

Manufatura Aditiva

Prof. Assoc. Mário Luiz Tronco

O Fim...

"Everything that can be invented has been invented."

"Tudo o que pode ser inventado já o foi"

Charles Holland Duell

Esta frase foi atribuída ao diretor do departamento de patentes dos Estados Unidos, em 1899.



Telefones

“Os americanos precisam do telefone, nós não. Nós temos muitos garotos mensageiros”

Sir William Preece

Engenheiro elétrico e inventor Inglês. Chefe da agência britânica de correios em 1876, quando disse esta frase.



Televisão

“A televisão não vai conseguir se segurar no mercado por mais de seis meses. As pessoas logo vão se cansar de olhar para uma caixa de madeira todas as noites”

Darryl Francis Zanuck

Produtor de cinema extremamente bem sucedido e um dos fundadores do estúdio 20th Century Fox, em 1946.



Computador

“Não há nenhuma razão para alguém querer um computador em casa”

Ken Olson

Presidente e fundador da DEC - Digital Equipment Corp. Uma das maiores companhias do setor da Indústria de Computadores de 1960 a 1990. Posteriormente comprada pela Compaq.

Frase dita em 1977.



Internet

“Em dois anos, o problema do spam estará resolvido”

Bill Gates

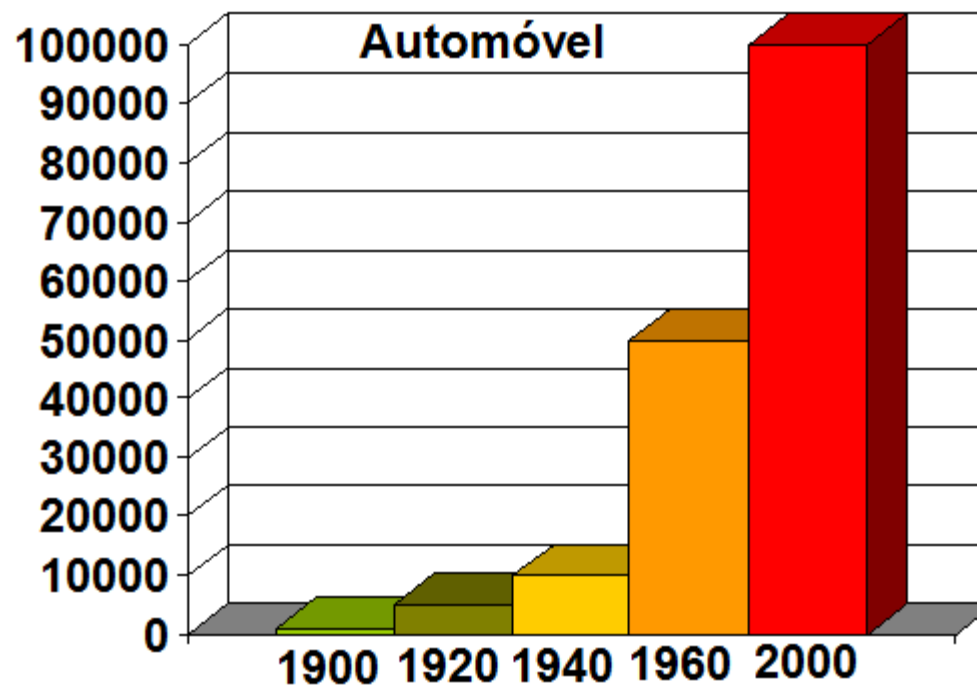
Fundador da Microsoft, em 2004.



Prototipagem Rápida (*Rapid Prototyping*)

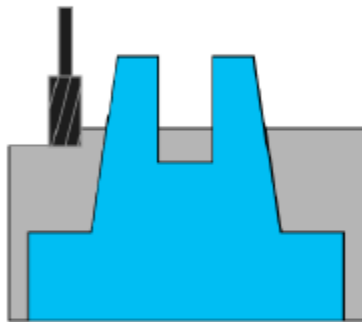
Manufatura Aditiva (*Additive Manufacturing*)

Número de peças



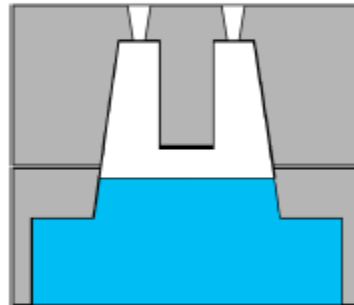
Processos de Manufatura

PROCESSOS SUBTRATIVOS



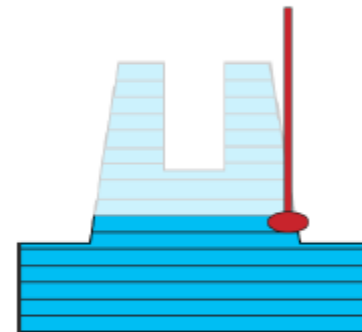
- Remoção de material
- Semi-acabados
- Utilização de ferramentas
- CAD-CAM opcional

PROCESSOS DE CONFORMAÇÃO



- Utilização de moldes/matrizes
- Engloba forja, estampagem, fundição, solda, injeção, metalurgia do pó, etc

PROCESSOS ADITIVOS



- Material aplicado em camadas
- Sem moldes ou ferramentas
- CAD-CAM obrigatório

Processos de Manufatura Aditiva

- Diferentes sistemas para deposição de camadas
- Consolidação com: laser, sinterização, aglomerantes (“binders”)
- Materiais: metais, cerâmicas, polímeros, compósitos, materiais biológicos
- Novos sistemas em desenvolvimento

Prototipagem Rápida

“É a reprodução tridimensional de uma peça de forma qualquer, a partir de uma descrição numérica (normalmente um modelo CAD) através de um processo rápido, altamente automatizado e totalmente flexível, sem necessidade de ferramental”

Rapid Prototyping Report, October 1992

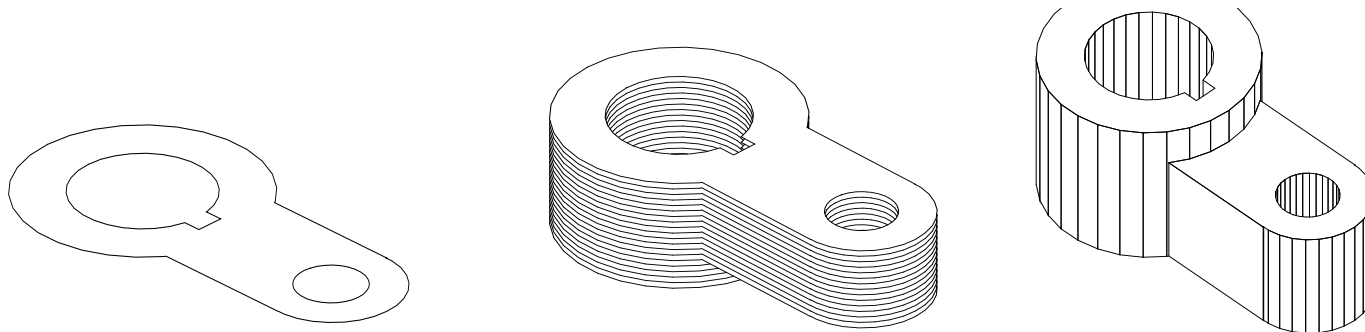
Manufatura Aditiva

“O princípio básico desta tecnologia é que um modelo, gerado usando um CAD tri-dimensinal (3D CAD), pode ser fabricado diretamente, sem a necessidade de planejamento de processo.”

Additive Manufacturing Technologies, 2010

Manufatura Aditiva

Adição sucessiva de finas camadas de material



Impressão 3D ou Manufatura Aditiva

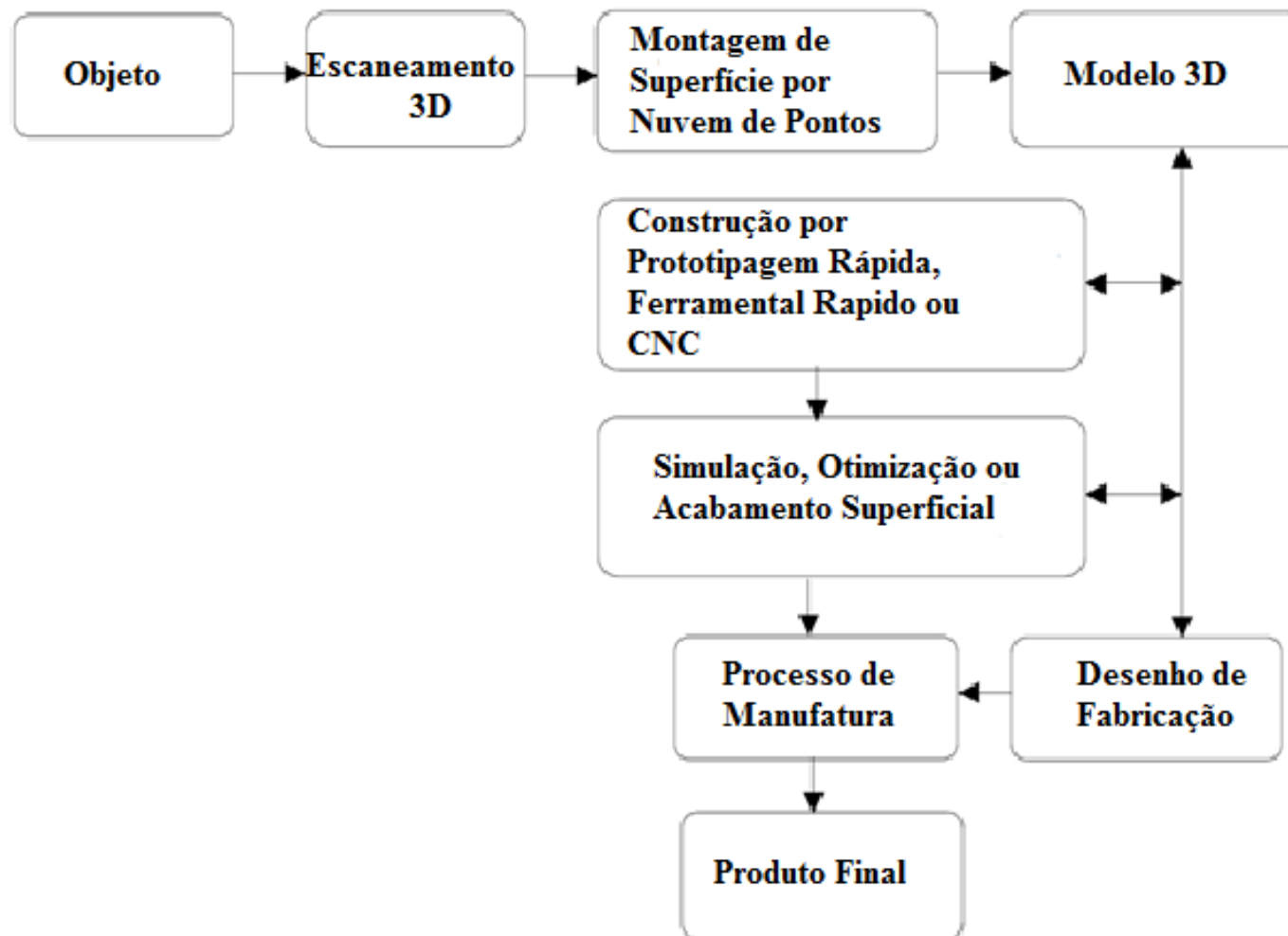
Definição:

Processo de Manufatura onde sucessivas camadas são depositadas sob completo controle de um computador.

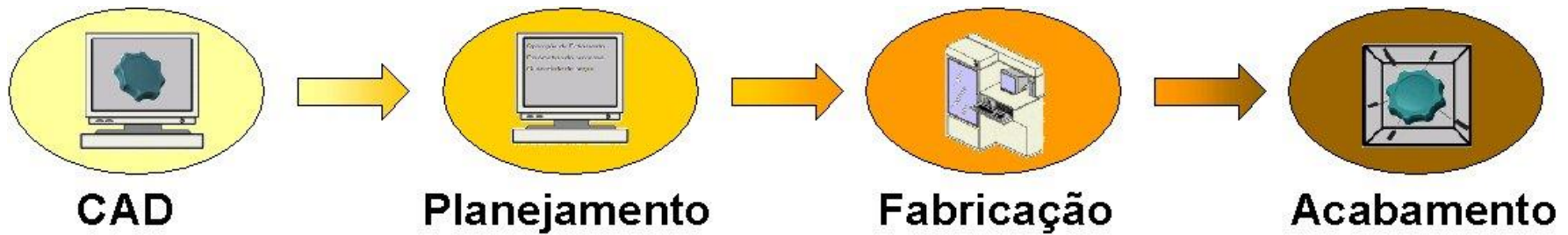
O objeto manufaturado é definido por um modelo 3D, gerado computacionalmente.

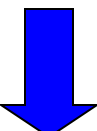
Aplicações:

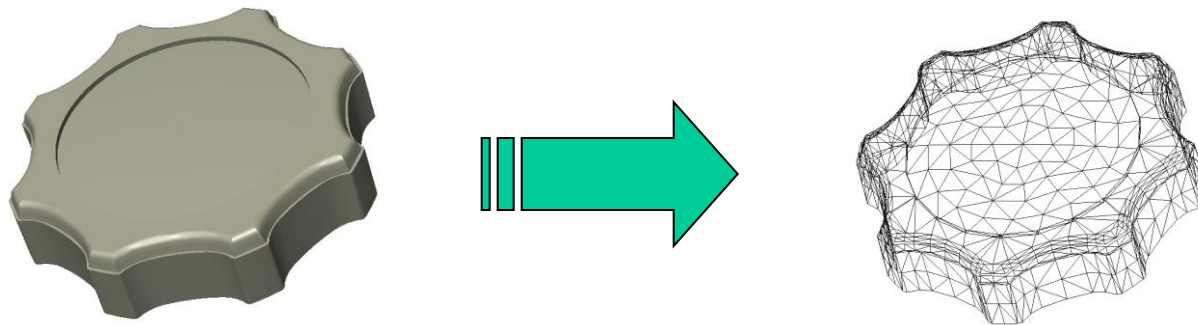
- Manufatura em geral.
- Design;
- Prototipagem de produtos;
- Construção de ferramentas;
- Próteses e tecidos orgânicos;
- Órgãos??



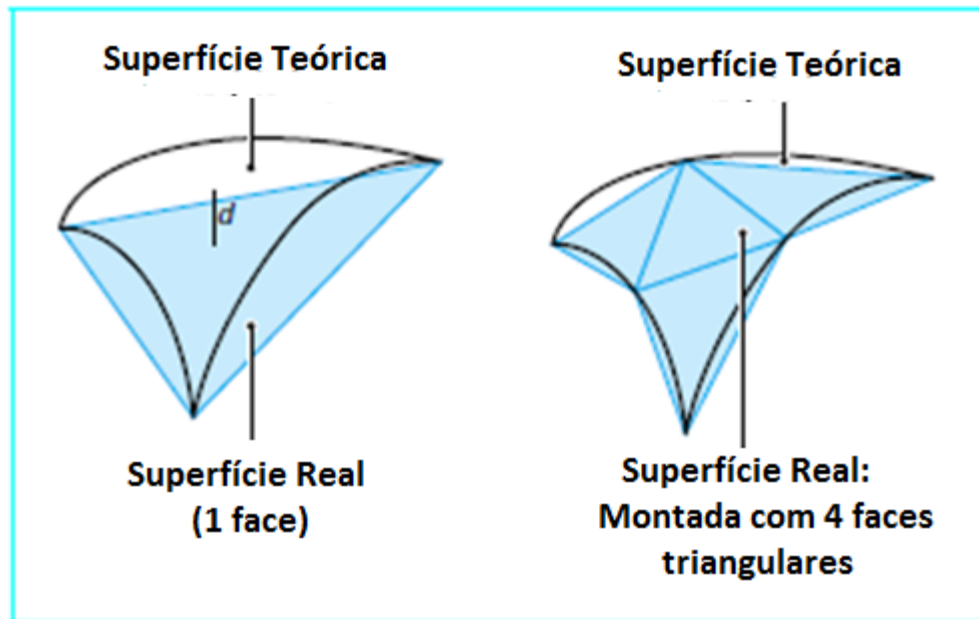
Etapas Gerais do Processo



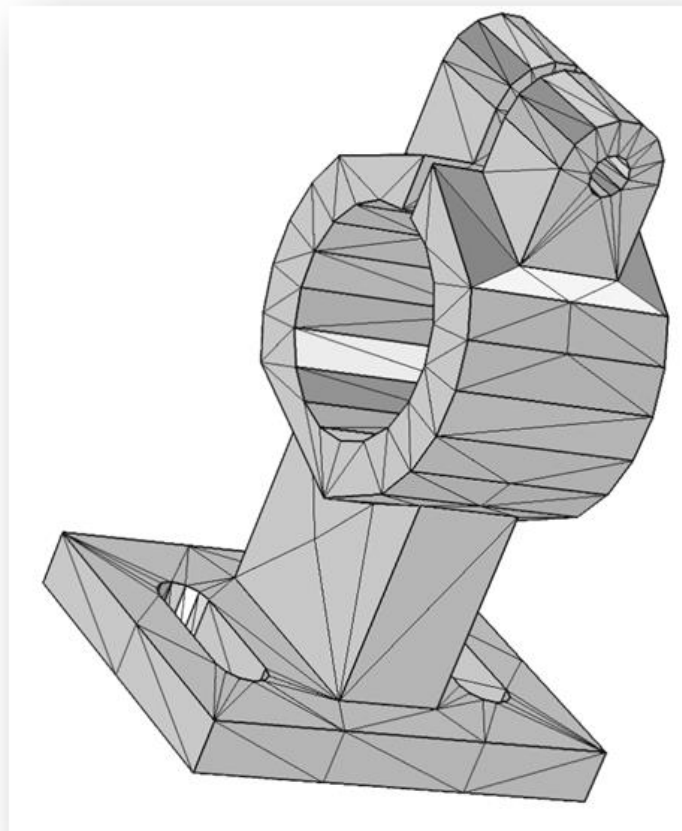
- 
- Modelagem 3D
 - Tradução para formato STL



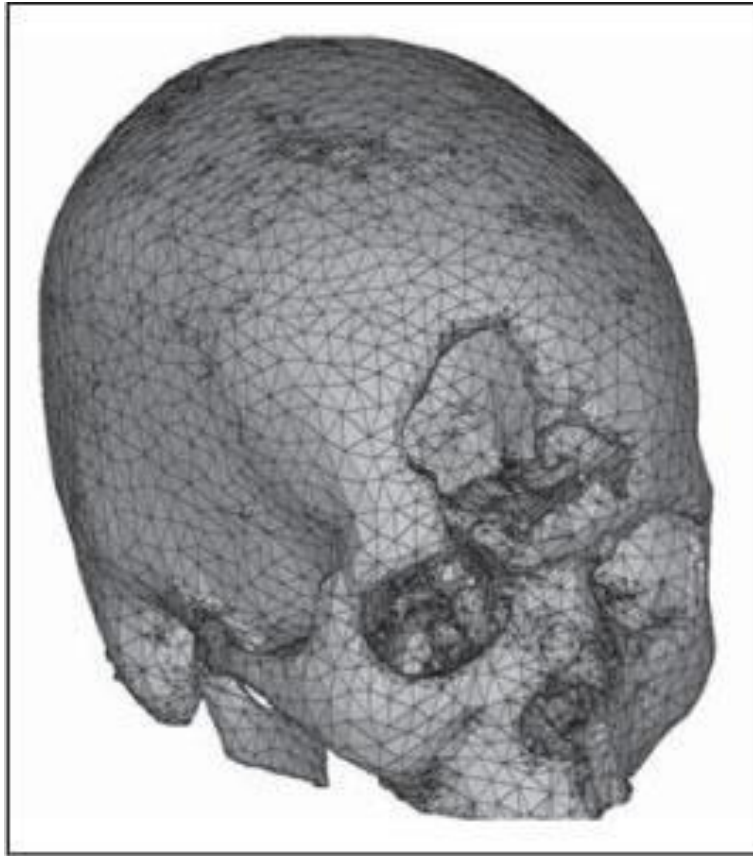
Os vários pacotes de CAD usam diferentes algoritmos para representar objetos sólidos. O formato STL (estereolitografia) é o mais usado na indústria de prototipagem rápida atualmente. Este formato representa uma superfície tridimensional “recortada” ou redesenhada como um conjunto de triângulos. O arquivo contém as coordenadas dos vértices e a direção da normal externa de cada triângulo.



