PMR3101 - INTRODUÇÃO À MANUFATURA MECÂNICA

Aula 12: Prototipagem Rápida; Manufatura Aditiva (Impressão 3D)

Protótipo é um modelo criado com o objetivo testar um produto, serviço ou sistema. Um protótipo geralmente é construído na fase de testes de um projeto.

O objetivo de um protótipo é o **teste e o aprendizado**. Ele é construído quando não se sabe se uma coisa pode dar certo ou não, por isso todos os seus recursos devem ser direcionados única a exclusivamente para responder a pergunta: estamos certos ou não?

A mentalidade de Protótipo

Um protótipo é uma ferramenta de aprendizado, não um produto! Você cria um modelo para testar o mais rápido possível uma ideia com o seu cliente e melhora-lo.

A arte da prototipagem

Prototipar é sim uma arte. E errar nessa etapa é muito fácil, por isso nós separamos **4 dicas** que você deve levar em consideração para criar um protótipo que seja realmente eficaz na tarefa no aprendizado da sua equipe:

(evolvemvp.com)

1. **Não existe nada que você não consiga prototipar**

Não importa o quão complexa uma ideia parece. Sempre é possível criar um protótipo dela. Sempre!

Você sempre deve olhar para o seu projeto pensando em qual benefício ou problema ele resolve do seu cliente final. Se você levar isso em consideração a tarefa de construir um teste fica muito mais fácil.

Desenhe um mapa do seu serviço. Quem são os usuários envolvidos? Como eles encontram a sua empresa? Como eles utilizam o serviço? Como se dá a entrega? Existe alguma acontecimento pós entrega de valor?

Analise bem a ideia, decida o que deve ser testado antes.

(evolvemvp.com)

2. Não se apaixone pelo o que está construindo

A construção de um protótipo deve ser rápida. Quanto mais tempo levar o processo de construção mais apegado a ele você vai ficar e vai ficar cada vez mais difícil descarta-lo quando for necessário.

Antes de começar o processo de prototipagem você deve ter duas questões bem resolvidas com você mesmo:

Protótipos são construídos para serem descartados. Se você se apegar muito a ele vai ter resistência em aceitar que o cliente não gostou dele. “O cliente não entendeu”, se ele não entendeu não vai usar, se não vai usar não serve e deve ser descartado.

Se o seu protótipo for aprovado pelo público isso não quer dizer que ele está pronto para ser comercializado. Muitas startups usam o conceito de MVP (explicamos o que é nesse post) para lançarem produtos ruins/inacabados no mercado. Você deve **coletar os feedbacks** dos clientes e melhorar o produto sempre.

(evolvemvp.com)

MVP é a sigla do termo inglês *Minimum Viable Product* que podemos traduzir como **Produto Minimamente Viável**.
O MVP é uma espécie de protótipo inicial de uma ideia que tem como principal finalidade **testar a ideia e o modelo de negócios** de uma startup ou empresa.

3. Lembre-se do objetivo do seu protótipo
Essa é a dica mais importante. Antes de construir um protótipo você deve refletir: “o que eu quero aprender com ele?”.
Escreva em uma parede da sua sala isso: nós construímos para aprender.
O seu protótipo não precisa estar completo para ser testado.
O seu projeto pode ter várias funcionalidades, mas inclua no seu protótipo as mais importantes, teste e depois implemente as melhorias com o tempo. Isso evita que você gaste muito tempo construindo o primeiro protótipo e que o seu cliente fique confuso sobre o que você deseja testar.

(evolvemvp.com)

4. A mágica de um protótipo que “parece” real

Faça parecer real. Não importa qual ferramenta você escolha utilizar. O cliente deve reagir de forma natural, o protótipo precisa “cumprir a função”.

Finja que o produto já existe e realize as funções básicas manualmente.

O quão bem acabado um protótipo deve ser? O máximo para o cliente ter uma boa experiência.

Teste o fluxo de funcionalidades do seu serviço. Existe algum ponto em que o ciclo não fecha? Existe alguma funcionalidade que não consegue chegar ao seu objetivo? Se sim e for primordial para a experiência complete-a, se não for remova do seu protótipo.

O protótipo deve entregar valor, seja lá qual você tenha decidido. Foque em “enxugar” e entregar menos funcionalidades completas do que muitos recursos inacabados.

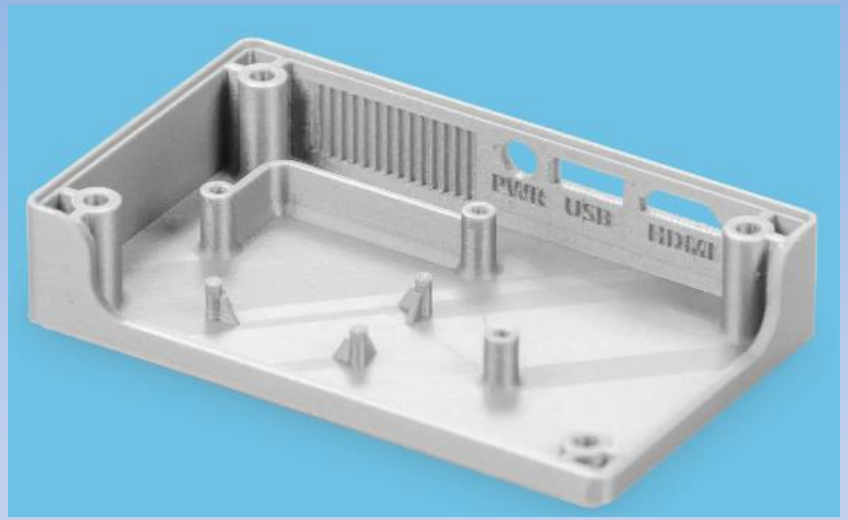
(evolvemvp.com)

Concluindo: vou construir meu protótipo, e agora?

Embora pareça trabalhoso, a prototipagem é uma das partes mais interessantes de um projeto.
É com ele que você aprende coisas sobre os seus clientes que você nem tinha imaginado.
Para quem consegue aproveitar ao máximo essa etapa a prototipagem pode ser fonte não só de novas funcionalidades, mas de novas oportunidades de negócio.
Pratique, construa muitos protótipos rápidos, teste com os clientes, os ouça, utilize os aprendizados para melhorar o protótipo, construa novamente, teste…

(evolvemvp.com)

