



UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA – UNEB  
GESTEC – MESTRADO PROFISSIONAL GESTÃO E  
TECNOLOGIAS APLICADAS À EDUCAÇÃO



ÁREA DE CONCENTRAÇÃO I  
GESTÃO DA EDUCAÇÃO E REDES SOCIAIS

DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTAS DIDÁTICAS VOLTADAS A  
ESTUDANTES DEFICIENTES VISUAIS UTILIZANDO AMBIENTES *MAKER*

CAMILA SILVA PEREIRA JORGE

SALVADOR / BA

2019

CAMILA SILVA PEREIRA JORGE

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO I  
GESTÃO DA EDUCAÇÃO E REDES SOCIAIS

DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTAS DIDÁTICAS VOLTADAS A  
ESTUDANTES DEFICIENTES VISUAIS UTILIZANDO AMBIENTES *MAKER*

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Mestrado Profissional Gestão e Tecnologias aplicadas à Educação (GESTEC), do Departamento de Educação da Universidade do Estado da Bahia (UNEB), Área de Concentração I – Gestão da Educação e Redes Sociais, como requisito para a obtenção do grau de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Luís de Queiroz Carvalho.

SALVADOR / BA

2019

FICHA CATALOGRÁFICA  
Sistema de Bibliotecas da UNEB  
Dados fornecidos pelo autor

SILVA PEREIRA JORGE, CAMILA

DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTAS DIDÁTICAS VOLTADAS  
A ESTUDANTES DEFICIENTES VISUAIS UTILIZANDO AMBIENTES  
MAKER / CAMILA SILVA PEREIRA JORGE.– Salvador, 2019.

101 fls : il.

Orientador(a): FERNANDO LUÍS DE QUEIROZ CARVALHO.

Inclui Referências

Dissertação (Mestrado Profissional) - Universidade do Estado da  
Bahia. Departamento de Educação. Programa de Pós-Graduação em  
Gestão e Tecnologias Aplicadas à Educação - GESTEC, Câmpus I.  
2019.

1.Educação. 2.Impressão 3D. 3.Deficientes visuais. 4.Ambientes  
maker.

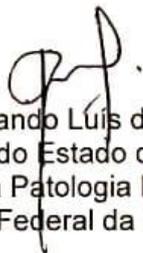
CDD: 370

## FOLHA DE APROVAÇÃO

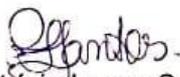
### “DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTAS DIDÁTICAS VOLTADAS A ESTUDANTES DEFICIENTES VISUAIS UTILIZANDO AMBIENTES MAKER”

**CAMILA SILVA PEREIRA JORGE**

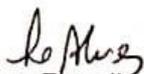
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Pós-Graduação (*Stricto Sensu*) Gestão e Tecnologias Aplicadas à Educação, Área de Concentração II – Processos Tecnológicos e Redes Sociais, em 08 de agosto de 2019, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Gestão e Tecnologias Aplicadas à Educação, pela Universidade do Estado da Bahia, composta pela Banca Examinadora:



Prof. Dr. Fernando Luís de Queiroz Carvalho  
Universidade do Estado da Bahia - UNEB  
Doutorado em Patologia Humana  
Universidade Federal da Bahia - UFBA



Prof.ª Dr.ª Patrícia Lessa Santos Costa  
Universidade do Estado da Bahia (UNEB)  
Doutorado em Ciências Sociais  
Universidade Federal da Bahia (UFBA)



Prof.ª Dr.ª Lynn Rosalina Gama Alves  
Universidade do Estado da Bahia – UNEB  
Doutorado em Educação  
Universidade Federal da Bahia - UFBA

## **DEDICATÓRIA**

A Jade e Caio

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus essa conquista.

Aos meus amados pais, Agildo e Vilma, o enorme apoio que me deram durante todo o processo. A confiança que depositaram em mim e o essencial auxílio com meus filhos nos momentos de necessária imersão.

Ao meu amor, Eduardo, o exemplo e extraordinário incentivo. Meu maior encorajador.

Aos meus muito, muito amados filhos, Jade e Caio. Eles são a minha maior motivação.

As minhas amadas irmãs, Juliana e Mariana, a amada Selma. Aos meus sobrinhos e cunhados. Vocês sempre acreditaram em mim.

Aos meus sogros, Lúcia e Eduardo, o importante suporte junto aos meus filhos. Conferindo-me tranquilidade para aqueles momentos de imersão nem sempre tranquilos.

Aos meus queridos amigos, Neila e Mário, o pontapé inicial para esse desafio.

Ao meu estimado orientador, Fernando Luís de Queiroz Carvalho, a sua disponibilidade e excelente condução de todo processo de pesquisa, que apesar de doloroso em alguns momentos, ao final é recompensador. Obrigada pela confiança.

As amigas que ganhei durante o mestrado, Helena, Eliana e Naiara, o apoio mútuo. Em especial as colegas de disciplinas, Helena e Eliana, agradeço o alegre e prazeroso convívio, o compartilhamento das angústias e conquistas desse rico período.

Ao Grupo de Pesquisa EDUSAUT – Educação, Saúde e Tecnologias o acolhimento, o estímulo e a incitação para corresponder ao desafio do mestrado.

Ao Mini Maker Lab a parceria.

Ao GESTEC - Mestrado Profissional Gestão e Tecnologias Aplicadas à Educação e a UNEB – Universidade do Estado da Bahia a oportunidade de aprimoramento profissional e pessoal que o mestrado me proporcionou.

A todos que fizeram parte dessa vitória. Obrigada.

JORGE, Camila Silva Pereira, Desenvolvimento de Ferramentas Didáticas voltadas a Estudantes Deficientes Visuais utilizando Ambientes *Maker*. Dissertação (Mestrado em Gestão e Tecnologias Aplicadas à Educação – GESTEC), da Universidade do Estado da Bahia (UNEB), Salvador – Bahia, 2019.

## RESUMO

**Introdução:** As diversas tecnologias têm sido experimentadas com o objetivo de incrementar o processo de ensino e aprendizagem. Nesse contexto aparece a impressão 3D que se expande e se propaga para diferentes campos educacionais com grande potencial, inclusive no auxílio à educação, especialmente de deficientes visuais. **Objetivo:** Investigar as possibilidades de desenvolvimento de ferramentas didáticas voltadas a estudantes deficientes visuais utilizando ambientes *maker*. **Metodologia:** Esta investigação teve caráter de pesquisa aplicada e quanto à forma de abordagem do problema se caracterizou como pesquisa qualitativa. Na primeira etapa do estudo foi realizado levantamento bibliográfico com o objetivo de caracterizar as aplicações da tecnologia de impressão 3D, inclusive na área da saúde e suas relações com o Movimento *Maker*. Durante a segunda etapa, a partir da aproximação com o Movimento *Maker*, foi identificado um jogo de tabuleiro genérico com potencial de uso voltado para educação de deficientes visuais. Nesta etapa foram propostas e realizadas modificações e adaptações ao jogo para que se tornasse parte integrante de recurso didático. Na terceira etapa da pesquisa foi realizada correlação dos instrumentos do jogo de tabuleiro com metodologias ativas para o desenvolvimento do recurso didático proposto. O processo de construção do recurso didático se deu a partir de dois estágios. No Estágio I foi identificado e estruturado o jogo de tabuleiro genérico. No Estágio II foi executada a elaboração do recurso didático, foram realizadas modificações necessárias ao jogo de tabuleiro para suprir as exigências dos deficientes visuais. A elaboração (Estágio II) englobou a definição de conteúdos que serão abordados, o desenvolvimento de habilidades e a confecção do jogo de tabuleiro tátil/contraste de cores derivado das modificações necessárias supracitadas. **Resultados:** A partir de uma ampla revisão da literatura foi possível a geração de um conjunto de informações a respeito dos usos da impressão 3D e sua relação com ambientes *maker*, levando a construção do capítulo “Impressão 3D: aplicações e espaços de inovação UNEB” publicado no livro “Empreendedorismo e Inovação em Saúde: Ciência e Mercado” ENEIS, 2018. Em seguida, foram estudados e descritos os potenciais do uso da impressão 3D voltados à educação, especialmente, ao desenvolvimento de ferramenta didática para a melhoria da relação ensino-aprendizagem de deficientes visuais, o que levou à produção do artigo “O uso da impressão 3D para o desenvolvimento de uma ferramenta de aprendizado para deficientes visuais”. A partir do aporte teórico tornou-se viável o desenvolvimento do jogo de tabuleiro tátil feito utilizando impressão 3D com potencialidades dirigidas ao ensino de indivíduos com deficiência visual. Assim foi desenvolvido um protótipo de jogo de tabuleiro capaz de auxiliar no desenvolvimento do raciocínio lógico através da linguagem de programação desplugada. **Conclusão:** Nosso estudo mostrou relação entre espaços de inovação e a elaboração de ferramentas didáticas com potencial para favorecer a relação ensino-aprendizagem de deficientes visuais.

Palavras-chave: 1 Educação. 2 Impressão 3D. 3 Deficientes visuais. 4 Ambientes *maker*.

JORGE, Camila Silva Pereira, Development of Didactic Tools for Visually Impaired Students using Makerspaces. Dissertation (Master in Management and Technologies Applied to Education - GESTEC), Bahia State University (UNEB), Salvador - Bahia, 2019.

## ABSTRACT

**Introduction:** The various technologies have been experimented with the objective of increasing the teaching and learning process. In this context appears the 3D impression that expands and spreads to different educational fields with great potential, including in aiding education, especially the visually impaired. **Objective:** To investigate the possibilities of developing didactic tools for visually impaired students using Makerspaces. **Methodology:** This research had the character of applied research and how the approach of the problem was characterized as qualitative research. In the first stage of the study a bibliographical survey was carried out with the objective of characterizing the applications of 3D printing technology, including in the health area and its relations with the Maker Movement. During the second stage, from the approach with the Maker Movement, a generic board game with potential of use aimed at education of the visually impaired was identified. In this stage, modifications and adaptations to the game were proposed and made to become an integral part of didactic resource. In the third stage of the research was carried out a correlation of the instruments of the board game with active methodologies for the development of the didactic resource proposed. The process of construction of the didactic resource took place in two stages. In Stage I was identified and structured the generic board game. In Stage II the elaboration of the didactic resource was executed, changes were made to the board game to meet the needs of the visually impaired. The elaboration (Stage II) included the definition of contents that will be approached, the development of skills and the preparation of tactile board game / color contrast derived from the necessary modifications mentioned above. **Results:** From a broad literature review, it was possible to generate a set of information about the uses of 3D printing and its relation with makerspaces, leading to the construction of the chapter "3D printing: applications and spaces of innovation UNEB" published in the book "Entrepreneurship and Innovation in Health: Science and Market" ENEIS, 2018. Then, the potential of the use of 3D printing aimed at education was studied and described, especially, to the development of a didactic tool to improve the teaching-learning relationship the use of 3D printing for the development of a learning tool for the visually impaired. From the theoretical contribution it became feasible the development of the tactile board game made using 3D printing with potentialities directed to the teaching of visually impaired individuals. Thus, a prototype of a board game was developed, capable of assisting in the development of logical reasoning through the unplugged programming language. **Conclusion:** Our study showed a relationship between spaces of innovation and the development of didactic tools with potential to favor the teaching-learning relationship of the visually impaired.

Keywords: 1 Education. 2 3D printing. 3 Visually impaired. 4 Makerspaces.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - MML Code Table	45
Figura 2 - A. Peças para montar a linguagem visual de programação / B. Script do <i>Scratch</i> utilizando seus blocos lógicos	46
Figura 3 - MML Code Table sendo utilizado por escolares	47
Figura 4 - Estágios do Recurso Didático Proposto	51
Figura 5 - Jogo de tabuleiro MML Code Table, adaptado para deficientes visuais	86

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3DP	Protótipo 3D
3DV	Visualização 3D
ABS	Acrilonitrila Butadieno Estireno
AVA	Ambiente Virtual de Aprendizagem
BOA	Base Orientadora da Ação
DIY	<i>Do it yourself</i> (Faça você mesmo)
DIWO	<i>Do it with others</i> (Faça com outros)
EAD	Ensino a Distância
EDUSAUT	Educação, Saúde e Tecnologias
EXG	<i>Exergames</i>
FDM	<i>Fused Deposition Modeling</i> (Deposição de Material Fundido)
FFF	<i>Filament Fused Fabrication</i> (Fabricação por Filamento Fundido)
KIST	<i>Korea Institute of Science and Technology</i> (Instituto Coreano de Ciência e Tecnologia)
MIT	<i>Massachusetts Institute of Technology</i> (Instituto de Tecnologia de Massachusetts)
MML	Mini Maker Lab
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i> (Administração Nacional do Espaço e da Aeronáutica)
NPAI	Núcleo de Pesquisa Aplicada e Inovação
PBL	<i>Problem Based Learning</i> (Aprendizado Baseado em Problema)
PLA	Ácido Polilático
RV	Realidade Virtual

SBC	Sociedade Brasileira de Computação
SLM	<i>Selective Laser Melting</i> (Fusão Seletiva a Laser)
TICs	Tecnologias de Informação e Comunicação
UNEB	Universidade do Estado da Bahia

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	14
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b>	18
2.1 TECNOLOGIAS E ENSINO	18
2.2 IMPRESSÃO 3D E ENSINO	23
<i>2.2.1 Áreas de Aplicabilidade: indústria e saúde</i>	29
<i>2.2.2 Impressão 3D e sua aplicação na educação</i>	30
2.3 IMPRESSÃO 3D E ENSINO DE DEFICIENTES VISUAIS	36
<b>3 OBJETIVOS</b>	42
3.1 OBJETIVO GERAL	42
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	42
<b>4 METODOLOGIA</b>	43
4.1 ETAPAS DA PESQUISA	43
<i>4.1.1 Primeira Etapa</i>	44
<i>4.1.2 Segunda Etapa</i>	44
<i>4.1.3 Terceira Etapa</i>	47
4.2 PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DO RECURSO DIDÁTICO PROPOSTO	51
<b>5 RESULTADOS</b>	52

5.1 RESULTADO 1 - CAPÍTULO DE LIVRO	
“Impressão 3D: aplicações e espaços de inovação UNEB.”	52
5.2 RESULTADO 2 - ARTIGO CIENTÍFICO	
“O uso da impressão 3D para o desenvolvimento de uma ferramenta de aprendizado para deficientes visuais.”	69
5.3 RESULTADO 3 - PROTÓTIPO DE JOGO ADAPTADO PARA DEFICIENTES VISUAIS	86
<b>6 DISCUSSÃO GERAL</b>	89
<b>7 CONCLUSÕES</b>	93
<b>8 REFERÊNCIAS</b>	94

## 1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento tecnológico, ao longo do tempo, vem auxiliando o ser humano com vistas a aperfeiçoar e facilitar a sua existência. O homem transformou a si mesmo e a natureza ao seu redor para assegurar a conservação de sua espécie. Ao longo da história, as civilizações foram estabelecidas de acordo com o seu desenvolvimento tecnológico atrelando o progresso social do homem a essa expansão tecnológica desenvolvida em diferentes épocas de sua história (VERASZTO et al 2008; LIMA JUNIOR, 2005).

