

# Impressora 3D no ambiente educacional: Um Mapeamento Sistemático da Literatura

Natã R. C. de Jesus  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Foz do Iguaçu, Brasil  
nata.jesus@unioeste.br

Fabiana F. F. Peres  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Foz do Iguaçu, Brasil  
fabiana.peres@unioeste.br

**Abstract**—The modernization of schools is a challenge that requires qualified teachers, acquisition of equipment and the use of innovative methodologies. The 3D printer is a resource with the potential to integrate all the necessary equipment. However, for its effective use, it is necessary to train teachers and develop the culture, in the educational environment, that technology is a tool that facilitates learning. Thus, this work aims to carry out a Systematic Literature Mapping to identify the methodologies, challenges and gaps related to the use of 3D printer in the educational environment of elementary school. The methodological procedures used in the research are known and described in the literature as Systematic Literature Mappings. The conduction of Systematic Mapping resulted in the extraction of data from the selected articles. A total of 820 articles were returned from the academic databases, where after filters for inclusion criteria and quality, 17 articles remained that presented methodologies, gaps and challenges found. It was concluded that the inclusion of 3D printers in the educational environment is still at an early stage, with few articles that discuss gaps in teacher training and methodologies used in the classroom. But that, articles related to the topic are becoming more common.

**Index Terms**—3D printing, 3D-printing, 3D printer, Basic Education, Science Education, Transformative Education, Elementary School, High School.

**Resumo**—A modernização das escolas é um desafio que demanda professores qualificados, aquisição de equipamentos e uso de metodologias inovadoras. A impressora 3D é um recurso com potencial para integrar o conjunto dos equipamentos necessários. No entanto para que efetivamente ocorra seu uso, é preciso capacitação de professores e desenvolver a cultura, no meio educacional, de que a tecnologia é uma ferramenta facilitadora no aprendizado. Desta forma, nesse trabalho realizou-se um mapeamento sistemático da literatura para identificar quais são as metodologias, os desafios e as lacunas relacionadas ao uso da impressora 3D no ambiente educacional do ensino fundamental. Os procedimentos metodológicos utilizados na pesquisa são conhecidos e descritos na literatura como Mapeamentos Sistemáticos da Literatura. A realização do mapeamento sistemático resultou na extração de dados de artigos selecionados. Ao total foram retornados 820 artigos das bases acadêmicas; após aplicação de critérios de inclusão e exclusão e critérios de qualidade, restaram 17 artigos que apresentaram metodologias, lacunas e

desafios. Analisando os dados extraídos dos 17 artigos concluiu-se que a inclusão das Impressoras 3D no ambiente educacional ainda se encontra em uma fase inicial; são poucos artigos que discutem lacunas para a capacitação de professores e metodologias utilizadas em sala de aula, mas que artigos relacionados ao tema estão se tornando mais comuns.

**Index Terms**—Impressão 3D, impressão-3D, impressora 3D, Educação Básica, Educação Científica, Educação Transformativa, Ensino Fundamental, Ensino Médio.

## I. INTRODUÇÃO

A primeira impressora 3D funcional surgiu em meados da década de 80, utilizando um processo conhecido atualmente como estereolitografia. A ideia inicial foi utilizar uma lâmpada para solidificar uma resina; porém foi a confecção de partes plásticas de maneira rápida e controlada que fez sucesso. Esse método inovador para a época motivou Chuck Hull (criador da impressora 3D) [1] a fundar a empresa 3D Systems Corp, líder do segmento até hoje. No início, uma impressora 3D custava em torno de um milhão de dólares, que a tornava pouco acessível até mesmo para grandes empresas. No entanto, para os processos de prototipagem da época, era uma alternativa eficiente, rápida e barata. A ideia foi patenteada e novos métodos foram criados. Dois anos após o lançamento da primeira impressora (SLA-250) pela 3D Systems, Scott Scump criou a empresa Stratasys e lançou a Stratasys 3D Modeler, que assim como a SLA-250 tinha um alto preço no mercado [2]. Mesmo sendo algo criado na década de 80, as impressoras 3D são, para muitas pessoas, algo relativamente novo. A sua popularização tem sido impulsionada por iniciativas como a RepRap (prototipagem rápida replicadora). A organização acredita que uma característica fundamental para isso é a capacidade de uma impressora se auto replicar de modo que ela seja utilizada para imprimir peças para construção de outras com o menor custo possível. A ideia deu tão certo que hoje pode-se encontrar vários modelos de impressoras derivados dessa iniciativa. Um fator que contribuiu com esse avanço foi a disponibilização

do projeto integral da impressora 3D de forma gratuita na Internet. Qualquer pessoa pode acessar o projeto, estudá-lo e inclusive propor melhorias. Atualmente, diante do baixo custo e da grande variedade de modelos, o uso da tecnologia de impressão 3D tem sido vasto.

