


MANUFATURA ADITIVA

**INTRODUÇÃO, DEFINIÇÃO,
HISTÓRICO E QUADRO
EVOLUTIVO**

Prof. Sérgio Fernando Lajarin



1

Manufatura Aditiva 

**O que é
manufatura
aditiva?**



2

Manufatura Aditiva 

DEFINIÇÃO


A manufatura aditiva (MA) ou impressão 3D é um processo de fabricação por meio da adição sucessiva de material na forma de camadas, com informações obtidas diretamente de uma representação geométrica computacional (VOLPATO, 2017).

Principais etapas do processo



Modelo geométrico 3D (CAD) Modelo em STL Planejamento do processo (fatiamento) Peça fabricada


3

Manufatura Aditiva 

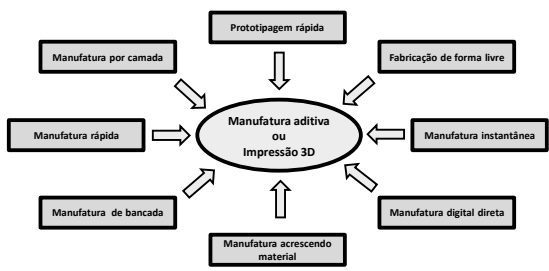
Mitos sobre impressão 3D

- Impressão 3D é barata
- Impressão 3D pode fabricar qualquer coisa
- Impressão 3D é “coisa da NASA”
- Impressão 3D é “modinha”
- Impressão 3D é tão fácil que “eu faço sozinho”

4

Manufatura Aditiva 

NOMENCLATURA



Fonte: Volpato (2017)

5

Manufatura Aditiva 

HISTÓRICO

~2500 a.C. - Princípio de construção das pirâmides do Egito 

1860 - Fotoescultura - Frenchman F. Willème 

Topografia - 1892 - Blantner (1892) 

Perera (1940)-
Zang (1964)-
Gaskin (1973)-

Estúdio de modelagem de Willème

6

Manufatura Aditiva

UFPR
DEMEC

HISTÓRICO

-Fotocultura

Dez. 25, 1958

Munz (1951) -

Reprodução 3D do objeto proposto por Munz

Topografia

Marioka (1935)

Processo de manufatura de Marioka

Swainson (1968)

Processo de fotocultura de Swainson usando laser

7

Manufatura Aditiva

UFPR
DEMEC

HISTÓRICO

Ciraud (1972) -

Processo de sinterização a laser proposto por Ciraud

Hebert, 3M (1982) -

Processo de fotopolimerização de Hebert

DiMatteo (1974) -

Moldes feitos por adição por camadas

Tadeo Nakaqawa (1979) -

Técnicas de laminação para ferramentas e moldes

8

Manufatura Aditiva

UFPR
DEMEC

HISTÓRICO

SLA-1

- (1984) Alain Le Mehaute - 1ª patente de AM. Chuck Hull (Estereolitografia, SLA) (STL).
- (1986) Fundou a 3DSystems.
- 1987 - 1ª Impressora da 3DSystems no mercado.
- (1989) - Scott Crump, patente da FDM. Carl Deckard, patenteou a SLS.
- (1992) Surge a Stratasys
- (2009) Projeto RepRap
- (2020) ?????

9

Manufatura Aditiva

UFPR
DEMEC

CLASSIFICAÇÃO (Antiga, até 2015)

1 - Estado ou forma inicial da matéria prima:

Líquido

Sólido

Pó

** Não fornece informação sobre o princípio de processamento do material em camadas. Ou seja, informação sobre o mecanismo de adição e adesão envolvido.*

10

Manufatura Aditiva

UFPR
DEMEC

CLASSIFICAÇÃO

2 - Princípio para adição e adesão do material - ISO/ASTM 52900:2015(E)

