

# Tecnologias de Deposição com Energia Direcionada

*Directed Energy Deposition*  
(DED)

# Deposição com Energia Direcionada

Fonte de energia:

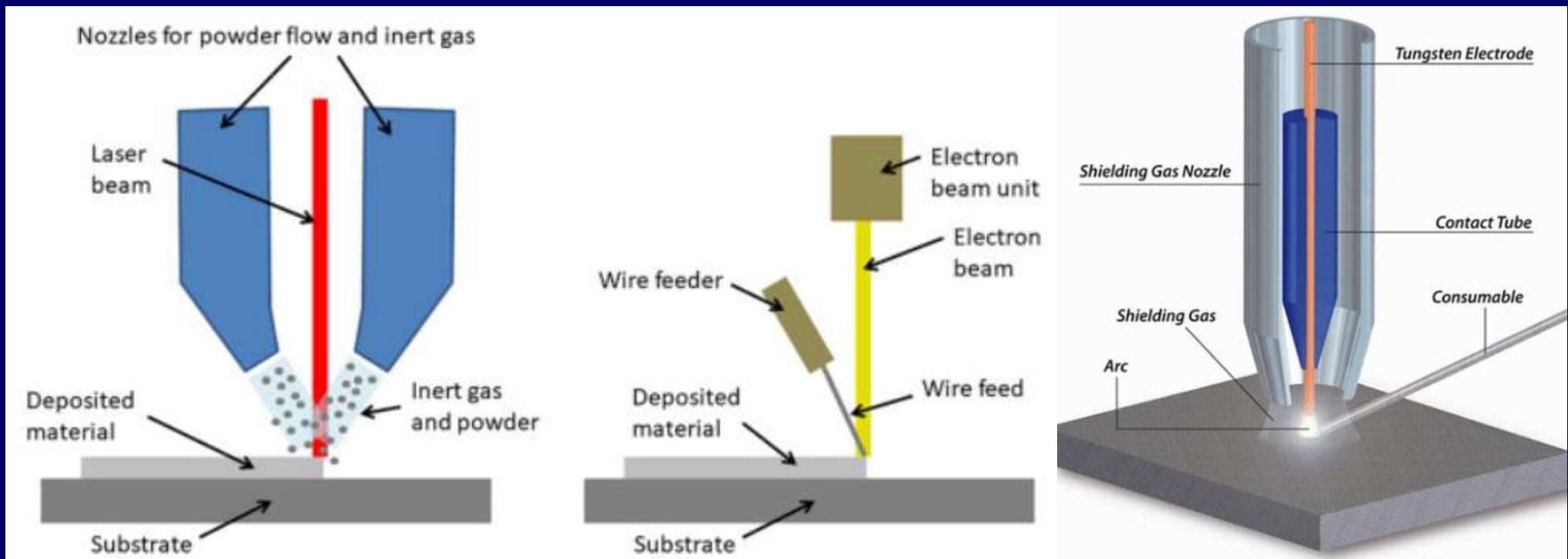
- Laser
- Electron beam
- Arco de solda (MIG, TIG, plasma arc, outro)

Permite tecnologia **híbrida** (Adição e Remoção)

# Deposição com Energia Direcionada

Princípio – adiciona material e calor/energia simultaneamente em uma poça fundida