Nos Estados Unidos a escola A. MacArthur Barr Middle School faz o uso de impressoras 3D para estudos de aerodinâmica. Os alunos são instigados a criar modelos de carrinhos fazendo uso de conceitos de massa, aceleração, velocidade e aerodinâmica e testá-los em competições [3]. Outros países têm iniciativas significativas e reconhecem o potencial da nova tecnologia, prevendo fortes impactos na indústria futura justificando o forte investimento na inserção e imersão de suas crianças no mundo da impressão 3D. Um levantamento feito pela empresa de consultoria americana Wohler Associates, indica que o ramo de impressoras 3D movimentou US\$ 5.1 bilhões no mundo em 2016, um aumento de 30 % em relação ao ano anterior. Empresas como MAN Latin América, fabricante de ônibus, Fiat, Alparagatas fazem uso de impressão 3D para prototipagem de peças diminuindo o custo de produção. O uso das impressoras 3D não se restringe somente a grandes corporações. Devido a viabilidade econômica, pequenos negócios estão fazendo o uso de impressoras 3D para alavancar seus projetos sem um alto custo de prototipagem [4]. No Brasil, mesmo diante de dados expressivos em relação ao uso e aos benefícios que as impressoras 3D proporcionam, existem poucas iniciativas. No âmbito educacional, em 2018 o Governo do Paraná entregou em Londrina ao Centro de Apoio Pedagógico ao Deficiente Visual (CAP) um kit multimídia com impressora 3D [5]. O objetivo foi disponibilizar recursos para auxiliar os professores na elaboração de materiais pedagógicos que venham facilitar o ensino para alunos com deficiências visuais. No mesmo ano, através do programa Conectados 2.0 da Secretaria de Estado da Educação, foi realizada a entrega para 23 escolas da rede estadual de ensino do Paraná, kits com impressoras 3D. O uso da impressora 3D prepara as crianças para o futuro permitindo experiências práticas no qual a educação tradicional, com livros e escrita, não permite. Uma aula de matemática, por exemplo, pode fazer o uso de material impresso, permitindo aulas práticas fazendo o uso de conceitos teóricos [6].

#### A. Problemas e Justificativas

A modernização das escolas é um desafio pois demanda professores qualificados, aquisição de equipamentos e manutenção. As facilidades atuais de acesso a impressora 3D é um dos elementos necessários para inserção da tecnologia nas escolas. O uso de metodologias inovadoras no ensino requer recursos tecnológicos e tempo para capacitação de professores e aculturação do meio educacional [7].

Neste sentido buscou-se por meio deste mapeamento sistemático identificar propostas de aproximação da tecnologia da impressão 3D no meio educacional, métodos de ensino voltados para o uso de impressoras 3D nas escolas e de inserção de alunos na área tecnológica. Buscou-se também identificar projetos de atividades mão na massa.

## II. METODOLOGIA

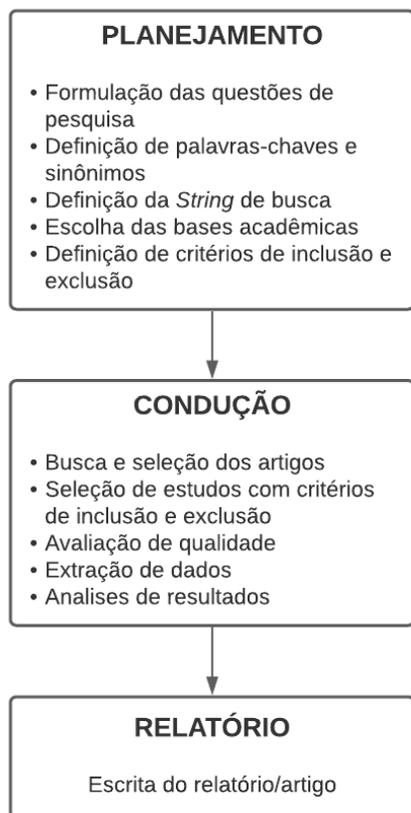
Foi conduzida uma busca por projetos experimentais de atividades mão na massa voltados para a educação básica. Essa busca foi conduzida por meio do mapeamento sistemático. O resultado visou evidenciar o panorama geral das proposições existentes. Por meio do mapeamento sistemático também identificou-se as áreas de conhecimento e os assuntos explorados até o momento com atividades mão na massa e as fontes disponíveis de modelos para uso na impressora 3D. O mapeamento sistemático mostrou as lacunas e as áreas pouco exploradas com atividades mão na massa utilizando impressora 3D e que merecem atenção.

O mapeamento sistemático da literatura, também conhecido como revisão de escopo, são estudos que tentam encontrar, de forma geral, o que está acontecendo na área pesquisada. Adquirindo resultados que dão ao autor um panorama geral, podendo identificar lacunas e agrupamento de evidências. Já a Revisão Sistemática da Literatura, por sua vez, busca analisar, identificar e interpretar profundamente todas as evidências sobre o assunto de pesquisa. Considerando que o tema de interesse (uso da impressora 3D no ambiente educacional) é um assunto recente e com muito material abordando o assunto, foi definido como método o mapeamento sistemático da literatura.

Para executar um mapeamento sistemático da literatura foi necessário o uso de um protocolo de pesquisa claramente relatado antes da execução do mapeamento [8]. Os protocolos utilizados nesse mapeamento sistemático seguem as diretrizes de [9] e podem ser agrupados em três fases (Figura 1), sendo elas: Planejamento, Condução e Relatório.

