

Modelo educacional usando impressora 3D na prototipagem do ensino para resolução de problemas na saúde

Educational model using 3D printer in teaching prototyping for problem solving in healthcare

Modelo educativo que utiliza una impresora 3D para enseñar creación de prototipos para la resolución de problemas de salud

Recebido: 12/12/2024 | Revisado: 30/12/2024 | Aceitado: 31/12/2024 | Publicado: 03/01/2025

Luis Miguel Carvalho Mendes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7493-8710>
Universidade de Gurupi, Brasil
E-mail: luis.m.c.mendes@unirg.edu.br

Sofia Caroline Cavalcante Rocha

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2497-6078>
Universidade de Gurupi, Brasil
E-mail: sofia.c.c.rocha@unirg.edu.br

Sonara Santos Miranda

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5346-8438>
Universidade de Gurupi, Brasil
E-mail: sonara.s.miranda@unirg.edu.br

Iago Figueiredo dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-6754-4299>
Instituto Federal do Tocantins, Brasil
E-mail: iago.figueiredo515@gmail.com

Lucas Arruda Lino

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4747-6308>
Universidade de Gurupi, Brasil
E-mail: lucas.a.lino@unirg.edu.br

Ivo Sócrates Moraes de Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6539-6235>
Instituto Federal do Tocantins, Brasil
E-mail: ivo@ifto.edu.br

Pedro Emanuel Cavalcante Rocha

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-4925-3604>
Universidade de Gurupi, Brasil
E-mail: pedro.e.c.rocha@unirg.edu.br

Francicero Rocha Lopes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7206-3113>
Universidade de Gurupi, Brasil
E-mail: francicero@unirg.edu.br

David Salen Alves Azevedo

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-5167-397X>
Universidade de Gurupi, Brasil
E-mail: david.s.azevedo@unirg.edu.br

Paulo Henrique Silva Pereira

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-7183-9313>
Instituto Tocantinense Presidente Antonio Carlos, Brasil
E-mail: Paulossd.silva@outlook.com

Walmirton Bezerra D'Alessandro

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2897-9770>
Universidade de Gurupi, Brasil
E-mail: walmirton@hotmail.com

Resumo

Reações bioquímicas, fisiológicas e imunológicas decorrentes da homeostasia humana podem ser melhor explicadas com um modelo preciso da realidade impresso. Criação de estruturas biológicas através da impressão 3D auxiliam os alunos da área da saúde no melhor entendimento de assuntos complexos. Sair do viés slide e vídeos animados, para estruturas físicas táteis e de montagem, para que o aluno se torne protagonista, auxilia no estímulo do conhecimento e saberes educacionais dos discentes. Este estudo busca apresentar uma proposta de aplicação para a impressora 3D no contexto educacional, em uma universidade do município de Gurupi-TO (UNIRG), associando-a à resolução de problemas. Na ocasião, os estudantes usaram conhecimentos adquiridos em sala para atuar sobre o problema que permeia várias instituições de ensino: a falta de material didático para uso em atividades práticas. A partir disso, usar a

metodologia ativa Design Thinking para auxiliar no processo, construindo ideias e protótipos para uso como material didático. Os resultados apontam que a impressora 3D pode facilitar o ensino de conteúdos que compõem o currículo acadêmico, seja estimulando os estudantes na construção de modelos ou fazendo uso de modelos prontos como material didático.

Palavras-chave: Impressão 3D; Metodologias Ativas; Inovação.

Abstract

Biochemical, physiological and immunological reactions resulting from human homeostasis can be better explained with an accurate printed model of reality. Creating biological structures through 3D printing helps healthcare students better understand complex subjects. Going beyond the slide bias and animated videos, to physical tactile and assembly structures, so that the student becomes the protagonist, helps to stimulate students' knowledge and educational knowledge. This study seeks to present a proposed application for the 3D printer in the educational context, at a university in the city of Gurupi-TO (UNIRG), associating it with problem solving. On that occasion, students used knowledge acquired in the classroom to address the problem that permeates several educational institutions: the lack of teaching material for use in practical activities. From there, use the active Design Thinking methodology to assist in the process, building ideas and prototypes for use as teaching material. The results indicate that the 3D printer can facilitate the teaching of content that makes up the academic curriculum, whether by encouraging students to build models or using ready-made models as teaching material.

Keywords: 3D printing; Active Methodologies; Innovation.

Resumen

Las reacciones bioquímicas, fisiológicas e inmunológicas resultantes de la homeostasis humana se pueden explicar mejor con un modelo impreso preciso de la realidad. La creación de estructuras biológicas mediante impresión 3D ayuda a los estudiantes de atención médica a comprender mejor temas complejos. Ir más allá del sesgo de diapositivas y los vídeos animados, a estructuras físico táctiles y de montaje, para que el alumno se convierta en protagonista, ayuda a estimular el conocimiento y el conocimiento educativo de los estudiantes. Este estudio busca presentar una propuesta de aplicación de la impresora 3D en el contexto educativo, en una universidad de la ciudad de Gurupi-TO (UNIRG), asociándola a la resolución de problemas. En aquella ocasión, los estudiantes utilizaron los conocimientos adquiridos en el aula para abordar el problema que permea a varias instituciones educativas: la falta de material didáctico para su uso en actividades prácticas. A partir de ahí, utilizar la metodología activa Design Thinking para ayudar en el proceso, construyendo ideas y prototipos para su uso como material didáctico. Los resultados indican que la impresora 3D puede facilitar la enseñanza de contenidos que componen el currículo académico, ya sea animando a los estudiantes a construir modelos o utilizando modelos ya hechos como material didáctico.

