



## MANUFATURA ADITIVA: PROPOSTA DE UM CURSO DE EXTENSÃO ONLINE E GRATUITO

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2022.3889

Miguel Angel Calle Gonzales - miguel.calle@ufabc.edu.br  
Universidade Federal do ABC

**Resumo:** A Manufatura Aditiva é um conjunto de tecnologias de fabricação digital pouco exploradas no Brasil, mas cada vez mais presentes na Europa e América do Norte nos últimos anos. Ela é considerada uma das tecnologias fundamentais da quarta revolução industrial (Indústria 4.0) pelo seu enorme potencial de crescimento e competitividade em setores do mercado com fortes tendências de customização, prototipagem, uso de materiais inteligentes e otimização funcional como nas áreas médica, aeroespacial, automobilística, etc. Contudo, para fazer uso destas tecnologias, o profissional de engenharia precisa contar com uma capacitação adequada que muitas vezes não é acessível por causa do local e do preço dos cursos disponíveis no mercado. Aqui é apresentada uma proposta de curso de extensão online e gratuito sobre os princípios básicos das tecnologias de manufatura aditiva e as ferramentas para sua aplicação prática. Também é comentada a experiência da primeira edição do curso em 2021, não só descrevendo a metodologia, plataforma e conteúdo do curso, mas também a percepção dos participantes em relação à qualidade do curso e relevância nas suas trajetórias profissionais.

**Palavras-chave:** manufatura aditiva, impressão 3D, curso de extensão, educação gratuita, educação a distância



## MANUFATURA ADITIVA: PROPOSTA DE UM CURSO DE EXTENSÃO ONLINE E GRATUITO

### 1 INTRODUÇÃO

Nos dias de hoje, a manufatura aditiva é uma tecnologia que vem crescendo na Europa e América do Norte, e um dos principais motivos é que as empresas que adotam estas tecnologias estão obtendo um aumento no retorno sobre o investimento. Isso se deve ao alto grau de eficiência, precisão, customização e funcionalidade oferecidas pelas tecnologias de manufatura aditiva, permitindo a fabricação de peças complexas, antes impossíveis em sistemas de produção tradicionais suportados por tecnologias subtrativas.

A grande revolução que traz as tecnologias de manufatura aditiva jaz no potencial de alterar aspectos da produção, cadeia de suprimentos, manutenção, desenvolvimento de produtos e, inclusive, economia global. É por isso que a manufatura aditiva é considerada uma das tecnologias fundamentais da quarta revolução industrial, também denominada de Indústria 4.0.

Nos últimos vinte anos, estas tecnologias migraram da prototipagem rápida para a manufatura digital direta. Nesse cenário evolutivo, onde hardware e software se combinam, impera a constante disseminação e desenvolvimento de novas tecnologias de manufatura aditiva e ferramentas computacionais para sua aplicação. Porém, cada uma destas tecnologias apresenta vantagens e desvantagens que podem ser adequadas ou não, dependendo dos critérios competitivos priorizados no sistema de produção em análise. Na Figura 1 é apresentada a classificação oficial das tecnologias de manufatura aditiva segundo as normas ISO/ASTM 52900 (2015).

Estas tecnologias de manufatura aditiva não aparecem como uma alternativa para substituir o modelo de produção em massa tradicional, mas sim como complemento possibilitando certas aplicações que requerem, por exemplo, alta customização na fabricação de próteses na área médica, componentes com um alto grau de liberdade no design como estruturas aeronáuticas de design orgânico e otimizadas para minimizar o peso e aumentar a resistência mecânica, entre outras aplicações.

O uso industrial das tecnologias de manufatura aditiva no Brasil é ainda muito incipiente e indireto, sendo sua maior aplicação no uso de acessórios para auxiliar outros processos de fabricação (soldagem, usinagem, montagem, etc.) que são fabricados por impressão 3D (Fabricação por Filamento Fundido = FFF) pelo baixo custo e simplicidade deste tipo de equipamento. Muito do grande potencial destas tecnologias acabam não sendo utilizados na realidade nacional pelo alto custo das máquinas e matéria prima das outras tecnologias de manufatura aditiva, mas especialmente pela falta de capacitação dos profissionais brasileiros para explorar plenamente o potencial destas tecnologias.

