

O ensino da Modelagem 3D e dos Processos de Fabricação como ferramenta para o desenvolvimento de protótipos dentro de um Laboratório de Fabricação Digital

Edmundo Alves Dos Santos Neto ¹
Eduardo Barbosa Caldeira ²
Kevin Carlos Tavares de Freitas ³
Almir Kimura Junior ⁴

RESUMO

O ensino da modelagem 3D e dos processos de fabricação, incluindo Manufatura Aditiva e Subtrativa, é essencial no cenário educacional de um laboratório de fabricação digital, desempenhando um papel fundamental no desenvolvimento de protótipos robóticos e na capacitação em fabricação digital. A combinação do estudo teórico com as ferramentas digitais de modelagem permite a geração de arquivos necessários para a fabricação em máquinas de diversos tipos, e essa habilidade técnica, quando aliada a outros métodos de manufatura e integrada em uma equipe multidisciplinar, constitui a base para o avanço tecnológico. A integração dessas competências resulta na capacitação dos alunos em fabricação digital, permitindo que apliquem essas habilidades técnicas em suas respectivas áreas de atuação, além de promover o desenvolvimento de *soft skills*, como trabalho em equipe, comunicação eficaz e resolução de problemas. O ambiente de aprendizado é altamente interativo e experimental, encorajando os alunos a explorarem novas ideias e soluções inovadoras. Como resultado, o laboratório não apenas prepara os alunos para os desafios industriais, mas também estimula a inovação e a criatividade através do uso de tecnologias emergentes. Os projetos desenvolvidos frequentemente envolvem a fabricação de peças complexas, a operação de máquinas CNC (Controle Numérico Computadorizado) e a aplicação de técnicas de prototipagem rápida, garantindo que os alunos estejam bem equipados para enfrentar as demandas do mercado de trabalho moderno.

Palavras-chave: Fabricação Digital, Modelagem 3D, Educação, Inovação, *Soft Skills*.

INTRODUÇÃO

O que anos atrás eram folhas de papel rabiscadas descrevendo os recortes e dimensões de uma peça, hoje é um pequeno arquivo digital que facilmente é compartilhado virtualmente e aplicado em máquinas de prototipagem rápida para validação e consolidação de um novo produto. (LEITE, 2011) Essa nova maneira de criar

¹ Graduando do Curso de Engenharia Elétrica da Universidade do Estado do Amazonas - UEA, eadsn.eng20@uea.edu.br;

² Graduando do Curso de Engenharia Elétrica da Universidade do Estado do Amazonas - UEA, ebc.eng20@uea.edu.br;

³ Graduando do Curso de Engenharia Elétrica da Universidade do Estado do Amazonas - UEA, kctdf.eng22@uea.edu.br;

⁴ Doutor pelo Curso de Administração da Universidade de São Paulo-FEA/USP - SP, akimura@uea.edu.br;

conceitos e produzir um protótipo mais rapidamente, mudou o ciclo de criação dentro das grandes indústrias e influencia diretamente no perfil profissional exigido no mercado de trabalho. A partir dessa demanda, temos o conceito de laboratório de fabricação digital: um ambiente colaborativo de desenvolvimento dotado de *softwares* de design e fatiamento, máquinas de corte controladas numericamente, impressoras 3D, ferramentas mecânicas e componentes eletrônicos. Tudo voltado para prototipar e testar novos dispositivos de base tecnológica. (SINHA, 2009)

O *software* de modelagem tridimensional (3D) do tipo CAD (*computer-aided design*) é uma dessas ferramentas digitais que alteraram o ciclo de criação e fabricação de novos produtos, sendo responsável por criar as peças digitalmente através de desenhos em duas dimensões (2D) e funções que atribuem camadas e espessuras, aplicando ao desenho a terceira dimensão (SPENCER, 2018), como exemplificado na Figura 1. O arquivo derivado dessa criação pode ser exportado em STL (“*Standart Triangle Language*” ou “*Standart Tessellation Language*”) para ser fatiado e fabricado através de uma impressora 3D (GIBSON,2015), processo de fabricação que tem ganhado popularidade nos últimos anos, utilizando filamentos de diversos tipos para construir modelos camada por camada, a famosa tecnologia FDM (*Fused Deposition Modeling*) (MAGDUM,2019), ou pode ser exportado para ser usinado em algum processo de manufatura subtrativa através de máquinas CNC (Controle numérico computadorizado).



Figura 1: Modelo de um objeto tridimensional construído através de software de modelagem 3D do tipo CAD.