A era tecnológica em que vivemos merece especial destaque por transformar as diversas esferas do conhecimento. A globalização, impulsionada pela tecnologia, aproximou nações e pessoas ao redor do mundo, transpôs obstáculos culturais e socioeconômicos, proporcionando a propagação de diferentes informações para que, através desse compartilhamento do saber, se estabelecessem novos vínculos sociais, culturais e econômicos (CUNHA, 2014).

O progresso das tecnologias favorece a aplicação de abordagens inovadoras para o processo de ensino e aprendizagem. Na área da educação, metodologias ativas de ensino vêm sendo experimentadas, destacando o papel central do aluno e com a intenção de contribuir para o aumento da motivação e da interatividade, o que favorece a geração de alunos entusiasmados e participativos, colaborando com o processo educacional (KHAN, 2013; ROCHA e LIMA, 2015; MACHADO et al, 2011; DIESEL, BALDEZ e MARTINS, 2017).

O processo de ensino e aprendizagem precisa considerar a inovação e a criatividade como elementos importantes na formação dos alunos. A participação na chamada Economia Criativa requer profissionais capacitados, com características inovadoras, pautadas na imaginação e na produção criativa. A Economia Criativa se estrutura a partir de processos que englobam criação, produção e distribuição de bens e serviços empregando a criatividade, o capital intelectual e o conhecimento como meios produtivos essenciais. Para que os alunos tenham o desempenho desejado, em um mercado fundamentado na Economia Criativa, estes devem investir em habilidades e competências desenvolvidas com foco na comunicação, na capacidade de autoaprendizagem e nas competências lógico/analíticas (LOBATO et al, 2017).

Com a apropriação de novas tecnologias, a educação se diversifica, rompe barreiras e alcança novos lugares. Nesse contexto, se insere a impressão 3D, tecnologia que permite a construção de objetos tridimensionais a partir de um modelo virtual (AGUIAR, 2016). A utilização da impressão 3D está se expandindo rapidamente na área educacional ao se

configurar um instrumento colaborador relevante no processo de ensino-aprendizagem, pois potencializa a criatividade e motiva os estudantes durante a aquisição do conhecimento (AUGUSTO et al, 2016; SAMPAIO e MARTINS, 2013).

A partir da expansão do uso da tecnologia de impressão 3D para novos campos da educação abre-se nova possibilidade de aplicação, desta vez voltada ao ensino de deficientes visuais (cegos e baixa visão). As dificuldades encontradas pelos deficientes visuais para o estudo de variados temas pode ser reduzida ao se disponibilizar material didático específico construído com o auxílio de impressão 3D. Tal material contém recursos táteis, a exemplo de maquetes, imagens em alto relevo e elementos em braile. Através do tato e da descrição verbal feita pelo professor, o deficiente visual pode compreender mais facilmente o assunto abordado e, pode reduzir interpretações errôneas destes conteúdos ensinados em sala de aula (JO et al, 2016).

O movimento de socialização de pessoas com deficiência visual é extremamente importante para desenvolver suas potencialidades. Dentro desse cenário está a escola, que junto à família, são os principais responsáveis pela educação sócio-pedagógica de qualquer indivíduo (AQUINO, LIMA e PESSOA, 2011). A tecnologia de impressão 3D é mais uma ferramenta a ser utilizada no ambiente educacional, capaz de expandir as possibilidades de aprendizado do deficiente visual. Esse material didático específico pode ofertar oportunidades e condições comparáveis àquelas oferecidas aos demais estudantes a fim de que os deficientes visuais alcancem os objetivos educacionais que, a propósito, são os mesmos dos alunos que não apresentem tais deficiências (NUERNBERG, 2008).

Recentemente vem sendo aventado o ensino de lógica de programação no ensino fundamental, dentro das perspectivas inovadoras para a educação. O principal objetivo desta aplicação é auxiliar no desenvolvimento de habilidades de raciocínio lógico e, as escolas têm incorporado iniciativas na área de desenvolvimento de jogos, robótica educacional e lógica de programação (ZANATA et al, 2017; COSTA et al, 2017), voltadas a esse contexto. A Sociedade Brasileira de Computação (SBC) (2017) preconiza que conteúdos de computação sejam ofertados para a Educação Básica, chamando a atenção para os eixos onde é recomendada a apresentação desses conteúdos sem o uso do computador. São exemplos de técnicas de ensino de linguagem de programação desplugada (sem utilização do computador) a Dinâmica Robô e o Decodificando a Amarelinha. No primeiro exemplo, um aluno faz o papel do robô e os demais criam o código para movimentá-lo em um circuito criado no chão e, no segundo exemplo, as crianças utilizam materiais como giz e papelão para desenvolver

um programa com códigos e símbolos para brincar de amarelinha (GAROFALO, 2017; BELL; WITTEN e FELLOWS, 2011).

Apesar do crescimento significativo do uso das tecnologias e das metodologias ativas no âmbito escolar, percebe-se que é escassa a utilização da Impressão 3D associada ao desenvolvimento do raciocínio lógico, através de dinâmicas desplugadas para estudantes do ensino fundamental e médio. Em tempo, ainda mais escassas são as aplicações dessa relação entre impressão 3D e lógica de programação para estudantes com deficiência visual.

Existem iniciativas educacionais para o ensino de deficientes visuais, como as apresentadas por Sarmiento e Alves (2017) que elaboraram revisão bibliográfica descrevendo um histórico com 46 (quarenta e seis) iniciativas, criadas entre 1987 e 2015, voltadas ao ensino e aprendizado de alunos deficientes visuais utilizando jogos matemáticos. O estudo demonstrou a ausência de técnicas e ferramentas para o aprendizado de lógica de programação, através de dinâmicas desplugadas, nessas iniciativas. Assim, enuncia-se a seguinte questão de pesquisa: Como os ambientes maker podem ser utilizados para a construção de ferramentas didáticas através do uso de impressão 3D para deficientes visuais?

Para responder tal questão, torna-se necessário mencionar a importância do desenvolvimento de novos recursos didáticos, capazes de influenciar o aprendizado nas mais diversas situações, inclusive na presença de deficiências que possam impactar a apreensão do conhecimento, entre elas a deficiência visual.

O modelo de educação tradicional adotado pela maioria das escolas no mundo necessita de mudanças (KHAN, 2013). A possibilidade de criação de novas dinâmicas educacionais desenvolvidas através do uso das mais diversas tecnologias pode gerar um ambiente mais motivador para os alunos, no qual eles serão sujeitos ativos no processo de ensino e aprendizagem.

As crianças deficientes visuais enfrentam importantes dificuldades no processo educacional, principalmente no acompanhamento de conteúdos nos quais somente a descrição verbal não é suficiente para promover o entendimento do exposto. É crescente o uso de imagens e livros didáticos, pelos professores, para auxiliar a compreensão dos alunos, pois ao ouvirem e visualizarem as informações, simultaneamente, o aprendizado se faz mais eficaz (JO et al, 2016), porém tais estratégias não atendem a contento aqueles que apresentam alguma deficiência visual.

Faz-se necessária, portanto, a criação de recurso didático específico que substitua o recurso visual e viabilize a apreensão do conteúdo transmitido. Esse recurso didático pode ser construído utilizando impressão 3D e, portanto, pode ser o meio pelo qual, utilizando o tato

(textura, relevo e braile), juntamente com a explicação verbal, o estudante deficiente visual possa evoluir conjuntamente com os demais alunos propiciando, para além do aprendizado, a sua inclusão. Outro ponto a ser considerado, é que a impressão 3D e a lógica de programação, integradas com metodologias ativas, podem gerar recursos didáticos promissores tanto para auxiliar professores em suas aulas, principalmente aquelas voltadas a estudantes com alguma deficiência, quanto para favorecer o aprendizado por parte desses estudantes, incluindo assim os deficientes visuais, alvos principais desse estudo.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 TECNOLOGIAS E ENSINO

O termo tecnologia tem origem na palavra grega *teckné* que significa saber fazer, determina o método, uma forma de realizar eficaz para alcançar um fim, um objetivo. Dessa maneira, o homem modifica a realidade na qual está inserido e modifica a si mesmo fazendo uso de recursos disponíveis com a finalidade de solucionar um problema existente (VERASZTO et al, 2008; LIMA JUNIOR, 2005).

A universalidade da tecnologia é revelada quando o seu resultado aparece em qualquer circunstância e, o emprego do seu produto, serviço ou artefato se dá em qualquer localidade do mundo (GORDILLO; GALBARTE, 2002 apud VERASZTO et al, 2008). O ambiente e suas relações humanas são repetidamente reestruturados a partir da tecnologia que compreende um grupo sistematizado e instituído de diversos conhecimentos científicos, empíricos e intuitivos (VERASZTO et al, 2008).

Voltando alguns séculos, com o fim da Idade Média, a sociedade passou a conviver com os conflitos entre a fé e a razão, levando a modificações importantes em seus pilares pré-estabelecidos. O regime feudal foi dando lugar a uma ordem individualista, na qual o lucro estava no centro das atenções. O desenvolvimento comercial potencializou a pesquisa e a criação de artefatos tecnológicos com o objetivo de intensificar a produtividade e de incitar novas perspectivas de lucro deixando em destaque a importância e o peso do conhecimento, o qual lentamente também se transformaria em mercadoria (CUNHA, 2014).

A contínua evolução da tecnologia fomenta uma série de modificações sociais transformando necessidades e comportamentos do ser humano. Esse homem pós-moderno interage e estabelece novas relações de convivência em um universo global. A globalização, fundamentalmente, baseada nas conquistas e evoluções tecnológicas, como os progressos da informática, avanços da automação e das telecomunicações, corrobora com essa crise de paradigmas que ecoa em diversos setores da sociedade inclusive na educação.

Um exemplo do uso da tecnologia em favor do ensino é a trajetória de Salman Khan, um americano filho de imigrantes da Índia e Bangladesh, que conta a sua história no livro: “Um mundo, uma escola”. Khan é fundador e primeiro professor da *Khan Academy* que disponibiliza na internet vídeos educacionais gratuitos acessíveis a milhares de pessoas.

Posteriormente, a *Khan Academy* desenvolveu outros produtos como programas de computadores voltados à educação.

Khan era analista de fundos Hedge, portanto fundos de investimento livre, quando em 2004 iniciou alguns testes baseados em ideias próprias que poderiam funcionar. Ele não possuía nenhuma experiência com docência, mas aceitou dar aulas para uma prima, que morava em outra cidade, e que passava por dificuldades em Matemática. Khan utilizava duas mesas digitadoras (para que ambos pudessem ver os escritos do outro), computadores e ligações telefônicas para ensinar a prima.

Segundo Khan (2013), o modelo tradicional de ensino em sala de aula não alcança às transformações necessárias, são meios fundamentalmente passivos de aprendizagem. Acredita que novas tecnologias ofertem esperança e formas mais ativas e eficientes de ensino e aprendizagem, proporcionando aumento do alcance e da acessibilidade podendo-se vislumbrar novas perspectivas educacionais. Khan tinha o objetivo de restabelecer o entusiasmo e a empolgação, a partir de uma participação ativa na aprendizagem, o que segundo ele não seria possível utilizando os currículos convencionais.

A tecnologia tem o poder de nos libertar dessas limitações, de fazer com que a educação seja mais portátil, flexível e pessoal; de incentivar a iniciativa e a responsabilidade individual; de restaurar a empolgação de se considerar o processo de aprendizagem uma caça ao tesouro. A tecnologia também oferece outro benefício em potencial: a internet pode tornar a educação muito, muito mais acessível, de modo que conhecimento e oportunidade sejam distribuídos de maneira mais ampla e igualitária (KHAN, 2013, p. 20).

Outro exemplo do uso da tecnologia no ensino é a utilização dos jogos eletrônicos (*games*). A tecnologia, atualmente, encontra-se mais acessível e presente na vida das pessoas. Os chamados nativos digitais vivenciam, desde muito cedo, uma disseminação frenética das tecnologias digitais e empregam muito do seu tempo em fazer uso dessas, utilizando telefones celulares, *tablets* ou computadores (ABREU, 2012) para jogar, compartilhar informações ou simplesmente se comunicar.

Como facilitadores do aprendizado, devem-se destacar os inúmeros cenários e elementos gráficos que podem ser explorados pelos *games*. Estes tem a capacidade de incrementar a evolução intelectual através da promoção de habilidades cognitivas, como a criação de estratégias para dominar e vencer os jogos. Por outro lado, proporcionam a experimentação de novos papéis, testando outras identidades, o que favorece o colocar-se no lugar do outro, colaborando para o surgimento de uma visão flexível sobre um determinado evento (RAMOS, 2008).

Estudos de Petry (2016) indicam a relevância dos jogos digitais no processo de aprendizagem de quem joga. A aprendizagem se dá na construção do pensamento científico e dos conteúdos curriculares estruturados, devendo-se ressaltar as habilidades sócio-afetivas também desenvolvidas através dos jogos digitais. Esses estudos propõem ainda que jogar uma variedade de jogos ampliaria a capacidade de aprendizado. Os jogos digitais, tanto os comerciais (desenvolvidos para o entretenimento) quanto aqueles com fins educacionais, têm sido testados na educação e percebe-se que é possível aprender, mesmo quando não há a intenção de ensinar. A partir dos dados obtidos, concluiu-se, então, que jogos digitais podem promover o aprendizado.

Nesse contexto os *games* vão de encontro ao modelo tradicional escolar, no qual os alunos, de maneira geral, são menos participativos. A escola não pode se manter indiferente, desde que espera-se que seja um local importante de transformação social, portanto, deve incorporar instrumentos tecnológicos à prática pedagógica, reforçando o lúdico como um dos pilares do papel social da escola comprovando que os estudantes podem ampliar seu aprendizado enquanto utilizam as tecnologias a seu favor. É válido ressaltar, estudos que apontam ganhos significativos nos resultados obtidos pelos estudantes em avaliações escolares quando do uso associado de ambientes tecnológicos e metodologias ativas com o ensino tradicional, indicando que o modelo híbrido na relação ensino-aprendizagem pode ser mais efetivo em comparação aos resultados obtidos quando são aplicados separadamente, seja o modelo tradicional de ensino, seja o uso de ferramentas tecnológicas (MORAES, VÉRAS, CARVALHO, CARVALHO, 2018).

A escola e as metodologias de ensino necessitam de evolução, e nesse cenário, destacam-se os *games*, dentre eles os chamados *serious games* (jogos sérios), que são jogos educativos inseridos no cenário educacional. Esses jogos viabilizam práticas educacionais atraentes e interativas, prendendo a atenção do aluno/jogador que tem a possibilidade de aprender de maneira ativa e motivadora, ao tempo em que pode ser desafiado com etapas crescentes de dificuldade desenvolvendo novas estratégias e competências. Assim, os *games* poderão ser colaboradores relevantes para o processo de ensino e aprendizagem (SAVI; ULBRICHT, 2008).