Material pode ser pó ou arame metálico



<https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102663-2.00002-2>

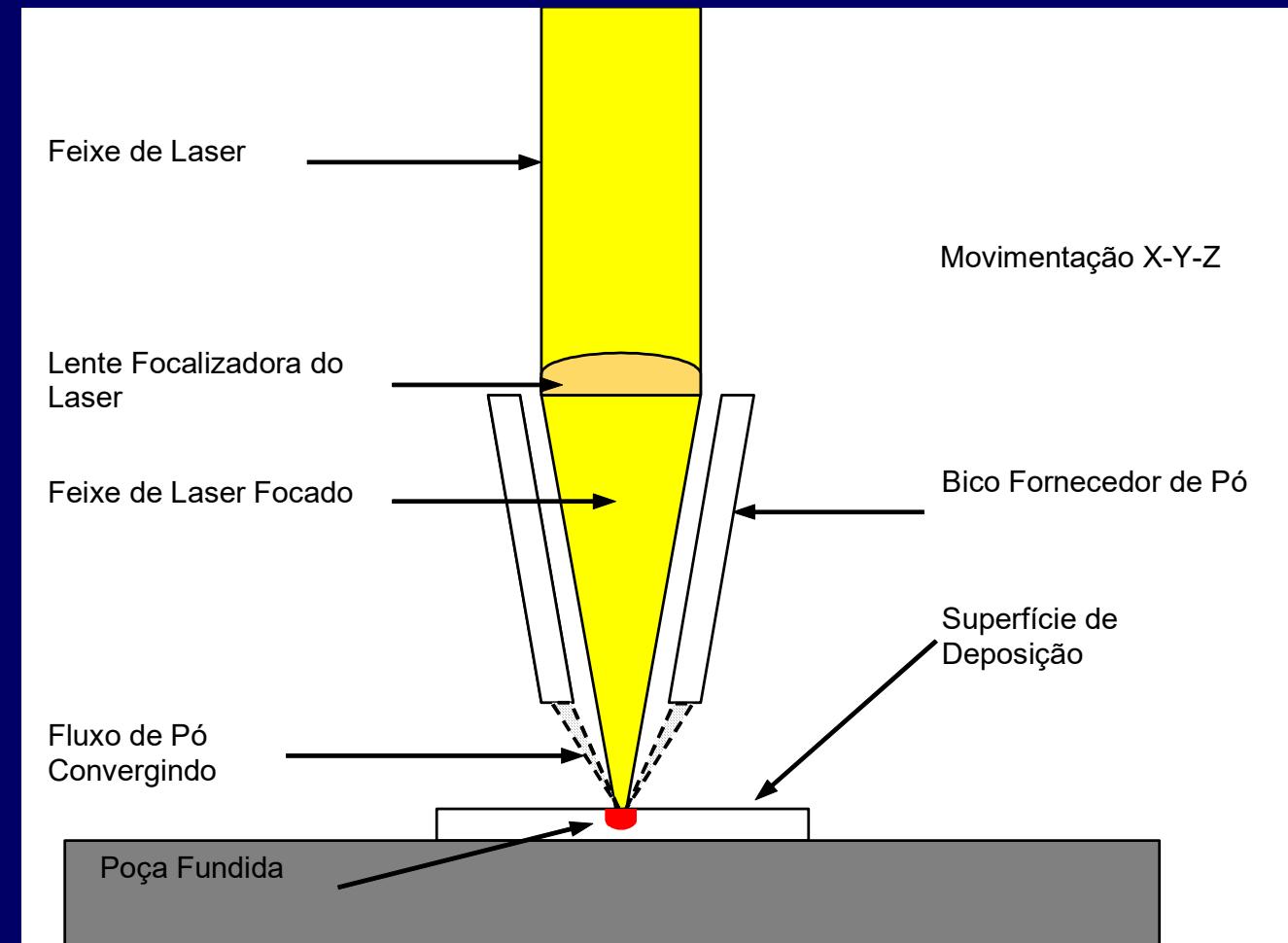
<https://www.researchgate.net/profile/Anthony-Mcandrew/publication/312496948/figure/fig1/AS:452569060384770@1484912280905/WAAM-based-processes-1a-Gas-Metal-Arc-Welding-1b-Gas-Tungsten-Arc-Welding.png>

Prof. Neri Volpato, Ph.D.

# *Laser Engineered Net Shaping (LENS)*

Empresa Optomec (pioneira)

**Forma Final Obtida com Laser** - O laser é focado na superfície da peça formando uma poça fundida e pó metálico é adicionado a essa poça



# *Laser Engineered Net Shaping (LENS)*

- Utiliza laser de alta potência (Nd:YAG)
- Materiais disponíveis (somente metálicos): Aço inox, H13, titânio, super ligas (ex. Iconel, Stellite), cobre e alumínio
- Elevada propriedade mecânica do material obtido
- Pó pode ser adicionado em diferentes angulações (cabeçote 5 eixos) – possui algumas deficiências quanto a criação do suporte
- Pós-processamento (usinagem/acabamento superficial)
- Qualidade superficial (pobre)
- Baixa taxa de deposição de material

# *Laser Engineered Net Shaping (LENS)*

Exemplos:

