

SEM0529

Problemas de Engenharia

Mecatrônica 1

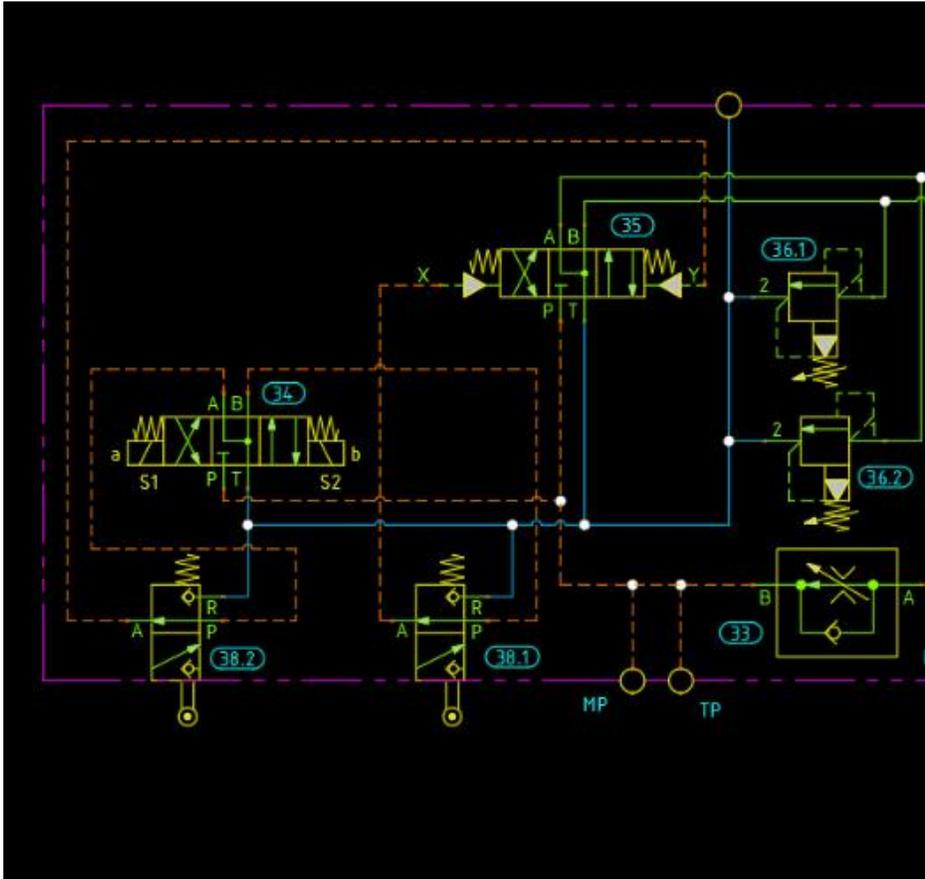
Aula #1 - Introdução

Ementa

trabalhar **conceitos de CAD** (desenho técnico)
de **apoios e vínculos** (estática)
de **programação** (interface com a impressora)
e **elementos de um sistema mecatrônico**.

modelagem em CAD de peças e conjuntos funcionais a serem fabricados por processo de manufatura aditiva.
Fabricação das peças

Desenho Técnico na Engenharia



Desenho Técnico na Engenharia

Histórico...



Desenho Técnico na Engenharia

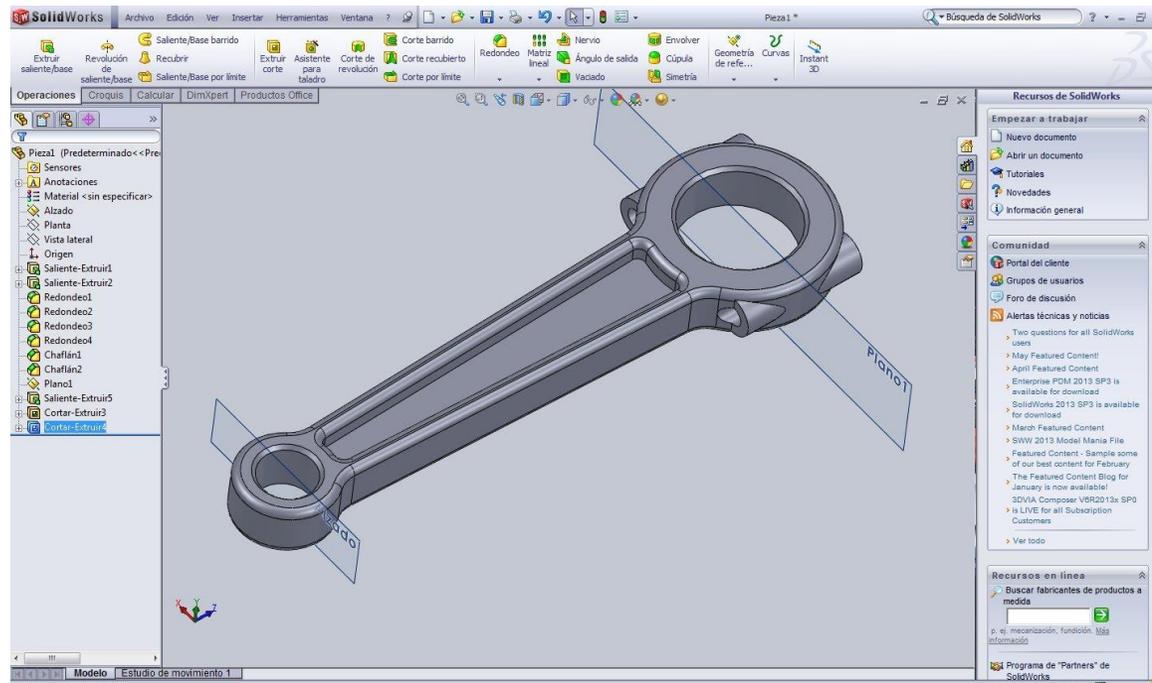
presente...



AUTODESK
AUTOCAD



etc, etc, ...



...etc, etc.