Superfície Teórica e Real com diferentes resoluções



Peça dividida em malha de triângulos



Malha de triângulos, construída a partir do algoritmo *marching cubes*, recobrendo todas as superfícies da imagem.

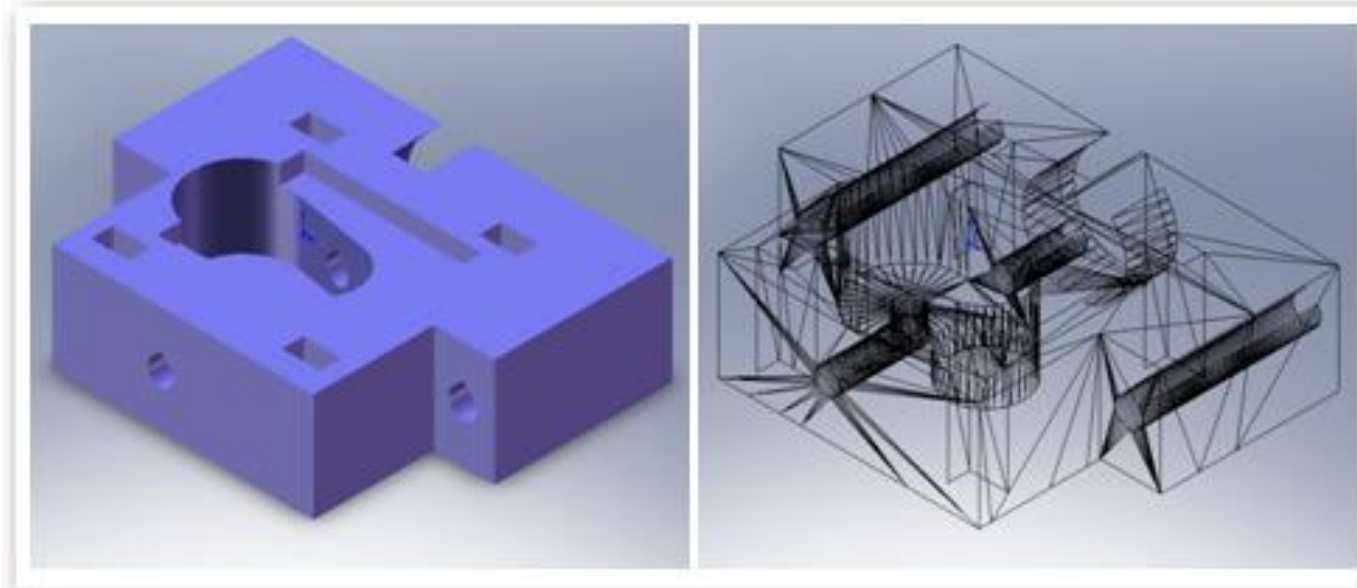
Como os arquivos STL usam elementos planos, eles não podem representar superfícies curvas exatamente.

Pode-se aumentar o número de triângulos melhorando-se a aproximação à custa de um arquivo de maior tamanho.

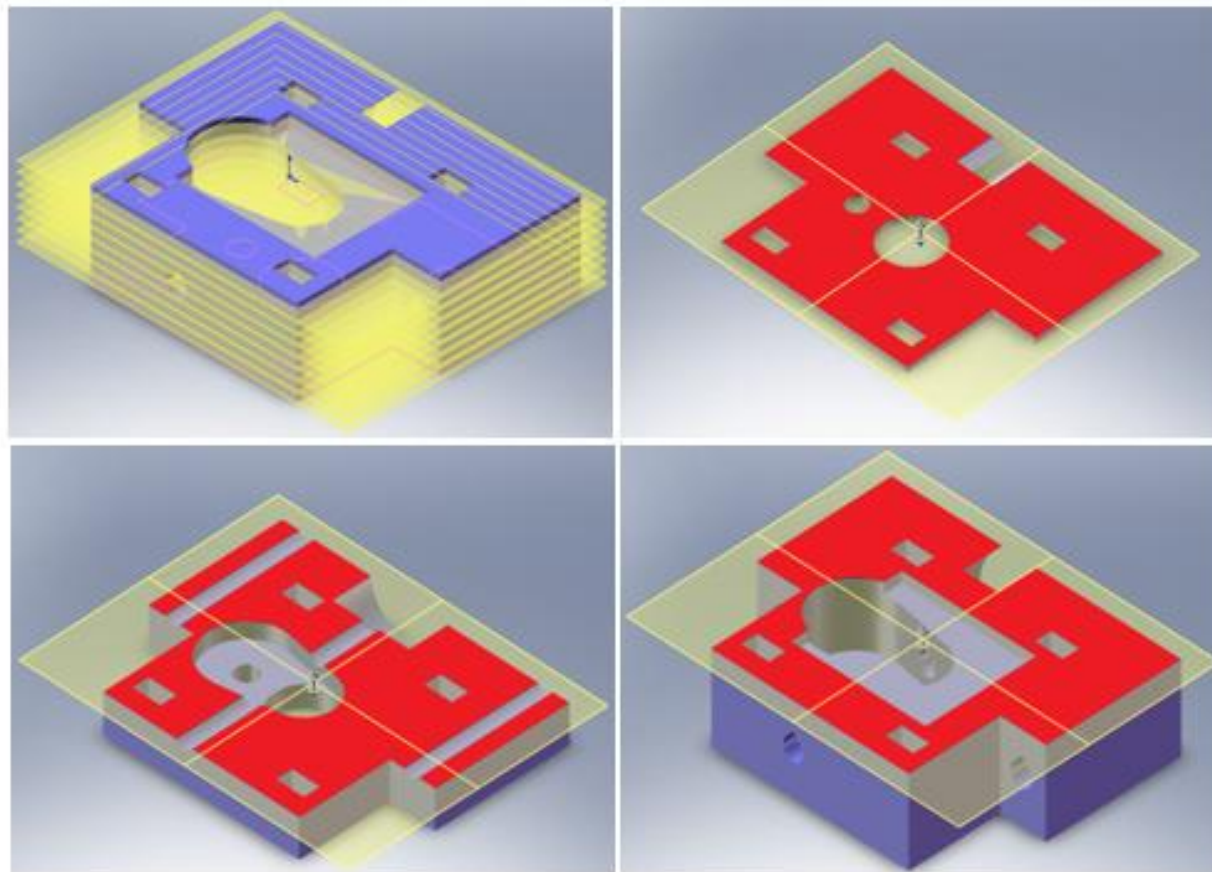
Arquivos grandes e complicados requerem mais tempo de pré-processamento e construção.

A grande tarefa do projetista é saber balancear a precisão com o tempo/custo para construção do projeto.

O formato STL é largamente utilizado, e consiste na representação geométrica da superfície do modelo em malha triangular, sem detalhes de cores ou texturas, comuns em sistemas CAD, mas desnecessários na prototipagem. Cada triângulo define um único vetor normal, acompanhado pelas coordenadas de um sistema cartesiano tridimensional



Modelo sólido em CAD 3D convertido para representação STL.



Fatiamento do sólido em camadas.

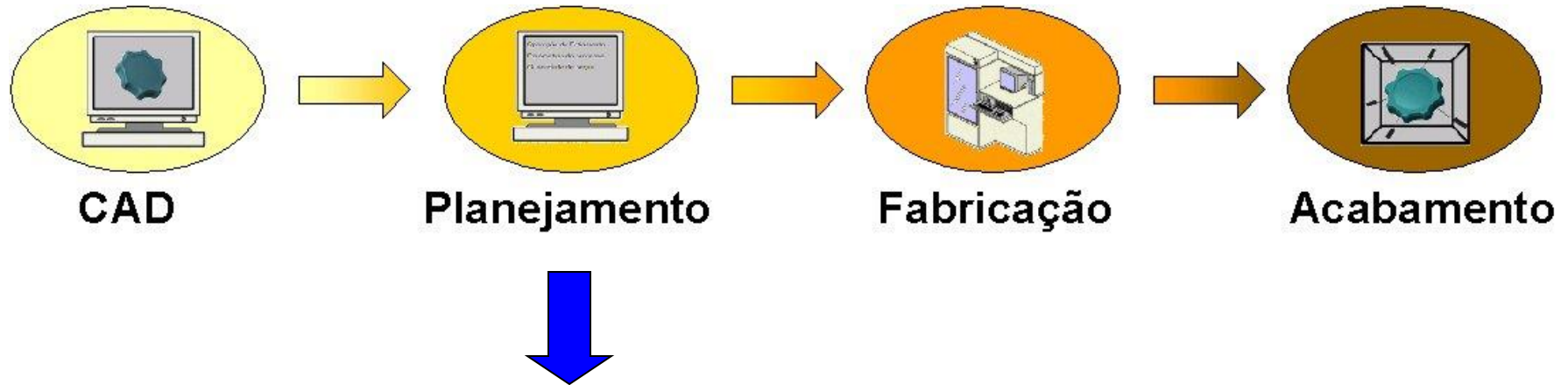
An ASCII STL file for a four-face figure that's a slice of a cube would be:

```
solid cube_corner
  facet normal 0.0 -1.0 0.0
    outer loop
      vertex 0.0 0.0 0.0
      vertex 1.0 0.0 0.0
      vertex 0.0 0.0 1.0
    endloop
  endfacet
  facet normal 0.0 0.0 -1.0
    outer loop
      vertex 0.0 0.0 0.0
      vertex 0.0 1.0 0.0
      vertex 1.0 0.0 0.0
    endloop
  endfacet
  facet normal -1.0 0.0 0.0
    outer loop
      vertex 0.0 0.0 0.0
      vertex 0.0 0.0 1.0
      vertex 0.0 1.0 0.0
    endloop
  endfacet
  facet normal 0.577 0.577 0.577
    outer loop
      vertex 1.0 0.0 0.0
      vertex 0.0 1.0 0.0
      vertex 0.0 0.0 1.0
    endloop
  endfacet
endsolid
```

The **facet** record has the form:

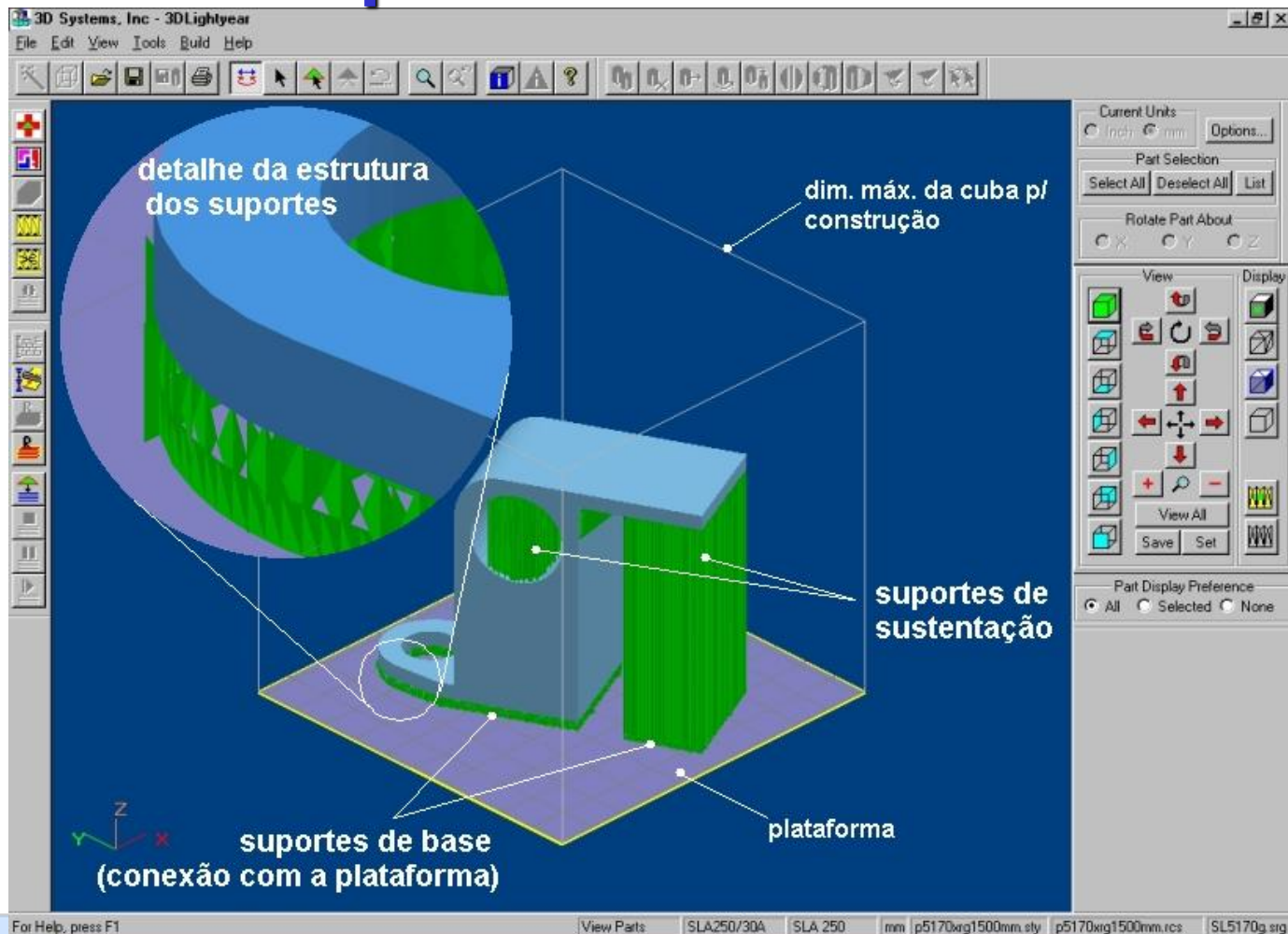
- The **normal** vector, 3 floating values of 4 bytes each;
- **vertex 1** coordinates, 3 floating values of 4 bytes each;
- **vertex 2** coordinates, 3 floating values of 4 bytes each;
- **vertex 3** coordinates, 3 floating values of 4 bytes each;

Etapas Gerais do Processo

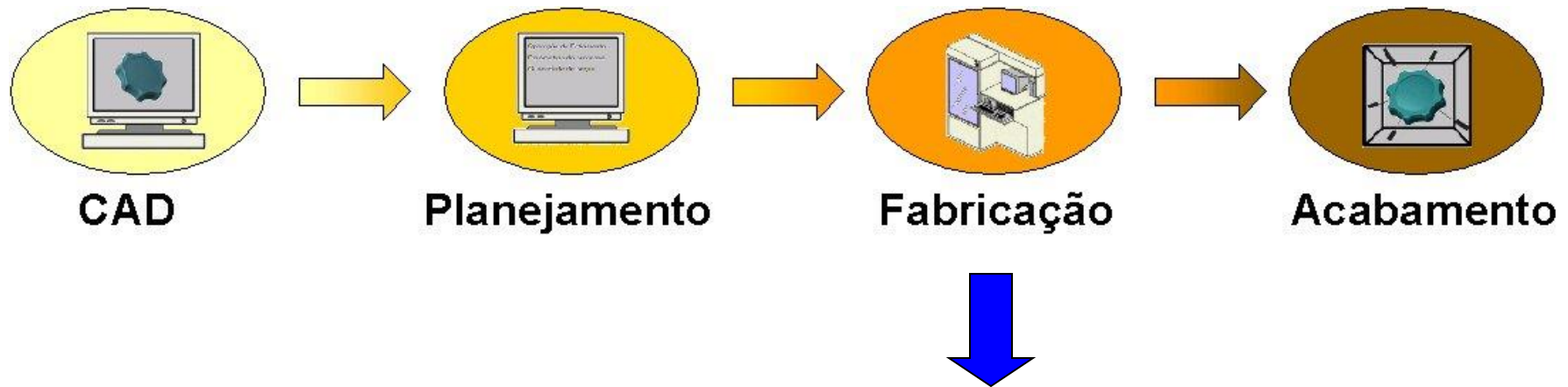


- Verificação arquivo STL
- Orientação do objeto
- Definição de suportes (eventualmente)
- Definição de parâmetros

Etapas Gerais do Processo

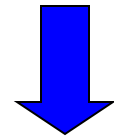
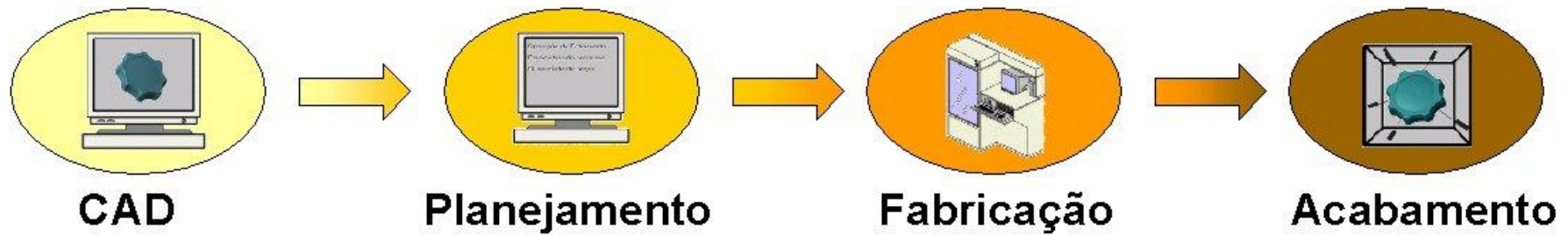


Etapas Gerais do Processo



- **Construção 3D do objeto**

Etapas Gerais do Processo



- Limpeza do objeto
- Polimento
- Lixamento
- Jateamento de areia
- Pintura

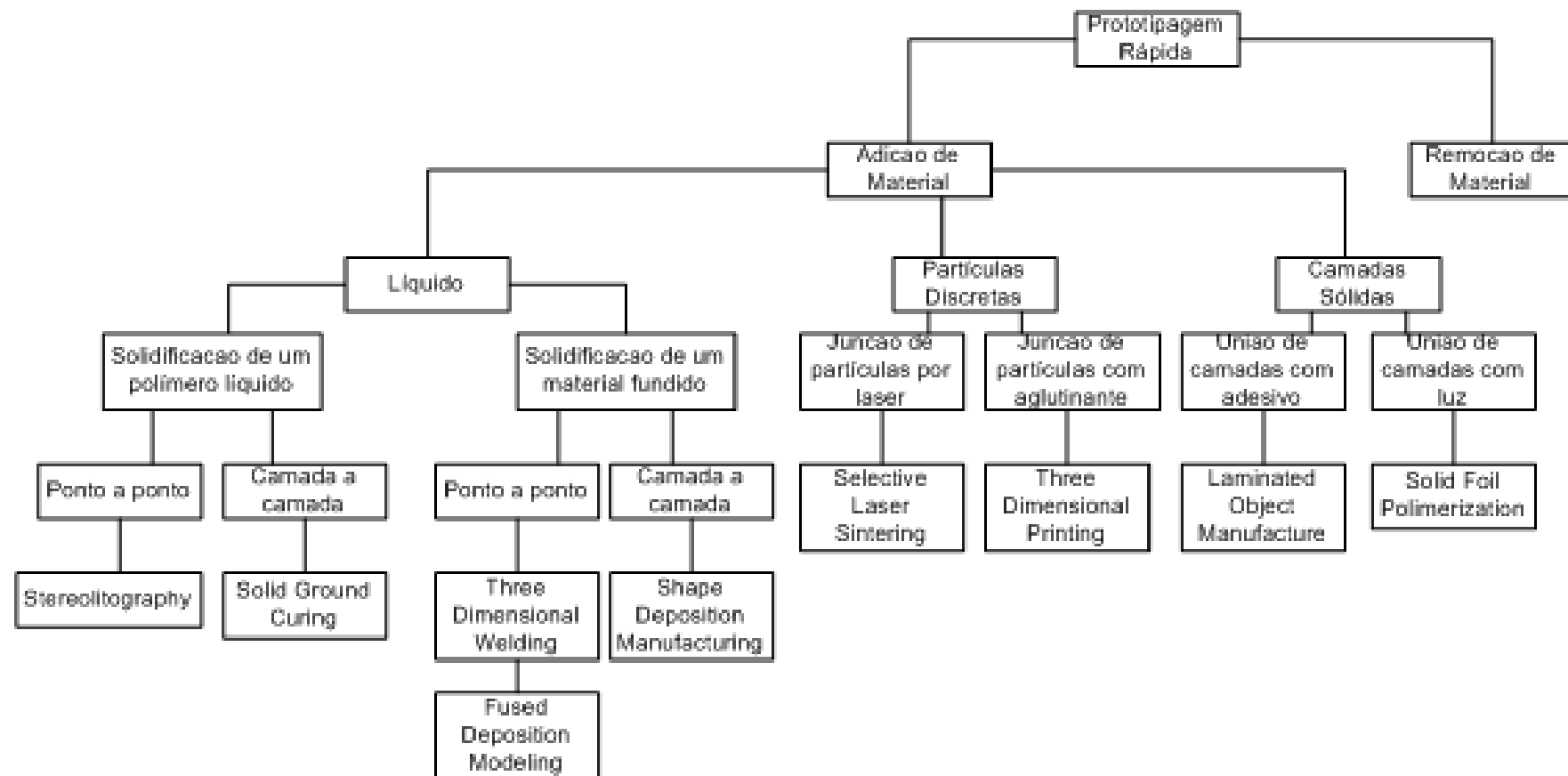
- **Protótipos de visualização e verificação**