Palabras clave: Impresión 3D; Metodologías Activas; Innovación.

1. Introdução

A metodologia ativa é um importante método para estimular os alunos a desenvolver suas habilidades, como liderança, organização e pensamento crítico. Tais habilidades são essenciais para que o acadêmico do futuro seja inserido no mercado atual que exige profissionais bem preparados com práticas de gestão bem estruturadas, aliadas ao trabalho em equipe para atender suas demandas (Ponciano et al., 2017).

Nota-se cada vez mais a necessidade de Tecnologias Educacionais inovadoras, no sentido de melhorar o processo de ensino e aprendizagem nas instituições educacionais públicas e privadas do Brasil. A impressora 3D, por exemplo, é uma dessas alternativas que auxiliam no desenvolvimento da metodologia ativa *Design Thinking*. Ela se caracteriza como uma tecnologia capaz de construir inúmeros modelos, com diferentes formas e dimensões, mesmo para um usuário com pouco conhecimento acerca da ferramenta (Samagaia & Delizoicov Neto, 2015). Além de estimular a criatividade, a inovação e o empreendedorismo em sala de aula (Figura 1).

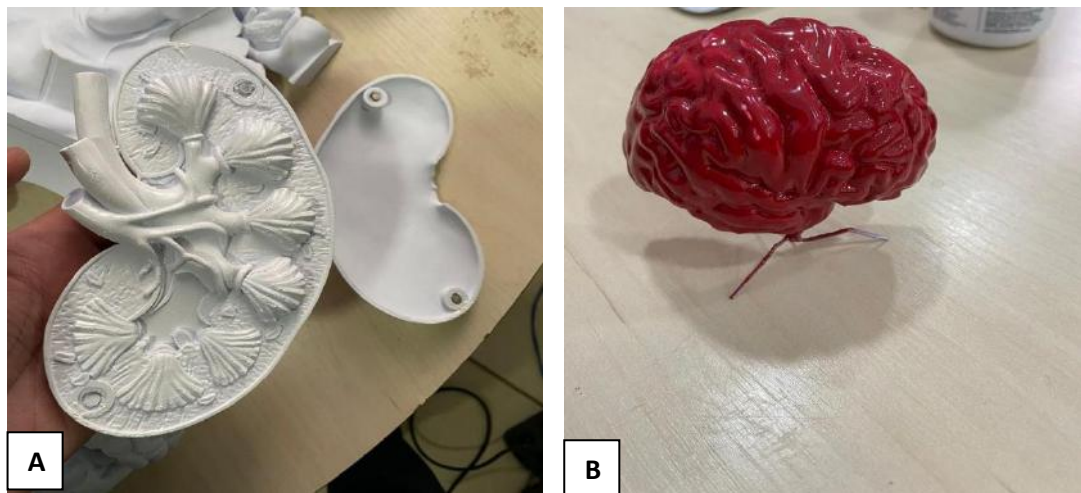
Figura 1 - Criatividade, invenção e inovação: Recursos essenciais na elaboração de produtos.



Fonte: Autoria própria.

Impressoras 3D permitem prototipagem rápida de objetos personalizáveis. Com a popularização da tecnologia hoje, essa característica favorece os professores a produzirem seus próprios materiais educativos, atendendo de forma mais assertiva as demandas que observam em suas práticas em sala de aula. Durante as atividades realizadas com a tecnologia, é possível perceber o grande entusiasmo e concentração dos alunos diante das demonstrações utilizando a impressora 3D e, além disso, os benefícios para a melhoria da aprendizagem são visíveis e viáveis (Onisaki & Vieira, 2019) (Figura 2).

Figura 2-A-B - Demonstração de **A**- um rim internamente e **B**- um cérebro, ambos após a impressão 3D e tingido com pintura automotiva



Fonte: Autoria própria.

Os modelos 3D impressos ampliam o campo de mediação de elementos no processo de aprendizagem, devido à sua empregabilidade como instrumento didático. "Saber usar essa tecnologia no ensino possibilita transformar impressoras 3D em pequenas fábricas de ferramentas de ensino para serem utilizadas em atividades práticas" (Aguiar, 2016, p. 24), o que certamente facilita o trabalho docente e desmistifica sua prática maximizando o campo de atuação do aluno.

O uso do recurso impresso em 3D juntamente com a teoria, pode facilitar a reflexão e o aprofundamento do conteúdo teórico, pois a visualização do mesmo permite ao aluno manipular o material, visualizando-o de vários ângulos, melhorando assim sua compreensão do conteúdo abordado (Orlando et al., 2009).

O uso do recurso impresso em 3D juntamente com a teoria, pode facilitar a reflexão e o aprofundamento do conteúdo teórico, pois a visualização do mesmo permite ao aluno manipular o material, visualizando-o de vários ângulos, melhorando assim sua compreensão do conteúdo abordado.

Assim, percebe-se que os recursos impressos em 3D são materiais didático-pedagógicos alternativos para facilitar a compreensão do ensino, associado às aulas teórico-práticas proporciona melhor compreensão ao aluno, por meio da observação, análise e manipulação desses materiais, uma vez que a aprendizagem é mais eficaz quando confrontada com o material do estudo (Orlando et al., 2009).

Dessa maneira, formal ou informalmente, por meio da institucionalização metodológica do ensino ou pela iniciativa privada de professores, há uma série de ações e propostas de trabalhos que buscam inter-relacionar conteúdos didaticamente dispersos e fragmentados, mas fortemente imbricados na realidade (Braidá, 2014, p.143).

