERK ...
```

3.2.17 Habilitação de Recursos Opcionais

Habilitação de *Display LCD*
REPRAP_DISCOUNT_SMART_CONTROLLER).

3.2.18 Etapa 4: Compilação e *Upload*

3.2.19 Processo de Compilação no Platform IO/Arduino IDE

Seleção do ambiente correto (mega mega 2560).
Verificação de erros de sintaxe e dependências (Bibliotecas, ex: U8glib para LCDs).

3.2.20 Conexão Física

Conexão do Arduino Mega 2560 ao computador via USB.
Identificação da porta COM.

3.2.21 Upload (Flash)

Envio do arquivo .hex compilado para a memória Flash do ATmega2560.

3.2.22 Teste e ajuste

Após o *upload*, reinicie a impressora e execute testes de movimentação, calibragem de temperatura, etc., para garantir que as configurações estão funcionando corretamente.

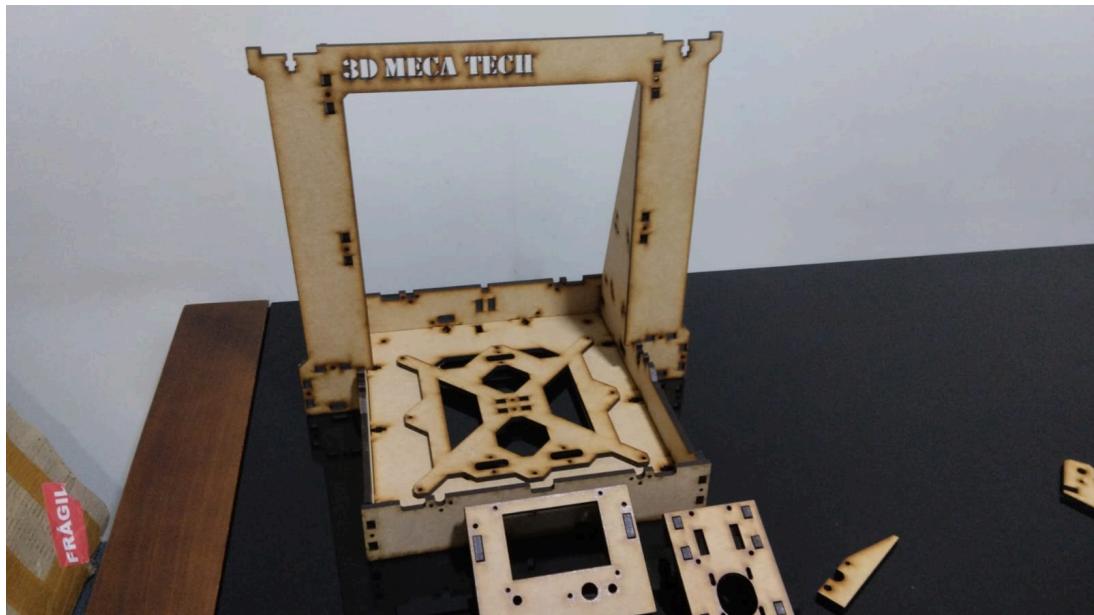
3.3 Estrutura

A estrutura em MDF (*Medium Density Fiberboard*) de uma impressora 3D funciona como o chassi principal, formada por placas de 6 mm a 15 mm cortadas a laser ou em CNC, garantindo precisão e bom encaixe. A montagem inicia-se pela base, com pés niveladores e perfis de alumínio, seguida pelo portal que sustenta os eixos X, Y e Z. As partes são fixadas com parafusos métricos, insertos metálicos e reforços que suportam motores, rolamentos e guias lineares.

A mesa aquecida é montada sobre molas e rolamentos, permitindo nivelamento e isolamento térmico, enquanto o cabeamento é organizado com braçadeiras e canaletas. O MDF é econômico, fácil de usinar e absorve vibrações, mas tem baixa resistência à umidade e menor rigidez que o alumínio, exigindo selagem e reforços para evitar deformações.

Projetos *DIY*, como o modelo SPH com MDF de 5 mm e área útil de 130 × 160 × 130 mm, provam que é possível construir impressoras precisas e de baixo custo, embora menos robustas que estruturas metálicas.