O controle numérico computadorizado (CNC) é um sistema criado no MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) que permite o controle de máquinas a partir do

movimento simultâneo de vários eixos de movimentos diferentes, listando uma série de movimentos que definem a trajetória que a ferramenta da máquina vai percorrer para fabricar uma peça. Essa lista de movimentos é escrita em um código específico, chamado “Código G” (*G-Code*), que é gerado a partir de *softwares* e interpretado pela máquina CNC em questão. (SMITH, 2020)

A partir dessas tecnologias, cria-se uma demanda de profissionais capacitados para, não só modelar em 3D, mas também operar máquinas CNC e dominar os processos de fabricação que trabalhem com esses arquivos e apliquem as técnicas de prototipagem rápida em um ambiente colaborativo e multidisciplinar. Para atender essa demanda, o Laboratório de Fabricação Digital do projeto Ocean ministra cursos de capacitação em três áreas: Modelagem 3D e processos de fabricação, Manufatura Aditiva (Impressão e escaneamento 3D) e eletrônica básica. Através desses cursos, espera-se que os alunos consigam desenvolver as habilidades técnicas através de protótipos robóticos funcionais, colocando essas competências adquiridas à prova, ao mesmo tempo que desenvolvem habilidades sociais ao dividirem a responsabilidade e trabalharem em equipe nesses protótipos.

Essa carência de habilidades técnicas e sociais para o novo perfil do profissional de engenharia é evidenciada pelas Diretrizes Curriculares Nacionais de Graduação em Engenharia, estabelecido pela CNE (Conselho Nacional de Educação) em 2019, onde estabeleceram novos parâmetros a serem incorporados nas grades curriculares dos estudantes de engenharia, promovendo uma ênfase maior no envolvimento desses alunos com as ferramentas e tecnologias emergentes, considerando o avanço nas técnicas de manufatura e o novo perfil profissional exigido por essa constante evolução e otimização dos processos de criação. (CNE,2019, p.2)

Com isso, fica evidenciado a necessidade de investimento em capacitação tecnológica aplicada ao desenvolvimento criativo e na resolução de problemas. O projeto Ocean alia o conhecimento tecnológico e inovador, sempre incentivando o trabalho em equipe e direcionando os alunos para uma visão técnica e empreendedora.

METODOLOGIA

Através do Laboratório de Fabricação Digital do projeto Ocean, desde 2021, foram ministrados cursos voltados para a capacitação em fabricação digital (dentre estes cursos, o de Modelagem 3D, que é o foco desta pesquisa) e desenvolvidos inúmeros

protótipos robóticos onde foram aplicadas as áreas de conhecimento em questão. Faremos uma análise qualitativa dessa interação a partir de entrevistas semi-estruturadas com alunos da graduação e também uma análise quantitativa voltada aos certificados emitidos durante todos os anos de atuação do projeto. É importante traçar uma diferença entre os alunos que participam do curso, e os alunos da graduação que, junto ao professor orientador do laboratório, participam do projeto Ocean auxiliando as capacitações e desenvolvendo os protótipos que são usados como exemplo nessas aulas. Este último, chamaremos de aluno mentor.

A metodologia do curso de Modelagem 3D e Processos de Fabricação inclui 3 dias de aulas, onde aprendem desde os conceitos iniciais da fabricação, até a utilização dos *softwares* de modelagem e a operação das máquinas CNC. O conteúdo seguído por dias está representado na imagem a seguir:

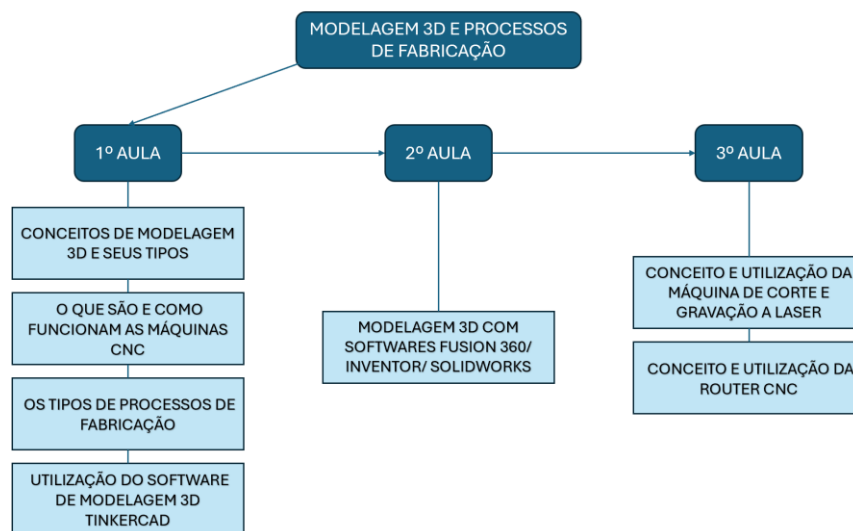


Figura 2: Fluxograma e conteúdo das aulas do curso de modelagem 3D e processos de fabricação.