Destaca-se também a função estratégica que o professor assume ao utilizar os *games* como recurso pedagógico, pois introduzindo essa prática em sua rotina, ele, além de proporcionar a aprendizagem e o desenvolvimento humano, passa a conhecer e a atender essa geração que requer espaços motivacionais com incentivos para a interação e o

desenvolvimento de sua autonomia (RAMOS, 2008), muitas vezes associados ao processo de evolução tecnológica.

Segundo Gros (2003), os *games* só devem ser usados com intuito educacional caso tenham propósitos de aprendizagem claros e precisos ensinando conteúdos disciplinares, assim como, potencializando capacidades e aptidões. Contudo, para atingir os benefícios esperados, os *games* devem ser verdadeiramente atraentes e motivacionais, apresentando algo prazeroso em meio ao lúdico, portanto, não evidenciando de pronto o caráter pedagógico e, desta maneira, não incorrendo no risco de se tornarem maçantes e tediosos (ROCHA; LIMA, 2015).

Esses jogos disponibilizam capacidades de aprendizagem ao mesmo tempo atrativas e dinâmicas fazendo uso de artifícios e meios que proporcionarão ao estudante outra maneira de compreender e atuar sobre a realidade (RAMOS, 2008). O tempo que crianças e jovens dedicam à prática de jogos é um importante determinante de que conceitos e questões educacionais devem ser, cada vez mais, inseridos nos *games* (VAGUETTI; BOTELHO, 2010).

O poder motivacional dos *games* é indiscutível, pois apresenta elementos divertidos e capazes de entreter o jogador, provocando sensações prazerosas que podem favorecer a maior aceitação dos conteúdos, ampliando o entusiasmo para aprender. Jogadores motivados atingem excelente nível de concentração e envolvimento nesse processo.

A utilização dos *games* no processo de ensino e aprendizagem tem sido pesquisada e experimentada, se mostrando parte importante na contribuição para educação. Esses dispositivos invadem os espaços acadêmicos, pois seus recursos materiais e suas possibilidades de metodologias auxiliam no processo educacional (MACHADO et al, 2011). Segundo Alves (2008, p. 230):

[...] o contato com os *games* possibilita aos jovens habilidades fundamentais para o sucesso do processo de ensino e aprendizagem na medida em que proporcionam habilidades e competências para que se mantenham “vivos” na vida e no mundo do trabalho. O Raciocínio lógico, a criatividade, a atenção, a capacidade de solucionar problemas, a visão estratégica e, principalmente, o desejo de vencer são elementos que podem ser desenvolvidos na interação com os *games*. A possibilidade de vivenciar situações de conflito que exigem tomada de decisões se constitui em uma estratégia metodológica que pode contribuir para a formação profissional dos estudantes dos diferentes níveis de ensino.

Rocha e Lima (2015), com o propósito de compreender como os jogos colaboram com o processo de ensino e aprendizagem, analisaram o game “Uma Cidade Interativa”,

produzido pela Editora Abril Educação e disponibilizado na web. Elas concluem que o referido jogo estabelece ambiente virtual que pode ser usado em favor da educação, uma vez que proporciona aulas dinâmicas e interativas em meio a metodologia interdisciplinar que favorece o aperfeiçoamento das habilidades dos estudantes e do processo de ensino e aprendizagem, constituindo-se, portanto, em um ambiente multimodal pronto e estabelecido.

Os *serious games* podem ser baseados em Realidade Virtual (RV), tecnologia que disponibiliza ambientes computacionais tridimensionais com inovadores modos de interação aptos a promover grande motivação no processo de ensino e aprendizagem. A RV é mais uma ferramenta tecnológica que agrega valor ao processo educativo, utilizando ambientes realistas e interatividade em tempo real (MACHADO et al, 2011).

A RV abarca três conceitos essenciais: interação, imersão e envolvimento. Diferentes práticas computacionais que empregam a RV reagem de maneira interativa às ações dos usuários em um ambiente tridimensional. Uma das áreas que é favorecida por essa associação entre *serious games* e RV é a educação médica. Os obstáculos enfrentados nessa área para a aquisição de materiais de laboratório, validação de produtos e treinamento de pessoal fortalecem os *serious games* como poderosos aliados nessa área do conhecimento, beneficiando estudantes e profissionais. Para que esse recurso seja eficiente é necessário que as reproduções das situações cotidianas sejam realistas e, com a RV é viável reproduzir simulações computacionais de ambientes reais, reproduzindo cenários e ocorrências da rotina médica. Alguns modelos já foram desenvolvidos, dentre eles, o sistema de treinamento para acupuntura, o simulador para treinamento de cirurgia de escoliose e outros simuladores para coleta de medula óssea e de biópsia mamária (MACHADO et al, 2011).

Em outra vertente das utilizações de tecnologias, os *exergames* (EXG) foram desenvolvidos para a prática da atividade física. Estes jogos aliam o exercício físico ao meio virtual. Os EXG podem ser empregados como instrumento de intervenção em Educação Física, promovendo entretenimento, maneiras alternativas de atividade física e aumento da aptidão física. É importante a capacitação dos professores para introdução e aplicação dessa tecnologia no ambiente escolar (VAGUETTI; BOTELHO, 2010).

A disseminação dos Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA) é mais um demonstrador da importância da tecnologia para a educação. Um AVA é um *software* que promove a elaboração e compartilhamento de variados conteúdos para o Ensino a Distância (EAD) ou para cursos *on line*. O AVA auxilia docentes e tutores na coordenação completa do curso, gerenciando conteúdos e materiais complementares, além de possibilitar a observação do desenvolvimento da aprendizagem dos alunos, elaboração de relatórios de desempenho e

de evolução dos estudantes. É através do AVA que os alunos terão acesso a todas as informações técnicas, acesso a diversos conhecimentos e ainda vão interagir com outros estudantes e resolver suas dúvidas com tutores e professores que também vão avaliá-los.

O uso das tecnologias no ensino não se restringe apenas aos recursos digitais, outras ferramentas áudio visuais também podem ser utilizadas com objetivo de aprimorar o ensino aprendizagem. Silva e Figueredo (2013) destacam o emprego de tecnologias na prática pedagógica do ensino de História nos níveis Fundamental e Médio que estimulam o trabalho pedagógico e incentivam a comunicação entre professores, estudantes e seus responsáveis. Eles pesquisaram como as ferramentas áudio visuais, tais como, iconografia, músicas, filmes, arquivos, museus, mapas e a literatura de Cordel, devem ser inseridos no ensino e na pesquisa, não devendo se limitar ao caráter unicamente ilustrativo. A utilização das fontes históricas e do áudio visual deve proporcionar reflexões acerca do modo de construção do conhecimento histórico, deve motivar a participação dos estudantes e sempre estar de acordo com o conteúdo ofertado.

Fica evidente, assim, que o uso de tecnologias nos ambientes educativos é algo que se encontra em plena expansão e, ao considerarmos as condições atuais de oferta tecnológica aos atores envolvidos nesse processo, vislumbramos sua irreversibilidade. Ou seja, é fundamental conhecer e dominar tais tecnologias para que seja possível sua aplicação com êxito na relação ensino-aprendizagem. Seguindo essa afirmativa, torna-se necessário explanar a respeito de outra tecnologia relativamente recente e ainda pouco explorada na área de educação, a impressão 3D.

## 2.2 IMPRESSÃO 3D E ENSINO

Os computadores pessoais foram determinantes para a revolução das tecnologias de informação e comunicação (TICs) entre as décadas de 70 e 80. Fazendo um paralelo a esse contexto as impressoras 3D estão também sendo consideradas as responsáveis por uma nova revolução (DALMAZO, 2010). Setores como indústria e saúde já estão sendo transformados pelas diversas possibilidades oferecidas a partir da impressão 3D. Protótipos impressos são utilizados para aperfeiçoamento de peças industriais e modelos anatômicos impressos de fraturas são empregados em planejamentos pré-operatórios de cirurgias complexas contribuindo para o seu sucesso (DUCAN; DAURKA; AKHTAR, 2014).

A impressão 3D é uma tecnologia de manufatura aditiva, pois permite produzir objetos acrescentando materiais camada por camada, que tem como principal e mais difundido processo a fabricação por filamento fundido (FFF). Nesse processo uma peça tridimensional é construída através da fusão e deposição de um filamento termoplástico que quando aquecido em altas temperaturas se funde e é depositado sobre uma base, camada por camada, até dar forma ao objeto desejado (SAMPAIO; MARTINS, 2013; AGUIAR, 2016).

A área educacional vem se apropriando de novas tecnologias para usá-las no seu processo de aprendizagem. O emprego da impressão 3D na educação encontra-se em um movimento crescente. A impressão 3D é mais uma possibilidade de ferramenta a ser utilizada na educação, colaborando com o processo de aquisição de conhecimento e com a busca por novos métodos de ensino que motivem os alunos e os envolvam na construção do conhecimento (AUGUSTO et al, 2016). Através de dinâmicas educacionais lúdicas o aluno pode desenvolver aspectos de criatividade, imaginação e inovação em projetos multidisciplinares.

Apesar da tecnologia de impressão 3D existir desde a década de 80, atualmente a sua expansão possibilitou a difusão dessa tecnologia em diferentes áreas, incluindo a educação. Uma das formas de inserção da impressão 3D em universidades tem sido o Movimento *Maker* (ou Movimento Criador), uma filosofia de cultura criadora onde grupos e indivíduos produzem artefatos que podem ser recriados e montados utilizando *softwares* e objetos físicos (PAPAVLASOPOULOU; GIANNAKOS; JACCHERI, 2017).

Incorporados ao Movimento *Maker* surgiram os espaços de compartilhamento denominados de laboratórios de fabricação digital. Esses laboratórios são espaços abertos à comunidade e podem estar localizados dentro e fora das universidades ou escolas. São ambientes de sinergia entre pessoas e infraestrutura com foco na implementação de novas ideias. Nesta vivência os alunos desenvolvem novos conhecimentos e aprendizagens passando pela criatividade, invenção e inovação (FONDA; CANESSA, 2016).

A Cultura *Maker* tem influência direta do movimento “faça você mesmo” (DIY – *Do It Yourself*) que incentiva qualquer pessoa, utilizando as próprias mãos, a criar, construir, consertar, modificar, projetar e inovar (SILVA; SILVA; SILVA, 2018). Como desdobramento deste, outro conceito complementar surge, é o DIWO (*Do It With Others*), “faça com outros” (tradução da autora) que exprime a forte presença da coletividade e da ação colaborativa da Cultura *Maker*, assim como a intenção de utilização de poucos recursos e máximo compartilhamento de ideias (SAMAGAIA; NETO, 2015).

O Movimento *Maker* alimenta a criatividade, a inovação, impulsiona a utilização de tecnologias e fortalece a inteligência colaborativa, pois possibilita a livre circulação de soluções e projetos que desta maneira também são testados, avaliados e modificados por outros “*makers*”, e, portanto, se aprimoram (MEDEIROS et al, 2016; SAMAGAIA; NETO, 2015 ).

A partir do Movimento *Maker* se desenvolvem também os ambientes *maker*, que são espaços de convívio democrático, onde as pessoas se reúnem e constituem grupos que podem ser profissionais, amadores ou compostos por hobistas, com o propósito de criar projetos, desenvolver ações e soluções, com o amparo da tecnologia e da ciência e disponibilizá-los para a comunidade. Para tanto, utilizam “preferencialmente a experiência, os conhecimentos, os planos de construção dos próprios membros do grupo ou aqueles tornados públicos via Internet.” (SAMAGAIA; NETO, 2015, p. 2)

Esses espaços são mundialmente conhecidos como *makerspaces* (PINTO et al, 2018) e se desmembram também em *hackerspaces*, Fab Labs e laboratórios de fabricação digital, podendo ou não ter áreas específicas de atuação (SAMAGAIA; NETO, 2015).

O Movimento *Maker* vem ganhando espaço no ambiente educacional, pois além de estimular a inovação e a criatividade, evidencia o protagonismo do indivíduo/estudante no processo de aquisição do conhecimento na medida em que estabelece a experimentação como alicerce do movimento e desenvolve a aprendizagem baseada na resolução de problemas e desafios, no trabalho individual e em grupo, fazendo uso da tecnologia e da criatividade, direcionamentos que combatem o modelo tradicional de ensino (BROCKVELD; SILVA; TEIXEIRA, 2017; SILVA; SILVA; SILVA, 2018) e que evidenciam a sua aproximação com as metodologias ativas de educação.

Os *hackerspaces* são os ambientes dos *hackers*. Segundo o professor Nelson Pretto, se faz necessária uma explicação para afastar o inapropriado estereótipo de vilão do *hacker*. Os *hackers* constituem um grupo de indivíduos que visam o desenvolvimento do conhecimento de maneira coletiva, normalmente pessoas apaixonadas por programação, criam soluções úteis para a sociedade, fazem novas descobertas e defendem que o acesso às informações deve ser total e sem restrições. Os conteúdos por eles produzidos são disponibilizados na rede, ainda que não finalizados ou com possibilidade de erros, pois acreditam na importância e no poder do compartilhamento. O material colocado na rede pode ser testado e implementado por outros, de forma colaborativa e solidária, com participação ativa e global de seus membros, resultando em uma melhor solução para a sociedade (PRETTO, 2017).

A filosofia *hacker* argumenta que o acesso ao conhecimento deve ser livre e usado de forma criativa, inovadora e com o auxílio das tecnologias digitais. Na área educacional, princípios do Movimento *Maker*, como o DIY e a experimentação, em conjunto com a cultura *hacker*, vêm evidenciando uma metodologia mais ativa de educação, focada no aluno e envolvendo a construção do conhecimento com o amparo das tecnologias, contemplando o que se espera de uma educação mais contemporânea (MENEZES, 2018). Segundo Menezes (2018, p. 161) a “pedagogia *hacker* é exigente de posturas ativas tanto dos aprendizes quanto dos mestres, porque a função de ensinar e o desejo de aprender se tornam funções intercambiáveis.”

A cultura *hacker*, ao promover a produção colaborativa e compartilhada, ao defender os movimentos em prol do código aberto e do *software* livre, não defende, entretanto, a simples cópia o que configura mero plágio. Justifica a cópia em uma esfera de compartilhamento, possibilitando um permanente intercâmbio, onde copiar, complementar e recriar se tornem alicerces do processo educacional, no qual o mais importante é justamente o trajeto percorrido durante tal processo (PRETTO, 2017).

O que queremos, insisto, é promover um diálogo permanente entre autores, conhecimentos, leis, percepções de mundo, saberes e culturas locais, de maneira constante e permanente. [...] Local e planetário convivendo por meio das redes digitais de comunicação e informação. [...] jeito *hacker* de ser, centrado numa forte ética de compartilhamento, uma ética *hacker* que propicia, ao fortalecer as redes de nós fortalecidos, que professores-autores em rede exerçam plenamente sua cidadania. Professores fortalecidos fazendo a diferença. Começamos, assim, a pensar a educação numa perspectiva plural, acontecendo a partir das realidades locais, fortalecidas pelas interações nacionais e planetárias (PRETTO, 2017, p. 58 e 59).