Figura 19 - Estrutura MDF Montada

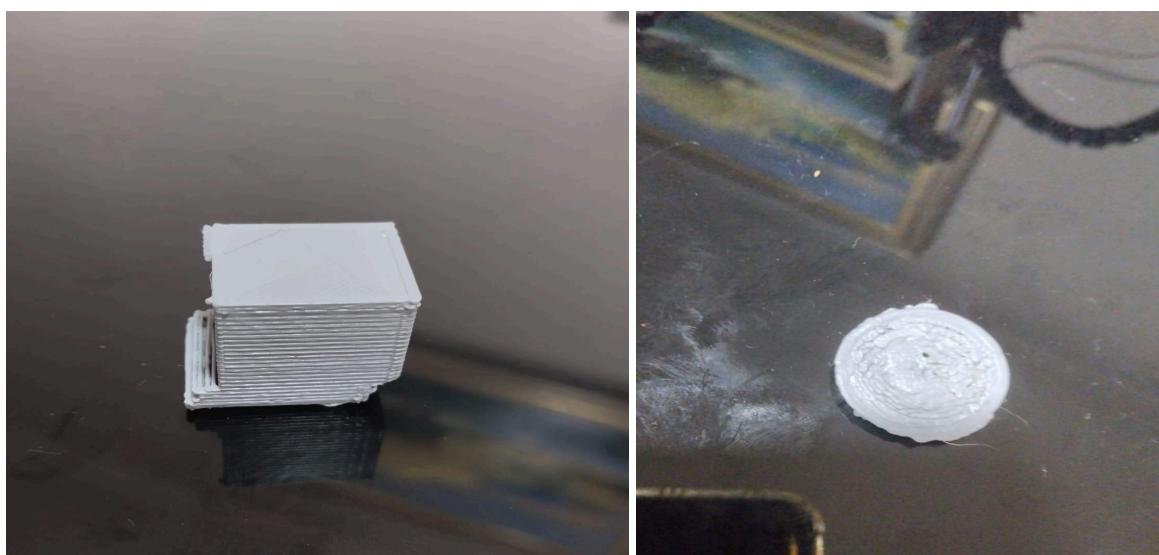


Fonte: Autoral

3.4 Testes

Realizamos diversos testes com a impressora 3D, nos quais utilizamos como parâmetro para aprimorar a qualidade das impressões. Esses testes foram essenciais para realizar os ajustes necessários nos parâmetros da impressora, como motores de passo e o *hotend*, assim como também ajustes no *software* de fatiamento e na programação. Após a correção desses aspectos, foi possível alcançar um resultado satisfatório.

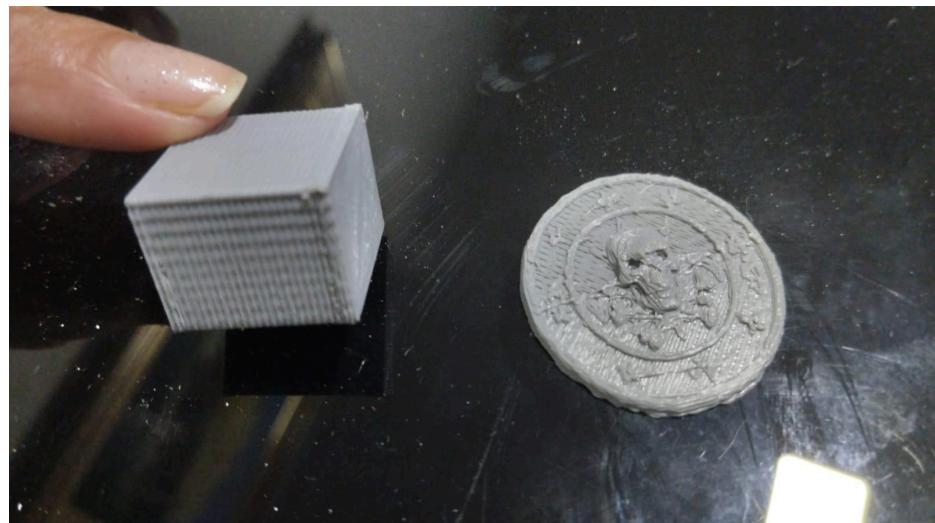
Figura 20 - Primeiros Testes



Fonte : Autoral

Realizamos o segundo teste utilizando a impressora 3D, adotando novos parâmetros com o objetivo de aperfeiçoar ainda mais a qualidade das impressões. Nessa etapa, os procedimentos foram fundamentais para refinar configurações específicas da máquina, incluindo o alinhamento dos motores de passo, a estabilidade térmica do *hotend* e a calibração do fluxo de material. Também foram efetuados ajustes adicionais no *software* de fatiamento e na lógica de programação aplicada ao equipamento. Após essas correções, o desempenho obtido mostrou-se satisfatório e compatível com o esperado para esta fase do processo.

Figura 21 - Testes Finais



Fonte : Autoral

4 CONCLUSÃO

O presente trabalho abordou a construção e a implementação de uma impressora 3D caseira de baixo custo, a 3D MECATECH, com o objetivo de tornar a tecnologia de impressão tridimensional mais acessível para um público amplo, especialmente para entusiastas, pequenos empreendedores e educadores.

Ao longo do desenvolvimento do protótipo, discutimos os principais componentes envolvidos na montagem de uma impressora 3D, como motores de passo, drivers, controladores, *hotend*, cama aquecida, e a escolha do material para a estrutura, destacando a importância da seleção cuidadosa do material para garantir a funcionalidade e o custo reduzido.

