

Impressão 3D e pesquisas em ciências da natureza: um olhar sobre a produção científica na área

Mylena Iasmim Figueiredo Pires*, Ailton José Vinholi Júnior**

Resumo

Esta pesquisa buscou realizar um levantamento da produção científica no Brasil referente à utilização da impressão 3D na construção de materiais facilitadores do processo de ensino-aprendizagem de Ciências da Natureza. A análise foi realizada em diversas etapas e os trabalhos foram categorizados a partir de suas características geográficas, ano de publicação, classificação do tipo de pesquisa, instituição de origem do(s) autor(es), nível de ensino, aplicação, métodos, insumos utilizados na impressão 3D e a presença de foco inclusivo. A distribuição regional dos trabalhos apontou prevalência de pesquisas oriundas da região Sudeste, bem como a ausência de trabalhos na região Centro-Oeste. A análise dos trabalhos selecionados indicou que a impressão 3D vem ganhando espaço no contexto do ensino, sendo a construção de modelos concretos a forma mais significativa de utilização dessa ferramenta nas temáticas voltadas à Biologia, Física e Química, esta última sendo destaque na quantidade de publicações. Outro aspecto relevante é a produção de materiais assistivos, em sua totalidade voltados à deficiência visual, mostrando o potencial da impressão 3D como meio de quebra de barreiras de estudantes com essa deficiência. Quanto à impressão propriamente dita, é notória a preferência de utilização do termoplástico PLA, seguido do ABS como insumos na construção dos materiais, porém poucos trabalhos se atentam a abordar o processo de impressão de forma detalhada.

Palavras-chave: Ciências da Natureza, Ensino-Aprendizagem, Impressão 3D.

-
- * Mestra em Educação Profissional e Tecnológica do Instituto Federal de Mato Grosso do Sul - ProfEPT/IFMS, Campus Campo Grande. Email: mylena.pires@ifms.edu.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7616-0559>
- ** Doutor em Educação. Professor do Programa de Pós-Graduação em Educação Profissional e Tecnológica do Instituto Federal de Mato Grosso do Sul - ProfEPT/IFMS, Campus Campo Grande. Email: vinholi22@yahoo.com.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0024-0528>

<https://doi.org/10.5335/rbecm.v5i1.11348>

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>

Recebido em: 18/07/2020; Aceito em: 01/03/2021

ISSN: 2595-7376



Introdução

A tecnologia de impressão 3D vem ganhando espaço como ferramenta promissora em campos estratégicos como ciência, tecnologia, educação e desenvolvimento sustentável, por ter a característica de construir, de forma simplificada, estruturas tridimensionais em geometrias complexas (CANESSA; FONDA; ZENNARO, 2013). Essa tecnologia está ganhando cada vez mais destaque, em grande parte, graças à publicidade feita pela mídia, surgimento de novas técnicas e insumos, criação de novas tecnologias com baixo custo e softwares que possuem código aberto disponíveis no mercado. Além disso, tanto a aquisição das impressoras 3D, quanto os conhecimentos/habilidades necessários para o processo de impressão com essas ferramentas estão se popularizando e tornando-se acessíveis (OSTUZZI et al., 2015).

Assim, o uso da impressão 3D no desenvolvimento de modelos didáticos vem se mostrando um método bastante eficiente em forma de apoio aos conteúdos presentes nos materiais de estudo tradicionais (ORLANDO, et al., 2009). Quanto à aplicação dessa ferramenta na Educação, o site *teachthought.com* indica onze exemplos de como a impressão 3D pode ser usada nesta área (tradução nossa):

- Impressão de projetos por estudantes de design e engenharia;
- Maquetes impressas em 3D para estudantes de arquitetura;
- Estudantes de história conseguem imprimir artefatos históricos para examinar;
- Impressão de versões tridimensionais das criações de estudantes de design gráfico;
- Estudantes de geografia podem imprimir mapas topográficos, demográficos ou populacionais;
- Desenvolvimento de moldes de produtos alimentícios por parte de estudantes de culinária;
- Os estudantes de engenharia automotiva podem elaborar peças de reposição ou componentes modificados para experimentos;
- Impressão de modelos 3D de moléculas por estudantes de química;
- Estudantes de biologia podem construir modelos de células, vírus, organismos e outros componentes biológicos;
- Os estudantes de matemática podem imprimir “problemas” para resolução em seus próprios espaços de aprendizado, desde modelos em escala até desafios de design infraestrutural de cidades.



Já na pesquisa desenvolvida por Aguiar (2016), o autor focou em estabelecer instruções voltadas à construção de materiais didáticos, a partir do uso de impressoras 3D para o ensino de Ciências, comprovando que esses objetos permitem estimular os processos da construção do conhecimento. O processo de desenvolvimento da pesquisa foi realizado por meio de uma oficina aplicada com estudantes de licenciatura. Os resultados indicam que o professor precisa desenvolver novas habilidades, tendo domínio da ferramenta, para que seja possível guiar os estudantes numa experiência que, efetivamente, promova o aprendizado. Apesar de o produto deste trabalho ser um método sistemático da construção dos materiais didáticos, o autor reforça que esse processo não deve ser imutável e nem mesmo tomado como sendo o procedimento ideal, mas sim deve manter a busca por respostas com foco na resolução dos problemas.

Apesar das possíveis facilitações da Impressão 3D, pouco foi publicizado a respeito do papel dessa tecnologia na educação especial. Ela pode contribuir para a educação especial favorecendo o envolvimento de STEM (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática, do inglês *Science, Technology, Engineering and Mathematics*) em um público-alvo historicamente carente, criando materiais inclusivos e tecnologia assistiva (TA). A tecnologia de impressão 3D pode ser vista como uma ferramenta eficaz de auxílio aos estudantes, para criatividade e exploração, além de uma introdução interessante aos tópicos pertencentes a STEM. Ademais, os materiais produzidos nesse tipo de impressão podem ser personalizados na sala de aula e voltados à tecnologia assistida individualizada (BUEHLER et al., 2016).

