



Impressão 3D nas escolas brasileiras: uma ferramenta útil para o ensino de ciências?

A. F. A. Lima Previtiera^a, J. R. O. Peixoto^b, R. M. Freitas^c, V. M. Ceccatto^d, F. S. Á. Cavalcante^e

^a Universidade Estadual do Ceará – UECE, aline.previtiera@aluno.uece.br

^b Universidade Estadual do Ceará – UECE, jackson.peixoto@aluno.uece.br

^c Universidade Estadual do Ceará – UECE, raquel.martins@aluno.uece.br

^d Universidade Estadual do Ceará – UECE, yania.ceccatto@uece.br

^e Universidade Estadual do Ceará – UECE, sales.avila@uece.br

ARTICLE INFO

Recebido: 30 de junho de 2024

Aceito: 25 de outubro de 2024

Disponível on-line: 30 de novembro de 2024

Palavras chave: Modelo didático, Impressão 3D, Ensino, Ciências.

E-mail: alinefalima@gmail.com

ISSN 2007-9842

© 2024 Institute of Science Education.
All rights reserved

ABSTRACT

3D printing has emerged as a promising tool in education by enabling the creation of highly precise physical models. This technology facilitates the visualization of complex structures and processes, supporting the teaching-learning process across various fields such as health, engineering, and education. Although 3D printing is widely used in higher education, especially in health and engineering courses, its application in elementary education remains underexplored. This study aims to conduct a systematic review of how 3D printing is being used to produce educational materials in Brazilian elementary schools and to assess its role in improving children's learning. The present review use PRISMA approach to cover the last five years of national scientific productions, analysing 3D printing's utility as a didactic tool for improving learning outcomes, particularly in biology, chemistry, and physics. The implementation of this technology faces several challenges, such as high costs, lack of technical expertise among teachers, and limited resources in public schools. Despite these challenges, 3D printing shows potential as a transformative educational tool, encouraging active learning, creativity, and problem-solving skills. Our research underscores the need for more investment in teacher training and school infrastructure to expand the use of this innovative technology in Brazilian education. The study concludes that 3D printing not only enhances engagement and comprehension in various subjects but also promotes inclusivity by making complex concepts accessible to the students.

A impressão 3D surgiu como uma proposta promissora de ferramenta para a educação, permitindo a criação de modelos físicos altamente precisos. Essa tecnologia facilita a visualização de estruturas e processos complexos, apoiando o processo de ensino-aprendizagem em diversas áreas como saúde, engenharia e educação. Embora a impressão 3D seja amplamente utilizada no ensino superior, especialmente em cursos de saúde e engenharia, sua aplicação no ensino fundamental permanece pouco explorada. Este estudo tem como objetivo realizar uma revisão sistemática de como a impressão 3D está sendo utilizada para produzir materiais educacionais em escolas de ensino fundamental no Brasil e avaliar seu papel na melhoria do aprendizado das crianças. A presente revisão utiliza a abordagem PRISMA para cobrir os últimos cinco anos de produções científicas nacionais, analisando a utilidade da impressão 3D como ferramenta didática para a melhoria dos resultados de aprendizagem, particularmente nas disciplinas de biologia, química e física. A implementação dessa tecnologia enfrenta diversos desafios, como altos custos, falta de conhecimento técnico entre os professores e recursos limitados nas escolas públicas. Apesar desses desafios, a impressão 3D demonstra potencial como uma ferramenta educacional transformadora, incentivando o aprendizado ativo, a criatividade e a resolução de problemas. A presente pesquisa destaca a necessidade de mais investimentos na formação de professores e na infraestrutura escolar para expandir o uso dessa tecnologia inovadora na educação brasileira. O estudo conclui que a impressão 3D não apenas melhora o engajamento e a compreensão em várias disciplinas, mas também promove a inclusão ao tornar conceitos complexos acessíveis aos alunos.

I. INTRODUÇÃO

A impressão de modelos tridimensionais (impressão 3D) é um recurso que permite a produção de objetos físicos com alta precisão através do uso de tecnologia de impressão em camadas utilizando matérias primas como plástico, metais e resinas. Essa metodologia pode ser utilizada com a finalidade de favorecer a visualização imersiva, simulação de realidade e compreensão espacial, fatores que facilitaram a sua popularização em diversas áreas como engenharias, saúde e educação (Panda *et al.*, 2023; Aguiar, 2016).

Na educação, o uso de modelos produzidos através de impressão 3D surge como uma ferramenta que favorece o processo de ensino-aprendizagem, isso ocorre por essa metodologia proporcionar a visualização de estruturas, processos e mecanismos de maior complexidade de compreensão. A possibilidade de trabalhar com três dimensões viabiliza a observação de aspectos como profundidade e volume, aos quais estimulam o uso de mais de um sentido, o que favorece a capacidade de cinestesia e proporciona o envolvimento entre os alunos e os assuntos estudados de forma imersiva. Os aspectos mencionados favorecem também a inclusão de alunos com diferentes tipos de deficiência, principalmente a deficiência visual Anđić *et al.*, 2024; Kalman *et al.*, 2024; Tabrik *et al.*, 2021).