Através dos alunos mentores, foram mapeadas algumas carências quanto às demandas de fabricação digital por parte da universidade. Através de entrevistas semi-estruturadas, foram entrevistados 3 graduandos de engenharia pela Universidade do Estado do Amazonas (UEA) e serão apresentados como Aluno A, B e C. Como resultado dessas entrevistas, temos a contextualização da demanda e também uma justificativa para atuação do projeto Ocean no cenário acadêmico. Para as entrevistas, foi montado um fluxograma com a linha de questionamentos a respeito dos temas da pesquisa, visto na Figura 3:

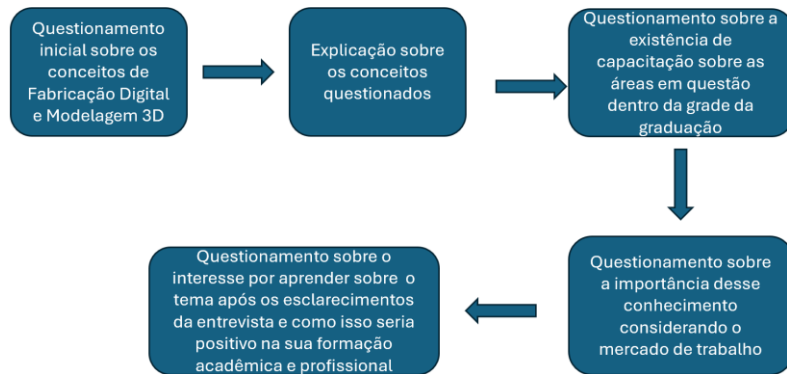


Figura 3: Fluxograma de questionamentos da entrevista semi-estruturada.

Com as capacitações ministradas no projeto Ocean, conseguimos quantificar a procura pelo conhecimento em modelagem 3D e processos de fabricação, além de outras áreas ministradas por alunos mentores do projeto. Além dessa estatística, também foram implementadas rotinas de criação gerenciadas através de variações de modelos de gestão de projetos para a projeção e manufatura de protótipos robóticos. Todos visando a implementação prática dos conhecimentos adquiridos nos cursos e implementando técnicas de prototipagem rápida na fabricação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como resultados, em primeiro momento, temos as respostas das entrevistas realizadas com os alunos da UEA, onde foram questionados sobre os conceitos de fabricação digital, prototipagem rápida, modelagem 3D, máquinas CNC e se o mercado de trabalho tem demanda para essas competências nos dias atuais. Em segundo momento, foram questionados se a grade dos seus cursos oferece capacitação em alguma dessas áreas e se eles tem acesso a esse conhecimento em algum lugar.

O aluno A, graduando do curso de Engenharia de Produção, respondeu que não conhecia os conceitos listados. Após ser explicado o que era cada item, o aluno A relatou que realmente seu curso não possui nenhum suporte para ensino desses conceitos, que sua grade não abrange a fabricação digital e que, em sua área, não conhece demanda para essas habilidades no mercado de trabalho, mas que seria interessante aprender as técnicas para desenvolver algumas habilidades criativas que o levariam a desenvolver seu próprio negócio e ingressar no ecossistema do empreendedorismo local.

O aluno B, cursando engenharia elétrica, relatou que já conhecia os conceitos listados, que conheceu através de projetos de Pesquisa e Desenvolvimento oferecidos pela UEA, que considera um conhecimento essencial para os cursos de engenharia, dizendo: “É extremamente importante porque a partir da modelagem 3D e desses processos de fabricação que a gente tem acesso pelos laboratórios (de fabricação digital), conseguimos aplicar na prática alguns conhecimentos que, na sala de aula, só aprendemos a teoria. É muito bacana aplicar os conceitos de circuitos elétricos desenvolvendo um robôzinho de competição. Os meninos (alunos mentores do Ocean) fazem vários protótipos que com certeza fazem deles melhores engenheiros, vão colocar em prática nas fábricas fazendo automação e essas coisas.”

