

**Elói Martins Senhoras**  
(Organizador)

# Políticas públicas

para ciência, tecnologia e inovação 2



**Elói Martins Senhoras**  
(Organizador)

# Políticas públicas

para ciência, tecnologia e inovação 2



**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial****Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí

Prof. Dr. Alexandre de Freitas Carneiro – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Profª Drª Ana Maria Aguiar Frias – Universidade de Évora

Profª Drª Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa



Prof. Dr. Antonio Carlos da Silva – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Arnaldo Oliveira Souza Júnior – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros  
Prof. Dr. Humberto Costa – Universidade Federal do Paraná  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Jadilson Marinho da Silva – Secretaria de Educação de Pernambuco  
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. José Luis Montesillo-Cedillo – Universidad Autónoma del Estado de México  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal do Paraná  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Lucicleia Barreto Queiroz – Universidade Federal do Acre  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Universidade do Estado de Minas Gerais  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Marianne Sousa Barbosa – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Miguel Rodrigues Netto – Universidade do Estado de Mato Grosso  
Prof. Dr. Pedro Henrique Máximo Pereira – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins



## Políticas públicas para ciência, tecnologia e inovação 2

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Maiara Ferreira  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizador:** Elói Martins Senhoras

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

P769 Políticas públicas para ciência, tecnologia e inovação 2 /  
Organizador Elói Martins Senhoras. – Ponta Grossa -  
PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0344-9

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.449222906>

1. Tecnologia. I. Senhoras, Elói Martins (Organizador).

II. Título.

CDD 601

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

contato@atenaeditora.com.br



**Atena**  
Editora  
Ano 2022

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



## APRESENTAÇÃO

O objetivo desta obra é apresentar a riqueza existente nos estudos de Ciência, Tecnologia e Inovação a partir de uma abrangente agenda de estudos que valoriza a pluralidade temática, metodológica e teórica para analisar a realidade empírica, partindo do ambiente escolar até se chegar ao meio empresarial.

A proposta implícita nesta obra valoriza a pluralidade teórica e metodológica por meio de um trabalho coletivo de pesquisadoras e pesquisadores de distintas formações acadêmicas e expertises, o que repercutiu em uma rica oportunidade para explorar as fronteiras do conhecimento sobre a Ciência, Tecnologia e Inovação.

Escrito por um conjunto diversificado de profissionais brasileiros advindos de diferentes estados macrorregiões do país, o presente livro expressa uma rica pluralidade de agendas de pesquisas construídas em diferentes instituições de ensino e pesquisa públicas e privadas e com base em distintas realidades e experiências.

O livro oferece um total de doze capítulos que abordam distintas realidades empíricas, por meio de estudos de caso que possibilitam um olhar multidisciplinar sobre temas relevantes sobre Ciência, Tecnologia e Inovação a partir das contribuições analíticas advindas dos campos epistemológicos de Educação, Administração e Engenharia de Produção.

Com base nas discussões e resultados obtidos nesta obra, uma rica construção epistemológica sobre Ciência, Tecnologia e Inovação fundamentada em relevantes análises de estudos de casos que corroboram para a produção de novas informações e conhecimentos sobre a realidade da escola à empresa.

A indicação deste livro é recomendada para um extenso número de leitores, uma vez que foi escrito por meio de uma linguagem fluída e de uma abordagem didática, acessível, tanto para um público leigo não afeito a tecnicismos, quanto para um público especializado de acadêmicos ou de profissionais que lidam com Ciência, Tecnologia e Inovação.

Excelente leitura!

Elói Martins Senhoras

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

A IMPORTÂNCIA DO CLIMA ORGANIZACIONAL PARA UMA GESTÃO EFICAZ DA ESCOLA

Dirceu Fernando Belotto

Rosimeire Martins Régis dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4492229061>

### **CAPÍTULO 2..... 16**

CULTURA POPULAR E EDUCAÇÃO POPULAR: UM OLHAR PARA O SISTEMA EDUCACIONAL DE JOVENS E ADULTOS ABARCADO PELO EDUCADOR PAULO FREIRE

Renata Maria Oliveira Mendes

Antônio Carlos Frasson

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4492229062>

### **CAPÍTULO 3..... 27**

NÍSIA FLORESTA E A LUTA PELA EDUCAÇÃO FEMININA

Bárbara Lúcia Takei Barbieri Azevedo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4492229063>

### **CAPÍTULO 4..... 40**

PERCEPÇÕES SOBRE A PROGRAMAÇÃO E A ROBÓTICA EDUCACIONAL COMO POTENCIAIS GERADORA DE SITUAÇÕES DIDÁTICAS

Clodogil Fabiano Ribeiro dos Santos

Nilcéia Aparecida Maciel Pinheiro

Jussara Rodrigues Ciappina

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4492229064>

### **CAPÍTULO 5..... 58**

A SEMIÓTICA PEIRCEANA, OS NÍVEIS DE COMPREENSÃO DO CONHECIMENTO QUÍMICO E AS MÚLTIPLAS REPRESENTAÇÕES: UM ESTUDO ENVOLVENDO OS TRÊS REFERENCIAIS E O CONTEÚDO SOLUBILIDADE QUÍMICA

Maysa de Fátima Moraes Frauzino

Elaine da Silva Ramos

Carlos Eduardo Laburú

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4492229065>

### **CAPÍTULO 6..... 70**

DESENVOLVIMENTO DE SOLUÇÃO IOT PARA SENSORIAMENTO HÍDRICO EM TEMPO REAL

Jorge Otta Júnior

Leandro Augusto de Carvalho

Pedro Luiz de Paula

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4492229066>

<b>CAPÍTULO 7.....</b>	<b>88</b>
UMA APLICAÇÃO DE RANDOM SURVIVAL FORESTS NA AVALIAÇÃO DE DADOS DE FALHA DE BOMBAS CENTRÍFUGAS SUBMERSAS	
Ricardo de Melo e Silva Accioly	
Rafael de Olivaes Valle dos Santos	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.4492229067">https://doi.org/10.22533/at.ed.4492229067</a>	
<b>CAPÍTULO 8.....</b>	<b>102</b>
RESEARCH OF 3D PRINTING TECHNIQUES WITH METALS	
Rômulo da Costa Delmondes	
Marcelo Antonio Adad de Araújo	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.4492229068">https://doi.org/10.22533/at.ed.4492229068</a>	
<b>CAPÍTULO 9.....</b>	<b>119</b>
APLICAÇÃO DE REDES NEURAIS CONVOLUCIONAIS EM LINHAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA	
Milena Lucas dos Santos	
Fabiana Frata Furlan Peres	
Valéria Nunes dos Santos	
Claudio Roberto Marquette Mauricio	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.4492229069">https://doi.org/10.22533/at.ed.4492229069</a>	
<b>CAPÍTULO 10.....</b>	<b>132</b>
O TRABALHO DE CATADORES DE MATERIAL RECICLADO COMO INSTRUMENTO PARA SENSIBILIZAR A PARTICIPAÇÃO NA COLETA SELETIVA	
Paola de Cassia Ferreira Borges	
Rosemari Castilho Foggiatto Siveira	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.44922290610">https://doi.org/10.22533/at.ed.44922290610</a>	
<b>CAPÍTULO 11.....</b>	<b>144</b>
PREVALÊNCIA DA SÍNDROME DE BURNOUT ENTRE PROFISSIONAIS DE SAÚDE QUE ATUAM EM UNIDADES DE TERAPIA INTENSIVA	
Vanessa Paula da Silva Oliveira	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.44922290611">https://doi.org/10.22533/at.ed.44922290611</a>	
<b>CAPÍTULO 12.....</b>	<b>155</b>
A GESTÃO FINANCEIRA E SUA IMPORTÂNCIA NAS PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS	
Edivaldo Braga de Oliveira	
Gabriel Babichi Siqueira	
Moises da Silva Martins	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.44922290612">https://doi.org/10.22533/at.ed.44922290612</a>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR .....</b>	<b>167</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>168</b>

