

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**  
**- Plano de Ensino Remoto Emergencial -**

<b>DISCIPLINA:</b> Tópicos Especiais em Engenharia Aeronáutica: Materiais para Manufatura Aditiva			
<b>CÓDIGO:</b> a definir		<b>UNIDADE ACADÊMICA:</b> FEMEC	
<b>PROFESSORES:</b> Leandro João Silva		<b>CH TOTAL TEÓRICA:</b>	<b>CH TOTAL PRÁTICA:</b>
		60	*
<b>OBRIGATORIA:</b> ( )	<b>OPTATIVA:</b> ( X )		<b>CH TOTAL:</b> 60
<b>PRÉ-REQUISITO:</b> Processos de Fabricação Mecânica (FEMEC42073)		<b>NÚMERO DE VAGAS:</b> 30 (ver NOTA-2)	

**NOTA-1:** Disciplina ministrada de forma remota em conformidade a RESOLUÇÃO CONGRAD N° 7/2020, que "Dispõe sobre a instituição, autorização e recomendação de Atividades Acadêmicas Remotas Emergenciais (AARE), em caráter excepcional e facultativo, em razão da epidemia da COVID-19, no âmbito do ensino da Graduação na Universidade Federal de Uberlândia"

**NOTA-2:** Para fins de condução adequada da disciplina adaptada a AARE, a quantidade de alunos matriculados deve se limitar a 30, o que permitirá o acompanhamento satisfatório dos mesmos ao longo do conteúdo durante as nove semanas de curso. Das 30 vagas, 10 poderão ser ofertadas aos cursos de graduação em engenharia mecânica e de graduação em engenharia mecatrônica, caso não sejam preenchidas por alunos do curso de graduação em engenharia aeronáutica.

**EMENTA**

Introdução à manufatura aditiva. Visão geral sobre materiais para manufatura aditiva. Processabilidade de materiais metálicos pelas principais técnicas de manufatura aditiva. A importância da qualidade da matéria prima utilizada em manufatura aditiva. Pós processamento para obter desempenho. Inspeção e controle de qualidade. Restrições de manufatura aditiva. Perspectivas futuras para materiais na manufatura aditiva.

## JUSTIFICATIVA

A Manufatura Aditiva (MA) vem ganhando espaço no cenário da fabricação moderna, particularmente na indústria aeroespacial devido a possibilidade de fabricação de componentes mais leves, o que se reflete em aeronaves mais eficientes e sustentáveis. Os materiais desempenham um papel fundamental, principalmente ao se considerar aplicações de engenharia, e devem ter características específicas para MA. Dessa forma, apresentar, discutir e consolidar as principais características dos materiais para MA é fundamental para preparar os futuros engenheiros para essa rota de fabricação emergente.

## OBJETIVO

O objetivo da disciplina é propiciar ao aluno, ao final do curso, compreensão dos conceitos fundamentais e familiaridade com a terminologia e normatização aplicados à manufatura aditiva, bem como conhecimento sobre os materiais utilizados nessa nova rota de fabricação e suas peculiaridades.

## DESCRIÇÃO DO PROGRAMA

### 1-Introdução à manufatura aditiva:

*Conceitos fundamentais e terminologias;*

*Histórico: da prototipagem rápida a fabricação de peças funcionais;*

*Aplicações de engenharia;*

*Normas aplicáveis (ISO/ASTM e ABNT).*

### 2-Visão geral sobre materiais para manufatura aditiva:

*Metais;*

*Polímeros;*

*Cerâmicos;*

*Compósitos.*

### 3-Principais Técnicas de manufatura aditiva de metais:

*Fusão seletiva em leito de pó (PBF);*

*Deposição com energia direcionada (DED);*

*Processos não térmicos (Binder Jetting e Fused Deposition Modeling).*

### 4-Processabilidade de materiais metálicos:

*Correlação com processos convencionais de fabricação;*

*Mapas de processamento;*

*Técnicas de otimização.*

5-A importância da qualidade da matéria prima utilizada em manufatura aditiva:

*Características de pós metálicos (PBF e BJ);*

*Características de arames (DED).*

6-Conceitos básicos de projeto para manufatura aditiva:

*Restrições de manufatura aditiva;*

*Projeto para funcionalidade;*

*Conceitos básicos de otimização topológica.*

7-Pós processamento para desempenho (requisitos normativos):

*Alívio de tensões;*

*Tratamentos térmicos;*

*Prensagem isostática a quente (HIP);*

*Técnicas de acabamento superficial (químicas e mecânicas).*

8-Inspeção e controle de qualidade:

*Ensaio destrutivo e não destrutivo aplicados à manufatura aditiva.*

9-Descontinuidade X Defeito:

*Defeitos típicos de MA;*

*Critérios de aceitação em função da aplicação.*

10-Perspectivas futuras para materiais de manufatura aditiva:

*Revisão de trabalhos recentes publicados em revistas de alto impacto.*

11-Estudos de casos:

*Exemplos de componentes fabricados por diferentes rotas de manufatura aditiva.*

## METODOLOGIA

**Atividades síncronas (18 h-aula em 9 semanas, sendo 2h-aula/semana de 50 min cada = 15 horas):**

O conteúdo programático será desenvolvido através de aulas expositivas e dialogadas, onde o professor utilizará como ferramenta o *Google Classroom*. A facilidade de uso dessa ferramenta em navegadores de Internet em diferentes dispositivos (desktops, notebooks, tablets e celulares) é o motivo da sua escolha. Horário: quarta entre 8:50 e 9:40h.

**Atividades assíncronas (54 h-aula em 9 semanas = 45 horas):** Todas as atividades síncronas serão gravadas e posteriormente disponibilizadas aos alunos como meio de mitigar eventuais problemas com

conexão de Internet. Acesso/estudo de material de apoio que será disponibilizado pelo professor via *Google Drive*. Resolução de exercícios associados aos conteúdos ministrados em cada semana. Acesso a *Webinar* e *Podcasts* indicados pelo professor em plataformas acessíveis como *Youtube*. Resolução de desafio baseados em estudos de casos, onde o professor enviará uma especificação hipotética para fabricação de um componente (aplicação, geometria, processo, material, pós-processamento etc.) e o aluno será instigado a identificar eventuais problemas nessa especificação e propor soluções com base nos conceitos adquiridos durante a disciplina.

## AVALIAÇÃO

**Atividades síncronas:** Participação nas aulas (20)

**Atividades assíncronas:** Questionários (30), Relatório de webinar (20), Resolução de desafio (30)

**Pontuação total:** 100 pontos

## BIBLIOGRAFIA

Chee Kai Chua, Chee How Wong and Wai Yee Yeong. Standards, Quality Control, and Measurement Sciences in 3D Printing and Additive Manufacturing. 268p, Elsevier, 2017.

John Milewski. Additive Manufacturing of Metals: From Fundamental Technology to Rocket Nozzles, Medical Implants, and Custom Jewelry. 351p, Springer, 2017.

Andreas Gebhardt and Jan-Steffen Hötter, Additive Manufacturing: 3D Printing for Prototyping and Manufacturing. 600p, Carl Hanser Verlag, 2015.

Ian Gibson, David Rosen, Brent Stucker. Additive Manufacturing Technologies Rapid Prototyping to Direct Digital Manufacturing. 473p, Springer, 2010.

Neri Volpato. Manufatura Aditiva: Tecnologias e Aplicações da Impressão 3D. 400p, Blucher, 2017.

ISO/ASTM 52900, Standard Terminology for Additive Manufacturing - General Principles - Terminology, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2015.

ASTM F3187-16, Standard Guide for Directed Energy Deposition of Metals, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2016.

ASTM F3049, Standard Guide for Characterizing Properties of Metal Powders Used for Additive Manufacturing Processes, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2014.

Debroy, T., Wei, H.L., Zuback, J.S., Mukherjee, T., Elmer, J.W., Milewski, J.O., Beese, A.M., Wilson-heid, A., De, A., Zhang, W., 2018. "Progress in materials science additive manufacturing of metallic components – process, structure and properties". Progress in Materials Science, Vol. 92, pp. 112–224.

Ding, D., Pan, Z., Cuiuri, D., Li, H., 2015. "Wire-feed additive manufacturing of metal components: technologies, developments and future interests". The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. Vol. 81, pp. 465–481.

Herzog, D., Seyda, V., Wycisk, E., Emmelmann, C., 2016. "Additive manufacturing of metals". Acta Materialia. Vol. 117, pp. 371–392.

Williams, S.W., Martina, F., Addison, A.C., Ding, J., Pardal, G., Colegrove, P., 2016. "Wire + arc additive manufacturing". Materials Science and Technology. Vol. 32, pp. 641–647.

## APROVAÇÃO

**Aprovado em reunião do colegiado realizada em:** \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

**Coordenação do curso de Graduação em:** \_\_\_\_\_