**Planejamento:** A fase de planejamento é considerada a fase mais importante do processo de mapeamento sistemático da Literatura por alguns autores. Isto porque ela guia todo o processo restante, portanto havendo algum erro de protocolo todo o mapeamento é afetado. No Planejamento se define os objetivos, as questões de pesquisa, as palavras-chaves e sinônimos que foram utilizadas nas *strings* de busca, a própria *string* de busca, as bases que foram escolhidas para realizar as buscas dos trabalhos existentes, os critérios de inclusão e exclusão, as questões de avaliação de qualidade, com seus valores e motivações e, por fim, define-se os dados que devem ser extraídos dos trabalhos selecionados. Nessa fase também são feitos testes de aprimoramento e aperfeiçoamento das

Figura 1. Fases de um mapeamento sistemático da literatura



Fonte: Autor

*strings* de busca nas bases selecionadas, e testes de entradas e especificações de pesquisa para cada base.

**Condução:** Na fase de condução são feitas as pesquisas nas bases anteriormente escolhidas, utilizando a *string* de busca já definida na fase anterior. Vale ressaltar que a condução deve ser guiada pelas definições estabelecidas no planejamento, no entanto, caso haja necessidade, é possível voltar a fase de planejamento para realizar ajustes.

Depois de feito as buscas ocorre a importação dos artigos encontrados, para que se possa iniciar a próxima fase dentro da Condução: leitura dos títulos e *abstracts* e aplicação dos critérios de inclusão e exclusão. Após foi iniciada a fase de avaliação de qualidade, que serve como um último filtro para seleção dos artigos mais relevantes; para isso são atribuídas notas para elencar os mais relevantes. Por último ocorre a análise e extração de dados. Finalizando assim a fase de condução do mapeamento sistemático.

**Relatório:** Com todos os artigos selecionados, filtrados e

seus dados extraídos foi iniciado a última fase do mapeamento sistemático, que se caracteriza na escrita de um relatório contendo todos os processos e conclusões.

Então, seguindo o protocolo apresentado na figura 1, foi iniciado o mapeamento sistemático. A seguir são apresentados os elementos da fase de planejamento do mapeamento sistemático realizado, como as questões de pesquisas, as estratégias de buscas assim como as bases escolhidas e suas motivações, as *strings* de buscas, palavras-chaves e sinônimos utilizados. Também são apresentados os critérios de inclusão e exclusão utilizados no processo e suas motivações. Por fim, são apresentadas as questões de avaliação de qualidade.

#### A. Questões de pesquisa

identificar quais são as metodologias, os desafios e as lacunas relacionadas ao uso da impressora 3D no ambiente educacional do ensino fundamental.

Como o objetivo foi identificar metodologias, desafios e as lacunas relacionadas ao uso da impressora 3D no ambiente educacional do ensino fundamental, foram definidas questões de pesquisa que nos guiassem em direção a esse objetivo. E são elas:

- 1) Atualmente, quais iniciativas têm sido propostas, de atividades tipo mão na massa, com o uso de impressoras 3D, na educação básica;
- 2) Quais metodologias são mais utilizadas;
- 3) Quais seus desafios e lacunas existentes;

#### B. Estratégia de busca

As bases selecionadas para a condução desse mapeamento sistemático foram, primeiramente, motivadas por suas referências e popularidade na comunidade científica e definidas após realização de teste com as *strings* de buscas no início do Planejamento. São elas:

- ACM (<http://portal.acm.org/>);
- IEEE (<http://ieeexplore.ieee.org/>);
- Science Direct (<http://www.sciencedirect.com/>);
- Scopus (<http://www.scopus.com/>);
- Springer Link (<http://link.springer.com/>).

Na Tabela I são apresentadas as palavras-chave utilizadas para formar a *string* de busca. Elas foram discutidas entre os pesquisadores envolvidos, após realização de testes iniciais em bases de buscas.

Na Tabela II-B é apresentada a *string* utilizada para as buscas nas bases:

#### C. Critérios de Inclusão e Exclusão

Após os artigos serem selecionados através da *string* de busca foi iniciado sua seleção aplicando os critérios especificados na fase de planejamento. Esse foi o primeiro

Tabela I  
PALAVRAS-CHAVES UTILIZADAS NA *string* DE BUSCA

Palavras-chaves	Sinônimos
3D printing	3-D printing 3D printer 3d printing
Teaching	teacher
Education	Basic education New educational Technologies Science education Transformative education

Fonte: Autor

Tabela II  
*String* UTILIZADA PARA REALIZAR AS BUSCAS NAS BASES

("3D printing"OR "3-D printing") AND ("elementary school"OR "basic education"OR "high school" )

Fonte: Autor

filtro utilizado no mapeamento sistemático da Literatura. A seguir são apresentados os critérios de inclusão e exclusão definidos.