Desenho Técnico na Engenharia

Não chegamos no nível Tony Stark ainda, mas o que vocês elencariam *o que é possível fazer com CAD?*

- Desenho paramétrico
- Montagem em 3D (*verificação de montagem, interferência, etc.*)
- Movimento de mecanismos (*cinemática*)
- Comunicação com outros ambientes de **CAE**
 - **MBS, FEM**
 - **CAM**

Protótipos



design mockup



mockup "funcional"



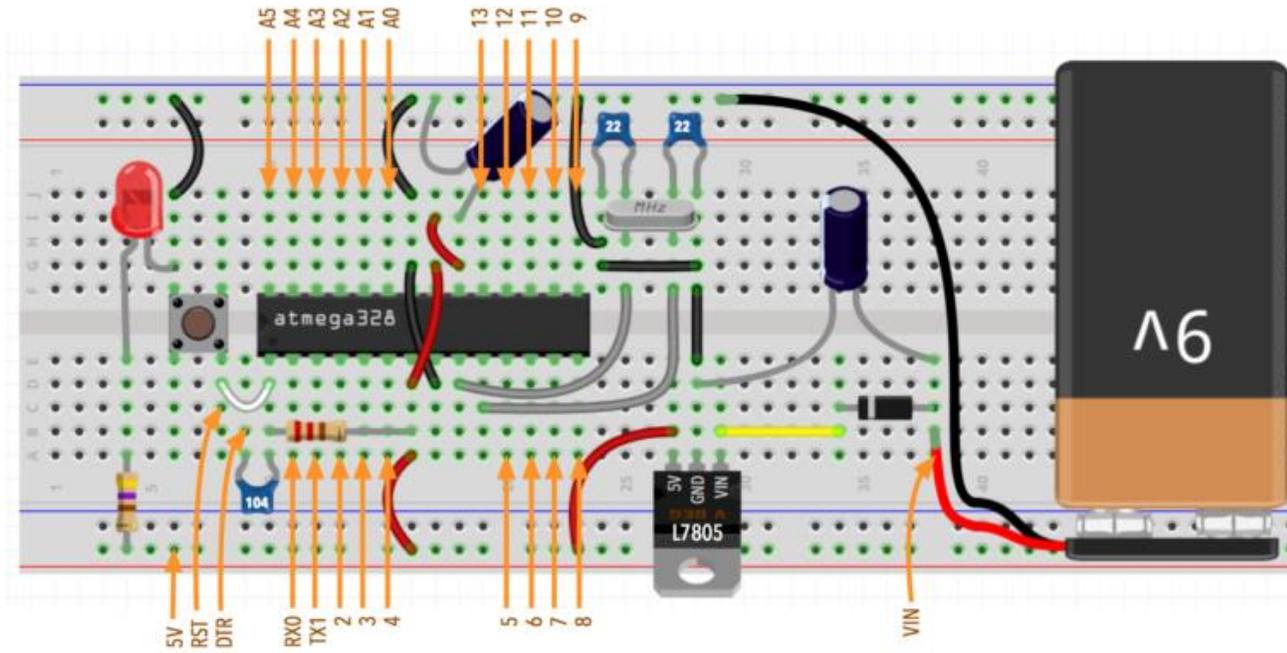
protótipo em escala



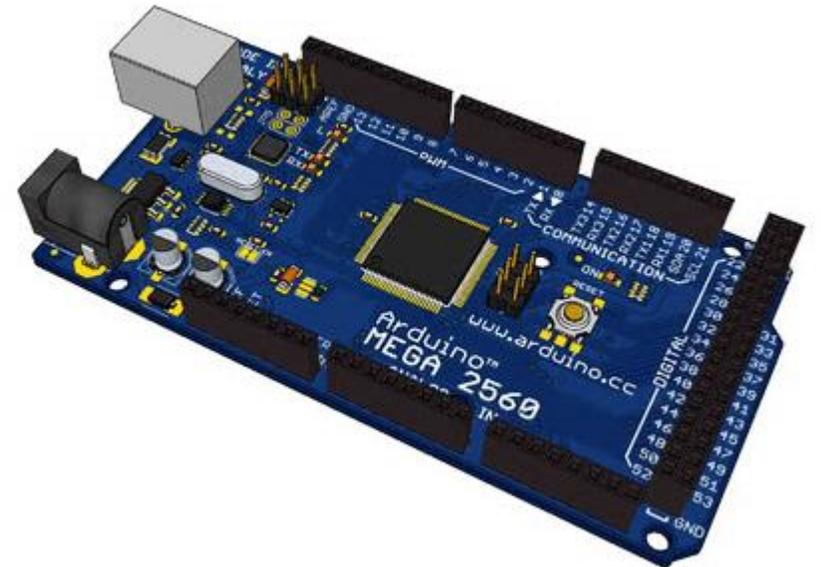
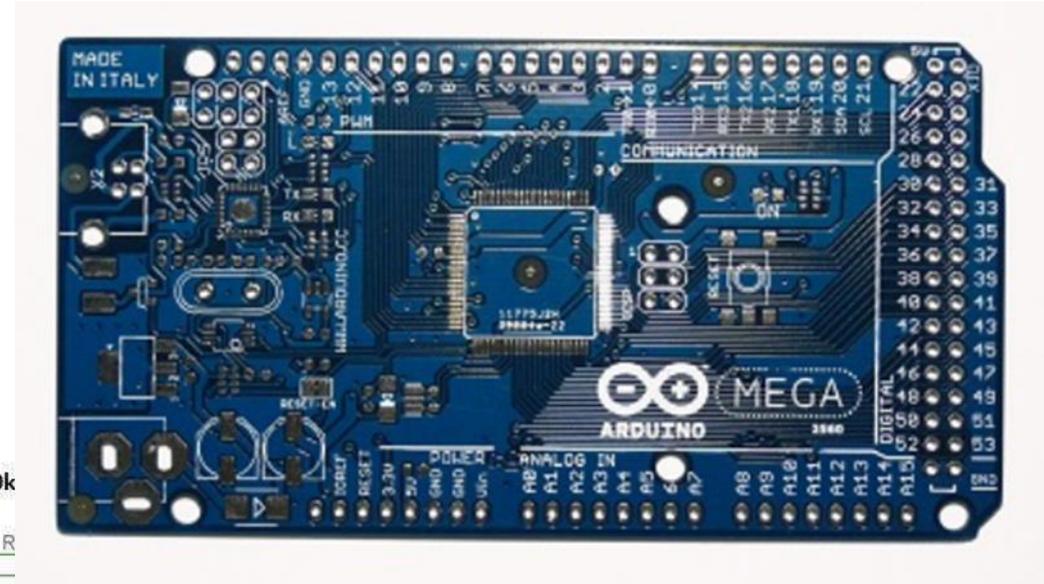
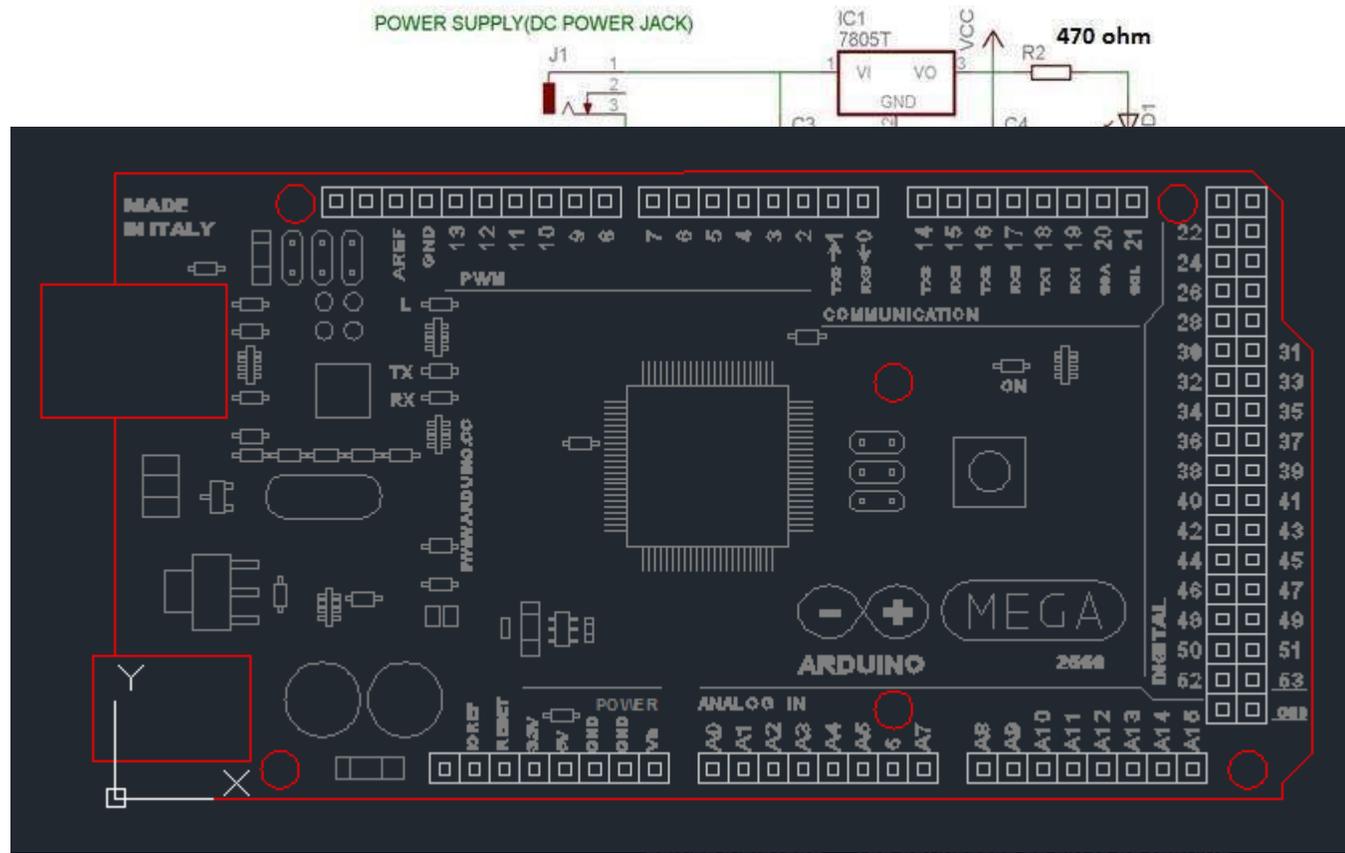
mula

