

IMPRESSÃO EM METAL 3D

3D METAL PRINTING

Felipe Kock

Bacharelado em Engenharia Mecânica pelo Centro Universitário de Tecnologia de Curitiba (UNIFATEC)

Instituição: Centro Universitário de Tecnologia de Curitiba (UNIFATEC)

Endereço: R. Itacolomi, 450, Portão, Curitiba - PR, CEP: 81070-150

E-mail: felipe38906@unifatecpr.com.br

Joseferson de Jesus Camargo

Bacharelado em Engenharia Mecânica pelo Centro Universitário de Tecnologia de Curitiba (UNIFATEC)

Instituição: Centro Universitário de Tecnologia de Curitiba (UNIFATEC)

Endereço: R. Itacolomi, 450, Portão, Curitiba - PR, CEP: 81070-150

E-mail: joseferson_camargo@hotmail.com

Renan Alessandro John Hirt

Bacharelado em Engenharia Mecânica pelo Centro Universitário de Tecnologia de Curitiba (UNIFATEC)

Instituição: Centro Universitário de Tecnologia de Curitiba (UNIFATEC)

Endereço: R. Itacolomi, 450, Portão, Curitiba - PR, CEP: 81070-150

E-mail: renan35907@unifatecpr.com.br

Rui Cesar Becker Faganello

Bacharelado em Engenharia Mecânica pelo Centro Universitário de Tecnologia de Curitiba (UNIFATEC)

Instituição: Centro Universitário de Tecnologia de Curitiba (UNIFATEC)

Endereço: 449, R. Itacolomi, 413, Portão, Curitiba - PR, CEP: 81070-150

E-mail: rui37928@unifatecpr.com.br

Victor Hugo Pancera Tedeschi

Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Gestão da Informação pela Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Instituição: Centro Universitário de Tecnologia de Curitiba (UNIFATEC)

Endereço: R. Itacolomi, 450, Portão, Curitiba - PR, CEP: 81070-150

E-mail: victor.tedeschi@unifatecpr.com.br

RESUMO

O artigo aborda a evolução e aplicabilidade da impressão tridimensional (3D) na fabricação de componentes metálicos. Iniciando com a introdução histórica desde a primeira patente em 1984 até a popularização em 2008 com a redução de custos, o texto destaca a autonomia das impressoras 3D baseadas em comandos de software, permitindo a fabricação de peças complexas sem a presença de operadores. O objetivo geral do projeto é explicar a aplicabilidade da impressão 3D na produção de componentes metálicos, com objetivos específicos que abrangem a compreensão do funcionamento das impressoras, pesquisa histórica, vantagens e desvantagens, necessidade de tratamento

térmico e análise das propriedades das peças produzidas. A justificativa enfatiza a importância da impressão 3D na indústria mecânica, destacando sua capacidade de produzir peças complexas e resistentes, impossíveis de serem obtidas por métodos convencionais. A pesquisa pretende preencher lacunas acadêmicas e servir de inspiração para diversas áreas da produção mecânica. A metodologia adotada envolve pesquisa bibliográfica digital em artigos, projetos relacionados e sites de empresas especializadas em manufatura aditiva. O desenvolvimento do artigo explora conceitos como manufatura aditiva, histórico da impressão 3D, tipos de impressão 3D (Filamento Fundido, Estereolitografia, Sinterização Seletiva a Laser, Polyjet), a fabricação híbrida, e o processo de criação de objetos através de softwares CAD. Os resultados e considerações finais destacam que a manufatura aditiva está em constante desenvolvimento, com novos materiais e oportunidades emergindo. Apesar das vantagens na produção de geometrias complexas, existem desafios relacionados à resistência mecânica e à necessidade de tratamento térmico.

Palavras-chave: Manufatura aditiva, Impressão tridimensional, Componentes metálicos, Tratamento térmico, Ligas especiais.