O aluno C, graduando em Engenharia de Controle e Automação, também já conhecia os conceitos de fabricação digital e modelagem 3D. Comentou que teve uma matéria na grade curricular chamada “Desenho técnico assistido por computador” na qual o professor o ensinou a modelar usando o *software* Inventor, que ele considerou extremamente importante para a formação do engenheiro de controle e automação, considerando a demanda por profissionais que consigam solucionar problemas fabris que exijam uma solução física, dando exemplo de um braço mecânico para uma função específica dentro de uma linha de produção. Ainda reforçou que o engenheiro tem que estar a par das tecnologias e ferramentas de prototipagem rápida para estar preparado para propor e executar essas soluções sem que a produção da fábrica seja afetada. Ainda nesta entrevista, o entrevistado entrou em um tópico muito interessante: ao falar dos laboratórios de fabricação digital, o aluno disse que sentia necessidade de aprender a operar máquinas CNC, que já tinha visto algumas vagas de emprego que exigiam pelo menos alguma noção de controle de máquinas como essas, uma demanda frequente da polo industrial de Manaus, de acordo com ele, que encerrou a entrevista dizendo que considera o conhecimento atualizado das tecnologias de prototipagem rápida essenciais na graduação e que iniciativas como essas (projetos de pesquisa e desenvolvimento na universidade) agregam muito valor à academia.

Considerando que a atuação no laboratório gera protótipos e soluções físicas enquanto capacita os interessados em fabricação digital, também temos como resultados alguns desses protótipos, onde observamos o papel crucial da modelagem 3D logo no início dos projetos. Como por exemplo, na construção do protótipo denominado Braço 1.0, cuja montagem realizada através do *software* Fusion 360 está representada na Figura 4:

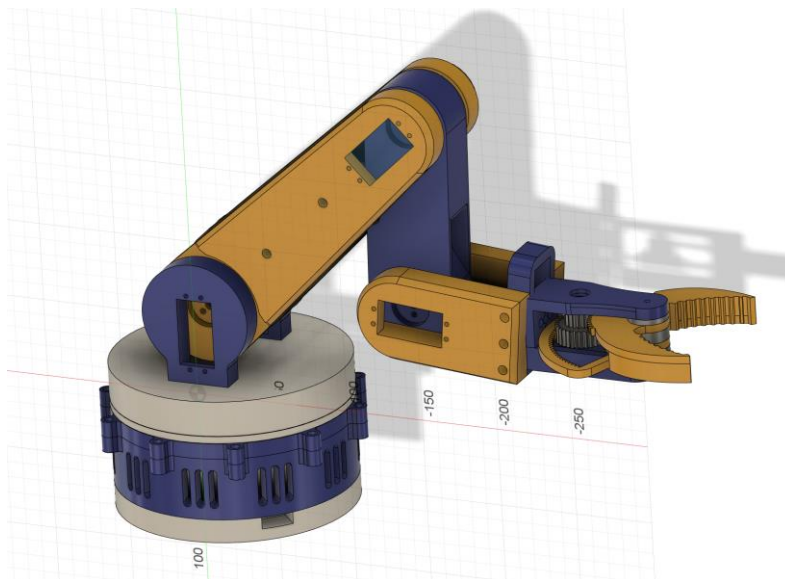


Figura 4: Modelagem 3D do protótipo Braço 1.0

Este protótipo foi idealizado para funcionar com 5 servo-motores e um motor de passo, todos controlados por um microcontrolador que recebe dados de movimentação através de um aplicativo *mobile*. O modelo foi projetado e implementado por uma equipe multidisciplinar de alunos mentores no Laboratório de Fabricação Digital do Ocean, como mostra a Figura 5.



Figura 5: Protótipo Braço 1.0 implementado no laboratório

Além disso, considerando os anos de atuação do projeto Ocean na capacitação em modelagem 3D e processos de fabricação desde que o Laboratório de Fabricação Digital

foi inaugurado, em 2021, temos alguns números significativos (Tabela 1) que comprovam a eficiência do projeto e a procura crescente por esse tipo de conhecimento.

Tabela 1: Participantes dos cursos do Laboratório de Fabricação Digital do Ocean no decorrer dos anos.