TECNOLOGIAS DE MANUFATURA ADITIVA

Fonte: Adaptado de 3DHUBS

11

Manufatura Aditiva

UFPR
DEMEC

CLASSIFICAÇÃO

2 - Princípio para adição e adesão do material - ISO/ASTM 52900:2015(E)

Tecnologia de M.A.	Descrição dos princípios	Algumas tecnologias na categoria
Fotopolimerização em cuba	Polímero fotossensível líquido é curado seletivamente em uma cuba por polimerização ativada por luz	• Estereolitografia (SL) • Produção contínua com interface líquida • Tecnologia da empresa Invision TEC • outras.
Extrusão de material	Material é extrudado através de um bico ou orifício, sendo seletivamente depositado	• Modelagem por fusão e deposição (FDM) • MarketBot • RepRap • Fab@Home • outras.
Jateamento do material	Material é depositado em pequenas gotas de forma seletiva	• Polyjet • Impressão por múltiplos jatos (MJP) • Tecnologia da Solidscape • outras.
Jateamento de aglutinante	Um agente aglutinante líquido é seletivamente depositado para unir materiais em pó	• Impressão colorida por jato (CJP) • Tecnologia da Voxjet • Tecnologia da ExOne • outras.
Fusão de leito de pó	Energia térmica funde seletivamente regiões de um leito de pó	• Sinterização seletiva a laser (SLS) • Sinterização diretamente de metal a laser (DMLS) • Fusão seletiva a laser (SLM) • LaserCUSING • Fusão por feixe de elétrons (EBM) • outras.
Adição de lâminas	Lâminas recortadas de material são unidas (coladas) para formar um objeto	• Manufatura laminar de objetos (LOM) • tecnologia da Solido • Deposição seletiva de termoplastos (SCT) • outras.
Deposição com energia direcionada	Energia térmica é usada para fundir materiais à medida que estes são depositados	• Forma final obtida com laser (LENS) • Deposição direta de metal (DMD) • Revestimento a laser tridimensional • outras.

Fonte: Clement 2013

12

Manufatura Aditiva



VANTAGENS


Algumas das principais vantagens da AM são:

- Grande liberdade geométrica na fabricação;
 - Geometrias impossíveis de fabricar por processos tradicionais
 - Reduzir o número de peças nas montagens (Estruturas Monolíticas)
 - Otimizar forma estrutural em estruturas celulares (Otimização Topológica);
 - Otimizar projetos para a máxima resistência e menor peso;
- Fácil acesso (em expansão)
- Pouco desperdício de material;
- Não requer dispositivos de fixação;
- Não requer troca de ferramenta durante a fabricação;
- O componente é fabricado em um único equipamento;
- Não são necessários cálculos complexos das trajetórias das ferramentas;
- Rapidez na obtenção de pequenas quantidades de componentes;
- Possibilidade de fabricação de peças finais;
- Algumas tecnologias tem o potencial de misturar materiais diferentes;



13

Manufatura Aditiva



LIMITAÇÕES

Algumas das restrições ou deficiências atuais da AM são:

- Em geral, as propr. dos materiais não são as mesmas dos processados de forma tradicional;
- A precisão e o acabamento superficial são inferiores aos das peças obtidas por proc. tradicionais;
- A maioria das tecnologias possui limitações quanto à escolha dos materiais a serem empregados;
- As tecnologias de porte industrial o custo envolvido é elevado;
- Problemas de distorções e empenamento com alguns material;
- Lenta e mais cara quando empregada na fabricação de lotes grandes;

14

Manufatura Aditiva

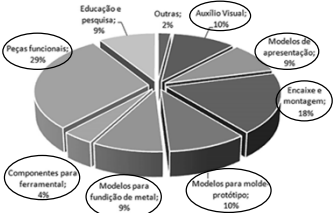


APLICAÇÕES

A aplicação inicial da AM foi na obtenção de protótipos visuais e para teste de funcionalidade no PDP.