Apesar de tantas possibilidades, ainda é comum observarmos aulas que se configuram na sua totalidade como ditas tradicionais, apresentando como proposta metodológica apenas o método expositivo. A biologia, por exemplo, é uma ciência na qual as observações e experimentações são fundamentais para garantir a assimilação do conhecimento (Perini et al., 2016), ou seja, é uma área em que a prática deve estar sempre presente no processo de ensino.

Diversos fatores influenciam para que haja uma aprendizagem desconectada da prática, sendo a inexistência de laboratórios um dos principais empecilhos para o trabalho do professor na realização dessas aulas (Andrade & Costa, 2016).

A nossa sociedade impõe diferentes exigências, especialmente na área educacional, em que tudo muda rapidamente. As informações são transmitidas e conhecidas de maneira quase instantânea e passaram a fazer parte do ambiente escolar, causando preocupação dos professores sobre o seu papel nessa nova realidade (Hargreaves, 2011).

De acordo com Pereira (1998), para que a aprendizagem ocorra, ela precisa ser necessariamente transformacional, exigindo do professor uma compreensão de novos significados, relacionando-os às experiências prévias e às vivências dos alunos, permitindo a formulação de problemas que estimulem, desafiem e incentivem novas aprendizagens. Nesse contexto, surge a possibilidade da aplicação da Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), com o propósito de auxiliar o discente no conhecimento do conteúdo teórico, fortalecer a sua capacidade de resolver problemas e envolvê-lo no aprendizado (Levin, 2001)

Podemos, portanto, imaginar um cenário em que a impressão 3D permita o desenvolvimento da metodologia baseada em problemas (ABP) que possibilitem tornar as aulas em atividades práticas, por meio de experiências e observações.

Para isso, esta pesquisa de inovação traz como objetivo realizar o Desenvolvimento de material didático com o uso de impressora 3D na resolução de problemas estudo em uma instituição de ensino de Gurupi-TO, abordando uma possibilidade de inserção da impressora 3D no contexto de sala de aula junto com a metodologia ativa, associando-a à resolução de problemas, buscando produzir objetos que venham a constituir um mini laboratório, a ser usado para potencializar aulas no componente curricular acadêmico, visando ainda amenizar um problema que permeia diversas instituições: a falta de material para estudo com fim de aprendizagem empírica.

2. Metodologia

A metodologia adotada neste projeto de pesquisa na Universidade de Gurupi (UNIRG), especialmente no Laboratório de Tecnologia Assistiva (LabTAU), foi cuidadosamente desenhada para maximizar o potencial da impressão 3D na educação, com um enfoque particular na criação de materiais didáticos inovadores para a disciplina de Bioquímica. O processo começou

com a configuração da impressora 3D modelo 3DCloner, escolhida por sua capacidade de imprimir objetos com precisão e em diversas cores, o que é crucial para a representação detalhada de estruturas bioquímicas complexas.

O desenvolvimento e aperfeiçoamento de protótipos, juntamente com a análise dos materiais utilizados, constituíram a segunda etapa crucial deste projeto. A produção do primeiro material didático, um modelo tridimensional da cadeia respiratória, destacou-se como um marco significativo, demonstrando a eficácia da impressão 3D na educação científica. Este sucesso inicial foi apenas o começo, pois a equipe se empenhou em refinar as técnicas de impressão e explorar novos materiais para melhorar a qualidade e a funcionalidade dos modelos educacionais.

A colaboração com o IFTO-Campus Paraíso emergiu como um elemento transformador do projeto, ampliando suas capacidades e horizontes. Esta parceria não apenas facilitou a impressão de novos protótipos, mas também promoveu um intercâmbio de conhecimentos e experiências, enriquecendo o projeto com insights valiosos sobre a aplicação prática da impressão 3D na educação. A troca de ideias e a colaboração com profissionais experientes em tecnologia assistiva e educação científica foram fundamentais para superar os desafios técnicos e pedagógicos enfrentados durante o desenvolvimento dos materiais didáticos.

Além disso, a complexidade do processo de impressão 3D, desde o design inicial no software de modelagem até a impressão e finalização do objeto, exigiu uma abordagem meticulosa e adaptativa. Cada etapa do processo foi caracterizada por um ciclo de avaliação e ajuste, onde protótipos eram constantemente revisados e aprimorados com base em feedback dos usuários finais – neste caso, estudantes e professores da disciplina de Bioquímica. Essa abordagem iterativa não apenas assegurou a produção de materiais didáticos de alta qualidade, mas também promoveu uma cultura de inovação contínua dentro da equipe de pesquisa.

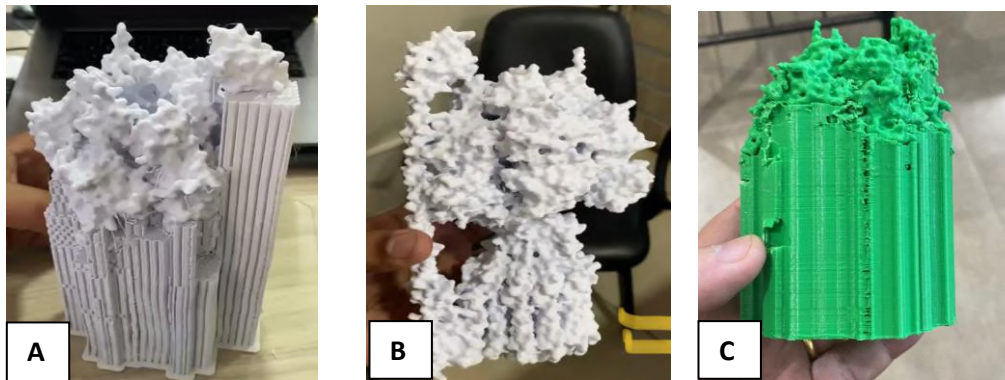
A experiência adquirida através deste projeto não se limitou ao desenvolvimento técnico de materiais didáticos; ela também proporcionou insights valiosos sobre a importância da interdisciplinaridade e da colaboração no avanço da tecnologia educacional. Através da integração de conhecimentos em bioquímica, design 3D, engenharia de materiais e pedagogia, o projeto demonstrou como a tecnologia pode ser utilizada para criar experiências de aprendizado mais ricas e engajadoras.