#### Critérios de Inclusão:

- 1) O artigo aborda impressoras 3D no ambiente educacional;  
**Motivação:** O artigo aborda o uso das impressoras 3D com foco na educação, trazendo metodologias e desafios para o mesmo.
- 2) O artigo deve ser completo;  
**Motivação:** O artigo deve ser completo excluindo *short-papers*.
- 3) O artigo foi publicado entre 2011 e 2020.  
**Motivação:** Tecnologias mudam e avançam o tempo todo, mesmo as impressoras 3D sendo uma tecnologia considerada nova por alguns pesquisadores, é necessário definir limites de anos. E foi determinado que fosse até 2020 porque foi quando os autores iniciaram o processo de Mapeamento e novos artigos relevantes podem surgir a partir dessa data.

A seguir os **Critérios de Exclusão:**

- 1) O artigo aborda técnicas para montagem de impressoras 3D;  
**Motivação:** O foco do artigo é ensinar a montar impressoras 3D, seja no ensino fundamental ou fora dele.
- 2) O artigo está escrito em outro idioma que não seja Inglês ou Português;  
**Motivação:** Inglês é cientificamente a linguagem mais aceita para bases de artigos, logo é comum que artigos em inglês sejam prioridades na hora de executar uma Revisão ou um mapeamento sistemático da Literatura, A língua Portuguesa do Brasil também foi incluída pois é a

língua principal dos autores e artigos encontrados escritos nessa língua não dificultaria o processo de tais.

- 3) O artigo não aborda impressora 3D no ambiente educacional;  
**Motivação:** O artigo aborda o uso da impressora 3D em outros ambientes, que não sejam educacionais.
- 4) O artigo não estar acessível na íntegra de maneira gratuita;  
**Motivação:** Artigos pagos podem dificultar a escrita dos autores e a avaliação de terceiros de maneira acessível.
- 5) O artigo não foi revisado por pares;  
**Motivação:** Artigos selecionados para um mapeamento sistemático deve ser revisado por pares para que possa ser isento de opiniões pessoais.
- 6) O artigo não é voltado para educação básica;  
**Motivação:** O artigo aborda impressoras 3D em universidades e faculdades, saindo assim do escopo desejado no objetivo da execução de um mapeamento sistemático da literatura.
- 7) O objetivo do artigo não ser para fins educativos.  
**Motivação:** A motivação do artigo não ser para fins educativos.

#### D. Avaliação de Qualidade

Foram definidas perguntas para avaliação de qualidade. Elas se caracterizam como um segundo filtro. Estas perguntas de avaliação de qualidade foram respondidas analisando os artigos selecionados na aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, que são:

- 1) "O artigo apresenta desafios ou lacunas existentes no âmbito educativo (uso da impressora 3D em atividades do tipo mão na massa)?"
- 2) "O artigo apresenta a metodologia utilizada para realizar a atividade do tipo mão na massa de maneira explícita?"
- 3) "O artigo apresenta propostas de atividade do tipo mão na massa com o uso da impressora 3D?"

A seguir, na tabela III são apresentadas as descrições e pesos das respostas da avaliação de qualidade:

Tabela III  
RESPOSTAS DA AVALIAÇÃO DE QUALIDADE E SEU RESPECTIVO PESO

Descrição	Peso
Sim	2.0
Talvez	1.0
Não	0.0
<b>Nota Máxima</b>	6.0
<b>Nota de Corte</b>	3.0

Fonte: Autor

### III. RESULTADOS E ANÁLISES

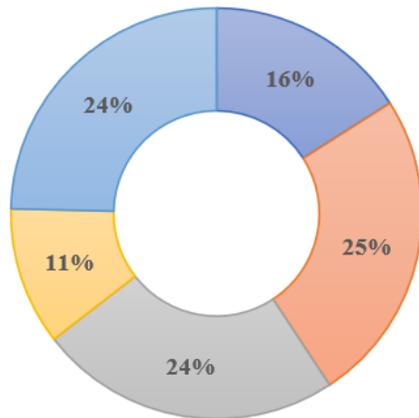
Nesta seção são apresentados os resultados das buscas realizadas nas bases selecionadas (III-A); a avaliação de qualidade dos artigos selecionados pelos critérios de inclusão e exclusão (III-B), definidos na subseção II-C; o que se deve ser extraído dos artigos selecionados (III-C apresentamos); e a análise dos resultados obtidos após a extração (III-D).

#### A. Resultados das buscas

Utilizando a *string* de busca apresentada na tabela II-B foram importados, no total, 820 artigos, sendo eles, separados por base conforme mostrado na figura 2:

- ACM: 131
- IEEE: 203
- Science Direct: 195
- Scopus: 89
- Springer Link: 202

Figura 2. Porcentagem de artigos importados das bases de busca



■ ACM ■ IEEE ■ Science Direct ■ Scopus ■ Springer Link

Fonte: Autor

O título e o resumo dos 820 artigos importados foram analisados levando em conta os critérios de inclusão/exclusão apresentados na sessão II-C. A tabela IV apresenta o resultado após aplicar os critérios de inclusão/exclusão.