Mesmo que a impressão 3D seja um tema atual e foco de diversas pesquisas, no contexto das tecnologias assistivas ainda é pouco estudada. Neste sentido, este artigo objetivou caracterizar trabalhos que utilizaram a impressão 3D como ferramenta no processo de ensino-aprendizagem de Ciências da Natureza, apontando panoramas e tendências nas publicações que abordaram essa interface. Para isso, foram verificados aspectos regionais, institucionais, nível de ensino, processo de impressão, bem como a presença de foco inclusivo nos estudos. Buscou-se, também, apresentar várias possibilidades de comparações, para trazer reflexões a partir de diversos pontos de vista e permitir ao leitor mapear os principais aspectos das pesquisas relacionadas às temáticas supracitadas.

Metodologia

Considerando que a utilização de impressão 3D como instrumento no processo de ensino-aprendizagem é recente, mas que vem ganhando espaço no campo das pesquisas científicas, é importante analisar os impactos dessas pesquisas e as vertentes que ainda carecem de mais estudos. Na seara das Ciências da Natureza, como área de grande relevância, foi realizado um mapeamento das produções científicas que relacionam a impressão 3D com o processo de ensino-aprendizagem nessa área. Inicialmente a área escolhida seria apenas a Biologia, porém ao realizar um primeiro levantamento, constatou-se que haveria pouco material para análise, já que as pesquisas relacionadas com a impressão 3D no campo biológico ainda são escassas. Optou-se, então, por maximizar o objeto de pesquisa para as Ciências da Natureza, analisando trabalhos nas disciplinas de Biologia, de Física e de Química, por se tratarem de áreas que costumam utilizar diferentes metodologias e estratégias didáticas no contexto do ensino e da aprendizagem.

A pesquisa é caracterizada como bibliográfica e de natureza qualitativa. Para Ferreira (2002), os estudos de caráter bibliográfico visam investigar os documentos publicados no âmbito acadêmico em várias áreas do conhecimento, buscando estabelecer relações entre as pesquisas com vistas à identificação de panoramas e tendências em variados centros de publicações e períodos determinados, a partir de análise de categorias e outros dados estipulados pelos autores.

Para esse levantamento foram realizadas buscas no Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES, no portal do *Google*, no *Google Acadêmico* e na plataforma *Scientific Electronic Library Online* – SciELO. Em todas as plataformas, as buscas foram realizadas pelas seguintes combinações de palavras-chave, entre aspas: “impressora 3D”, “tridimensionalidade”, “modelos concretos”, “ciências”, “ciências da natureza”, “ensino”, “aprendizagem”, “biologia”, “física” e “química”. Ressalta-se que na plataforma SciELO não foi encontrado nenhum trabalho que se enquadrasse na utilização das combinações de palavras supracitadas.

Na sequência foi realizada uma primeira análise dos resultados encontrados e verificou-se a presença de relações entre os trabalhos com o assunto de interesse desta pesquisa. Após a análise dos títulos, foi feita a leitura dos resumos e, por fim, a leitura do texto completo de todos os trabalhos selecionados, excluindo aqueles que não tinham como enfoque o uso da impressão 3D como ferramenta no processo de

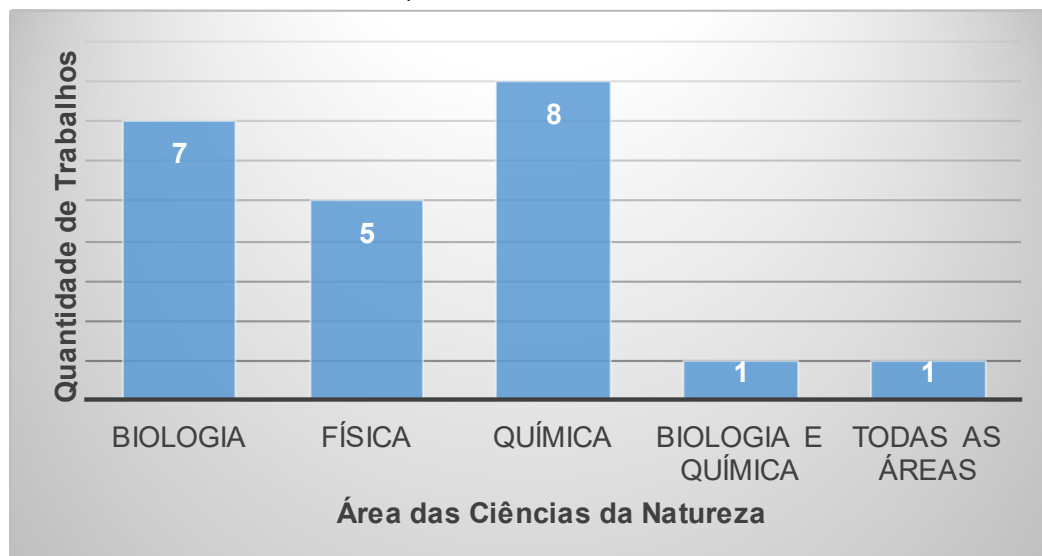


ensino-aprendizagem das Ciências da Natureza. Um total de 22 trabalhos atendeu aos critérios de inclusão estabelecidos neste estudo, que abrange trabalhos realizados no Brasil, entre os anos de 2014 a 2019, por meio da combinação de palavras-chave utilizadas nas plataformas de busca.

Após a seleção, as produções foram categorizadas em uma planilha, consoante às seguintes características: título, classificação do trabalho, ano de publicação, instituição de origem do(s) autor(es), área e subárea, local de realização da pesquisa (por região do país), nível de ensino em que foi aplicada a pesquisa, forma de utilização da impressão 3D, métodos de impressão e insumos utilizados e, por fim, se a pesquisa apresenta foco inclusivo e em qual tipo de deficiência. A partir disso, os trabalhos foram numerados na planilha segundo a área estudada, ordem cronológica de publicação e classificação do trabalho. Todas as etapas descritas fizeram parte de uma análise diferenciada do processo de levantamento, e seus resultados serão abordados no próximo tópico.