- Aparência e função estética
- Estudos de montagem
- Análise de mercado

- **Protótipos funcionais**

- Utilizados em testes de fluxo, análise de tensões, fadiga
- Testes de campo





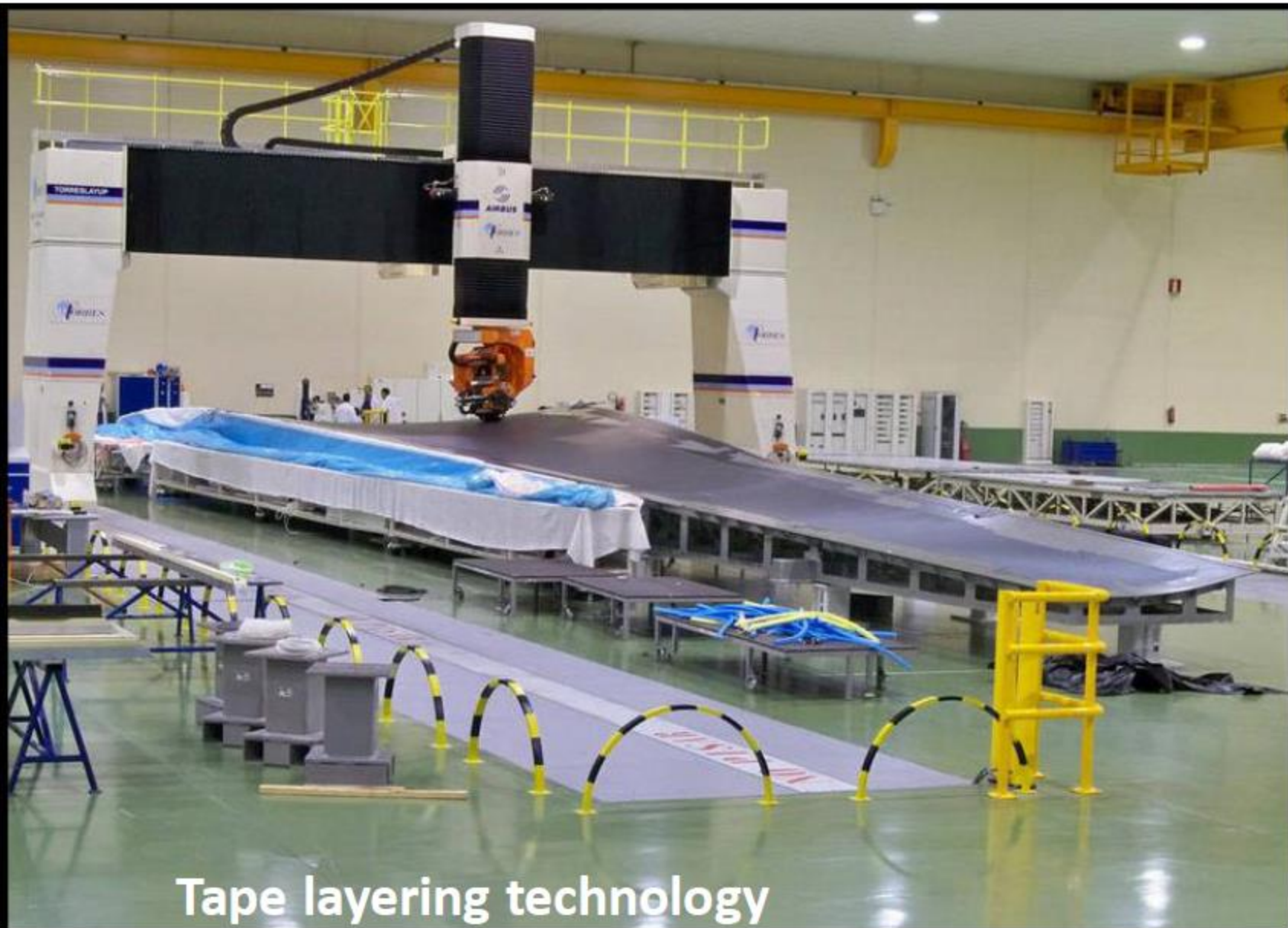
Cada tecnologia possui suas próprias vantagens e desvantagens, cabendo a uma avaliação prévia determinar qual será a mais eficiente para o produto .

Alguns pontos a se considerar:

- (i) Tempo. O termo prototipagem rápida é relativo, pois seu tempo é superior a outras técnicas convencionais de fabricação de protótipos, mas em tempo real a velocidade de produção é geralmente muito lenta. Dependendo do nível de precisão requerido e do tamanho do objeto, o processo pode levar de poucas horas a dias.
- (ii) Volume. Atualmente, a maioria dos equipamentos não pode fabricar itens com volume superior a 500mm^3 .
- (iv) Acabamento. Muitas vezes a superfície do objeto gerado necessita de um acabamento secundário para atingir a qualidade final desejada.
- (iv) Material. A variedade de materiais disponíveis para a Prototipagem Rápida com adição de materiais é ainda muito limitado.

Materiais utilizados pelas tecnologias de prototipagem rápida.

<i>Tecnologia</i>	<i>Materiais disponíveis</i>
Estereolitografia (SLA)	Fotopolímero
Modelagem por fusão e deposição (FDM)	Termoplásticos e metais eutéticos
Sinterização seletiva a laser (SLS)	Termoplásticos e metais pulverizados
Manufatura de objetos em lâminas (LOM)	Papel
Fusão por feixe de elétrons (EBM)	Ligas de titânio



Tape layering technology

Manufatura aditiva já é capaz de produzir peças em diversos materiais para a indústria

Processo	Materiais	Aplicações
Fusão Seletiva por laser (SLM)	Stainless steel 316L e 17-4PH; H13 tool steel; Aluminium Al-Si-12 e Al-Si-10; Titanium CP, Ti-6Al-4V e Ti-4Al-7Nb; Cobalt-chrome ASTM75; Inconel 718 e 625	Implantes médicos; Partes aeronáuticas; Partes motores automotivos; Trocadores calor; Moldes; Peças especiais p/ indústria
Sinterização direta de metal por laser (DMLS)	Aluminium Al-Si-10Mg; Cobalt-chrome MP1 e SP2; Maraging Steel; Inconel 718 e 625; Stainless steel 17-4PH e 15-5PH; Titanium Ti-6Al-4V	Implantes médicos; Partes aeronáuticas; Partes motores automotivos; Trocadores calor; Moldes; Peças especiais p/ indústria
Fusão por Feixe elétrico (EBM)	Cobalt-chrome ASTM F75; Titanium Ti-6Al-4V, Grade 2;	Implantes médicos; Partes aeronáuticas
Sinterização Plástica por laser (PLS)	Alumide; Carbon Fibre; PA 1101; PA2200/2201; PA 2221; PA2202; PA 2210; PA3200; PAEK; Polystyrene	Protótipos; Partes aeronáuticas; Partes motores automotivos; Peças especiais p/ indústria

Fonte: Renishaw; Advanced manufacturing services; EOS; ARCAM

Manufatura Aditiva

Impressão 3D

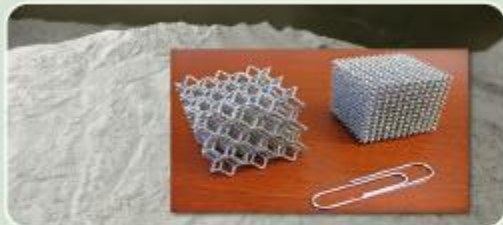
Processos de Sinterização

Impressão com Metal Líquido

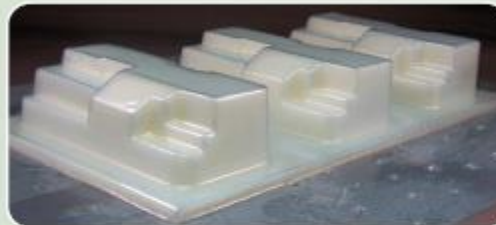
Crescente incorporação de inovações em equipamentos e processos de manufatura aditiva, possibilitando a elaboração de produtos de geometria complexa e composição diversificada com rapidez e economia.



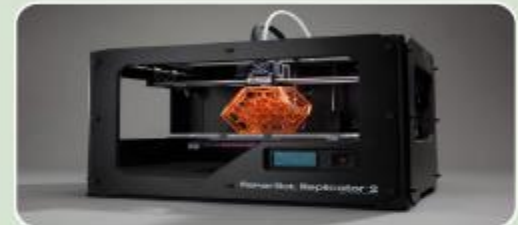
Tecnologias de Impressão 3D



Fusão a Laser
Pós metálicos
variados...

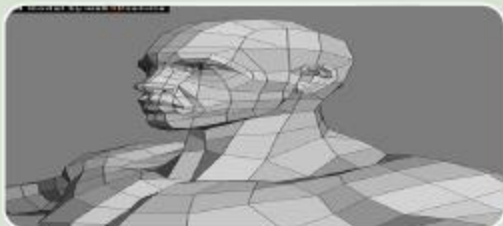


Fundição a
Vácuo
Resina de
poliuretano, nylon
e outros...



Moldagem
por Injeção
Polímeros
variados...

Princípios Gerais



Modelagem

Criação de modelos digitais via CAD (Computer Aided Design)



Impressão

Conversão do modelo em "fatias" e execução por uma impressora



Finalização

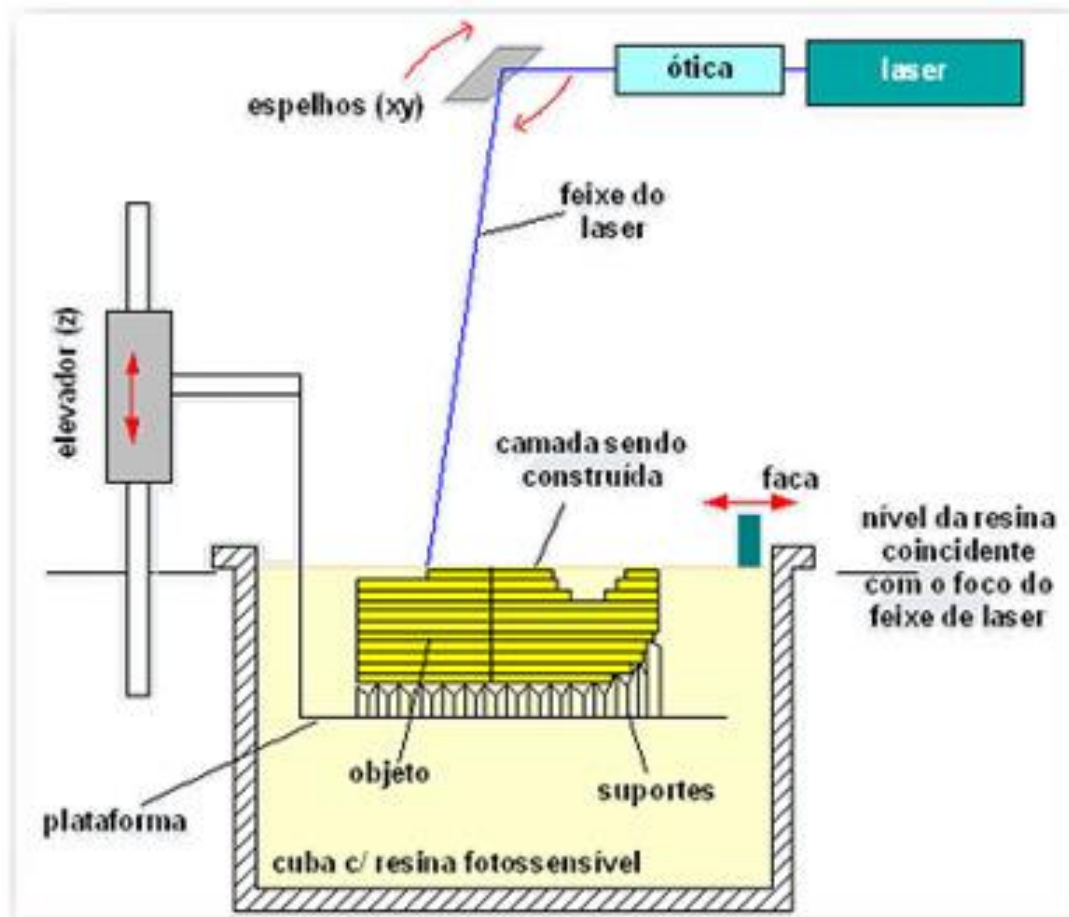
Acabamento final do objeto através de vários processos.



Estereolitografia (SLA)

A SLA foi a técnica pioneira e é ainda a mais utilizada no mundo. Baseia-se na polimerização de uma resina fotossensível (acrílica, epóxi ou vinil) composta de monômeros, fotoiniciadores e aditivos, através de um feixe de laser ultravioleta.

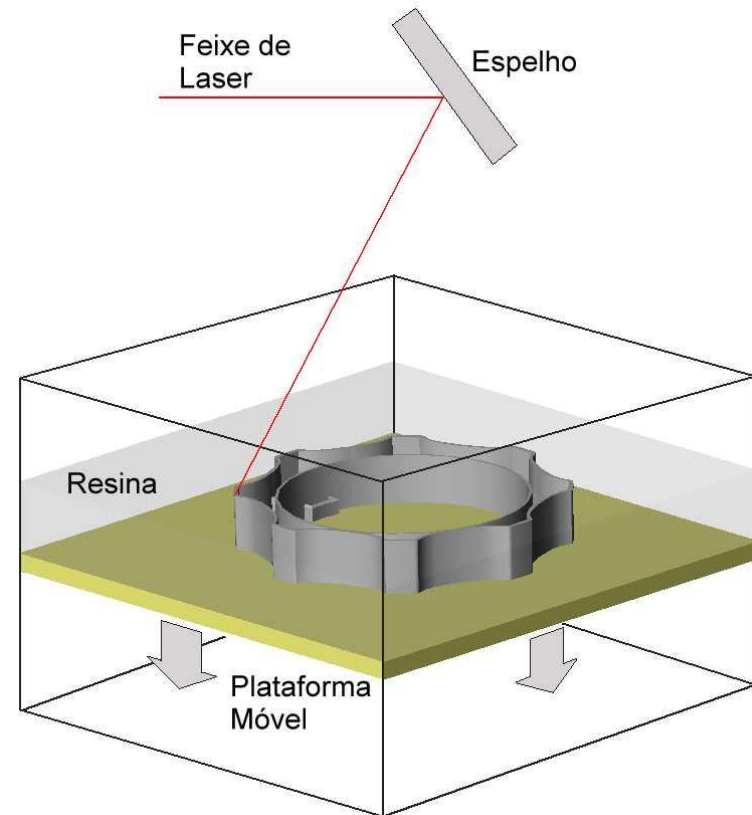
A máquina contém uma cuba preenchida com a resina, no interior da qual há uma plataforma que se movimenta na vertical. Um computador transmite para a plataforma a primeira camada do modelo virtual a ser polimerizada, e então o controle numérico da máquina posiciona a plataforma na superfície da resina e os espelhos galvanométricos direcionam o feixe de laser para a porção correspondente à primeira fatia. Desencadeia-se uma reação localizada que promove a formação de uma cadeia polimérica entre as moléculas do monômero dispersas na resina, ocorrendo a solidificação.



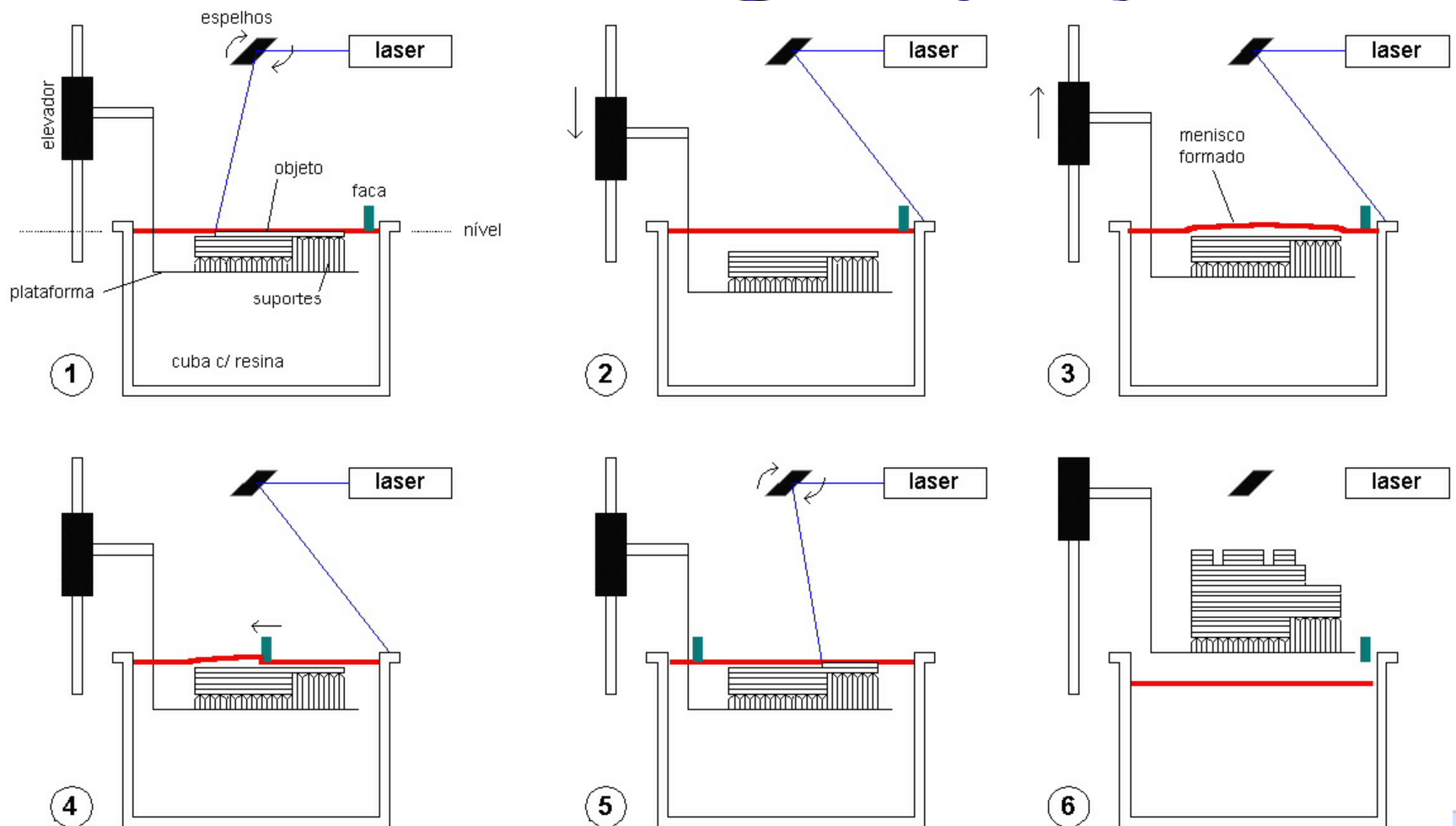
Esquema genérico de funcionamento da estereolitografia.

Após a conclusão desse primeiro passo, a plataforma desce, imergindo a primeira camada solidificada na resina, permitindo assim que uma nova camada seja polimerizada sobre a primeira, e assim sucessivamente.

Uma lâmina regulariza a camada de resina líquida, devido à viscosidade elevada. Quando pronto, o modelo sólido é removido do banho e lavado. Os suportes são retirados e o modelo é introduzido num forno de radiação ultravioleta para ser submetido a uma cura completa.