#### B. Aplicação de Avaliação de Qualidade

Com os artigos selecionados com base nos critérios de inclusão/exclusão, foi iniciada a fase de avaliação de qualidade. Ela exige uma leitura mais aprofundada dos artigos em busca do que se deseja extrair do artigo, mas não exige uma leitura completa, como é feito nas revisões sistemáticas. No

Tabela IV

Base	Total	Aceitos	Rejeitados	Duplicados
ACM	131	30	98	3
IEEE	203	11	189	3
Science Direct	195	29	161	5
Scopus	89	37	37	15
Springer Link	202	25	176	1

caso buscou-se por informações nas seções de metodologia, resultados e discussões.

Utilizando as perguntas de avaliação de qualidade definidas na subseção II-D, foram selecionados dez artigos dos 132 que atenderam aos critérios de inclusão definidos, mostrados na tabela V, cada um com sua respectiva nota, iguais ou superiores a nota de corte definida e mostrada na tabela III. A partir desses artigos foi iniciada a próxima fase do mapeamento sistemático, a III-C.

Tabela V  
ARTIGOS COM SUAS RESPECTIVAS NOTAS

Artigos	Notas
[10], [11] e [12]	6,0
[13], [14], [15], [16] e [17]	5,0
[18] e [19]	4,0

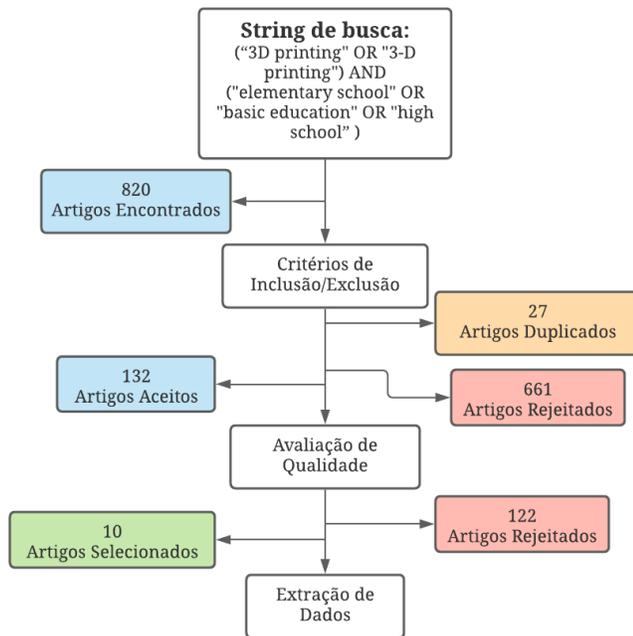
Após executada a avaliação de qualidade foi possível elaborar um diagrama mostrando os resultados de todo o processo de planejamento e condução do mapeamento sistemático (figura 3).

#### C. Extração de Dados

Para a extração de dados foram definidos parâmetros que deveriam ser extraídos dos artigos, e são eles:

- Autores;  
**Motivação:** Autores do artigo, para referências posteriores.
- Data de publicação;  
**Motivação:** Data da publicação do artigo.
- País da publicação;  
**Motivação:** País da publicação, para podermos relacionar idades e categorias do ensino.
- Idioma da publicação;
- Área de publicação;  
**Motivação:** Área de conhecimento apresentada pelo artigo (ex.: Ciências, Matemática, Geografia).
- Conteúdo abordado;  
**Motivação:** Conteúdo específico apresentado pelo artigo (ex.: Células, Planícies, Cubos).

Figura 3. Diagrama de fluxo dos processos de Seleção e Avaliação de Qualidade dos artigos importados



Fonte: Autor

- Extensões e modelos;  
**Motivação:** Extensão e modelos de objetos apresentados pelo artigo, para futura utilização e disponibilização no Fórum criado para auxiliar professores com o uso da impressora 3D.
- Idade indicada;  
**Motivação:** Para identificar no grau de ensino do conteúdo abordado pelo artigo, para disponibilização no Fórum, para separar Ensino Fundamental I e II, por exemplo.
- Desafios;  
**Motivação:** Especificar desafios encontrados nos artigos em relação ao uso da impressora e na capacitação dos professores a utilização das mesmas.
- Lacunas;  
**Motivação:** Lacunas encontradas em relação as matérias mais e menos abordadas, procurando sua motivação.
- Metodologia.  
**Motivação:** Metodologia utilizada na capacitação dos professores e educadores.

Com esses dados extraídos inicia-se o processo de identificação de lacunas, desafios e metodologias apresentadas nos artigos.

#### D. Análise de Resultados

Dos dez artigos apresentados na tabela V, conclui-se que apenas os artigos [13]–[16], [18], [19] podem ser totalmente utilizados para a extração de dados do mapeamento sistemático, entretanto, também foi concluído que os demais podem contribuir com informações benéficas.

O artigo [13] apresentado na tabela V, foi publicado na Finlândia no ano de 2020 e teve como área de aplicação a arte, design e educação artesanal, com estudos e experimentos na faixa etária de sete a treze anos e concluíram que o uso da impressora 3D nas escolas é um assunto ainda complexo e que a aplicação da impressão 3D produziu processos que reforçam as práticas educacionais tradicionais, como formas comportamentais de instrução e treinamento, um ambiente de aprendizado restrito e o professor como um especialista.