VANTAGENS DE FAZER UM PROTÓTIPO

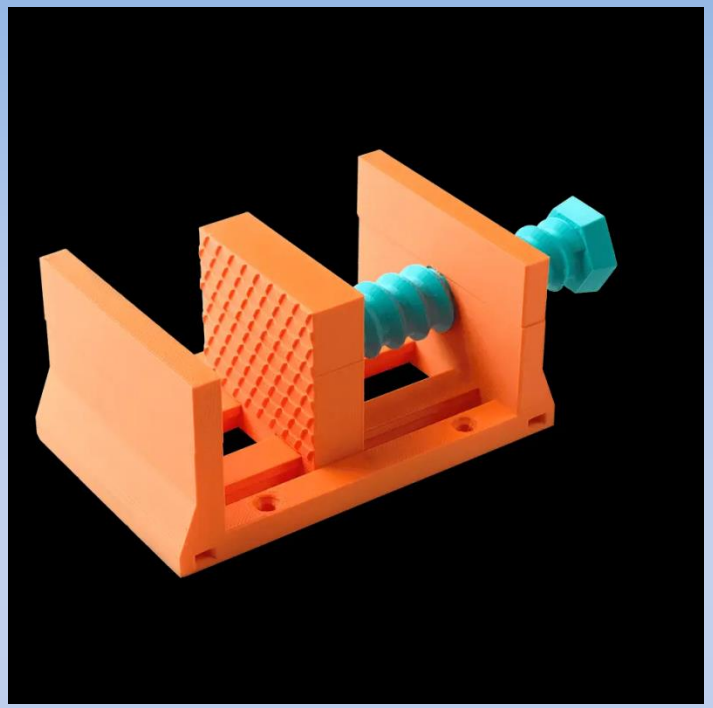


Como fazer um protótipo pode ajudar você e sua empresa? Aqui estão apenas algumas vantagens:
Mostrar aos seus clientes e investidores um modelo físico de seu produto;

Demonstrar a aparência, dimensões e características do seu produto;
Teste o mercado com o seu produto antes da produção;
Economize tempo e dinheiro identificando e reduzindo falhas de projeto;
Melhorar e agilizar o processo de produção;
Crie várias versões com diferentes cores, texturas de superfície e processos de acabamento.

(sigmaprototipos.com.br)

O QUE É PROTOTIPAGEM RÁPIDA



Os protótipos são úteis para a melhoria do design, como degraus para a produção total ou para testes de engenharia. Eles são feitos para serem rápidos e econômicos, sem a necessidade do investimento em ferramentas pesadas.

Muitos de nossos clientes precisam produzir rapidamente uma peça física para validar um projeto ou fazer melhorias de produtos. **A prototipagem rápida envolve técnicas de fabricação especializadas para fazer modelos físicos de alta qualidade, a partir de um desenho 3D**.

(sigmaprototipos.com.br)

Prototipagem Rápida: conjunto de tecnologias usadas para se fabricar objetos físicos diretamente a partir de fontes de dados gerados por sistemas de projeto auxiliado por computador (C.A.D).

Metodologia: agregam e ligam materiais, camada a camada, de forma a constituir o objeto desejado.

Também conhecida por: fabricação sólida com forma livre, manufatura automatizada por computador ou manufatura em camadas.

Características da Prototipagem Rápida:

- criar rapidamente e de forma barata protótipos concretos a partir de seus projetos;
- auxílio visual excelente durante a discussão prévia do projeto com colaboradores ou clientes;
- permitir testes prévios como, por exemplo, ensaios em túnel de vento para componentes aeronáuticos ou análise fotoelástica para se verificar pontos de concentração de tensões na peça;
- estima-se que a economias de tempo e de custos proporcionada pela aplicação das técnicas de prototipagem rápida na construção de modelos sejam da ordem de 70 a 90%.

Fabricação de ferramentais (ferramentaria rápida): fabricação automática de ferramentas para uso na produção em série.

- A produção de ferramentas é uma das etapas mais lentas e caras no processo de manufatura. Ferramentas geralmente apresentam geometrias complexas e precisam ser dimensionalmente precisas. Além disso, elas devem ser duras, resistentes ao desgaste e apresentar baixa rugosidade, por isso matrizes e moldes são tradicionalmente são feitos por usinagem CNC, eletroerosão ou mesmo manualmente, processos caros e demorados.
- As técnicas de prototipagem rápida permitem economizar 75% do tempo e custos envolvidos na fabricação das ferramentas.

Etapas de Fabricação:

Todos os processos de prototipagem rápida atualmente existentes são constituídos por cinco etapas básicas:

1. Criação de um modelo CAD da peça que está sendo projetada;
2. Conversão do arquivo CAD em formato STL, próprio para estereolitografia;
3. Fatiamento do arquivo STL em finas camadas transversais;
4. Construção física do modelo, empilhando-se uma camada sobre a outra;
5. Limpeza e acabamento do protótipo.

figure 1.