Os *Fab Labs* também são ambientes *maker*. O nome *Fab Lab* vem da abreviação do termo em inglês “*fabrication laboratory*” e faz parte de uma rede mundial de laboratórios. Os *Fab Labs* surgiram em um laboratório interdisciplinar do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), fundado em 2001, chamado *Center for Bits and Atoms*. Cada *Fab Lab* reúne maquinário profissional, porém de baixo custo, como por exemplo: máquinas de corte a laser, máquinas de corte de vinil, fresadoras, impressoras 3D, possuem ainda softwares, componentes eletrônicos e ferramentas de programação, além de oferecer recursos humanos. Porém, se destacam por serem laboratórios de fabricação abertos, acessíveis para todos, além de estimular o trabalho colaborativo, interdisciplinar e o compartilhamento de conteúdos. Defendem a aprendizagem pautada na prática, na experimentação e na cultura do DIY, favorecendo a inovação (EYCHENNE; NEVES, 2013).

Os *Fab Labs* são espaços que disponibilizam ferramentas tecnológicas para a fabricação digital, democratizando, assim, o acesso às tecnologias e técnicas de fabricação, assumindo, portanto um viés educacional. Os seus membros têm acesso às técnicas inovadoras, como a prototipagem rápida, e desenvolvem projetos na prática (*hands on* – mão na massa) fomentando o empreendedorismo, experimentando ideias e criando soluções que podem, rapidamente, se concretizar e aderir ao mercado (JORGE et al, 2017).

De acordo com Pinto et al (2018), o conceito do *Fab Lab* se estrutura a partir do uso da experiência, do conhecimento e dos meios disponibilizados para desenvolver um trabalho coletivo, passível de compartilhamento e de fácil acesso. O *Fab Lab* visa alcançar indivíduos com base na educação, na solução de problemas sociais, com criatividade e empreendedorismo, encorajando a inovação.

Os *Makers* constituem a comunidade de usuários dos *Fab Labs*, reunindo indivíduos que procuram soluções pessoais e coletivas, centrando no aprendizado ativo e colaborativo. Todos os *Fab Labs* pertencentes a rede dispõem de um kit básico de equipamentos, assim, como projetos e arquivos são disponibilizados na internet, eles podem ser reproduzidos em outro *Fab Lab* ao redor do mundo (EYCHENNE; NEVES, 2013).

Seguir a tendência da “cultura *open*” foi decisivo para a popularização e sucesso dos *Fab Labs*. A referida cultura foca na concepção da liberdade criativa e na perspectiva de compartilhamento da informação e do conhecimento. Fazem parte da “cultura *open*” os conceitos de “*open source*” e “*open design*”. O “*open source*” surgiu na década de 80 reclamando pelo *software* livre, defendendo a sua livre utilização, o que permite aprimoramentos constantes e compartilhamento simplificado. O “*open design*” deriva do “*open source*” e defende um *design* acessível, disponível a todos que se interessem, “utiliza as tecnologias da informação e comunicação, para proporcionar ao cidadão [...] a possibilidade de criar, inovar, modificar, implementar e desenvolver projetos e ideias, resultando numa criação colaborativa.” (JORGE et al, 2017).

É grande o crescimento de *Fab Labs* em todo o mundo e no Brasil o cenário não é diferente. Pinto et al (2018), relata em seu artigo que existem 17 (dezessete) *Fab Labs* em funcionamento no Brasil, dado extraído de um portal da rede *Fab Lab* ([www.fablabs.io](http://www.fablabs.io)) no dia 16 de junho de 2016.

Em consulta ao mesmo portal foi verificado que existem atualmente 72 (setenta e dois) *Fab Labs* no Brasil, acesso realizado dia 17 de novembro de 2018. Em pouco mais de dois anos houve um aumento de 55 (cinquenta e cinco) *Fab Labs*, o que confirma a sua popularização. No Brasil, o estado de São Paulo possui a maior concentração de *Fab Labs*

com 22 unidades. A Bahia possui 2 (duas) unidades, uma em Camaçari (Fab Lab Camassary) e outra em Itabuna (Fablab ITA) (FABLAB, 2018). Infelizmente, existem apenas dois *Fab Labs* no estado da Bahia, no entanto, outros ambientes *makers* semelhantes aos associados ao MIT, fazem parte da cena baiana, como o IHAC Lab da Universidade Federal da Bahia (UFBA) e o Mandacaru Lab da Universidade do Estado da Bahia (UNEB), ambos disseminando a cultura *maker* entre a comunidade acadêmica.

Como os *Fab Labs* fazem parte de uma rede mundial capitaneada pelo MIT, seguem um conjunto de princípios orientadores denominados de *Fab Charter*. Em linhas gerais, esses princípios falam sobre o compartilhamento do espaço entre seus membros e o seu livre acesso; aprendizagem através do desenvolvimento de projetos e compartilhamento de informações; responsabilidade com a segurança de seus membros, equipamentos e conteúdo produzido; atividades econômicas são lícitas, porém sem gerar conflito com o livre acesso (JORGE et al, 2017; BROCKVELD; SILVA; TEIXEIRA, 2017).

Os *Fab Labs*, como ambientes abertos e acessíveis, redutos de desenvolvimento, inovação e criatividade dialogam com um modelo educacional atual que combate métodos tradicionais de educação, fortalecendo o processo de ensino ativo e significativo.

A temática da Impressão 3D na educação está em evidência não somente devido às questões supracitadas, mas também pela popularização das impressoras 3D que é impulsionada pela motivação da fabricação personalizada e de relativo baixo custo, somando-se ao fato de que o valor das impressoras 3D diminuiu significativamente desde a sua criação. Há, portanto, uma necessidade de mais estudos sobre o atual cenário da impressão 3D na educação, como ele está disposto, como se desenvolve e que caminhos devem ser percorridos para o seu fortalecimento e consolidação.

A invenção da impressão 3D não é algo novo, uma versão preliminar data do início dos anos 80. A pesquisa de Hideo Kodama, em 1981, descreveu um método de gerar modelos plásticos através da solidificação de um fotopolímero empregando raios ultravioleta (KODAMA, 1981 apud AGUIAR, 2016).

Porém, o marco histórico foi o ano de 1984 quando o americano Charles W. Hull depositou a patente US 4575330 A "Aparelho para produção de objetos tridimensionais por estereolitografia" (PATENTE, 2017; HISTÓRIA, 2017). Após a publicação da patente, ele fundou a primeira fabricante de impressoras 3D, a empresa 3D Systems.

Em 1989 Scott Crump registrou uma patente onde descrevia um aparato e método para produzir objetos tridimensionais. Esse objeto era produzido através de um equipamento capaz de fundir um filamento, normalmente plástico e depositá-lo camada a camada, método

intitulado modelagem por deposição de material fundido (*Fused Deposition Modeling* - FDM). No entanto, esse é um nome comercial e, portanto, com restrições de uso, sendo também denominado de fabricação por filamento fundido (*Filament Fused Fabrication* - FFF), sendo este termo de livre uso. Crump fundou a *Stratasys*, empresa que fabrica impressoras 3D que utilizam o método FDM. A *Stratasys* atualmente é uma das maiores fabricantes de impressoras 3D do mundo e especializada em oferecer soluções para a impressão 3D (AGUIAR; YONEZAWA, 2014; AGUIAR, 2016).

O processo de impressão 3D se inicia a partir de um modelo 3D virtual que será exportado para o formato STL (formato padrão entre impressoras 3D), essa imagem será fatiada em camadas através do uso de um *software* (normalmente fornecido junto à impressora 3D), então esse arquivo gerado com o modelo 3D fatiado será enviado para a impressora 3D para a geração de uma réplica física do objeto (AGUIAR; YONEZAWA, 2014; KATARA; DOSS, 2015).

Ao longo dos anos as técnicas de impressão 3D foram evoluindo além do processo de deposição em camadas permitindo, por exemplo, o surgimento da técnica de Fusão Seletiva a Laser (*Selective Laser Melting* - SLM) que é uma técnica de fusão a laser para metais. Os materiais utilizados também sofreram evolução importante ao longo da história, podendo variar de polímeros do tipo Ácido Polilático (PLA) e Acrilonitrila Butadieno Estireno (ABS) até materiais metálicos ou resinas especiais (HAFSA, 2014).

O surgimento das impressoras 3D *open source* foi um fator importante, pois tinham como princípio permitir que o projeto fosse compartilhado e reproduzido pela comunidade com baixo custo. O marco de concepção das impressoras 3D *open source* ocorreu por volta do ano 2005, utilizando componentes de eletrônica acessíveis e contando com a possibilidade de fabricação de boa parte das peças através de outra impressora 3D. A popularização dessa tecnologia foi incrementada pela redução do custo dos equipamentos e pela facilidade encontrada para montar impressoras 3D. Essa popularização favoreceu também a sua inserção em escolas e universidades.

### ***2.2.1 Áreas de Aplicabilidade: saúde e indústria***

A saúde é uma das áreas onde se percebe a evolução no uso da impressão 3D. A *Bespoke Innovations*, empresa norte americana situada em São Francisco, desenvolve próteses ortopédicas, sob medida, de acordo com o perfil e a deficiência de cada indivíduo. São peças customizadas que podem custar até um décimo do valor daquelas produzidas tradicionalmente

(DALMAZO, 2010). Exames de imagens, como tomografias computadorizadas, ressonâncias magnéticas e ultrassons, fornecem dados para a confecção de protótipos 3D utilizados em planejamentos pré-operatórios de cirurgias complexas. Protótipos de vértebras do corpo humano, impressos em 3D, chamam a atenção por sua precisão possibilitando estudos morfológicos e pesquisas sobre novas técnicas de fixação espinhal (WU et al, 2015; MARRO; BANDUKWALA; MAK, 2016). O modelo físico 3D do crânio fraturado de um paciente foi impresso para possibilitar que o médico-cirurgião experimentasse e avaliasse a montagem desse modelo com o implante craniano contribuindo para o planejamento e simulação antecipada da cirurgia de alta complexidade. Essa simulação auxilia na preparação cirúrgica e colabora para a redução do tempo de cirurgia, favorecendo o desempenho médico e a reabilitação do paciente (CASTELAN, 2014).

A indústria, por sua vez, é o setor que detém o maior percentual de uso das impressoras 3D. Em 2014 já se calculava que 95% dos produtos gerados a partir da tecnologia de impressão 3D pertenciam ao mercado industrial (COSTA, 2014). Protótipos de produtos de *design* para decoração de ambientes, de móveis a objetos variados, tem a possibilidade de serem visualizados e testados antecipadamente e com custo reduzido, assim como qualquer outra peça industrial. Empresas fabricantes de aeronaves reduziram a necessidade de investimentos na produção em massa de algumas peças específicas, elas simplesmente passaram a encomendar a peça desejada. E esse campo ainda tem muito a ser explorado, as impressoras 3D e as ferramentas de construção fabril estão cada dia mais acessíveis aos indivíduos, desta forma, qualquer ser humano com criatividade e espírito inovador pode gerir microfábricas capazes de produzir desde joias e acessórios personalizados até objetos inéditos frutos de uma mente inventiva (ANDERSON, 2010). A *Amazon*, empresa norte americana do comércio eletrônico, comercializa produtos impressos em 3D desde 2014. Em sua loja virtual disponibiliza variados produtos, como brinquedos e objetos de decoração, seus clientes podem personalizar cada item por meio de ferramentas *on-line* e recebê-los em casa. Essa ação vislumbra uma experimentação de novas disposições de produzir e armazenar produtos, pois ficarão estocados em arquivos digitais e não mais nas prateleiras (COSTA, 2014).

### **2.2.2 Impressão 3D e sua aplicação na educação**

Segundo Paulo Freire, ensinar não é transferir conteúdos, conhecimento, mas sim gerar as possibilidades para a sua elaboração; cada sujeito deve assumir o papel de produtor do saber (FREIRE, 2016). A participação ativa desse sujeito, tanto professores quanto alunos,

é fundamental para enriquecer o processo de ensino aprendizagem. As metodologias ativas encontram-se em destaque no cenário educacional, onde os agentes envolvidos são os principais responsáveis pelo aprendizado, participando ativamente da sua construção.

As metodologias ativas, em contraponto às formas tradicionais de ensino, apresentam um modelo de ensino-aprendizagem que transfere do professor para o aluno o foco do processo. O estudante deixa a posição de ser passivo e apenas receptor do conteúdo transferido para o papel de sujeito ativo, protagonista das ações educativas. Enquanto que o professor busca assumir o papel de mediador do processo conduzindo por caminhos que estimulem a motivação, valorizem a experiência prática, proporcionem a autonomia e a autoaprendizagem, encorajem o estudo individual e coletivo e favoreçam a reflexão, desta forma, o conhecimento é construído de maneira colaborativa, resultado da interação dos sujeitos do processo, docentes e discentes (DIESEL, BALDEZ e MARTINS, 2017; FREIRE, 2016; MARIN et al, 2010; PAULA et al, 2018).

É oportuno ressaltar a importância das tecnologias digitais para as metodologias ativas, visto que facilitam o acesso à informação, a comunicação e colaboração entre as partes, amplificando a sala de aula, nas palavras de Morán (2015), o que “a tecnologia traz hoje é integração de todos os espaços e tempos”. Resultando em um lugar híbrido, interligando o mundo físico e o digital, onde o ensinar e o aprender se estabelecem (MORÁN, 2015).

De acordo com Diesel, Baldez e Martins (2017), os princípios das metodologias ativas são: o aluno como centro do processo de aprendizagem, a autonomia, a problematização da realidade, a reflexão, o trabalho em equipe, a inovação e o professor no papel de mediador, facilitador e ativador. Resaltam ainda que a sua natureza não seja essencialmente nova (CONTERNO e LOPES, 2016), os primeiros indicativos das metodologias ativas remetem a Emílio de Jean Jacques Rousseau (1712 – 1778) que no seu tratado a respeito de filosofia e educação exalta a experiência em detrimento da teoria (ABREU, 2009 apud DIESEL, BALDEZ e MARTINS, 2017).

Os princípios das metodologias ativas apontados estabelecem relação com as principais teorias de aprendizagem. De acordo com o interacionismo o aluno deixa de ser passivo e o professor passa a ser o facilitador do processo de aprendizagem. Os principais teóricos dessa corrente são Jean Piaget, que propôs estágios de desenvolvimento cognitivo, e Lev Vygotsky, que considera a interação social essencial ao desenvolvimento cognitivo do ser humano por conduzi-lo às novas aprendizagens através da reflexão e da capacidade de resolução de problemas (DIESEL, BALDEZ e MARTINS, 2017).

A aprendizagem pela experiência de Dewey também corrobora com as metodologias ativas quando defende que a aprendizagem seja viabilizada por experiências que se aproximem do contexto de vida do estudante. Para Dewey só se aprende fazendo, e refazendo, de maneira consciente para que associações sejam estabelecidas e ocorra reorganização dos conhecimentos apreendidos e que estes sejam aplicados nas próximas ações da vida (DIESEL, BALDEZ e MARTINS, 2017; PAULA et al, 2018).