## RESEARCH OF 3D PRINTING TECHNIQUES WITH METALS

*Data de aceite: 01/06/2022*

### **Rômulo da Costa Delmondes**

<http://lattes.cnpq.br/2801062450512415>

<https://orcid.org/0000-0002-2686-9105>

### **Marcelo Antonio Adad de Araújo**

<http://lattes.cnpq.br/1244468048203569>

**RESUMO:** A técnica de Prototipagem Rápida (RP) viabiliza a fabricação automatizada de ferramentas para uso em série, baseado em processos que utilizam diversos tipos de matérias primas em seus diferentes estados na natureza. Objetivo: identificar os métodos e técnicas utilizadas na confecção de estruturas tridimensionais utilizando metal como matéria prima padrão. Método: Levantamento através de pesquisas bibliográficas das diferentes tecnologias que utilizam processos de manipulação para desenvolvimento de peças tridimensionais em metal, além de contato com fabricantes de equipamentos, criadores e detentores da tecnologia atualmente aplicada, para entendimento do processo. Resultados: O processo de fabricação de peças tridimensionais depende de algumas situações específicas, as quais ditam condições particulares de confecção, acabamento e pós-processamento do artefato produzido, envolvendo materiais no estado de pó, manipulação de laser para fusão e rigidez e técnicas de fabricação específicas que garantem o comportamento desejado ao produto final. Conclusão: A fabricação de peças em metal concebidas por arquivos tridimensionais

interpretados por impressoras 3D, apresenta uma tecnologia em fase de desenvolvimento e aprimoramento, sendo uma inovação de alto custo para popularização, mas que caminha em direção a este objetivo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Prototipagem Rápida, fabricação, peças, tridimensionais, matéria-prima.

**ABSTRACT:** The Rapid Prototyping (RP) technique enables the automated manufacture of tools for serial use, based on processes that use different types of raw materials in their different states in nature. Objective: to identify the methods and techniques used in the manufacture of three-dimensional structures using metal as standard raw material. Method: Survey through bibliographic research of different technologies that use manipulation processes for the development of three-dimensional pieces in metal, in addition to contacting equipment manufacturers, creators and holders of the technology currently applied, to understand the process. Results: The manufacturing process of three-dimensional parts depends on some specific situations, which dictate particular conditions of confection, finishing and post-processing of the produced artifact, involving materials in the powder state, laser manipulation for fusion and rigidity and manufacturing techniques that guarantee the desired behavior of the final product. Conclusion: The manufacture of metal parts conceived by three-dimensional files interpreted by 3D printers, presents a technology in the development and improvement phase, being a high-cost innovation for popularization,

but moving towards this goal.

**KEYWORDS:** Rapid Prototyping, fabrication, parts, three-dimensional, raw material.

## 1 | INTRODUÇÃO

Os principais processos de fabricação de peças mecânicas estão relacionados a alguns princípios primários, que são:

- Fusão;
- Remoção de material;
- Conformação;
- Adição de material;

O sucesso de um produto está muitas vezes associado à habilidade da empresa em identificar as necessidades dos clientes e imediatamente desenvolver produtos de forma a atendê-los, a um custo competitivo. Para atingir este objetivo, a aplicação de uma metodologia de projeto e o uso de ferramentas computacionais CAD/CAE/CAM (*Computer Aided Design, Engineering and Manufacturing*), são fundamentais para auxiliar no Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP) (VOLPATO, 2006).

Com o surgimento e aprimoramento das tecnologias CAD/CAM, o uso da usinagem CNC (*Computer Numeric Controle ou Controle Numérico Computadorizado*), passou a ser bastante utilizada e ganhou campo, dentre estas máquinas, pode destacar: fresadoras, tornos, retíficas, máquina para corte, e outras.

Um comando numérico refere-se ao acionamento ou a ação de comando, utilizando-se a forma numérica. Portanto, estes equipamentos empregam o sistema de coordenadas cartesianas para quantificar uma ação específica, como as movimentações da máquina. Graças ao desenvolvimento tecnológico, estas informações são armazenadas e gerenciadas por um computador que faz parte do equipamento (SOUZA, pag. 51, 2013).

Este tipo de fabricação, apresentou uma solução de baixo custo, a utilização de uma gama de materiais, grande versatilidade com a adaptação de até 5 eixos de movimento, reduzindo o tempo para alcance do produto final, em contrapartida, algumas restrições geométricas importantes tornam esta máquina ineficaz nos aprimoramentos da peça final.

Estas restrições, somadas ao aumento da complexidade geométrica dos produtos, tem feito com que o potencial de manufatura criado pelas tecnologias de fabricação em camadas venha se sobressaindo quando comparado a usinagem CNC (VOLPATO, pag. 28, 2006).

Contudo, no final de década de 80, um novo processo foi desenvolvido baseado também na adição de material, mas com a diferença da sua aplicação ocorrer em camadas planas, destacando pela facilidade de automatização das etapas, o qual não faz uso de moldes e troca de ferramentas durante a confecção, diminuindo intervenções externa de

operadores no decorrer do período de concepção do produto.

Este método, considerando como um tipo de classificação, devido as variantes envolvidas e diferentes nomenclaturas adotadas, passou a ser utilizado na produção rápida de peças, para a confecção de protótipos, os quais eram gerados sem as exigências de resistência, acabamento e precisão, passando a ser denominado Prototipagem Rápida (RP), o qual mesmo com a evolução ao longo dos anos e o aprimoramento das peças fabricadas, chegando a níveis de qualificação de produtos fabricados para uso final, deixando de ser protótipo e passando a ser um produto manufaturado, mas ainda assim a denominação Prototipagem Rápida permaneceu sendo utilizada, outra nomenclatura que ganhou força, para este caso utiliza o termo Manufatura Aditiva (MA, de *Additive Manufacturing*).