ABSTRACT

The article addresses the evolution and applicability of three-dimensional printing (3D) in the manufacturing of metal components. Starting with the historical introduction, from the first patent in 1984 to its popularization in 2008 with cost reduction, the text highlights the autonomy of 3D printers based on software commands, enabling the production of complex parts without the presence of operators. The general objective of the project is to explain the applicability of 3D printing in the production of metal components, with specific objectives that encompass understanding the operation of printers, historical research, advantages and disadvantages, the need for thermal treatment, and analysis of the properties of the produced parts. The justification emphasizes the importance of 3D printing in the mechanical industry, highlighting its ability to produce complex and durable parts impossible to obtain through conventional methods. The research aims to fill academic gaps and serve as inspiration for various areas of mechanical production. The adopted methodology involves digital literature research in articles, related projects, and websites of companies specialized in additive manufacturing. The article's development explores concepts such as additive manufacturing, the history of 3D printing, types of 3D printing (Fused Filament Fabrication, Stereolithography, Selective Laser Sintering, Polyjet), hybrid manufacturing, and the process of creating objects through CAD software. The results and final considerations emphasize that additive manufacturing is constantly evolving, with new materials and opportunities emerging. Despite the advantages in producing complex geometries, challenges related to mechanical resistance and the need for thermal treatment exist.

Keywords: Additive manufacturing, Three-dimensional printing, Metal components, Heat treatment, Special alloys.

1 INTRODUÇÃO

A primeira impressora tridimensional foi patenteada em 1984 por Chuck Hull, porém foi em apenas em torno de 2008, que teve uma queda dramática de preço, máquinas que antes custavam mais de duzentos mil dólares, agora podem ser compradas a valores muito menores, o que causou uma difusão e aumento de mercado para impressoras 3D, com máquinas capazes de construir até a si mesma.

A principal vantagem desse modelo de fabricação é o fato da máquina trabalhar sem a presença de um operador, pois seus comandos são baseados em software, ou seja, uma pessoa/ ou grupo de pessoas projeta a peça em um programa de computador e a partir de um arquivo próprio compatível com a linguagem de programação da impressora (SILVEIRA, 2016).

Neste projeto será contextualizado os vários tipos de impressoras tridimensionais, com ênfase especial naquelas capazes de produzir peças metálicas, seu funcionamento, suas vantagens e desvantagens perante os métodos convencionais de fabricação metálica e envolver o processo de tratamento térmico de superfície metálica juntamente com a fabricação.

2 OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GERAL

Explicar a aplicabilidade da impressora tridimensional na fabricação de componentes metálicos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Explicar o funcionamento e características dos vários tipos de impressora tridimensionais, tanto para metais como para outros materiais;
- Pesquisar o histórico sobre as impressoras tridimensionais;
- Pesquisar vantagens e desvantagens sobre esse modo de fabricação;
- Pesquisar sobre a necessidade de tratamento térmico nas peças produzidas pelas impressoras 3D para terem desempenho equivalente a peças fabricadas por métodos convencionais;
- Explicar as propriedades das peças produzidas por essas impressoras.

3 JUSTIFICATIVA

A indústria mecânica está cada vez mais voltada para redução de desperdício de material e redução de custos operacionais, visto isso, as impressoras tridimensionais podem ser uma alternativa vantajosa, pois elas têm a capacidade de produzir peças com formato complexo, impossíveis de serem usinados por métodos convencionais, ou seja, para aplicações complexas, como objetos não maciços que não podem ser produzidos por outro processo senão a impressão tridimensional – a manufatura aditiva.

Um exemplo da aplicação desse processo é a impressão com alumínio, (AlSi10Mg), geralmente usados em objetos geometricamente complexos, com linhas finas. É consideravelmente resistente e possui propriedades adequadas que fazem dele uma escolha comum na confecção de corpos sujeitos a pressões elevadas. A impressão tridimensional em alumínio é ótima para produzir de objetos com propriedades térmicas adequadas e pequena massa. (Site 3DILLA).

Ao observar a lacuna existente na exploração acadêmica da impressão tridimensional, notou-se a possibilidade de elaborar um projeto de pesquisa com foco na disseminação de informações sobre os vários métodos de impressão tridimensional, suas aplicações, características de cada processo e qualidade dos objetos fabricados, podendo servir de inspiração para diversas áreas da produção mecânica, principalmente para aplicações complexas.

4 METODOLOGIA

Para a obtenção de dados para o presente projeto de pesquisa a metodologia consiste em pesquisa bibliográfica digital, como artigos e projetos relacionados, bem como sites de empresas relacionadas à fabricação aditiva (a impressão tridimensional) e revistas tecnológicas, com ênfase às características desses processos, buscando de uma forma geral contextualizar o que é a impressão tridimensional, suas características, vantagens, desvantagens, aplicabilidade e qualidade do produto final.