Em conclusão, a metodologia empregada neste projeto reflete um compromisso com a inovação, a colaboração e a excelência educacional. Ao explorar as fronteiras da impressão 3D e ao estabelecer parcerias estratégicas, o projeto não apenas alcançou seus objetivos iniciais, mas também abriu caminhos para futuras investigações e aplicações da tecnologia na educação. Este esforço conjunto não apenas avança o campo da tecnologia educacional, mas também serve como um modelo para futuras iniciativas que buscam integrar novas tecnologias no ensino e aprendizado de disciplinas científicas complexas.

3. Resultados

Os resultados obtidos ao longo deste projeto de pesquisa destacam o potencial transformador da impressão 3D na educação e na produção de protótipos com aplicações específicas, como na área de Bioquímica. A primeira etapa do projeto foi marcada pela impressão de um protótipo da ATP-Sintase, escolhido como foco inicial de estudo devido à sua relevância no entendimento do metabolismo celular. Esta fase inicial serviu como um teste crucial para avaliar a maleabilidade, resistência e precisão dimensional dos materiais utilizados, especificamente o ABS e o PLA. O ABS demonstrou maior resistência e maleabilidade, enquanto o PLA, apesar de menos resistente, mostrou-se significativamente mais leve.

Figura 3-A - Material ABS (sem remodelação) **Figura 3-B** - Material ABS (com remodelação) **Figura 3-C** - Material PLA (sem remodelação).

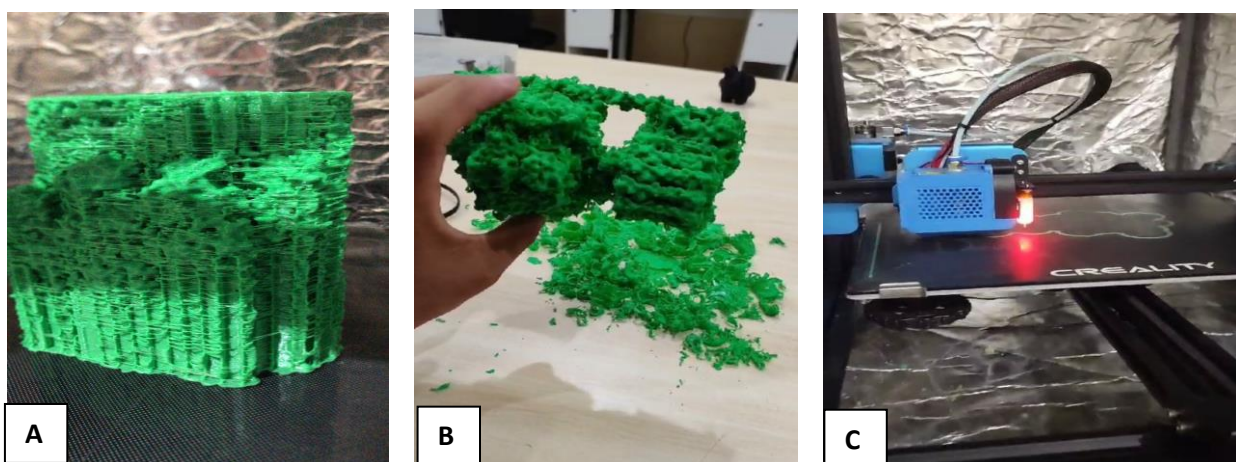


Fonte: Autoria própria.

Uma observação crítica emergiu no processo de pós-impressão, onde foi constatado que os objetos impressos requeriam remodelação manual para alcançar a fidelidade desejada ao design original, especialmente no caso do material ABS, que apresentou maior facilidade de manipulação nesta etapa.

A segunda etapa do projeto focou no desenvolvimento e aperfeiçoamento de novos protótipos, incluindo a produção do primeiro material didático para a disciplina de Bioquímica, representando a cadeia respiratória. Este avanço foi significativamente enriquecido pela parceria estabelecida com profissionais do IFTO-Campus Paraíso, que não apenas possibilitou a impressão de novos protótipos mas também introduziu uma dimensão colaborativa ao projeto. A complexidade do processo de impressão 3D, tanto na preparação dos materiais quanto no desenvolvimento dos protótipos, ressaltou a natureza desafiadora deste empreendimento tecnológico.

Figura 4-A - Material ABS (sem remodelação) **Figura 4-B** - Material ABS (com remodelação) **Figura 4-C** - Impressora 3D do campus IFTO-Paraíso.