A aprendizagem significativa de Ausubel se aproxima das metodologias ativas quando propõe que o professor deve levar em consideração o conhecimento prévio do aluno, a qualidade do material de estudo e a vontade e o entusiasmo do estudante em aprender. Portanto, a teoria ausubeliana destaca esses requisitos para que a aprendizagem seja realmente significativa (DIESEL, BALDEZ e MARTINS, 2017; MARQUESI e SILVEIRA, 2015).

Paulo Freire defende o pensamento autônomo dos alunos estimulando a reflexão e a análise crítica, incentiva a exposição de ideias e discussões, onde o aluno será ouvido e ouvirá outros pontos de vista, encorajando-os a pensar e argumentar sempre de forma ética e respeitosa. No entendimento de Freire o professor será responsável por propiciar uma atmosfera favorável, terá o lugar de incentivador e mediador ressaltando a importância da interação entre as partes envolvidas no processo a fim de assegurar a aprendizagem. Diante do exposto evidencia-se a convergência entre o pensamento freireano e as metodologias ativas (DIESEL, BALDEZ e MARTINS, 2017; FREIRE, 2016).

Essas teorias apesar de não serem novas são atuais, ressaltam e confirmam a necessidade de mudança do método tradicional de ensino para uma metodologia inovadora e com resultados expressivos no que se refere à aprendizagem. Para auxiliar no processo é importante a elaboração de atividades com desafios e problemas a serem resolvidos, a utilização de jogos coletivos e individuais que, além de demandar conhecimentos específicos, desenvolvem um caráter colaborativo e motivam através de recompensas. Fundamental, também, é o papel do professor como condutor, pois, observa, verifica, intervém e avalia o andamento do processo, com olhar individual e coletivo, adaptando ou apresentando soluções a partir da sua constante avaliação (MORÁN, 2015).

Algumas das formas mais difundidas de aplicação das metodologias ativas são a aprendizagem baseada em problemas (PBL – Problem Based Learning) e a sala de aula invertida. Na PBL a aprendizagem se dá através de grupos imbuídos em resolver um problema. O aluno abandona a postura passiva ao se envolver na tentativa de solucionar o problema que é, geralmente, um pequeno retrato do mundo real, normalmente deslocado de um contexto que o aluno vivencia ou vivenciará. E o professor não tem o papel de detentor de

todo o saber, ele direciona, formula meios e recursos através de estratégias que incentivem os estudantes, a partir da etapa inicial que é o problema, a investigar, a refletir e a analisar, impelindo os alunos a produzirem seu conhecimento e aprendizado de maneira significativa e eficaz (MARIN et al, 2010; SOUSA, 2010).

A sala de aula invertida, como o próprio nome sugere, propõe uma inversão das aulas tradicionais. São disponibilizados ao aluno, normalmente, através de tecnologias digitais, conteúdos através de textos, vídeos, atividades, deslocando para o ambiente virtual toda matéria e conhecimentos básicos necessários, deixando a sala de aula para argumentações e reflexões. Portanto, em um primeiro momento os alunos se dedicam, individualmente, a estudar o conteúdo disponibilizado e asseguram o entendimento do assunto. Posteriormente, buscando a problematização, através de desafios ou de projetos, fomentando a discussão, a pesquisa e o trabalho em grupo, a sala de aula, supervisionada e conduzida pelo professor, se torna um ambiente dinâmico, pulsante e motivador, palco para o debate e aprofundamento do conhecimento resultando em aprendizagem para o estudante (MORÁN, 2015).

É pertinente salientar que são muitas as metodologias ativas e que a maneira de utilizá-las não deve estar pautada em um único modelo, podem-se adotar modelos híbridos, onde a sala de aula invertida e a aprendizagem por meio de projetos podem ser aplicadas ao mesmo tempo, por exemplo. Na aprendizagem por projetos os alunos desenvolvem um projeto que tenha aproximação com problemas reais que envolvam o seu contexto de vida e se aproximem do conteúdo a ser assimilado. Pode-se também adotar o PBL associado à solução de desafios, problematização e com trabalhos em pares ou em grupo. No formato híbrido os estudantes podem ainda desenvolver pesquisas, questionários, utilizar jogos, implementar debates, realizar atividades *online*, entre outros. Possibilitando a combinação desses meios o aprendizado se dá através de experiências valiosas e com resultados expressivos e profundos de aprendizagem (MORÁN, 2015).

Nessa conjuntura a impressão 3D aparece como ferramenta complementar ao processo de elaboração do saber, possibilitando a criação de múltiplos caminhos.

A impressão 3D está inserida em um processo de fabricação digital, que se inicia com a escolha do objeto, pode passar pela modelagem ou escaneamento do objeto a ser produzido até a sua impressão. Todo esse caminho percorrido pelo aluno e pelo professor traz grande riqueza no aprendizado.

A eficácia dos tradicionais métodos de ensino vem se tornando, ao longo do tempo, limitada, principalmente quando os estudantes exercem papel passivo no processo, bem como

pela capacidade reduzida de abstração tridimensional e espacial que também atinge os discentes. A pesquisa de Huang e Lin (2016) traz resultados preliminares que indicam que diferentes materiais didáticos se revertem na evolução de diferentes habilidades e resultados de aprendizagem. Esse estudo mostrou, a partir da modelagem 3D, que é possível conceber, projetar e implementar a impressão 3D dentro da estrutura educacional de estudantes universitários, com a finalidade de potencializar os avanços nos resultados de aprendizagem.

A tecnologia de impressão 3D pode ser aplicada para ensinar diversos assuntos. Projetos variados envolvendo Belas Artes, Literatura, História, Matemática, Física e Química são listados no artigo de Thornburg (2014). Estudantes de design de interiores também fizeram uso da impressão 3D em seus trabalhos. Eles iniciaram o processo a partir da conceituação do projeto para posteriormente criarem o protótipo e os resultados foram favoráveis no que tange a qualidade do processo e do design, concluindo, portanto, que a disponibilidade da referida tecnologia impacta os alunos positivamente (GREENHALGH, 2016).

A aprendizagem de Matemática e de Geometria necessita de pensamento abstrato e imaginação. A impressão 3D solicita níveis mais elevados de criatividade e inovação possibilitando aos alunos o desenvolvimento da imaginação e a visualização de números, formas bidimensionais e objetos 3D. Os aspectos interdisciplinares envolvidos na técnica de impressão 3D facilitam a aproximação e apropriação da disciplina de Matemática e de Geometria pelos estudantes. Através de múltiplas habilidades, computacionais, de pensamento crítico e de resolução de problemas, o aluno, através da fabricação digital, tem outra dimensão da prática do aprendizado. Ao final do processo o resultado é um objeto físico produzido e projetado pelo aluno, o que, ao menos em parte, contradiz o ensino tradicional para crianças, que se inicia com objetos físicos para depois evoluir para a abstração. Na impressão 3D o movimento é oposto, parte-se da imaginação para o concreto, de onde se pode concluir que ambos os processos podem se associar no decorrer da aprendizagem propiciando a criatividade e a imaginação (HULEIHILL, 2017).

A impressão 3D pode ser utilizada para elaboração de material didático complementar ao ensino. O processo percorre etapas importantes que iniciam com a identificação das demandas de ensino por meio da seleção de conteúdos, elaboração de um plano para a concepção do instrumento didático almejado, desenvolvimento de rascunhos, modelagem 3D ou aquisição de um modelo pronto na internet, finalização e impressão do objeto 3D, uso e avaliação do modelo fabricado (AGUIAR, 2016).

Pesquisas internacionais de Fredieu *et al* (2015), Kong *et al* (2016), Wu *et al* (2015), Fasel *et al* (2016) e Davenport *et al* (2017) analisaram a influência do emprego da impressão 3D na educação e obtiveram resultados positivos. Diversos protótipos foram desenvolvidos para auxiliar o ensino de Anatomia, Biologia, Química e para treinamento e aperfeiçoamento de técnicas cirúrgicas dentre outros usos. Seu aspecto motivador e sua capacidade de produzir protótipos com precisão e muito próximos da realidade configuram a impressão 3D em um potencial aliado no processo educativo.

O estudo de Kong *et al* (2016) buscou desenvolver um protótipo hepático em 3D (3DP) e compará-lo a um modelo de visualização 3D (3DV) e ao atlas anatômico tradicional para avaliar a eficácia do ensino para estudantes de medicina. Os resultados demonstram que tanto o 3DP quanto o 3DV proporcionaram bom aprendizado anatômico e sem diferenças significativas entre eles. Porém, quando comparados ao método tradicional se mostraram significativamente superiores.

Em outra investigação, Sampaio e Martins (2013) realizaram uma pesquisa tendo como participantes crianças de onze anos de idade, cursando a 5ª série do ensino fundamental, além da sua professora. A proposta era investigar a possibilidade de utilização da tecnologia de impressão 3D, e modelagem 3D, como suporte ao processo educacional e como elemento motivador. O estudo foi programado para a disciplina de Geografia com o tema “relevo do estado do Paraná”. Foram realizadas oficinas e entrevistas e, ao final, verificou-se que a experiência pode ser reproduzida em outras disciplinas da educação infantil, como Matemática, História ou Artes, envolvendo conteúdos específicos de cada uma. As crianças, ao realizarem o exercício, desenvolveram a criatividade ao produzirem, editarem e imprimirem o modelo do mapa de relevo do estado. No entanto, o artigo pontua algumas considerações importantes a respeito de aspectos técnicos e didático-pedagógicos, a exemplo do treinamento do professor para utilizar a tecnologia e a qualidade do material de apoio oferecido às crianças que deve ser simples e de fácil entendimento.

Portanto, há potencial no emprego da referida tecnologia em sala de aula, sempre focando na necessidade dos alunos e professores do que na tecnologia em si. Para os docentes a relevância está na motivação provocada nos alunos para o aprendizado e a apreensão do conteúdo estudado, e para os alunos envolve a liberdade de utilização, a acessibilidade e a ludicidade.

O uso da impressão tridimensional incrementa potencialmente a motivação, a satisfação e a capacidade de reflexão dos alunos (HULEIHIL, 2017). O artigo de Thornburg (2014) pontua o entusiasmo que a impressão 3D fomenta nos alunos e professores e prevê o

dia em que as impressoras 3D serão tão comuns quanto os computadores em sala de aula. A aplicação da tecnologia de impressão 3D é muito motivadora para as crianças da educação infantil (SAMPAIO; MARTINS, 2013). A motivação é um componente que sempre se destaca no processo de ensino-aprendizagem envolvendo a impressão 3D. Ela é um dos elementos responsáveis por impulsionar os estudantes na busca do conhecimento, direcioná-los e mantê-los interessados em alcançar os objetivos educacionais.

Outro aspecto positivo da tecnologia em discussão é a necessidade que os estudantes têm de ampliar suas áreas de conhecimento devido ao caráter multidisciplinar do processo no qual a impressão 3D está inserida. No entanto, também se faz proveitosa como material didático complementar, num estágio de objeto já impresso, para ilustrar conteúdos para estudantes deficientes visuais ou para crianças mais novas.

Por outro lado, para acompanhar esse novo cenário, os professores devem expandir as suas habilidades tecnológicas e se atualizarem constantemente para atender as novas demandas. A melhor maneira de potencializar a aquisição de conhecimento é a combinação de recursos pedagógicos diversos para que um complemente o outro e os estudantes se beneficiem dessas modalidades integradas. A tecnologia nunca será um substituto para a educação de qualidade, na verdade ela agrega valor ao processo de construção do conhecimento.

### 2.3 IMPRESSÃO 3D E ENSINO DE DEFICIENTES VISUAIS

A deficiência visual é um tipo de deficiência sensorial, na qual a principal particularidade é a insuficiência ou prejuízo da visão que é uma das vias sensoriais de obtenção de informação do meio externo. Existem dois tipos de deficiência visual: a cegueira e a baixa visão. É oportuno salientar, portanto, que o deficiente visual pertence a uma categoria mais abrangente e, assim, não é sinônimo de cego. Por esse motivo, nos momentos adequados será utilizado o termo cego ou cegueira para aqueles que são privados da visão não caracterizando nenhum tipo de preconceito ou de atitude depreciativa e tão somente pela natureza descritiva do termo (NUNES; LOMÔNACO, 2010; OCHAITA; ROSA, 1995).

A deficiência visual abarca um número significativo de alterações visuais que variam de pessoas com visão residual significativa, passando por redução do campo visual (competência em perceber a extensão dos estímulos) ou do grau de acuidade visual

(diferenciação de formas), incapacidade de fixar o olhar sobre um objeto até indivíduos que não são capazes de distinguir a luz. A percepção da realidade de um deficiente visual é bastante diversa daquela dos indivíduos que enxergam normalmente, devido a importante redução ou ausência da captação da informação pelo canal sensorial visual. Portanto, é imprescindível que sejam implementadas formas de ensino que, por meios alternativos, transfiram o conhecimento para aqueles que não o conseguem através da visão, visto que seus mecanismos de desenvolvimento e aprendizagem sofreram transformações (NUNES; LOMÔNACO, 2010; OCHAITA; ROSA, 1995).

A aquisição de conceitos por deficientes visuais decorre da linguagem e do pensamento, assim como, a dos indivíduos com visão normal (BATISTA, 2005). A linguagem é, incontestavelmente, importante para o desenvolvimento dos seres humanos, mas para o deficiente visual o seu valor se intensifica. Especialmente para os cegos, a linguagem será um dos meios pelo qual eles terão acesso às informações que serão parcialmente verbalizadas e, desta forma, esses sujeitos serão capazes de, mentalmente, identificar e aprender a modificar a realidade que os rodeia. Entretanto, o desenvolvimento cognitivo do cego não é igual ao de quem enxerga normalmente, visto que teorias contemporâneas a respeito do desenvolvimento psicológico apontam que é por meio da comunicação social e da ação sobre o ambiente que é atingido o comando das habilidades mentais que facultam a compreensão da realidade (OCHAITA; ROSA, 1995).

Nuernberg (2008) aponta como uma frequente preocupação de Vygotski, em seus textos, o tema da educação para o deficiente visual. Ainda segundo Nuernberg (2008), Vygotski recusa a ideia da compensação biológica da audição e do tato em razão da cegueira e situa o sistema de compensação social direcionado para a competência da linguagem em ultrapassar as insuficiências surgidas da incapacidade e do impedimento da experimentação visual. Essa compensação social seria uma reação do próprio indivíduo frente à deficiência no que diz respeito à superação dos seus limites fazendo uso de ferramentas artificiais.

Deve-se, portanto, disponibilizar aos estudantes cegos as mesmas oportunidades e exigências oferecidas aos demais, porém é essencial destacar as suas experiências táteis, auditivas e cinestésicas, assim como, promover ações que proporcionem a formação de conceitos.