5 DESENVOLVIMENTO

5.1 CONCEITO

Conforme Alberti, Silva e Oliveira (2014) a manufatura aditiva é a evolução da prototipagem rápida, da mesma forma que cria produto físico a partir de um arquivo

digital próprio, pode também produzir objetos finais. Através da deposição de camadas sem precisar de um molde.

Entre as principais características que diferem a manufatura aditiva e subtrativa, pode-se ressaltar que o objeto a ser produzido precisa necessariamente ser projetado através de um *software* CAD (Computer Aided Design); enquanto na manufatura subtrativa os processos geralmente são manuais, podendo ser auxiliados por programações computadorizadas em caso de máquinas com Comando Numérico Computadorizado (CNC).

5.2 HISTÓRICO

A história da impressão tridimensional começou na década de 1980, no Japão, no Instituto de pesquisas de Nagoya, onde o processo era baseado em polímero fotoendurecido. Conforme o site Usinagem Brasil (2018), os principais acontecimentos para o desenvolvimento da manufatura aditiva são:

- “1981: As primeiras peças de plástico usando a impressão 3D foram produzidas no Japão.
- 1984: Dois inventores registraram a patente do processo esterolitográfico e, no mesmo ano, Chuck Hull, da 3D Systems, registrou outra patente para uma abordagem um pouco diferente e que é usada até hoje.
- 1988: S. Scott Crump, da Stratasys, inventou um método de extrusão de plástico.
- 1993: o MIT desenvolveu o primeiro leito de pó usando os cabeçotes da impressora jato de tinta. O termo impressão 3D começou a ser usado. Nesse mesmo ano, foi desenvolvida uma técnica ponto sobre ponto.
- 1999: O primeiro órgão produzido em laboratório foi implantado em um ser humano.
- O termo manufatura aditiva começou a ser usado na primeira década dos anos 2000.
- As primeiras máquinas de manufatura aditiva para metalurgia do pó surgiram em 2001”

6 TIPOS DE IMPRESSÃO 3D

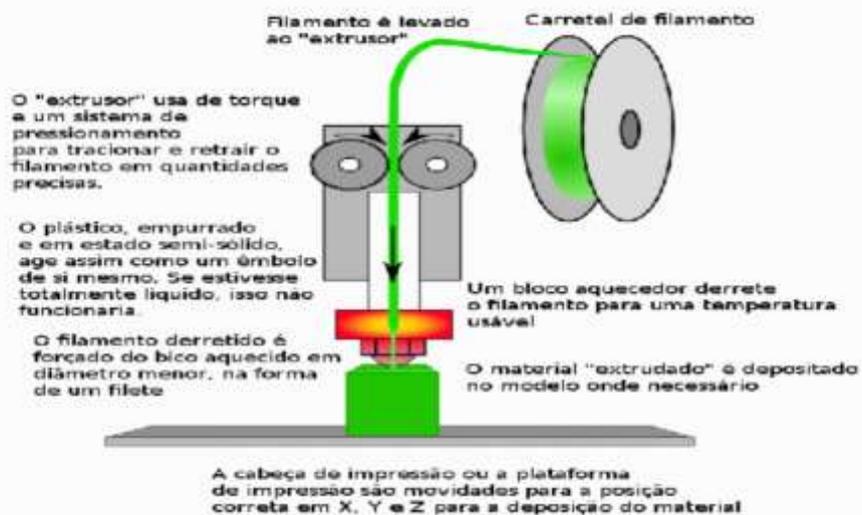
Quando se fala em impressão tridimensional (ou manufatura aditiva), deve-se considerar que existem variadas formas do objeto final ser produzido:

6.1 FABRICAÇÃO POR FILAMENTO FUNDIDO

Essa forma de fabricação também a referida pela sigla FDM, conforme STRATASYS, fabricante de impressoras 3D, trabalha com impressoras 3D próprias para essa forma de fabricação e utiliza termoplásticos para construir peças resistentes e duráveis. Ainda de acordo com a fabricante, uma das vantagens desse método é a criação de objetos com geometrias e cavidades complexas, os quais seriam um problema para ser produzidos através de outros métodos, podem ser fabricados a tecnologia FDM.

O funcionamento dessa tecnologia é bastante simples, o termoplástico a ser usado vem em forma de filamento, a impressora aquece o termoplástico até sua fusão no bico de deposição e o empurra para fora do bico sobre a base da máquina formando parte de uma camada, a base da máquina tem movimentação nos eixos x e y, conforme vemos na figura abaixo.

