

# Impressão de modelos tridimensionais para o ensino de ciências na educação básica: um relato de experiência

## *Printing three-dimensional models for teaching science in basic education: an experience report*

<sup>1</sup> Max Medeiros Mendonça e Carvalho  

<sup>2</sup> Ingrid Ribeiro Soares da Mata 

<sup>3</sup> João Gabriel Oliveira de Souza 

<sup>4</sup> Hudson Fernando Nunes Moura 

<sup>5</sup> Silviene Fabiana de Oliveira 

<sup>6</sup> José Eduardo Baroneza 

### RESUMO

---

Frente a um contexto de muitos desafios na educação pública brasileira, novos métodos para aprimorá-la estão cada vez mais em voga. No contexto do ensino público fundamental e médio, motivar os alunos e oferecer meios que facilitem a compreensão e a aplicação dos conteúdos abordados é desafiador, sobretudo num cenário onde as aulas expositivas são hegemônicas e o investimento é baixo. O trabalho apresentado relata uma experiência de oficina para professores do ensino médio, onde foi discutido e aplicado o uso da tecnologia de manufatura aditiva na produção de modelos tridimensionais para o ensino de ciências. Tal oficina serviu como excelente momento de discussão e reflexão quanto aos desafios e benefícios de aplicar propostas inovadoras no ensino de ciências, e também de como a impressão 3D oferece uma ferramenta notável.

**Palavra-chave:** Impressora 3D. Manufatura aditiva. Ensino de ciências.

### ABSTRACT

---

*Faced with a context of many challenges in public Brazilian education, new methods to improve it are increasingly popular. In the context of primary and secondary education, motivating students and offering means that facilitate the understanding and application of the subjects to be learned is challenging, especially in a scenario where the lectures are hegemonic and the public investment is low. The presented work reports one experience of workshop for high school teachers, where the use of additive manufacturing technology was discussed and applied in the production of three-dimensional models for science class. This workshop served as an excellent moment of discussing and reflecting of the challenges and benefits of applying innovative proposals in sciences education, and also on how 3D printing offers a notable tool.*

**Keyword:** 3d printer. Additive manufacturing. Science teaching.

---

1 Graduando de Medicina. Universidade de Brasília.

2 Graduanda de Medicina. Universidade de Brasília.

3 Graduando de Medicina. Universidade de Brasília.

4 Biólogo, Mestre em Bioquímica e Doutor em Ciências Biológicas/ Biologia Molecular. Professor adjunto de Anatomia Humana da Faculdade de Medicina da Universidade de Brasília.

5 Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília.

6 Biomédico, Mestre e Doutor em Biologia Celular e Molecular. Professor de Histologia e Embriologia da Faculdade de Medicina da Universidade de Brasília. Orientador pelo Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia (PROFBIO-UnB).

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 Reflexões sobre o ensino de ciências na educação básica brasileira

O ensino deficitário de ciências nos níveis fundamental e médio tem prejudicado o Brasil na comparação com demais países. Desde os anos 2000, ano em que o Brasil começou a participar do PISA, o país tem estado entre aqueles com pior desempenho (FIALHO; MENDONÇA, 2020). Nas avaliações de ciências os estudantes brasileiros possuem a segunda pior média entre os sete países da América Latina que participam do programa, superando apenas os resultados do Peru (DIAS et al., 2017). Em 2015, 56,6% dos estudantes brasileiros estavam abaixo do nível básico de proficiência científica e 4,38% abaixo até do nível mais baixo das habilidades esperadas nesta área do conhecimento (OECD, 2015).

Em comparação com os membros da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico - OECD, cujos líderes do ranking somaram 493 pontos de resultado no PISA, o Brasil obteve um resultado quase 20% inferior, somando 401 pontos. Na prova de 2018, o índice brasileiro se manteve estagnado, somando 404 pontos (OECD, 2018), um resultado insuficiente para sustentar o desenvolvimento de uma nação com tantas disparidades.

Embora entre 2009 e 2018 tenha aumentado em 116% o investimento do Governo Federal na educação básica (INEP, 2019), o índice de rendimento dos alunos nas avaliações internacionais permaneceu estagnado ou com discreta melhora. Aumentar o gasto público com educação sem assegurar a melhoria no padrão de qualidade é um exemplo de mal uso dos recursos dispendidos, além disso é preciso levar em consideração que “a existência de desigualdades sociais e estruturais pode consistir em um fator determinante no insucesso da política pública educacional” (MOTA et al., 2018).