Devido ao grande potencial, aumentou as exigências e novos materiais e tecnologias foram desenvolvidas e a aplicação foi estendida da engenharia e planejamento para etapas da manufatura e ferramental (CHUA et al, 2010).

Um levantamento com 127 empresas usuárias de tecnologia de AM apresentou a seguinte distribuição:



- 36,8% modelos e prototipagem,
- 29% peças funcionais e
- 23 % ferramental.

(WOHLERS ASSOCIATES. Apud VOIPATO, 2017).

15

Manufatura Aditiva



APLICAÇÕES

- ★ Prototipagem e desenvolvimento de produto
 - Modelo Conceitual de apresentação (Mockup)
 - Modelo volumétrico, maquete,
 - Protótipos funcionais (1° do tipo)
- ★ Fabricação de ferramental (Ferramental rápido - *Rapid Tooling*)
 - Gabaritos, dispositivos de fixação (Direta)
 - Modelos mestres (Indireta)
 - Modelos de sacrifício (Indireta)
 - Ferramentais (moldes) de sacrifício (Direta)
 - Ferramentais (moldes) permanentes (baixa, média e alta tiragem) (Direta)
- ★ Fabricação final direta (Manufatura Rápida - *Rapid Manufacturing*)
 - Aeroespacial
 - Automotobilística (esportiva e carros customizados)
 - Saúde
 - Artes / Joalheria / Decoração
 - Museus / Arquitetura
 - Componentes de máquinas de AM



16

Manufatura Aditiva



Exemplos de aplicação em prototipagem rápida





17

Manufatura Aditiva



Exemplos na fabricação de ferramental





18

Manufatura Aditiva



★ Exemplos de aplicação final



Siemens Mobility leva inovação ao transporte ferroviário com impressão 3D

Publicado em 27 de Maio de 2017 - 03:00 GMT
 A Siemens Mobility é uma empresa que se baseia em conceitos de mobilidade que têm o potencial de tornar o transporte e os modos de negociação mais rápidos, mais eficientes e inovadores. Quando fomos parceiros com a 3D Systems (CNC) em 2015, eles tinham um objetivo principal, que era trazer a disponibilidade de unidades 3D de quem precisa.
 O primeiro projeto em parceria foi para desenvolver moldes e adição de elementos repetitivos adicionais nos pontos de fixação que utilizam os recursos de impressão de alta resolução da 3D Systems (CNC) para produzir peças de reposição de qualidade superior. Para fabricar, nos permitiu produzir peças volumosas em um custo reduzido. O trabalho de manufatura aditiva, design e engenharia economizou tempo e dinheiro, enquanto produziu resultados mais rápidos. Além disso, a fabricação repetitiva em

<http://blog.stratasys.com/jt-br/2017/04/26/3d-printing-and-siemens-mobility-partner-to-bring-innovations-to-the-railway/>

19

Manufatura Aditiva



APLICAÇÕES

Setores que já se beneficiam das tecnologias de AM:

- Aeroespacial;
- Automobilística;
- Bioengenharia (medicina e odontologia);
- Produtos elétricos e eletrônicos;
- Joalheria;
- Artes;
- Engenharia Civil;
- Arquitetura, etc.











- Aplicação mais popular e doméstica, com a fabricação de produtos customizados e de entretenimento;
- Surgimento de novos campos de aplicação devido a popularização das tecnologias e aumento do número de profissionais na área.



20


Manufatura Aditiva



Quando a Manufatura Aditiva se torna atraente?