As mesmas técnicas de Prototipagem Rápida podem ser usadas para a fabricação de ferramentais, um processo também conhecido como Ferramental Rápido (RT, de *Rapid Tooling*), ou seja, a 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, em função da qualidade extremamente alta que se exige delas. Ferramentas geralmente apresentam geometrias complexas e precisam ser dimensionadas com precisão, em torno de centésimos de milímetros. Além disso, elas devem ser duras, resistentes ao desgaste e apresentar baixa rugosidade, em torno de 0,5 mm RMS. Por isso matrizes e moldes são tradicionalmente feitos por usinagem CNC, eletroerosão ou mesmo manualmente. Todos esses processos são caros e demorados, o que torna a implementação das técnicas de prototipagem rápida muito bem-vindas. Estudos estimam que esta técnica permita economizar 75% do tempo e custos envolvidos na fabricação das ferramentas (GORNÍ, 2007).

Atualmente existem mais de 20 sistemas de RP no mercado que, apesar de usarem diferentes tecnologias de adição de material, se baseiam no mesmo princípio de manufatura por camadas planas. Estes processos podem ser agrupados pelo estado ou forma inicial da matéria-prima utilizada na fabricação, sendo classificados em processos baseados em Líquido, Sólido e Pó.

- **Baseados em Líquido** – a matéria-prima utilizada para fabricar a peça encontra-se no estado líquido, antes de ser processada. Nesta categoria, encontram-se as tecnologias que envolvem a polimerização de uma resina líquida por um laser UV (ex. Estereolitografia – SL, de *StereoLithography*), ou o jateamento de resina líquida por um cabeçote tipo jato de tinta e posterior cura pela exposição a uma luz UV (ex. Impressão a Jato de Tinta – IJP, de *Ink Jet Printing*), entre outros.
- **Baseados em Sólido** – nestes processos o material utilizado encontra-se no estado sólido, podendo estar na forma de filamento, lâmina, ou outra qualquer. Alguns dos processos fundem o material, antes da sua deposição (ex. Modelagem por Fusão e Deposição – FDM, de *Fused Deposition Modeling*, IJP).

Outros somente recortam uma lâmina do material adicionado (ex. Manufatura Laminar de Objetos – LOM, de *Laminated Object Manufacturing*, Tecnologia com Lâminas de Papel – PLT, de *Paper Lamination Technology*);

- **Baseados em Pó** – a matéria-prima está na forma de pó antes do processamento. Pode-se utilizar laser para o seu processamento (ex. Sinterização Seletiva a Laser – SLS, de *Selective Laser Sintering*, Sinterização a Laser – EOSINT, Fabricação da Forma Final a Laser – LENS, de *Laser Engineered Net Shaping*) ou um aglutinante aplicado por um cabeçote tipo jato de tinta (ex. Impressão Tridimensional – 3DP, de *3 Dimensional Printing*, entre outros processos.

(VOLPATO, pag. 09, 2006).

No grupo de processos baseados em pó, estão as técnicas que serão abordadas neste estudo, as quais permitem a aplicação de uma grande variedade de materiais que são utilizadas no processo de fabricação, entre eles destaca-se o metal.

## 2 | OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

Baseado nos processos apresentados será dado enfoque nas tecnologias relacionadas a impressão 3D, que utilizam metais como matéria-prima para confecção de suas peças, das quais destacam-se:

- Sinterização Seletiva a Laser;
- Sinterização a Laser;
- Fabricação da Forma Final a Laser;
- Impressão Tridimensional;

As demais tecnologias não serão explanadas devido a utilização de outras matérias-primas diferentes do metal, não sendo este o objetivo deste estudo.

### 2.2 Objetivos específicos (se aplicáveis)

1. Conhecer os diversos tipos de técnicas de impressão 3D com metais;
2. Identificar quais são os tipos de metais que podem ser utilizados na Impressão 3D;
3. Pesquisar os projetos em andamento, realizar comparações e extrair vantagens e desvantagens;
4. Fazer orçamento de um equipamento deste porte;

### 3 | MATERIAIS E MÉTODOS

Como se trata de um estudo de pesquisa e levantamento, os materiais utilizados estavam disponíveis na internet, em bases de dados, revistas científicas, documentações de fabricantes, monografias, trabalhos de conclusão de curso e livros relacionados ao tema abordado.

### 4 | RESULTADOS

Atualmente, peças com alta complexidade e propriedades muito próximas ao material tradicional (forjado ou laminado) podem ser produzidas diretamente a partir de materiais metálicos, sem usar quaisquer ligantes intermediários ou processamentos adicionais após a operação, eliminando várias etapas de processo (SOUZA, pag.333, 2013).

O processo de fabricação de peças depende de algumas situações específicas, as quais ditarão condições particulares de acabamento da peça ou pós-processamento (usinagem, tratamento térmico, polimento, entre outros), variando de acordo com as propriedades desejadas, sendo:

1. **Material em pó:** composição química, tamanho das partículas, formato, propriedades ótica e de transferência de calor, espessura da camada depositada para cada ciclo de fabricação (Figura 1);
2. **Laser:** potência, diâmetro do feixe de laser, velocidade de movimentação e atmosfera protetora de varredura;
3. **Estratégia ou técnica de fabricação:** distância entre os filamentos, posição relativa dos filamentos em dois planos consecutivos, orientação das camadas;

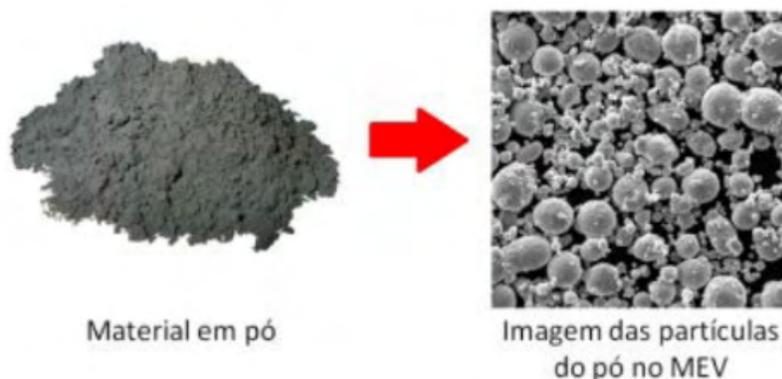


Figura 1 – Imagem detalhada do material metálico utilizado nos processos SLS e SLM (Marques, 2013)

Seguem detalhamentos:

## 1. Matéria-prima (pó metálico)

- **Composição Química:** Reações heterogêneas ao aquecimento do laser;
- **Tamanho das Partículas:** Falta de uniformização dos tamanhos poderá influenciar na viscosidade, taxa de fluxo e deposição do pó na camada;
- **Formato das Partículas:** Influência na fluidez de deposição do pó, importante a qualidade de formação das camadas;
- **Propriedades ópticas e de transferência de calor:** A resposta de interação do material com a radiação do laser e a capacidade de absorção do calor emitido, maior será a velocidade de sinterização/fusão do pó, influenciando nas propriedades mecânicas;
- **Espessura da camada depositada para cada ciclo de fabricação:** Camadas espessas ou finas prejudicam as propriedades da peça, o processo será eficiente com a consideração de ambas implicações, evitando qualquer uma delas.