Quanto vocês acham que eles custam?

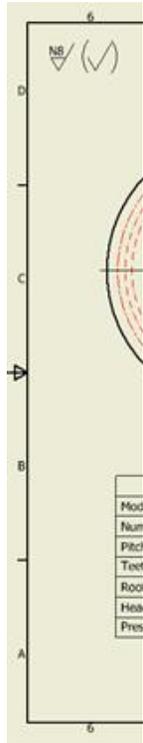
Do desenho ao produto



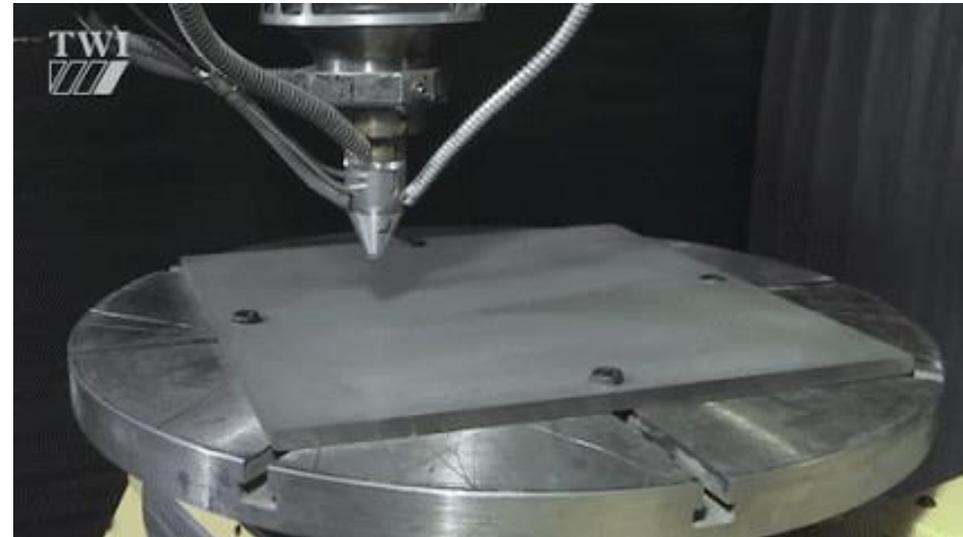
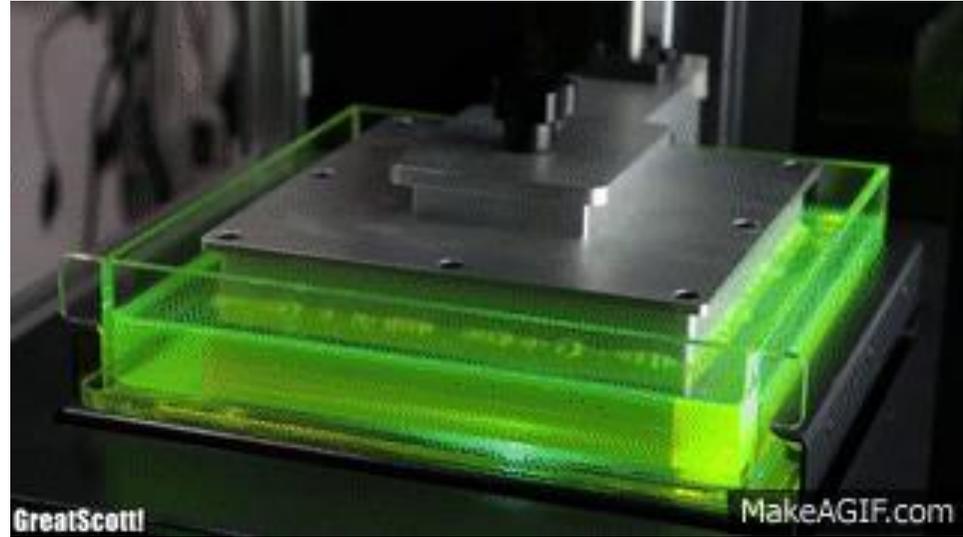
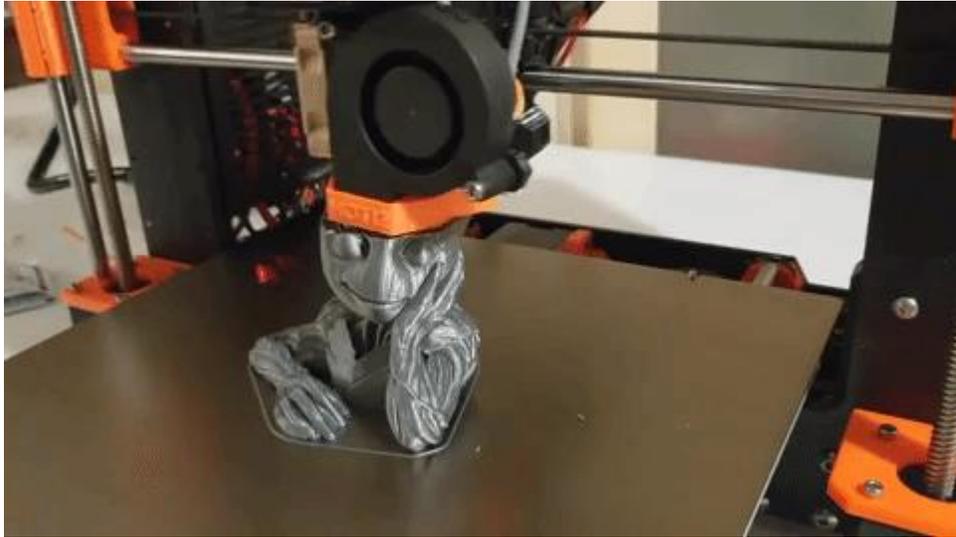
Do desenho ao produto