Os modelos físicos produzidos em impressoras 3D devem ser instrumentos para a transposição do conteúdo formal, textual, para algo palpável pelo aluno e devem ser incluídos em um contexto educacional onde servirão um propósito maior educativo. Uma das maiores vantagens desse tipo de metodologia é possibilitar a fabricação de objetos tridimensionais com detalhes complexos, sem necessitar de habilidades de manufatura, o que possibilita que os educadores e alunos consigam facilmente criar e produzir seus modelos físicos (Aguiar, 2016).

Produzir material didático que possa ser pensado e elaborado em conjunto com os alunos e professores é uma experiência diferenciada na qual os alunos poderão aprofundar as suas vivências no campo da ciência. Materiais de baixo custo, com práticas que instiguem a curiosidade da criança, que tragam ludicidade à prática diária de sala de aula e que incentivem a capacidade do aluno em resolver determinadas situações problemas podem ser essenciais para manter este aluno interessado, presente na vida escolar, sendo um agente ativo em sua comunidade, levando informações corretas para seus amigos e família, buscando resolver questões do seu dia a dia de forma autônoma (Jucan, 2021; Mynbayeva *et al.*, 2018).

Na educação superior, muitos estudos demonstram que há disseminação do uso de modelos 3D em cursos nas áreas da saúde, engenharias e nas licenciaturas (Azer & Azer, 2016). Entretanto, no nível básico, há um menor número de publicações explorando os aspectos qualitativos e quantitativos dessa abordagem no ensino. Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo realizar uma revisão sistemática sobre como a impressão 3D vem sendo utilizada para a produção de material didático na educação básica brasileira e qual a sua função na melhoria do aprendizado de crianças no ensino fundamental.

II. METODOLOGIA

Para o presente trabalho usamos a metodologia de Revisão Sistemática da Literatura (RSL), na qual foram executadas etapas e procedimentos baseados no protocolo PRISMA 2020 (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*).

Delimitamos inicialmente um período de 5 anos (2019 - 2024) para a análise de artigos científicos nas bases de dados nacionais. Este período é ideal para a nossa proposta, visto que o uso de ferramentas tecnológicas é um assunto novo na educação, com abordagens e tecnologias que mudam muito ao longo de um curto período de tempo.

A Revisão Sistemática de Literatura (RSL) é um tipo de estudo que utiliza dados sobre determinado assunto em várias publicações científicas. Este tipo de artigo ajuda a unir evidências científicas relacionadas à estratégia de uma específica intervenção, através da aplicação de metodologia específica e sistematizada, avaliação crítica e síntese de informação selecionada (Sampaio & Mancini, 2007). A revisão sistemática difere da revisão tradicional, também conhecida como revisão narrativa da literatura, pois responde a uma pergunta mais pontual (De-la-Torre-Ugarte-Guanilo *et al.*, 2011).

Seguindo a proposta de (Sampaio & Mancini, 2007), a RSL deve ter as seguintes etapas: (1) Definir o objeto de pesquisa; (2) Identificar as bases de dados que serão utilizadas, as palavras-chave e as estratégias de pesquisa com os critérios para a seleção dos artigos; (3) Revisar e selecionar os estudos; (4) Analisar a qualidade metodológica dos estudos; (5) Apresentar os resultados.

O nosso objeto de estudo é “Como a impressão 3D vem sendo utilizada para a produção de material didático na educação básica brasileira e qual a sua função na melhoria do aprendizado de crianças no ensino fundamental?”.

Utilizamos como base de dados o Portal Periódicos Capes e a Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) por trazerem uma grande quantidade de pesquisas sobre o tema com foco nas escolas brasileiras.

A pesquisa foi feita nos meses de março, abril e maio de 2024, usando os descritores (termos de busca): “Impressão 3D”, “ensino”, “educação básica” em qualquer campo de busca. De forma a restringir os resultados da busca e focar no objetivo do trabalho, será utilizado o operador booleano “AND”: “Impressão 3D” AND “Ensino”; “Impressão 3D” AND “Educação Básica”.

Os critérios de inclusão para os trabalhos científicos foram: pesquisas com enfoque no ensino fundamental, médio e médio profissionalizante (educação básica) em artigos/dissertações/teses online, revisados por pares ou não. Os trabalhos em duplicidade e os que não estavam dentro da proposta do objeto de pesquisa foram excluídos.

II. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na base de dados da Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDBTD) foram identificados um total de 3.308 teses/dissertações e no Portal Periódicos Capes, 47 artigos. Para a seleção dos trabalhos, iniciou-se a segunda etapa da revisão integrativa com a utilização dos critérios de inclusão que foram: (i) artigos com no máximo 5 anos de publicação (2019-2024), (ii) de acordo com a temática de nosso objeto de estudo, (iii) estudos que foquem no ensino fundamental e médio, (iv) trabalhos em versão completa.