## 2. Laser

- **Potência:** O pó metálico é sinterizado ou fundido, pelo calor emitido no feixe do laser, ou seja, maior potência, maior calor fornecido (Figura 2);
- **Diâmetro do feixe de laser:** Influencia diretamente na largura os filetes gerados na sinterização com o material para a construção das camadas que resultam na fabricação da peça (Figura 3);
- **Velocidade de movimentação:** Velocidades relativamente elevadas reduz a profundidade da camada refundida, influenciando diretamente na união entre as camadas;
- **Atmosfera protetora de varredura:** Ambiente fechado com gás inerte, afim de manter uma temperatura de até 900°C. O controle no resfriamento evita o alto grau de enrijecimento, que tende a deixar a peça frágil. Os gases utilizados no interior da câmara podem ser: argônio para materiais reativos: ligas de titânio e alumínio, e nitrogênio para as demais ligas metálicas.

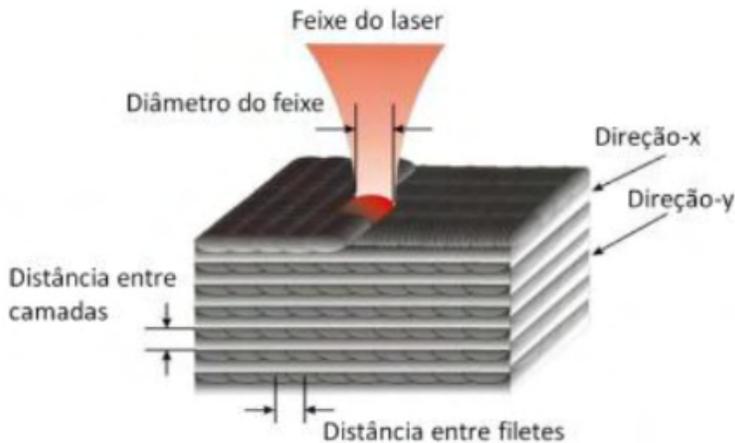


Figura 2 – Detalhamento do processo de fusão do pó metálico através do feixe do laser (MEINERS, 2012)

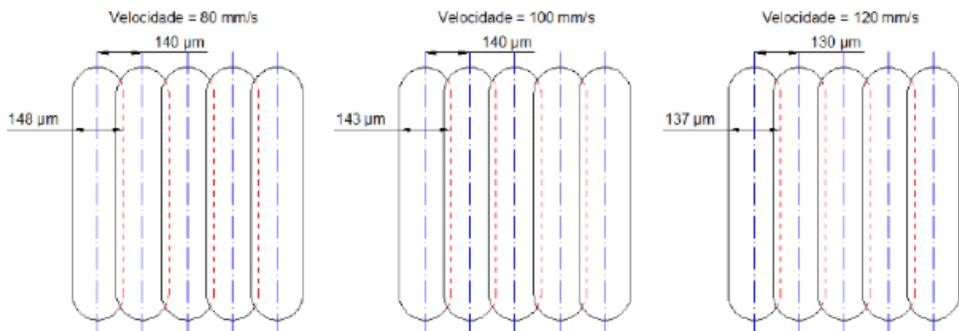


Figura 3 – Influência da velocidade do laser na qualidade dos filetes (Marques, 2013)

### 3. Estratégia de fabricação

- **Distância entre os filamentos:** Espaços entre filetes ocasionam em poros, portanto a distância deve ser calculada rigorosamente;
- **Posição relativa dos filamentos em dois planos consecutivos:** *Two-Zones*, método para alcançar o máximo de densidade nas peças, onde cada camada de pó é processada pelo laser duas vezes;
- **Orientação das camadas:** *Cross-Hatching*, evita a formação de poros interligados e aumenta a resistência de flambagem da peça.

### Principais processos, detentores das técnicas, funcionamento e materiais utilizados

A tabela 1 apresenta os processos de RP baseada no estado inicial da matéria-prima com ênfase a classe de materiais baseados em pó.

VOPATO et al (2007), descreve que os sistemas de prototipagem rápida de maior utilização atualmente são apresentados na tabela a seguir:

Baseado em Líquido	Baseado em Sólido	Baseado em Pó
Estereolitografia – SLA ( <i>Stereolithography</i> )	Modelagem por Fusão e Deposição - FDM ( <i>Fused Deposition Modeling</i> )	Sinterização Seletiva a Laser - SLS ( <i>Selective Laser Sintering</i> )
Impressão a Jato de Tinta - IJP ( <i>Ink Jet Printing</i> ) – <i>PolyJet</i>	Manufatura Laminar de Objetos – LOM ( <i>Laminated Object Manufacturing</i> )	Sinterização a Laser ( <i>Laser Sintering</i> ) - EOSINT da EOS
IJP – <i>InVision</i>	Tecnologia de RP com Papel – PLT ( <i>Paper Lamination Technology</i> )	Impressão Tridimensional - 3DP ( <i>3 Dimensional Printing</i> ) – Z <i>Corporation</i>
	IJP - <i>ThermoJet</i>	Fabricação da Forma Final a Laser - LENS ( <i>Laser Engineered Net Shaping</i> )
	IJP – <i>Benchtop</i>	3DP - <i>ProMetal</i>

Tabela 1 – Classificação dos processos de RP baseada no estado inicial da matéria-prima (Volpato, 2007)

### 1. Sinterização Seletiva a Laser (SLS):

A tecnologia de Sinterização Seletiva a Laser (SLS, de *Selective Laser Sintering*) foi desenvolvida e patenteada pela Universidade do Texas, EUA, e a empresa DTM Corporation foi fundada em 1987 para comercializar esta tecnologia. O primeiro equipamento foi comercializado em 1992. No entanto, em 2001 a empresa 3D Systems, Inc. comprou a empresa DTM e passou a deter os direitos da tecnologia. Aplica o processo RapidTool, utilizando-se do material LaserForm.

Os insertos para moldes metálicos são fabricados em materiais compostos de aproximadamente 60% de aço inoxidável, da série 420, com infiltração de 40% de bronze. Com propriedades mecânicas similares à do aço P20, os moldes são utilizados principalmente na produção de peças de termoplástico injetadas ou para a produção de algumas centenas de peças metálicas, em Al, Zn, Mg por processos de vazamentos.