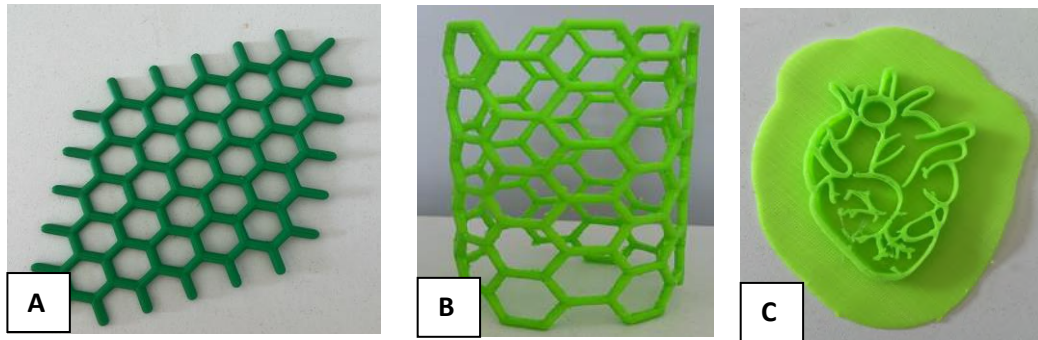


Fonte: Autoria própria.

Na terceira etapa, a pesquisa avançou para a avaliação da qualidade da impressão 3D através da criação de três protótipos distintos: uma estrutura de grafeno, um nanotubo e um molde de coração. Cada protótipo foi submetido a uma

análise rigorosa, focando em aspectos como resolução de impressão, adesão à mesa, qualidade superficial, integridade estrutural, precisão dimensional, simetria, uniformidade, propriedades mecânicas e precisão anatômica. Estas avaliações revelaram insights valiosos sobre a viabilidade dos materiais e métodos de impressão utilizados, destacando a capacidade da impressão 3D de reproduzir com precisão estruturas complexas e de potencial uso educacional e médico.

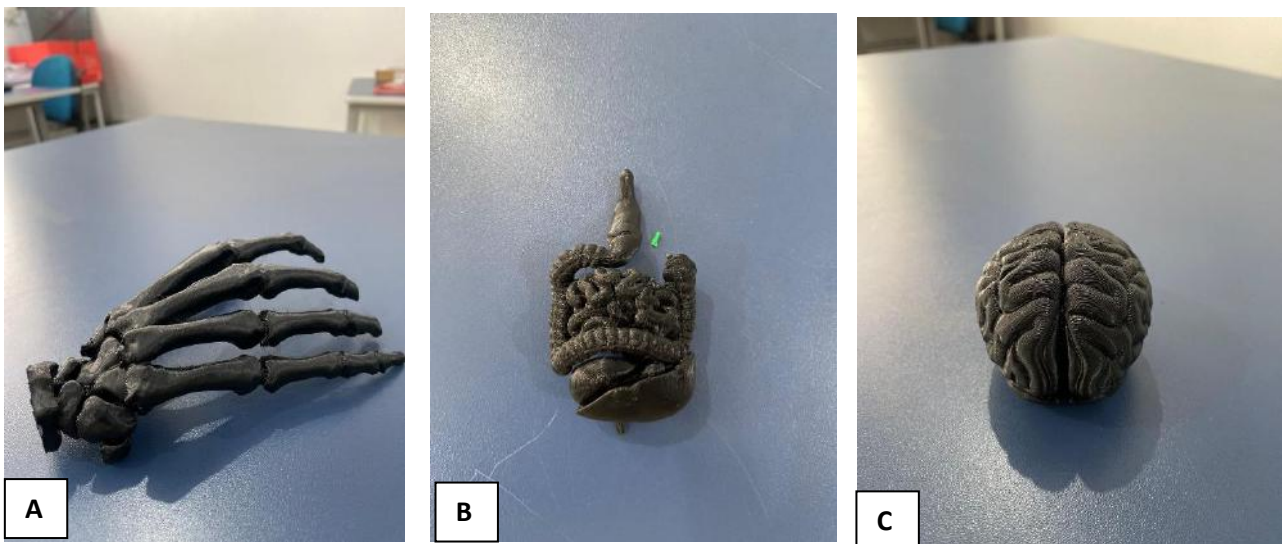
Figura 5-A - Grafeno **Figura 5-B – Nanotubo** **Figura 5-C – Coração.**



Fonte: Autoria própria.

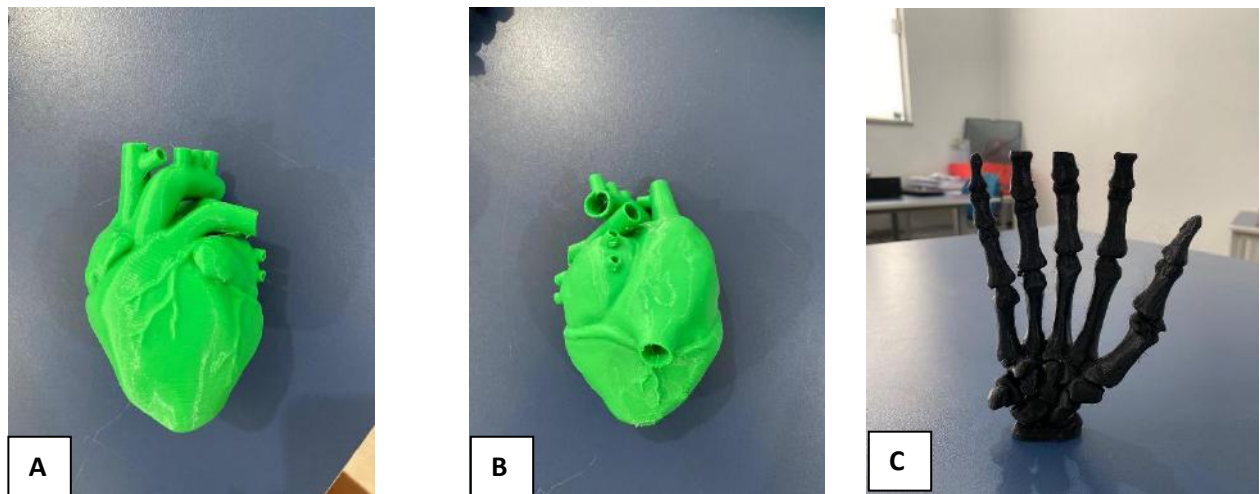
Além disso, a análise das variáveis consideradas na impressão 3D, como resolução de camada, velocidade de impressão, temperatura de extrusão e da mesa de impressão, tipo de material, suportes e estruturas de apoio, configurações de retração e calibração da impressora, foi fundamental para garantir a qualidade e a precisão dos protótipos. Essa abordagem meticulosa não apenas otimizou o processo de impressão, mas também contribuiu para a evolução contínua das técnicas e materiais utilizados, solidificando o papel da impressão 3D como uma ferramenta revolucionária na educação e na pesquisa.