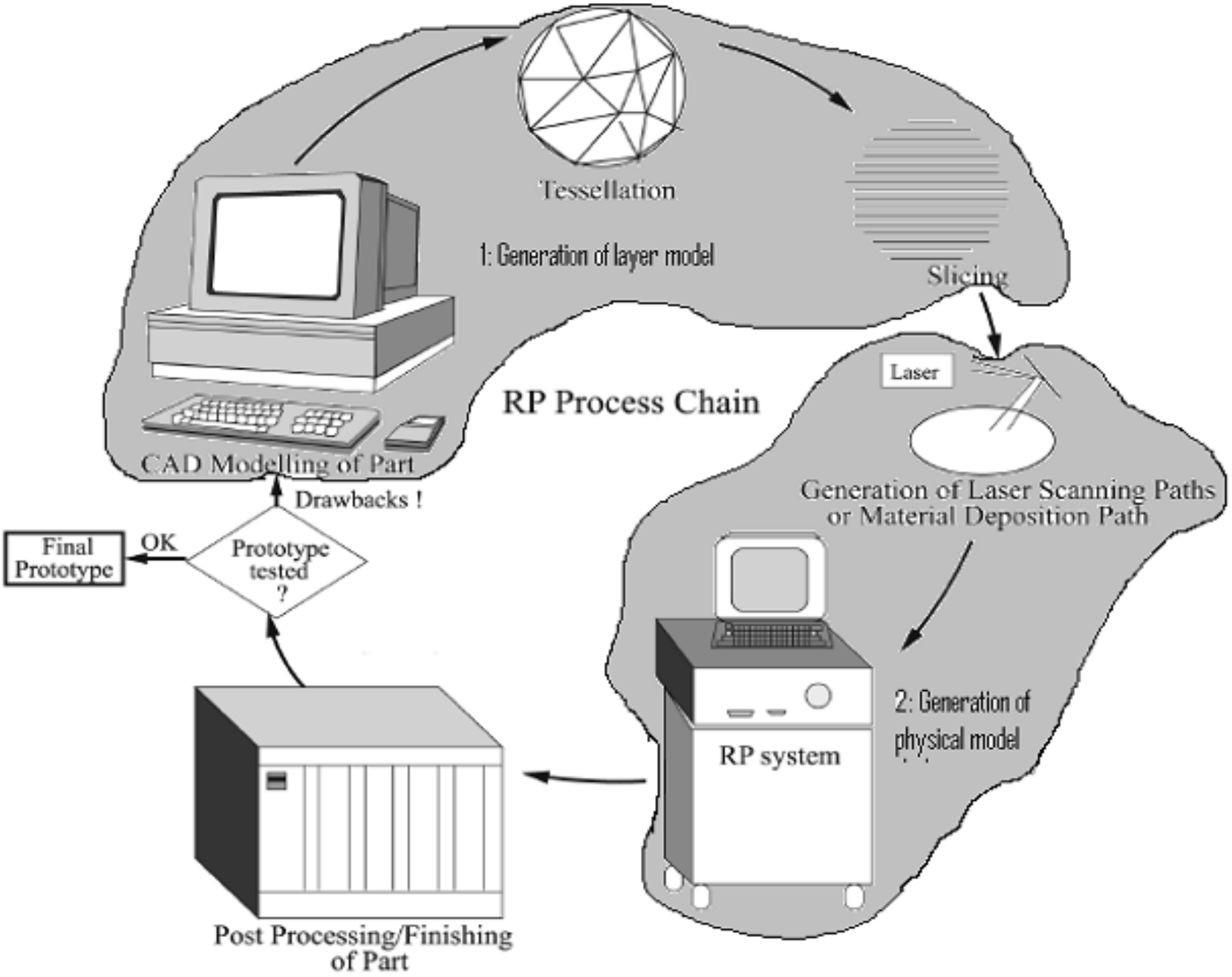


Figure 1: RP process chain showing fundamental process steps

VANTAGENS E DESVANTAGENS DA IMPRESSÃO 3D

VANTAGENS DA IMPRESSÃO 3D	DESVANTAGENS DA IMPRESSÃO 3D
Liberdade Geométrica na fabricação.	Propriedades Anisotrópicas (*Anisotropia é a característica que uma substância possui em que uma certa propriedade física varia com a direção*).
Pouco desperdício de material e uso eficiente de energia.	Acabamento superficial inferior aos das peças obtidas por processos convencionais.
A peça é fabricado em uma única máquina.	Na impressão 3D em porte industrial, o custo envolvido é muito elevado.
Desnecessários cálculos complexos da trajetória da ferramenta.	Em ambiente não controlado, algumas peças podem sofrer empenamentos e distorções dependendo do material.
Rapidez na obtenção de baixa quantidade de componentes quando comparados aos processos tradicionais.	Fabricação lenta de grandes lotes
Possível produção de peças finais.	
Combinação de Polímeros.	

(sigmaprototipos.com.br)

APLICAÇÕES DA IMPRESSÃO 3D

já bastante difundidas na indústria aeroespacial, automobilística, de engenharia, de produtos elétricos, de produtos eletrônicos em geral e nos setores de joalheria, arte, engenharia civil e arquitetura.

ROBÓTICA

A impressão 3D na robótica é utilizada na construção ou prototipagem de novos dispositivos para robôs, case para componentes e até robôs. O Otto DIY e o TJBot da IBM é um robô que tem suas partes impressas em 3D.

CINEMA

A impressão 3D é a queridinha de Hollywood, devido sua grande flexibilidade em construir designs que antes era impossível de obter por métodos tradicionais ou o tempo de fabricação era enorme. Hoje todos os estúdios e agencias adotaram a impressão em 3D.

(sigmaprototipos.com.br)

AEROESPACIAL

Engenheiros espaciais e aeroespaciais usam impressão 3D para fabricar peças de alto desempenho. A capacidade de criar estruturas otimizadas e a possibilidade de consolidar vários componentes em uma única peça são particularmente atraentes. A Nasa vai usar peças impressas em 3D em suas naves.

DESIGN

No desenvolvimento de produtos são obtidos novos designs graças a flexibilidades da impressora 3D em criar geometrias complexas. Com a manufatura aditiva, muitas etapas para criar e validar novos produtos foram eliminados, encurtando o tempo de lançamentos de novos produtos.

MEDICINA

O campo da saúde e da prótese beneficiou-se bastante com a adoção da impressão 3D, hoje os aparelhos auditivos são feitos com impressão 3D, assim como, as próteses teve seu custo muito

(sigmaprototipos.com.br)

reduzido graças a impressão 3D. Você mesmo pode “baixar” uma prótese para mão amputada e imprimir em sua impressora domestica.

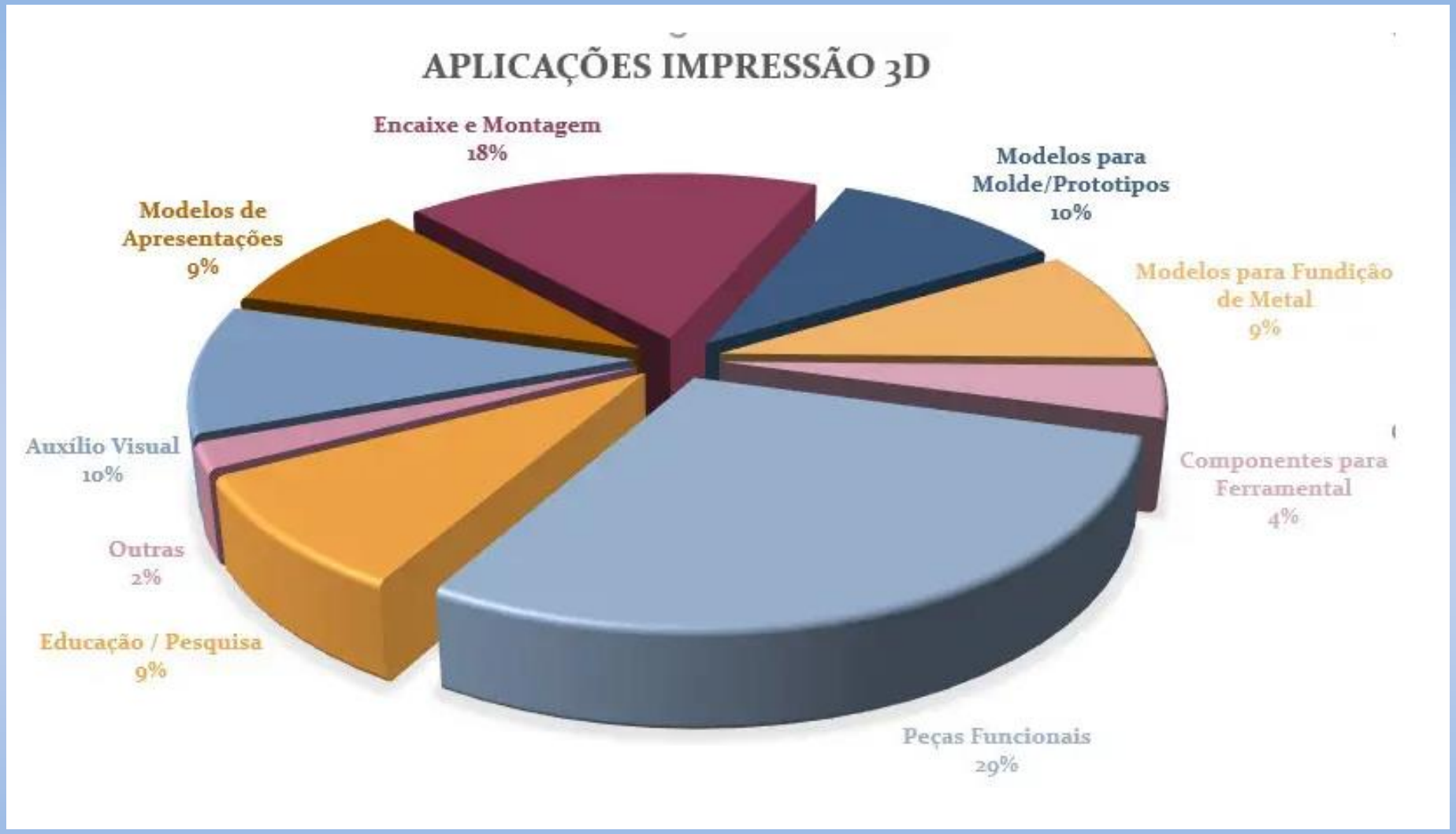
EDUCAÇÃO

A impressão e as impressoras 3D de código aberto, em particular, são as mais recentes inovações tecnológicas na sala de aula (infelizmente no Brasil ainda não é muito adotada ainda). A impressão 3D permite que os alunos criem protótipos de itens sem o uso de ferramental caro exigido em métodos subtrativos.