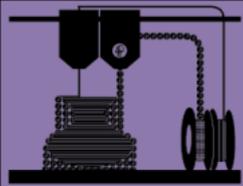
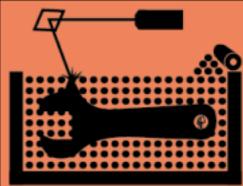
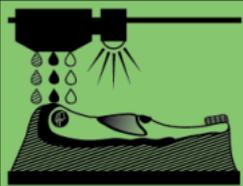
A impressão 3D está sendo cada vez mais integrada nos currículos de engenharia em universidades de todo o mundo (Stern et al., 2019; Borgianni et al., 2019; Deloitte, 2019), não somente porque ela transpõe o procedimento básico das tecnologias de manufatura aditiva usadas industrialmente, mas também pela crescente demanda de profissionais capacitados nos próximos anos em vista das tecnologias de manufatura aditiva ser um dos pilares da Indústria 4.0 (ComCiência, 2018; Revista Fapesp, 2019; EdTech, 2019; Motyl e Filippi, 2020; Betim et al., 2020).

A manufatura aditiva é considerada uma tecnologia de fabricação digital porque a maioria das etapas envolvidas são processadas computacionalmente como modelamento

sólido (CAD), digitalização (escaneamento 3D), fatiamento (geração de código G), simulação de tensões residuais induzidas na fabricação, simulação de trajetória de ferramenta de fabricação (CAM) entre outras etapas.

Assim, o profissional que trabalhar nesta área precisa contar com os conhecimentos necessários para estar familiarizado com as etapas do processo, as ferramentas computacionais para sua implementação assim como avaliar tecnicamente se a aplicação destas tecnologias é adequada técnica e economicamente. Por isso a importância de cada vez mais contar com cursos de capacitação no Brasil nesta área.

Figura 1 – Classificação das tecnologias de manufatura aditiva segundo norma ISO/ASTM 52900.

			
<b>EXTRUSÃO DE MATERIAL</b>	<b>FOTOPOLIMERIZAÇÃO EM CUBA</b>	<b>FUSÃO EM LEITO DE PÓ</b>	<b>JATEAMENTO DE MATERIAL</b>
<b>Nomes alternativos:</b> FFF - Fused Filament Fabrication FDM™ - Fused Deposition Modeling	<b>Nomes alternativos:</b> SLA™ - Stereolithography Apparatus DLP™ - Digital Light Processing SPP™ - Scan, Spin, and Selectively Photocure CLIP™ - Continuous Liquid Interface Production	<b>Nomes alternativos:</b> SLS™ - Selective Laser Sintering; DMLS™ - Direct Metal Laser Sintering; SLM™ - Selective Laser Melting; EBM™ - Electron Beam Melting; SHS™ - Selective Heat Sintering; MJF™ - Multi-Jet Fusion	<b>Nomes alternativos:</b> PolyJet™ SCP™ - Smooth Curvatures Printing MJM - Multi-Jet Modeling ProJet™
			
<b>JATEAMENTO DE AGLUTINANTE</b>	<b>ADIÇÃO DE LÂMINAS</b>	<b>DEPOSIÇÃO COM ENERGIA DIRECIONADA</b>	
<b>Nomes alternativos:</b> 3DP™ - 3D Printing ExOne Voxeljet	<b>Nomes alternativos:</b> LOM - Laminated Object Manufacture SDL - Selective Deposition Lamination UAM - Ultrasonic Additive Manufacturing	<b>Nomes alternativos:</b> LMD - Laser Metal Deposition LENS™ - Laser Engineered Net Shaping	

Fonte: criado por Hybrid Manufacturing Technologies e adaptado/traduzido pelo autor

## 2 ESTRUTURA E PLATAFORMA DO CURSO

### 2.1 Generalidades

O principal objetivo da proposta do curso de extensão sobre as tecnologias de manufatura aditiva é de contribuir para a formação de profissionais que serão capacitados para atuarem em projetos que envolvam tecnologias de manufatura aditiva ou, inclusive, para detectar oportunidades para sua implementação. Ao final do curso o participante deverá estar capacitado para poder desenvolver um projeto de fabricação/produção de um componente por manufatura aditiva escolhendo o processo adequado, tendo ideias gerais dos princípios de design de componentes e saber como conseguir fabricá-lo. O participante também deverá ser capaz de identificar quando (e quando não) a manufatura aditiva possa ser mais adequada na produção de certos componentes ou partes quando comparada com outros métodos de manufatura tradicionais.

Levando em conta que o curso é online e gratuito (AM2021), se espera que este curso possa habilitar e incentivar estudantes, profissionais e hobbistas de todo o Brasil para



começar a interagir ou, inclusive, trabalhar com tecnologias de manufatura aditiva na indústria, na pesquisa científica o até de forma recreativa.