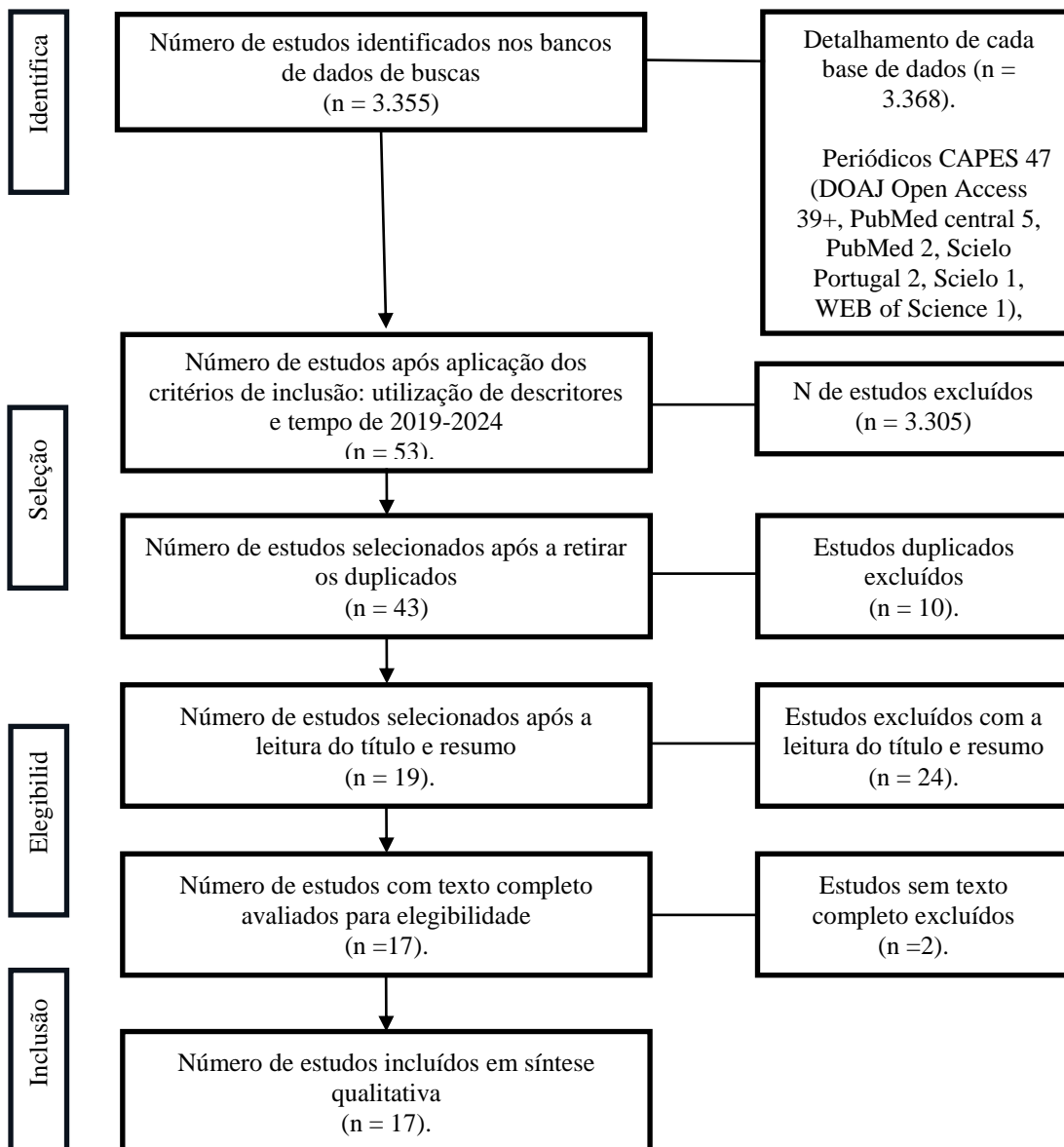


FIGURA 1. Diagrama baseado no Prisma 2020 para Revisões Sistemáticas.

Após a seleção inicial dos artigos, 43 trabalhos restantes (removidos os trabalhos anteriores a 2019), 10 estavam em duplicidade (FIGURA 1). Dos 33 trabalhos que restaram, 21 tinham foco na educação superior, sendo a maioria (25%), de cursos de medicina e 3 artigos eram sobre o uso da impressão 3D de forma aplicada para a produção de protetores facial durante a pandemia da Covid-19 (FIGURA 2). Havia 2 artigos sobre a impressão 3D como material didático para a formação de professores na área de biologia e geografia (FIGURA 2). Dentre os 43 trabalhos, 11 artigos descrevem o uso de material didático impresso, associado à educação inclusiva, principalmente para cegos.

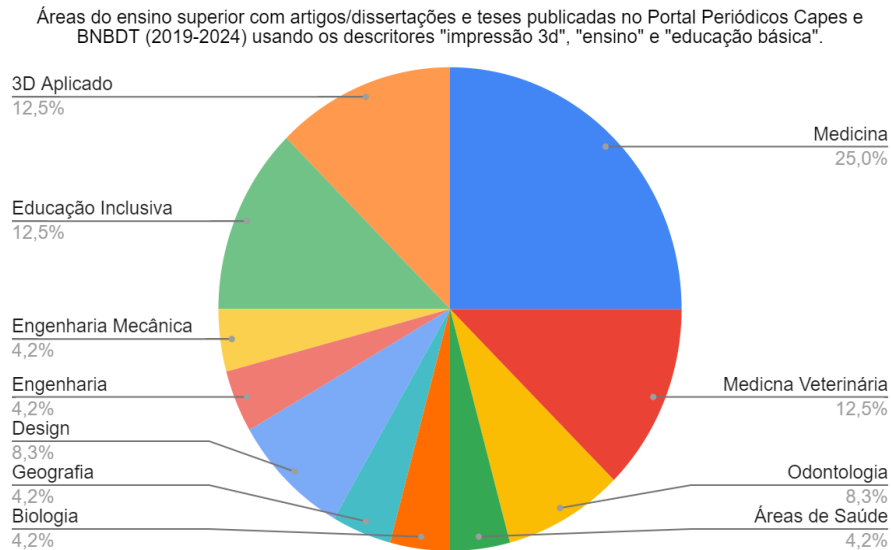


FIGURA 2. Avaliação inicial dos trabalhos de Ensino Superior encontrados no Portal Periódicos Capes e BNBDT através da leitura dos títulos e resumos dos artigos.