O deficiente visual deve potencializar o uso de outros canais sensoriais para perceber e representar o mundo ao seu redor. Nessa função destacam-se dois dos sentidos, a audição e o tato (sistema háptico). A audição alcança finalidades teleceptoras bastante relevantes no cego. O sistema háptico ou tato ativo (quando de maneira intencional o

indivíduo procura a informação ativamente ao manusear algo) é o sistema sensorial mais poderoso de que o cego dispõe para compreender o mundo que o cerca, pois no tato ativo, além dos receptores da pele e dos tecidos subjacentes, estão presentes a excitação proveniente de receptores musculares e tendinosos, assim, assimilando dados articulares e de equilíbrio. A aquisição da informação através do tato é muito mais demorada quando comparada à captação visual, o que demonstra um caráter sequencial com pequenas e contínuas percepções. Através do tato são percebidas características diversas dos objetos ou seres, como, textura, temperatura, formato e as relações espaciais. O cego move as mãos de maneira intencional, lenta e sucessivamente, investigando particularidades da forma para então alcançar uma imagem mental (OCHAITA; ROSA, 1995).

A privação do sentido da visão requer formas alternativas de aperfeiçoamento, para desenvolver a inteligência e a capacidade sócio adaptativa. A modalidade tátil não se limita apenas ao mero sentido do tato, ultrapassa-o, incluindo a percepção e a compreensão através da exploração sensorial. Conhecer o desenvolvimento do tato é primordial para promover a estimulação adequada e a conquista da destreza. O desenvolvimento tátil compreende algumas fases, são elas: consciência da qualidade tátil, conceito e reconhecimento da forma, representação gráfica e sistemas de simbologia (GRIFIN; GERBER, 1996).

A consciência da qualidade tátil dos objetos é a primeira fase do desenvolvimento tátil. Através dos movimentos das mãos, as crianças cegas passam a conhecer texturas, perceber a existência de materiais e suas inconsistências estruturais, nesta fase é interessante que as crianças experimentem texturas diferentes e contrastantes, como mole e duro, áspero e macio, para que a distinção entre as texturas seja eficiente. Através do tato captam os contornos, os pesos e os tamanhos, assim todos esses dados são sucessivamente percebidos e os movimentos manuais mais grosseiros vão dando lugar a movimentos exploratórios mais detalhados e refinados dos objetos.

A segunda fase é o conceito e reconhecimento da forma e a relação do todo com as partes. A simplicidade e a clareza da forma associadas à análise ativa da peça são elementos significativos. No início as crianças cegas devem explorar formas simples com tamanho reduzido e que consigam segurar entre as mãos como uma esfera ou um cubo. Progressivamente deve-se aumentar o tamanho e a complexidade dos objetos até que as crianças precisem se movimentar em torno da forma para explorá-la, como por exemplo, a lousa da sala de aula. Após conhecerem bem os objetos tridimensionais podem passar a explorar os bidimensionais.

A terceira fase é a representação gráfica que é identificada pela forma ordenada que os alunos cegos têm de examinar o espaço ao seu redor, estabelecendo correspondências entre os objetos reais e suas representações. A princípio examinam o objeto em sua forma geral, em seguida percebem o detalhe mais relevante para enfim identificar outros detalhes que colaborem na construção de uma identificação real. Nessa fase eles também percebem que pequenos objetos podem corresponder a objetos maiores, como um mapa que reproduz um espaço geográfico bem maior ou até mesmo um cavalinho de brinquedo representando o animal de tamanho natural. Para que essa representação tenha significado é necessário que as crianças cegas tenham, tanto no ambiente doméstico quanto no escolar, a chance de conhecer os objetos verdadeiros para posterior comparação com a sua representação.

A quarta e última fase é a aplicação de um sistema de simbologia, o mais conhecido é o braile. O uso dos sistemas de simbologia eleva a compreensão da representação a um nível mais elevado do que na representação gráfica. No sistema de simbologia não há a necessidade da representação ser análoga ao objeto original, mas somente significá-lo. A modalidade tátil faz parte de um desenvolvimento gradual e crescente, é uma evolução contínua e gradativa que transporta as crianças cegas do reconhecimento elementar para um grau de compreensão mais profundo do ambiente ao seu redor (GRIFIN; GERBER, 1996).

O estudante deficiente visual precisa de instrumentos adaptados durante a sua vida escolar, materiais que assegurem a aquisição do conhecimento e a obtenção das mesmas informações ofertadas às crianças com visão normal.

Para Aquino, Lima e Pessoa (2011) os estudantes deficientes visuais são os que enfrentam maiores obstáculos na apreensão de alguns conteúdos programáticos específicos que necessitam da visão para elaboração de elementos relevantes para aprendizagem. A especificidade dos recursos didáticos na educação do deficiente visual é fundamental, assim como, a motivação necessária para o processo de ensino aprendizagem (JO et al, 2016).

É grande a dificuldade encontrada por professores de deficientes visuais no que se refere às disciplinas nas áreas de ciências naturais, já que são conteúdos que dependem de interação visual e a obtenção de material didático específico fica prejudicada devido a questões econômicas. Portanto, foi proposta a criação de material tridimensional utilizando material de custo reduzido e sucata para ser utilizado como modelos nas aulas promovendo e facilitando o processo de ensino e aprendizagem. Alguns modelos já foram utilizados no Colégio Pedro II, no Rio de Janeiro, acolhendo, principalmente, os campos de Microbiologia e Biologia Molecular com resultados positivos no aprendizado, destacando-se o empenho dos

professores na elaboração e no emprego dos modelos e na motivação despertada nos alunos (AQUINO; LIMA; PESSOA, 2011).

O uso da impressão 3D na sala de aula para alunos com deficiência visual pode favorecer a instrução de qualidade de alunos. Os pesquisadores do Grupo de Impressão 3D do Instituto Coreano de Ciência e Tecnologia (*Korea Institute of Science and Technology – KIST*) forneceram à Escola Nacional de Seul para Cegos (*Seul National School for the Blind*) material didático confeccionado pela impressora 3D para ser utilizado por um grupo de quatro alunos deficientes visuais do quinto ano por um semestre.

Foram desenvolvidos diversos protótipos tridimensionais, como por exemplo, mapas históricos e relíquias, como a gruta budista de *Seokguram* que foi repartida para evidenciar a sua arquitetura interna e externa, promovendo aos estudantes deficientes visuais o aprendizado da cultura e história da Coreia. Essa intervenção atingiu resultados benéficos e considerados mais adequados aos alunos deficientes visuais que passaram a compreender e memorizar o conteúdo ensinado de maneira mais completa e divertida (JO et al, 2016).

Deve-se salientar que o material impresso deve ter riqueza de detalhes na medida da capacidade de percepção dos alunos, pois o excesso de detalhes pode atrapalhar a percepção, portanto os modelos devem ser simplificados destacando sempre as informações principais. Algumas peças necessitam de tratamento pós-impressão, como um lixamento para conferir mais suavidade ao material. A produção de diferentes texturas enriquece a experiência para o deficiente visual e o contraste entre as cores é essencial para os estudantes de baixa visão. Devem ser evitados modelos com conformação afiada ou muito fina para evitar que os estudantes se machuquem ou quebrem a peça facilmente devido a baixa resistência mecânica.

No Maranhão foi desenvolvida uma ferramenta com a função de ajudar na interpretação de pinturas. São obras de arte bidimensionais, confeccionadas a partir de impressão 3D para uso como material didático. Esse material inclusivo é um modelo tátil tridimensional que corresponde a uma obra de arte plana que viabiliza a inclusão dos deficientes visuais no estudo e apreciação da História da Arte. O programa (*software*) realiza processamento de imagens da obra de arte (pintura) associado à utilização da computação gráfica para a aquisição do modelo 3D imprimível. Uma das obras utilizadas durante a pesquisa foi *A Cuca*, de Tarsila do Amaral, na qual se pode perceber a profundidade de cada componente da cena que foi interpretada, por professora de História da Arte (RODRIGUES et al, 2016).

No artigo de Linardi et al (2015) os autores elegeram a escultura Sórora Dolorosa de autoria de Victor Brecheret para uma experiência de ação pedagógica na esfera artística. Sugeriram construir réplicas dessa escultura utilizando a impressão 3D com elementos articulados e destacáveis para que o processo artístico seja evidenciado, algo possível através da digitalização fotogramétrica 3D e da edição digital. As alternativas pedagógicas dos educadores são aumentadas com a construção de materiais didáticos 3D, a partir do escaneamento das obras originais, para o ensino de artes desvendando um aspecto mais sutil e refinado da narrativa e fruição artística da obra para os deficientes visuais e para o público em geral. A partir da posse dos arquivos digitais, a intenção é compartilhá-los para qualquer instituição que desejar possuir uma réplica do material didático a ser impresso.

O HOMERO 3D é um grupo de estudos que tem por objetivo potencializar a pesquisa, a discussão e o desenvolvimento de projetos de *design* que utilizam a impressão 3D como meio para educação de pessoas com deficiência visual. O grupo promove encontros para debater e trocar conhecimentos e experiências com impressão 3D, além da elaboração de espaço virtual que abriga experimentos publicados voltados para impressão 3D dirigidos à deficiência visual. Uma das experiências relatadas foi desenvolvida na *National Aeronautics and Space Administration* (NASA). Carol Christian e Antonella Nota, membros do Instituto da Ciência Telescópica Espacial, lideram um projeto que tem como objetivo auxiliar indivíduos cegos a, através do tato, conceber uma noção da forma do universo. A partir de imagens capturadas pelo telescópio *Hubble* foi possível imprimir imagens do universo, proporcionando aos deficientes a elaboração de conceitos abstratos viabilizando esquemas visuais através do tato (SOBRAL, CAVALCANTI; EVERLING, 2015).

Assim, foi construído um cenário geral de como o ensino vem se relacionando com a tecnologia, e mais estreitamente, com a tecnologia de impressão 3D. Em tempo, fica evidenciado que deficientes visuais podem ter ganhos significativos em seu aprendizado quando a tecnologia de impressão 3D é utilizada.

### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 OBJETIVO GERAL

Investigar as possibilidades de desenvolvimento de ferramentas didáticas voltadas a estudantes deficientes visuais utilizando ambientes *maker*.

#### 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Averiguar as relações entre espaços de inovação e a produção de ferramentas didáticas utilizando impressão 3D, voltadas a aplicações na área de educação.
- Elaborar recurso didático utilizando impressão 3D para ampliar o desenvolvimento do raciocínio lógico/analítico de crianças deficientes visuais.
- Propor inovação incremental em jogo de tabuleiro para favorecer o ensino de temas diversos para crianças deficientes visuais.

## 4. METODOLOGIA

A pesquisa em educação se constitui um instrumento indispensável para a evolução do processo educacional, contribuindo com novas experiências, consolidando algumas práticas ou ainda refutando outras. A curiosidade do pesquisador educador é necessária em sua procura por respostas, produz inquietação e o movimento em direção ao objeto de pesquisa o que resultará em uma imersão na realidade a ser pesquisada. A curiosidade inicial que motiva o pesquisador se modifica ao assumir conduta crítica e rigor metodológico tornando-se então, curiosidade epistemológica (FREIRE, 2016).

Esta pesquisa, tendo em vista, a investigação das possibilidades de desenvolvimento de ferramentas didáticas voltadas a estudantes deficientes visuais, utilizando impressão 3D em ambientes *maker* tem caráter de pesquisa aplicada, pois tem a intenção de contribuir para a elaboração de conhecimentos com aplicações práticas, dirigidos a resolver dificuldades específicas (SILVEIRA; GERHARDT, 2009).

Quanto à forma de abordagem do problema se ajusta à pesquisa qualitativa, que de acordo com Kauark; Manhães; Medeiros (2010, p. 26):

A interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados são básicas no processo de pesquisa qualitativa. Não requer o uso de métodos e técnicas estatísticas. O ambiente natural é a fonte direta para coleta de dados e o pesquisador é o instrumento-chave. É descritiva. Os pesquisadores tendem a analisar seus dados indutivamente.

Segundo Silveira; Gerhardt (2009, p. 32) a pesquisa qualitativa “preocupa-se, portanto, com aspectos da realidade que não podem ser quantificados, centrando-se na compreensão e explicação da dinâmica das relações sociais”. A abordagem qualitativa é aderente ao problema da pesquisa que busca elementos para desenvolver o raciocínio lógico/analítico de crianças deficientes visuais e pelo caráter subjetivo de sua análise. Tal observação, feita de forma argumentativa, busca fundamentação teórica no campo das tecnologias e da construção de ferramentas para atingir os objetivos propostos com aplicações diretas na área de educação.

### 4.1 ETAPAS DA PESQUISA

Para organizar as atividades que constituíram este projeto, foi elaborada uma sequência de etapas que orientaram o processo de desenvolvimento da pesquisa, conforme apresentado a seguir:

#### ***4.1.1 Primeira Etapa***

Foi realizada pesquisa bibliográfica com o intuito, principal, de caracterizar as aplicações da tecnologia de impressão 3D na saúde, na indústria e na educação. Em tempo, tornou-se necessário mostrar as relações entre o uso da impressão 3D e o Movimento *Maker*.

#### ***4.1.2 Segunda Etapa***

Nesta etapa do estudo, buscou-se aproximar as vivências dos grupos de pesquisa Educação, Saúde e Tecnologias (EDUSAUT) e Núcleo de Pesquisa Aplicada e Inovação (NPAI) da UNEB (Universidade do Estado da Bahia). A partir do aprofundamento sobre o Movimento *Maker* e a impressão 3D, foi possível dialogar com a equipe do laboratório aberto, projetado pelo NPAI, MandacaruLab. Neste laboratório, impulsionada pelo movimento *maker*, surgiu a *startup* Mini Maker Lab (MML).

O MML, uma *startup* baiana, inicialmente pré-incubada no MandacaruLab e, posteriormente, incubada no Senai/Cimatec, dissemina a cultura *maker* estimulando a aprendizagem através de atividades lúdicas e desenvolvendo soluções de ensino de robótica educacional e raciocínio lógico utilizando a impressão 3D.

Entre seus produtos, está o MML Code Table (Figura 1), composto por um jogo de tabuleiro genérico, personagens, obstáculos e peças de linguagem visual de programação, onde os jogadores devem movimentar seus personagens para cumprir missões, com o objetivo de desenvolver o raciocínio lógico/analítico através da linguagem de programação.



Figura 1. MML Code Table. MML, Salvador, 2018.

O tabuleiro genérico e as peças de linguagem visual de programação, estas inspiradas no *Scratch*<sup>®</sup>, são confeccionados através de impressão 3D (utilizando o filamento biodegradável a base de ácido polilático (PLA)) (Figura 2). O *Scratch* é um software idealizado por Mitchel Resnick e projetado pelo grupo *Lifelong Kindergarten no Media Lab do Massachusetts Institute of Technology (MIT)*. É uma linguagem de programação gráfica que usa blocos lógicos e itens de som e imagem para que o usuário crie suas próprias histórias, animações e jogos. Foi desenvolvido para crianças e jovens de 8 a 16 anos de idade, porém indivíduos de todas as idades o utilizam. Ele é gratuito para os principais sistemas operacionais e o seu usuário pode compartilhar as suas produções online (SCRATH BRASIL, 2014).



Figura 2. A. Peças para montar a linguagem visual de programação. MML, Salvador, 2018.