Este método utiliza laser CO<sup>2</sup> de média potência (25 a 100W) para sinterizar um material em forma de pó. Apesar de se utilizar o termo sinterização, em alguns casos o pó do material é levado ao ponto de fusão pela incidência do laser, agregando-se a camada anterior e formando o corpo da peça. A construção física da peça se inicia com o material sendo espalhado e nivelado por um rolo na câmara de construção do equipamento sobre uma plataforma. Esta câmara é aquecida a uma temperatura um pouco abaixo do ponto de fusão do material e mantida em atmosfera inerte, controla usando nitrogênio, o

que evita a oxidação e risco de explosão das partículas finas. Um sistema de varredura desloca o feixe do laser sobre a superfície formada pelo material espalhado, fornecendo a energia restante para “sinterizar” as partículas de acordo com a geometria da camada 2D da peça. Na sequência, a plataforma que suporta a peça desce, na direção do eixo Z, um incremento igual à espessura da camada fatiada no CAD e uma nova camada de material é espalhada sobre a anterior. Uma vez que a temperatura da nova camada atinja a temperatura de trabalho, o laser inicia novamente a varredura na superfície, resultando em nova sinterização. O material de suprimento fica armazenado em reservatórios laterais à câmara de construção. Este ciclo é repetido até que todas as camadas sejam depositadas e a peça seja produzida. Ao final do processo o pó não sinterizado pelo laser é removido com o auxílio de uma escova, ar comprimido ou aspirador de pó, e pode ser reutilizado dentro de um limite, pois degrada com o reuso ao longo do tempo (VOLPATO, pag. 81, 2006).

Os materiais disponíveis para a tecnologia SLS são: náilon, poliamida, poliamida com microesferas de vidro, elastômetro, cerâmica e metal com polímero para obtenção de peças e insertos metálicos. Para o material metálico, há necessidade de pós-processamento em forno à alta temperatura após a retirada da peça da máquina e, dependendo da aplicação, operações de acabamento superficial são requeridas. A figura 4 ilustra o princípio desta tecnologia.

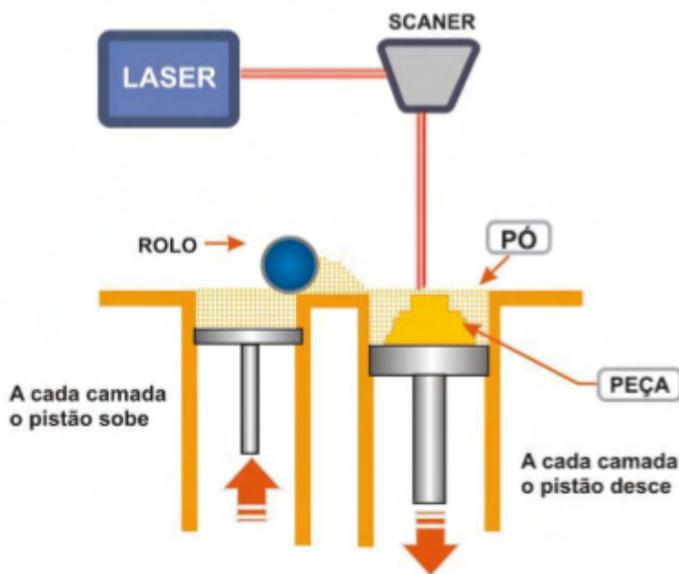


Figura 4 – Princípio do processo SLS

## ***Vantagens***

- Vários materiais podem ser utilizados, sendo estes não tóxicos;
- Um único equipamento processa vários tipos de materiais (polímeros, cerâmica e metais);
- Atua tanto na fabricação de protótipos, quanto de peças funcionais;
- Dependendo do material, o processo exige pouco pós-processamento;
- Possibilidade de empilhar várias peças para a fabricação;
- Não necessita de pós-cura do material sinterizado.

## ***Deficiências***

- Acabamento superficial deficiente;
- Custo elevado do equipamento;
- Consumo elevado de energia para sinterizar as partículas de material.

## **2. Sinterização a Laser:**

A empresa EOS GmbH, da Alemanha, foi a primeira empresa europeia a lançar uma tecnologia de RP. O sistema é baseado na sinterização a laser e o princípio é praticamente o mesmo da tecnologia SLS da 3D Systems. A empresa fornece um equipamento para cada tipo de material, sendo (polímero – EOSINT P, areia – EOSINT S e metal – EOSINT M). A EOS foi a precursora a oferecer um sistema para a sinterização direta de metal em 1994 e a primeira a oferecer um sistema com laser duplo, em 2001. O laser neste caso varia consideravelmente conforme o tipo de material utilizado.

Os insertos para moldes metálicos são fabricados em materiais compostos de liga de bronze, níquel e fosfato de cobre comercializada pelo nome de DirectMetal, que permite a produção de até 34000 peças injetadas por molde em material termoplástico sem reforço. A empresa também comercializa um material, em aço, com propriedades similares ao P20, denominado de DirectSteel especialmente desenvolvido para fabricar insertos metálicos, atribuindo ao processo o nome de DirectTool.

O processo inicia com o material sendo espalhado e nivelado por um sistema de lâmina e tremonha em uma câmara de trabalho. O material é suprido ao sistema de depositar e espalhar quando o mesmo finaliza o curso e alcança a lateral do equipamento. A câmara também se encontra a uma temperatura controlada e com atmosfera inerte através de gás nitrogênio que é gerado por uma fonte na própria máquina, não necessitando de suprimento externo. Um sistema de varredura por espelhos controla o feixe de laser CO<sub>2</sub>, descrevendo a geometria da camada sobre a superfície do material espalhado. Com a incidência do laser as partículas do material são aquecidas ao ponto de fusão, unindo-se umas às outras e também à camada anterior. Quando o laser terminar a sinterização da camada o sistema elevador desce em Z no valor referente a uma espessura de camada e o

material é novamente espalhado. O processo então se repete até a última camada. Ao final do processo o pó não processado é removido com o auxílio de uma escova, ar comprimido ou aspirador de pó, e pode ser reutilizado dentro de um limite, pois degrada com o reuso ao longo do tempo (VOLPATO, pag. 85, 2006). A figura 5 apresenta um esquemático deste processo.