Estereolitografia (SLA)











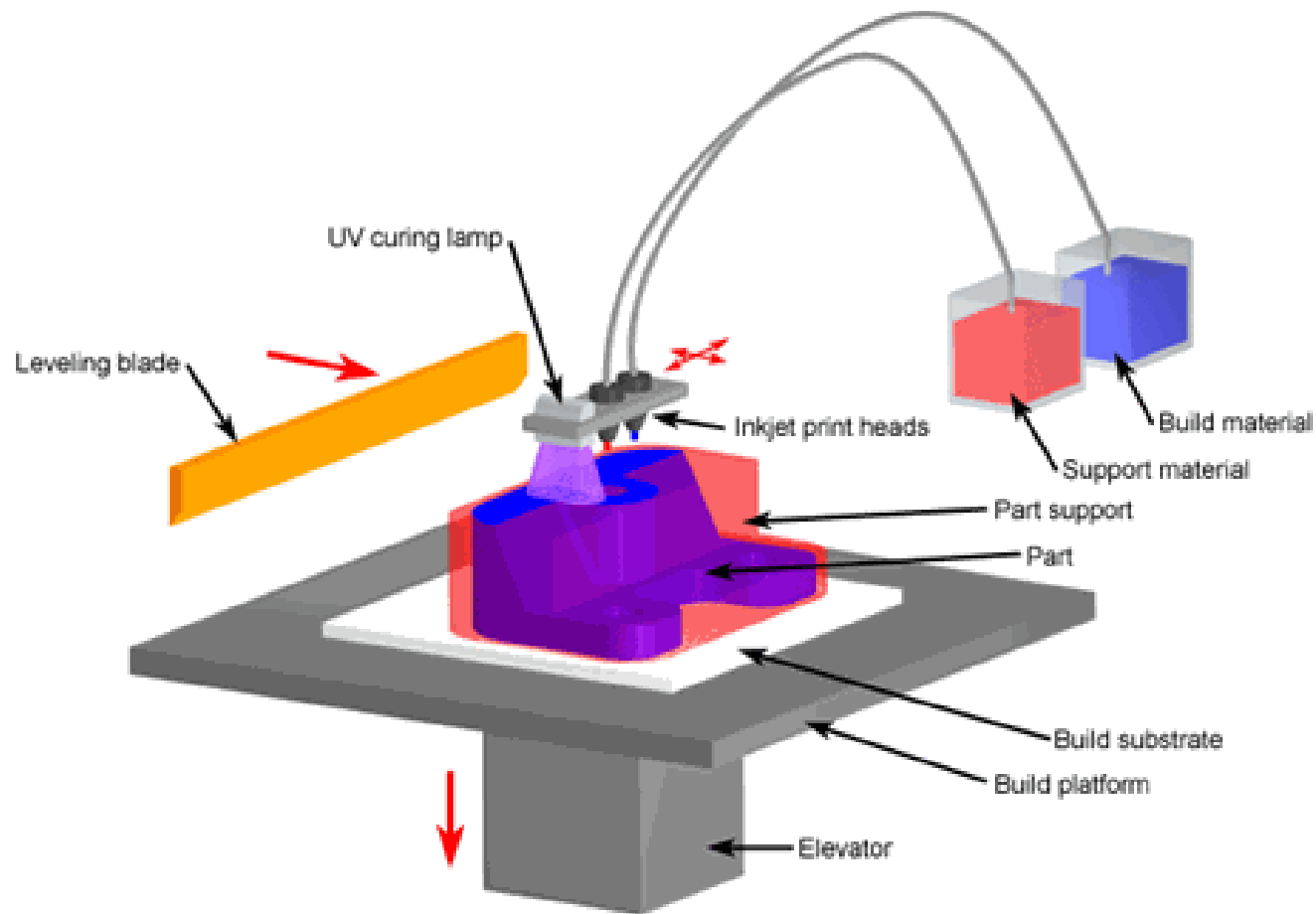
Impressão à Jato de Tinta (IJP) – PolyJet - Objet

Trabalha com resinas e um material tipo gel (para construção do suporte), ambos fotocuráveis. Tem como princípio básico a deposição de pequenas gotas de resina em uma bandeja seguida da cura por luz UV, lançada logo após a deposição da resina.

O processo de construção é feito em camadas, porém, neste caso, o suporte pode ser removido facilmente e o operador não fica exposto à resina, uma vez que ela vem em cartuchos.

Possui boa precisão e qualidade superficial. A resina é totalmente curada durante a deposição, não necessitando pós-cura, além de não utilizar laser economizando-se assim energia. Apresenta também fácil remoção do suporte (manual ou por jateamento de água)

Por outro lado, esta técnica também necessita de suportes para partes não conectadas.



Copyright © 2008 CustomPartNet





Impressão a jato de tinta (IJP) – InVision - 3D Systems

Princípio muito similar ao anterior, porém nesse a resina utilizada como matéria prima é uma resina epóxi com 30% de cera, sendo o suporte confeccionado com um material de características semelhante à cera.

Para retirada do suporte é necessária uma etapa de pós processamento em forno, sendo este tempo proporcional à quantidade de suporte a ser removida.

Apresenta as mesmas vantagens e desvantagens da IJP da Polyjet, salvo que esta precisa de pós processamento para retirada de suportes.





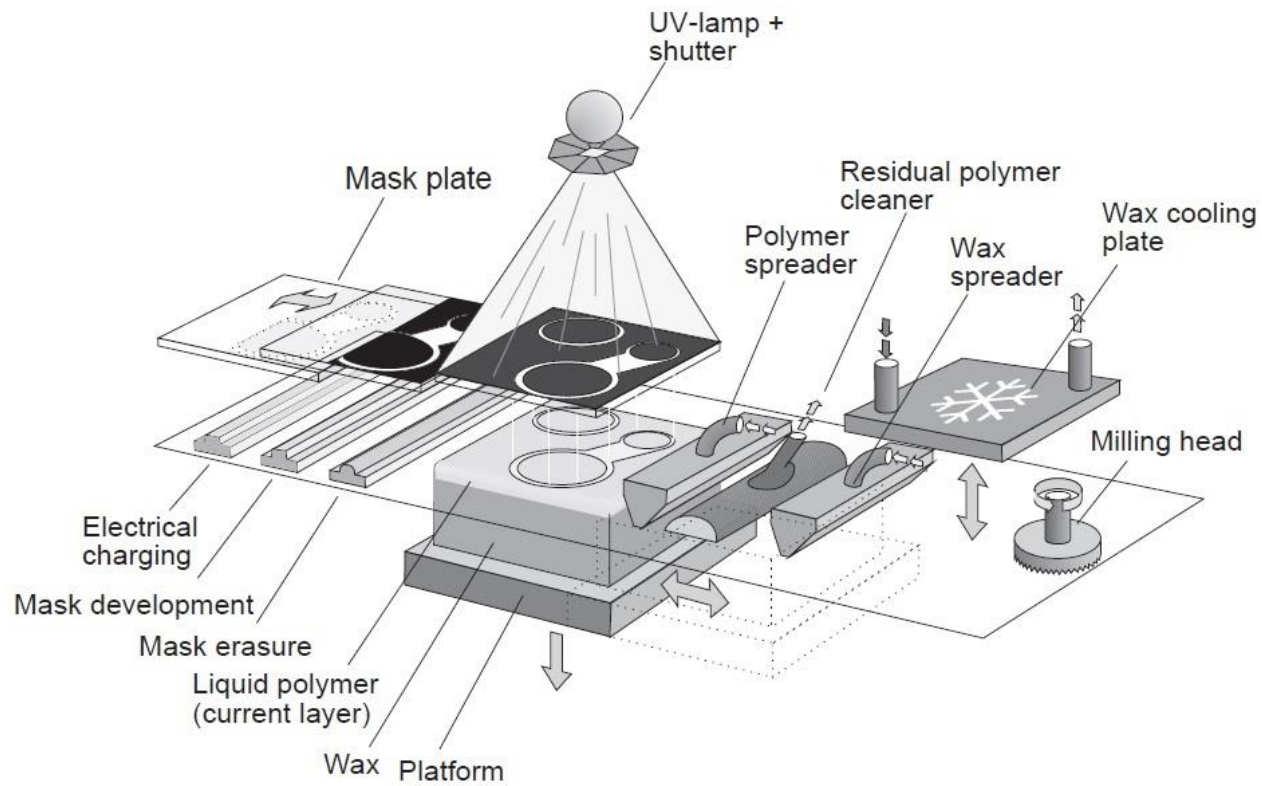
Base de Cura Sólida (SGC, Solid Ground Curing) – Z Corporation

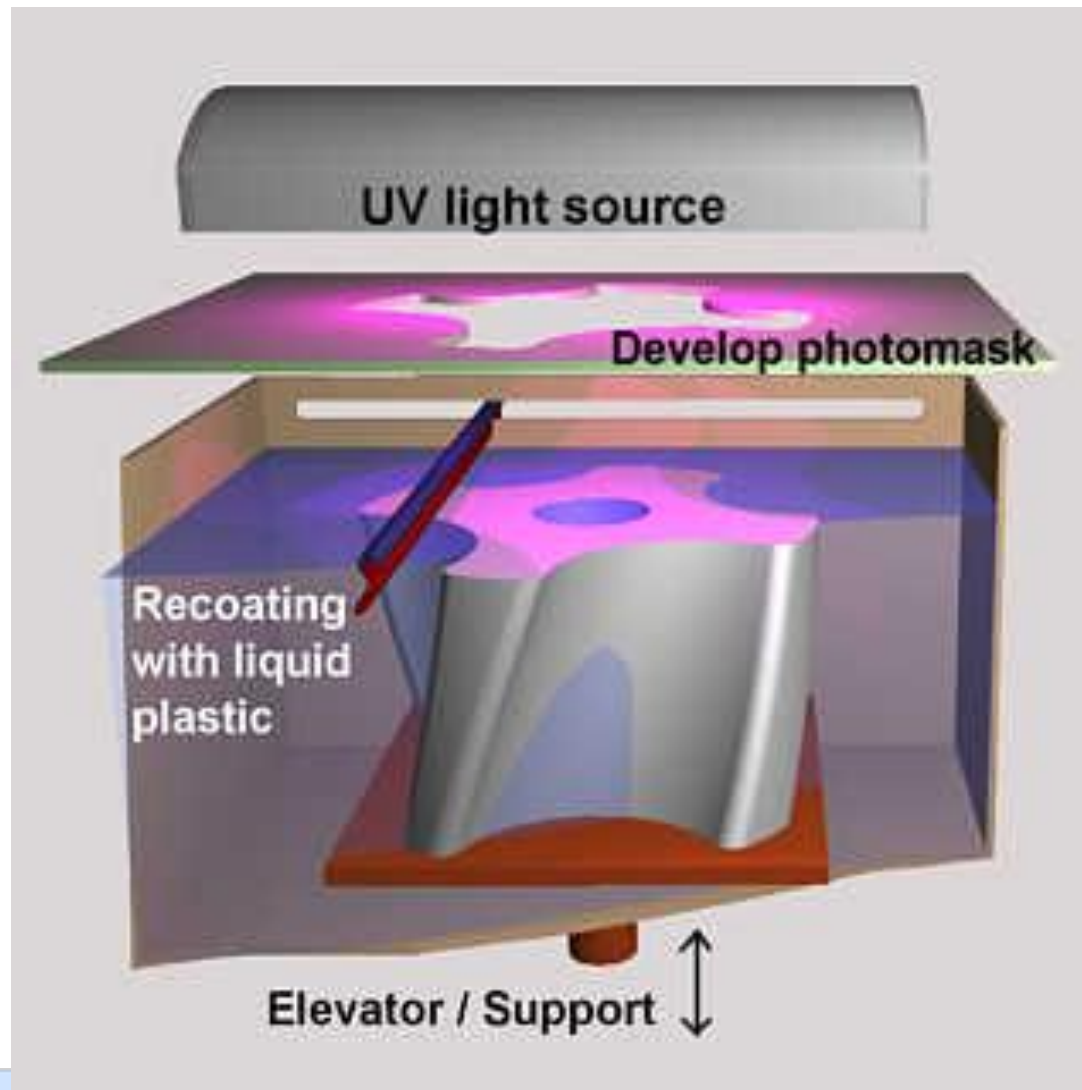
Este processo é muito similar ao método anterior, uma vez que ambos utilizam luz UV para fazer a cura de resinas fotocuráveis. A diferença entre esse e o processo anterior é que o SGC cura uma camada inteira de uma vez.

O processo tem início quando a resina foto-sensível é aspergida sobre a plataforma de construção. Em seguida a máquina gera uma foto-mascara correspondente à camada a ser construída, sendo essa impressa sobre uma placa de vidro em processo similar ao das máquinas de fotocópias. Esta máscara é então exposta à radiação UV, a qual passa através de porções transparentes da máscara, endurecendo portanto seletivamente a camada de construção atual.

Ocorrida a cura da resina, seu excesso é succionado por vácuo e em seguida, cera é borrifada em seu lugar, servindo de suporte para construção da próxima camada ou de partes desconexas da peça.

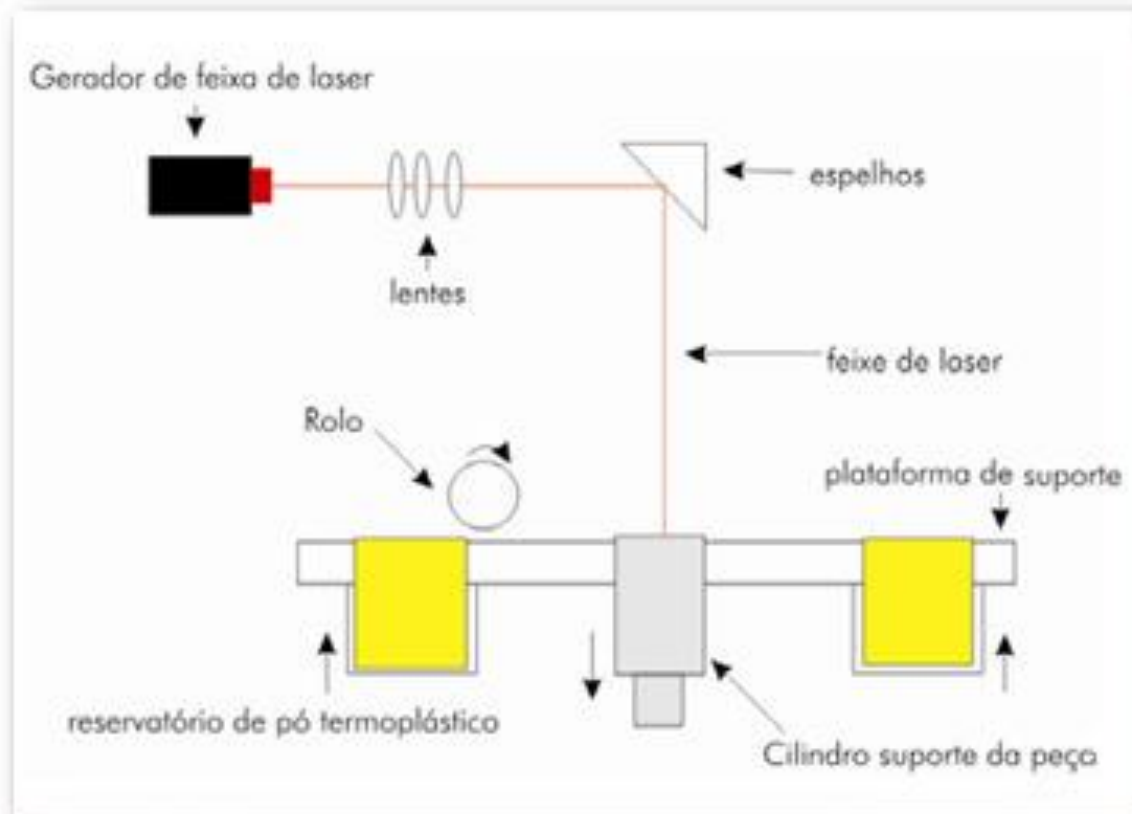
A superfície é planificada por meio de fresamento e em seguida é dado início à construção da nova camada. Após finalização da peça a cera é removida por meio de imersão num banho de solvente. Essas máquinas são de grande porte, construindo também protótipos de grande porte.





Sinterização Seletiva a Laser (Selective Laser Sintering - SLS)

A máquina de SLS constrói objetos tridimensionais pela superposição de camadas homogêneas de polímeros em pó. Com o processo iniciado, uma fina camada de pó, que se solidifica com a incidência de um laser, é depositada dentro de um cilindro. Camadas adicionais são depositadas através de roletes sobre a camada já sinterizada e ligadas quimicamente entre si por ação do calor do equipamento de emissão de laser.



A sinterização à laser da 3D Systems utiliza um laser CO₂ para a sinterização do pó (matéria prima), que algumas vezes pode ser até mesmo levado ao ponto de fusão, ocorrendo então a formação do corpo da peça, camada por camada.

O processo é iniciado com o material sendo espalhado e nivelado por um cilindro sobre a plataforma dentro de uma câmara, sendo esta aquecida na proximidade do ponto de fusão do pó e mantida em atmosfera inerte (utiliza-se nitrogênio), evitando oxidação e possível explosão das partículas mais finas. Após o sistema de varredura fornecer a energia restante necessária para a sinterização das partículas na superfície construída, a plataforma desce e o processo é reiniciado para a construção de uma nova camada.

Um problema recorrente apresentado nessa técnica é o processamento de material além da profundidade especificada (quando não existe uma camada anterior processada, devido à energia fornecida pelo meio e pelo laser). O pó não utilizado serve de suporte para construção de partes desconexas, múltiplas construções (peças separadas) empilhadas, não sendo necessária a remoção de suportes ao final do processo. O pó excedente é removido (por escova, ar comprimido...) e reutilizado (dentro de um determinado limite, devido à degradação decorrente do reuso ao longo do tempo).

Vários materiais podem ser utilizados como matéria prima, sendo um único equipamento que processa vários tipos de materiais (polímeros, cerâmicas e metais).

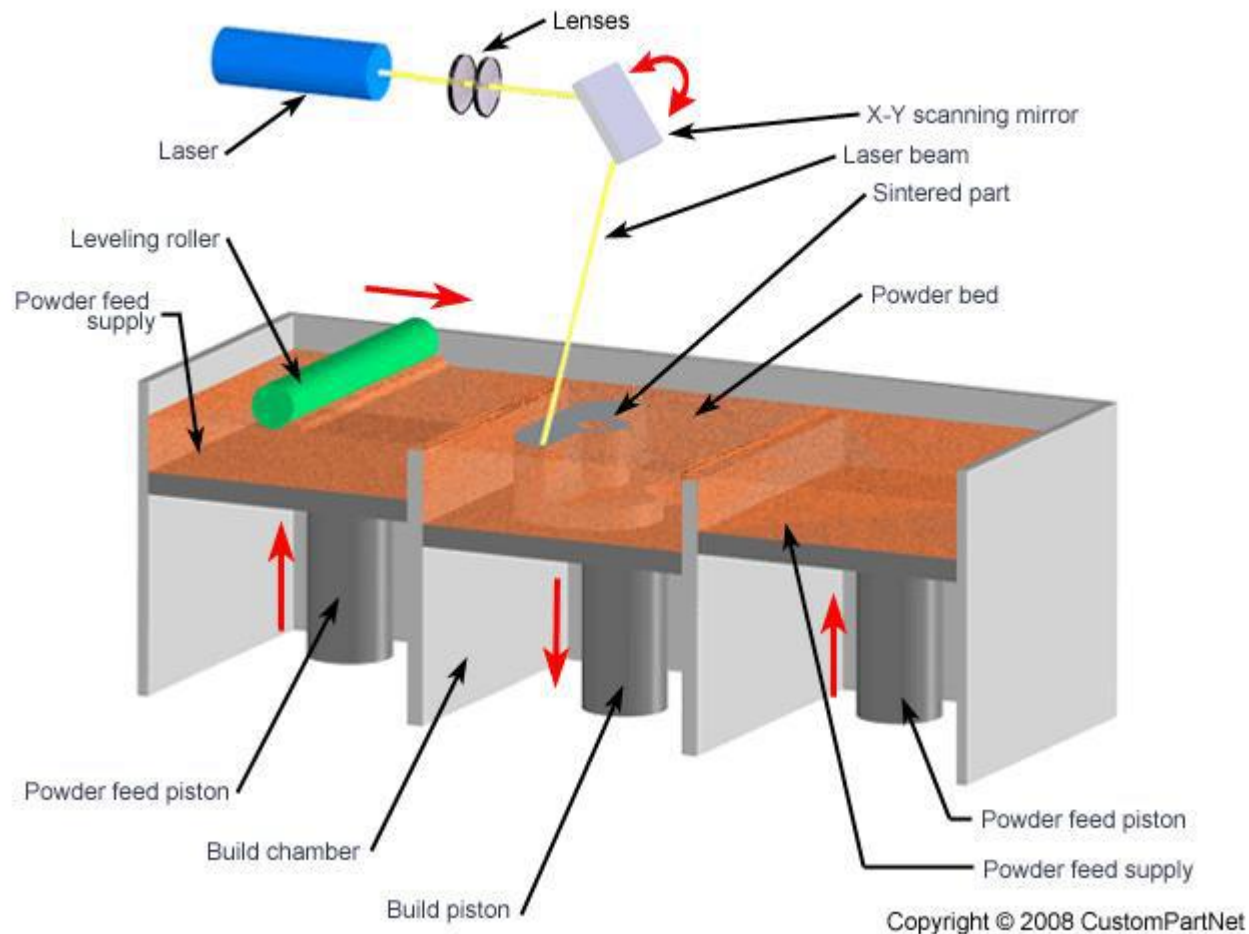
Fabrica tanto peças para visualização quanto funcionais, e, dependendo da escolha do material, se aproximando bastante (em relação à propriedades) do produto final.