Em relação à educação básica, 8 trabalhos versavam sobre o ensino médio (Amado, 2022; Antunes, 2022; Caeloto *et al.*, 2023; Cruz, 2022; Da Silva & Stadler, 2022; Moreira & Periotto, 2021; Rego, 2020; Silva *et al.*, 2022; Souza, 2023), apenas 2 sobre o ensino fundamental (Andrade & Monteiro, 2019; Oliveira & Martins, 2022) e 3 sobre ensino fundamental e médio (Basniak & Dombrowski, 2023; Costa, 2023; Pires & Vinholi Júnior, 2021) (FIGURA 3). Os institutos federais produziram 1 trabalho em ensino médio profissionalizante (Boscariol & Correa Berbel, 2022; Silva *et al.*, 2020) e 3 trabalhos incluíam a formação profissional de professores da educação básica (Da Mata *et al.*, 2022; Onisaki & Vieira, 2019; Ribeiro, 2023) (FIGURA 3). Os trabalhos citados acima integrarão o rol de artigos e dissertações analisados nesta revisão.



FIGURA 3. Avaliação dos trabalhos de Educação Básica encontrados no Portal Periódicos Capes e BNBDT através da leitura dos títulos e resumos dos artigos.

1. Como a impressão 3D vem sendo utilizada na educação básica brasileira

Através do compilado de trabalhos lidos, podemos observar que a produção de modelos didáticos em impressão 3D é uma ferramenta auxiliar no processo de ensino e aprendizagem com grandes vantagens para alunos e professores da educação básica. Identificamos que as publicações sobre impressão 3D na educação básica brasileira se dividem naquelas que (a) abordam a produção de materiais que assistem alunos com deficiência, (b) desenvolvimento de produtos educacionais, (c) ensino da impressão 3D para professores, (d) ensino da impressão 3D na formação de professores, (e) ensino da impressão 3D para alunos da educação básica, (f) revisão sobre a impressão 3D na educação.

Publicações em ciências da natureza, dentro da educação básica brasileira, indicam que os trabalhos com modelos de impressoras 3D estão mais focados nas áreas da biologia e química, sendo metade destes trabalhos associados com projetos de inclusão (Pires & Vinholi Júnior, 2021).

Os modelos utilizados no ensino de biologia, química e física propõem, em sua maioria, representar em 3 dimensões objetos antes vistos apenas em 2D nos livros e transformar conceitos abstratos em algo tangível e concreto para os alunos com ou sem algum tipo de deficiência (Silva *et al.*, 2022). Como vantagem adicional, é sabido que os modelos didáticos produzidos com impressão 3D se destacam já que podem ser mais realistas se compararmos com modelos didáticos produzidos “à mão”, além de serem mais duráveis, resistentes e de poderem ser produzidos em larga escala (Silva *et al.*, 2022). No caso da citologia, vista por alunos no 6º ano do ensino fundamental e 1º ano do ensino médio, a maior dificuldade está nas estruturas celulares que não podem ser observadas a “olho nu” e que muitas vezes é vista apenas em livros didáticos (Cruz, 2022). Quando o aluno consegue visualizar e interagir com o material, ele está realizando correlações cognitivas entre a teoria e o produto que está manuseando (Cruz, 2022). Na química, o trabalho de Da Silva & Stadler (2022) permitiu que alunos cegos ou com baixa visão tivessem acesso a uma tabela periódica impressa em 3D com marcação em braile a laser com a possibilidade destes alunos trabalharem em conjunto com alunos videntes. Na física, Caoloto *et al.*, (2023), utilizaram a impressão 3D para compor experimentos de eletricidade e óptica com alunos do ensino médio. Em ciências no ensino fundamental, Oliveira *et al.* (2022) puderam experienciar que a utilização de práticas pedagógicas diferenciadas como na prototipagem 3D, propicia a construção de relações entre todos os envolvidos, chegando a resultados positivos de aprendizagem.

O equipamento de impressão 3D é muito versátil e pode ser utilizado em outras áreas na educação básica como no trabalho de Moreira e Periotto (2021) em aulas de arte em que foi produzido, em conjunto com seus alunos de ensino médio, obras de arte em 3D para beneficiar a aprendizagem de alunos com deficiência visual e videntes. Basniak & Dombrowski (2023) utilizaram a impressão em 3D para trabalhar análise combinatória e princípios da contagem para alunos de ensino médio com ou sem deficiências na visão onde alunos videntes e não videntes podem trabalhar juntos, em caráter inclusivo.

Um grande foco deve ser dado ao incentivo à educação tecnológica desde o início do ensino fundamental, a BNCC propõe em sua competência geral 5:

“Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva.” (BRASIL, 2017).