B. Script do *Scratch* utilizando seus blocos lógicos. *Scratch* Brasil, 2019.

As peças de linguagem de programação previamente confeccionadas pelo MML, por serem fabricadas através de impressão 3D, apresentam o relevo como uma das suas características. A concepção inicial do jogo teve como ponto de partida o seu uso por escolares para o desenvolvimento do raciocínio lógico, utilizando linguagem de programação desplugada, através de tabuleiro confeccionado em lona no qual os personagens são movidos pelos jogadores com a meta de cumprir uma missão predeterminada (Figura 3). No entanto, nessa dimensão inicial, não foi previsto seu potencial uso voltado ao ensino de deficientes visuais.



Figura 3. MML Code Table sendo utilizado por escolares. MML, Salvador, 2018.

A partir do exposto e, de uma ampla pesquisa bibliográfica, percebeu-se que seria necessário buscar um novo formato para o jogo, desde que pretendia-se atingir primordialmente os deficientes visuais. Dessa forma, esse jogo que já apresentava caráter inovador, ganhou aspectos novos, portanto inovação incremental, a partir da qual foram construídos elementos de uso do jogo que pudessem propiciar aos deficientes visuais utilizá-lo enquanto ferramenta de aprendizado. O relevo das peças, ora impressas, foi realçado à condição tátil, fundamental para a nova estratégia de uso didático, ao tempo em que, ficou evidente a necessidade de inserção da linguagem em braile em peças do jogo, principalmente naquelas utilizadas para formar as linhas de programação visual. Outras mudanças significativas foram a impressão em 3D de um tabuleiro de mesa tátil e de personagens adaptados a este, além da produção de *cards* explicativos, modificações realizadas para o uso proposto neste estudo. Portanto o tabuleiro, já adaptado para a nova finalidade, apresenta-se em cores contrastantes e permite seu uso nas mais diversas temáticas.

O tabuleiro de mesa é tátil e dividido em quadrados, que representam as casas de um jogo de tabuleiro. Inspirado no xadrez para deficientes visuais, possui orifícios nos centros dos quadrados (casas) onde as peças do jogo se encaixam. Dispõe ainda de coordenadas alfanuméricas para facilitar a localização das peças e personagens no tabuleiro. Todos os modelos virtuais, incluindo peças diversas, personagens e tabuleiro tátil, foram desenvolvidos utilizando os *softwares* AutoCAD 2018 (Autodesk, inc.) e SketchUp Pro 2017 (Trimble), portanto os modelos virtuais foram modelados integralmente nesse trabalho, não sendo necessária a utilização de repositórios de modelos 3D.

#### 4.1.3 Terceira Etapa

Durante a segunda etapa foi identificado um jogo de tabuleiro genérico, para o qual adaptações foram propostas para que esse jogo seja parte integrante de recurso didático voltado ao uso por deficientes visuais.

Para o desenvolvimento do referido recurso didático, durante a terceira etapa, será feita uma correlação dos instrumentos do jogo de tabuleiro com metodologias de aprendizagem ativa, com base em estudos preliminares, mencionados a seguir:

Shimazaki, Silva e Viginheski (2015) discutem e aplicam a Teoria da Assimilação das Ações Mentais por Etapas de Galperin, inclusive com deficientes visuais, como parte da metodologia para o ensino de matemática. Rodrigues e Ferreira (2013) investigam o uso da referida teoria para análise de atividades de ensino-aprendizagem e consideram que a teoria estabelece a progressão das formas de expressão externas em formas internas de pensamento, permitindo a internalização dos elementos aprendidos. Lobato et al (2017), por sua vez, discorrem sobre aspectos cognitivos de aprendizagem motivados por jogos e, dentre outros tópicos, a sua relação com a Teoria das Inteligências Múltiplas de Gardner.

#### *Teoria da Assimilação das Ações Mentais por Etapas*

Desenvolvida por Galperin, a Teoria da Assimilação das Ações Mentais por Etapas, promove, por meio de 5 (cinco) etapas, a internalização, no plano mental, das ações externas aplicadas. Baseia-se, a princípio, em identificar a maneira adequada da ação, posteriormente, identificar a maneira de representação material da mesma ação e finalmente, converter esta ação externa em interna. As etapas estão descritas a seguir (SHIMAZAKI; SILVA; VIGINHESKI, 2015; RODRIGUES; FERREIRA, 2013):

1. **Etapa Motivacional:** motivação e preparo dos alunos, é a etapa inicial.
2. **Etapa do Estabelecimento da Base Orientadora da Ação (BOA):** é o planejamento da ação, se refere aos processos e circunstâncias da ação.
3. **Etapa de Formação da Ação no Plano Material ou Materializado:** o aluno, mediado pelo professor, inicia a ação no plano externo.

4. **Etapa de Formação da Ação no Plano da Linguagem Externa:** uso da linguagem para representação dos elementos da ação, o aluno interage verbalmente com os demais alunos e o professor.

5. **Etapa de Formação da Ação no Plano Mental:** a linguagem se converte em função mental, internalizada.

Durante a **Etapa Motivacional** os alunos serão motivados através da apresentação e manuseio do tabuleiro e das peças que compõem o jogo. Será explicado o processo de produção das peças, que antes são modeladas no computador para depois serem impressas pela impressora 3D. Por fim, será explicado que eles irão exercitar o desenvolvimento do raciocínio lógico a partir de linguagem visual de programação desplugada.

É durante a **Etapa do Estabelecimento da Base Orientadora da Ação (BOA)** que a atividade proposta será apresentada, nesse momento será explicado o funcionamento, as regras e os objetivos do jogo. Os alunos poderão fazer perguntas e tirar dúvidas.

**Etapa de Formação da Ação no Plano Material ou Materializado**, aqui se inicia a realização da ação e se dará o início da ação de jogar, em dupla ou formando dois grupos, o professor assume o papel de mediador. No caso da formação de grupos, seus componentes atuarão de forma colaborativa.

Na **Etapa de Formação da Ação no Plano da Linguagem Externa** os alunos utilizam a linguagem para descrever suas ações durante o jogo, criam estratégias para cumprir as missões e interagem entre si e com o professor. Discutem e debatem sobre os acertos e erros, refletindo e descobrindo soluções para os problemas encontrados, desenvolvendo, assim, o raciocínio lógico através da linguagem visual de programação desplugada.

A **Etapa de Formação da Ação no Plano Mental** ocorre ao final do processo, após a realização de algumas partidas a linguagem se transmuta em ação mental interna, configurando a ação externa em interna. Portanto, a ação de jogar fez com que fossem internalizados os aprendizados que envolveram a potencialização das habilidades de raciocínio lógico.

### *Teoria das Inteligências Múltiplas*

A partir da Teoria das Inteligências Múltiplas, Gardner defende uma escola mais focada no aluno, na qual cada um possui habilidades e interesses diversos que devem ser

identificados e aperfeiçoados compondo uma perspectiva mais universalista da mente humana. As sete inteligências propostas por Gardner:

A inteligência linguística é a habilidade da linguagem, de compreensão e formação de palavras e frases através da fala, escrita ou sinais. A [...] lógico-matemática é a habilidade do raciocínio lógico, [...] de resolver problemas e cálculo matemático. A [...] musical é a habilidade de percepção e compreensão da música. A [...] espacial é a habilidade na solução de problemas espaciais, como localização, detalhes em imagens, reconhecimento de rostos e lugares. A [...] corporal-cinestésica é a habilidade de controlar o movimento corporal, como por exemplo, os atletas [...]. A [...] interpessoal é a habilidade de interação com o próximo, de percepção de distinções entre os outros. A [...] intrapessoal é a habilidade de compreensão de si mesmo, reconhecendo as próprias necessidades, vontades e desejos (GARDNER, 2012 apud LOBATO et al, 2017).

Em trabalhos posteriores, Gardner adicionou a inteligência naturalista ou biológica, que se refere à habilidade de entender o ambiente e a paisagem ao seu redor, totalizando, portanto, oito inteligências na Teoria das Inteligências Múltiplas.

Habilidades específicas são estimuladas através da utilização do jogo de tabuleiro adaptado. A inteligência corporal-cinestésica é exercitada ao jogar, pois utiliza a motricidade, a coordenação manual, e tátil ao manipular as peças e o tabuleiro, percebendo as formas, tamanhos e o peso dos objetos. Ao utilizar o pensamento lógico para traçar estratégias de jogo e resolver problemas, o indivíduo desenvolve a inteligência lógico-matemática. Durante o jogo há intensa comunicação através da linguagem, estimulando fluência e memória verbais, e aumentando o vocabulário, o jogador trabalha a inteligência linguística. Ao deslocar o personagem pelo tabuleiro tátil, desviando de obstáculos e tentando cumprir as missões, o jogador desenvolve a inteligência espacial. O ato de jogar desperta a curiosidade, as descobertas, faz com que haja interação entre os jogadores, o professor e o ambiente que os cerca, fatos que condizem com as linhas de estimulação para a inteligência naturalista. Os indivíduos exercitam as inteligências interpessoal e intrapessoal ao jogarem, pois a dinâmica do jogo estimula a comunicação entre as pessoas, o relacionamento social administrando as emoções, despertando a ética e a empatia. Também proporcionam um ganho de percepção corporal, autoconhecimento e automotivação (ANTUNES, 2014; GARDNER, 2012).

Portanto, pretende-se que o jogo adaptado possa funcionar como instrumento de aprendizado para indivíduos com deficiência visual, carregando em seu arcabouço desde a concepção da ideia até as suas possíveis funcionalidades, os principais aspectos das teorias supramencionadas.

## 4.2 PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DO RECURSO DIDÁTICO PROPOSTO

A figura 4 apresenta um esquema que resume as estratégias metodológicas para a construção do futuro Recurso Didático. No Estágio I foi identificado e estruturado o jogo de tabuleiro genérico (a), conforme demonstrado na segunda etapa do caminho metodológico. No Estágio II deram-se as modificações necessárias ao jogo de tabuleiro para atender as necessidades dos deficientes visuais (Segunda Etapa Metodológica) gerando o jogo de tabuleiro tátil/contraste de cores (c). Esse tabuleiro tátil (c) também foi definido a partir dos conteúdos (b) escolhidos, neste caso, dengue, e do objetivo de desenvolvimento de habilidades (d) que se fundamentará na Teoria das Inteligências Múltiplas e na Teoria da Assimilação das Ações Mentais por Etapas, de acordo com a terceira etapa metodológica. O item (e) se refere à confecção final do recurso didático.

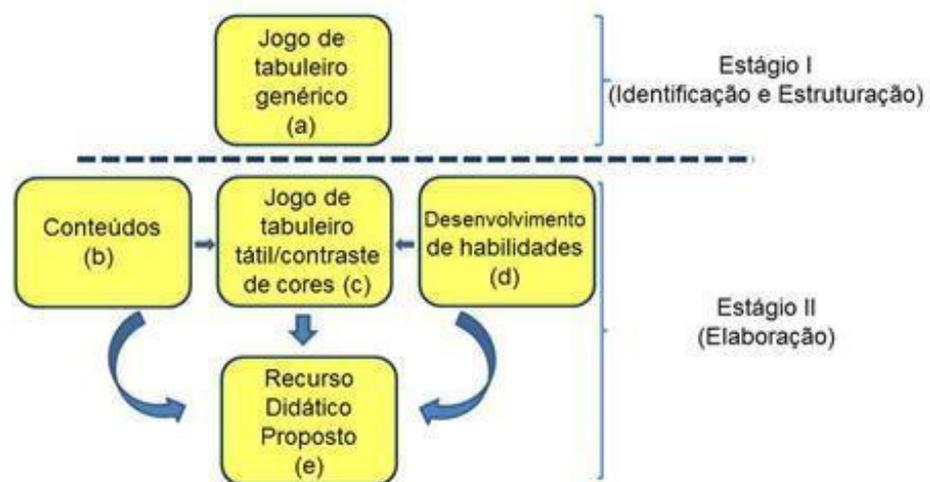


Figura 4. Estágios propostos para o desenvolvimento do Recurso Didático. Salvador, 2018.

## 5 RESULTADOS

Nesta seção, estão apresentados os resultados obtidos no estudo, utilizando o formato *multipaper*. O primeiro resultado é um capítulo de livro, já publicado e que discorre sobre as diversas aplicações da impressão 3D, principalmente nas áreas de educação e saúde e estratégias de aplicação da referida tecnologia nos espaços de inovação da Universidade do Estado da Bahia. O segundo resultado é um artigo científico escrito de acordo com as orientações para publicação na revista *Advances in Medical Education and Practice* e trata do desenvolvimento de ferramenta para aprendizado de deficientes visuais utilizando a tecnologia de impressão 3D. Por fim, o terceiro resultado é o protótipo de jogo adaptado para deficientes visuais enquanto objeto físico impresso e pronto para uso. Os resultados deste estudo serão apresentados de maneira mais detalhada a seguir:

### 5.1 RESULTADO 1 - CAPÍTULO DE LIVRO

“Impressão 3D: aplicações e espaços de inovação UNEB.”

JORGE, C. S. P. et al. Impressão 3D: aplicações e espaços de inovação da UNEB. In: FERNANDES, A. C. S. et al (Org.). **Empreendedorismo e Inovação em Saúde: Ciência e Mercado**. ENEIS, p. 21-36. Salvador: EDIFIBA, 2018.

## ***CAPÍTULO 02***

***IMPRESSÃO 3D:***

***APLICAÇÕES E ESPAÇOS DE INOVAÇÃO DA UNEB***

## **IMPRESSÃO 3D: APLICAÇÕES E ESPAÇOS DE INOVAÇÃO DA UNEB**

**Camila Silva Pereira Jorge**

Mestrado Profissional – Programa de Pós-Graduação em Gestão e Tecnologias  
Aplicadas à Educação (GESTEC) – DEDC – UNEB - camilaspjorge@gmail.com

**Peterson Albuquerque Lobato**

Mestrado Profissional – Programa de Pós-Graduação em Gestão e Tecnologias  
Aplicadas à Educação (GESTEC) – DEDC – UNEB - peterson.lobato@gmail.com

**Kim de Vasconcelos e Araújo**

Agência de Inovação UNEB - karaujo@uneb.br

**Hugo Saba**

Departamento de Ciências Exatas e da Terra – DCET I – UNEB  
hugosaba@gmail.com

**Fernando Luis de Queiroz Carvalho**

Agência de Inovação UNEB - Departamento de Ciências da Vida – DCV I - UNEB  
fcarvalho@uneb.br

**Eduardo Manoel de Freitas Jorge**

Agência de Inovação UNEB - Departamento de Ciências Exatas e da Terra  
DCET I - UNEB - ejorge@uneb.br

### **1. INTRODUÇÃO**

Os computadores pessoais foram determinantes para a revolução das tecnologias de informação e comunicação (TICs) entre as décadas de 70 e 80. Fazendo um paralelo com esse contexto, as impressoras 3D estão sendo consideradas responsáveis por uma nova revolução tecnológica (DALMAZO, 2010). Setores como a indústria e determinadas áreas da saúde já estão sendo transformados pelas diversas possibilidades oferecidas a partir da impressão 3D. Protótipos impressos são utilizados para o aperfeiçoamento de peças industriais, e modelos anatômicos de fraturas são empregados em planejamentos pré-operatórios de cirurgias complexas, contribuindo na preparação da equipe, visando o sucesso das mesmas (DUCAN; DAURKA e AKHTAR, 2014).