Figura 1: Fabricação por Filamento Fundido



Fonte: Retirado do site: www.embarcados.com.br/imprimindo-o-mundo-em-uma-impressora-3d/

6.2 ESTEREOLITOGRAFIA

Conforme Coelho; Araujo e Thiré (2018) a estereolitografia, representada pela sigla SLA é um processo que utiliza resina líquida fotopolimerizável como matéria-prima,

a qual através de uma reação química de cura, cada camada depositada desta resina torna-se sólida, conforme pode-se ver na figura abaixo, a principal dificuldade desse método é o fato da resina sofrer processo de contração durante sua cura. Esse processo foi o primeiro processo de impressão 3D, criado em 1986 e patenteado por Charles Hull.

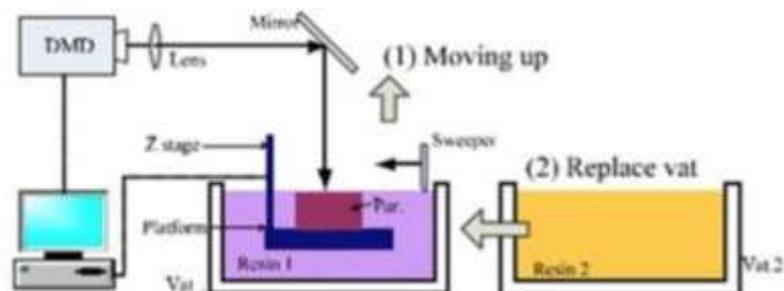
Uma explicação mais detalhada é citada pelo site Hisour como:

“Um plástico fotopolimerizável, por exemplo resina acrílica, epóxi ou viniléster, é curado por um laser em camadas finas (espessura da camada padrão na faixa de 0,05-0,25 mm, na microestereolitografia e até camadas de 1 micron). O procedimento é realizado em um banho preenchido com os monômeros base da resina fotossensível. Após cada etapa, a peça de trabalho é baixada alguns milímetros no líquido e retornada a uma posição que é menor do que a anterior pela quantidade de espessura da camada. O plástico líquido sobre a parte é então passado através de um rodo, igualmente distribuído. Então, um laser, controlado por um computador através de espelhos móveis, viaja na nova camada sobre as superfícies a serem curadas. Após a cura, o próximo passo ocorre, criando gradualmente um modelo tridimensional.”

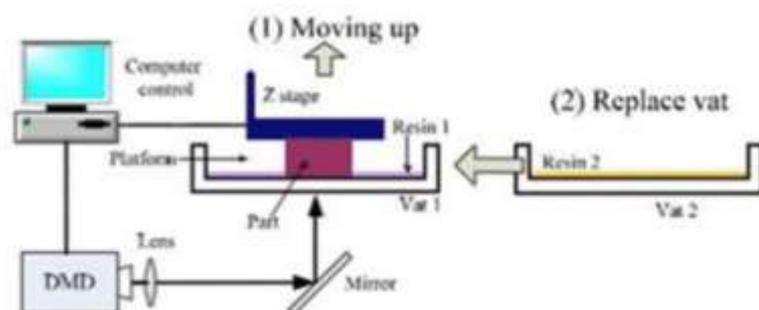
Ainda de acordo com o site esse método de impressão tridimensional é aplicado apenas com polímeros, não sendo assim, aplicado em metais. A principal vantagem desse método está no fato de seus objetos fabricados terem resistência mecânica muito boa, podendo ser usinado posteriormente, em contrapartida seu custo é muito elevado.

Figura 2: Estereolitografia

- **Projection from the top – that is, the light source is located upon the resin vat.**



- **Projection from the bottom - that is, the light source is located below the resin vat.**



Fonte: Retirado do Site: www.embarcados.com

6.3 SINTERIZAÇÃO SELETIVA A LASER

Geralmente é referida pela sigla SLS. De acordo com Borges, 2018, através dessa técnica é possível criar objetos com diferentes materiais, inclusive o nylon. Isso é possível porque o laser utilizado na máquina funde pequenas partículas de um material em pó, o que permite dar forma às camadas da peça, o material usado tem alto custo, mas é compensado pela qualidade do acabamento final e resistência física do objeto.