## 2.2 Estrutura do curso

A estrutura do curso consiste basicamente em dez (10) aulas, ministradas considerando uma aula por semana. Um grande diferencial deste curso em comparação de outros sobre as tecnologias de manufatura aditiva oferecidos no mercado é de não somente apresentar os fundamentos das principais tecnologias de manufatura aditiva (aquí chamadas de aulas teóricas: aulas 1-5), mas também as ferramentas para identificação de oportunidades de aplicação no ambiente de trabalho, fluxo de trabalho no uso de software dedicados, considerações de design e princípios de otimização estrutural (chamadas de aulas práticas: aulas 6-10). A parte teórica deste curso foi baseada em livros de referência (Volpato, 2017; Gibson et. Al., 2010; Yang et al., 2017) assim como no material do curso Advanced Manufacturing que o autor atendeu no Laboratório de Design Digital (ADDLab) da Universidade Aalto durante sua estadia na Finlândia entre os anos 2018-2019. Por causa das contínuas inovações nas tecnologias de manufatura aditiva, a parte prática do curso foi desenvolvida baseada em diversas fontes na internet envolvendo basicamente websites de fornecedores de tecnologias, revistas tecnológicas e artigos científicos.

Quadro 1 – Conteúdo detalhado de cada aula

Aula	Tema	Conteúdo
1	Introdução à manufatura aditiva	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apresentação da disciplina</li> <li>• Breve histórico</li> <li>• Prototipagem rápida</li> <li>• Princípios da manufatura aditiva</li> <li>• Tecnologias de manufatura aditiva</li> </ul>
2	Processos de extrusão de material	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Princípios básicos</li> <li>• Características construtivas</li> <li>• Processo de impressão</li> <li>• Materiais</li> <li>• Tecnologias derivadas</li> </ul>
3	Processos de fotopolimerização em cuba	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Princípios básicos</li> <li>• Características construtivas</li> <li>• Fotopolimerização</li> <li>• Aspectos de impressão</li> <li>• Materiais</li> </ul>
4	Processos de fusão em leito de pó	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generalidades</li> <li>• Sinterização a laser</li> <li>• Fusão a laser</li> <li>• Fusão por feixe de elétrons</li> <li>• Aspectos do processo</li> </ul>
5	Outros processos de manufatura aditiva	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jateamento de material</li> <li>• Jateamento de aglutinante</li> <li>• Adição de lâminas</li> <li>• Deposição com energia direta</li> </ul>
6	Aplicações da manufatura aditiva nos dias de hoje	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicações tecnológicas: Fabricação final de peças</li> <li>• Aplicações tecnológicas: Fabricação de ferramental</li> <li>• Aplicações na área da saúde e tecnologias assistivas</li> <li>• Aplicações na reconstrução histórica</li> <li>• Uso hobbista</li> </ul>
7	O papel do software na manufatura aditiva	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conceitos básicos</li> <li>• Formato de arquivo</li> <li>• Processo de impressão 3D</li> </ul>



		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Simulação de fusão em leito de pó</li> </ul>
8	Design para manufatura aditiva	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generalidades</li> <li>• Design para extrusão de material</li> <li>• Design para fusão em leito de pó</li> </ul>
9	Design heurístico para manufatura aditiva	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conceitos básicos</li> <li>• Aspectos de Design Heurístico</li> </ul>
10	Otimização estrutural	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Otimização topológica</li> <li>• Design Generativo</li> <li>• Estruturas celulares</li> </ul>

Fonte: próprio autor

### 2.3 Metodologia de ensino

O curso é proposto para ser atendido de forma remota, de forma completamente assíncrona, por meio de website desenvolvido especificamente para essa finalidade chamada aqui de plataforma de aulas. Nessa plataforma, as aulas são liberadas semanalmente de acordo com o calendário de aulas. A estrutura da plataforma do curso de extensão segue a mesma organização usada para disciplinas regulares de graduação ministradas de forma remota pelo autor a qual mostrou uma grande aceitação por parte dos alunos universitários por se mostrar claro, prático, intuitivo e esteticamente bonito.

Para garantir a assiduidade dos participantes no curso e avaliar a compreensão do conteúdo das aulas, no final de cada aula um questionário em forma de formulário google (que vale 10 pontos), é disponibilizado para ser respondido com questões ligadas a cada aula e que representarão nota na avaliação total na disciplina. A avaliação da disciplina é dada pela média de todas as notas obtidas nos questionários e a nota mínima para ser aprovado no curso é de 7,0. A certificação do participante aprovado no curso é realizada inteiramente pela universidade.