Figura 6-A - Mão 3D. **Figura 6-B – Sistema Gastrointestinal 3D.** **Figura 6-C – Cérebro 3D.**



Fonte: Autoria própria.

Figura 7-A - Coração vista anterior 3D. **Figura 7-B** – Coração vista posterior 3D. **Figura 7-C** – Mão 3D.



Fonte: Autoria própria.

A impressão 3D de modelos anatômicos, como um cérebro, o sistema gastrointestinal, o coração em suas vistas anterior e posterior, e um esqueleto de mão, representa um avanço significativo na educação médica e na compreensão da complexidade do corpo humano. Utilizando PLA, um material biodegradável e fácil de manusear, esses modelos oferecem uma representação precisa e detalhada das estruturas anatômicas. O cérebro, por exemplo, pode ser impresso em camadas que destacam diferentes regiões, como o córtex cerebral, o cerebelo e o tronco encefálico, permitindo uma visualização clara das áreas responsáveis por funções específicas, como a cognição, a coordenação motora e a regulação de funções vitais. Da mesma forma, o sistema gastrointestinal pode ser representado desde a boca até o ânus, destacando órgãos como o estômago, intestinos e fígado, facilitando o estudo do processo digestivo e das interações entre os diferentes componentes do sistema. Esta etapa foi a quarta do processo do trabalho, consolidando o uso da tecnologia de impressão 3D como uma ferramenta essencial para a educação e prática médica.

Além disso, a impressão 3D do coração, tanto em sua vista anterior quanto posterior, proporciona uma compreensão tridimensional das câmaras cardíacas, válvulas e principais vasos sanguíneos, como a aorta e as artérias coronárias. Isso é particularmente útil para estudantes de medicina e profissionais de saúde que precisam entender a circulação sanguínea e as possíveis patologias cardíacas. O esqueleto de mão impresso em 3D, por sua vez, oferece uma visão detalhada dos ossos carpais, metacarpais e falanges, permitindo o estudo das articulações e dos movimentos complexos que a mão humana é capaz de realizar. Esses modelos não apenas melhoram a educação e o treinamento médico, mas também podem ser utilizados em consultas médicas para explicar condições ou procedimentos aos pacientes, tornando a comunicação mais eficaz e acessível. A quarta etapa do processo do trabalho, portanto, não só aprimorou a qualidade dos modelos anatômicos, mas também ampliou as possibilidades de aplicação prática e pedagógica, reforçando a importância da inovação tecnológica na área da saúde.

Em resumo, os resultados deste projeto ilustram o avanço significativo no campo da impressão 3D, demonstrando sua aplicabilidade na criação de materiais didáticos e protótipos com precisão e qualidade. A colaboração interinstitucional e o aperfeiçoamento contínuo dos métodos de impressão emergem como elementos chave para o sucesso e a inovação nesta área promissora da tecnologia.

4. Discussão

A metodologia adotada neste projeto na Universidade de Gurupi (UNIRG), especificamente no Laboratório de Tecnologia Assistiva (LabTAU), reflete um esforço meticuloso para explorar as capacidades da impressão 3D na educação. A

escolha da impressora 3D modelo 3DCloner, capaz de imprimir com precisão e em diversas cores, foi fundamental para a representação de estruturas bioquímicas complexas. Este passo inicial não apenas estabeleceu a base técnica para o projeto, mas também destacou a importância de selecionar equipamentos adequados para atingir os objetivos educacionais propostos.

O desenvolvimento e aperfeiçoamento de protótipos, especialmente o modelo tridimensional da cadeia respiratória, marcaram um avanço significativo na aplicação da impressão 3D na educação científica. Este marco inicial demonstrou a eficácia da tecnologia em criar materiais didáticos inovadores, servindo como um estímulo para a equipe de pesquisa continuar refinando técnicas de impressão e explorando novos materiais. A capacidade de melhorar a qualidade e a funcionalidade dos modelos educacionais através da impressão 3D abriu novas possibilidades para o ensino de conceitos complexos em Bioquímica.

A colaboração com o IFTO-Campus Paraíso foi um elemento transformador, ampliando as capacidades e horizontes do projeto. Esta parceria não apenas facilitou a impressão de novos protótipos, mas também promoveu um intercâmbio de conhecimentos e experiências valiosas. A interação com profissionais experientes em tecnologia assistiva e educação científica foi crucial para superar os desafios técnicos e pedagógicos, evidenciando a importância da colaboração interinstitucional no avanço da tecnologia educacional.