ANO	Total de Participantes (Todos os cursos do laboratório)	Curso Modelagem 3D e Processos de Fabricação
2021	111	37
2022	505	126
2023	399	88
2024	517	163
TOTAL	1421	414

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando os 3 aspectos de resultados apresentados (entrevistas semi-estruturadas, protótipos desenvolvidos e números de capacitações), ficou evidenciado a necessidade de atenção para a demanda crescente na área da fabricação digital, enfatizando a importância e as facilidades que se obtém ao desenvolver habilidades dentro da modelagem 3D e aprendendo a utilizar as máquinas e processos de fabricação de prototipagem rápida, tendo relatos de alunos de engenharia que vivenciam essa carência e consideram essa área de aprendizado como promissora para as suas formações. Bem como também temos evidenciado a alta procura pelos cursos oferecidos pelo projeto Ocean, que só até junho de 2024, já superou o número máximo dos anos anteriores, confirmando a premissa de que o ciclo de criação e fabricação está se adaptando às ferramentas digitais e, conseqüentemente, o mercado de trabalho está atraindo profissionais dotados dessas habilidades e competências.

Também é importante ressaltar que, através do desenvolvimento dos protótipos dentro do laboratório de fabricação digital, o processo de aprendizagem se torna muito mais interativo e colaborativo, influenciando positivamente na curva de aprendizado e no desenvolvimento de habilidades sociais dos participantes. Tornando o projeto não só um centro de capacitação tecnológica, mas também um preparatório completo na carreira profissional de estudantes de engenharia e demais interessados nos cursos e programas disponíveis pelo projeto.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer intensivamente ao projeto Ocean, cuja extensão de suas atividades e a acessibilidade para os graduandos permitiu não só o desenvolvimento desta pesquisa, mas a experiência de contribuir com a sociedade, desde o desenvolvimento interno dos alunos mentores, professores coordenadores e demais membros, como a capacitação tecnológica gratuita ofertada ao público geral. Fruto de uma parceria Universidade do Estado do Amazonas (UEA) e a Samsung, o projeto Ocean é voltado para capacitação e formação profissional, que visa potencializar, de forma consistente, o nível de conhecimento dos recursos humanos que compõem o ecossistema do Polo Industrial de Manaus (PIM). Melhorando as competências técnicas dos profissionais que atuarão no PIM, e incrementando a ‘mentalidade’ empreendedora na região.

Deixamos também um agradecimento especial ao Professor Almir Kimura Junior, coordenador do Laboratório de Fabricação Digital do projeto Ocean e principal influenciador para o desenvolvimento desta pesquisa e das demais atividades do laboratório.

O projeto de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) Ocean conta com financiamento da Samsung, usando recursos da Lei de Informática para a Amazônia Ocidental (Lei Federal nº 8.387/1991), estando sua divulgação de acordo com o previsto no artigo 39.º do Decreto nº 10.521/2020.

REFERÊNCIAS

SPENCER, O.O.; YUSUF, O.T.; TOFADE, T.C. **Additive manufacturing technology development: a trajectory towards industrial revolution**. American Journal of Mechanical and Industrial Engineering, 2018. Disponível em: link. Acesso em: 14 ago. 2024.

SINHA, A. **New frontiers in manufacturing education: rapid prototyping, 3D scanning and reverse engineering**. In: Proceedings of 2009 ASEE Southeast Section, 2009. Disponível em: link. Acesso em: 14 ago. 2024.

SMITH, R. **Introduction to CNC Machining**. Journal of Manufacturing Processes, v. 54, p. 123-134, 2020. DOI: 10.1016/j.jmapro.2020.02.001.

CNE, Conselho Nacional da Educação (2019). **Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia.** Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=10987.> Acesso em 15 de agosto de 2024.

GIBSON, I.G. **Additive manufacturing technologies: 3D printing, rapid prototyping, and direct digital manufacturing.** 2015. Disponível em: https://eprints.ukh.ac.id/id/eprint/183/1/2015_Book_AdditiveManufacturingTechnolog.pdf. Acesso em: 14 ago. 2024.

MAGDUM, Y.; PANDEY, D.; BANKAR, A. **Process parameter optimization for FDM 3D printer.** International Research Journal of Engineering and Technology, 2019. Disponível em: PDF. Acesso em: 14 ago. 2024.

LEITE, Wanderson de Oliveira. **Prototipagem rápida por deposição de material fundido: uma aplicação acadêmica.** Belo Horizonte: PPGEF-UFMG, 2011. Disponível em: https://abepro.org.br/biblioteca/enegep2011_tn_sto_139_883_18338.pdf. Acesso em: 15 ago. 2024.