A comunicação entre o professor e os participantes do curso é atendida por meio de um grupo WhatsApp que também acabou dando muito certo na comunicação com alunos em disciplinas de graduação ministradas remotamente. É por este meio que serão lançados comunicados de interesse geral da turma assim como dissipar dúvidas e questões que são também de interesse de toda a turma. Já questões que são unicamente de interesse particular de um participante, são atendidas por e-mail institucional do professor.

### 2.4 Plataforma online do curso

A plataforma de aulas consiste numa página web principal que conta com todas as informações relacionadas à disciplina (nome, professor, e-mail de contato, duração, carga horária, horário, código, notas parciais e fórum de comunicação) e com a informação e enlaces para todas as aulas (organizadas de forma cronológica) os quais são liberadas à medida que transcorre o curso de acordo com o calendário de aulas (Fig. 1a).

Figura 2 – Plataforma de aulas a distância: (a) página de entrada e (b) página de primeira aula.

**Curso de Extensão UFABC** Manufatura Aditiva

## Manufatura Aditiva

Plataforma das aulas a distância

**(a)**

**Informações do curso:**  
 Turma: AM2021 - notas  
 Liberação de aulas: Quintas feiras às 19h  
[Divulgação e informações gerais](#)  
[Critério de avaliação](#)  
[Extensão AM2021 UFABC](#)

**Fórum de comunicação e dúvidas:**

**Curso de Extensão certificado pela:**

**Organizador:**  
 Miguel Angel Calle Gonzales, Prof. Dr. (Lia) (miguel.calle@ufabc.edu.br)

**Colaboradores:**  
 Jorge Vicente Lopes da Silva, Prof. Dr. Diretor  
 Pedro Yoshito Noritomi, Prof. Dr. (CTI Renato Archer)  
 Paulo Interpatti Neto, M.Sc. (CTI Renato Archer)  
 Mika Salmi, Prof. Dr. Diretor (AADLab - Aalto University)

**Menu de Navegação:**  
 Apresentação  
 MA01- Introdução  
 MA02- Extrusão de material  
 MA03- Fotopolimerização  
 MA04- Fusão em leito de pó  
 MA05- Outras técnicas  
 Metadoccurso  
 MA06- Aplicações AM  
 MA07- Software AM  
 MA08- Design AM  
 MA09- Design Heurístico  
 MA10- Otimização  
 Fim do curso

**Apresentação do curso**

**Conteúdo:**  
 Apresentação da disciplina  
 Apresentador do professor

**Atividades:**  
 Assistir vídeo-apresentação  
 Responder enquete

**Liberação:**  
 Quinta-feira 27/05/2021 às 19:00  
**Encerramento:**  
 Quinta-feira 10/06/2021 às 19:00

**Aulas liberadas**

**Semana 1: Introdução**

**Conteúdo:**  
 Conceitos básicos  
 Breve histórico  
 Prototipagem rápida  
 Princípios de Manufatura Aditiva  
 Tecnologias de Manufatura Aditiva

**Atividades:**  
 Assistir vídeo-aula  
 Responder questionário #1

**Liberação:**  
 Quinta-feira 27/05/2021 às 19:00  
**Encerramento:**  
 Quinta-feira 27/05/2021 às 19:00

**Aulas liberadas**

**Semana 2: Processos de extrusão de material**

**Conteúdo:**  
 Princípios básicos  
 Características construtivas  
 Processo de impressão  
 Materiais  
 Tecnologias derivadas

**Atividades:**  
 Assistir vídeo-aula  
 Responder questionário #2

**Liberação:**  
 Quinta-feira 05/06/2021 às 19:00  
**Encerramento:**  
 Quinta-feira 12/06/2021 às 19:00

**Aulas liberadas**

**Semana 3: Processos de fotopolimerização em cuba**

**Curso de Extensão UFABC** Manufatura Aditiva

## Introdução à Manufatura Aditiva

**(b)**

**Video-aulas**

**1- Conceitos básicos (18'13")**  
 Primórdios da fabricação, manufatura tradicional, manufatura aditiva, tenacidade no mercado e indústria 4.0

**2- Breve histórico (18'41")**  
 Tecnologias precursoras à manufatura aditiva, primeira patente e tendências tecnológicas