É desnecessária a retirada de suportes, podendo-se empilhar várias peças para a fabricação. Pouco pós-processamento ao final.

A pós cura só é exigida quando se escolhe como matéria prima o metal com polímero, que requer que a peça seja levada ao forno de alta temperatura.

O acabamento superficial da peça fica restrito ao tamanho das partículas utilizadas

O custo elevado do equipamento e o alto consumo de energia pesam financeiramente na hora da escolha deste equipamento.





O pó não sinterizado funciona como suporte e é removido quando a peça estiver completa. Uma grande vantagem desse processo é a maior disponibilidade de materiais: poliamida, elastômeros, cerâmica e metal com polímeros aglutinantes para aplicações em ferramental leve.

Os parâmetros mais importantes para a fabricação de objetos através da sinterização a laser são: a potência do laser, a velocidade de deslocamento do feixe e o espaçamento entre as passadas do feixe do laser.

Os protótipos oferecem considerável resistência mecânica e térmica. No entanto, o custo é muito elevado.









Fused Deposition Modeling (FDM)

A técnica de FDM é a segunda mais utilizada no mundo. Baseia-se na deposição de camadas resultantes do aquecimento, por volta de 200°C , e amolecimento de filamentos (arames) de material termoplástico. Simultaneamente, outros fios amolecidos formam o suporte para as superfícies suspensas do modelo, a fim de oferecer sustentação.

Os arames destinados à confecção podem ser de poliéster, polipropileno, ABS, elastômeros ou cera, enquanto o material de suporte é uma mistura de ABS e cal. Esses materiais conferem durabilidade e resistência ao protótipo.

A plataforma da máquina de FDM onde se deposita o material movimenta-se no eixo Z e o cabeçote extrusor, composto por dois bicos (um para alimentar as camadas do modelo e o outro para o suporte), movimenta-se no plano XY.

Os arames são direcionados por guias rotativas e ficam estocados dentro da máquina, em ambiente a vácuo aquecido, para evitar que a umidade forme bolhas no material e impeça a continuidade da deposição.

Preferencialmente, todo o ambiente de construção também deve encontrar-se fechado em um ambiente de temperatura controlada.

O princípio básico de funcionamento desta técnica é a construção de protótipos por meio da extrusão da matéria prima.

Uma “cabeça extrusora” com movimentação no eixo X-Y, expelle o material no estado semilíquido ou pastoso, construindo portanto a primeira camada na plataforma, que é abaixada do mesmo valor da espessura de construção desejada.

Esta tecnologia também necessita de suporte, que é construído de um material mais frágil que o material em que o objeto é construído (disponíveis atualmente: cera, poliéster, ABS, policarbonato e etc.) sendo de fácil remoção manual, ou, mais recentemente, por um material que é removido submergindo o protótipo em solução líquida aquecida. Este suporte é construído por um segundo bico extrusor presente na máquina.

Essa técnica apresenta as seguintes vantagens:

- Peças construídas de alta resistência, possibilitando em alguns casos testes funcionais;
- não requer pós-cura;
- não utiliza laser, gastando assim menos energia;
- pode ser utilizado em ambiente de escritório.

Apesar destas vantagens citadas, a precisão do processo não é muito alta.

Como nas outras técnicas, esta também demanda construção de suporte, sendo necessária sua posterior remoção.

A velocidade do processo de construção é baixa.

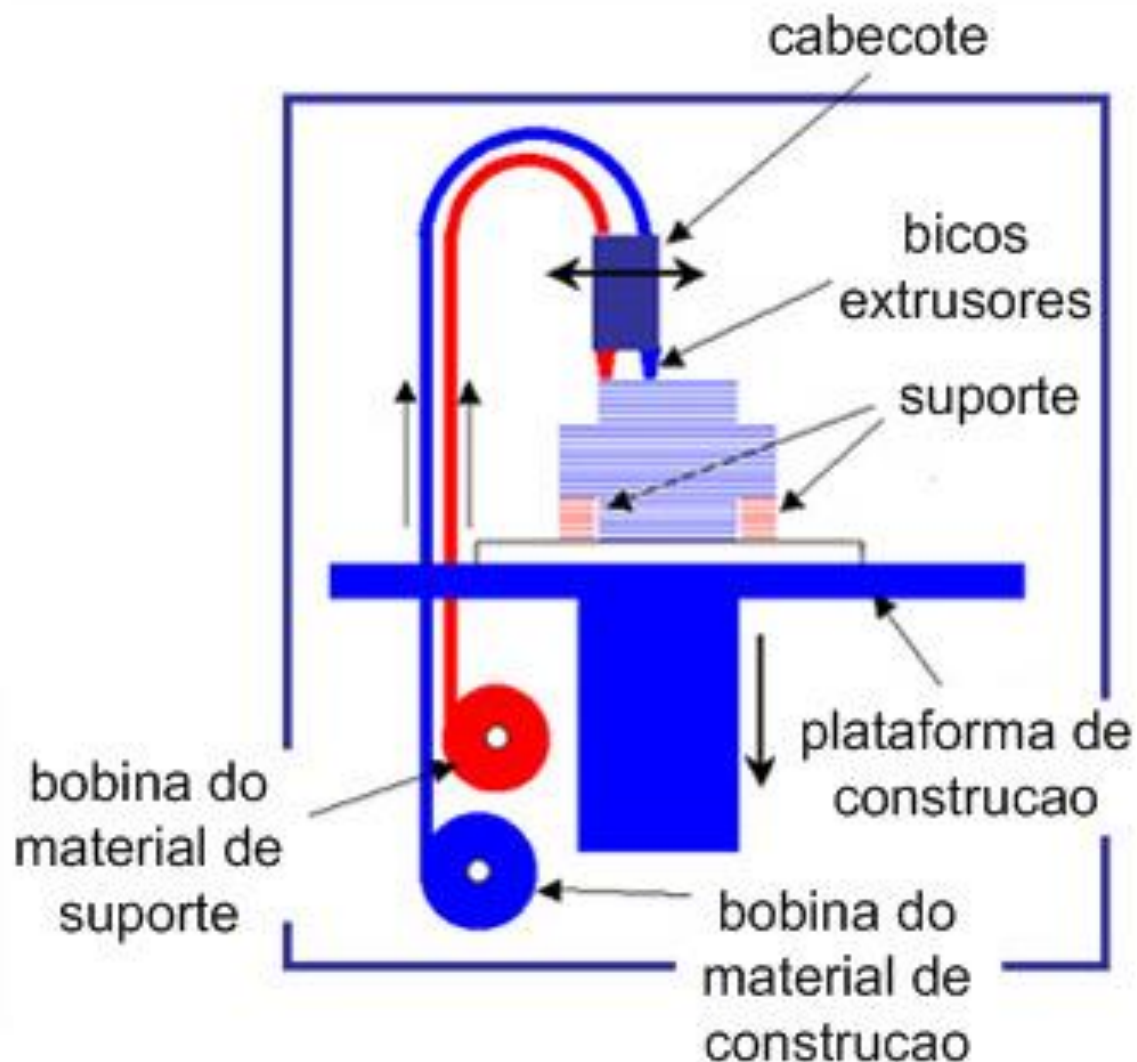
O software, que é composto por CAD/CAPP/CAM, não é integrado à máquina.

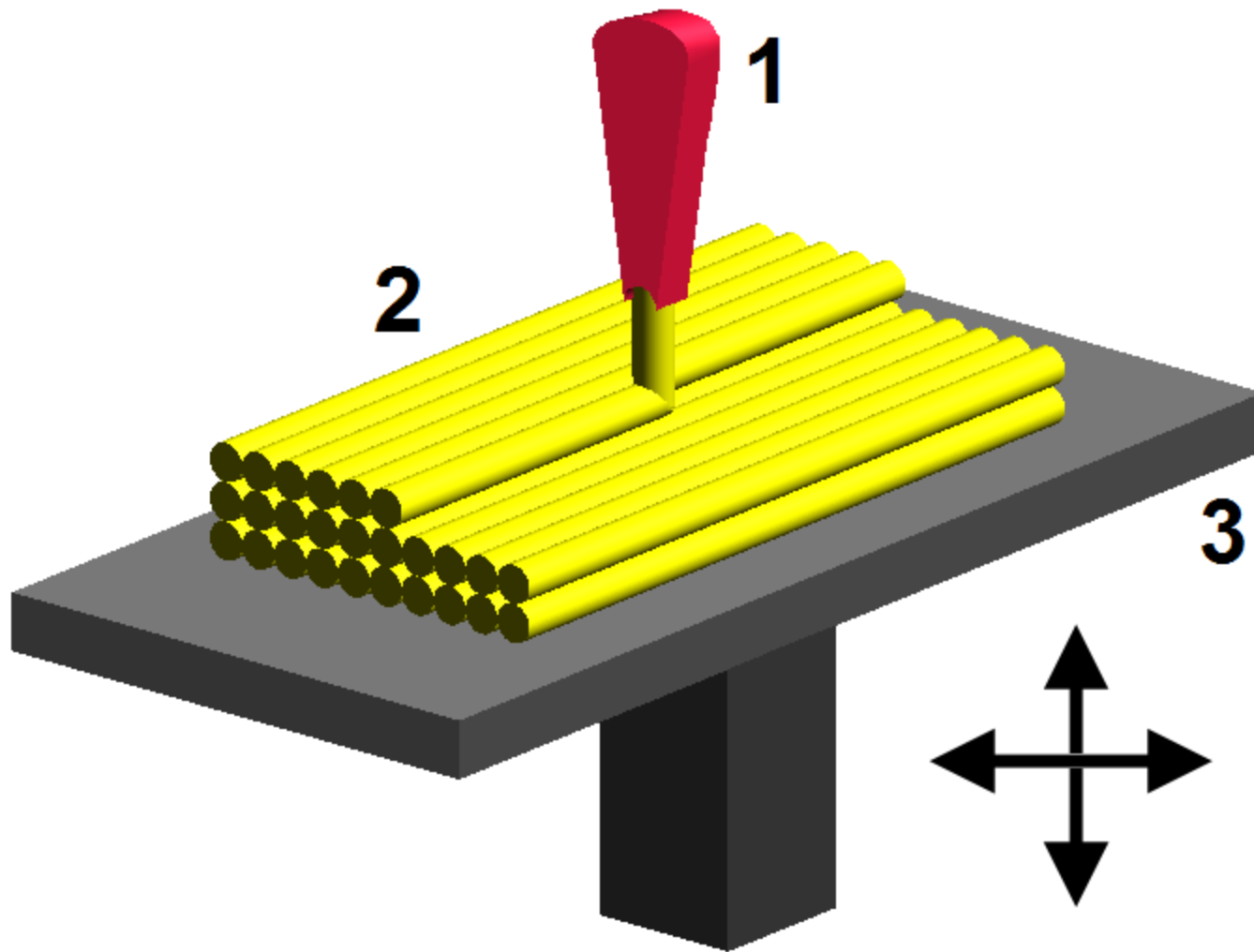
Esta é conectada a um computador com o sistema que monitora os comandos de construção.

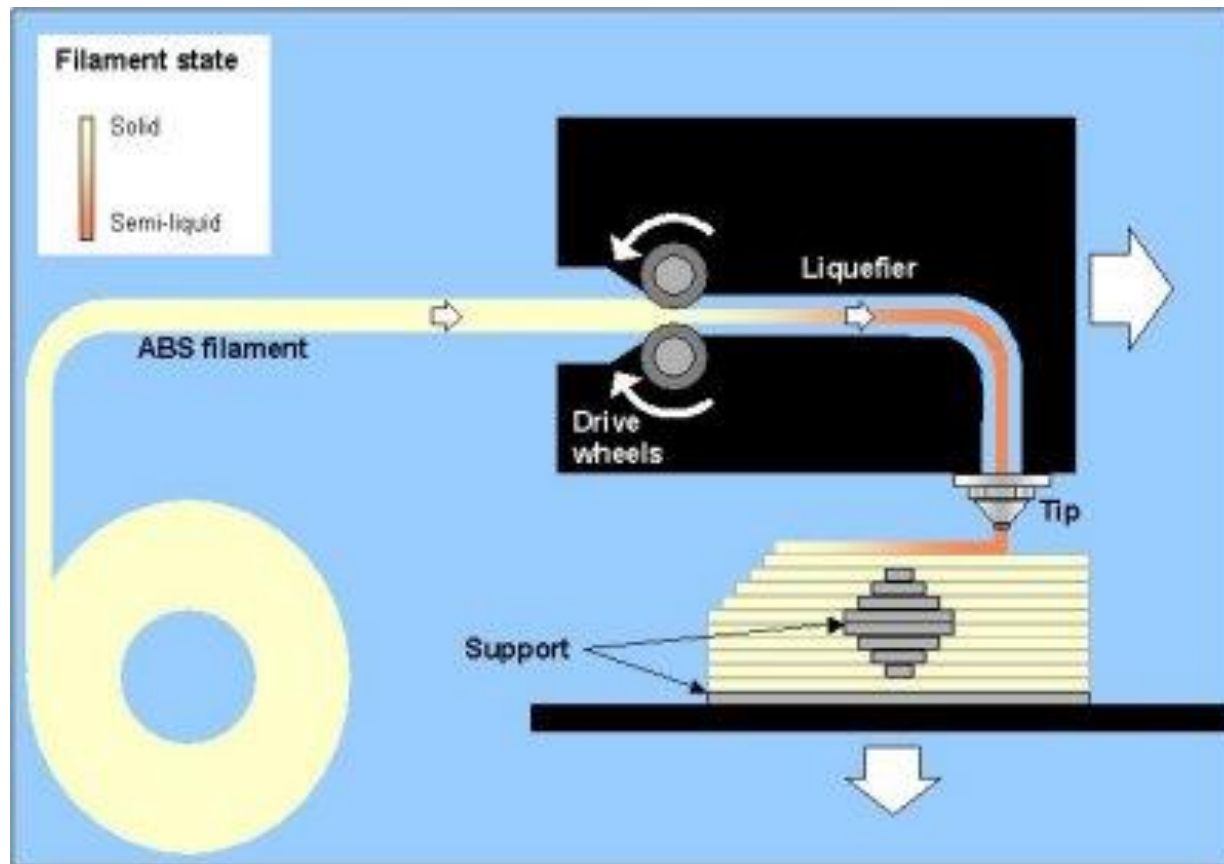
Cada camada possui um planejamento de rota por onde o bico extrusor deposita os fios fundidos. Após finalizar uma fatia, a plataforma desce uma distância equivalente à espessura da camada e o cabeçote inicia a deposição seguinte.

Com estas máquinas não há desperdício de material e existe pouca necessidade de limpeza, em oposição à SLA. Outra diferença notável é a ocupação de um espaço bem menor, pois os motores de acionamento necessitam de menos potência e resfriamento que os lasers.

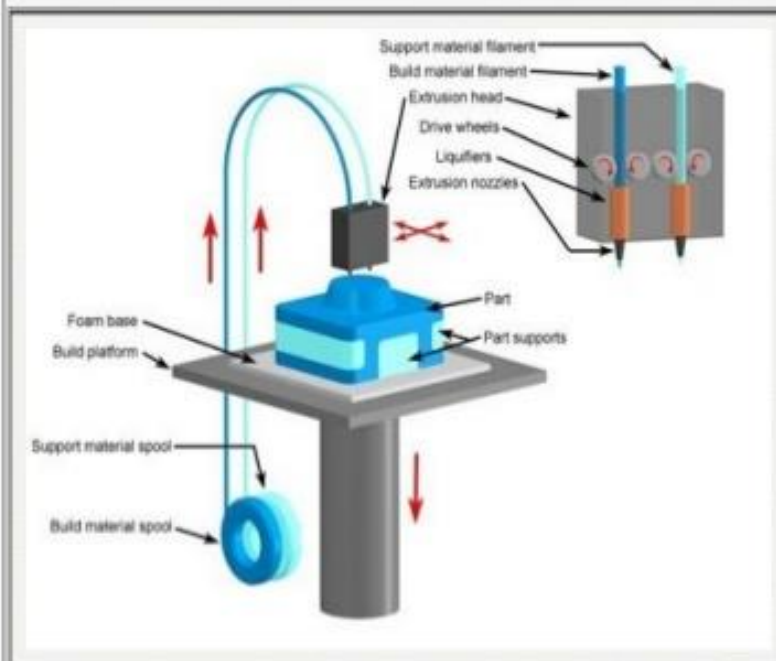
Estas características permitem sua instalação em ambientes não industriais.



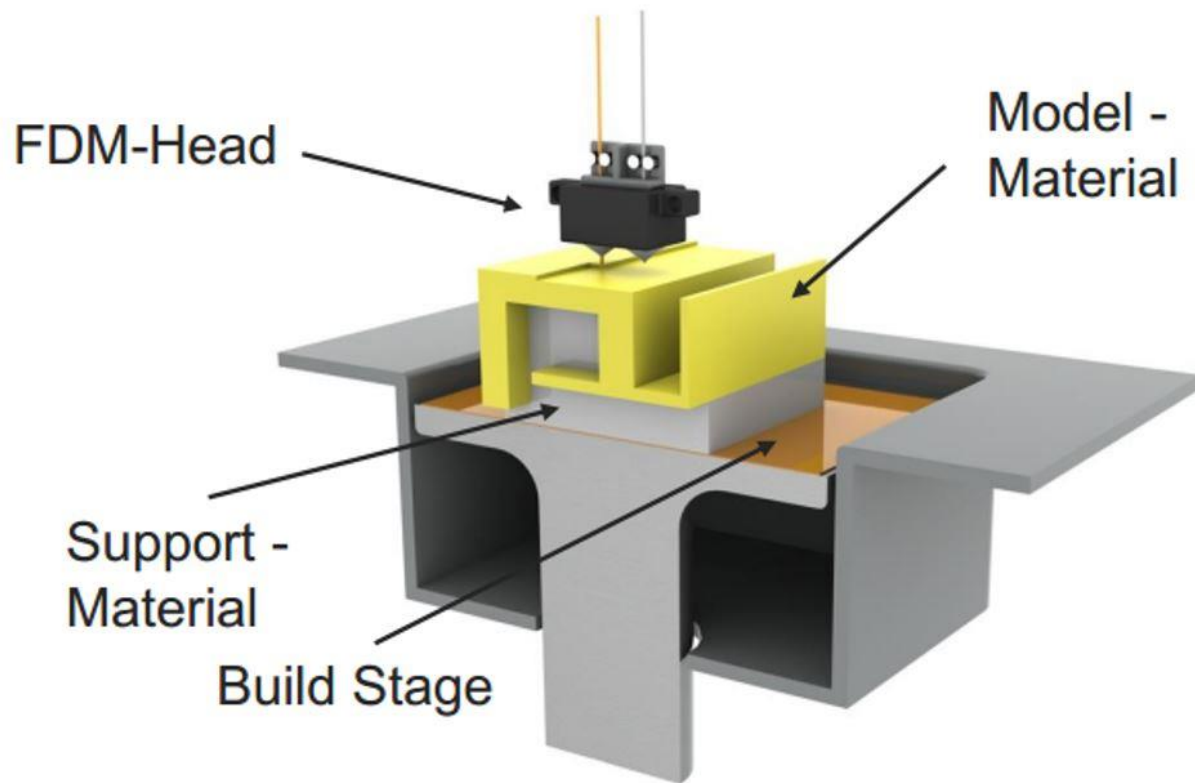




Fused Deposition Modeling



Fused deposition modeling (FDM) is an additive manufacturing technology commonly used for modeling, prototyping, and production applications.