MAKER

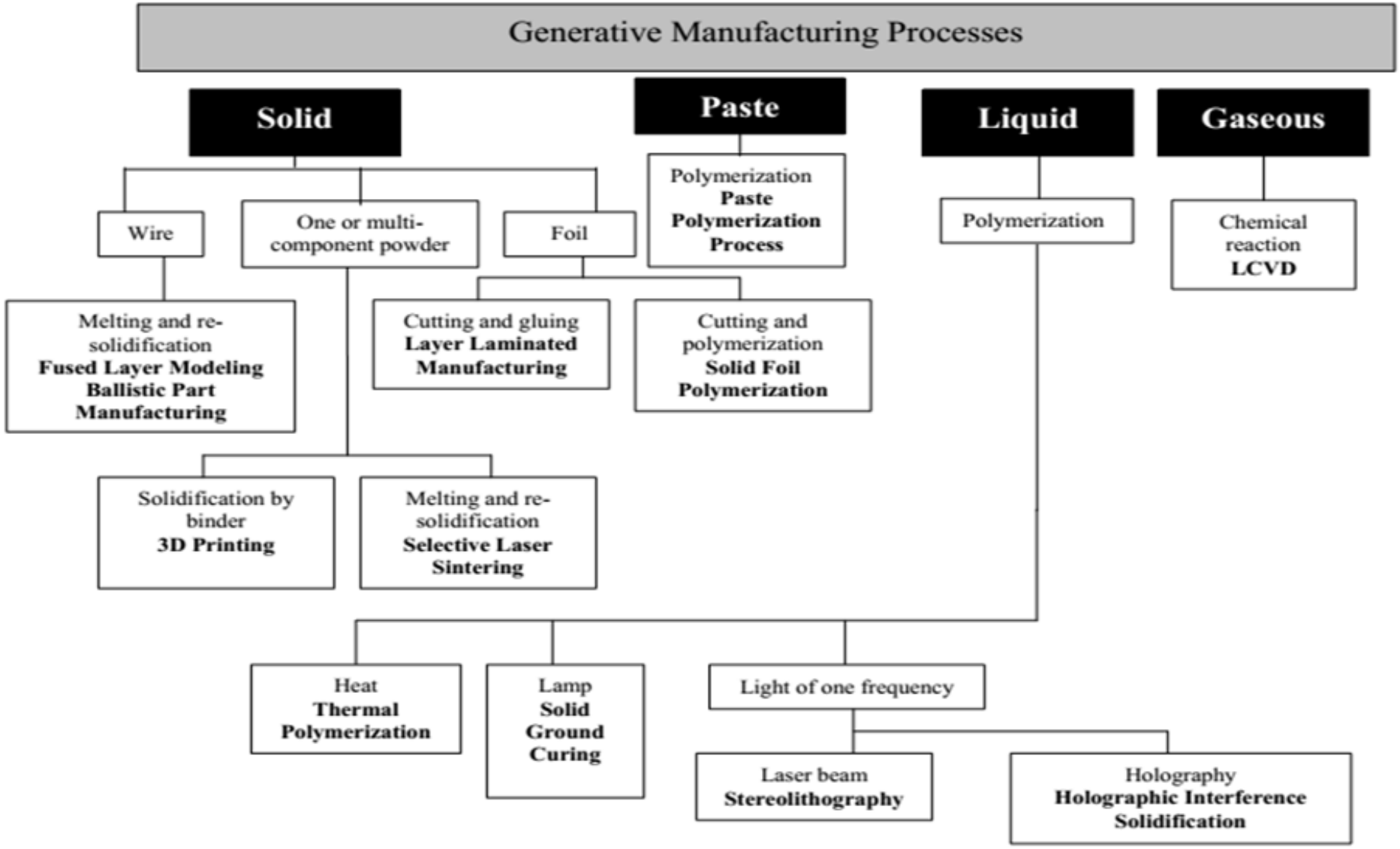
Um de seus principais benefícios é a capacidade de produzir peças de reposição ilimitadas e novos designs sem depender de fornecedores. Os Makers também podem desenvolver e personalizar seus produtos para criar novos e melhores conceitos.

(sigmaprototipos.com.br)



(sigmaprototipos.com.br)

Os principais sistemas de prototipagem rápida usados na fabricação de modelos estão descritos a seguir:



Classification of RP processes (after Gebhardt, 2003)

TIPOS DE IMPRESSÃO 3D

Atualmente existem diferentes tecnologias de manufatura aditiva, O padrão ISO / ASTM 52900 categorizou todos os diferentes tipos de impressão 3D. Abaixo listamos elas junto com uma pequena explicação para que você decida qual a melhor para seu caso.

CLASSIFICAÇÃO DAS TECNOLOGIAS	DESCRIÇÃO DOS PRINCÍPIOSDESCRIÇÃO DOS PRINCÍPIOS	PROCESSOS DA CATEGORIA
Fotopolimerização em Cuba	polímero Fotossensível liquido é curado seletivamente em uma cuba por polimerização ativada por luz*	Estereolitografia (Stereolithography – sl), produção continua com interface liquida, tecnologia da empresa Invision TEC, e outros.
Extrusão de material	Material é extrudado através de um bico ou orifício, sendo seletivamente depositado.	modelagem por fusão e deposição (Fused Deposition Modeling – FDM), Makerbot, Reprap, Prusa, e outros.