**3- Prototipagem rápida (7'50")**  
 Definição de prototipagem rápida, importância, aplicações e tecnologias

**4- Princípios de Manufatura Aditiva (21'04")**  
 Terminologia para manufatura aditiva, suas vantagens e principais etapas na sua implementação

**5- Tecnologias de Manufatura Aditiva (21'26")**  
 Breve apresentação das sete tecnologias de manufatura aditiva de acordo com a classificação da ISO

**Questionário #1**

**Material complementar**

**Conheça o CTI Renato Archer (5'32")**  
 Visita ao laboratório de tecnologias de Manufatura Aditiva do CTI Renato Archer em Campinas

**Manufacturing the future (7'05")**  
 Diversos aspectos da manufatura aditiva e a próxima revolução na forma que fabricamos as coisas

**The 3D printing revolution | DW Documentary (25'55")**  
 Documentário sobre tecnologias de manufatura aditiva e suas implicações no momento atual

Fonte: Imagens próprias do autor

Quando as aulas são liberadas, subpáginas são habilitadas com material de cada aula. Esse material envolve as videoaulas em forma de vídeos curtos (vídeos armazenados no Youtube), detalhado com informações de conteúdo e duração das videoaulas, e o enlace para o formulário google de avaliação da aula (Fig. 1b). O site conta também com menu de acesso rápido às aulas já liberadas (canto superior direito mostrado em Fig. 1a). Além disso, a subpágina também traz informação complementar ao tema da aula em forma de vídeos, websites, documentos e tutoriais para o participante se aprofundar. Esta plataforma foi desenvolvida no google site de maneira que possa ser acessada desde computador desktop, tablet ou inclusive smartfone.

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 Primeira edição do curso

Na primeira edição do curso, lançado em 2021, tiveram um total de 132 participantes inscritos na plataforma da universidade aos quais foram disponibilizadas o website para a plataforma das aulas à distância, o enlace com convite para o grupo Whatsapp do curso e um vídeo de boas vindas apresentando o curso, a plataforma das aulas, o grupo Whatsapp e o sistema de avaliação.



O grupo WhatsApp contou até a última semana do curso com 105 participantes. A participação dos alunos no grupo consistiu mais para esclarecimento de dúvidas em relação ao conteúdo, correção de bugs identificados por alunos no site da disciplina e nos formulários, postagens de alunos compartilhando novidades sobre manufatura aditiva detectados na internet, publicação de gabaritos, comentários de alunos sobre gabaritos de questões, apoio e suporte praticados entre alunos em relação ao uso da plataforma, publicação de eventos relacionados a manufatura aditiva e questões dos alunos relacionadas a estes eventos. A implementação do grupo Whatsapp se mostrou importante e imprescindível para o desenvolvimento do curso.

Em relação aos formulários google implementados para avaliação do desempenho dos participantes, o formulário da primeira aula foi respondido por um total de 103 participantes que representa quase 80% do total dos participantes inscritos no curso, este número decaiu ao longo do curso (mais abruptamente no início) chegando a 81 participantes no questionário final. Destes participantes, todos conseguiram aprovar o curso baseado nos questionários mostrando uma boa adesão geral do curso.

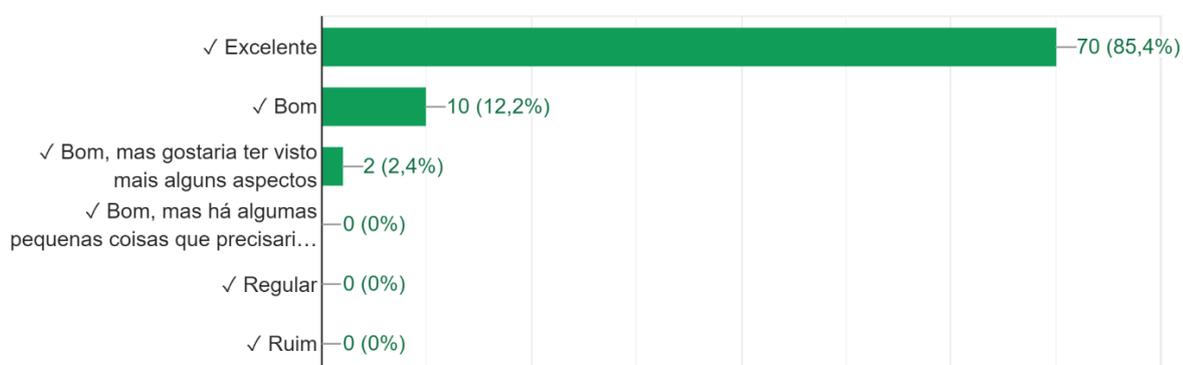
### 3.2 Percepção dos participantes sobre o curso

Nesta primeira edição do curso foram elaboradas três enquetes (no começo, meio e fim do curso) para avaliar a apreciação dos participantes em relação à metodologia do curso e orientar o seu desenvolvimento. Estas enquetes davam uns pontos adicionais aos formulários das aulas para assim incentivar seu preenchimento. A informação coletada por meio das enquetes é comentada a seguir.