Não podemos pensar em incentivar os alunos às novas tecnologias se não dermos suporte para os professores em sala de aula. A formação continuada é primordial para que os professores se sintam encorajados a utilizar novas tecnologias e a fazer aulas fora do ambiente tradicional da sala de aula, aliadas às metodologias ativas de ensino. Segundo Ribeiro (2023):

“as possibilidades ou contribuições da metodologia ativa, vão desde o protagonismo dos alunos, ao favorecimento da compreensão de temas abstratos, inclusive por meio das tecnologias digitais, envolvendo abordagens que utilizam resolução de problemas, projetos, programação, ensino híbrido, design thinking e jogos, entre outros; e com isso o professor é levado a ressignificar concepções lhe demandando autonomia no processo de ensino aprendizagem”.

Em Da Mata *et al.* (2022), destaca-se a inclusão de 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. Estes autores afirmaram que 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.

Em escolas de ensino médio profissionalizantes, aulas de robótica em cursos de mecatrônica e automação industrial têm se beneficiado da impressão 3D em conjunto com metodologias ativas de aprendizado, buscando a

aprendizagem efetiva de seus alunos (Silva *et al.*, 2020) com resultados promissores na autonomia, interação social, criatividade, pensamento crítico e motivação dos alunos.

Nos trabalhos analisados podemos observar o valor do trabalho conjunto e do compartilhamento de experiências. Observamos que as produções da impressora 3D não apenas facilitam o processo ensino-aprendizagem como também é uma forte ferramenta de inclusão social, de valor para práticas investigativas e que traz protagonismo e autonomia para os alunos da educação básica brasileira.

2. Principais limitações ao uso da Impressão 3D nas escolas públicas de ensino fundamental

A produção de materiais didáticos em impressoras 3D envolve uma metodologia complexa, o que dificulta o uso dela por professores e alunos da educação básica (Silva *et al.*, 2020). O equipamento e sua manutenção possuem altos custos para as instituições, os quais dependem de financiamento através de editais específicos para esta finalidade. Outra problemática está na estrutura que o equipamento exige já que muitas escolas não possuem local para manter e utilizar o equipamento em segurança. Esta tecnologia requer investimentos com recursos materiais e técnicos (Costa, 2023). Na região Nordeste brasileira, no estado do Ceará, as escolas públicas de ensino fundamental da capital receberam as primeiras impressoras 3D através do projeto “Fábrica de ideias” em 2024. O projeto destinará até o final deste ano, 50 laboratórios *makers* com impressora 3D e máquinas de corte a laser para as escolas públicas municipais da capital (Monteiro, 2024). Observa-se que esta tecnologia está sendo implantada atualmente nas escolas públicas e que as publicações e dados sobre o uso delas ainda estão bastante incipientes. No contexto do setor privado da educação básica brasileira, se observa a escassez de publicações que demonstrem o uso de metodologias ativas no processo de ensino aprendizagem, incluindo o uso de modelos em 3D. Cenário que reflete o enfoque do setor em priorizar o desempenho acadêmico em exames e aspectos pragmáticos da educação (Almeida, 2022; Castro, 2017).

As dificuldades também estão presentes no manuseio do material, que é frágil e exige cuidado no uso cotidiano. Como qualquer máquina, ela exige conhecimento prévio teórico antes de seu uso (Cruz, 2022). Caeloto *et al.* (2023) encontraram algumas dificuldades como por exemplo, a obtenção dos parâmetros corretos para a impressão de peças e ajustes na elaboração e delineamento experimental.

O ensino superior foi o campo predominante na seleção das pesquisas para esta revisão, no entanto, como o trabalho foca na educação básica, estes artigos foram excluídos da análise. Podemos compreender o motivo para haver um número maior de artigos com foco nas universidades, visto que nelas há mais editais e oportunidades de projetos financiados se compararmos com a realidade escolar do ensino fundamental e médio, principalmente escolas públicas. Cursos da área da saúde e ciências exatas aplicadas se beneficiam com a produção de materiais para treinamento de seus alunos. Além disto, os cursos de licenciatura são voltados para a formação de professores, onde saber manusear este material para produzir modelos didáticos é de grande valia para futuros professores (Pires & Vinholi Júnior, 2021; Ribeiro, 2023).

Nas escolas públicas regulares, o tempo de trabalho com pesquisa é pouco ou inexistente, o que exigiria horas a mais de trabalho não remunerados dos professores. O uso de modelos impressos deve estar associado a uma sequência didática e ser pensado de forma crítica e com uma ação consciente por parte dos professores e gestão escolar (Costa, 2023). Segundo Amado (2022), a sequência didática permite ao professor avaliar os saberes do aluno em conceitos, procedimentos e atitudes de forma a torná-los expressivos. De acordo com a mesma autora, a maior dificuldade em preparar aulas como esta é o tempo, pela impossibilidade de desenvolver o mesmo assunto por muitas semanas por conta do amplo currículo exigido para cada ano. Como a responsabilidade de ensinar recai sobre o professor, é possível que o docente acabe se frustrando caso não tenha uma boa experiência em sala de aula, onde, para evitar frustrações, é preciso planejamento (Basniak & Dombrowski, 2023).