Do desenho ao produto



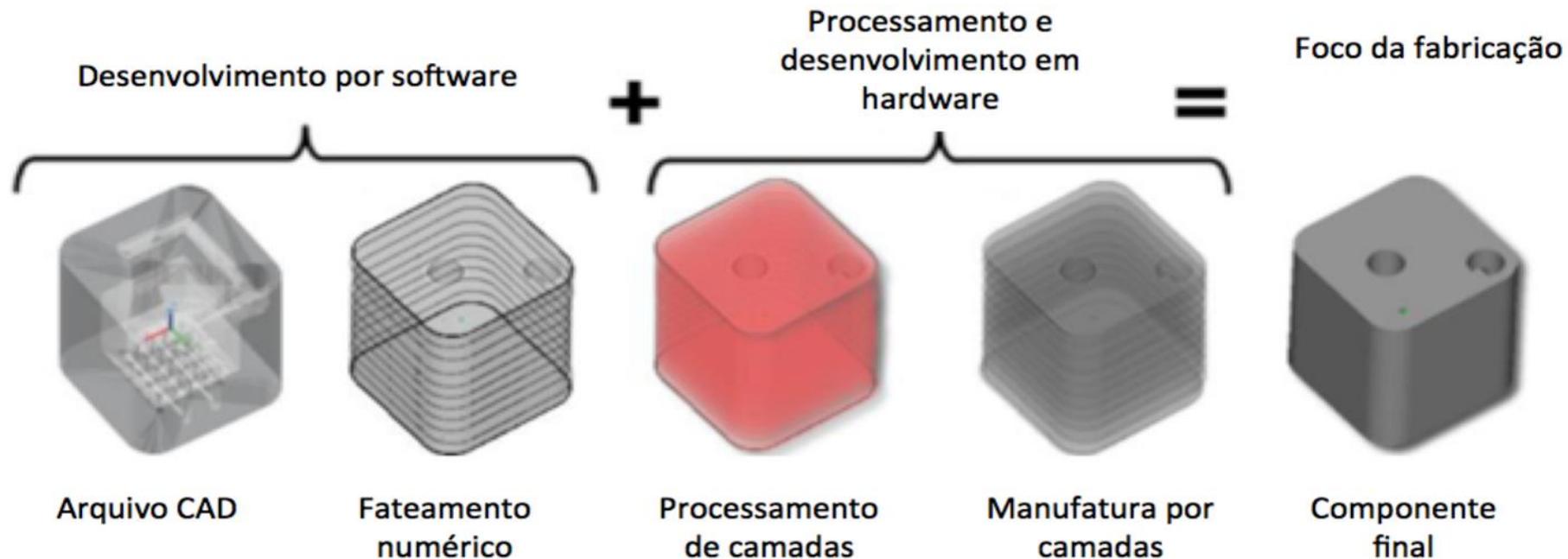
Manufatura Aditiva



Manufatura Aditiva

(fonte: Material da Profa. Zilda - SEM EESC-USP)

“consiste em técnica de fabricação fundamentada na adição de material, a qual ocorre de forma controlada e seletiva, possibilitando obter geometrias de alta complexidade, geralmente por processo de deposição de camadas (voxel a voxel).”