**Público:** A grande maioria dos participantes do curso de extensão foram estudantes de graduação (representando 75% dos participantes) que desejavam aprimorar seus conhecimentos em impressão 3D para usar nos seus trabalhos de pesquisa, como especialização para ter mais oportunidades de trabalho, por curiosidade e por hobby. Também o público foi formado por alunos de pós-graduação (8%), professores (6%) e profissionais da área técnica e de engenharia (6%). 95% dos participantes residiam no estado de São Paulo e o resto vinham de outras partes do Brasil (SC, ES e MG).

**Percepção de conteúdo:** Foi questionado como os participantes percebiam o conteúdo ministrado na primeira metade do curso. 85% dos participantes acharam o conteúdo excelente e 12% bom. Não houve participantes que achassem o curso regular ou ruim.

Figura 3 – Estatísticas sobre como os participantes percebem o conteúdo do curso.

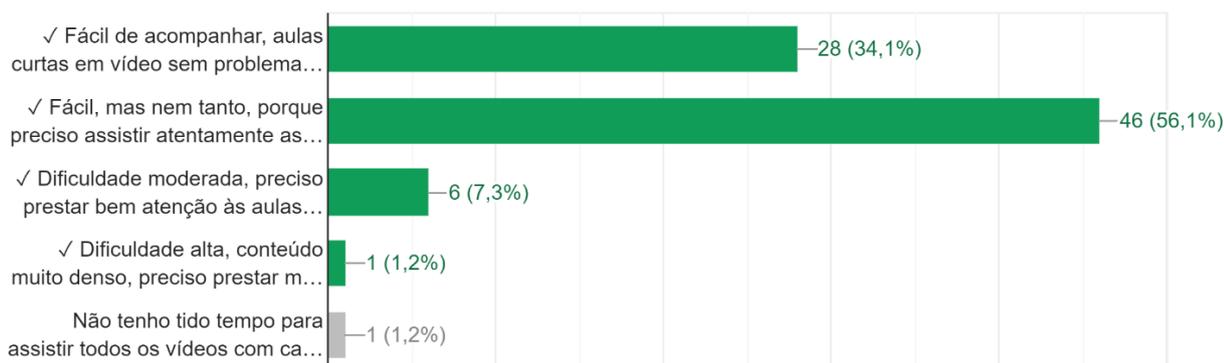


Fonte: Gráficos gerados pelo autor



Dificuldade de acompanhamento do curso: Por outro lado, em relação à dificuldade para acompanhar o curso, a maior parte dos participantes (56%) consideraram que precisavam prestar bastante atenção às aulas de forma isolada em relação a outras atividades ligadas aos estudos ou trabalho. Por outro lado, uma boa parte dos participantes considerava fácil de acompanhar as aulas (34%) de forma que conseguiam assisti-las em paralelo com outras atividades e poucos acharam uma dificuldade moderada ou alta para acompanhar as aulas (8%).

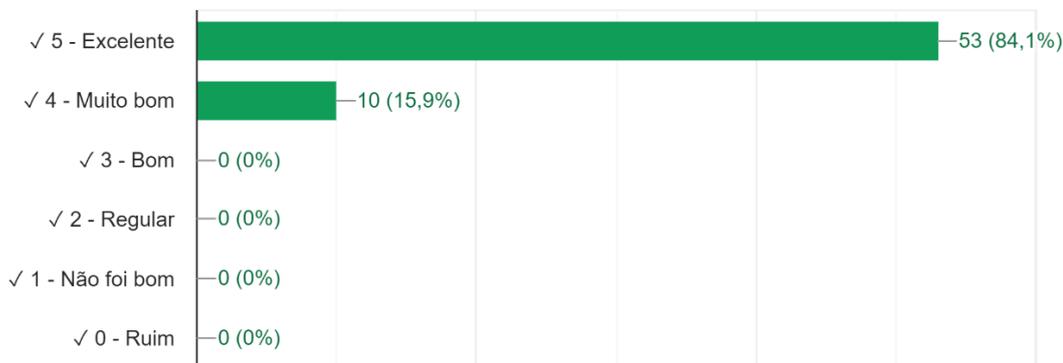
Figura 4 – Estatísticas sobre como os participantes acharam o acompanhamento do curso.