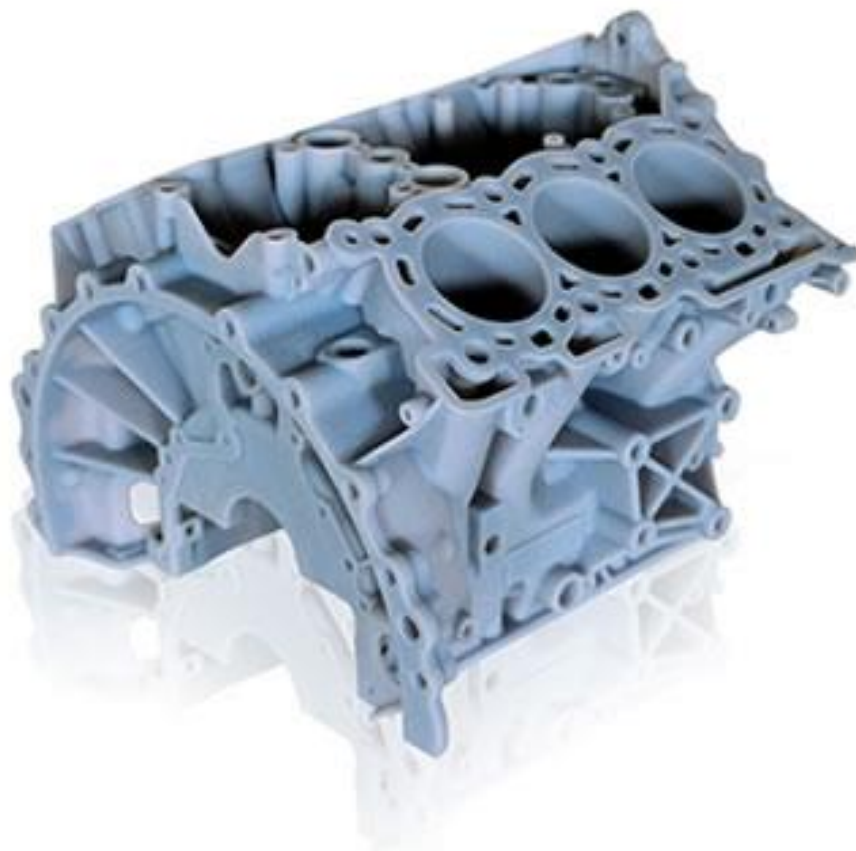




















Em termos de custos (de aquisição, operação e material), também se verifica grandes diferenças entre as duas tecnologias, devido à qualidade que proporcionam.

Enquanto FDM satisfaz plenamente o uso interno em empresas, atividades acadêmicas e lotes de produtos customizáveis para comercialização, a SLA é uma tecnologia voltada para a engenharia de produtos mais exigentes – produção de moldes e protótipos funcionais com dimensões críticas.

Já em relação ao tempo total de produção, incluindo o pós-processamento, há empate entre as duas tecnologias. Apesar do tempo de fabricação da SLA ser menor, o objeto precisa passar por alguns tratamentos antes de ser utilizado.

Impressão tridimensional (3DP) – Z Corporation

Esta tecnologia utiliza aglutinante para agregar o material por meio similar à impressão a jato de tinta.

Com um cilindro, a matéria prima é nivelada, seguida de deposição do aglutinante, desenhando assim a camada 2D.

Esta técnica não demanda suporte uma vez que a própria matéria prima funciona como tal. Vários materiais podem ser utilizados para construção do objeto, porém para cada material diferente, é necessário aglutinante e pós processamento específicos.

Similar ao processo já relatado anteriormente (SLS) a princípio qualquer material que pudesse ser transformado em pó serviria como matéria prima.

A empresa fabricante da máquina fornece alguns materiais (dois materiais a base de gesso e um material à base de amido e celulose). O pós tratamento é feito com infiltração de cera (aumento da resistência da peça), resinas epóxi (aumento maior ainda da resistência da peça) ou infiltrante à base de uretano para que o protótipo se torne mais flexível simulando borracha.

A impressão tridimensional da Z Corporation não utiliza laser, sendo uma das tecnologias mais rápidas do mercado. Não demanda suporte, a matéria prima pode ser reutilizada, possibilitando a construção de peças coloridas. Apesar disso, as peças necessitam pós-processamento e apresentam acabamento superficial razoável.

Impressão tridimensional (3DP) – Pro Metal – Ex One Corporation.

Processo muito similar ao anterior, salvo que após se aspergir o aglutinante (látex coloidal), uma luz UV é acesa de forma a realizar a cura deste aglutinante.

Na fase de pós processamento a peça é levada ao forno que queima esse aglutinante realizando então a sinterização das partículas metálicas. A peça então vai pela segunda vez ao forno tendo uma liga de bronze infiltrada, se tornando o objeto ao final desta operação completamente denso. Operações de acabamento tipo polimento, usinagem e etc são necessárias.

Apresenta pontos fortes e fracos também similares ao procedimento anterior com a exceção de que esse necessita pós-processamento em dois ciclos num forno à alta temperatura.

COMO FUNCIONA A IMPRESSÃO 3D

USP

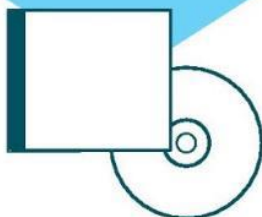
1 Um desenho tridimensional é feito no computador usando softwares como ReplicatorG, Adobe Illustrator ou Autocad

TAMBÉM É POSSÍVEL PEGAR MODELOS PRONTOS, FEITOS POR OUTRAS PESSOAS, EM SITES COMO O THINGIVERSE

THINGIVERSE.COM



2 Com um software da impressora, o usuário ajusta o tamanho e os detalhes do objeto que vai ser produzido



3 O desenho é enviado para a impressora. A máquina seleciona o material a ser usado para criar o objeto



POLÍMERO

MAKERBOT REPLICATOR 2

É A IMPRESSORA 3D COMERCIAL MAIS CONHECIDA

QUANTO CUSTA:

US\$ 2.200

POLÍMERO:

DE US\$ 43 A US\$ 99 (1 KG)

42 cm

38 cm

PESO: 11.5 kg

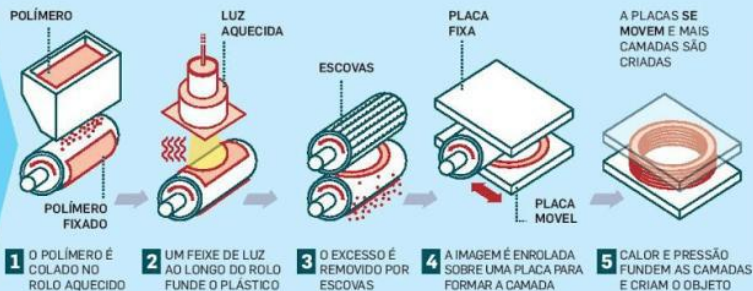
4 A impressora sobrepõe as camadas, enquanto a base de sustentação desce conforme o objeto é impresso, até que ele seja formado

5 O tempo de impressão varia conforme o tamanho do objeto. Uma peça pequena, de 5 cm de largura, 1 cm de espessura e 1 cm de altura, por exemplo, é feita em cerca de 20 minutos.

MATERIAIS USADOS

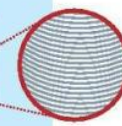
- PLÁSTICO
- NYLON
- AREIA E COLA
- AÇO INOX

A REPLICATOR 2 USA PLÁSTICO BIODEGRADÁVEL PRÓPRIO CHAMADO PLA PARA SUAS IMPRESSÕES. OUTROS MODELOS PODEM USAR TIPOS DE POLÍMEROS DIFERENTES, AÇO INOX, MADEIRA OU ATÉ UMA MISTURA DE AREIA COM COLA



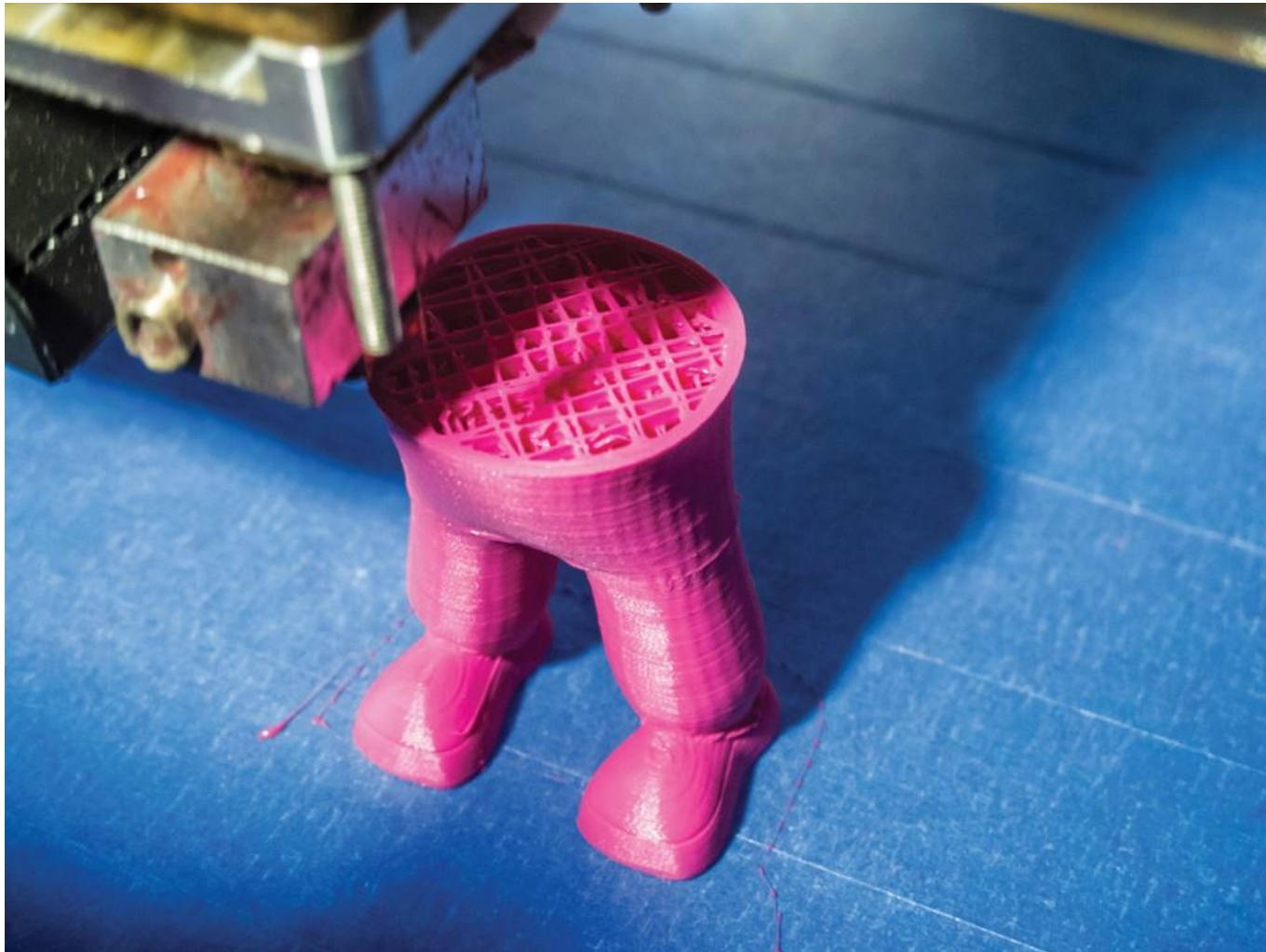
TAMANHO MÁXIMO DOS OBJETOS:

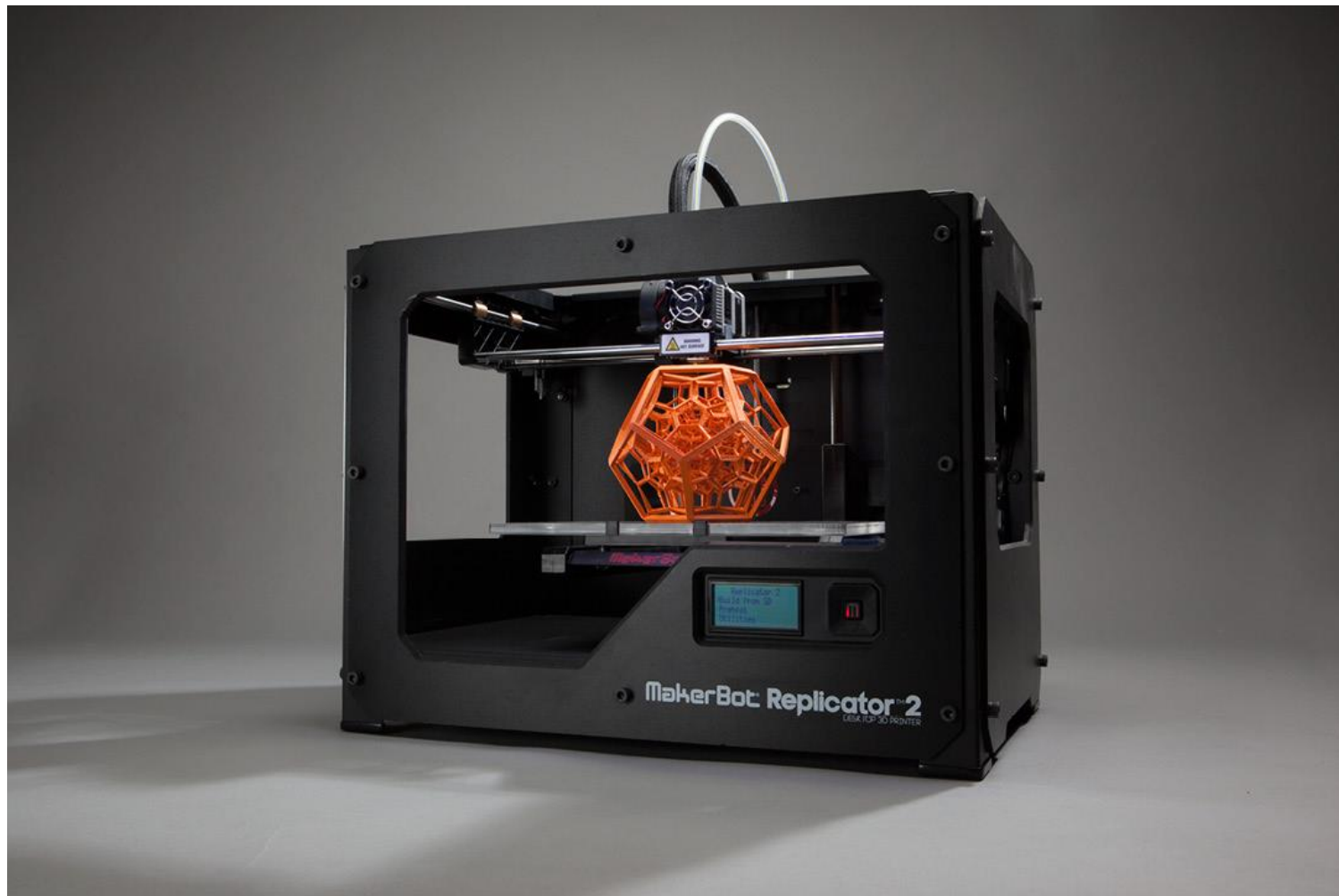
LARGURA: 28,44 CM
ALTURA: 15,49 CM
ESPESSURA: 15,24 CM
VOLUME: 6.718 CM³



OBJETO FINALIZADO EM CAMADAS







Laminated Object Manufacturing (LOM)

A obtenção dos objetos no processo LOM ocorre colando-se sucessivamente folhas de papel, nas quais um feixe laser corta o perímetro exterior correspondente à camada do objeto. Assim, o processo inicia-se com o desenrolar do papel impregnado de cola termoplástica na sua superfície inferior.

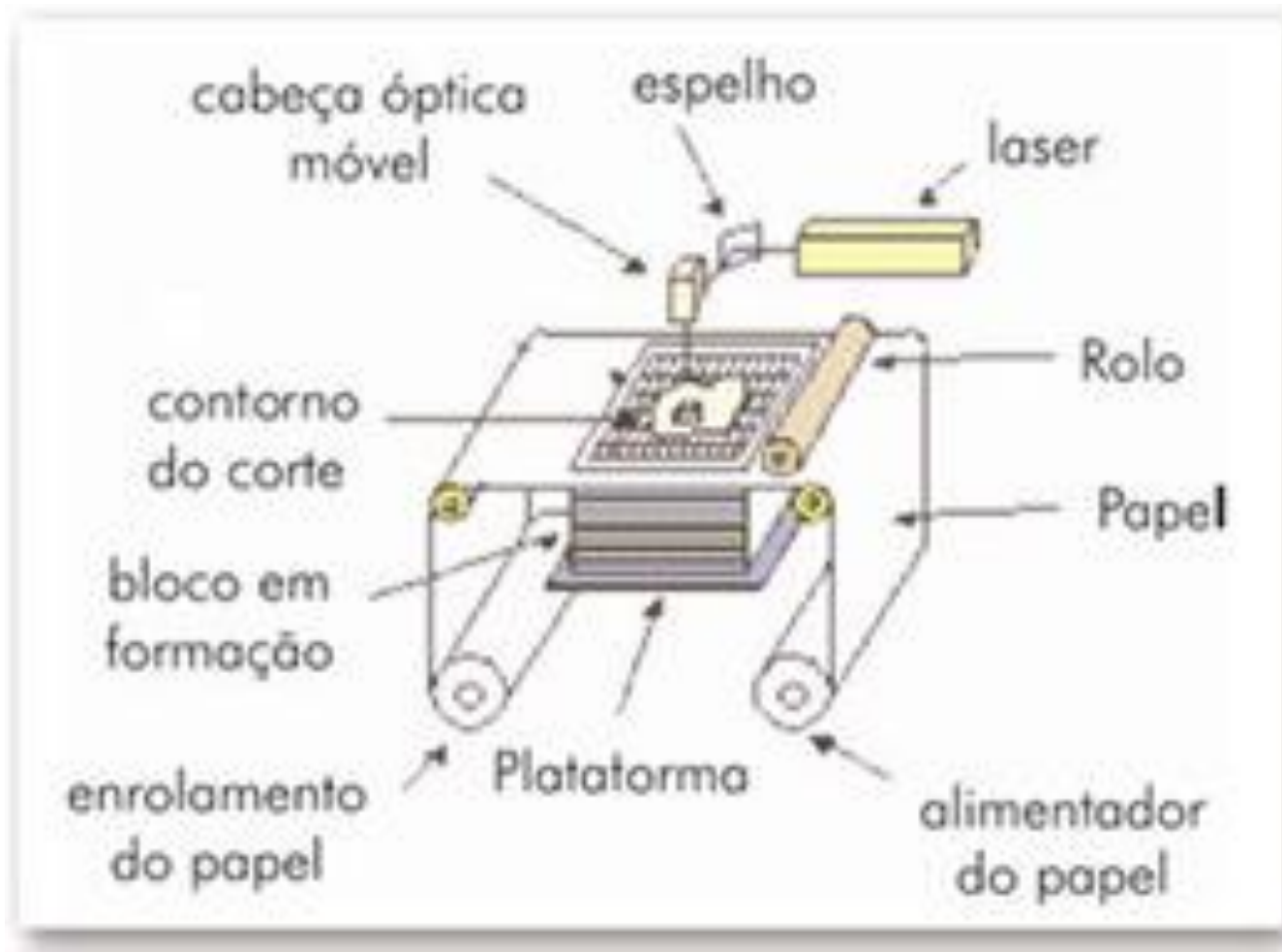
Em seguida, um rolo pré-aquecido comprime o papel sobre a camada anterior ficando a colagem consolidada.