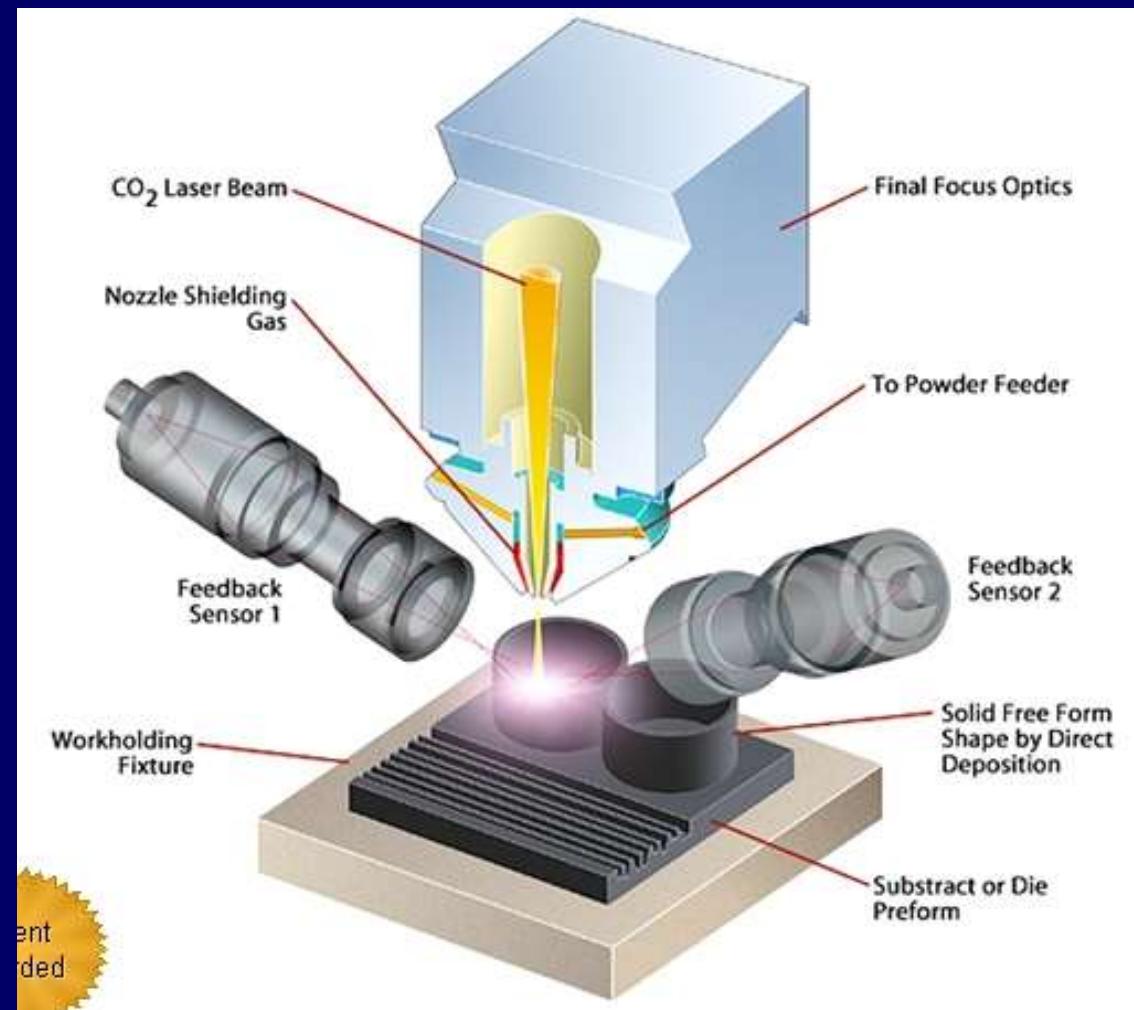


(Cortesia empresa Optomec)

# *Direct Metal Deposition (DMD)*

Deposição Direta de Metal (similar ao processo LENS)

Empresa: DM3D Technology, LLC (USA)



Cortesia da empresa DM3D  
Technology, LLC

# *Direct Metal Deposition (DMD)*

Laser de CO<sub>2</sub> de 1kW

Fabricação de moldes diretamente em metal, reparo de moldes, cobertura de superfícies com metais de alta resistência (**molde protótipo em definitivo**)

Fabricação *near-net shape* (sobremetal 0,178 – 0,254mm)

Materiais: vários metais puros, combinações e compósitos

Espessura de camada típica: 0,1 – 1,6mm

Diâmetro do laser (foco): 1 – 5mm

Taxa de deposição: 24 - 160 cm<sup>3</sup>/h

Rugosidade típica: Ra de 10-25 µm

Pos-processamento: CNC, EDM, retífica, polimento

# Direct Metal Deposition (DMD)

Materiais já  
utilizados

DMD Material	SUBSTRATE COMPATABILITY								HARDNESS (HRC)
	Tool Steels	Stainless Steels	Low C Steels	Cast Iron	Ni Alloys	Co Alloys	Cu-Alloy (Ampco 940)	Ti Alloys	
<b>Fe-BASE</b>									
H13									54-58
P20									36-44
P21									45-49
S 7									52-54
420SS									48-52
316L SS									23
17-4 PH SS									22
CPM1V									60-62
Invar									RB 75-78
<b>Co-BASE</b>									
Stellite 21									30-35
MERL 72									
Stellite 6									46-50
Stellite 706									42-46
<b>Ni-BASE</b>									
IN 718									22-24
Waspalloy									30
Inc 738									
IN 625									13
C-276									32-35
Nistelle C									32-34
<b>CERMETS</b>									
Ferrous Base + Carbide									50 - 60
Non-Ferrous Base + Carbide									45 - 60
<b>Ti - BASE</b>									
CP Ti									32 - 35
Ti-6Al-4V									36 - 40

Cortesia da  
empresa DM3D  
Technology, LLC

# *Direct Metal Deposition (DMD)*

Exemplos:



Cortesia da empresa DM3D Technology, LLC



Restauração de ponta de eixo



# *Laser Metal Deposition (LMD)*

Empresa Meltio 3D

Exemplos:



SS316L – Combustion Chamber  
Size: 110,5 x 110,5 x 170 mm  
Weight: 4,88 kg  
Print Time: 27 h 30 min



SS316L – Naval Propeller  
Size: 600 Ø mm  
Weight: 12,1 kg  
Print Time: 43 h 40 min

<https://meltio3d.com>



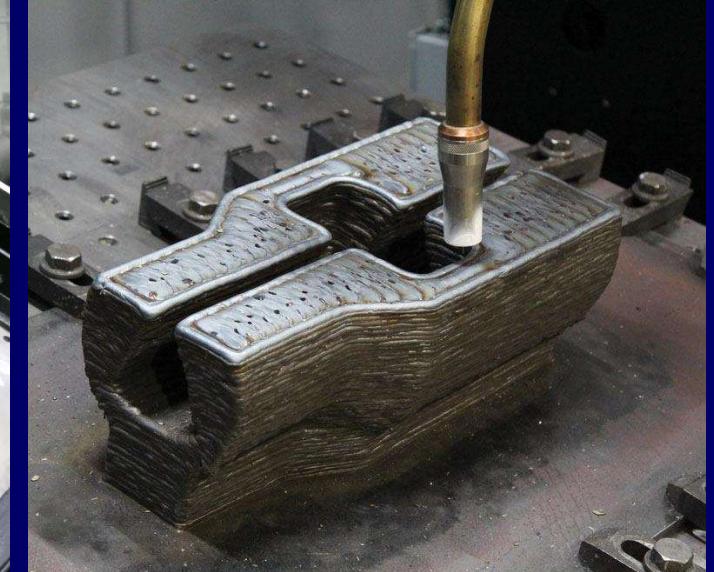
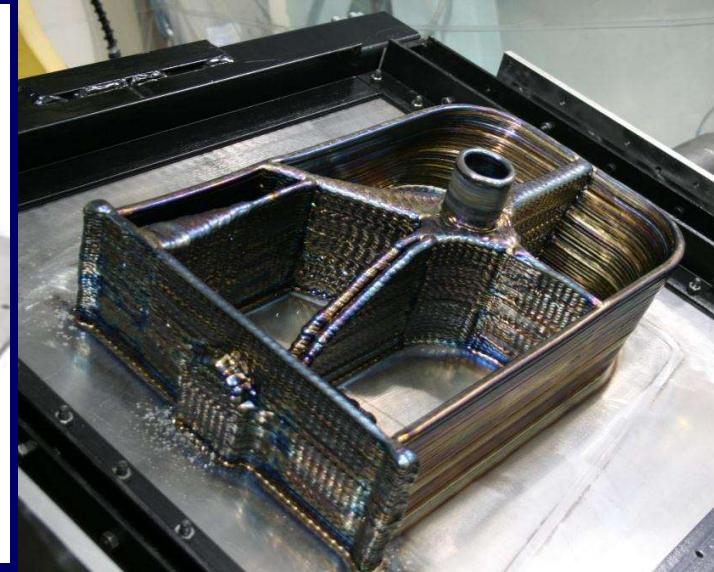
SS316L – Fan Blade  
Size: 219 x 133 x 1700 mm  
Weight: 13,9 kg  
Print Time: 46 h 34 min

Prof. Neri Volpato, Ph.D.

# Wire Arc Additive Manufacturing (WAAM)

Manufatura Aditiva por Deposição a Arco - Processo de transferência se assemelha à tecnologia MIG, mas com controle refinado de deposição (ex. CMT - Cold Metal Transfer) com braço robótico ou acoplado a máquina CNC.

Importante na obtenção de uma pré-forma para depois ser acabada.



(Lijuan Sun, 2015)

Prof. Neri Volpato, Ph.D.

# Wire Arc Additive Manufacturing (WAAM)

The Avianik company offers the following metals and alloys for this technology:

Stainless steels

Tool steels

Titanium alloys

Aluminum alloys

Inconels

Copper alloys



# *Wire Arc Additive Manufacturing* (WAAM)

Vantagens do WAAM em relação a outras tecnologias :

- Investimentos e custos de material são mais baixos em comparação com outras tecnologias AM.
- Ampla escolha de materiais com o uso de arame de solda.
- Altas taxas de deposição, produção de curto prazo e tamanho de peça quase ilimitado já são mencionados.
- Propriedades mecânicas específicas podem ser iguais ou até mesmo exceder os mesmos materiais obtidos por fundições e produtos forjados.
- WAAM possibilidade de produção de materiais com graduação funcional, projetados para aplicações particulares, graças às suas propriedades específicas.