(sigmaprototipos.com.br)

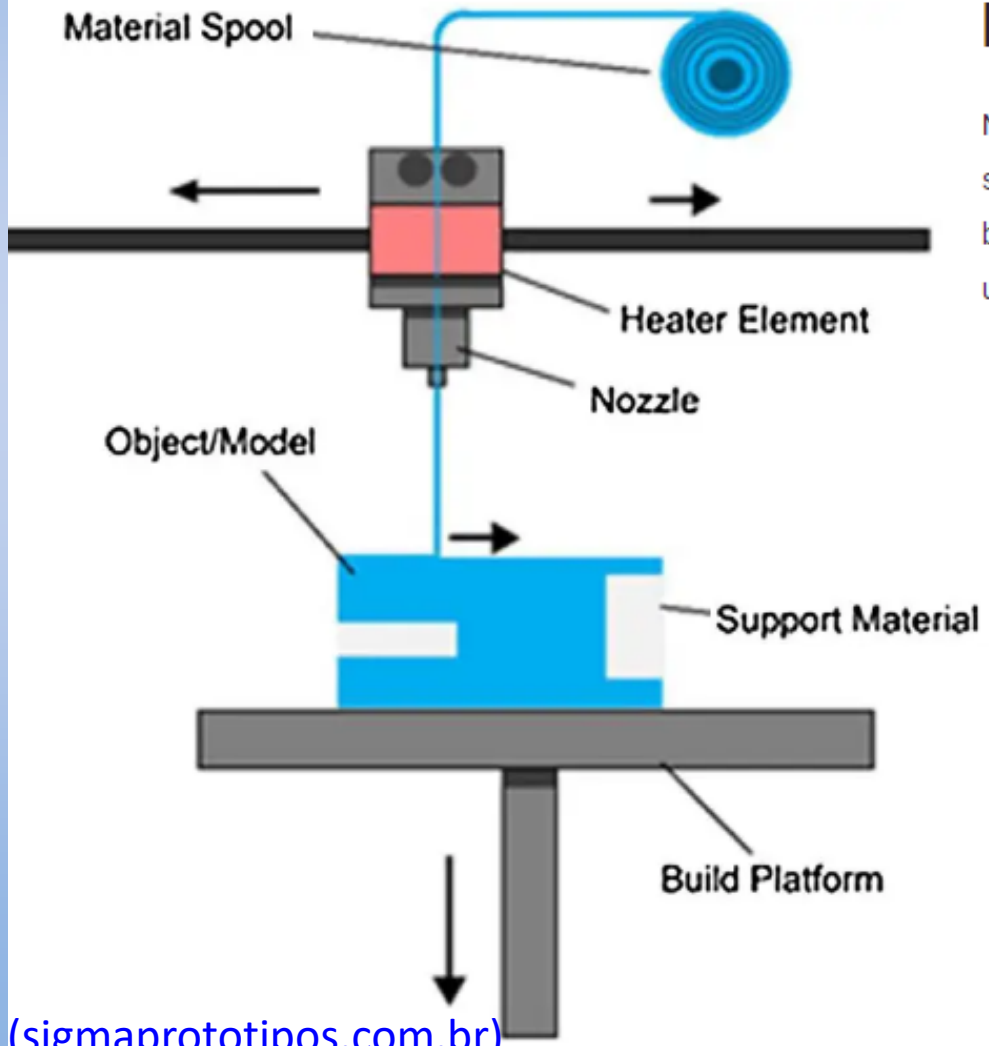
CLASSIFICAÇÃO DAS TECNOLOGIAS	DESCRIÇÃO DOS PRINCÍPIOSDESCRIÇÃO DOS PRINCÍPIOS	PROCESSOS DA CATEGORIA
Jateamento de material	Material é depositado em pequenas gotas de forma seletiva.	Polyget, impressão por múltiplos jatos (multijet printing – MJP), tecnologia da Solidspace, outros.
Jateamento de aglutinante	Um agente aglutinante liquido é seletivamente depositado para unir materiais em pó.	Impressão colorida por jato (Colorjet Printing – CJP), tecnologia da Voxeljet, tecnologia da ExOne, e outros.
Fusão de Leito em pó	Energia térmica funde seletivamente regiões de um leito de pó	Sinterização seletiva a laser (Selective Laser Sintering – SLS), sinterização direta de metal a laser (Direct Metal Laser Sintering – DMLS), fusão seletiva a laser (Selective Laser Melting – SLM) LasercUSING, fusão por feixe de elétrons (Electron Beam Melting – EBM, e outros

(sigmaprototipos.com.br)

CLASSIFICAÇÃO DAS TECNOLOGIAS	DESCRIÇÃO DOS PRINCÍPIOSDESCRIÇÃO DOS PRINCÍPIOS	PROCESSOS DA CATEGORIA
Adição de laminas	Lâminas recortas de material são unidas (coladas) para formar um objeto	Manufatura laminar de objetos (Laminated Object Manufacturing – LOM), tecnologia da Solido, deposição seletiva de laminados (Selective Deposition Lamination – SDL), outros.
Deposição com energia direcionada	Energia térmica é usada para fundir materiais a medida que estes são depositados	Forma final obtida com laser (Laser Engineered Net Shaping – LENS), deposição direta de metal (Direct Metal Deposition – DMD), revestimento a laser tridimensional (3D Laser Cladding), outros.

(sigmaprototipos.com.br)

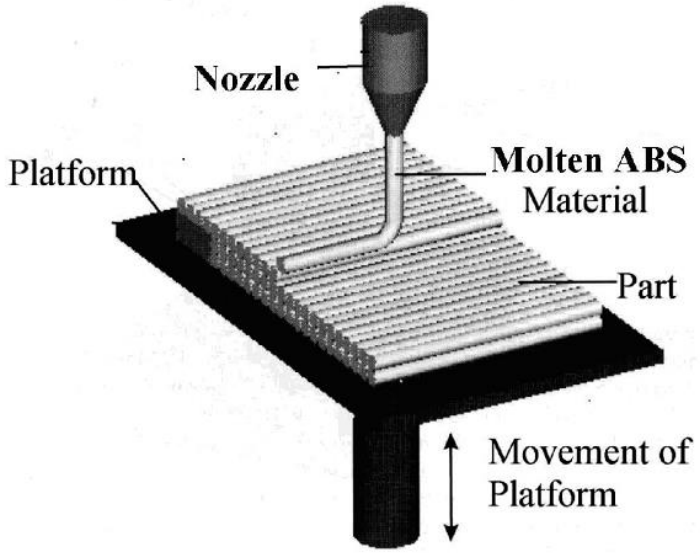
- **Modelagem por Deposição de Material Fundido (FDM, Fused Deposition Modeling):** aqui filamentos de resina termoplástica aquecida são extrudadas a partir de uma matriz em forma de ponta que se move num plano X-Y.