O projeto foi baseado no design Graber i3, que oferece uma boa relação entre desempenho e custo. A escolha desse modelo foi motivada pela sua simplicidade estrutural, vasto suporte da comunidade e facilidade de personalização. A impressora foi projetada para utilizar componentes amplamente disponíveis no mercado, como a Placa RAMPS e a Controladora Arduino Mega 2560, que são amplamente documentados e apresentam um baixo custo de aquisição.

A montagem da impressora e a implementação do firmware Marlin foram etapas críticas para garantir que o sistema fosse capaz de operar de forma eficiente e com qualidade de impressão satisfatória. Durante o processo, foram feitas configurações específicas no código-fonte, incluindo ajustes na velocidade de impressão, temperatura da cama, possibilitando uma operação estável e precisa.

Além disso, o custo final do projeto foi consideravelmente baixo, o que faz dele uma opção viável para aqueles que desejam ter acesso à impressão 3D sem grandes investimentos.

Por fim, concluímos que a construção de uma impressora 3D de baixo custo é uma alternativa eficaz para democratizar o acesso a essa tecnologia. Embora o desempenho da máquina não se compare a impressoras de alta potência em termos de velocidade e precisão, ela oferece uma excelente plataforma para aprendizado e desenvolvimento de projetos.

Além disso, contribui para a popularização da impressão 3D, especialmente em contextos educacionais e maker. Com um foco maior no campo da prototipagem e manufatura, abrindo caminho para novas possibilidades no uso doméstico e em pequenos negócios.

Este projeto também sugere que, com um pouco mais de aprimoramento e o uso de novas tecnologias e materiais, as impressoras 3D de baixo custo poderão se tornar ainda mais competitivas e amplamente utilizadas no futuro, beneficiando não apenas o setor educacional e hobbyista, mas também pequenos e médios empreendedores que buscam soluções criativas e econômicas para a produção de peças e protótipos.

REFERÊNCIAS

- 1 **Arduino Mega 2560.** Conteúdo disponível em:
<https://blog.smartkits.com.br/conhecendo-o-arduino-mega-2560/>, acessado em 10/07 às 17:45.
- 2 **Display LCD para Arduino.** Conteúdo disponível em:
<https://blog.eletrogate.com/guia-completo-do-display-lcd-arduino/>, acessado em 20/07 às 22:45.
- 3 **Estrutura de MDF e Montagem.** Conteúdo disponível em:
https://hardwarelivreusp.org/projetos/2020/06/19/impressora_3d/, acessado em 15/07 às 18:45.
- 4 **Extrusora MK8 e *hotend*.** Conteúdo disponível em:
<https://www.eletrogate.com/extrusora-completa-mk8-e3d>, acessado em 20/05 às 21:55.
- 5 **Firmware para impressora 3D.** Conteúdo disponível em:
<https://marlinfw.org/docs/basics/introduction.html>, acessado em 15/04 às 19:13.
- 6 **Fonte Chaveada 12v 30a.** Conteúdo disponível em:
https://www.impactocnc.com/fonte-chaveada-12v-30a-360w-110220v?srsltid=AfmBO0o0_GuwjtZIBMZvhn0d1xfhOq3Fu8YBznNJ7cGyQUk-RwbhfF9w, acessado em 13/07 às 15:33.
- 7 **Kit Ramps 1.4.** Conteúdo disponível em: https://reprap.org/wiki/RAMPS_1.4, acessado em 17/04 às 20:30.
- 8 **Motor de passo NEMA 17.** Conteúdo disponível em:
https://www.eletrogate.com/nema-17-4-2-kgf-1-7-a?srsltid=AfmBOoqxBGzSMZ5qgDgGeaLcxUIA_G0AU2UH9ypUwoAyyZ37SAEyKzkP, acessado em 11/07 às 18:45.
- 9 **Programação e Modelagem de objetos para impressora 3D.** Conteúdo disponível em:
<https://www.ufsm.br/pet/sistemas-de-informacao/2023/10/15/programacao-por-tras-da-impressao-3d>, acessado em 22/07 às 19:03
- 10 **Software e Hardware de código aberto para impressoras 3D.** Conteúdo disponível em: <https://reprap.org/wiki/RepRap>, acessado em 12/04 às 18:30.
- 11 **Termistor NTC 100K.** Conteúdo disponível em:
<https://www.eletrogate.com/termistor-ntc-100k-com-cabo-de-1m-ideal-para-impressora-3d>, acessado em 07/07 às 19:19.

12 Vidro temperado para uso em impressora 3D. Conteúdo disponível em:

<https://acelera3d.com/produto/vidro-para-mesa-aquecida/?srsltid=AfmBOopxGvwe15e9rA57XuWqVcOmKLN-dLN4IxuMvXui9KhZojzegG6L>, acessado em 17/07 às 23:22.