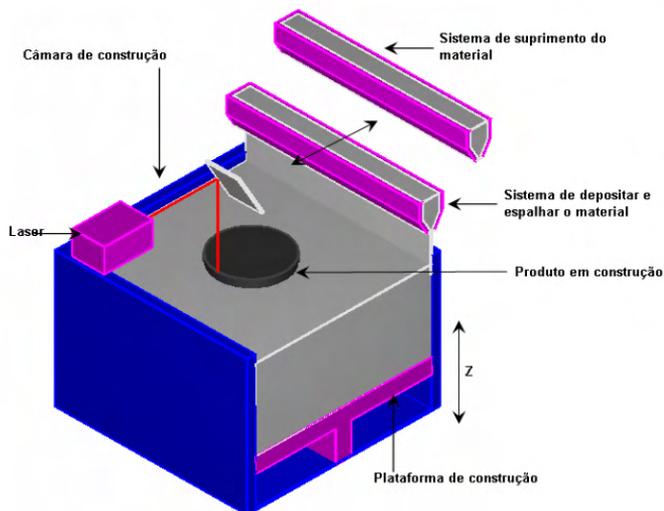


Figura 5 – Esquemático do processo “EOSINT”

### **Vantagens**

- Vários materiais podem ser utilizados, sendo estes não tóxicos;
- O processo exige pouco pós-processamento, não necessitando de pós-cura e não havendo necessidade de retirar estrutura de suporte;
- Atua tanto na fabricação de protótipos, quanto de peças funcionais;
- Possibilidade de empilhar várias peças para a fabricação;
- Possibilidade de fabricação de peças grandes (possui um equipamento com um volume de trabalho de 700x380x580mm).

### **Deficiências**

- Custo elevado do equipamento;
- Equipamento dedicado a cada tipo de material (polímero, areia ou metal).

### **3. Fabricação de Forma Final a Laser:**

A empresa americana Optomec, Inc. oferece comercialmente desde 1997 o processo Fabricação da Forma Final a Laser (LENS, de *Laser Engineered Net Shaping*). Apesar de ter pouca representatividade em termos de RP, este processo merece destaque, devido ao

grande potencial que oferece para obtenção de peças complexas metálicas com elevada resistência mecânica.

Os materiais disponíveis para este processo são aço inox, aço ferramenta H13, titânio, super-ligas, tais como iconel, cobre e alumínio.

O princípio do processo é demonstrado esquematicamente na Figura 05. O processo inicia com o laser de Nd:YAG, de alta potência (600 ou 1000W), focado sobre a superfície da peça em fabricação, formando uma poça fundida. O pó metálico é então direcionado continuamente por um bico para o ponto focal do laser, fundindo-se e aumentando o volume da peça. O material é depositado em finas linhas com determinada largura e espessura. O bico de deposição movimenta-se nas direções X-Y-Z em relação à mesa e, em um modelo disponível, possui a possibilidade de inclinação de +/- 90° e rotação de +/- 180°. Adicionalmente, a mesa da máquina permite rotação e inclinação. Esta característica de 5 eixos permite que vários detalhes, que normalmente exigiriam suporte, possam ser fabricados sem os mesmos. O processo é realizado dentro de uma câmara com atmosfera controlada, utilizando gás argônio à baixa pressão, para evitar a ação do oxigênio. As peças geralmente necessitam de acabamento superficial após a fabricação. A formação dos grãos é fina, devido à rápida solidificação da poça fundida. Uma outra característica positiva do processo é a relativa pequena zona afetada pelo calor, o que reduz o impacto no substrato (VOLPATO, pag. 87 e 88, 2006).

#### ***Vantagens***

- Obtenção de peça metálica com um material completamente denso e com alta qualidade mecânica;
- Não necessita de pós-processamento em forno, somente operações de acabamento superficiais;
- Processo que pode ser utilizado para reparo de peças, também utilizado em combinado com acréscimo de detalhes, reforços ou camada mais resistente contra desgaste.

#### ***Deficiências***

- Utiliza laser com consumo alto de energia;
- Somente oferece a possibilidade de se obter peças metálicas;
- Regiões desconectadas do corpo principal são de difícil fabricação;
- Acabamento superficial deficiente.

#### **4. Impressão tridimensional (3DP) – Z Corporation**

A empresa Z Corporation (EUA) adquiriu a licença para continuar o desenvolvimento e comercializar equipamentos baseados no princípio da tecnologia 3DP patentado pelo MIT.

A tecnologia 3DP não utiliza laser para processar o material em forma de pó. Neste

processo, o material é agregado por um aglutinante depositado por impressão tipo jato de tinta. Um rolo espalha e nivela o material e a cabeça de impressão deposita o aglutinante de acordo com a geometria 2D da camada sendo processada (Figura 6). Este processo também não requer estrutura de suporte, pois o material ao redor da peça não processado atua como suporte natural. Adicionalmente, várias peças podem ser fabricadas empilhadas em uma operação. Aparentemente, não há limitação quanto aos materiais que podem ser utilizados neste processo, sendo comum a utilização de cerâmica, metal, polímero, gesso e material à base de amido. O aglutinante deve ser desenvolvido especificamente para tipo de pó. As peças fabricadas por este processo necessitam de uma etapa de pós-processamento para aumentar a resistência ou acabamento superficial. Este pós-processamento vai variar de acordo com o material sendo processado (VOLPATO, pag. 90, 2006). A figura 6 apresenta sequencialmente as etapas que compõem esta tecnologia.

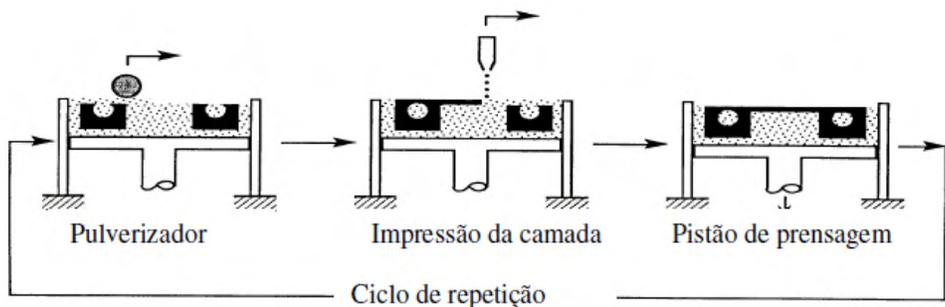


Figura 6 – Princípio do processo 3DP (Volpato, 2007)

### ***Vantagens***

- Não utiliza laser;
- Alta velocidade;
- Não necessita de suporte em regiões não conectadas;
- Não há desperdício de material, pois o pó solto, não impresso durante o processo pode ser reutilizado;
- Há a possibilidade de obtenção de peças coloridas em um dos modelos de equipamentos;

### ***Deficiências***

- Limitação na funcionalidade das peças obtidas;
- Pouca diversidade de material;
- Necessita de pós-processamento para limpeza e infiltração com resina para melhorar a resistência das peças;

- Acabamento superficial satisfatório para aplicações menos exigentes em precisão.

### **5. Impressão tridimensional (3DP) – ProMetal da Ex One Corporation**

Desde 1997, a empresa Extrude Hone Corporation dos EUA, mais recentemente Ex One Corporation, oferece o seu equipamento baseado no processo 3DP do MIT. A empresa possui a licença para obtenção de componentes metálicos através do processo.