Apresentação e discussão dos dados

O início da análise se deu a partir do fichamento dos trabalhos na planilha criada, onde em um primeiro momento foram verificados os títulos, a classificação do trabalho, ano de publicação e a instituição. Em uma amostra de 22 trabalhos, sete (7) têm foco na Biologia, cinco (5) na Física, oito (8) na Química, um (1) trabalho envolvendo Biologia e Química e outro trabalho envolvendo as três áreas correspondentes às Ciências da Natureza, conforme gráfico 1.

Gráfico 1: Quantitativo de trabalhos por área das Ciências da Natureza

Fonte: elaboração própria.

Esses dados revelam certa variação na quantidade de trabalhos por área, mas com um maior enfoque na Química. Além disso, a categorização por classificação do trabalho apresentou cinco artigos publicados em periódicos e outros cinco publicados em anais de eventos científicos, quatro trabalhos de conclusão de curso de graduação e oito dissertações de mestrado.

Acerca da instituição de origem dos autores das pesquisas, não houve discrepância no quantitativo de publicações por instituição, sendo que a quantidade máxima de trabalhos publicados (dois trabalhos) ocorreu em seis universidades. Isso demonstra que as pesquisas estão bem distribuídas, confirmando que esse tipo de temática ainda é recente, mesmo nas universidades de maior destaque científico. Para uma melhor visualização do que foi exposto, apresenta-se no quadro 1 a listagem dos trabalhos com as características previamente citadas:

Quadro 1: Trabalhos desenvolvidos na área de Ciências da Natureza, categorizados por classificação, ano de publicação e instituição de origem

(continua...)

Número	Títulos dos Trabalhos	Classificação	Instituição
1	Construção de instrumentos didáticos com Impressora 3D (AGUIAR e YONEZAWA, 2014)	Artigo publicado em evento científico	Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP
2	Um processo para utilizar a tecnologia de impressão 3D na construção de instrumentos didáticos para o ensino de Ciências (AGUIAR, 2016)	Dissertação	Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP
3	Fabricação digital no ensino-aprendizagem de Biologia Celular (MELO, 2016)	TCC	Universidade Católica de Santos – UNISANTOS
4	Fabricação de trilhas condutoras através de tecnologia de impressão 3D (GÄAL, 2017)	Dissertação	Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP
5	O uso da tecnologia de impressão 3D no ensino de Química para deficientes visuais e de baixa visão (SOUSA, <i>et al.</i> 2017)	Artigo publicado em evento científico	Universidade Estadual de Roraima – UERR
6	Proposta de ensino de Química Orgânica para alunos com deficiência visual: desenhando prática pedagógica inclusiva (LIMA, 2017)	Dissertação	Universidade Estadual da Paraíba – UEPB
7	A impressão 3D como estratégia de ensino e aprendizagem em Química na educação básica (LACERDA, 2017)	TCC	Universidade Federal Fluminense – UFF
8	A impressora 3D e novas perspectivas para o ensino: possibilidades permeadas pelo uso de materiais concretos (BASNIAK e LIZIERO, 2017)	Artigo publicado em periódico	Universidade Estadual do Paraná – UNESPAR
9	Importância da utilização de recursos didáticos impressos 3D no processo de ensino e aprendizagem de Zoologia (SILVA, 2017)	Dissertação	Universidade Federal do Acre – UFAC
10	Desenvolvimento de experimentos didáticos utilizando a tecnologia de impressão 3D (MENDONÇA <i>et al.</i> 2018)	Artigo publicado em evento científico	Universidade Federal do Rio Grande – FURG
11	Ensino de Física a deficientes visuais mediado por impressão 3D (SANTOS, 2018)	TCC	Universidade Estadual da Paraíba – UEPB
12	Desenvolvimento de modelos impressos em 3D para o ensino de Ciências (PALAIO, 2018)	Artigo publicado em periódico	Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro – UNIRIO
13	O ensino inclusivo de Biologia Celular para alunos surdos e DV'S: da construção de um kit interativo à formação de professores (SANTOS, 2018)	Dissertação	Universidade Estadual do Paraná – UNESPAR
14	Kit microbiano para o ensino-aprendizagem da Microbiologia por deficientes visuais (MANGIA, 2019)	TCC	Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ

(conclusão)

15	Materiais didáticos para o ensino de física no nível fundamental por meio de plataformas eletrônicas (EVANGELISTA E PERUZZO, 2019)	Artigo publicado em periódico	Instituto Federal Catarinense – IFC
16	O uso da impressora 3D na construção de geometrias moleculares como uma proposta didática no ensino de Química, adaptado para pessoas com deficiência visual (TOLEDO et al. 2019)	Artigo publicado em evento científico	Universidade Estadual de Roraima – UERR
17	Desenvolvimento de uma cuba de eletroforese utilizando impressão 3D (SILVA, 2019)	Artigo publicado em periódico	Universidade de Mogi das Cruzes – UMC
18	Modelos confeccionados em impressora 3D para o ensino de geometria molecular em Química (ANDRADE, 2019)	Dissertação	Universidade Federal do Acre – UFAC
19	Modelos 3D impressos como estratégia para a aprendizagem do conceito de interação enzima-substrato (ALMEIDA, 2019)	Dissertação	Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL
20	Ensino de Química para pessoas com deficiência visual: mapeamento e investigação de produções e aplicações no Brasil (DUARTE, 2019)	Dissertação	Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP
21	Impressão 3D dos fosfolipídeos como recurso didático para o ensino de Biologia Celular (REIS, 2019)	Artigo publicado em evento científico	Universidade Federal do Pará - UFPA e Instituto Federal do Pará – IFPA
22	Material didático para inclusão de estudantes com deficiência visual nas aulas de Ciências e Biologia sobre filos Mollusca e Echinodermata (GONÇALVES, 2019)	Artigo publicado em periódico	Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais – PUC Minas

Fonte: elaboração própria.

Durante o processo de busca dos trabalhos, foi possível constatar que a impressão 3D em documentos anteriores à 2014 estavam relacionados, em grande parte, ao seu uso na área da medicina com a construção de próteses, não sendo possível identificar nenhuma utilização desta ferramenta como método de ensino-aprendizagem no campo das Ciências da Natureza. Assim, ao afirmar que esse tema é atual, foi elementar a realização de uma distribuição temporal dos trabalhos selecionados (2014 a 2019) que permitisse uma abordagem recentes sobre a temática escolhida.