Para atrair bons profissionais, o investimento na educação básica deve estar atrelado, entre outros fatores, a um significativo aumento no piso do magistério (AKIBA *et al.*, 2012), visto que no Brasil os valores iniciais e finais desta carreira são muito baixos. Em artigo que reflete acerca da baixa remuneração para professores, Pinto (2009, p.60) escreve que:

“Muito além de melhorar a formação inicial ou continuada dos professores, é preciso dar à profissão o prestígio que, em geral, ela nunca teve no Brasil, salvo em alguns casos isolados. E o melhor indicador de prestígio de uma profissão é o salário pago àqueles que a abraçam como fonte de vida e sustento”.

Além do aumento no piso do magistério, é necessário o estímulo à atualização e formação continuada dos professores da educação básica. No Brasil, embora contestada no ensino de ciências desde o nível básico até a pós graduação, a metodologia de ensino da aula expositiva tradicional, focada na transmissão de informações do professor para o aluno, infelizmente ainda é hegemônica (ARRUDA; COUTINHO, 2019; BARONEZA; SILVA, 2007).

Segundo Krasilchik (2004) nas aulas expositivas é comum que o professor assuma a responsabilidade de informar aos alunos os conceitos que devem ser memorizados e proponha listas de exercícios teóricos, que devem ser respondidos na sala de aula ou em casa com base nas informações que foram compartilhadas. Os alunos, por sua vez, recebem passivamente e memorizam as informações a respeito de terminologias científicas, muitas vezes compartilhadas em excesso. Após uma série de temas abordados, os estudantes são submetidos às avaliações teóricas para a verificação de conhecimentos fragmentados, por vezes irrelevantes.

Corretamente, as atuais Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica – DCNEB – estimulam a adoção de metodologias que valorizem a proatividade e a investigação em detrimento da simples transmissão de conhecimento, e recomenda que os professores abandonem as aulas puramente expositivas e passem a serem mediadores, facilitadores e estimuladores da realização de pesquisas e do trabalho em grupo. Sobre este aspecto o texto das DCNEB estabelece que:

“É necessário que a pesquisa como princípio pedagógico esteja presente em toda a educação escolar dos que vivem/viverão do próprio trabalho. Ela instiga o estudante no sentido da curiosidade em direção ao mundo que o cerca, gera inquietude, possibilitando que o estudante possa ser protagonista na busca de informações e de saberes, quer sejam do senso comum, escolares ou científicos” (BRASIL, 2013, p.218).

De acordo com Arruda e Coutinho (2019), o ensino por investigação (EI) “baseia-se na vivência de práticas científicas no âmbito escolar, sob enfoque da natureza e dos processos da ciência e visa contribuir para a formação cidadã”, além disso tem maior potencial de provocar no aluno a curiosidade, o pensamento crítico, o raciocínio lógico e o senso de cooperação, características essenciais para o despertar científico (LIMA et al., 2013). De acordo com o *National Research Council* (NRC, 2011), o bom ensino ocorre a partir da valorização do questionamento, do desenvolvimento e utilização de modelos didáticos, do planejamento e execução de investigações, da análise e interpretação de dados e das argumentações baseadas em evidências.

Segundo Freire (1973), a educação pode dirigir-se a dois caminhos: para contribuir com o processo de emancipação humana, ou para domesticar e ensinar a ser passivo diante da realidade que está posta. Para Almeida e Corso (2015) o aprendiz de ciências deve compreender os conceitos básicos de organização e funcionamento da natureza, associando-os frequentemente aos fenômenos práticos. No mesmo caminho, Vigotsky (2000) critica o ensino de ciências por meio da simples memorização de conceitos, afirmando que estes devem surgir e se constituir por meio da tensão da atividade do próprio pensamento ao observar a natureza das coisas.

Infelizmente, o atual plano “Compromisso Nacional pela Educação Básica”, apresentado pelo Ministério da Educação como norteador de ações de planejamento, formulação e implementação de políticas entre os anos de 2019 e 2022, não ressalta de que maneira pretende estimular o ensino investigativo, mas apenas que irá estabelecer trilhas de formação continuada para os docentes do ciclo básico por meio de cursos oferecidos na modalidade de Ensino à Distância – EaD, além de ressaltar que priorizará a expansão das escolas cívico-militares, sem haver “evidências empíricas sobre seus impactos na melhoria da aprendizagem dos alunos em escala nacional” (TODOS PELA EDUCAÇÃO, 2019).