6.3.1 Conceituando sinterização

De acordo com o Dicionário Priberam, é um termo utilizado na metalurgia e significa: “Operação que consiste na aglomeração e compactação de pós ou partículas muito pequenas, a altas temperaturas, mas abaixo da temperatura de fusão, para obter blocos ou peças sólidas”

6.3.2 Sinterização direta de metal a Laser (DMLS)

Representada pela sigla DMLS, ela consiste em uma câmara onde o pó metálico é depositado camada por camada enquanto um laser o funde criando seu formato desejado sem precisar de um molde, para evitar oxidação do pó, a câmara tem sua atmosfera interior preenchida por gás inerte.

Para Malefane; Preez; Maringá et al (2018) “A sinterização direta a laser de metal (DMLS) usa o princípio de fatiar um sólido modelo 3D de desenho auxiliado por computador (CAD) em várias camadas e, em seguida, usa uma fonte de calor para construir a peça, camada sobre camada”, ainda conforme os autores, a maior vantagem desse método está no fato do desperdício de insumos ser praticamente zero, por esse motivo está ganhando muita aceitação na indústria aeroespacial e médica.

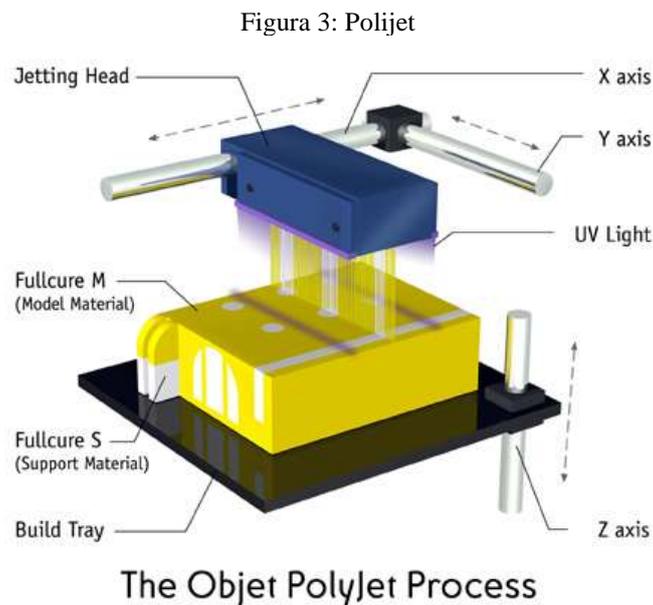
6.3.3 Polyjet

O conceito de Polyjet pode ser definido de acordo com Martínez; Cedeño; Hoyos et al, 2019 como:

“PolyJet é uma poderosa tecnologia de impressão 3D que produz alta precisão, peças suaves, protótipos e ferramentas de acabamento, fornecendo resolução microscópica de camadas e precisão de até 0,01 mm, além de produzir paredes finas e geometrias complexas, oferecendo uma ampla variedade de materiais, algumas vantagens do PolyJet é gerar moldes, guias e fixações, incorporando uma variedade maior de cores.”

Para o site STRASYS, as características dessa tecnologia são a possibilidade de criar protótipos com muitos detalhes, criação de gabaritos com alta precisão, permite criar objetos com formas complexas e pode criar em um único objeto várias cores.

A tecnologia Polijet tem certas semelhanças com a SLA, de acordo com FASNACHT, enquanto as peças fabricadas por SLA precisam de um banho com Álcool, para remover a resina impregnada, a qual é altamente tóxica; as peças fabricadas por Polijet não tem necessidade desse banho, pois essa tecnologia trabalha com uma cabeça de impressão semelhante as de jato de tinta, que distribui a resina somente nos pontos a serem curados por ultravioleta, dessa forma pode criar objetos com velocidade maior e com várias cores, enquanto na tecnologia SLA é possível criar o objeto em apenas uma cor.



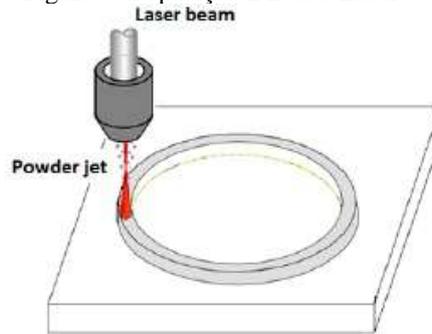
Fonte: Retirado do Site: www.cadimensions.com/sla-vs-polyjet-need-know/