O pó metálico é coletado do reservatório de suprimento, espalhado e nivelado por um rolo sobre a superfície do pistão que conterá a peça fabricada. Este sistema de espalhar então recua para a posição inicial. O cabeçote de jato de tinta imprime um líquido aglutinante fotopolimérico sobre as partículas do pó metálico, descrevendo a geometria da camada. Em seguida, o sistema de espalhar coleta mais material e avança parcialmente, até que a lâmpada de luz UV utilizada para curar o ligante esteja posicionada sobre a camada impressa da peça. Após a cura do ligante, a plataforma desce em Z o incremento da espessura da camada e o sistema de espalhar continua o deslocamento depositando mais uma camada, recuando então para a posição original. Este ciclo é repetido até a finalização da peça.

Ao final do processo, o pistão que contém a peça sobe e a peça verde é retirada do bolo formado. Esta peça verde não possui resistência suficiente para aplicação final, necessitando então de uma etapa de pós-processamento em um forno. Numa primeira etapa do pós-processamento, a peça é aquecida queimando o aglutinante e iniciando a sinterização metálica das partículas. Ao final desta etapa- tem-se uma peça com uma porosidade de 60%. A peça segue novamente ao forno a 1100°C onde, pela ação da capilaridade, uma liga de bronze é infiltrada, obtendo-se uma peça completamente densa. Após esta última etapa, geralmente são necessárias operações de acabamento envolvendo usinagem, polimento e tratamento superficial (VOLPATO, pag. 93, 2006).

#### ***Vantagens***

- Não utiliza laser;
- Processo rápido;
- Permite a obtenção de peças grandes, podendo chegar a dimensões de 1000x500x250mm;
- Não necessita de fabricação de suporte, pois o pó solto atua como suporte natural;
- Permite a fabricação de insertos para moldes com canais de refrigeração que acompanha a geometria da peça.

#### ***Deficiências***

- Necessita de pós-processamento em dois ciclos num forno à alta temperatura;
- Somente oferece a possibilidade de se obter peças metálicas.

## 5 | DISCUSSÃO

Em análise as técnicas de impressão 3D em metal, constatou-se que todas as técnicas aplicadas são bastante onerosas, envolvendo grande infraestrutura de instalação e segurança, além das tecnologias serem restritas a utilização de um pequeno conjunto de empresas, o que torna a fabricação e desenvolvimento de um protótipo deste tipo de equipamento bastante dispendioso.

Por este motivo durante a realização do estudo, foi descartado a possibilidade de desenvolvimento do projeto e orçamento para construção de uma impressora 3D para metais, pois a partir do custo levantado chegou-se à conclusão da inviabilidade do desenvolvimento nas condições atuais. Como trata-se de uma tecnologia inovadora e em processo de amadurecimento vislumbra-se um futuro com novas tendências agregadas que poderão minimizar os custos de fabricação e os riscos envolvidos, relacionados a manipulação de laser, utilização de gases para pressurização do ambiente de trabalho e principalmente o uso de alguns metais pesados e os métodos de tratamentos envolvidos.

Dentre os fornecedores citados, apenas o fabricante EOS, representado pela empresa AMS Brasil, retornou o contato com uma proposta previa dos equipamentos modelo M290 (evolução da M280) e M400, importante salientar que esta empresa foi responsável pela venda e implantação do equipamento M280 nas instituições de ensino, UNICAMP e PUC-RJ, sendo nesta última instalada no laboratório Next (Núcleo de Experimentação Tridimensional).

### Sobre o Produto

Sistema de sinterização a laser em metal é utilizado para a produção de ferramentas, peças protótipo e produtos finais diretamente no metal.

O M EOSINT 280 é a versão atualizada e melhorada do M EOSINT 270, o sistema de liderança no mercado para a fabricação de camada aditivo de componentes de metal. Diretamente produz peças de alta qualidade de metal com base de dados tridimensional CAD - de forma totalmente automática, em apenas algumas horas, e sem necessidade de ferramentas.

O sistema é equipado opcionalmente com um laser de estado sólido de 200 ou 400 watts, o qual fornece uma radiação de qualidade excepcionalmente elevada e um desempenho estável. O monitoramento de energia laser (LPM) faz com que seja possível controlar tudo isso durante o processo de construção. Juntamente com um Sistema de Gestão simplificado garante condições de processamento otimizado e consistente para a construção de peças com qualidade. O sistema opera em ambas as atmosferas de nitrogênio e de proteção de argônio, permitindo o processamento de uma ampla gama de materiais: a partir de metais leves de aço inoxidável e ferramental para superligas.

O EOSINT M 280 EOS oferece uma série de materiais de metal em pó com conjuntos

de parâmetros correspondentes para a aplicação.

A capacidade do sistema pode ser adaptada a diferentes necessidades dos clientes com uma variedade de opções e equipamentos adicionais. A Gestão Integrada da Cadeia de Processos (IPCM) em módulos permite uma maior produtividade, maior qualidade e maior facilidade de uso.

As características distintivas da M 280 EOSINT sistema são a qualidade das peças que produz e os periféricos projetados ergonomicamente. Apresentado na figura 7 o modelo cotado junto ao fornecedor, com alguns exemplos de peças fabricados em alumínio e aço inox.

## EOSINT M280

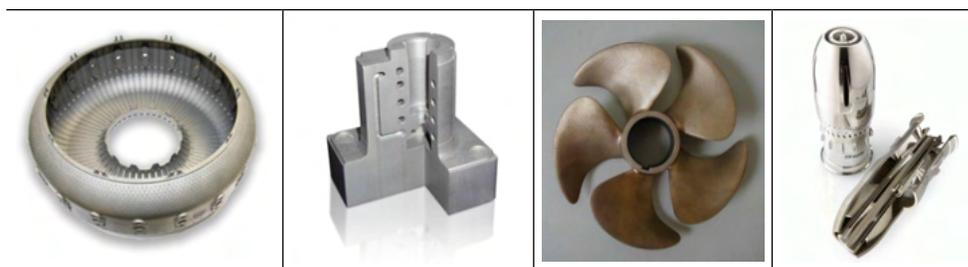


Figura 7 – Modelo EOSINT 280 e materiais fabricados (Orçamento EOSINT 280)

## 6 | CONCLUSÃO

A fabricação de peças em metal através de impressoras 3D é uma situação real, apesar de toda a tecnologia envolvida se encontrar em fase de aprimoramento, ainda existe um longo caminho para torná-la acessível e adequada ao usuário final, que cada vez mais, exige qualidade e agilidade no avanço das inovações.

A oportunidade vigente de desenvolvimento de produtos no processo de camadas, utilizando pó, se mostra bastante promissora e tem pela frente o desafio de explorar condições pontuais de mercado, abrindo um leque de opções disponíveis para reinvenções na concepção de produtos consolidados, diferenciado pela praticidade e rapidez no processo de fabricação, com redução de custos através da customização da quantidade de componentes.

O desafio neste caso será: gerar peças, dentro das especificações requeridas, com características similares a original, almejando um futuro em que não existam estoques, pois as peças serão concebidas sempre que necessárias através de arquivos tridimensionais armazenados virtualmente.