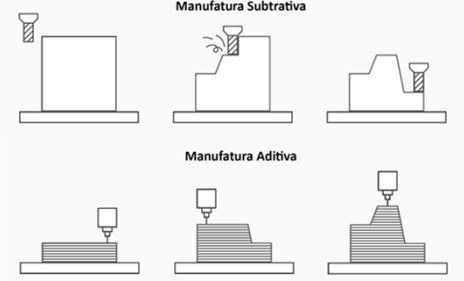
21

Manufatura Aditiva



Manufatura Aditiva x Manufatura Subtrativa


“Impressão 3D” “Usinagem CNC”



Fonte: Adaptado de 3DHUBS

22

Manufatura Aditiva



Manufatura Aditiva x Manufatura Subtrativa

“Impressão 3D” “Usinagem CNC”

Selecionando o processo adequado

Por muito tempo a usinagem CNC foi uma das primeiras alternativas. Hoje em dia, quando usar AM?:


- Quando peças possuem geometrias altamente complexas e topologia otimizada.
- Quando o prazo de entrega é crítico; Peças impressas em 3D podem ser entregues em menos de 24 horas.
- Quando custo é essencial; A impressão 3D é geralmente mais barata que o CNC para pequenos lotes.
- Quando um pequeno número de peças iguais é requerido (menos de 10).
- Quando são necessários materiais difíceis de usinar, como superligas metálicas ou TPU flexível.

CNC oferece maior precisão dimensional e produz peças com melhores propriedades mecânicas, mas isso geralmente tem um custo maior, especialmente quando os volumes são pequenos.

Para lotes maiores (centenas ou mais), nem o CNC nem o AM são a opção mais adequada em termos de custo.

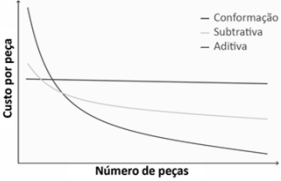
23

Manufatura Aditiva



Manufatura Aditiva x Manufatura Subtrativa

“Impressão 3D” “Usinagem CNC”



Referência para seleção de processo

	1	10	100	1000
Plástico	Impressão 3D	Impressão 3D (CNC considera)	CNC (Injeção em molde considerada)	Injeção em molde
Metal	Impressão 3D & CNC*	CNC (Impressão 3D considerada)	CNC (Fundição considerada)	Fundição

* Alimento dependente da complexidade da peça

Fonte: Adaptado de 3DHUBS

24

Manufatura Aditiva

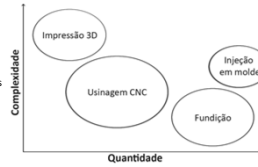


Manufatura Aditiva x Manufatura Subtrativa "Impressão 3D" "Usinagem CNC"

Além do custo por peça, deve ser levada em consideração a precisão dimensional, o material desejado, a complexidade geométrica da peça, fluxo de trabalho para a fabricação, necessidade de pós processamento, entre outras.

No geral as recomendações são as seguintes:

- A usinagem CNC é mais adequada para quantidades médias a altas (250 a 500 peças) e geometrias relativamente simples.
- A impressão 3D geralmente é melhor para pequenas quantidades (ou protótipos únicos) e geometrias complexas.
- Ao considerar metais, o CNC pode ser competitivo em termos de preço mesmo para pequenas quantidades, mas as limitações de geometria ainda devem ser consideradas.
- Quando as quantidades são altas (mais de 500 peças), outros processos são mais adequados.



25

Manufatura Aditiva



REFERÊNCIAS

- VOLPATO, R., Manufatura Aditiva Tecnologias e aplicações da impressão 3D, Editora Bluncher, São Paulo, 2017.
- CLEMENT, J.G., Odontology. In: SIEGEL, J.A.; SAUKKO, P.J. (Ed.) Encyclopedia of forensic sciences. 2. ed. Waltham: Academic Press, 2013. v. 1. p. 106-113.
- CHUA, C. K. Et al, rapid prototyping: principle and applications. 3. ed. Singapore: Manufacturing World Scientific Pub Co., 2010.
- WOHLERS ASSOCIATES. Wohlers report 2015: 3D printing and additive manufacturing, state of the industry annual worldwide progress report. Fort Collins, 2015.
- <https://www.3dhubs.com/>

26