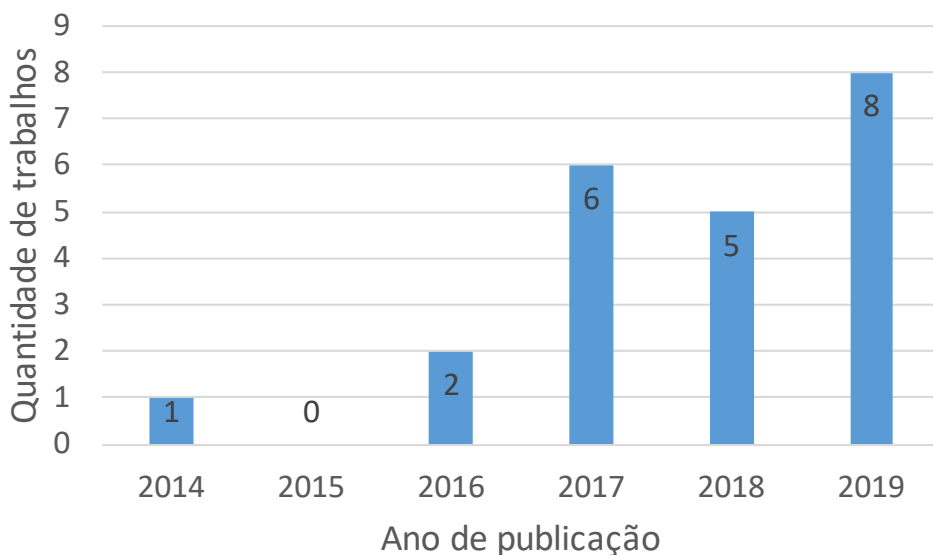
Um outro ponto identificado é a inexistência de trabalhos relacionados ao tema no ano de 2015. Porém, foram publicados dois trabalhos em 2016, sendo um TCC e uma dissertação de mestrado. Houve, a partir disso, um aumento de trabalhos no ano de 2017, com uma pequena redução em 2018 e, novamente, novo crescimento em 2019, comprovando, assim, o recente interesse dos pesquisadores pelo tema.

Esse crescimento também pode ser decorrente do aumento de impressoras 3D disponíveis em Universidades, Institutos Federais e algumas escolas do país. Isso



tem sido possível graças ao que se denomina como a quarta revolução industrial, também conhecida como indústria 4.0, que implica o uso de novas tecnologias, tanto na indústria quanto nos processos de ensino-aprendizagem. As impressoras 3D fazem parte dessas tecnologias e estão se tornando cada vez mais populares, ao passo que os custos de aquisição estão diminuindo ao longo do tempo (CARVALHO et al., 2020). Os dados apontados podem ser visualizados no gráfico 2 a seguir:

Gráfico 2: Quantidade de trabalhos publicados relacionados à impressão 3D no processo de ensino-aprendizagem de Ciências da Natureza ao longo dos anos



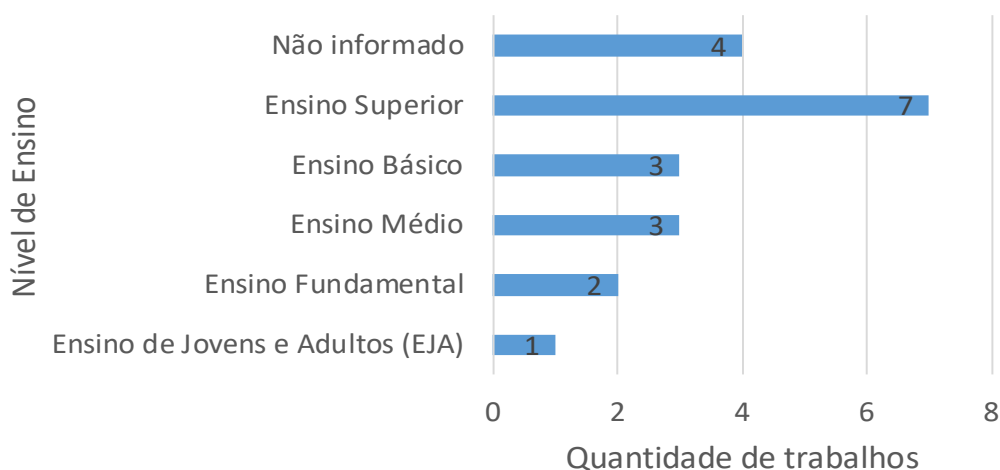
Fonte: elaboração própria.

O crescente aumento nas pesquisas com a utilização da impressão 3D, observada no gráfico 2, principalmente entre 2016 e 2019, pode ter sido influenciado, entre outros fatores, pela disseminação da cultura *maker*¹, que chegou no Brasil em 2011 por meio da Universidade de São Paulo (USP) e vem crescendo entre as instituições de ensino. A implantação dos laboratórios de fabricação digital, nos espaços *maker*, demandam ações com a impressão 3D e geram possibilidades de maximização em pesquisas no contexto do ensino-aprendizagem, fruto deste trabalho (MONFREDINI; FROSCHE, 2019).

Em uma terceira etapa de análise foram verificadas as subáreas dos trabalhos, os níveis de ensino em que foram aplicados, e ainda um fator de extrema importância, que é o foco inclusivo das pesquisas (Quadro 2). Na questão das subáreas, nem todos

os trabalhos indicaram essa informação, pois das 22 pesquisas, quatro não trataram de uma subárea específica. É possível inferir acerca desse fenômeno em duas pesquisas que apresentam mais de uma área de ensino, o que direciona a um caráter mais geral da pesquisa. Sobre o nível de ensino, três trabalhos têm como público-alvo o Ensino Básico (Ensino Fundamental e Médio), um trabalho voltado para o Ensino de Jovens e Adultos – EJA, três especificamente no Ensino Médio, dois no Ensino Fundamental, dois trabalhos que aplicaram suas pesquisas tanto no Ensino Médio quanto no Ensino Superior, sete trabalhos especificamente no Ensino Superior e quatro que não apresentaram essa informação. Considerando que todas as Instituições de origem das pesquisas apresentam a oferta de cursos no Ensino Superior, é justificado o maior número de trabalhos encontrados que são voltados para esse público. Essas informações podem ser visualizadas de forma mais clara no gráfico 3 a seguir.