Fonte: Gráficos gerados pelo autor

Qualificação geral do curso: No final do curso, a maior parte dos alunos qualificaram o curso como excelente (84%) ou muito bom (16%) o que por si foi uma grande satisfação para o proponente da ação de extensão. Vale complementar que praticamente todos os participantes desejam ser informados por e-mail de novos cursos desenvolvidos pelo professor coordenador desta ação de extensão inclusive sugerindo temas de cursos como ferramentas computacionais CAE, otimização topológica, design de componentes fabricados por manufatura aditiva e cursos práticos 100% sobre impressão 3D.

Figura 5 – Estatísticas sobre como os participantes qualificaram o curso.



Fonte: Gráficos gerados pelo autor

Alcance do público: Também foi perguntado aos participantes se o curso tivesse sido presencial, teria participado? Ainda que a maioria confirmasse que teria arrumado um tempo para levar as aulas de forma presencial (33%), ainda que teria sido difícil (40%) e que teria faltado a algumas aulas por questão de horário (19%), uma boa parte dos participantes reconheceu que não teria levado o curso por diversas questões principalmente



por problema com a distância (14%) ou simplesmente porque teria preferido levar o curso na comodidade da própria casa (13%).

### 3.3 Comentários dos participantes

Os comentários dos participantes sobre o curso levantados na enquete final transparecem basicamente a qualidade do conteúdo ministrado e a metodologia acertada. Foram em total mais de 80 comentários postados, dentre os quais podem ser destacados vários aspectos importantes de contribuição do curso:

- Visão geral: em geral, ampliou a visão dos participantes em relação ao que conheciam sobre as tecnologias de manufatura aditiva que era limitada à impressão 3D;
- Conteúdo do curso: consideraram os temas das aulas bem interessantes, atualizadas, completas, bem estruturadas, de boa qualidade e bem abrangente;
- Aulas práticas: a parceria com CTI Renato Archer contribuiu muito na qualidade do curso trazendo exemplos práticos de uso das tecnologias que foi muito valorizada pelos participantes;
- Metodologia: apesar da densidade do conteúdo passado nas aulas, os participantes acharam a didática das aulas simples, organizada, leve, clara e acessível muito por causa dos vídeos de curta duração;
- Comunicação: participantes acharam professor muito prestativo e atencioso;
- Motivação: muitos participantes ficaram motivados a comprar impressora 3D no curto prazo e baixar programas CAD focados em técnicas de otimização topológica e design generativo;
- Experiência: muitos participantes mencionaram a relevância do curso nas suas trajetórias profissionais e pesquisas científicas.

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente trabalho foram apresentados em detalhe o desenvolvimento e os resultados obtidos no curso de extensão sobre manufatura aditiva na sua primeira edição em 2021 ministrado gratuitamente e de forma remota pela Universidade Federal do ABC. Os resultados foram elaborados baseados na percepção dos participantes do curso obtida por meio de enquetes ao longo do curso.

Baseado nas informações das enquetes, o curso foi avaliado positivamente pelos participantes destacando principalmente a qualidade e originalidade do conteúdo do curso, a didática clara, leve e organizada que facilitou a transferência de conhecimentos para os participantes assim como a boa comunicação entre professor e participantes. Assim também esta edição pode ser considerada bem sucedida especialmente porque, segundo grande parte dos participantes, ela significou uma experiência importante na trajetória profissional motivando inclusive um contínuo interesse no tema.

Vale mencionar também que a proposta de um curso de extensão gratuito e online sobre manufatura aditiva, a qual faz parte das tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0, é muito relevante nos dias atuais (especialmente no Brasil, onde estas tecnologias ainda não são plenamente acessíveis) já que faz parte da tendência atual de educação gratuita com qualidade para mais estudantes e profissionais de engenharia.

Nas próximas edições do curso se pretende envolver o apoio de alunos monitores para auxiliar participantes criar material educativo ou que queiram desenvolver seus projetos de peças fabricadas por tecnologias de manufatura aditiva em parceria com instituições interessadas em divulgar estas tecnologias como o CTI Renato Archer e empresas privadas.