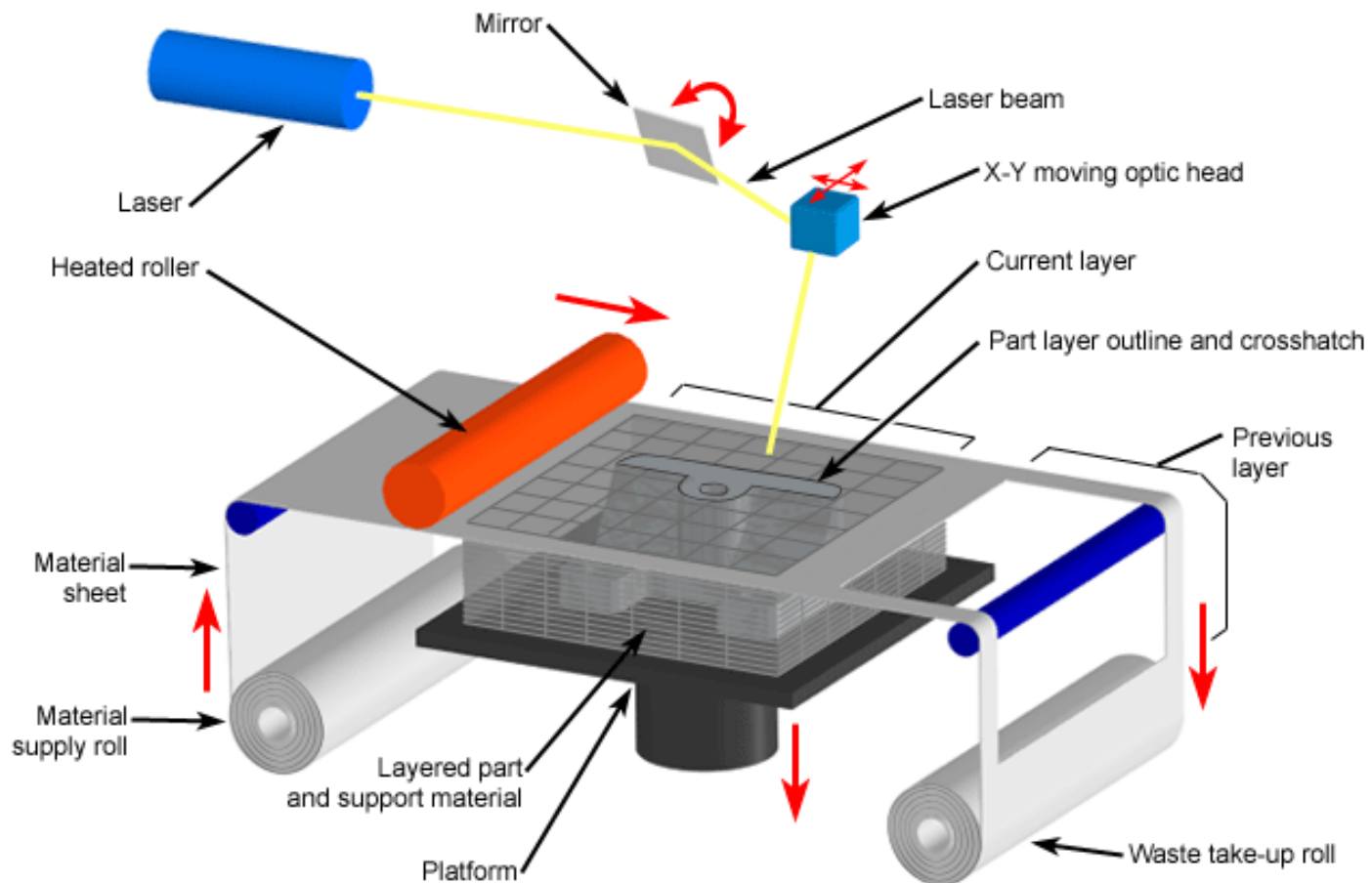
O protótipo tem aspecto de madeira e seu custo é semelhante ao da SLA e da SLS, mas a qualidade é inferior. Peças relativamente grandes podem ser produzidas, e seu principal uso é na criação de moldes.

Os materiais disponíveis para a construção da peça atualmente são: plásticos, tecidos, cerâmicas, folhas metálicas e o de uso mais comum é o papel Kraft que não é danoso ao operador mas demanda posterior pulverização de resina epóxi sobre sua superfície, selando o objeto e evitando danos causados pela umidade.

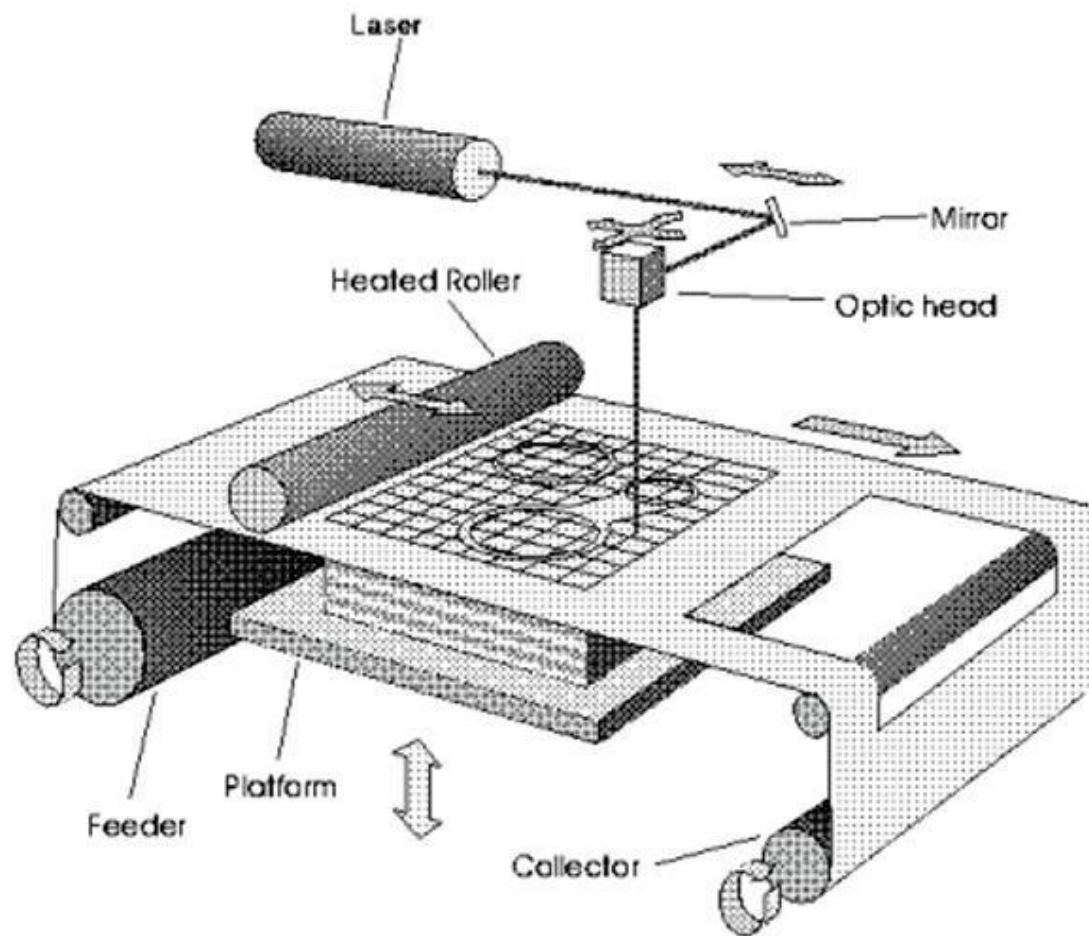
Este processo apresenta como pontos fortes o não requerimento de pós-cura (apesar de posterior tratamento do material como lixamento, polimento ou selagem), possibilita a parada da máquina a qualquer hora. Por necessitar somente da varredura do laser ao redor da superfície ao invés da superfície inteira, esse processo apresenta alta velocidade de construção.

Em contraposição, esta técnica disponibiliza poucos materiais para a construção do protótipo, sendo estes não flexíveis, portanto não possibilitando aplicações em montagens em testes de encaixe rápido. A retirada de matéria não utilizada é demorada e ainda mais dificultada quando o material utilizado é madeira. Não se aconselha a utilização desse processo para a obtenção de peças com paredes finas ou pequenos detalhes.

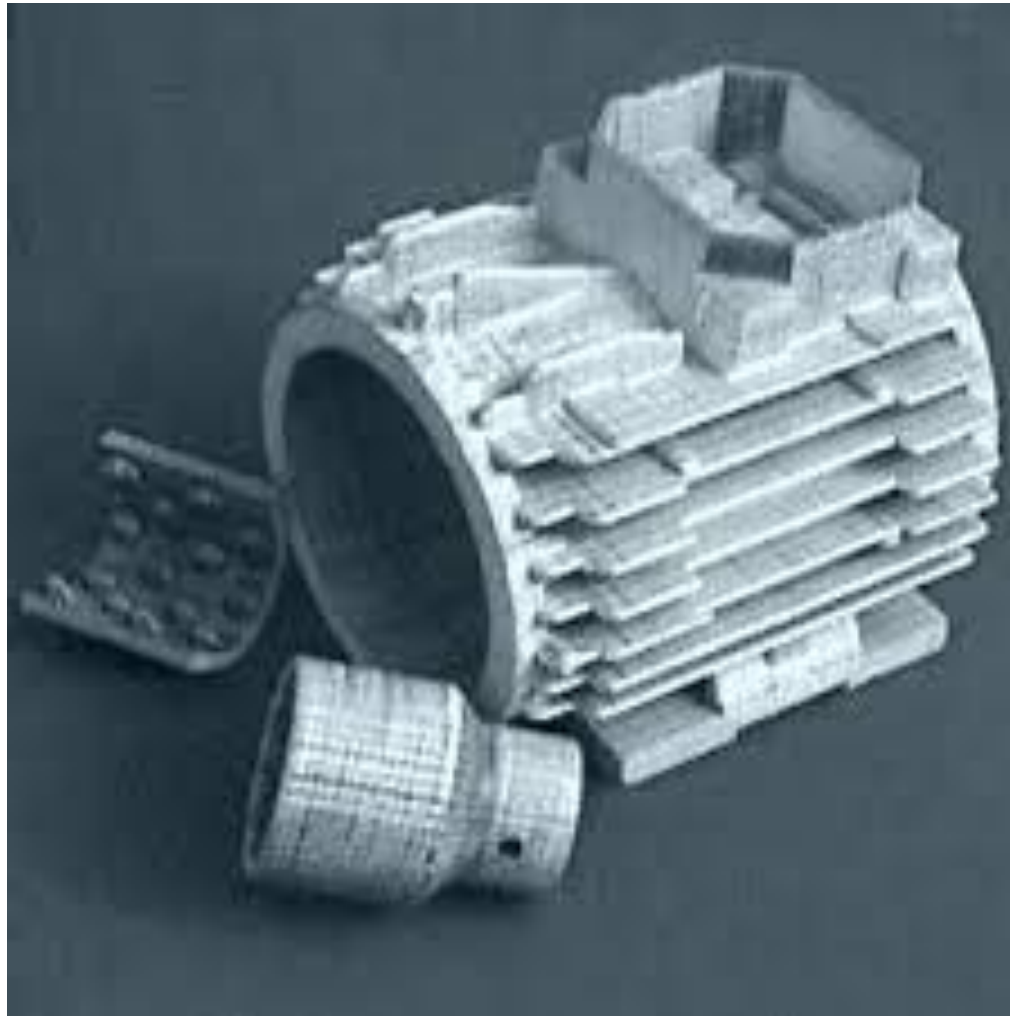




Copyright © 2008 CustomPartNet









Impressão de Jato de Tinta (IJP) – Thermojet – 3D Systems

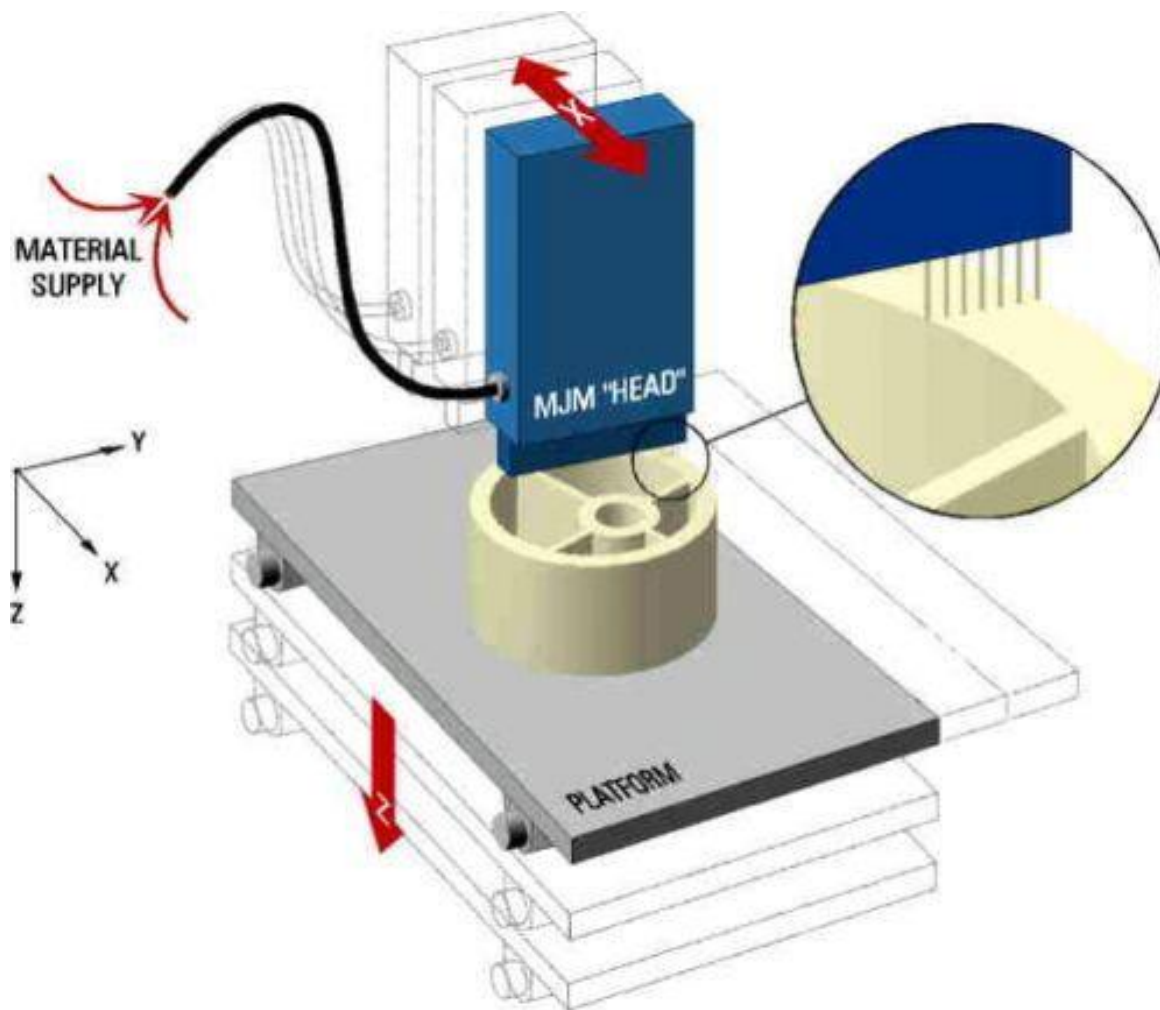
Nesta técnica, similar ao que ocorre em uma impressora à jato de tinta, a matéria prima utilizada é aquecida e expelida na plataforma de construção em forma de pequenas gotas que ao entrar em contato, seja com a camada anterior, seja com a plataforma, se solidificam, formando a camada.

A máquina conta com um cabeçote com vários jatos de impressão. A matéria prima inicial era a cera, que foi substituída posteriormente por dois termopolímeros que não só se adaptam melhor ao processo como possuem melhores propriedades.

O suporte nessa técnica é do mesmo material que é constituído o protótipo, logo sua retirada é, de certa forma, delicada devendo ser cuidadosa para não danificar o protótipo.

A IJP Thermojet da 3D Systems não utiliza laser, é relativamente rápida e pode ser utilizada em escritórios e ambientes fechados, pois os termopolímeros vem em cartuchos.

Necessidade de suporte para construção da peça, pós processamento para remoção dos mesmos (resfriamento do suporte), poucos materiais para construção de protótipos resultando em peças frágeis são aspectos negativos dessa forma de fabricação.



Resumo das características das tecnologias de prototipagem rápida.

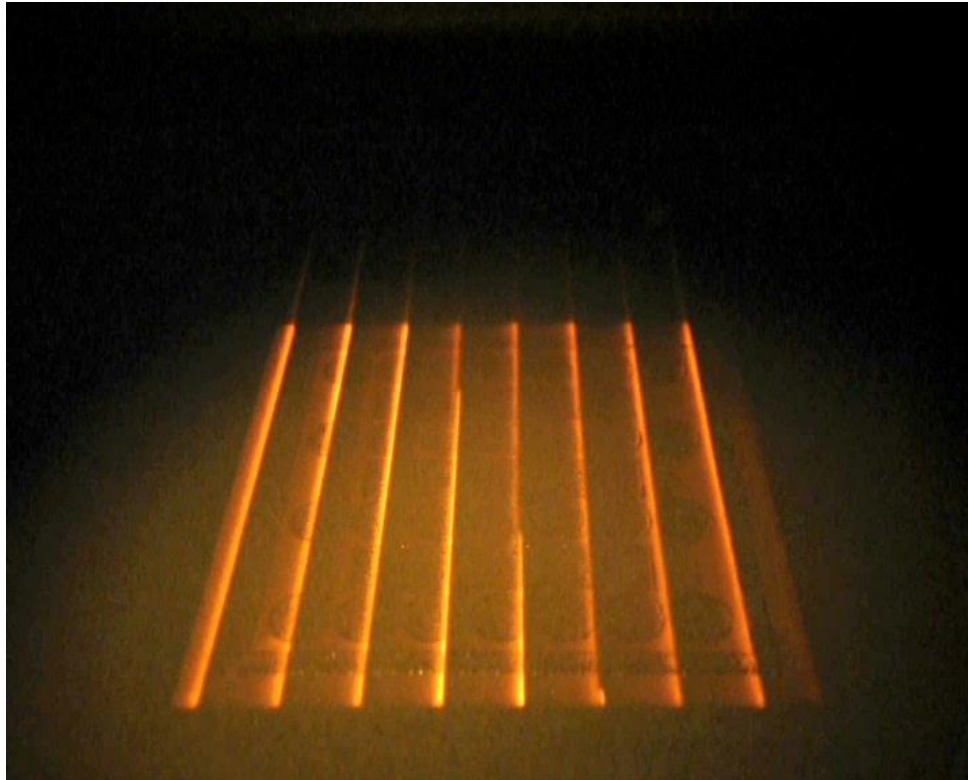
	<i>SLA</i>	<i>FDM</i>	<i>SLS</i>	<i>LOM</i>	<i>3DP</i>
<i>Variedade de materiais</i>	Pequena	Média	Grande	Pequena	Média
<i>Qualidade superficial</i>	Regular	Regular	Boa	Regular	Boa
<i>Pós-acabamento</i>	Regular	Regular	Bom	Baixo	Bom
<i>Precisão</i>	Excelente	Regular	Boa	Baixa	Regular
<i>Resistência ao impacto</i>	Regular	Boa	Boa	Baixa	Baixa
<i>Resistência à flexão</i>	Baixa	Excelente	Excelente	Baixa	Baixa
<i>Custo do protótipo</i>	Alto	Baixo	Alto	Alto	Médio
<i>Pós-cura</i>	Sim	Não	Sim*	Não	Não

*Não necessita de cura quando utiliza termoplástico.

Novas tecnologias

Arcam (www.arcam.com) – EBM –Electron Beam Melting

Fusão por feixe de elétrons



A máquina EBM usa um feixe de elétrons de alta potência que gera a energia necessária para elevados pontos de fusão e alta produtividade.

O feixe de elétrons é gerenciado por bobinas eletromagnéticas provendo controle extremamente rápido e preciso do feixe, que permite vários poços de fusão simultaneamente.