Gráfico 3: Distribuição por nível de ensino do público-alvo dos trabalhos selecionados



Fonte: elaboração própria.

Como foi apontado anteriormente, a educação especial e o desenvolvimento de dispositivos assistivos podem utilizar a Impressão 3D a seu favor. É coerente, então, verificar a existência de um viés inclusivo em pesquisas que utilizam esse tipo de ferramenta, numa área de ensino tão lúdica e dependente da criatividade, como é o caso das Ciências da Natureza. Menos da metade das pesquisas apresentam foco inclusivo, sendo apenas nove delas voltadas à quebra de barreiras enfrentadas pelas pessoas com deficiência ao trabalharem com esses temas. Ainda, é importante frisar

que todas essas pesquisas focaram na deficiência visual, e apenas uma que também abordou a deficiência auditiva. Esse aspecto ficará mais evidente na apresentação das formas de aplicação da ferramenta 3D, presente nos próximos tópicos.

Quadro 2: Listagem dos trabalhos analisados, indicando qual a área de foco da pesquisa, o nível do ensino, presença/ausência de viés inclusivo e o tipo de deficiência

Número	Área	Subárea	Nível de Ensino	Possui foco inclusivo?	Tipo de deficiência
1	Física	Experimental	Ensino Superior (Graduação)	Não	Não se aplica
2	Física	Não apresentada	Ensino Médio e Superior	Não	Não se aplica
3	Física	Mecânica	Ensino Fundamental	Não	Não se aplica
4	Física	Aplicada	Não apresentado	Não	Não se aplica
5	Física	Experimental	Ensino Médio e Superior	Sim	Visual
6	Química	Geometria Molecular	Educação de Jovens e Adultos (EJA)	Sim	Visual
7	Química	Geometria Molecular	Ensino Superior (Graduação)	Sim	Visual
8	Química	Bioquímica	Ensino Superior (Graduação)	Não	Não se aplica
9	Química	Química Orgânica	Ensino Médio	Sim	Visual
10	Química	Geometria Molecular	Ensino Médio	Não	Não se aplica
11	Química	Bioquímica	Ensino Superior (Graduação)	Não	Não se aplica
12	Química	Não apresentada	Ensino Médio	Sim	Visual
13	Química	Geometria Molecular	Educação Básica (Fundamental e Médio)	Sim	Visual
14	Biologia e Química	Não apresentada	Ensino Superior (Graduação)	Não	Não se aplica
15	Biologia	Microbiologia	Ensino Superior (Graduação)	Não	Não se aplica
16	Biologia	Biologia Celular	Ensino Superior (Graduação)	Não	Não se aplica
17	Biologia	Zoologia	Educação Básica (Fundamental e Médio)	Sim	Visual
18	Biologia, Física e Química	Não apresentada	Ensino Superior (Graduação)	Não	Não se aplica
19	Biologia	Zoologia	Ensino Superior (Graduação)	Não	Não se aplica
20	Biologia	Biologia Celular	Educação Básica (Fundamental e Médio)	Sim	Visual e Auditiva
21	Biologia	Biologia Celular	Não apresentado	Não	Não se aplica
22	Biologia	Microbiologia	Ensino Fundamental	Sim	Visual

Fonte: elaboração própria.

Devido à importância do desenvolvimento de produções científicas relacionadas à inclusão, optou-se por explorar um pouco mais essa característica nos trabalhos analisados. Durante a leitura de diversos trabalhos, ficou clara a importância da utilização da impressão 3D como Tecnologia Assistiva, possibilitando a confecção de dispositivos assistivos para estudantes com deficiência. No Gráfico 4 é possível identificar que a área de Química possui maior número de trabalhos voltados à inclusão, seguida da Biologia e, por fim, a Física, com apenas um trabalho. Os trabalhos que apresentam mais de uma área como foco, até por terem um campo de pesquisa mais vasto, não desenvolveram aplicações voltadas à inclusão.

Gráfico 4: Relação dos trabalhos analisados de acordo com a presença de foco inclusivo



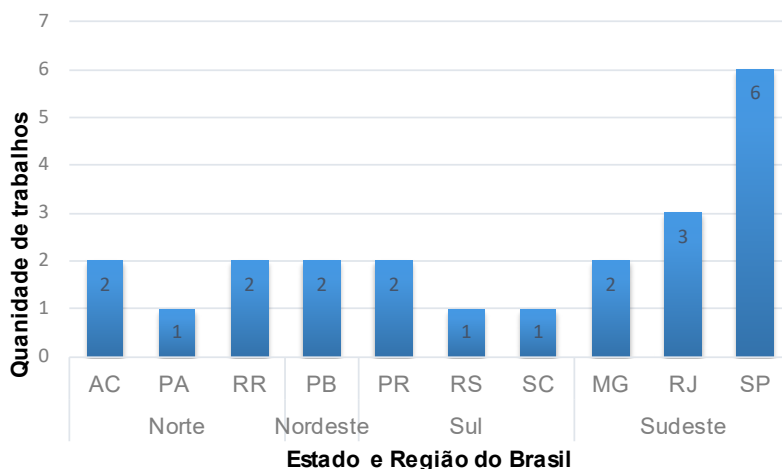
Fonte: elaboração própria.

Por meio dos dados apresentados no gráfico 4, é possível identificar que a disciplina de Química se destaca frente às demais, quando observados os trabalhos que possuem foco inclusivo. Nesta disciplina, o percentual de pesquisas que se preocupam com a vertente da inclusão é de 62,5%, em comparação com a Biologia (42,86%) e com a Física (20%). O interesse por essa temática é justificável, uma vez que a disciplina demanda representações atômicas e moleculares, permeada por diversos modelos e simbologias, ao qual o estudante que possui deficiência visual deve ter tamanho desafio para compreendê-la. Assim, é fundamental que os envolvidos no

processo de ensino-aprendizagem dessa disciplina se empenhem na discussão e desenvolvimento de materiais didáticos inclusivos (DUARTE, 2019).