3. O uso da impressão 3D como ferramenta de inclusão

A inclusão na educação básica é assegurada pela Constituição Federal de 1988 onde consta no Art. 208, inciso III: “é lei o atendimento educacional especializado aos portadores de deficiência, preferencialmente na rede regular de ensino” (BRASIL, 1988). Apesar das leis, incentivos e do aumento de alunos com deficiência na rede regular de ensino, este atendimento específico e de qualidade está longe de ser alcançado (Amado, 2022). Observa-se carência de recursos e fragilidade na formação de professores voltada à educação inclusiva (Amado, 2022).

Muitos trabalhos relataram a importância de materiais impressos em 3D para a inclusão de pessoas com deficiência em matérias da educação básica. Alguns assuntos dentro das ciências que incluem a biologia, a química e a física são complexos e suas estruturas podem ser vistas, na maioria das vezes, apenas por desenhos em livros didáticos. A educação

inclusiva propõe que o ensino não seja apenas adaptado para alunos com deficiência, mas que eles também realizem o processo de letramento científico a partir de ferramentas das metodologias ativas como o ensino investigativo (Antunes, 2022).

Os materiais em 3D podem ser sentidos e experienciados pelo tato, auxiliando alunos com cegueira e baixa visão a reconhecer e compreender estruturas pequenas como células e moléculas e trazer autonomia no processo ensino-aprendizagem (Pires & Vinholi Júnior, 2021; Silva *et al.*, 2022). Com a falta de visão, falta estímulo sensorio-perceptivos que podem dificultar o processo de aprendizagem (Rego, 2020). Com a impressão 3D é possível: (a) explorar o contorno de um objeto e sua textura; (b) reconhecer o objeto e seu conjunto de partes interrelacionadas e (c) promover a representação gráfica de um objeto, independentemente de seu tamanho (Rego, 2020).

O uso de modelos didáticos em 3D para o ensino de deficientes visuais tem mostrado resultados positivos no ensino de diversas disciplinas como matemática, artes, química e biologia. Nas atividades com esses modelos os alunos conseguem ter uma experiência tátil que favorece a compreensão de conceitos de espaço, dimensão e tamanho relativo, além disso, a abordagem possui um caráter lúdico que permite o aprendizado através de brincadeira (Anđić *et al.*, 2024; Chen & Chang, 2018; Petridou *et al.*, 2011; Smith *et al.*, 2020).

Para Amado (2022), alunos com deficiência intelectual e dificuldade no aprendizado têm dificuldade em estabelecer ligações entre conceitos prévios e novos, neste sentido, modelos concretos trariam acesso a outros tipos de informação, o que findaria esta lacuna e favoreceria a aprendizagem. Esse tipo de material se torna um dispositivo de grande importância para romper barreiras e trazer autonomia no processo de ensino-aprendizagem.

IV. CONCLUSÃO

A presente pesquisa teve a finalidade de apresentar, por meio de uma revisão sistemática da literatura, como a impressão 3D vem sendo utilizada na educação básica brasileira, seus desafios ao uso nas salas de aula e seu potencial como ferramenta de inclusão. Este estudo revelou há carência de trabalhos com o uso deste equipamento a nível de educação básica quando comparado com dados da educação superior. Neste panorama, a educação superior produz mais conhecimentos na área por ter mais recursos e pelos focos dos diferentes cursos, principalmente das áreas de saúde e tecnologias. Uma das contribuições deste estudo é mostrar o quanto ainda precisamos crescer em investimentos na educação básica, principalmente em novas tecnologias, que aliadas às metodologias ativas trariam muitos ganhos para os estudantes brasileiros, principalmente para que tivessem mais autonomia e protagonismo em seu processo educativo.

Outra consideração a ser feita é o uso desta ferramenta como auxiliar no processo de inclusão. O uso deste material é de grande importância para diversos tipos de deficiências, inclusive a visual, onde alunos com e sem deficiência podem trabalhar o conteúdo escolar em conjunto, ambos aprendendo ao mesmo tempo, diminuindo o abismo que existiria se o assunto fosse tratado apenas no livro ou na lousa.

Os modelos didáticos em impressão 3D são ferramentas úteis no processo educativo, com grandes vantagens em todas as áreas do conhecimento, no entanto, esbarramos nas limitações ao uso deste tipo de equipamento no ambiente escolar. Atualmente, as limitações de custo, estrutura escolar e formação de professores são os principais fatores para termos um uso aquém destes modelos em sala de aula.

REFERÊNCIAS

Aguiar, L. de C. D. (2016). *Um processo para utilizar a tecnologia de impressão 3D na construção de instrumentos didáticos para o ensino de ciências*. (Tese inédita de mestrado). UNESP, Bauru. Consultado em: <https://repositorio.unesp.br/items/2b62be68-e0b4-47c2-9674-8ce3fdedc564>.

Almeida, M. D. de. (2022). Corporações, redes de ensino e capital aberto na bolsa de valores: o avanço do setor privado na educação nos últimos anos. *Revista Tópicos Educacionais*, 28(1), pg. 98 - 124. doi: 10.51359/2448-0215.2022.254249.

Amado, D. S. (2022). *Desenvolvimento de um material didático inclusivo e uma sequência didática sobre virologia, com uso de modelagem e impressão 3D, para alunos do Ensino Médio* (Tese inédita de mestrado). Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Consultado em: <http://www.bdtd.uerj.br/handle/1/20936>.