7 A FABRICAÇÃO HÍBRIDA

Como já dito anteriormente a manufatura aditiva tem por vantagens reduzir desperdício de materiais e não precisa de molde físico para produzir seus objetos, mas tem a desvantagem de ser consideravelmente mais lenta na produção em comparação a manufatura subtrativa, além de não conseguir o acabamento preciso que os processos de torneamento e fresamento proporcionam. Para obter o melhor desses dois métodos, foram criadas as máquinas híbridas, conforme Tamsaout; Kheloufi, Amara et al (2017), as máquinas híbridas utilizam métodos de deposição de pó metálico através de um bico

coaxial, chamada de Deposição Direta a Laser, enquanto um laser contido nesse mesmo bico funde as partículas, criando as camadas de forma semelhante a tecnologia FDM, onde o bico de deposição tem movimentação nos eixos x, y e z, conforme pode ser visto na figura abaixo.

Figura 4: Deposição Direta a Laser



Fonte: Retirado de: Tamsaout; Kheloufi, Amara et al (2017)

Após o objeto criar forma é necessário, em partes específicas, acabamento com maior precisão, nessa parte entra a manufatura subtrativa, com ferramentas CNC que farão o acabamento final na superfície.

A figura abaixo mostra parte do processo híbrido onde em uma mesma máquina estão presentes elementos da manufatura aditiva e subtrativa. À esquerda acontece a deposição e fundição do material através do laser. À direita acontece a retirada do material para obter o acabamento de superfície desejado com elementos da manufatura subtrativa.

Figura 5: Processo de Fabricação Híbrido



Fonte: Retirado de: Engeneering Product Design

8 PROCESSO DE CRIAÇÃO DOS OBJETOS ATRAVÉS DE SOFTWARES

CAD

Conforme WishBox Technologies, os passos para a criação do objeto tridimensional a partir de um software 3D são:

- Escolher o software CAD a ser usado;
- Modelar o objeto no software, estando atento a requisitos específicos da tecnologia a ser usada;
- Exportar o arquivo gerado pelo software CAD com formato compatível com a impressora 3D, geralmente em .STL ou .OBJ. Caso seja para usinagem CNC, comumente .STEP ou .IGES;
- Configurar o objeto em um software *slicer*, o qual fará o papel de fatiar a peça para impressão e configurar conforme as limitações da impressora;
- Último passo consiste em enviar o arquivo para a impressora e ela fará o trabalho conforme configurado anteriormente.

9 NECESSIDADE DE TRATAMENTO TÉRMICO EM PEÇAS METÁLICAS

Os objetos produzidos em metal pela manufatura aditiva, naturalmente, são inferiores em resistência mecânica em comparação a manufatura subtrativa, mas tal característica pode ser contornada através de um pós-tratamento térmico, onde conforme Portal Aquecimento Industrial (2017), visa-se reduzir tensões internas, aumentar sua densidade e modificar sua microestrutura garantindo que o objeto tenha suas propriedades desejadas, um exemplo são componentes destinados à aplicações nucleares, aeroespaciais, turbinas a gás, marinhas, ou ainda, médicas as quais necessitam de um tratamento de Compressão Isostática a Quente para eliminar os poros do material.

Conforme uma pesquisa laboratorial desenvolvida por pesquisadores do Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM), em Campinas (SP) mostrou que é possível mexer na microestrutura do aço Maraging 300, o qual é usado na indústria aeroespacial por ser dúctil e ter alta resistência mecânica, utilizando tratamento térmico, embora os resultados dessa pesquisa mostraram que não é possível produzir um aço Maraging idêntico àquele produzido por métodos tradicionais, mas conseguiram uma ductibilidade considerável.

10 LIGAS ESPECIAIS PARA MANUFATURA ADITIVA

Já existem empresas desenvolvendo ligas metálicas especiais para a manufatura aditiva, entre eles destaca-se:

10.1 CUSTALLOY

O grupo EDAG, da Alemanha, conseguiu desenvolver uma nova liga de alumínio própria para ser usado em manufatura aditiva com a fusão do pó metálico – o *CustAlloy*. O objetivo desse novo material é o uso em componentes estruturais na indústria automobilística em larga escala ainda em 2020, mas nenhuma informação sobre valores foi divulgada. (Conforme o site ALUAUTO, 2020)

10.2 A20X

Uma nova liga de alumínio promete ser muito resistente, desenvolvida pela Aeromet, empresa britânica de fundição, em 2019, para ser usada em processos de manufatura aditiva. A liga tem base Alumínio - Cobre com adição de Diboreto de Titânio (TiB₂) e mostrou resistência a tração de 511 Mpa, conforme o site ALUAUTO (2019).