Ao analisar o contexto geográfico dos trabalhos analisados (gráfico 5), a Região com maior destaque nas publicações foi a Sudeste, com 11 trabalhos, representando metade das produções selecionadas. Na sequência, a Região Norte, com 5 trabalhos, Região Sul, com 4 trabalhos, e por fim, a Região Nordeste, com 2 trabalhos. Cabe destacar que a Região Centro-Oeste não apresentou nenhum trabalho publicado nesta temática, o que demonstra a importância desse tipo de levantamento para discussões e reflexões futuras no contexto dessa Região. Em relação aos estados brasileiros, São Paulo lidera com 6 trabalhos, o que pode ser justificado em função da presença de seus grandes centros de pesquisa, como é o caso da Unicamp, USP e Unesp, conhecidas por sua alta representatividade no campo das pesquisas científicas e de seu desenvolvimento tecnológico. Após, aparece o estado do Rio de Janeiro, com três trabalhos - metade do quantitativo de produções do estado de São Paulo. Os demais estados - Acre, Minas Gerais, Pará, Paraíba, Paraná, Roraima, Rio Grande do Sul e Santa Catarina, flutuam entre uma e duas publicações. Enfatiza-se que a Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) possui duas publicações. Apesar de se localizar na Região de menor concentração de trabalhos, essa instituição equipara-se à Unicamp e Unesp no quantitativo, demonstrando o potencial do estado da Paraíba neste aspecto.

Gráfico 5: Relação dos trabalhos analisados distribuídos por Estado Brasileiro e região do Brasil



Fonte: elaboração própria.

A intenção na apresentação do contexto geográfico em trabalhos de levantamento bibliográfico se dá, especialmente, na apresentação de dados acerca dos principais polos de pesquisa, grupos de discussão e de pesquisa.

Na última etapa desta pesquisa, optou-se por avaliar o emprego da impressão 3D nos trabalhos selecionados. Por ser uma temática recente, poucos têm familiaridade com o processo de impressão neste tipo de equipamento e muitos trabalhos não abordam essa vertente. Na leitura dos textos, ficou evidenciada que a aplicação da impressão 3D é utilizada na confecção de modelos concretos ligados às áreas de estudo. A análise mostrou que todos os trabalhos utilizaram modelos concretos como material didático para facilitar o processo de ensino-aprendizagem. A impressão 3D também facilitou a impressão de componentes utilizados em experimentos, que muitas vezes apresentam difícil acesso para aquisição ou possuem um valor muito elevado. A impressão desses componentes permite um maior número de experimentos, com menor custo e maior durabilidade, além de já servir como ferramenta didática nos mais diversos cursos. Sendo assim, em disciplinas que envolvem tantos experimentos, dispor de uma ferramenta que facilita esse processo é fundamental.

Levando em consideração que a questão inclusiva é foco primordial de abordagem neste trabalho, ressalta-se a forte predominância das pesquisas voltadas à deficiência visual. Tendo como base essa constatação, justifica-se a importância do processo de modelagem 3D no emprego de objetos voltados aos estudantes cegos ou com baixa visão. A impressão de moléculas, estruturas atômicas e celulares e micro-organismos, por exemplo, facilita o entendimento dos conteúdos, em sua maioria microscópicos, por meio do tato. Esse tipo de material se torna um dispositivo assistivo de grande importância na quebra de barreiras desses estudantes, trazendo autonomia no processo de ensino-aprendizagem. Os dados acerca do panorama da utilização de impressão 3D no processo de ensino-aprendizagem encontram-se no quadro 3.



Quadro 3: Panorama sobre a utilização da impressão 3D no ensino-aprendizagem de Ciências da Natureza: aplicação, métodos e materiais utilizados

	Forma de aplicação:	Método de impressão utilizado:	Insumo utilizado na impressão:
Total de trabalhos analisados que utilizam a impressão 3D como ferramenta no processo de ensino-aprendizagem de Ciências da Natureza: 22	Construção de modelos concretos: 100% dos trabalhos.	Não fizeram referência a nenhum método: 12 trabalhos – 54,55%	ABS ² : 4 trabalhos – 18,18%
	Exemplos de aplicação: Impressão de componentes; trilhas condutoras; cuba para experimentos; moléculas orgânicas e inorgânicas; microalgas; estruturas celulares; moluscos; réplicas anatômicas de animais, entre outros.	FDM - <i>Fused Deposition Modeling</i> ou deposição de polímero fundido: 10 trabalhos – 45,45%	PLA ³ : 9 trabalhos – 40,90%
			ABS/PLA: 3 trabalhos – 13,64%
			ABS/PLA/ PET ⁴ : 1 trabalho – 4,55%
			Não apresentou nenhum insumo: 5 trabalhos – 22,73%

Fonte: elaboração própria.

Sobre os métodos de impressão utilizados, 45,45% dos trabalhos utilizam o processo de FDM⁵ – onde produzem as peças camada por camada, de baixo para cima, ao aquecer e extrudar filamentos termoplásticos. Os demais trabalhos não citam o método propriamente dito, o que seria interessante para as pessoas que almejam aprender a utilizar esse tipo de ferramenta. Acerca dos insumos, 40,90% dos trabalhos empregam o PLA, utilizado, também, juntamente ao ABS e PET. O ABS também possui uma expressividade, perfazendo 18,18% dos trabalhos. Já o PET não foi utilizado sozinho em nenhuma das pesquisas. A maior utilização do PLA justifica-se em função de sua característica de não ser tóxica por apresentar composição vegetal, ter uma temperatura de fusão menor, mais flexibilidade e um tempo de impressão menor. O ABS também possui alguns aspectos positivos, como o menor custo e ser mais resistente, porém apresenta forte odor, por ser proveniente do petróleo e o índice de rachaduras nas peças é maior (SANTOS, 2018).

Considerações finais

Com a realização desta pesquisa foi possível categorizar as produções acadêmicas, no campo das Ciências da Natureza, que empregam a impressão 3D como ferramenta na construção de materiais de apoio ao processo de ensino-aprendizagem das áreas de Biologia, Química e Física. Ficou constatado que trata-se de uma temática recente e que carece de maior estudo, já que a tecnologia de impressão

3D vem se destacando dentro dos campos da ciência, tecnologia, ensino, inovação e desenvolvimento sustentável, trazendo a possibilidade da construção de modelos concretos com baixo investimento em insumos, com grande resistência, durabilidade e desenvolvimento de processos didáticos.