Andić, B., Lavicza, Z., Vučković, D., Maričić, M., Ulbrich, E., Cvjetičanin, S., & Petrović, F. (2024). The Effects of 3D Printing on Social Interactions in Inclusive Classrooms. *International Journal of Disability, Development and Education*, 71(6), pg. 883–907. doi: 10.1080/1034912X.2023.2223495.

Andrade, A. F., & Monteiro, C. de C. (2019). Um estudo sobre a utilização de Símbolos Pictóricos Táteis em Mapas Temáticos para o Ensino de Geografia no âmbito do Desenho Universal. *Revista cartográfica*, 99, pg. 71-94. doi: 10.35424/rcarto.i99.424.

Antunes, S. R. I. (2022). *Material didático sobre Sars-Cov-2 adaptado para inclusão de estudantes cegos* (Tese inédita de mestrado). Universidade Federal do Paraná, Curitiba. Consultado em: <https://hdl.handle.net/1884/81695>.

Azer, S. A. & Azer, S. (2016) 3D Anatomy Models and Impact on Learning: A Review of the Quality of the Literature. *Health Professions Education*, 2(2), pg.. 80–98. doi: 10.1016/j.hpe.2016.05.002.

Basniak, M., & Dombrowski, A. F. (2023). Combinando: Um material para ensino de análise combinatória a estudantes cegos. *Actio: docência em Ciências (Curitiba)*, 8(1), pg. 1-2. doi: 10.3895/actio.v8n1.15346.

Boscariol, J. J., & Correa Berbel, A. (2022). El Diseño Industrial como disciplina creadora de objetos inclusivos. *Cuadernos del Centro de Estudios de Diseño y Comunicación*, 176, pg. 129–144. doi: 10.18682/cdc.vi176.8615.

Brasil. (1988). *Constituição da República Federativa do Brasil de 1988*. Consultado em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm.

Brasil. (2017). *Base Nacional Curricular Comum: Educação é a base. Versão Final*. Ministério da Educação. Consultado em: <http://download.basenacionalcomum.mec.gov.br/>.

Caeloto, O. A., Rodrigues, C. N., Guilherme, A. P., & Yamaguchi, K. K. de L. (2023). Aplicação de modelos de impressão 3D como ferramenta para atividades práticas experimentais no ensino de Física. *Revista Insignare Scientia*, 6(6), pg. 710-722. doi: 10.36661/2595-4520.2023v6n6.13194.

Castro, F. de. (2017). Escassez de laboratórios de ciências nas escolas brasileiras limita interesse dos alunos pela física. *Revista Educação*, e-239. Consultado em: <https://revistaeducacao.com.br/2017/05/08/escassez-de-laboratorios-de-ciencias-nas-escolas-brasileiras-limita-interesse-dos-alunos-pela-fisica/>.

Chen, Y.H., & Chang, P.L. (2018). 3D printing assisted in art education: Study on the effectiveness of visually impaired students in space learning. *2018 IEEE International Conference on Applied System Invention (ICASI)*, pg. 803–806. doi: 10.1109/ICASI.2018.8394384.

Costa, M. S. da. (2023). *Modelos pedagógicos tridimensionais como recursos educacionais para o ensino—Aprendizagem de Ciências*. (Tese inédita de mestrado). Universidade Federal Fluminense, Niterói. Consultado em: https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFF-2_cb525eec1c6f8fff0fe46db5732cf662.

Cruz, D. S. da. (2022). *Impressão 3D como recurso para o ensino e aprendizagem de citologia* (Tese inédita de Mestrado). Instituto Federal do Amazonas, Manaus. Consultado em: <http://repositorio.ifam.edu.br/jspui/handle/4321/1247>.

Da Mata, I. R. S., De Souza, J. G. O., Carvalho, M. M. M. E., Moura, H. F. N., & Baroneza, J. E. (2022). Impressão de modelos tridimensionais para o ensino de ciências na educação básica: um relato de experiência. *Revista Praxis*, 13(1), pg. 49-58. doi: 10.47385/praxis.v13.n1sup.3570.

Da Silva, G. D. S., & Stadler, J. P. (2022). Proposta de uma Tabela Periódica adaptada com vistas à acessibilidade de estudantes com deficiência visual: Um recurso didático para o ensino inclusivo. *Revista Insignare Scientia*, 5 (3), pg. 409–430. doi: 10.36661/2595-4520.2022v5n3.12885.