Técnicas Aditivas

métodos mais populares – *low end*

métodos industriais, pesquisa e *high end*

| CATEGORIES | TECHNOLOGIES | PRINTED "INK" | POWER SOURCE | STRENGTHS / DOWNSIDES |
|----------------------------|--|---|------------------------------|--|
| Material Extrusion | Fused Deposition Modeling (FDM) | Thermoplastics, Ceramic slurries, Metal pastes | Thermal Energy | <ul style="list-style-type: none"> • Inexpensive extrusion machine • Multi-material printing • Limited part resolution • Poor surface finish |
| | Contour Crafting | | | |
| Powder Bed Fusion | Selective Laser Sintering (SLS) | Polyamides /Polymer | High-powered Laser Beam | <ul style="list-style-type: none"> • High Accuracy and Details • Fully dense parts • High specific strength & stiffness • Powder handling & recycling • Support and anchor structure • Fully dense parts • High specific strength and stiffness |
| | Direct Metal Laser Sintering (DMLS) | Atomized metal powder (17-4 PH stainless steel, cobalt chromium, titanium Ti6Al-4V), ceramic powder | | |
| | Selective Laser Melting (SLM) | | | |
| | Electron Beam Melting (EBM) | | Electron Beam | |
| Vat Photopolymerization | Stereolithography (SLA) | Photopolymer, Ceramics (alumina, zirconia, PZT) | Ultraviolet Laser | <ul style="list-style-type: none"> • High building speed • Good part resolution • Overcuring, scanned line shape • High cost for supplies and materials |
| Material Jetting | Polyjet / Inkjet Printing | Photopolymer, Wax | Thermal Energy / Photocuring | <ul style="list-style-type: none"> • Multi-material printing • High surface finish • Low-strength material |
| Binder Jetting | Indirect Inkjet Printing (Binder 3DP) | Polymer Powder (Plaster, Resin), Ceramic powder, Metal powder | Thermal Energy | <ul style="list-style-type: none"> • Full-color objects printing • Require infiltration during post-processing • Wide material selection • High porosities on finished parts |
| Sheet Lamination | Laminated Object Manufacturing (LOM) | Plastic Film, Metallic Sheet, Ceramic Tape | Laser Beam | <ul style="list-style-type: none"> • High surface finish • Low material, machine, process cost • Decubing issues |
| Directed Energy Deposition | Laser Engineered Net Shaping (LENS) Electronic Beam Welding (EBW) | Molten metal powder | Laser Beam | <ul style="list-style-type: none"> • Repair of damaged / worn parts • Functionally graded material printing • Require post-processing machine |

Técnicas Aditivas

Poluparização de produtos “low end” – *cenário Maker*

FFF (Fused Filament Fabrication) – FDM®



<https://www.sethi3d.com.br/>



www.makerbot.com/



www.gtmax3d.com.br/

SLA (Técnica DLP)



<https://www.sethi3d.com.br/>



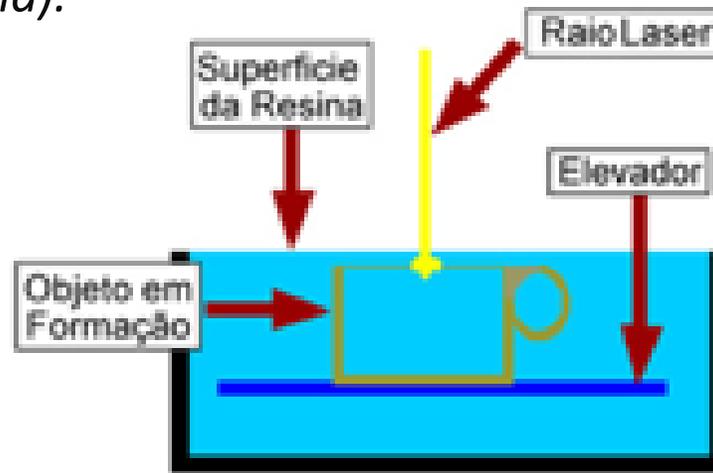
<https://formlabs.com>

...mas isso é *tão novo assim!*?

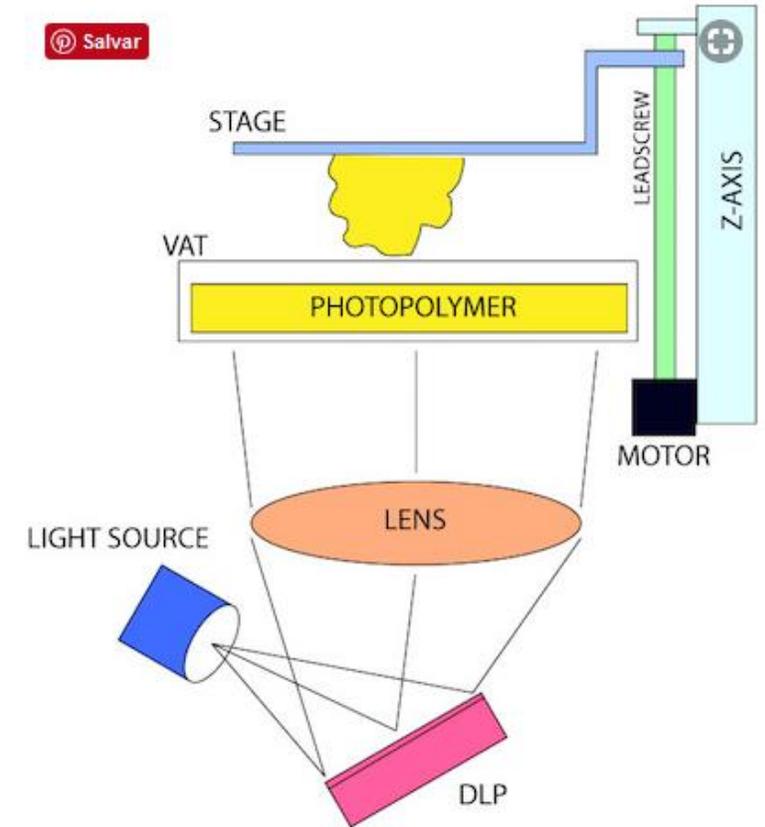
Técnicas Aditivas

1984 (Primeiro equipamento comercial): 3D Systems Corp, Charles Hull;

- ✓ *Laser ultravioleta polimerizando seletivamente resina para solidificar o material.*
- ✓ *Atualmente, pode haver mistura de pós cerâmicos (zircônia e alumina).*



SLA



Digital Light Processing (DLP) Technology

Técnicas Aditivas (na EESC-USP)