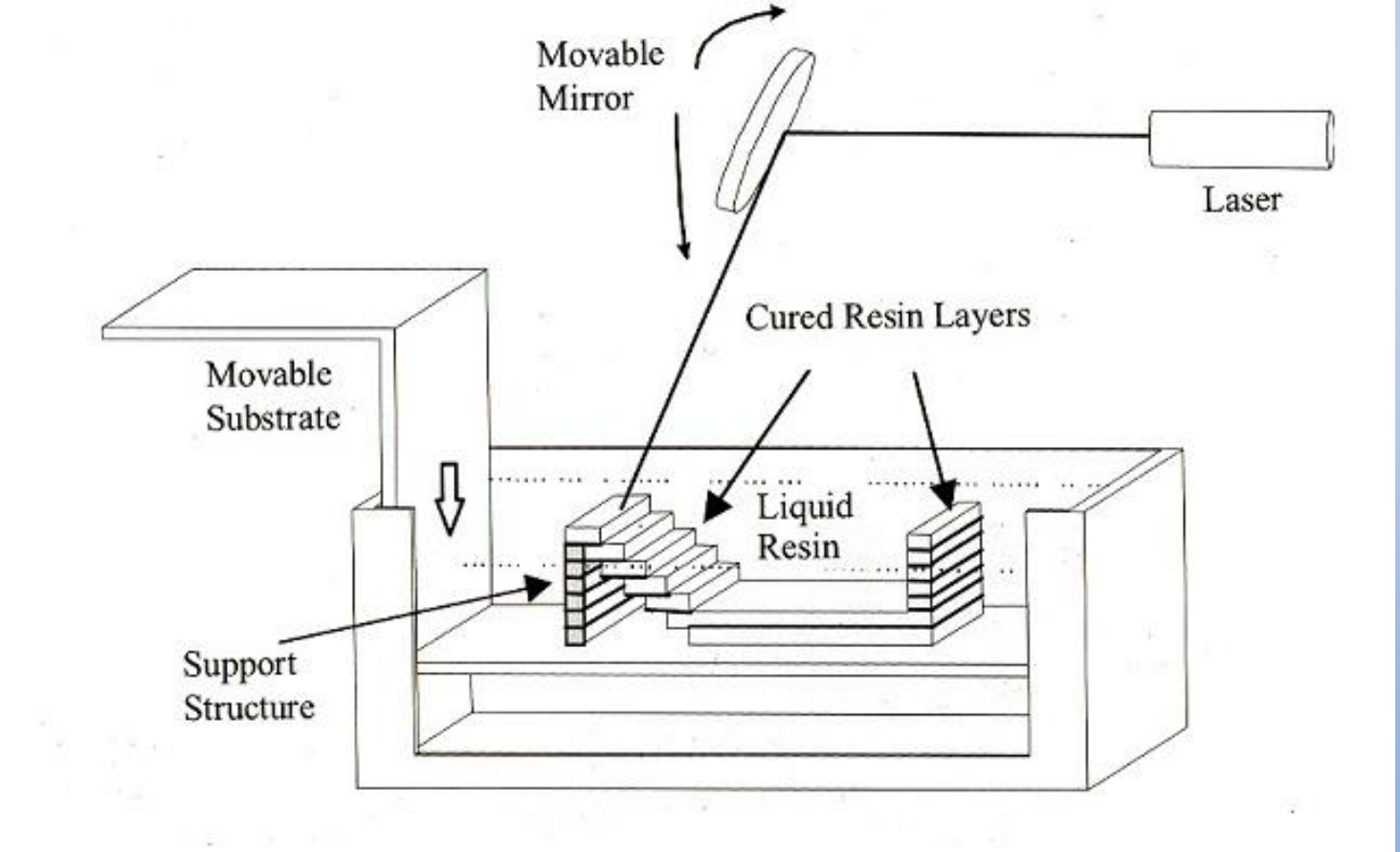
(sigmaprototipos.com.br)

FDM (FUSED DEPOSITION MODELING)

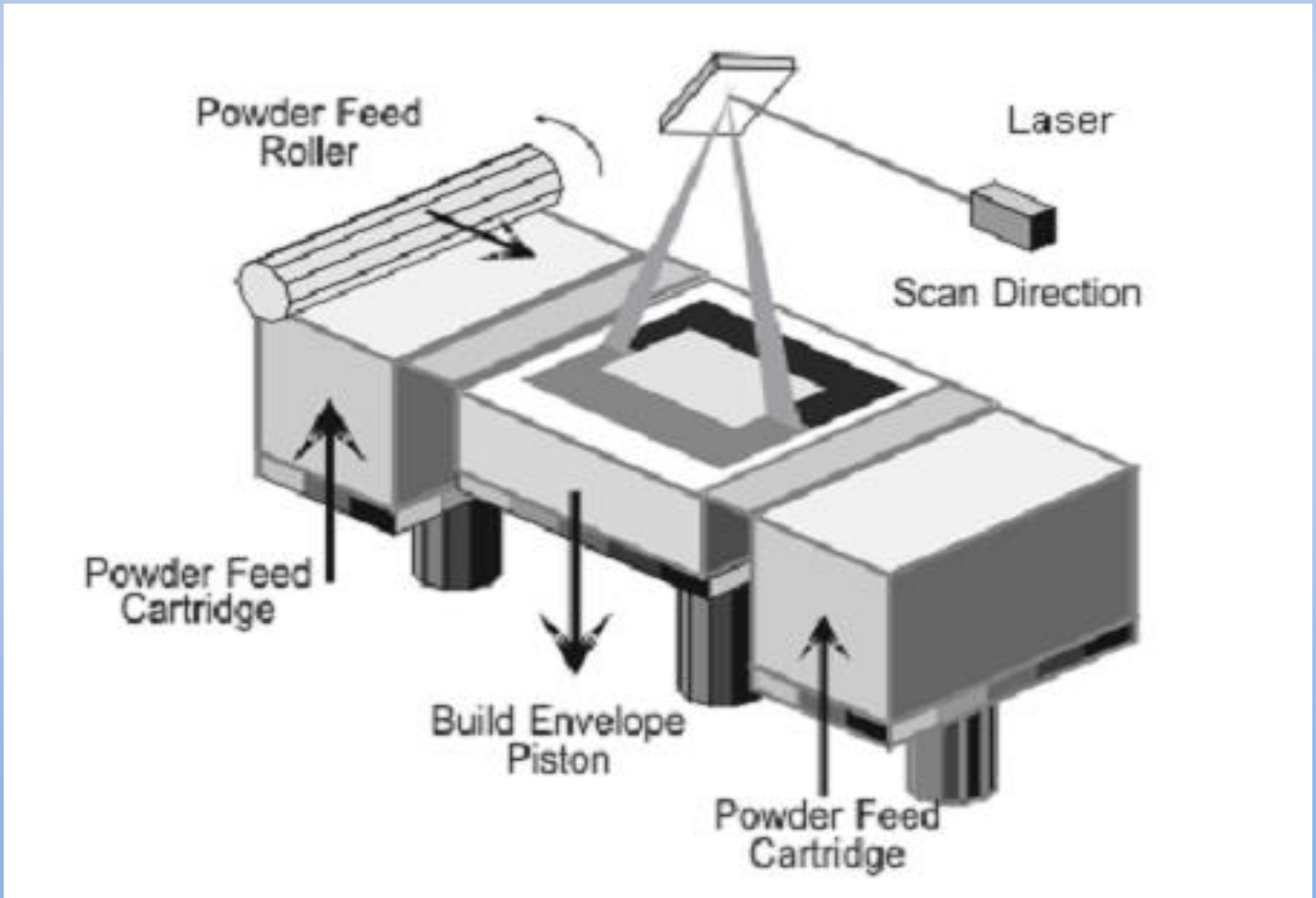
Na FDM, uma bobina de filamento é carregada na impressora e, em seguida, alimentada à cabeça de extrusão, que é equipada com um bocal aquecido. Uma vez que o bico atinge a temperatura desejada, um motor aciona o filamento através dele, derretendo-o.