10.3 LIGAS COM MEMÓRIA DE FORMA

Uma pesquisa feita por Gustmann, Santos, Gargarella et al (2017), mostra o desenvolvimento de uma liga especial para ser usada com tecnologia SLS. Essa liga metálica é explicada pelos autores como:

“As ligas com memória de forma (SMAs) são capazes de recuperar uma alteração de forma causada pela deformação plástica no aquecimento acima da temperatura crítica. Esse comportamento é conhecido como efeito memória de forma (SME). Está relacionada à transformação reversível de uma fase de baixa temperatura (martensita) em uma fase de alta temperatura (austenita), que pode ser induzida por estresse ou temperatura”

10.4 LIGAS PARA PRÓTESES ORTOPÉDICAS

Conforme o site Agencia de Notícias CONFAP (2016), próteses ortopédicas de ligas Nb-Ti (nióbio-titânio) e Ti-Nb-Zr (titânio-nióbio-zircônio) fabricadas por fusão seletiva a laser, estão sendo desenvolvidas por Embrapii, em parceria com a Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração (CBMM) que permitirá a fabricação de próteses sob medida e mais semelhantes ao tecido do osso humano, ainda de acordo com o site: *“O projeto, que terá o investimento de R\$ 8,2 milhões, contará com recursos da Embrapii e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp).”*

11 RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme os dados obtidos com essa pesquisa, pode-se ressaltar que a manufatura aditiva ainda está em desenvolvimento, novos materiais estão vindo para serem usados na manufatura aditiva, com isso surgem oportunidades para empresas e entidades relacionadas ao desenvolvimento de novas ligas metálicas específicas para cada tecnologia.

Peças metálicas que antes precisavam necessariamente de um molde para serem produzidas agora podem ser fabricadas sem molde através da manufatura aditiva, embora a resistência mecânica precise ser considerada, já que a microestrutura é diferente daquela obtida por manufatura subtrativa.

A microestrutura do aço pode ser modificada pelo tratamento térmico, mas dificilmente ficará exatamente igual àquela obtida por métodos convencionais.

Em alguns casos, conforme o processo a ser usado, pode ser necessário utilizar material de apoio para poder criar a camada no local desejado, caso esta base de apoio estiver localizada na parte externa do objeto, não seria um problema, pois poderia ser removida posteriormente, a problemática está no fato dessa base de apoio estar no interior do objeto, onde não haveria forma de removê-la posteriormente, ou seja, a manufatura aditiva proporciona a fabricação de geometrias complexas, mas com certas limitações.

Máquinas para impressão 3D de pequeno porte podem ser facilmente encontradas para compra em sites de venda, mas são geralmente para impressão de polímeros com tecnologia FDM, para projetos domésticos.

Essa pesquisa teve caráter informativo para trazer informações gerais que podem ser entendidas por pessoas que nunca tiveram contato com a manufatura aditiva.

REFERÊNCIAS

"**Sinterização**", in Dicionário Priberam da Língua Portuguesa [em linha], 2008-2020, <https://dicionario.priberam.org/sinteriza%C3%A7%C3%A3o> Consultado em 14-05-2020

3DILLA. **Impressão 3D em Metal**. Disponível em: <http://pt.3dilla.com/materiais/metal/> Acesso em: 25 abr. 20.

ALBERTI, E. A.; SILVA, L. J.; D'OLIVEIRA, A. S. C. M. Manufatura Aditiva: o papel da soldagem nesta janela de oportunidade. **Soldagem & Inspeção**: São Paulo, 2014. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-92242014000200011&lang=pt. Acesso em: 22 mai. 20

ALUAUTO. **Aeromet: liga A20X para impressão 3D supera 500 Mpa**. Disponível em: <http://aluauto.com.br/a20x-liga-impressao-3d-500-mpa/> Acesso em: 11 jun. 20.

ALUAUTO. **CustAlloy: liga de alumínio para impressão 3D de peças estruturais**. Disponível em: <http://aluauto.com.br/custalloy-impressao-3d-pecas-estruturais/> Acesso em: 11 jun. 20.