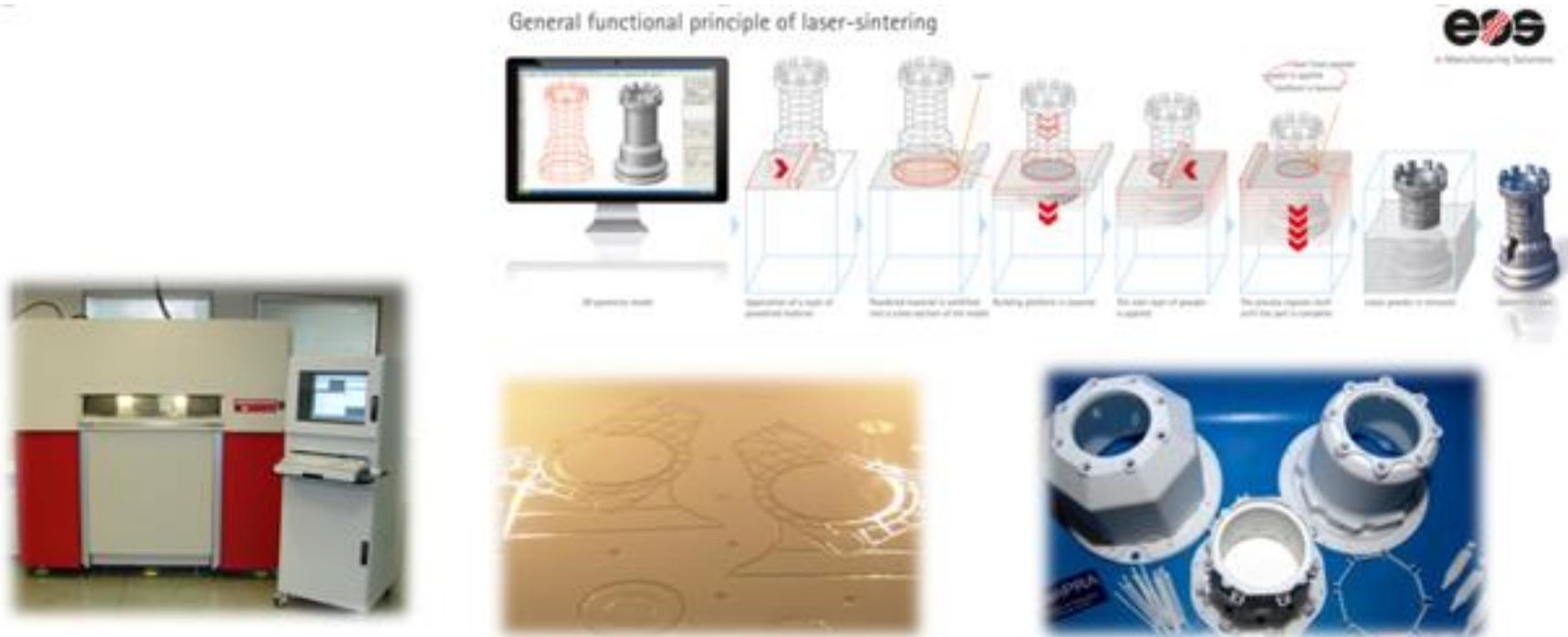
Depto. Eng Mecânica

- Prof. Jonas iniciou a linha de pesquisa na década de 1990
 - *incluindo empresa encubada em São Carlos*
- Profa. Zilda Desenvolve pesquisa atualmente
 - ***projeto de impressoras e uso de prototipagem em projeto mecânico***
 - uso de impressoras 3D na graduação / pós-graduação
- Prof. Fortulan – *projeto de SLA*
- Prof. Gherhard – *uso de FDM na fabricação de trocadores de calor*

Depto. Eng Produção

- Prof. Reginaldo T. Coelho
 - *coordena um projeto temático FAPESP – desenvolvimento de uma máquina de MA em poça de pó metálico (EESC-USP, UFSCar, Unicamp, Romi)*

Técnicas Aditivas – Powder bed Fusion (SLS)



Materiais

Poliamida (opção de esferas de vidro)

Metal (infiltrado por pós-processamento em forno)

Poliestireno (infiltrado em cêra)



Técnicas Aditivas – Extrusão de Material (FDM)

Limitações do processo aditivo baseada em extrusão:

- Diâmetro do bico de injeção (diâmetro do filamento; espessura de camada): precisão dimensional e resolução com restrições;
- Estruturas de suporte, para regiões suspensas (maior desperdício);
- Pós processamento (remoção das estruturas de suporte: mecânica ou solúvel);
- **Processo aditivo mais lento do que as outras técnicas;**
- Estrutura filamentar (propriedades mecânicas e reológicas): para não ocorrer flambagem antes da entrada do cabeçote e diferenças de temperatura na saída do bico sobre a mesa de suporte.