## AGRADECIMENTOS

O autor gostaria de agradecer aos colaboradores do curso do CTI Renato Archer: Jorge Vicente Lopes da Silva, Pedro Yoshito Noritomi, Marcelo Fernandes de Oliveira e Paulo Inforçatti Neto assim como a Mika Salmi, colaborador da Universidade Aalto.

## REFERÊNCIAS

AM2021. **Curso de extensão UFABC: CR039-2021 Manufatura Aditiva 2021** (website de apresentação do curso). Disponível em: <https://sites.google.com/view/am2021>. Acesso em: 10 ago. 2021.

BETIM, Diego Vinicius; TEIXEIRA, Luiz Frederico Horácio de S. de B.; GOMES, Carlos Francisco Simões; QUELHAS, Osvaldo Luiz Gonçalves; SANTOS, Marcos dos. Análise de cenários prospectivos: um estudo sobre a manufatura aditiva no Brasil em 2024. In: **XVI Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia**, 2020, São Paulo. Disponível em: <https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos19/16228143.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2022.

BORGIANI, Yuri; MACCIONI, Lorenzo; RUSSO SPENA, Pasquale; SHUNMUGAVEL, ManikandaKumar. University education in additive manufacturing and the need to boost design aspects. In: **International Conference on Engineering Design, ICED19**, 2019, Delft, The Netherlands.

ComCIÊNCIA. **Manufatura aditiva: primeiras impressões 3d e o futuro da produção camada por camada**. Dossiê 195. Disponível em: <https://www.comciencia.br/manufatura-aditiva-primeiras-impressoes-3d-e-o-futuro-da-producao-camada-por-camada>. Fev. 2018.

DELOITTE INSIGHTS. **3D opportunity for higher education: Preparing the next generation of additive manufacturing professionals**. Disponível em: <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus.html>. Acesso em: 28 abr. 2022.

EdTECH. **How Higher Ed Can Help Solve the Additive Manufacturing Puzzle**. Disponível em: <https://edtechmagazine.com/higher/article/2019/12/how-higher-ed-can-help-solve-additive-manufacturing-puzzle-perfcon>. Acesso em: 28 abr. 2022.

GIBSON, Ian; ROSEN, David; STUCKER, Brent. **Additive Manufacturing Technologies: Rapid Prototyping to Direct Digital Manufacturing**. New York: Springer. 2010.

MOTYL, Barbara; FILIPPI, Stefano. Trends in engineering education for additive manufacturing in the industry 4.0 era: a systematic literature review. **International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)**, v. 15, p. 103–106, 2021.

REVISTA FAPESP: **O avanço da impressão 3D**. São Paulo: ed. 267, fev. 2019.

STERN, Adin; ROSENTHAL, Yair; DRESLER, Naveh; ASHKENAZI, Dana. Additive manufacturing: An education strategy for engineering students. **Additive Manufacturing**, v. 27, p. 503–514, 2019.

THE INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO/ASTM 52900**: Additive manufacturing - General principles - Fundamentals and vocabulary. 2015.

VOLPATO, Neri. **Manufatura aditiva: tecnologias e aplicações de impressão 3D**. São Paulo: Editora Blucher. 2017.

YANG, Li; HSU, Keng; BAUGHMAN, Brian; GODFREY, Donald; MEDINA, Francisco; MENON, Mamballykalathil; WIENER, Soeren. **Additive Manufacturing of Metals: The Technology, Materials, Design and Production**. Springer International Publishing. 2017.

### **ADDITIVE MANUFACTURING: PROPOSING A FREE ONLINE EXTENSION COURSE**

**Abstract:** *Additive Manufacturing is a set of digital manufacturing technologies little exploited in Brazil, but increasingly present in Europe and North America in recent years. It is considered one of the fundamental technologies of the fourth industrial revolution (Industry 4.0) due to its enormous growth and competitiveness potential in market sectors with strong trends in customization, prototyping, use of intelligent materials and functional optimization such as in the medical, aerospace and automotive sectors. However, to make use of these technologies, the engineer needs to have a proper capacitation which is often not accessible because of the location and price of the courses available in the market. Here is presented a proposal of a free online extension course on the basic principles of additive manufacturing technologies and the tools for their practical application. The experience of the first edition of the course in 2021 is also commented, not only describing the methodology, platform and content of the course, but also the perception of the participants related to the course quality and relevance in their professional trajectories.*

**Keywords:** *additive manufacturing, 3D printing, extension course, free education, distance education*