Entretanto, mesmo diante da atual ausência de políticas públicas específicas que atuem para concretizar os objetivos previstos nas DCNEB, sugerimos que as Instituições de Ensino Superior brasileiras, sobretudo as Universidades Públicas, que possuem no contexto da extensão uma forma de viabilizar a relação transformadora entre universidade e a sociedade (FORPROEX, 2012), estimulem ações que visem capacitar continuamente os professores da educação básica por meio de oficinas, eventos e cursos de extensão.

De acordo com o Plano Nacional de Extensão Universitária (2001), as atividades de extensão universitária constituem um processo educativo, cultural e científico que articula o ensino e a pesquisa de forma indissociável e viabiliza a relação transformadora entre universidade e sociedade. Essa relação transformadora possibilita uma formação do sujeito centrada na auto formação, na construção e reflexão sobre o conhecimento apreendido favorecendo a tomada de decisões e a crítica e intervenção sobre a realidade.

Segundo Bordenave (2005), a extensão universitária deve ter, no currículo, o mesmo nível de relevância, tempo e recursos que geralmente são alocados à pesquisa e ao ensino. O autor sugere que todo aluno participe de atividades de extensão e que o corpo docente planeje tais atividades no seu programa que deve prever um processo de avaliação contínuo.

O atual Plano Nacional de Educação traz como diretrizes a melhoria na educação e a superação das desigualdades educacionais (BRASIL, 2014). A experiência relatada neste trabalho vem de encontro a necessidade brasileira de aprimorar a formação de docentes da educação básica da área científica, capacitando-os a incorporar novos modelos de ensino aprendizagem em suas práticas pedagógicas, a partir da elaboração e da discussão de atividades práticas de fácil desenvolvimento e cujos resultados possam estimular a motivação para o aprendizado.

## 1.2 O uso de Impressões 3D no ensino de ciências

A impressão 3D, ou manufatura aditiva, corresponde a uma técnica que pode ser utilizada para fabricar uma grande variedade de estruturas a partir de modelos tridimensionais (NGO et al., 2018). O processo consiste em imprimir camadas de materiais diversos, uma em cima da outra, de forma sucessiva por meio de uma impressora 3D, e tem sido utilizado em áreas distintas, tais como medicina, construção civil, engenharia e muitos outros campos do conhecimento (NGO et al., 2018; TACK et al., 2016).

A possibilidade do uso da tecnologia de impressões 3D no ensino superior não é uma novidade, uma vez que disciplinas de arquitetura e engenharia já a utilizam há décadas para impressão de protótipos (FORD; MINSHALL, 2019), bem como são comuns relatos de cursos da área das ciências biológicas e da saúde que dispõem de modelos anatômicos impressos em 3D (MCMENAMIM *et al.*, 2014).

Na educação básica, entretanto, o uso de impressões 3D no ensino ainda é recente e há poucos relatos (NOVAK; WINDON, 2019), entretanto modelos impressos em 3D já foram utilizados para introduzir o conceito de estrutura atômica em aulas de química (CHERY *et al.*, 2015), para explicar o conceito de audiodfrequência (MAKINO *et al.*, 2018), entre outros relatos bem sucedidos (FORD; MINSHALL, 2019).

Os benefícios citados em relação ao uso de modelos impressos em 3D na abordagem de conteúdos da educação básica são vários, tais como a possibilidade de produção rápida de várias cópias do modelo de interesse, ajudar na educação espacial e na ttilidade, uma vez que o aluno pode tocar e movimentar o modelo em todas as suas dimensões (CHEN, 2014), estimular a exploração, o trabalho colaborativo e o diálogo (KOSTAKIS *et al.*, 2015), embora quando utilizados excessivamente os modelos tridimensionais impressos podem causar frustração, fadiga física, exaustão, tédio e pânico ocupacional (NEMORIN; SELWYN, 2016).

A educação, de forma geral, vem cada vez mais recebendo inserções da tecnologia (DAMÁSIO, 2007) e isso tem suscitado mudanças nas metodologias de ensino em prol de impactar positivamente na aprendizagem. De acordo com Cardoso *et al.*, (2010, p.18):

“As teorias científicas que o estudante toma contato no ensino médio exigem visualização que, por sua vez, são dependentes da capacidade de abstração dos alunos. Estes conteúdos discutem estruturas ou processos que ocorrem tridimensionalmente e cuja complexidade, detalhes e componentes não são visíveis a olho nu. A falta de domínio teórico do conteúdo, a necessidade de simplificação associada à uma opção gráfica frágil tem reforçado -por gerações seguidas- conceitos e interpretações errôneas. Daí a necessidade de convergir conteúdo e tecnologia, permitindo às novas gerações compreender, organizar e propor redesenhos em ‘3D’.”