Os resultados apontam o destaque para estudos da Região Sudeste, especialmente o estado de São Paulo, como a detentora da maior quantidade de publicações. Porém, considerando que até a finalização do levantamento não foi encontrada nenhuma pesquisa no ano de 2020, esperava-se que mais pesquisas pudessem estar em desenvolvimento nesta temática. Cabe ressaltar a importância deste estudo considerando que os autores pertencem à Região Centro-Oeste, única Região brasileira não contemplada com trabalhos no levantamento realizado, podendo servir como base para instruir novas pesquisas por autores desta localidade.

Além disso, temos o ensino superior como campo predominante de aplicação das pesquisas selecionadas. Por se tratar de uma temática voltada para auxiliar os processos de ensino-aprendizagem, é compreensível que os estudos sejam aplicados em maior quantidade dentro dos próprios cursos de licenciatura, pois esses mesmos estudantes poderão utilizar esse conhecimento para aplicação futura em sala de aula. Mesmo assim, essa temática pode e deve ser utilizada em todos os níveis de ensino. Se for levado em consideração que é preciso promover o estímulo dos estudantes para manter o interesse nos estudos, o aumento desse tipo de trabalho aplicado com a educação básica parece ser fundamental.

Os modelos concretos desenvolvidos, mesmo que possuam foco inclusivo, são passíveis de utilização por estudantes videntes. Ademais, podem aguçar a curiosidade destes por possibilitar a interação com um estudante que apresente algum tipo de deficiência. Considerando que este estudo aponta a impressão 3D como uma grande aliada no desenvolvimento de materiais assistivos, principalmente no que concerne à deficiência visual, espera-se que este levantamento estimule o aumento de pesquisas com foco inclusivo. Mesmo que tenha sido encontrado apenas um trabalho voltado ao atendimento de pessoas com surdez, é possível motivar a construção de outros materiais para atendimento deste público.

Por fim, o intuito é que este panorama leve a reflexões acerca da importância dessa ferramenta nos processos de ensino-aprendizagem nos diferentes campos das Ciências da Natureza. Espera-se que os pesquisadores se atentem a detalhar de forma mais completa os métodos empregados na confecção de materiais 3D, para



que os interessados nesta temática entendam com mais eficácia as funcionalidades dessa ferramenta e se sintam confortáveis em experimentar a utilização da mesma, aumentando, assim, as produções científicas sobre o tema e consequentemente as contribuições para a sociedade.

3D printing and research in nature sciences: a look at scientific production in the area

Abstract

This research sought to carry out a survey of scientific production in Brazil regarding the use of 3D printing in the construction of materials that facilitate the teaching-learning process of Natural Sciences. The analysis was carried out in several stages and the works were categorized based on their geographical characteristics, year of publication, classification of the type of research, author's institution of origin, level of education, application, methods and inputs used in 3D printing and the presence of an inclusive focus. The regional distribution of works pointed to the prevalence of research from the Southeast region, as well as the absence of work in the Midwest region. The analysis of the selected works indicated that 3D printing has been gaining space in the area of education, with the construction of concrete models being the most significant way of using this tool in the themes focused on Biology, Physics and Chemistry, the latter being highlighted in the number of publications. Another relevant aspect is the production of assistive materials, entirely aimed at visual impairment, showing the potential of this tool as a means of breaking barriers for students with this impairment. As for the printing itself, the preference for using the thermoplastic PLA is notorious, followed by ABS as inputs in the construction of the materials, however few works attempt to approach the printing process in detail.

Keywords: Natural Sciences, Teaching-Learning, 3D Printing.

Notas

- ¹ *Maker* é um termo que remete a pessoas que costumam construir e consertar objetos, compreender como estes funcionam, em especial os produtos industrializados. A reunião destas pessoas em comunidades passou a criar bases para o que denominou-se de Movimento *Maker*, que desenvolveu um conjunto de valores próprios e que tem chamado a atenção de educadores pelo potencial de engajar os estudantes em atividades de aprendizagem muito diferentes da educação tradicional (RAABE e GOMES, 2018).
- ² Acrilonitrila Butadieno Estireno
- ³ Ácido Polilático
- ⁴ Politereftalato de Etileno
- ⁵ <https://www.stratasys.com/br/fdm-technology>

Referências

- AGUIAR, Leonardo de Conti Dias; YONEZAWA, Wilson Massashiro. Construção de instrumentos didáticos com Impressoras 3D. **IV Simpósio Nacional de Ensino de Ciências e Tecnologia**, Ponta Grossa - PR, 2014.
- AGUIAR, Leonardo Conti Dias. **Um processo para utilizar a tecnologia de impressão 3D na construção de instrumentos didáticos para o ensino de ciências**. 2016. 226 p. Dissertação (Mestrado em Educação para Ciência). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Bauru, São Paulo, 2016.
- ALMEIDA, Joyce Fernandes. **Modelos 3D impressos como estratégia para a aprendizagem do conceito de interação enzima-substrato**. 2019. 148 p. Dissertação (Mestrado em Educação). Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, 2019.
- BASNIAK, Maria Ivete; LIZIERO, André Rafael. A Impressora 3D e novas perspectivas para o ensino: possibilidades permeadas pelo uso de materiais concretos. **Revista Observatório**, Palmas, v. 3, ed. 4, 2017.
- BUEHLER, Erin et al. **Investigating the implications of 3D printing in special education**. ACM Transactions on Accessible Computing. v. 8, n. 3, p. 1- 28, 2016. DOI: <<https://doi.org/10.1145/2870640>>.
- CANESSA, Enrique.; FONDA, Carlo.; ZENNARO, Marco. **Low-cost 3D Printing for Science, Education & Sustainable Development**. ICTP—The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics, 2013.
- CARVALHO, Carlos Vitor de Alencar *et al.* Um material potencialmente significativo para o ensino da engenharia civil utilizando impressora 3D e realidade aumentada: uma experiência com alunos do ensino médio e do ensino superior. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, ed. 3, p. 10855-10868, 2020.
- SILVA, Regiane Guimarães. **Importância da utilização de recursos didáticos impressos 3D no processo de ensino e aprendizagem de zoologia**. 2017. 81 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática). Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2017.
- SILVA, André Arnaldo et al. Desenvolvimento de uma cuba de eletroforese utilizando impressão 3D. **Revista Científica UMC**, [s. l.], 2019.
- ANDRADE, Neli Oliveira. **Modelos confeccionados em Impressora 3D para o ensino de geometria molecular em Química**. 2019. 62 p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática). Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2019.
- REIS, Juliardnas Rigamont et al. Impressão 3D dos fosfolípidos como recurso didático para o ensino de Biologia Celular. **CR3IAR - Workshop em Criatividade, Inovação e Inteligência Artificial**, Belém, PA, 2019.
- SOUSA, Francislaine Xavier et al. O uso de tecnologia de impressão 3D no ensino de Química para deficientes visuais e de baixa visão. **SIMPEQUI - Simpósio Brasileiro de Educação Química**, Manaus - AM, ed. 15, 2017.
- SANTOS, Robson Amauri Guedes. **Ensino de Física a deficientes visuais mediado por impressão 3D**. 2018. 21 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Física). Centro de Ciências Exatas e Sociais Aplicadas, Universidade Estadual da Paraíba, Patos, 2018.