COELHO, A. W. F.; ARAUJO, A. C.; THIRÉ R. M. S. M. **Manufatura Aditiva Por Estereolitografia**: Análise Da Geometria Da Peça E Da Influência Da Posição E Orientação De Fabricação. **Matéria**: Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1517-707620180004.0600> Acesso em: 22 mai. 20

DMLS. Disponível em: <<https://fabricadeprototipos3d.com.br/dmls/>> Acesso em: 15 mai. 20.

Embrapii financia projeto que transformará a produção de próteses ortopédicas. Disponível em: <https://confap.org.br/news/embrapii-financia-projeto-que-transformara-a-producao-de-protese-ortopedicas/> Acesso em: 15 jun. 20

ENGPRINTERS. **Manufatura Aditiva Vs Subtrativa**. Disponível em: <https://engprinters.com.br/manufaturas-aditiva-vs-subtrativas-comparacao-d94/>. Acesso em: 13 mai. 20

FASNACHT, A. **SLA vs. PolyJet: o que você precisa saber**. Disponível em: <https://www.cadimensions.com/blog/sla-vs-polyjet-need-know/>. Acesso em: 17 jun. 20

GUSTMANN T; SANTOS JM dos; GARGARELLA P; KÜHN U; VAN HUMBEECK J; PAULY S. **Properties of Cu-Based Shape-Memory Alloys Prepared by Selective Laser Melting**. 2017. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s40830-016-0088-6>> Acesso em: 15 jun. 20

HISOUR. **Estereolitografia**. Disponível em: <https://www.hisour.com/pt/stereolithography-40605/>. Acesso em: 14 jun. 20

MALEFANE, LB; PREEZ, WB DU; MARINGÁ M.; PLESSIS A. DU. Propriedades de fadiga à tração e de alto ciclo de amostras de Ti6Al4V (ELI) recozidas produzidas por sinterização direta a laser de metal. **Revista Sul-Africana de Engenharia Industrial** (versão online). Pretória, 2018. Disponível em: <http://www.scielo.org.za/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-78902018000300023&lang=pt> Acesso em: 15 mai. 20.

MARTÍNEZ, B. J. B.; CEDEÑO, E. A. L.; HOYOS, J. C. R.; CHAMBA, E. C. D.; YÁNEZ, A. C. Tecnologias de impressão 3D: avaliações de FDM e Polyjet na fabricação de peças automotivas. **Enfoque UTE**: Quito, 2019. Disponível em: <http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-65422019000300013&lang=pt> Acesso em: 15 mai. 20.

SILVEIRA, Débora Priscila. **Como funciona e como surgiu a impressora 3D**. Disponível em: <https://www.oficinadanet.com.br/post/11352-como-funciona-e-como-surgiu-a-impressora-3d>. Acesso em: 25 abr. 20.

STRATASYS. **O que é a Tecnologia FDM?** Disponível em: <https://www.stratasys.com/br/fdm-technology>. Acesso em: 13 mai. 20.

STRATASYS. **O que é a Tecnologia PolyJet?** Disponível em: <https://www.stratasys.com/br/polyjet-technology>. Acesso em: 17 jun. 20

TAMSAOUT T.; KHELOUFI K.; AMARA EH; ARTHUR N; PITYANA S. Modelo CFD do processo de fabricação aditiva a laser de cilindros. **Revista Sul-Africana de Engenharia Industrial**: Pretória, 2017. Disponível em: <http://www.scielo.org.za/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-78902017000300016&lang=pt>. Acesso em: 22 mai. 20

Tratamento Térmico em metais impressos em 3D. Disponível em: <https://www.aquecimentoindustrial.com.br/tratamento-termico-de-metais-impressos-em-3d/>. Acesso em: 5 jun. 20.

Tratamentos térmicos abrem caminho para aço industrial por impressão 3D. **Revista Ferramental**: 2020. Disponível em: <https://www.revistaferramental.com.br/?cod=noticia/tratamentos-termicos-abrem-caminho-para-aco-industrial-por-impressao-3d/> Acesso em: 11 jun. 20.

Um Pouco Da História Da Manufatura Aditiva. Disponível em: http://www.usinagem-brasil.com.br/13122-um-pouco-da-historia-da-manufatura-aditiva/pa-3_Acesso em: 5 jun. 20

WISHBOX. **Softwares CAD para modelagem 3D**: Os mais utilizados. Disponível em: <https://www.wishbox.net.br/blog/softwares-cad-modelagem-3d/#btn-continuar-lendo>. Acesso em: 22 mai. 20