Ao refletir sobre a desmotivação das crianças ao estar em salas de aula, Knüppe (2006) aponta que entre os motivos está a adoção de metodologias de ensino passivas, que são cansativas e desgastantes, e sugere que planejar aulas criativas e envolventes que estimulem a proatividade dos alunos pode resgatar a motivação, e neste sentido o uso de modelos tridimensionais está entre as estratégias a serem valorizadas.

Quanto aos discentes adolescentes, aponta-se a importância de oferecer experiências novas e desafiadoras para motivar o estudante a aprender, sobretudo na abordagem de temas de natureza científica. Muitas vezes, é necessário superar o senso comum para esse público (Abelha, 2009) e nesse sentido, a Impressão 3D apresenta-se como modelo útil para evocar engajamento, por meio de atividades manuais nas quais os alunos tomam uma posição ativa, valorizando a criatividade e pensamento crítico (Ultimaker, 2019).

## 2 RELATO DE EXPERIÊNCIA:

Este trabalho relata a experiência de oficina ofertada por um docente e alunos do curso de Medicina da Universidade de Brasília para professores de Biologia do ensino médio da rede pública do Distrito Federal, com o objetivo de: 1. refletir sobre o potencial uso da tecnologia de manufatura aditiva, também conhecida como impressões 3D, para a produção de materiais didáticos a serem utilizados em aulas de biologia e; 2. demonstrar o passo-a-passo da manufatura aditiva, desde a escolha da imagem até a impressão tridimensional.

A oficina constituiu uma das ações do projeto de extensão “Embriões em Foco: o ensino da embriologia por meio da microscopia, de modelos tridimensionais e de metodologia ativas de ensino” e ocorreu nas dependências da Faculdade de Medicina da Universidade de Brasília, no dia 5 de outubro de 2019 com duração de oito horas.

O projeto contou com a colaboração do Sindicato dos Professores do Distrito Federal para divulgação e custeio dos filamentos plásticos empregados para a impressão dos modelos didáticos. Além disso, foi divulgado também nas redes sociais – whatsapp, instagram e facebook - e através do sítio virtual da Faculdade de Medicina da Universidade de Brasília (<http://www.fm.unb.br/189-projeto-de-extensao-embrioes-em-foco>).

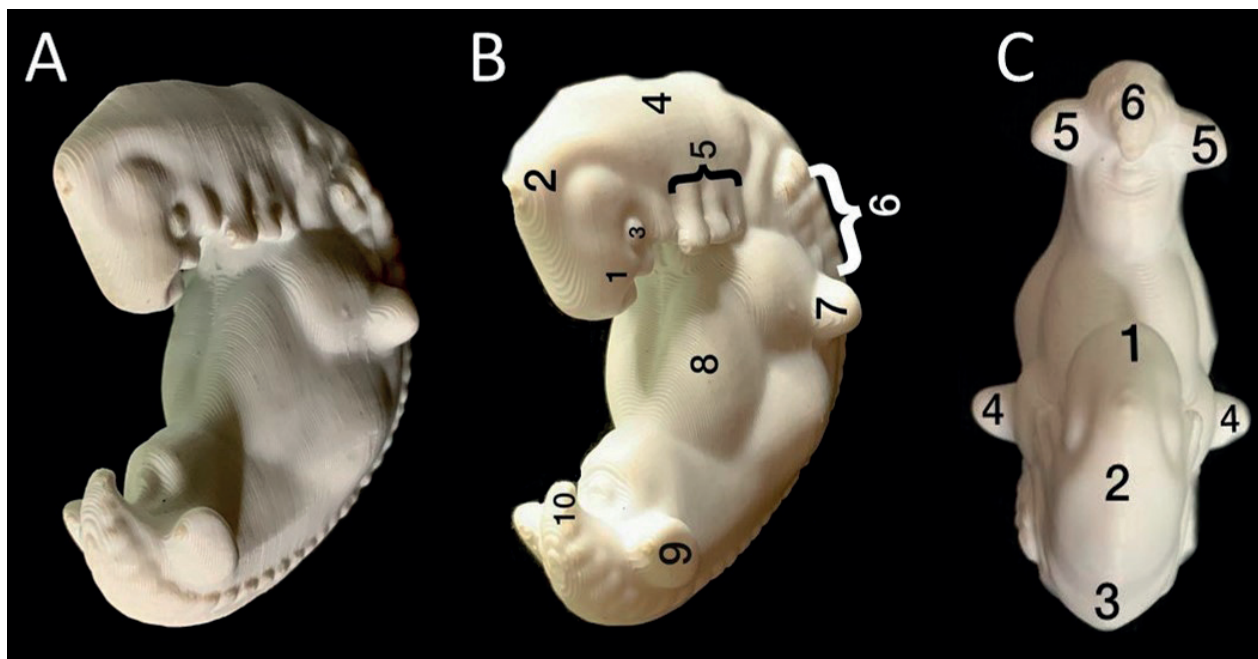
Foram disponibilizadas 12 vagas para a oficina, em função do espaço limitado onde a mesma ocorreu. A inscrição dos professores, bem como a emissão dos certificados aos participantes ficou sob a responsabilidade do Sistema de Extensão da Universidade de Brasília - SIEEX.