Destarte, a complexidade do processo de impressão 3D, desde o design inicial até a impressão e finalização do objeto, exigiu uma abordagem meticulosa e adaptativa. A implementação de um ciclo de avaliação e ajuste, baseado no feedback de usuários finais, assegurou a produção de materiais didáticos de alta qualidade. Esta estratégia iterativa não apenas otimizou o desenvolvimento dos protótipos, mas também promoveu uma cultura de inovação contínua dentro da equipe de pesquisa, essencial para a evolução do projeto.

Dessa forma, experiência adquirida ao longo deste projeto proporcionou insights valiosos sobre a interdisciplinaridade e a colaboração como pilares para o avanço da tecnologia educacional. A integração de conhecimentos em bioquímica, design 3D, engenharia de materiais e pedagogia demonstrou como a tecnologia pode ser utilizada para enriquecer as experiências de aprendizado, criando materiais didáticos que são não apenas educativos, mas também engajadores para os estudantes.

Os resultados obtidos destacam o potencial transformador da impressão 3D na educação, especialmente na área de Bioquímica. A impressão do protótipo da ATP-Sintase serviu como um teste crucial para avaliar a maleabilidade, resistência e precisão dimensional dos materiais, com o ABS e o PLA apresentando características distintas que influenciaram o processo de pós-impressão e remodelação. Essas observações iniciais foram fundamentais para o aperfeiçoamento subsequente dos materiais didáticos.

A segunda etapa do projeto, focada no desenvolvimento de novos protótipos, ressaltou a natureza desafiadora da impressão 3D. A parceria com o IFTO-Campus Paraíso e a produção do material didático representando a cadeia respiratória ilustram como a colaboração interinstitucional e a inovação contínua são essenciais para superar esses desafios. A complexidade do processo, desde a preparação dos materiais até o desenvolvimento dos protótipos, enfatiza a necessidade de uma abordagem meticulosa e adaptativa.

Em conclusão, a metodologia e os resultados deste projeto ilustram o avanço significativo no campo da impressão 3D, demonstrando sua aplicabilidade na criação de materiais didáticos e protótipos com precisão e qualidade. A colaboração interinstitucional e o aperfeiçoamento contínuo dos métodos de impressão emergem como elementos chave para o sucesso e a inovação nesta área promissora da tecnologia. Este esforço conjunto não apenas avança o campo da tecnologia educacional, mas também serve como um modelo inspirador para futuras iniciativas que buscam integrar novas tecnologias no ensino e aprendizado de disciplinas científicas complexas.

5. Considerações Finais

A terceira etapa deste projeto de pesquisa na Universidade de Gurupi (UNIRG), especificamente no Laboratório de Tecnologia Assistiva (LabTAU), representou um marco decisivo na validação e ajuste dos processos de impressão 3D que foram desenvolvidos e refinados nas etapas anteriores. A realização de testes com protótipos inovadores, como estruturas de grafeno, nanotubos e um modelo de coração, não apenas demonstrou a versatilidade e a capacidade da impressão 3D em reproduzir com precisão estruturas complexas, mas também proporcionou uma compreensão detalhada das capacidades e limitações inerentes à tecnologia utilizada. Esta fase crítica permitiu à equipe de pesquisa identificar áreas específicas para otimização, assegurando assim a qualidade superior dos materiais didáticos e modelos educativos produzidos. Através desta avaliação rigorosa, foi possível estabelecer parâmetros mais eficientes para a produção futura, garantindo que os objetivos educacionais do projeto fossem alcançados com a máxima eficácia.

A colaboração interinstitucional com o IFTO-Campus Paraíso, que se destacou como um elemento transformador ao longo do projeto, foi particularmente valiosa nesta etapa. A troca de conhecimentos e experiências não apenas enriqueceu o processo de desenvolvimento, mas também forneceu insights críticos que facilitaram a otimização dos processos de impressão 3D. Esta parceria exemplificou como a colaboração entre instituições pode acelerar o progresso tecnológico e pedagógico, contribuindo significativamente para o aperfeiçoamento dos materiais didáticos e modelos educativos. A capacidade de compartilhar desafios e soluções com uma comunidade mais ampla de educadores e tecnólogos ampliou o impacto do projeto, promovendo uma cultura de inovação aberta e colaborativa que é essencial para o avanço da tecnologia educacional.

A análise metódica das variáveis consideradas na impressão 3D, como resolução de camada, velocidade de impressão, temperatura de extrusão e da mesa de impressão, entre outras, foi fundamental para garantir a qualidade e a precisão dos protótipos. Esta abordagem detalhada não apenas otimizou o processo de impressão, mas também contribuiu para a evolução contínua das técnicas e materiais utilizados. Ao solidificar o papel da impressão 3D como uma ferramenta revolucionária na educação e na pesquisa, o projeto destacou a importância de uma abordagem sistemática e adaptativa para a inovação tecnológica. A capacidade de ajustar e refinar continuamente os processos de impressão em resposta às descobertas feitas durante a fase de teste é um testemunho da natureza iterativa e evolutiva da pesquisa e desenvolvimento em tecnologias educacionais.