O artigo [14] foi publicado nos Estados Unidos no ano de 2018 tem como área de aplicação os conteúdos da matéria de ciências, mais especificamente organismos e ambientes, onde a faixa etária foi de oito a dez anos e um de seus desafios apresentados é a dificuldade de pesquisar e encontrar materiais e modelos 3D que auxiliem no processo.

O artigo [15] também foi publicado nos Estados Unidos, porém no ano de 2013. Sua área de aplicação foi ciência da computação e ciência cognitiva, onde a faixa etária não foi especificada, somente apresentado que foi executado no ensino fundamental e apresenta como desafio a dificuldade em imprimir objetos coloridos para a melhor apresentação de tópicos importantes.

O artigo [19] foi publicado na Estônia, no ano de 2014. Ele defende que existem diferenças no nível de alfabetização tecnológica entre alunos, criando um campo desigual em sala de aula e Para enfrentar tal desafio, o professor precisa distribuir seu foco de forma adequada para que todos os alunos atinjam o mesmo nível de compreensão e conhecimento adquirido. Em relação a faixa etária, o artigo separa o projeto em três fases onde a primeira é aplicada no ensino médio e a segunda e terceira em escolas primárias e secundárias. Dessa forma argumentam ganhar mais experiência, conhecimento e percepções. O presente artigo documenta três fases do projeto. Especificamente, a primeira fase examina questões educacionais da impressão 3D em uma pequena amostra de alunos do ensino médio. Na segunda fase, criaram uma rede de colaboradores, professores e acadêmicos de outras escolas (primárias e secundárias) e instituições que estejam dispostos aplicar, testar, criticar, enriquecer e aprimorar ainda mais o

cenário educacional da primeira fase.

O artigo [18] foi publicado nos Estados Unidos, no ano de 2019 e teve como área de aplicação as matérias de ciência, tecnologia, engenharia e matemática, com faixa etária aplicada em escolas primárias e dissertam sobre os desafios de conseguir dados, materiais e resultados precisos para o uso dos materiais de impressoras 3D.

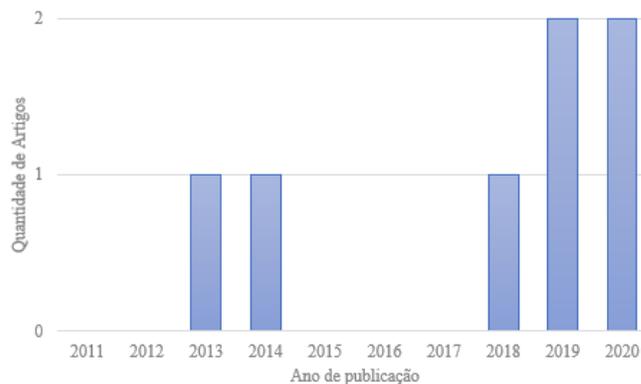
O artigo [16] foi publicado nos Estados Unidos, no ano de 2020. Sua área de aplicação foi ciências, mais especificamente paleontologia, onde a faixa etária explorada foi do ensino fundamental ao ensino médio. As lacunas e desafios apresentados relatou que a maioria dos professores usou a impressão 3D em suas salas de aula de ciências por um tempo relativamente curto e essa implementação não resultou na magnitude do efeito que seria detectável pela análise de modelagem multinível usada neste estudo. Mas vale ressaltar que, em algumas salas de aula o uso dos objetos impressos 3D se concentraram se concentraram em explorar a evolução humana medindo dentes hominídeos impressos em 3D, comparando e contrastando os tamanhos dos dentes e respondendo à questões científicas importantes sobre a dieta dos hominídeos. A metodologia utilizada descreve da seguinte forma: algumas salas de aula se concentraram em explorar a evolução humana medindo dentes hominídeos impressos em 3D, comparando e contrastando os tamanhos dos dentes e respondendo a questões científicas importantes sobre a dieta dos hominídeos. Os alunos desempenharam o papel de paleoantropólogos e investigaram o problema do mundo real de como os hominídeos se adaptaram a uma variedade de ambientes e às mudanças nesses ambientes.

O artigo [12] foi publicado no Canada, no ano de 2019. Sua área de aplicação foi matemática e na ciência, na matéria de química e física, onde na química foi utilizado para introduzir a estrutura atômica e na física, os alunos do ensino médio aprenderam sobre áudio frequência. Com faixa etária cobrindo todo o espectro desde o ensino fundamental ao médio. A metodologia apresentada no artigo se deu em a realização de um *workshop* de dois dias, onde um grupo de 10 professores em formação e 13 professores em serviço aprenderam sobre Modelagem 3D, e começou a explorar como essas tecnologias poderiam ser integradas em seus currículos. Dentro deste grupo, nove professores optaram por se concentrar na aplicação de impressoras 3D na História e Ciências Sociais.

Na figura 4 é apresentado um gráfico que mostra a quantidade de artigos ao longo dos 10 anos considerados neste mapeamento sistemático (de 2011 a 2020). Observa-se que mais de 70% dos artigos foram publicados nos últimos três

anos.