A atividade de 8 horas com os professores ocorreu em 2 momentos de 4 horas cada. No primeiro momento, no Laboratório de Tecnologia Educacional, que dispõe de uma ampla mesa com formato de U, coleção de esculturas didáticas e multimídia instalado, foi realizada uma discussão a respeito dos métodos de ensino de ciências, dos fundamentos da manufatura aditiva, dos tipos e a aplicabilidade de impressoras 3D e sobre o potencial de uso desta tecnologia na produção de materiais que possam ser usados em atividades de ensino de ciências. Por fim, através de uma roda de conversa, os professores puderam falar um pouco sobre suas experiências e desafios no dia a dia do ensino público.

O segundo momento ocorreu no Laboratório de Embriologia Humana e Aplicada e foi destinado à demonstração e treinamento sobre o funcionamento do software utilizado para processamento dos modelos tridimensionais Voxelizer 2.0® (<https://voxelizer.com/>), e da impressora Zmorph 2 SX® (<https://zmorph3d.com/products/zmorph-2-0-sx>). Além disso, foi discutido sobre a possibilidade de utilizar imagens tridimensionais de modelos didáticos disponíveis, gratuitamente ou não, em sítios virtuais tais como o BodyParts3D, com imagens de anatomia (<http://lifesciencedb.jp/bp3d/?lng=en>), o Thingiverse, (<https://www.thingiverse.com/>), e o Sketchfab (<https://sketchfab.com/>), para imagens gerais. O modelo analisado corresponde a um embrião humano com 4 semanas de desenvolvimento, disponível em <https://sketchfab.com/3d-models/human-embryo-4-week-ab17a-7cde30047c9897753a0440ef770>.

Com auxílio de tutores, os professores acompanharam o passo-a-passo do processamento das imagens em 3D, necessário antes de submetê-las à impressão, e puderam manusear a impressora e tirar dúvidas sobre os possíveis problemas em decorrência do mal uso do equipamento. A figura 1 corresponde ao modelo impresso e avaliado quanto ao uso em potencial como modelo didático:

**FIGURA 1. Modelo de embrião humano com 4 semanas de desenvolvimento impresso por manufatura aditiva. A. Vista lateral. B. Vista lateral com estruturas numeradas: 1-placoide nasal; 2- mesencéfalo; 3- vesícula óptica; 4- rombencéfalo; 5- 1º, 2º e 3º arcos faríngeos; 6- somitos; 7- broto do membro superior; 8- proeminência cardíaca; 9- broto do membro inferior; 10- eminência caudal. C. Vista ventral com estruturas numeradas: 1-prosencéfalo; 2-mesencéfalo; 3- rombencéfalo; 4- brotos dos membros superiores; 5- brotos dos membros inferiores; 6- eminência caudal.**



Fonte: Os autores, 2022.

A partir de uma experiência tátil e visual foi possível avaliar a morfologia externa do embrião humano com 04 semanas de desenvolvimento. Acreditamos que essa observação favorece o olhar do estudante acerca das estruturas que podem ser evidenciadas, possibilitando também abordar o conceito de escalas a partir da comparação da dimensão esperada do tamanho do embrião nessa fase do desenvolvimento com o modelo impresso. Ressaltamos também que o material plástico utilizado para a impressão 3D pode ser colorido com o uso de tintas apropriadas conferindo um caráter lúdico a essa prática. Além disso, o insumo utilizado apresenta baixo custo o que torna este modelo adequado às ações de ensino cujos recursos são limitados.