Os resultados deste projeto ilustram o avanço significativo no campo da impressão 3D, demonstrando sua aplicabilidade na criação de materiais didáticos e protótipos com precisão e qualidade. A capacidade de reproduzir estruturas complexas com alta fidelidade abre novas possibilidades para o ensino de disciplinas científicas, permitindo que os estudantes explorem conceitos abstratos de maneira tangível e interativa. Este sucesso reforça a visão de que a impressão 3D tem o potencial não apenas de complementar, mas de transformar métodos tradicionais de ensino, proporcionando experiências de aprendizado mais ricas e envolventes. À medida que o projeto avança, a integração de feedback dos usuários finais – estudantes e professores – continuará a ser um componente crucial para o desenvolvimento de materiais didáticos que são não apenas educacionalmente valiosos, mas também pedagogicamente inovadores.

Em conclusão, as considerações finais deste projeto destacam a importância da terceira etapa na validação e ajuste dos processos de impressão 3D, estabelecendo um sólido fundamento para futuras inovações na educação. A colaboração interinstitucional, a análise metódica das variáveis de impressão e a integração de feedback dos usuários finais emergem como elementos chave para o sucesso contínuo e a inovação neste campo promissor. Este projeto não apenas avançou o campo da tecnologia educacional, mas também serviu como um modelo inspirador para futuras iniciativas que buscam integrar novas tecnologias no ensino e aprendizado. À medida que olhamos para o futuro, é evidente que a impressão 3D continuará a desempenhar um papel crucial na transformação da educação, abrindo novos caminhos para a exploração científica e a descoberta pedagógica.

Referências

- Aguiar, L. D. C. D. (2016). Um processo para utilizar a tecnologia de impressão 3D na construção de instrumentos didáticos para o ensino de ciências. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 6(2), 1689–1699.
- Andrade, T. Y. I., & Costa, M. B. (2016). O laboratório de Ciências e a realidade dos docentes das escolas estaduais de São Carlos-SP. *Revista Química Nova na Escola, São Paulo*, 38(3), 208-214.
- Berman, B. (2012). 3-D printing: The new industrial revolution. *Business Horizons*, 55(2), 155-162.
- Braida, F. (2014). Da aprendizagem baseada em problemas à aprendizagem baseada em projetos: Estratégias metodológicas para o ensino de projeto nos cursos de Design. In *Actas de Diseño. Diseño en Palermo*, 17(17), 142-146. <https://doi.org/10.18682/add.vi17>
- Dobrovski, Z., Verlinden, J. C., & Geraedts, J. M. P. (2011). Optimal design for additive manufacturing: Opportunities and challenges. In *Proceedings of the ASME 2011 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference*.
- Ford, S., & Despeisse, M. (2016). Additive manufacturing and sustainability: An exploratory study of the advantages and challenges. *Journal of Cleaner Production*, 137, 1573-1587.
- Gibson, I., Rosen, D. W., & Stucker, B. (2014). *Additive manufacturing technologies: 3D printing, rapid prototyping, and direct digital manufacturing*. Springer.
- Gil, A. C. (2008). *Como elaborar projetos de pesquisa* (4ª ed.). Atlas.
- Hargreaves, A. (2011). O ensino como profissão paradoxal. *Pátio: Revista Pedagógica, Porto Alegre*, 4(16), 13-18.
- Levin, B. (2001). Energizing teacher education and professional development with problem-based learning. *ASCD*.
- Onisaki, H. H. C., & Vieira, R. M. B. (2019). Impressão 3D e o desenvolvimento de produtos educacionais. *Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico (EDUCITEC)*, 5(10), 128–137.
- Orlando, T. C., et al. (2009). Planejamento, montagem e aplicação de modelos didáticos para abordagem de biologia celular e molecular no ensino médio por graduandos de ciências biológicas. *Revista Brasileira de Ensino de Bioquímica e Biologia Molecular*, 2(1), 2-17. <https://doi.org/10.16923/reb.v7i1.33>
- Perini, V., Oliveira, C. M., Carneiro, M. A. M., & Santos, C. C. (2016). Os desafios da inserção de aulas práticas na rotina de uma escola pública: Reflexões a partir de um estudo de caso. *Revista da SBEnBio, São Paulo*, 9(1), 4325-4335.
- Petrovic, V., Vicente Haro Gonzalez, J., Jordá Ferrando, O., Delgado Gordillo, J., Ramón Blasco Puchades, J., & Portolés Griñan, L. (2011). Additive layered manufacturing: Sectors of industrial application shown through case studies. *International Journal of Production Research*, 49(4), 1061-1079.
- Ponciano, T. M., Gomes, S. V., & Morais, I. C. (2017). Metodologia ativa na engenharia: Verificação da ABP em uma disciplina de engenharia de produção e um modelo passo a passo. *Revista Principia*, 32-39.
- Samagaia, R., & Delizoicov Neto, D. (2015). Educação científica informal no movimento "Maker". In *Anais, Águas de Lindóia, SP*. São Paulo: FAPESP.
- Tofail, S. A. M., Koumoulos, E. P., Bandyopadhyay, A., Bose, S., O'Donoghue, L., & Charitidis, C. (2018). Additive manufacturing: Scientific and technological challenges, market uptake and opportunities. *Materials Today*, 21(1), 22-37.
- Ventola, C. L. (2014). Medical applications for 3D printing: Current and projected uses. *Pharmacy and Therapeutics*, 39(10), 704–711.
- Weller, C., Kleer, R., & Piller, F. T. (2015). Economic implications of 3D printing: Market structure models in light of additive manufacturing revisited. *International Journal of Production Economics*, 164, 43-56.
- 3D Lab. (2023). Fatiadores 3D. Acessado em <https://3dlab.com.br/fatiadores-3d/> dia 13/01/2023.