## REFERÊNCIAS

GORNI, A. Augusto. Introdução à prototipagem rápida e seus processos. Disponível em: <<http://www.gorni.eng.br/protrap.html>>. Acesso em: 12 de março de 2015.

VOLPATO, N. et al. Prototipagem rápida - tecnologias e aplicações. São Paulo: Edgar Blücher, 2006.

Gregolin, R.G.; Lenquist, T.M.; Barbosa, F.M.; Moraes, R.M.F; Zavaglia, C.A.de C.; Tokimatsu, R.C. Comparação entre propriedades mecânicas e microestruturais da liga Ti-6AL-4V, trabalhada a frio versus prototipada por sintetização direta a laser de metal. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE ÓRGÃOS ARTIFICIAIS E BIOMATERIAIS.

CANESSA, E.; FONDA, C.; ZENNARO, M.. Low - cost 3D Printing: for Science, Education and Sustainable Development.. Trieste, Itália: ICTP Science Dissemination Unit, 2013

CONCEPT Laser GmbH, M2 cusing operating manual, version 1.0.11, Lichtenfels, Germany, 2011.

MARQUES, s. Rapport de Recherche: Utilization de la poudre métallique INOX420 (-32um) par Fusion Seletive par Laser. Laboratoire DIPI, École Nationale d'Ingénieur de Saint-Etienne, 31 de Março, 2013.

MEINERS, W. Selective Laser Melting: Generative Fertigung fur die Produktion der Zunkunft? Optische Technologien in der Produktionstechnik. 21 de Março de 2012, Fraunhofer Institut fur Lasertechnik, Aachen.

SOUZA, F. Adriano; ULBRICH, L. B. Cristiane, Engenharia Integrada por Computador e Sistemas CAD/CAM/CNC – princípios e aplicações, São Paulo, Brasil: Artliber Editora, 2013.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Administração 11, 156, 157, 160, 163, 164, 165, 166, 167

Água 65, 70, 71, 75, 76, 81, 82, 87, 91

Aprendizagem 4, 11, 14, 42, 44, 45, 48, 50, 51, 53, 54, 55, 56, 58, 59, 60, 61, 65, 66, 67, 68, 69, 87, 121, 132

### B

Brasil 17, 18, 19, 20, 21, 22, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 35, 37, 38, 57, 68, 71, 86, 87, 116, 118, 120, 130, 133, 135, 136, 142, 153, 157, 158, 162, 165, 166

### C

Catadores 132, 133, 134, 135, 136, 137, 139, 141, 142

Centrífugas 88, 90, 91, 99, 100

Ciência 16, 20, 28, 40, 56, 60, 61, 62, 87

Clima organizacional 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14

Colaboradores 2, 3, 6, 9, 10, 11, 12, 158

Coleta seletiva 132, 133, 134, 135, 136, 138, 141, 142, 143

Conhecimento 29, 35, 37, 43, 44, 45, 46, 48, 49, 52, 53, 55, 58, 60, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 69, 129, 132, 157, 158, 160, 161, 162, 163

Consultoria 160, 161, 164, 165

Cultura popular 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26

### E

Educação 1, 8, 12, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 49, 55, 56, 57, 58, 61, 68, 69, 132, 134, 138, 142, 143, 163, 164, 167

Empresas 2, 5, 7, 12, 116, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167

Energia 13, 71, 110, 111, 113, 116, 119, 120, 122, 123, 124, 129, 130

Ensino 11, 13, 14, 15, 16, 19, 20, 28, 35, 36, 38, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 47, 48, 50, 52, 53, 55, 56, 58, 59, 60, 61, 62, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 116, 134, 136, 139, 142

Escola 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 23, 28, 30, 31, 33, 36, 38, 45, 46, 47, 49, 52, 55, 56, 68, 167

Estresse 144, 145, 146, 153

### F

Fabricação 86, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 111, 112, 113, 115, 116, 117, 118

Ferramenta 2, 12, 41, 44, 55, 113, 125

Finanças 155, 157, 164

## **G**

Gestão 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 116, 117, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167

## **I**

Impressão 3D 105, 116

Inovação 13, 102, 158, 159, 162, 167

Instituição 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 147, 154

## **L**

Liquidez 155, 160, 164

Lixo 133, 134, 136, 138, 141, 143

## **M**

Material reciclado 132, 137, 142

Meio ambiente 133, 134, 140, 141, 142, 143, 146

Mercado 7, 10, 26, 104, 116, 118, 135, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 162, 163, 164

Metal 102, 105, 110, 111, 112, 114, 116, 117, 118

Mulheres 23, 25, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 150

## **N**

Negócio 30, 36, 157, 159, 160

Nísia Floresta 27, 28, 29, 30, 31, 37, 38, 39

## **O**

Organização 2, 3, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 17, 19, 20, 21, 45, 52, 55, 69, 139, 145, 150, 158, 160, 161

## **P**

Paulo Freire 16, 17, 18, 20, 22, 23, 24, 25, 26

Planejamento 2, 14, 15, 54, 65, 143, 145, 155, 156, 160, 161, 162, 163, 164

Programação 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 52, 53, 54, 55, 56

Prototipagem 102, 104, 109, 118

## **Q**

Química 58, 59, 60, 62, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 106, 107

## **R**

Random survival forests 88, 89, 99, 101

Recursos humanos 2, 3, 8, 14, 145

Redes neurais 119, 120, 121, 123, 124, 129, 130

Robótica 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 52, 53, 54, 55, 56

## **S**

Saúde 20, 22, 142, 144, 145, 146, 147, 149, 150, 151, 152, 153, 154

Semiótica 58, 61, 62, 63, 64, 66, 67, 68, 69

Sensibilização 132, 140, 141

Sensoriamento hídrico 70

Signo 58, 63, 64, 65, 66

Síndrome de Burnout 144, 146, 147, 149, 152, 153, 154

Sistema educacional 16, 20, 31

Solo 70, 71, 72, 73, 74, 75, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87

Solubilidade 58, 59, 60, 64, 65, 66, 67, 68

## **T**

Tecnologia 4, 16, 40, 50, 56, 102, 105, 109, 110, 111, 113, 114, 116, 117, 165, 167

Trabalhador 144, 145, 152

## **U**

Umidade 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 123

UTI 144, 145, 146, 148, 149, 150, 151, 152

## **V**

Valores 3, 4, 5, 7, 8, 10, 11, 19, 21, 23, 24, 73, 75, 76, 77, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 92, 94, 97, 98, 134, 148, 154

## **Y**

YOLOv3 119, 124, 129, 130

# Políticas públicas

para ciência, tecnologia e inovação 2

 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

 [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

 @atenaeditora

 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](http://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)



# Políticas públicas

para ciência, tecnologia e inovação 2

 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

 [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

 @atenaeditora

 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