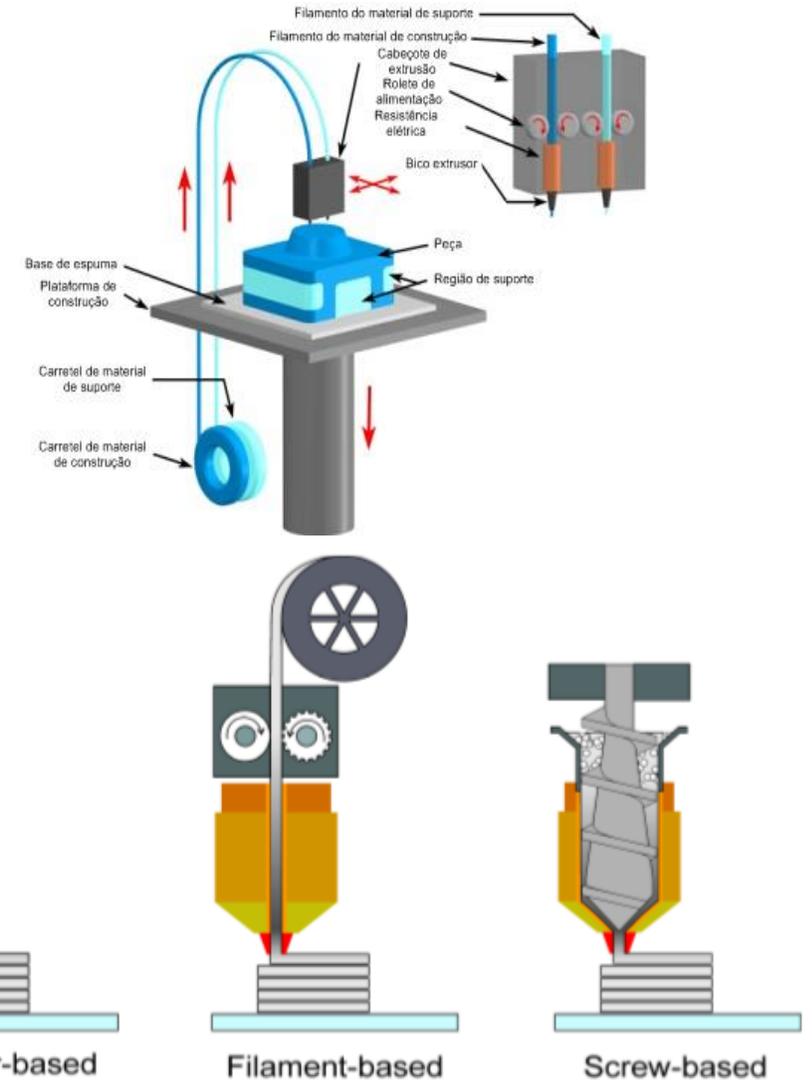
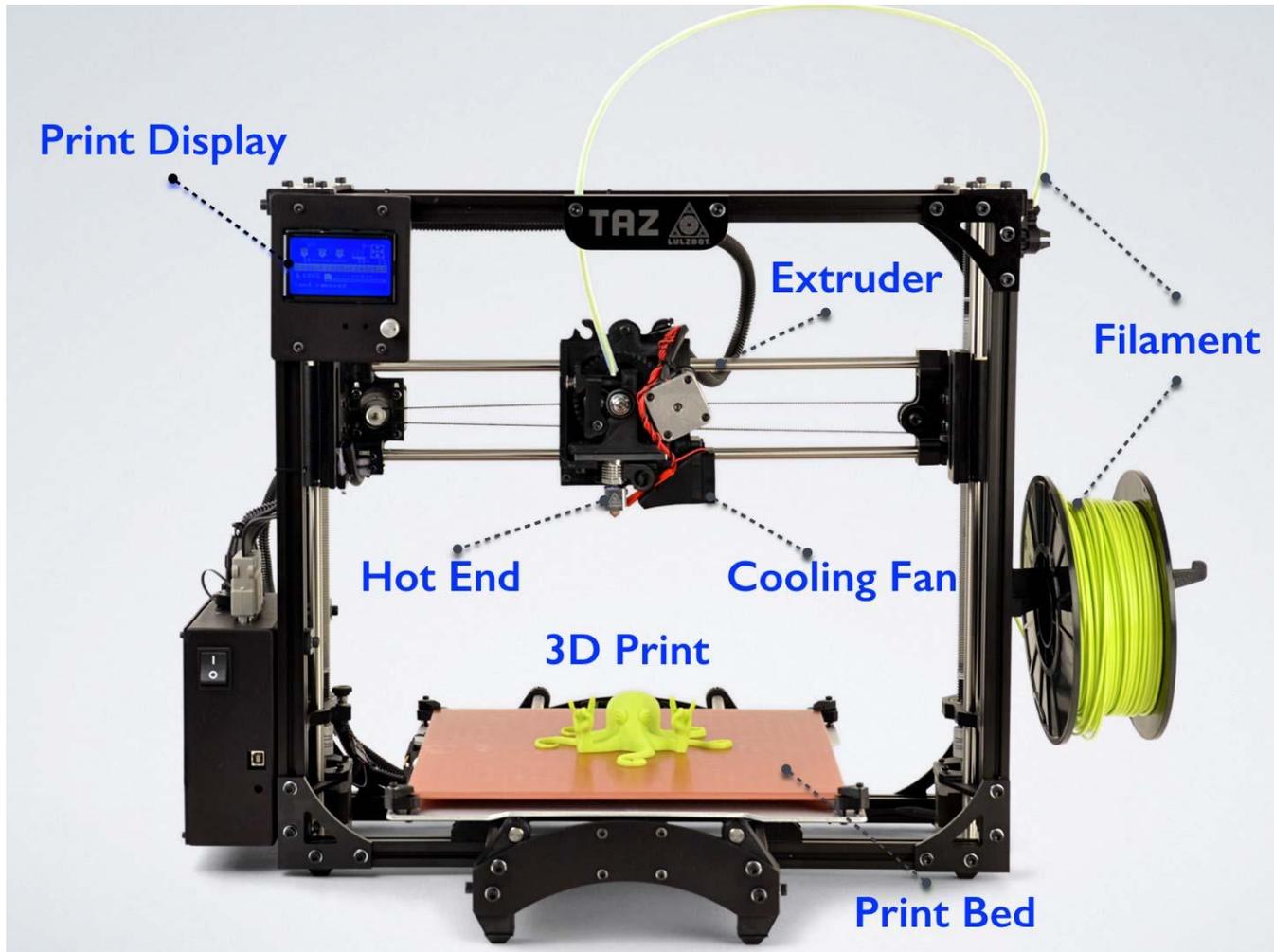
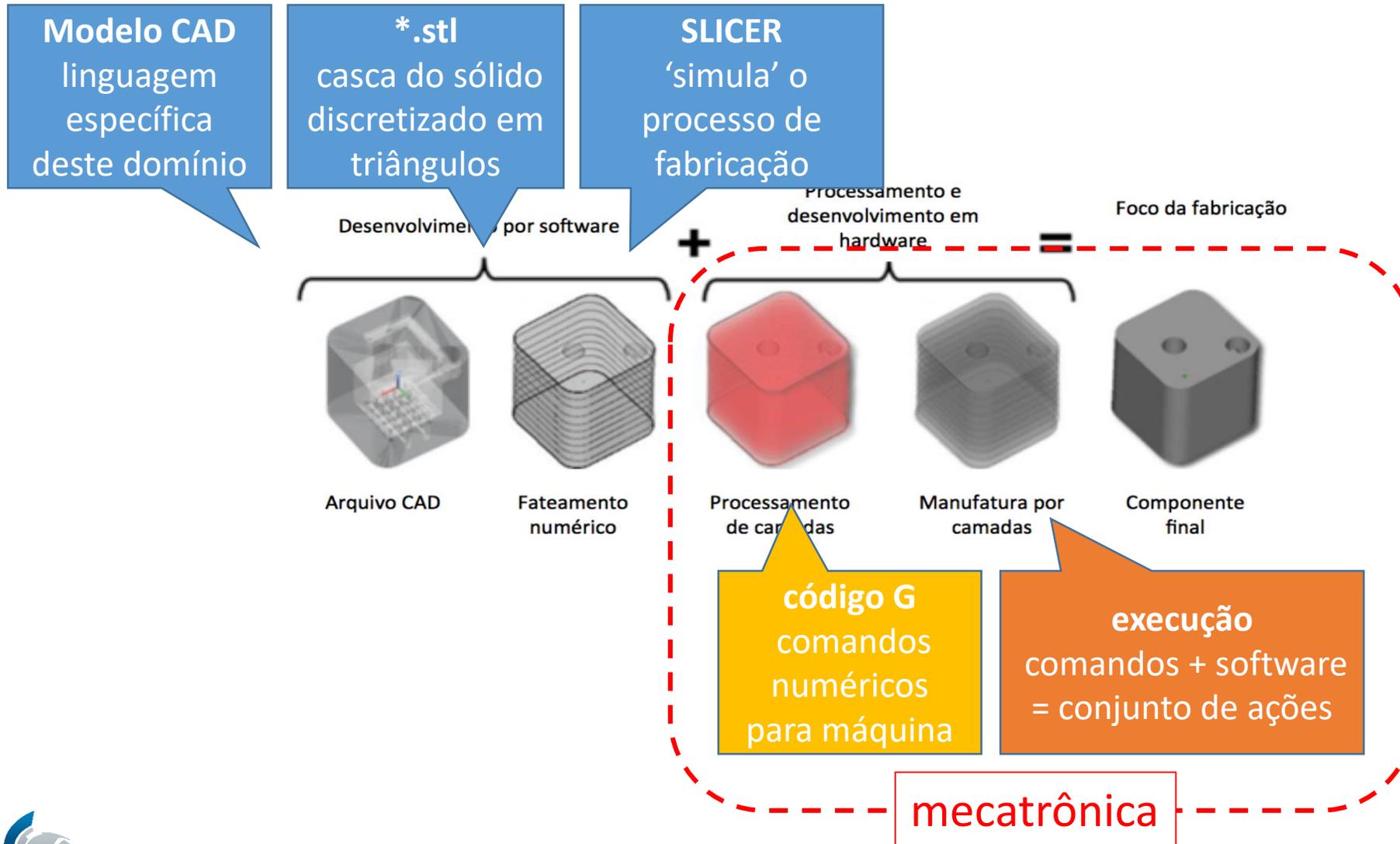


Figure 1. Different types and approaches for extrusion-based additive manufacturing.