## 2.1 Impressões dos professores

A partir da realização desta oficina e tendo em vista a necessária melhoria na educação brasileira, ressaltamos a importância de incluir ações voltadas para a capacitação de professores da educação básica em projetos de extensão e divulgação científica que nascem das Instituições de Ensino Superior, que em maioria possuem políticas que estimulam a execução destes projetos. Os participantes da oficina eram professores de biologia do ensino médio da rede pública do Distrito Federal, que relataram as dificuldades do seu dia a dia de trabalho principalmente no tocante aos poucos recursos didáticos que dispõem, além da falta de capacitação para uso de metodologias alternativas às aulas expositivas.

Apesar do entendimento de que a alfabetização científica deve acontecer por meio da observação e investigação da natureza, os professores relataram que o ensino acontece de modo passivo, por meio de aulas expositivas, com poucas possibilidades de práticas e sem estímulo para mudanças. Foi também relatada a falta de políticas de capacitação que viabilize a reflexão acerca dos melhores métodos para ensinar ciências.

Outra situação que os professores trouxeram à tona, foi o fato de que muitos deles têm projetos, ideias e vontade de propor novos métodos de ensino e atividades mais interessantes para os alunos. No entanto, a burocracia do serviço público age como uma barreira quase intransponível para que as propostas desses professores possam ser executadas. Muitos projetos só acontecem devido ao subsídio pessoal de alguns professores dedicados. Foi possível observar também uma grande diferença do apoio que é oferecido a professores de colégios militares em relação aos das demais escolas públicas da rede do Distrito Federal.

Sobre a experiência da oficina de manufatura aditiva, os docentes avaliaram o passo-a-passo dos processos e o modelo tridimensional impresso e relataram que a utilização destes modelos em aulas pode ser uma forma de estimular que o estudante entre em contato com a forma dos seres vivos, ressaltando que a manipulação de objetos permite que o educando compreenda além do que pode ser visto por meio de imagens bidimensionais, estimulando deste modo a memória tátil.

A partir do ensino médio, quando conceitos cada vez mais abstratos passam a ser demonstrados, faz-se imperativo o uso de recursos que facilitem a visualização prática desses conceitos. Os conceitos básicos de embriologia, área de estudo do modelo impresso na oficina relatada, são apresentados no ensino médio, no entanto, o estudo apenas da descrição teórica do desenvolvimento em livros é por vezes insuficiente para que o aluno compreenda a dinâmica do processo, ainda que imagens bidimensionais acompanhem a teoria.

Partindo do pressuposto das dificuldades dos professores, alunos e infraestruturas das escolas, Ataíde e Silva (2011), destacam a importância dos documentos oficiais, tais como os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) para o ensino médio e as Orientações Curriculares para o Ensino Médio (OCEM), que salientam a necessidade de experimentar estratégias diversificadas ao abordar temas científicos.

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A oficina foi uma oportunidade de colocar em evidência os desafios que a educação brasileira, mais especificamente no Distrito Federal, enfrenta. O auxílio da impressão 3D teve uma boa aceitação e se mostrou uma opção interessante para os professores de ciências, que buscam métodos de ensinar conceitos abstratos e de difícil visualização, como os associados à embriologia. Quando se tem a oportunidade de ver e tocar objetos tridimensionais que representam os embriões, o ensino torna-se muito mais eficiente.

Tendo em vista o grande potencial que as universidades têm de auxiliar os professores dos outros níveis de ensino a encontrar alternativas que melhorem suas práticas docentes, entendemos que estimular as relações entre instituições de ensino superior, médio, fundamental e infantil podem impactar positivamente a qualidade da educação para jovens no Brasil.

Por fim, acreditamos que a adoção de políticas públicas de incentivo às relações verticais interinstitucionais na área de ensino de ciências, que visem estimular atividades tais como: discussão de metodologias alternativas de ensino, oficinas teórico-práticas e parcerias para utilização de equipamentos e materiais, poderiam inserir o Brasil no grupo de países que possuem os melhores resultados nesses níveis de ensino.