Figura 4. Distribuição dos sete artigos ao longo dos anos



Fonte: Autor

Os artigos [11] e [19] mostram um conteúdo de extrema importância na atualidade, introduzindo conceitos de inclusão social de pessoas com deficiências visuais, utilizando as impressoras 3D.

Já o artigo [10] apresenta uma investigação etnográfica de um curso de impressão 3D realizado em uma escola de ensino médio australiana.

#### IV. AMEAÇAS À VALIDADE

As ameaças à validade desse mapeamento sistemático realizado pode incluir, dentre elas, que mais bases de pesquisas poderiam ser utilizadas, para encontrar mais resultados a partir da busca inicial. Porém, devido a limitação de tempo e recursos humanos poderia tornar o processo mais longo que o esperado, foram selecionadas somente as bases descritas anteriormente.

Outro fator de ameaça é relacionado a *string* de busca, que foi definida pelos autores e, dependendo dela, poderiam ser encontrados outros artigos que pudessem interferir nos resultados obtidos na fase de Estratégia de Busca.

Outra possível ameaça é a pesquisa manual feita durante a fase de Inclusão/Exclusão e de Avaliação de Qualidade também se mostram fatores importantes como ameaças à validade da pesquisa. Além das próprias questões definidas como critérios de Inclusão e de Avaliação.

#### V. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Conclui-se que as impressoras 3D estão na fase inicial de popularização em ambiente educacional e ainda possui uma

série de dificuldades e obstáculos para serem superados. Na maioria dos artigos selecionados, os desafios apresentados estão relacionados a dificuldade em encontrar material, conteúdos e modelos para serem impressos e usados em sala de aula, destacando também a dificuldade em imprimir peças de cores diferentes para melhor exemplificação em certos tópicos e a dificuldade em romper com o sistema tradicional de ensino. Acredita-se que com os estudos relacionados ao uso da impressora 3D no ambiente educacional, mais projetos surgirão assim como serão desenvolvidos e disponibilizados mais materiais, suprimindo então essas dificuldades discutidas.

Em relação às lacunas encontradas vale destacar que a maioria dos artigos abordam conteúdos relacionados a área de ciência e matemática. Quase não há relatos de uso em outras disciplinas. Isto pode ser devido ao fato de que as impressoras 3D ainda estão relacionadas ao ambiente científico mas com a popularização de projetos abordando novas disciplinas essas lacunas poderão ser preenchidas.

No campo de idades indicadas a maior parte dos experimentos aconteceram no ensino primário e fundamental. Que pode ser considerado importante já que introduz os adolescentes a novas tecnologias e abordagens educacionais desde o início de seu caminho de aprendizado.

Até o momento deste mapeamento sistemático poucos artigos foram encontrados abordando questões do uso da impressora 3D e sobre a capacitação de professores, com metodologias e conteúdos. Ressaltando os pontos esclarecidos na Seção de Ameaças a Validade. Vale-se também destacar que o crescente apoio a projetos *Open Source* aumenta também a motivação para criação de projetos envolvendo o uso das impressoras 3D no ambiente educacional, pois isso diminui os custos necessários para que a tecnologia possa ser adquirida. Também conclui-se que, como citado nos desafios, existe uma dificuldade em romper com o sistema tradicional de ensino. Mas com o avanço das tecnologias e meios de ensino, as gerações futuras de docentes e discentes terão maior facilidade ao lidar com esse tipo de abordagem tecnológica.

#### AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha orientadora, a professora Fabiana Frata F. Peres, por ter me apoiado em todas as fases desse projeto. Em seguida, agradeço especialmente a Fundação Parque Tecnológico de Itaipu, e ao meu supervisor José Alberto Pereira dos Santos, por ter me dado a oportunidade de exercer essa atividade, sem eles essa tarefa seria impossível.

Por fim, agradeço a todos meus amigos e colegas que sempre me apoiaram em todas minhas trajetórias.