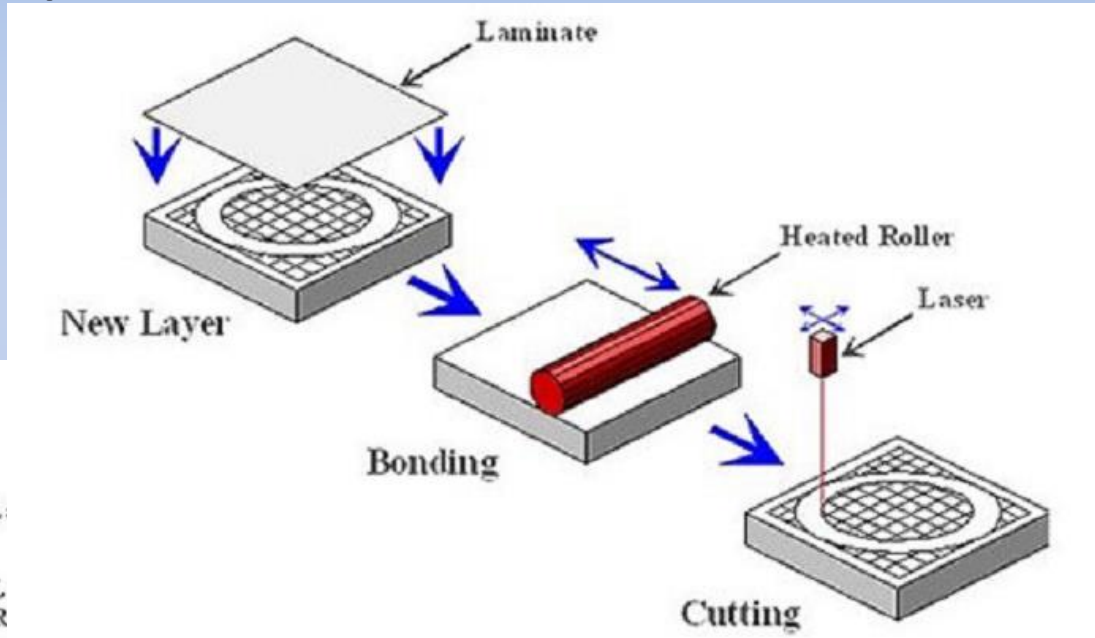
Estereolitografia (SLA, Stereolithography): este processo pioneiro, patenteado em 1986, deflagrou a revolução da prototipagem rápida. Ele constrói modelos tridimensionais a partir de polímeros líquidos sensíveis à luz, que se solidificam quando expostos à radiação ultravioleta.

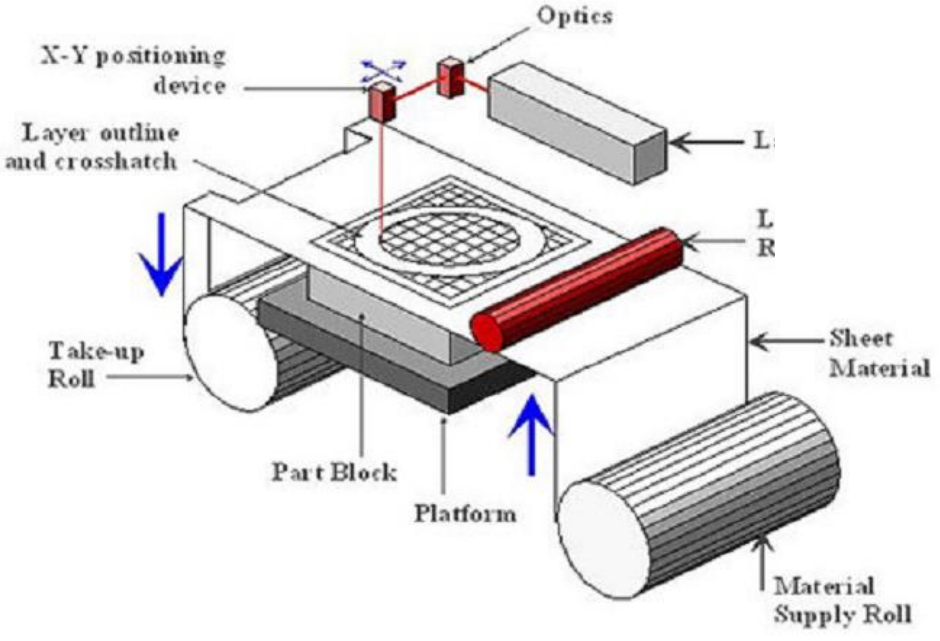


Sinterização Seletiva a Laser (SLS, Selective Laser Sintering): esta técnica, patenteada em 1989, usa um raio de laser para fundir, de forma seletiva, materiais pulverulentos, tais como náilon, elastômeros e metais, num objeto sólido.

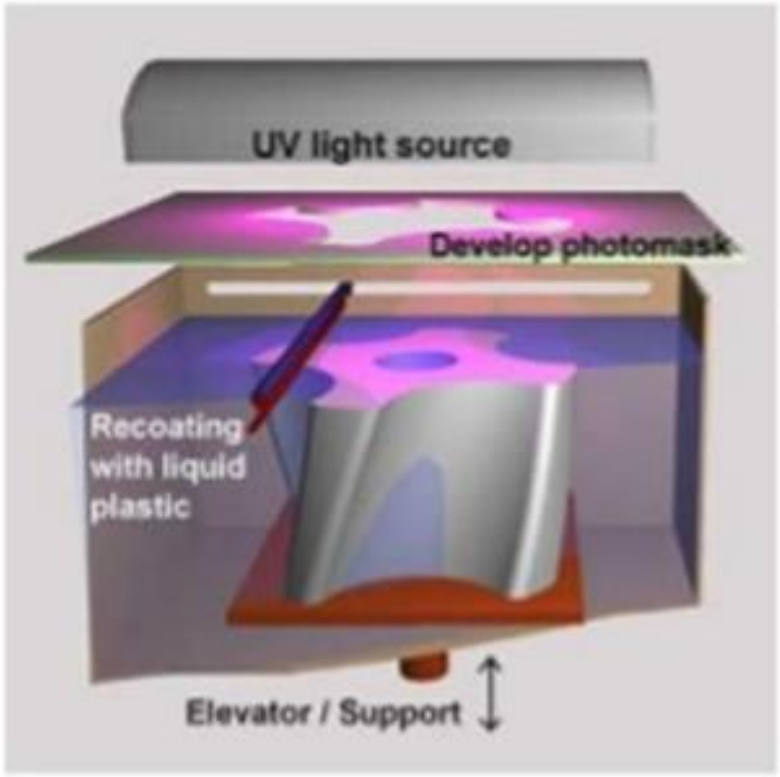


Manufatura de Objetos em Lâminas (LOM, Laminated Object Manufacturing): nesta técnica camadas de material, na forma de tiras revestidas de adesivo, são grudadas umas nas outras formando-se o protótipo.