## REFERÊNCIAS

- AKIBA, M; CHIU, Y; SHIMIZU, K; LIANG, G. Teacher salary and national achievement: a cross-national analysis or 30 countries. **International Journal of Education Research**, 53, 171-181, 2012.
- ALMEIDA, A.; CORSO A.M. **A educação de jovens e adultos: aspectos históricos e sociais**. Educere, 2015. Disponível em: [http://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2015/22753\\_10167.pdf](http://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2015/22753_10167.pdf)
- ARRUDA, M.C.B.V; COUTINHO, D.J.G. Metodologias investigativas no ensino médio: um mapeamento das pesquisas em periódicos nacionais entre os anos de 2015 a 2019. **Brazilian Journal of Development**, 5 (12), 28645-28661, 2019.
- ATAIDE, M. C. E. S.; SILVA, B. V. C. As metodologias de ensino de ciências: contribuições da experimentação e da história e filosofia da ciência. **Holos**, Rio Grande do Norte, ano 27, v. 4, p. 171-181, 2011.
- BARONEZA, J.E; SILVA, S.O. Uma reflexão sobre a formação de professores para o ensino superior no Brasil. **Acta Scientiarum Human and Social Sciences**, 29 (2): 163-68, 2007.
- BORDENAVE, Juan Díaz. **A formação universitária exige integração e equilíbrio nos componentes do triângulo educativo**. In: ROLLEMBERG. Marcello (Org.) *Universidade: Formação e Transformação*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2005.
- BRASIL. Ministério da Educação, **Plano Nacional de Extensão Universitária**, Brasília, 2001.
- BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica. **Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica**, Brasília, 2013.
- BRASIL. Ministério da Educação, **Plano Nacional de Educação**, Brasília, 2014.
- CARDOSO, A.V; et al. Aprendizagem científica e tecnológica no ensino médio: uma experiência de design de material didático em 3D. **Anais do II Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia**, 2010.
- CHEN, M; ZHANG, Y; ZHANG, Y. Effects of a 3D printing course on mental rotation ability among 10-year-old primary students. **International Journal of Psychophysiology**, 94(2): 240, 2014.
- CHERY, D; MBURU, S; WARD, J; FONTECCHIO, A. Integration of arts and technology in GK-12 science courses. **IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)**, El Paso, TX, 2015, pp. 1-4.
- DIAS, B.F.B; MARIANO, S.R.H; CUNHA, R.M. Educação básica na América Latina: uma análise dos últimos dez anos a partir dos dados do Programa internacional de Avaliação de Estudantes (PISA). **Revista Pensamento Contemporâneo em Administração**, 11 (4), 1-26, 2017.
- FIALHO, W.C.G; MENDONÇA, S. O PISA como indicador de aprendizagem de ciências. **Roteiro**, v. 45, p. 1-24, 18 fev. 2020.
- FORD, S; MINSHALL, T. Invited review article: where and how 3D printing is used in teaching and education. **Additive Manufacturing**, 25:131-150, 2019.
- FORPROEX – Fórum de Pró-Reitores de Extensão das Universidade Públicas Brasileiras. **Política Nacional de Extensão Universitária**. 2012. Disponível em: <https://www.ufmg.br/proex/renex/images/documentos/2012-07-13-Politica-Nacional-de-Extensao.pdf>, acesso em 17 de junho de 2020.
- FREIRE, P. **Educação para a liberdade**. Porto: Escorpião, 1973.



INEP – INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS ANÍSIO TEIXEIRA. PISA 2018 revela baixo rendimento escolar em leitura, matemática e ciências no Brasil. 2019. Disponível em [http://portal.inep.gov.br/artigo/-/asset\\_publisher/B4AQV9zFY7Bv/content/pisa-2018-revela-baixo-desempenho-escolar-em-leitura-matematica-e-ciencias-no-brasil/21206#:~:text=Pisa%202018%20revela%20baixo%20desempenho%20escolar%20em,matem%C3%A1tica%20e%20ci%C3%Aancias%20no%20Brasil&text=Em%20ci%C3%Aancias%2C%20o%20n%C3%BAmero%20chega,%2C%20em%20leitura%2C%2050%25](http://portal.inep.gov.br/artigo/-/asset_publisher/B4AQV9zFY7Bv/content/pisa-2018-revela-baixo-desempenho-escolar-em-leitura-matematica-e-ciencias-no-brasil/21206#:~:text=Pisa%202018%20revela%20baixo%20desempenho%20escolar%20em,matem%C3%A1tica%20e%20ci%C3%Aancias%20no%20Brasil&text=Em%20ci%C3%Aancias%2C%20o%20n%C3%BAmero%20chega,%2C%20em%20leitura%2C%2050%25). Acesso em 16 de junho de 2020.

KNÜPPE, L. Motivação e desmotivação: desafio para as professoras do Ensino Fundamental. **Educar em Revista**, n. 27, p. 277–290, jun. 2006.

KOSTAKIS, V; NIAROS, V; GIOTITSAS, C. Open source 3D printing as a means of learning: An educational experiment in two high schools in Greece. **Telematics and Informatics**, 32(1): 118-128, 2015.

KRASILCHIK, M. Práticas de Ensino de Biologia, 4ª ed. São Paulo: EdUSP, 2004.