#### REFERÊNCIAS

- [1] Jeremy Norman's, "Chuck hull invents stereolithography or 3d printing and produces the first commercial 3d printer. **HistoryofInformation.com.**" Disponível em: <https://www.historyofinformation.com/detail.php?id=3864>. Acesso em: 23 dezembro 2020, 2016.
- [2] DUARTE, H., "Descubra como surgiu a impressora 3d. **techtudo.**" Disponível em: <https://www.techtudo.com.br/dicas-e-tutoriais/noticia/2014/04/descubra-como-surgiu-impressora-3d.html>. Acesso em: 22 dezembro 2020, 2014.
- [3] WISHBOX, "Impressoras 3d na sala de aula: uma revolução na educação. **wishbox.**" Disponível em: <https://www.wishbox.net.br/blog/impressoras-3d-na-sala-de-aula>. Acesso em: 24 janeiro 2021, 2017.
- [4] SCRIVANO, R., "Indústria recorre mais à impressão 3d, e uso da tecnologia cresce 30%. **oglobo.**" Disponível em: <https://oglobo.globo.com/economia/negocios/industria-recorre-mais-impressao-3d-uso-da-tecnologia-cresce>. Acesso em: 30 dezembro 2020, 2017.
- [5] Jeremy Norman's, "Impressora 3d vai facilitar aprendizado de alunos cegos. **AGÊNCIA DE NOTÍCIAS DO PARANÁ.**" Disponível em: <https://www.aen.pr.gov.br/modules/noticias/article.php?storyid=98825&tit=Impressora-3D-vai-facilitar-aprendizado-de-alunos-cegos>. Acesso em: 23 dezembro 2020, 2018.
- [6] I. A. de Aguiar and E. Passos, "A tecnologia como caminho para uma educação cidadã," *Cairu em revista*, 2014.
- [7] J. Medeiros, C. L. Bueira, A. Peres, and K. S. Borges, "Movimento maker e educação: análise sobre as possibilidades de uso dos fab labs para o ensino de ciências na educação básica," *FABLEARN BRAZIL*, vol. 2016, 2016.
- [8] D. Derneval, J. A. d. M. Coelho, and I. I. BITTENCOURT, "Mapeamento sistemático e revisão sistemática da literatura em informática na educação," *JAQUES, Patrícia Augustin; PIMENTEL, Mariano; SIQUEIRA; Sean; BITTENCOURT, Ig.(Org.) Metodologia de Pesquisa em Informática na Educação: Abordagem Quantitativa de Pesquisa. Porto Alegre: SBC*, 2019.
- [9] B. Kitchenham and S. Charters, "Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering," 2007.
- [10] S. Nemorin and N. Selwyn, "Making the best of it? exploring the realities of 3d printing in school," *Research Papers in Education*, vol. 32, no. 5, pp. 578–595, 2017.
- [11] E. Buehler, S. K. Kane, and A. Hurst, "Abc and 3d: opportunities and obstacles to 3d printing in special education environments," in *Proceedings of the 16th international ACM SIGACCESS conference on Computers & accessibility*, pp. 107–114, 2014.
- [12] S. Ford and T. Minshall, "Invited review article: Where and how 3d printing is used in teaching and education," *Additive Manufacturing*, vol. 25, pp. 131–150, 2019.
- [13] T. Leinonen, M. Virnes, I. Hietala, and J. Brinck, "3d printing in the wild: adopting digital fabrication in elementary school education," *International Journal of Art & Design Education*, vol. 39, no. 3, pp. 600–615, 2020.
- [14] A. Berman, E. Deuermeyer, B. Nam, S. L. Chu, and F. Quek, "Exploring the 3d printing process for young children in curriculum-aligned making in the classroom," in *Proceedings of the 17th ACM Conference on Interaction Design and Children*, pp. 681–686, 2018.
- [15] M. Eisenberg, "3d printing for children: What to build next?," *International Journal of Child-Computer Interaction*, vol. 1, no. 1, pp. 7–13, 2013.
- [16] L. Cheng, P. D. Antonenko, A. D. Ritzhaupt, K. Dawson, D. Miller, B. J. MacFadden, C. Grant, T. D. Sheppard, and M. Ziegler, "Exploring the influence of teachers' beliefs and 3d printing integrated stem instruction on students' stem motivation," *Computers & Education*, vol. 158, p. 103983, 2020.

- [17] A. Pantazis and C. Priavolou, "3d printing as a means of learning and communication: The 3ducation project revisited," *Telematics and Informatics*, vol. 34, no. 8, pp. 1465–1476, 2017.
- [18] R. J. Schlegel, S. L. Chu, K. Chen, E. Deuermeyer, A. G. Christy, and F. Quek, "Making in the classroom: Longitudinal evidence of increases in self-efficacy and stem possible selves over time," *Computers & Education*, vol. 142, p. 103637, 2019.
- [19] V. Kostakis, V. Niaros, and C. Giotitsas, "Open source 3d printing as a means of learning: An educational experiment in two high schools in greece," *Telematics and informatics*, vol. 32, no. 1, pp. 118–128, 2015.
- [20] S. A. C. Abreu, "Impressão 3d baixo custo versus impressão em equipamentos de elevado custo," 2015.
- [21] R. d. N. Balzani, "A produção de impressoras tridimensionais de baixo custo para estudantes de arquitetura," 2017.
- [22] L. de Jesus Queiroz, C. R. M. Mauricio, and M. D. Matrakas, "Construção de uma impressora 3d: Projetos abertos de baixo custo e possibilidades da aplicação na educação," 2019.
- [23] I. Gibson, D. W. Rosen, B. Stucker, and M. Khorasani, *Additive manufacturing technologies*, vol. 17. Springer, 2021.
- [24] M. Lapeyre, P. Rouanet, J. Grizou, S. Nguyen, F. Depraetre, A. Le Falher, and P.-Y. Oudeyer, "Poppy project: open-source fabrication of 3d printed humanoid robot for science, education and art," in *Digital Intelligence 2014*, p. 6, 2014.
- [25] T. M. S. Porto, "Estudo dos avanços da tecnologia de impressão 3d e da sua aplicação na construção civil," *Trabalho Final de Graduação. UFRJ, Rio de Janeiro*, 2016.