Cura Sólida na Base: resina foto-sensível é borrifada sobre a plataforma de construção e uma foto-máscara (como um estêncil) correspondente à camada a ser gerada é impressa. Através dessa "mascara" uma camada inteira é curada de uma vez com radiação ultravioleta.



Fonte: **LAFRATTA**, Fernando. Prototipagem Rápida

TIPOS DE MATERIAIS PARA IMPRESSÃO 3D

Assim como existe várias tecnologias de impressão 3D, também, existe vários materiais e cada um deles compatíveis com uma tecnologia. vou listar desde os mais comuns até os de metais e alguns que aposto que você nem sabia que dava para usar na sua impressora.

MATERIAIS COMUNS

ABS

O ABS é um material de baixo custo, ótimo para imprimir peças resistentes e duráveis que podem suportar altas temperaturas.

PETG

Os filamentos PET e PETG são conhecidos por sua facilidade de impressão, acabamento superficial suave e resistência à água.

FIBRA DE CARBONO

Os filamentos de fibra de carbono contêm fibras curtas que são infundidas em um material de base de PLA ou ABS para ajudar a aumentar a resistência e a rigidez.

(sigmaprototipos.com.br)

POLIPROPILENO

O polipropileno é excelente para aplicações de alto ciclo e baixa resistência devido à sua resistência à fadiga, características semi-flexíveis e leves.

PEI

O PEI é um termoplástico de engenharia com boas propriedades mecânicas e resistência excepcional a calor, produtos químicos e chama.

PLA

O PLA é o principal material para a maioria dos usuários devido à sua facilidade de uso, precisão dimensional e baixo custo.

NYLON

O nylon é um material resistente e semi-flexível que oferece alto impacto e resistência à abrasão. É uma escolha ideal para imprimir peças duráveis.

(sigmaprototipos.com.br)

POLICARBONATO

O policarbonato é conhecido por sua resistência e durabilidade. Tem muito resistência ao calor e impacto, tornando-se uma escolha ideal para ambientes difíceis.

MADEIRA

Os filamentos de madeira combinam um material de base de PLA com cortiça, pó de madeira ou outros derivados, dando aos modelos uma aparência e toque de madeira real.

TPE/TPU

Os filamentos flexíveis, comumente referidos como TPE ou TPU, são conhecidos por sua elasticidade, permitindo que o material se estique e dobre facilmente.

HIPS

O HIPS é um material leve mais comumente usado como uma estrutura de suporte solúvel para modelos de ABS.

(sigmaprototipos.com.br)

ASA

O ASA é uma alternativa comum ao ABS e é ótimo para aplicações externas devido à sua alta resistência a UV, temperatura e impacto.

PVA

O PVA é comumente conhecido por sua capacidade de ser dissolvido em água e é frequentemente usado como material de suporte para impressões complexas.

(sigmaprototipos.com.br)

METAIS

O DMLS / SLM são compatíveis com a maior variedade de metais e produzem peças para aplicações de engenharia de ponta. Para casos de uso menos exigentes, o Binder Jetting está ganhando popularidade devido ao seu baixo custo, sendo o aço inoxidável, de longe, o material mais usado.

AÇO INOXIDÁVEL

O aço inoxidável é uma liga de metal com alta ductilidade, desgaste e resistência à corrosão que pode ser facilmente soldada, usinada e polida.

CROMO-COBALTO

O cromo-cobalto (CoCr) é uma super-liga de metal com excelente resistência e excelente resistência à corrosão, ao desgaste e à temperatura.

(sigmaprototipos.com.br)

ALUMINIO

O alumínio é um metal com boa relação resistência-peso, alta condutividade térmica e elétrica, baixa densidade e resistência natural ao clima.

NÍQUEL

As ligas de níquel (Ni) possuem excelente resistência a força e fadiga. Pode ser usado permanentemente a temperaturas acima de 600 ° C.

TITANIUM

O titânio é um metal com uma excelente relação resistência-peso, baixa expansão térmica e alta resistência à corrosão que é esterilizável e biocompatível.

(sigmaprototipos.com.br)

MODELAGEM PARA IMPRESSÃO 3D

Todos as tecnologias de impressão 3D dependem de um modelo 3D dos objetos a serem fabricados. O formato (Extensão) de arquivo mais conhecido para impressão 3D é o STL (**ST**ereo**L**ithography) , mas não existe somente este. O CLI (*Common Layer Interface*), AMF (*Additive Manufacturing Format*) e alguns outros, são formatos de representação geométrica para manufatura aditiva ou 'Impressão 3D'

FORMATO STL

STL é o formato de arquivo padrão do setor que todas as impressoras 3D usam. Eles usam triângulos para representar as superfícies externas e internas de um objeto 3D sólido. Pense nos arquivos STLs como os "PDFs da impressão 3D": eles contêm todas as informações necessárias para imprimir um modelo, mas não são fáceis de editar.

(sigmaprototipos.com.br)

PROGRAMAS PARA MODELAGEM ORIENTADO A IMPRESSÃO 3D

Diferentes software podem ajudá-lo em cada etapa diferente do processo de modelagem: desde o projeto CAD até o reparo e a preparação STL. Nesta seção listamos o melhor software para impressão 3D para ajudá-lo a começar:

SOLIDWORKS

Software CAD profissional usado por mais de 2 milhões de engenheiros em todo o mundo.

Ideal para: profissionais.

Plataforma: Windows.

Preço: Pago.

Acessar Site

(sigmaprototipos.com.br)

FUSION 360

Projeto CAD, teste e fabricação em uma única ferramenta colaborativa baseada em nuvem.

Ideal para: Intermediários / Profissionais.

Plataforma: Windows, Mac. **Preço:**

Pago / Grátis (versão educativa).

Acessar Site

TINKERCAD

Fácil de usar o aplicativo on-line para começar a modelagem 3D.

Ideal para: iniciantes.

Plataforma: online.

Preço: grátis

Acessar Site

(sigmaprototipos.com.br)

RHINOCEROS

Modelador de superfície de uso livre e multiuso para engenharia, arquitetura e design de jóias.

Ideal para: Intermediários / Profissionais.

Plataforma: Windows, Mac.

Preço: Pago.

Acessar Site

ONSHAPE

V**Ideal para**: Intermediários / Profissionais.

Plataforma: Windows, Mac.

Preço: Grátis/Pago.

Acessar Site

(sigmaprototipos.com.br)

Exercício Extra:

Pesquise e crie uma nova forma de Deposição de Material que possa ser utilizada no processamento 3D.

Aula 12 – Prototipagem - vídeos:

- https://www.youtube.com/watch?v=JkB-Mc1ZVSo
- https://www.youtube.com/watch?v=p2cIrXFEclA
- https://www.youtube.com/watch?v=9bDR-kpiVvc
- https://www.youtube.com/watch?v=WY6btF81a3Y
- https://youtu.be/mQGISB5ZHIo