LIMA, J.H; SIQUEIRA, A.P.P; COSTA, S. A utilização de aulas práticas no ensino de ciências: um desafio para os professores. **2º Simpósio de Integração Científica e Tecnológica do Sul Catarinense**, p.486-495. Disponível em: <http://periodicos.ifsc.edu.br/index.php/rtc/article/view/1108/826>, acesso em 16 de março de 2020.

MAKINO, M; SUZUKI, K; TAKAMATSU, K; SHIRATORI, A; SAITO, A. SAKAI, K; FURUKAWA, H. 3D printing of police whistles for STEM education. **Microsystem Technologies**, 24, 645-748, 2018.

MCMENAMIN, P.G. The production of anatomical teaching resources using three-dimensional (3D) printing technology. **Anatomical Sciences Education** 7:479-486, 2014.

MEDEIROS, L; JALOTO A; e SANTOS, A.V.F. A área de Ciências nas avaliações internacionais de larga escala. **Estudos em Avaliação Educacional**. v. 28, n. 68, p. 512-537, maio/ago. 2017.

MOTA, F; BUISSA, L; BARBOSA, M. O financiamento da educação no Brasil como instrumento de aprofundamento da desigualdade social. **Revista de Direito Administrativo Constitucional**, 73: 97-114, 2018.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). A framework for K–12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas. Committee on a Conceptual Framework of New K–12 Science Education Standards. Board on Science Education. Division of Behavioral and Social Sciences and Education. Washington, DC: **The National Academies Press**, 2011.

NEMORIM, S; SELWYN N. Making the best of it? Exploring the realities of 3d printing in school. **Research Papers in Education**, 32(5): 578-595, 2017.

NGO, T. D. et al. Additive manufacturing (3D printing): A review of materials, methods, applications and challenges composites. Part B: **Engineering Elsevier Ltd**, 15 jun. 2018.

NOVAK, E; WISDOM, S. Using 3D Printing in Science for Elementary Teachers; in **Active Learning in College Science: The Case for Evidence-Based Practice**. Springer, 2019.

OECD – Organization for Economic Co-operation and Development. **PISA 2015: Results in Focus**, 2015. Disponível em: <https://www.oecd.org/pisa/pisa-2015-results-in-focus.pdf>. Acesso em 16 de junho de 2020.

OECD – Organization for Economic Co-operation and Development. **PISA 2018: insights and interpretations**, 2018. Disponível em: <https://www.oecd.org/pisa/PISA%202018%20Insights%20and%20Interpretations%20FINAL%20PDF.pdf>. Acesso em 05 de junho de 2020.

OLIVEIRA, D.A.L. **Análise da consonância dos programas nacionais de educação com os déficits de infraestrutura das escolas públicas do Brasil:** possibilidades e desafios à descentralização. 2017. 138 f., il. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão Pública) - Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

PINTO, J.M.R. Remuneração adequada do professor: desafio à educação brasileira. **Revista Retratos da Escola**, 3 (4): 51-67, 2009.

SILVA, C. **Análise das carências estruturais para o ensino de ciências em escolas de Taguatinga-DF.** 2011. 19 f. Trabalho de conclusão de curso (Licenciatura em Biologia a distância) - Universidade de Brasília, [S. l.], 2011. Disponível em: [https://bdm.unb.br/bitstream/10483/1818/1/2011\\_CamilaLasseSilva.pdf](https://bdm.unb.br/bitstream/10483/1818/1/2011_CamilaLasseSilva.pdf). Acesso em: 4 jun. 2020.

SILVA, M.A.S. et al. Utilização de Recursos Didáticos no processo de ensino e aprendizagem de Ciências Naturais em turmas de 8º e 9º anos de uma Escola Pública de Teresina no Piauí. In: Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação, Palmas, 2012. **Anais do VII CONNEPI.** Disponível em: <<http://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/paper/viewFile/3849/2734>>. Acesso em: 04 jun. 2020.

TACK, P. et al. 3D-printing techniques in a medical setting: A systematic literature review Biomedical Engineering. **Online BioMed Central Ltd.**, 21 out. 2016.

TODOS PELA EDUCAÇÃO. **Análise crítica:** Compromisso Nacional pela Educação Básica – MEC, 2019. Disponível em [https://www.todospelaeducacao.org.br/\\_uploads/\\_posts/390.pdf?696109351](https://www.todospelaeducacao.org.br/_uploads/_posts/390.pdf?696109351). Acesso em 16 de junho de 2020.

VIGOTSKY, L.S. **A construção do pensamento e da linguagem.** Tradução: Paulo Bezerra. - São Paulo: Martins Fontes, 2000.