SANTOS, Michele Barboza. **O ensino inclusivo de Biologia Celular para alunos surdos e DV'S: da construção de um kit interativo à formação de professores**. 2018. 146 p. Dissertação (Mestrado em Ensino). Universidade Estadual do Paraná, Paranavaí, 2018.

DUARTE, Cássia Cristina Campos. **Ensino de Química para Pessoas com Deficiência Visual: Mapeamento e Investigação de Produções e Aplicações no Brasil**. 2019. 143 p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática). Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2019.

EVANGELISTA, Fábio Lombardo; PERUZZO, Jucimar. Materiais didáticos para o ensino de física no nível fundamental por meio de plataformas eletrônicas. **Revista do Professor de Física**, Brasília, v. 3, ed. 3, p. 49-68, 2019.

FERREIRA, Norma Sandra de Almeida. Pesquisas denominadas estado da arte. **Educação & Sociedade**, Campinas, v. 23, n. 79, p. 257-274, ago. 2002. DOI: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0101-73302002000300013>>.

GÄAL, Gabriel. **Fabricação de trilhas condutoras através de tecnologia de impressão 3D**. 2017. 68 p. Dissertação (Mestrado em Física). Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Física Gleb Wataghin, Campinas, 2017.

GONÇALVES, Luciana Cardoso. Material didático para a inclusão de estudantes com deficiência visual nas aulas de Ciências e Biologia sobre filos Mollusca e Echinodermata. **Pesquisa e Práticas em Educação Inclusiva**, Manaus, AM, v. 2, ed. 4, 2019.

LACERDA, Janiny Nunes. **A impressão 3D como estratégia de ensino e aprendizagem em Química na Educação Básica**. 2017. 52 p. Monografia (Licenciatura em Química). Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2017.

LIMA, Bruna Tayane da Silva. **Proposta de Química Orgânica para alunos com deficiência visual: Desenhando prática pedagógica inclusiva**. 2017. 172p. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática - PPGECEM). Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2017.

MANGIA, Louise Hamond Regua. **Kit Microbiano para o ensino-aprendizagem da Microbiologia por deficientes visuais**. 2019. 122 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Desenho Industrial). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

MELO, Fernanda dos Santos Camara. **Fabricação digital no ensino-aprendizagem de Biologia Celular**. 2016. 75 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura). Universidade Católica de Santos, Santos, 2016.

MENDONÇA, Suzielli Martins et al. Desenvolvimento de experimentos didáticos utilizando a tecnologia de impressão 3D. **Mostra da Produção Universitária**, Rio Grande, RS, ed. 17, 2018.

MONFREDINI, Ivanise.; FROSCHE, Renato. O espaço maker em universidades: possibilidades e limites. **EccoS – Revista Científica**, São Paulo, n. 49, p. 1-20, e13341, abr./jun. 2019. DOI: <<https://doi.org/10.5585/EccoS.n49.13341>>.

ORLANDO, Tereza Cristina et al. Planejamento, montagem e aplicação de modelos didáticos para abordagem de Biologia Celular e Molecular no Ensino Médio por graduandos de Ciências Biológicas. **Revista de Ensino de Bioquímica**, [S.l.], v. 7, n. 1, p. 1-17, fev. 2009. DOI: <<https://doi.org/10.16923/reb.v7i1.33>>.

OSTUZZI, Francesca et al. +TUO project: low cost 3D printers as helpful tool for small communities with rheumatic diseases”, **Rapid Prototyping Journal**, v. 21 n. 5, p. 491-505, ago. 2015. DOI: <<https://doi.org/10.1108/RPJ-09-2014-0111>>.

PALAIIO, Sueny Calazans dos Santos et al. Desenvolvimento de modelos impressos em 3D para o ensino de Ciências. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista**, [s. l.], v. 8, ed. 3, 2018.

SANTOS, Michele Barbosa. **O ensino inclusivo de Biologia Celular para alunos surdos e DV'S: da construção de um kit interativo à formação de professores**. 2018. 146 p. Dissertação (Mestrado em Ensino). Universidade Estadual do Paraná, Paranavaí, 2018.

TEACHTHOUGHT. **10 Ways 3D Printing Can Be Used In Education** [Infographic]. 02/19/2013, TeachThought Staff. Disponível em: <<http://www.teachthought.com/technology/10-ways-3d-printing-can-be-used-in-education/>>. Acesso em: 30 jun. de 2020.

TOLEDO, Katharine Coimbra et al. O uso da Impressora 3D na construção de geometrias moleculares como uma proposta didática no ensino de Química, adaptado para pessoas com deficiência visual. **CONEDU - Congresso Nacional de Educação**, [s. l.], ed. 6, 2019.