- De-la-Torre-Ugarte-Guanilo, M. C., Takahashi, R. F., & Bertolozzi, M. R. (2011). Revisão sistemática: Noções gerais. *Revista da Escola de Enfermagem da USP*, 45(5), pg. 1260–1266. doi: 10.1590/S0080-62342011000500033.
- Jucan, D. A. (2021). Efficient Didactic Strategies Used In Students' Teaching Practice. Em: Albuiescu, I. & Stan, N. (Eds.), Education, Reflection, Development – ERD 2020. *European Proceedings of Social and Behavioural Sciences*, 104, pp. 159-164. doi: 10.15405/epsbs.2021.03.02.17.
- Kalman, O., Nazim, A., Pavlenko, I. & Ivanov, V. (2024). Advantages of 3D Printing in the Education Process. Em: Balog, M., Iakovets, A., Hrehová, S., Berladir, K. (eds), The 2nd EAI International Conference on Automation and Control in Theory and Practice. EAI ARTEP 2024. *EAI/Springer Innovations in Communication and Computing*. pg. 3-17. Springer. doi: 10.1007/978-3-031-59238-6_1.
- Monteiro, G. (2024, maio 22). Prefeitura lança projeto de inovação na educação das escolas públicas. *Jornal O Povo*. Consultado em: <https://www.opovo.com.br/noticias/fortaleza/2024/05/22/prefeitura-lanca-projeto-de-inovacao-na-educacao-das-escolas-publicas.html>.
- Moreira, G. R., & Periotto, T. R. C. (2021). Criação e compartilhamento do conhecimento usando tecnologia de impressão em 3D em obras de arte para o aluno deficiente visual. *Revista Valore*, 5, e-5018. doi: 10.22408/rev502020271e-5018.
- Mynbayeva, A.; Sadvakassova, Z. & Akshalova, B. (2018). Pedagogy of the Twenty-First Century: Innovative Teaching Methods. Em: Cavero, O. B. & Llevot-Calvet, N. (eds.), *New Pedagogical Challenges in the 21st Century - Contributions of Research in Education*, pg. 3-13. doi: 10.5772/intechopen.72341.
- Oliveira, C. R. A. de, Ferreira, C. C., & Martins, C. da S. de L. (2022). Modelo didático para o ensino de Ciências, construção por meio de impressão 3D: Análise e avaliação no processo de ensino-aprendizagem. *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, 32, pg. 44-53. doi: 10.24215/18509959.32.e5.
- Onisaki, H. H. C., & Vieira, R. M. D. B. (2019). Impressão 3D e o desenvolvimento de produtos educacionais. *Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico (EDUCITEC)*, 5(10), pg. 128-137. doi: 10.31417/educitec.v5i10.638.
- Panda, S. K.; Rath, K. C.; Mishra, S. & Khang, A. (2023). Revolutionizing product development: The growing importance of 3D printing technology. *Materials Today: Proceedings*. doi: 10.1016/j.matpr.2023.10.138.
- Petridou, M., Blanchfield, P., & Brailsford, T. (2011). Involving the user with low or no vision in the design of an audio-haptic learning environment for learning about 3D shapes: The first approach. *3rd Computer Science and Electronic Engineering Conference (CEEC)*, pg. 29–34. doi: 10.1109/CEEC.2011.5995820.
- Pires, M. I. F., & Vinholi Júnior, A. J. (2021). Impressão 3D e pesquisas em ciências da natureza: Um olhar sobre a produção científica na área. *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática*, 5(1), pg. 373-392. doi: 10.5335/rbecm.v5i1.11348.
- Rego, F. L. (2020). *Desenvolvimento de modelos tridimensionais e de uma sequência didática para o ensino de sistema cardiovascular para alunos com deficiência visual*. (Tese inédita de mestrado) Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Consultada em: <http://www.bdtd.uerj.br/handle/1/17805>.
- Ribeiro, J. A. (2023). *Movimento maker e educação no ensino de Ciências: Desenvolvimento de um curso para professores na criação de materiais didáticos open source com o uso de impressão 3D* (Tese inédita de mestrado). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. Consultada em: <http://hdl.handle.net/1843/55678>.
- Sampaio, R., & Mancini, M. (2007). Estudos de revisão sistemática: Um guia para síntese criteriosa da evidência científica. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, 11(1), pg. 83–89. doi: 10.1590/S1413-35552007000100013.

Silva, A. S., Alves, G. H. V. S., Ferreira, A. T. S., & Fragel-Madeira, L. (2022). Avaliação de modelos 3D como recurso educacional para o ensino de Biologia: Uma revisão da literatura. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, 13(2), pg. 1–28. doi: 10.26843/rencima.v13n2a11.

Silva, E. C., Viana, H. B., & Vilela Junior, G. de B. (2020). Metodologias ativas numa escola técnica profissionalizante: Active methodologies in a professional technical school. *Revista portuguesa de educação*, 33(1), pg. 158–173. doi: 10.21814/rpe.18473.

Smith, D. W., Lampley, S. A., Dolan, B., Williams, G., Schleppebach, D., & Blair, M. (2020). Effect of 3D Manipulatives on Students with Visual Impairments Who Are Learning Chemistry Constructs: A Pilot Study. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 114(5), pg. 370–381. doi: 10.1177/0145482X20953266.

Souza, A. P. N. D. (2023). Proposta pedagógica para a inserção de uma "cultura maker acessível" visando adequação de escolas estaduais ao novo ensino médio. *Revista Foco*, 16(1), e-772, pg. 1-11. doi: 10.54751/revistafoco.v16n1-068.

Tabrik, S.; Behroozi M.; Schlaffke, L.; Heba, S.; Lenz, M.; Lissek, S.; Güntürkün, O.; Dinse, H.R. & Tegenthoff, M. (2021). Visual and Tactile Sensory Systems Share Common Features in Object Recognition. *eNeuro* 8(5), pg. 1-14. doi: 10.1523/ENEURO.0101-21.2021. PMID: 34544756; PMCID: PMC8493885.