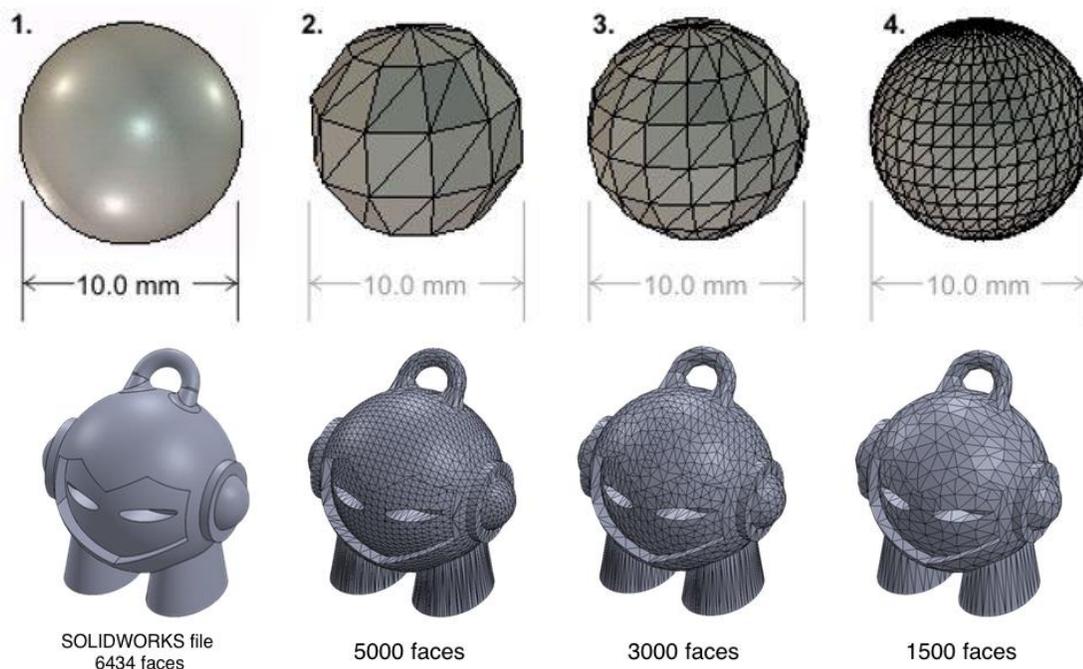
Elementos de uma impressora 3D



Elementos da cadeia



Elementos da cadeia *(arquivos e software)*



Exemplo de código G:

```
11 G1 F900 X197.600 Y29.900 E19.82400
```

11 → Indica a linha do código

G ou M → (azul) comando G- or M- (ação)

→ (vermelho) define parâmetros

F → velocidade

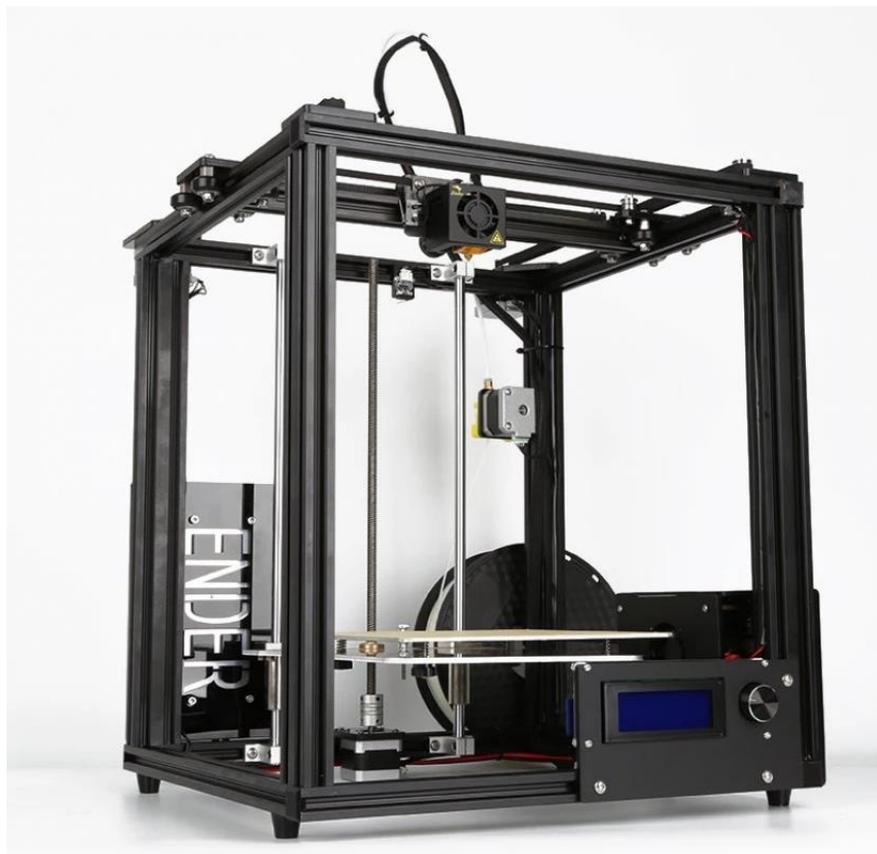
X / Y / Z → coordenadas

E → movimento do extrusor

Elementos da cadeia (*topologia / cinemática*)

cartesianas

delta



Objetivos

- **Trabalhar ferramentas CAD para projetar/editar modelos 3D**
 - estudo de formas 'não convencionais'
 - conjuntos
 - propriedades mecânicas
- **Estudar uma impressora 3D como um produto mecatrônico**
- **Converter modelos pra um formato compatível com impressora 3D**
 - avaliar resolução
- **Fatiar e avaliar parâmetros**
- **Imprimir**
 - peças para teste dimensional (tortura)
 - conjunto final para avaliação

Avaliação

Método

Aulas expositivas teóricas, exercícios dirigidos, projetos, trabalhos.

Critério

Média ponderada entre provas, exercícios e trabalhos.