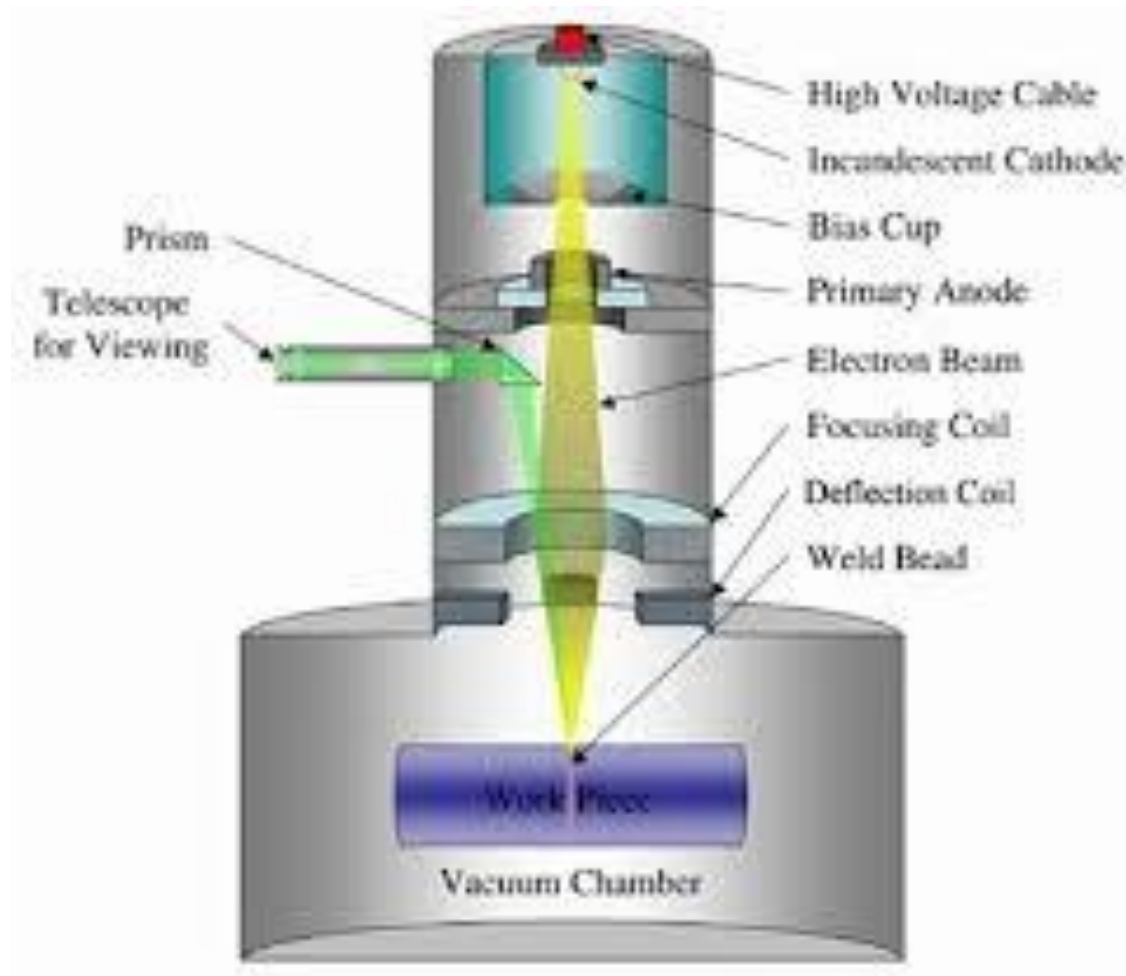
O processo Arcam EBM é realizado no vácuo e à altas temperaturas, resultando em componentes com alívio de stress e com propriedades de material comparáveis às de material forjado.

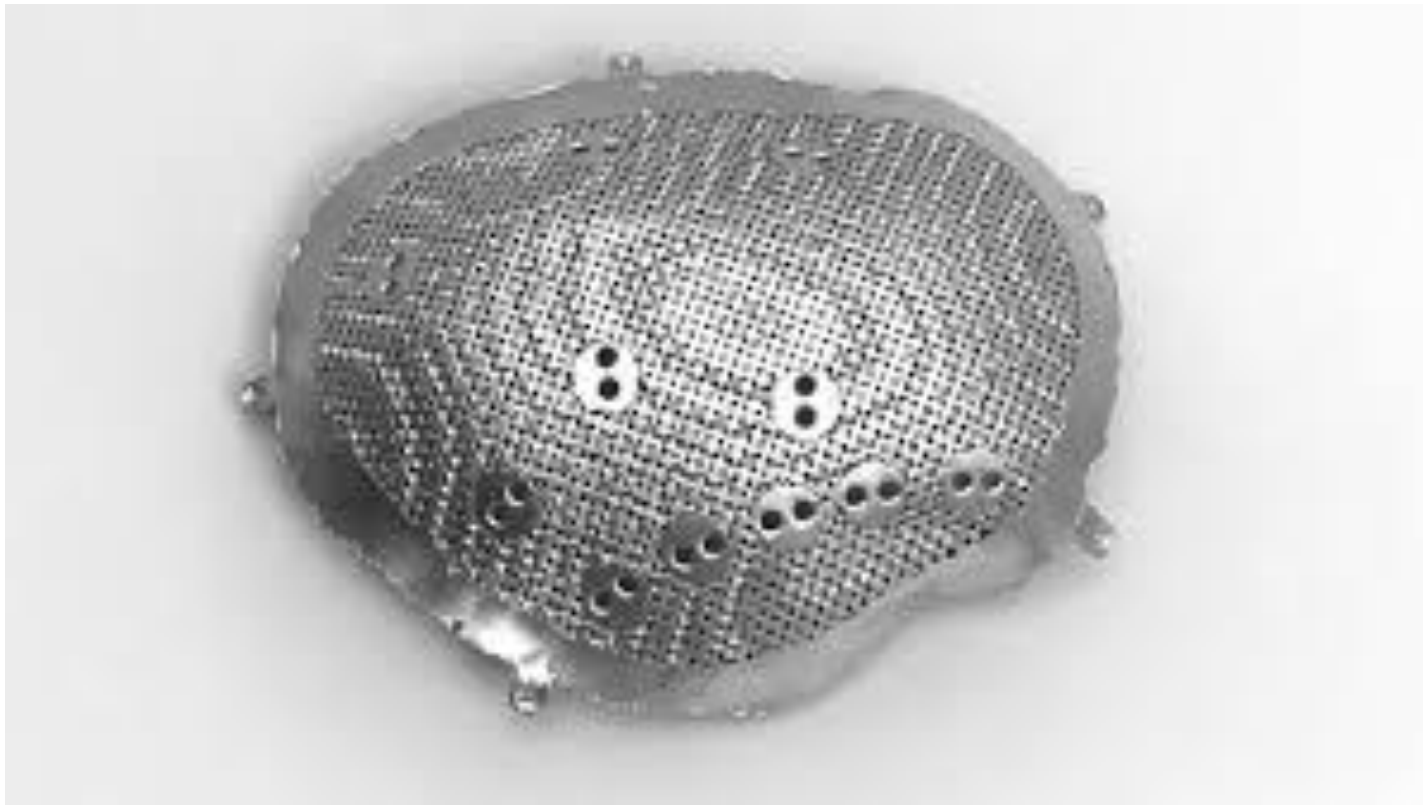
Este método de fabricação produz peças de metal denso, com características do material meta.

A máquina EBM lê dados de um modelo CAD 3D e estabelece sucessivas camadas de material em pó.

Estas camadas são fundidas usando um feixe de elétrons controlado por computador., acumulando desta forma as partes.

O processo é realizado no vácuo e operado em altas temperaturas (acima de $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$),.



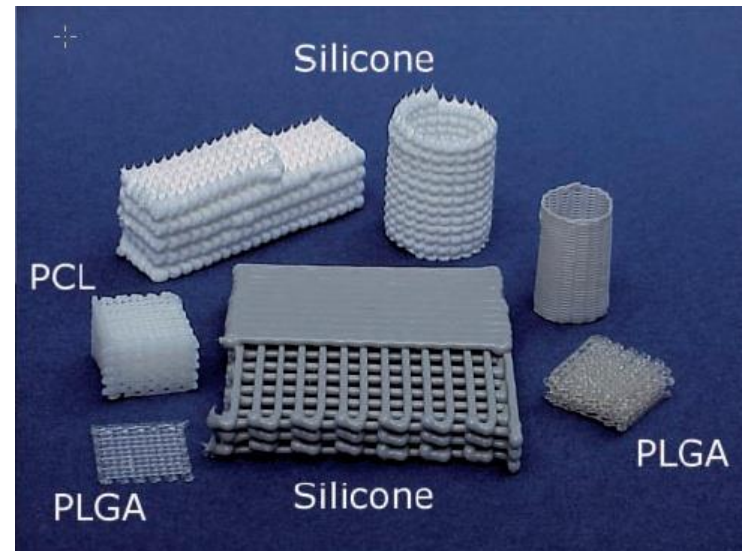
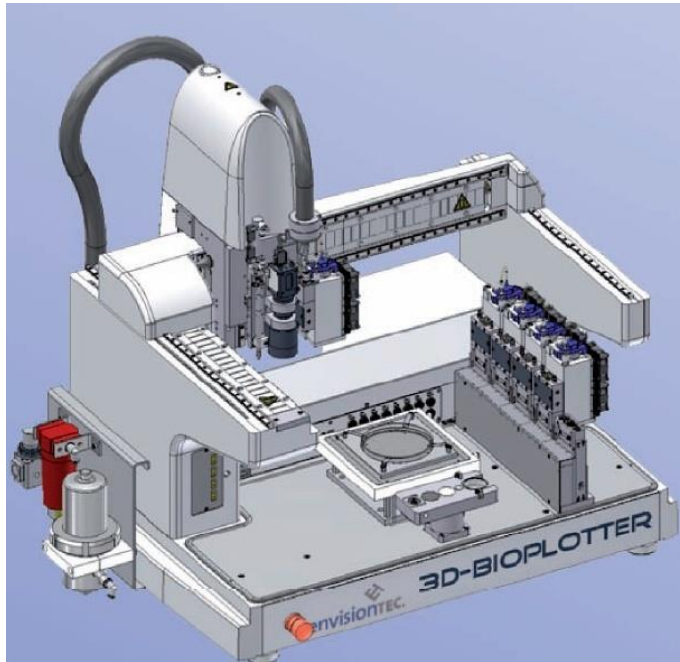






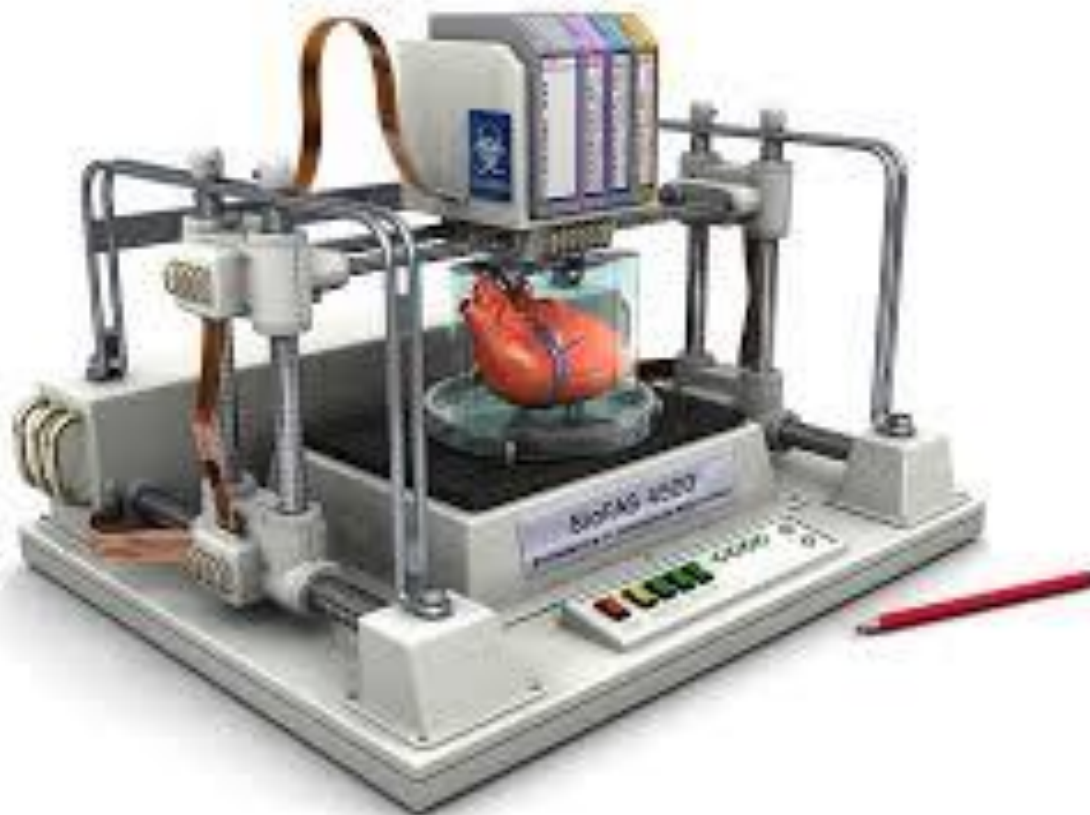


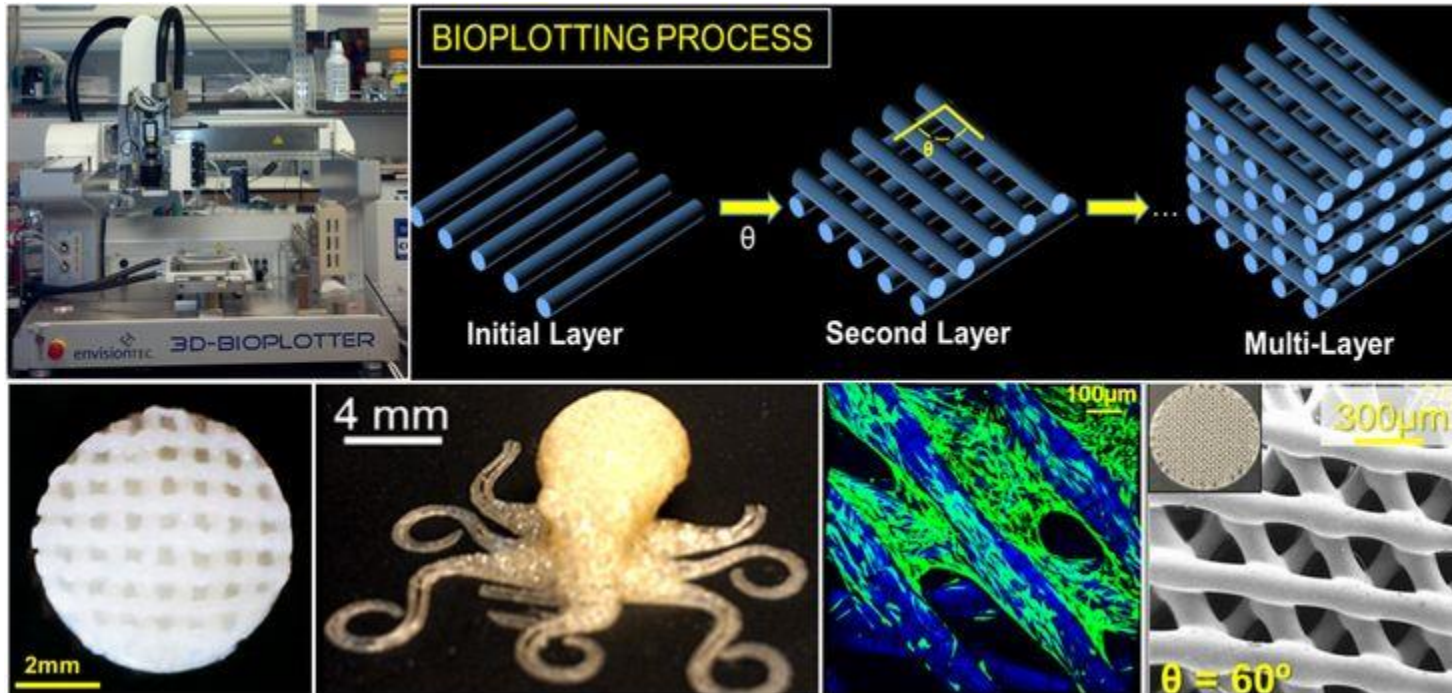
- **3D Bioplotter** (www.envisiontec.de)



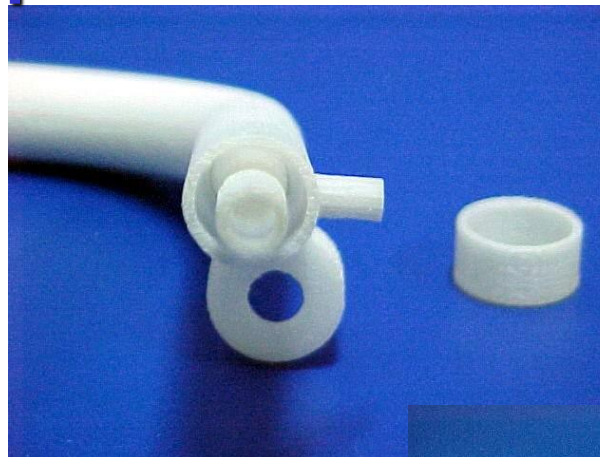
O sistema 3D-Bioplotter® é uma Bioimpressora 3D adequada para o processamento de uma grande variedade de biomateriais



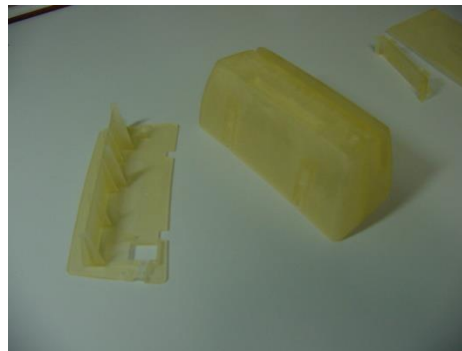


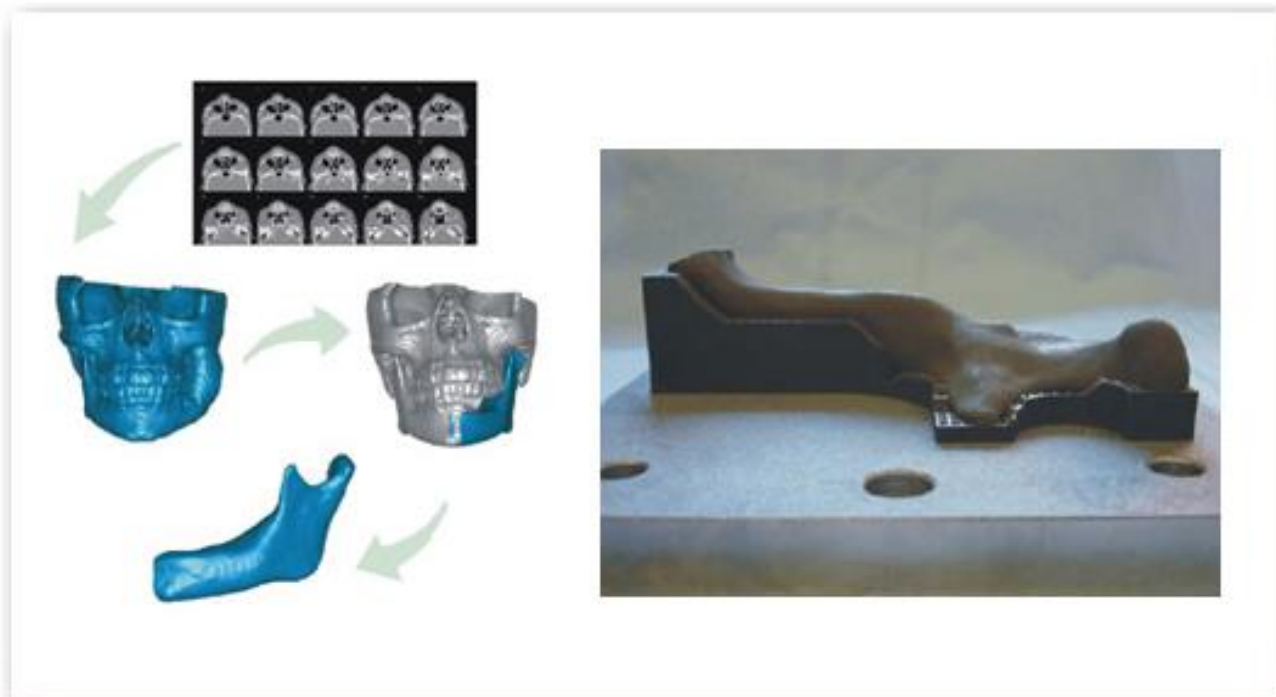


Geometrias complexas



Exemplos de aplicações





Processo de obtenção do modelo 3D e implante confeccionado.



Parte de Crânio Reproduzido por Prototipagem Rápida