A impressão 3D é uma tecnologia de manufatura aditiva, pois permite produzir objetos acrescentando materiais camada por camada, utilizando principalmente, o processo de fabricação por filamento fundido (FFF). Nesse processo uma peça tridimensional é construída através da fusão e deposição de um filamento termoplástico que quando aquecido em altas temperaturas se funde e é depositado sobre uma base, camada por camada, até dar forma ao objeto desejado (SAMPAIO e MARTINS, 2013; AGUIAR, 2016).

A área educacional vem se apropriando de novas tecnologias para usá-las, como ferramentas voltadas ao processo de aprendizagem. O emprego da impressão 3D na educação encontra-se em movimento crescente, sendo assim, sua utilização pode corroborar com o processo de aquisição e construção do conhecimento, e com a busca por novos méto-

dos de ensino, envolventes e motivadores (AUGUSTO et al, 2016). Através de dinâmicas educacionais lúdicas o aluno pode desenvolver aspectos como: criatividade, imaginação e inovação em projetos multidisciplinares.

As escolas detêm papel importante na formação de novos profissionais para o mercado atual, fato que exige qualificação, não apenas em um segmento, mas que traga também em sua bagagem a criatividade para que trabalhem a inovação de maneira empreendedora nos mais diversos ambientes em que estão inseridos.

Desta forma, considerando as possíveis inter-relações entre os usos da impressão 3D e os espaços de, percebe-se fortemente a necessidade de atender às novas demandas de formação e também de encontrar métodos educacionais inovadores que permitam visualizar o panorama da inserção e uso da tecnologia de impressão 3D em diversas aplicações práticas no Brasil, na Bahia e, especificamente, na Universidade do Estado da Bahia (UNEB). A partir do exposto, apresenta-se: (i) uma breve revisão histórica sobre impressão 3D e algumas das suas principais áreas de aplicabilidade; (ii) a inserção e o uso da tecnologia de impressão 3D no contexto educacional nas universidades e nas escolas; (iii) iniciativas relevantes do uso da tecnologia de impressão 3D em dinâmicas educacionais. Por fim, serão apresentadas estratégias que estão sendo planejadas para UNEB, visando aplicar a Impressão 3D nos seus espaços de inovação.

## **2. BREVE HISTÓRIA SOBRE IMPRESSÃO 3D**

A invenção da impressão 3D não é algo novo, sendo arquitetada em uma versão preliminar no início dos anos 80. A pesquisa de Hideo Kodama, em 1981, descreveu um método de gerar modelos plásticos através da solidificação de um fotopolímero empregando raios ultravioleta (KODAMA, 1981 apud AGUIAR, 2016).

O ano de 1984 é considerado o marco histórico da impressão 3D quando o americano Charles W. Hull depositou a patente US 4575330 A "Aparelho para produção de objetos tridimensionais por estereolitografia" (PATENTE, 2017; HISTÓRIA, 2017). Após a publicação da patente, ele fundou a primeira fábrica de impressoras 3D, a empresa 3D Systems.

Em 1989 Scott Crump registrou uma patente na qual descrevia um aparato e método para produzir objetos tridimensionais. Esses objetos eram produzidos através de equipamento capaz de fundir filamento, normalmente plástico, que ia sendo depositado camada a camada, em um método intitulado: modelagem por deposição de material fundido (Fused Deposition Modeling - FDM). No entanto, esse é um nome comercial, portanto, com restrições de uso, sendo também denominado de fabricação por filamento fundido (Filament Fused Fabrication - FFF), este último um termo de livre uso. Crump fundou a Stratasys, empresa que fabrica impressoras 3D que utilizam o método FDM. A Stratasys, atualmente, é uma das maiores fabricantes de impressoras 3D do mundo, especializada em oferecer soluções para esse tipo de impressão (AGUIAR e YONEZAWA, 2014; AGUIAR, 2016).

O processo de impressão 3D se inicia a partir de um modelo 3D virtual que pode ser exportado para o formato STL (formato padrão entre impressoras 3D que faz alusão à patente de Hull, em inglês stereolithography). Em seguida, essa imagem é fatiada formando camadas, através do uso de um software (normalmente fornecido junto à impressora 3D). O arquivo gerado com o modelo 3D fatiado é enviado para a impressora 3D para a geração da réplica física do objeto modelado (AGUIAR e YONEZAWA, 2014; KATARA e DOSS,

2015).

Ao longo dos anos as técnicas de impressão 3D foram evoluindo, para além do processo de deposição em camadas. Um exemplo disso é a técnica de Fusão Seletiva a Laser (mais conhecida em inglês como Selective Laser Melting - SLM ) a qual é uma técnica de fusão a laser que permite trabalhar com metais. Os materiais utilizados também sofreram uma evolução importante ao longo da história, podem variar de polímeros do tipo PLA (Ácido Polilático) e ABS (Acrilonitrila Butadieno Estireno), até materiais metálicos ou resinas especiais (HAFSA, 2014).

Outro momento histórico importante no contexto da impressão 3D foi o surgimento das impressoras 3D open source, desde que estas tinham como princípio fundamental permitir que o projeto fosse compartilhado e reproduzido pela comunidade com baixo custo associado. Tal concepção ocorreu por volta do ano 2005, a partir da utilização de componentes eletrônicos acessíveis, como por exemplo, a plataforma Arduino, além de contar com a possibilidade da fabricação de boa parte das peças através de outra impressora 3D. A popularização dessa tecnologia foi incrementada pela redução do custo dos equipamentos e pela facilidade de montagem de impressoras 3D, a princípio, por qualquer interessado (Figura 1). Essa popularização favoreceu também a sua inserção em escolas e universidades, principalmente a partir do surgimento do movimento Maker.

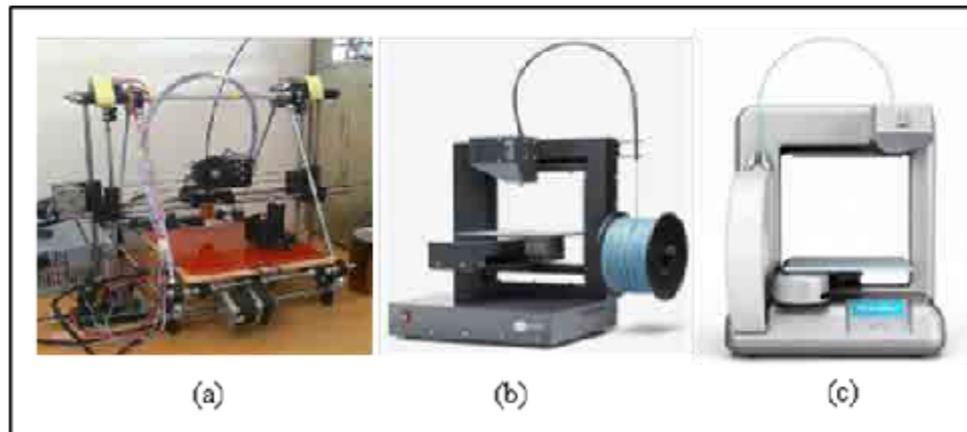


Figura 1 – Impressoras 3D: (a) RepRap versão Prusa Mendel. Fonte: Aguiar e Yonezawa (2014) apud RepRap. (b) Cliever. Fonte: Aguiar e Yonezawa (2014) apud Cliever Tecnologia; (c) Cube de 2ª Geração. Fonte: Aguiar e Yonezawa (2014) apud 3D Systems.

Ainda no campo das iniciativas que ajudaram na popularização e redução de custos de fabricação de Impressoras 3D, foi a fundação da empresa MakerBot no ano de 2009. Esta empresa é uma das líderes mundiais de vendas de impressoras 3D de pequeno porte desde o ano de 2017. A MakerBot (Figura 2) foi uma das primeiras empresas a tornar a impressão 3D acessível, permitindo a aquisição da impressora com baixo custo para equipar espaços makers inseridos em escolas e universidades (MAKERBOT, 2017).



Figura 2- Impressoras Makerbot  
Fonte: makerbot.com

### 3. ÁREAS DE APLICABILIDADE: EXEMPLOS NA SAÚDE E NA INDÚSTRIA

A saúde é uma das áreas, nas quais se percebe grande evolução no uso da impressão 3D. A Bespoke Innovations, empresa norte americana situada em São Francisco, desenvolve próteses ortopédicas, sob medida, de acordo com o perfil e a deficiência de cada indivíduo. São peças customizadas que podem custar até um décimo do valor daquelas produzidas utilizando métodos tradicionais (DALMAZO, 2010).

Exames de imagens, como tomografias computadorizadas, ressonâncias magnéticas e ultrassons, fornecem dados para a confecção de protótipos 3D utilizados em planejamentos pré-operatórios de cirurgias complexas. Protótipos de vértebras do corpo humano, impressos em 3D, chamam a atenção por sua precisão, possibilitando estudos morfológicos e investigações científicas sobre novas técnicas de fixação espinhal (WU et al, 2015; MARRO; BANDUKWALA e MAK, 2016).

O modelo físico 3D do crânio fraturado de um paciente foi impresso para possibilitar que o médico-cirurgião experimentasse e avaliasse a montagem desse modelo com o implante craniano contribuindo para o planejamento e simulando antecipadamente a cirurgia de alta complexidade a ser realizada. Essa simulação auxilia na preparação cirúrgica e colabora para a redução do tempo de cirurgia, favorecendo o desempenho médico e a reabilitação do paciente (CASTELAN, 2014).

Fazendo uma rápida análise dessas iniciativas fica bastante evidente o alto potencial da impressão 3D com vistas a capacitação de profissionais de saúde, ao planejamento adequado em diversas situações clínico-terapêuticas, ao favorecimento do trabalho dos profissionais da área da saúde, bem como aos benefícios a serem ofertados aos pacientes, em diversas especialidades médicas.

Em outra aplicação, não menos importante, a indústria é o setor que detém o maior percentual de uso das impressoras 3D. Em 2014 já se calculava que 95% dos produtos gerados a partir da tecnologia de impressão 3D pertenciam ao mercado industrial (COSTA, 2014). Protótipos de produtos de design de decoração, de móveis a objetos variados, podem ser visualizados e testados antecipadamente e com custo reduzido, assim como qualquer outra peça industrial. Empresas fabricantes de aeronaves não necessitam investir na produção em massa de algumas peças específicas, elas simplesmente encomendam a peça desejada. E esse campo ainda tem muito a explorar, as impressoras 3D e as ferramentas

de construção fabril estão cada dia mais acessíveis aos indivíduos, desta forma, qualquer pessoa com criatividade e espírito inovador pode gerir micro fábricas capazes de produzir desde jóias e acessórios personalizados até objetos inéditos, colhidos como frutos de mentes inventivas (ANDERSON, 2010).

A Amazon, empresa norte americana do comércio eletrônico, comercializa produtos impressos em 3D desde 2014. Em sua loja virtual disponibiliza variados produtos, como brinquedos e objetos de decoração. Seus clientes podem personalizar cada item por meio de ferramentas online e recebê-los em casa. Essa ação vislumbra promover experimentação de novas disposições de produzir e armazenar produtos, pois estes ficarão estocados em arquivos digitais e não mais nas prateleiras (COSTA, 2014).

Ainda nessa perspectiva, outra iniciativa interessante da indústria foi o projeto desenvolvido pela BRASKEM, em parceria com a Made in Space, empresa Norte-Americana. O trabalho realizado garantiu mais autonomia de tempo para os astronautas na estação espacial internacional devido a possibilidade de criação de objetos de uso dos astronautas no espaço (Figura 3). A Made In Space criou uma impressora 3D que imprime em micro gravidade e a BRASKEM criou o filamento a base de cana de açúcar chamado de plástico verde, reunindo características de flexibilidade, resistência e reciclabilidade, possibilitando a impressão de ferramentas e utensílios fundamentais para as missões no espaço (BRASKEM, 2016).



Figura 3- Ferramenta impressa no espaço. Fonte: BRASKEM.

De fato, independente da área do conhecimento, percebe-se que as aplicações da impressão 3D vão estar presentes na vida das pessoas, facilitando processos, influenciando na formação profissional, auxiliando comunidades na geração de produtos de interesse com baixo custo, entre outros papéis de grande importância prática.

É importante entender que o uso das impressoras 3D, hoje em franco processo de popularização, está encontrando espaço fértil nos ambientes educativos permitindo, portanto a abertura significativa de novas frentes de aplicação, voltadas a educação nos seus diversos níveis.

#### 4. IMPRESSÃO 3D E SUA APLICAÇÃO EM EDUCAÇÃO

Segundo Paulo Freire, ensinar não é transferir conteúdos, conhecimento, mas sim gerar as possibilidades para a sua elaboração. Cada sujeito deve assumir o papel de produtor do saber (FREIRE, 2016). A participação ativa desses sujeitos, tanto professores quanto alunos, é fundamental para enriquecer o processo ensino-aprendizagem.

As metodologias ativas aparecem em destaque no cenário educacional, no qual os agentes envolvidos são participes ativos do processo de construção do aprendizado. Nessa conjuntura a impressão 3D vem como ferramenta complementar ao processo de elaboração do saber, possibilitando a criação de múltiplos caminhos nos espaços (in)formais voltados a educação.

A impressão 3D está inserida no processo de fabricação digital que se inicia com a escolha do objeto, podendo passar pela modelagem ou escaneamento do objeto a ser produzido até a sua impressão. Todo esse caminho percorrido pelo aluno e pelo professor traz grande riqueza diretamente associada ao aprendizado. Na Figura 4, a célula impressa pode ser um excelente instrumento para o aprendizado nas aulas de ciências e biologia.



Figura 4 - Célula impressa. Fonte: thingiverse.com

Se considerarmos que a impressão 3D se configura enquanto tecnologia “recente” para a qual o domínio do seu uso ainda é restrito a poucos profissionais, especialmente entre aqueles que atuam na área de educação, ganha visibilidade o propósito dos repositórios de modelos 3D, como o thingiverse.com criado pela Makerbot, os quais detêm enorme variedade de arquivos prontos para a impressão. Nesse portal você encontra desde brinquedos, ferramentas, utensílios, até mesmo arquivos mais complexos como uma prótese de mão (Figura 5) e modelos para a construção de impressora 3D. Assim, os repositórios são peças fundamentais para a aplicação da impressão 3D em locais e situações nas quais a modelagem seria praticamente impossível.

No âmbito do ensino, por sua vez, a eficácia dos métodos tradicionais é posta a prova, pois o papel dos estudantes é, por muitas vezes passivo e limitado, implicando em difi-

culdade de abstração tridimensional e espacial. A pesquisa de Huang e Lin (2016) traz resultados preliminares que indicam que diferentes materiais didáticos como ferramentas didáticas pode se reverter em evolução para diferentes habilidades e resultados de aprendizagem. O trabalho buscou, a partir da modelagem 3D, conceber, projetar e implantar a impressão 3D como elemento da estrutura educacional de estudantes universitários, a fim de potencializar os avanços nos resultados de aprendizagem.

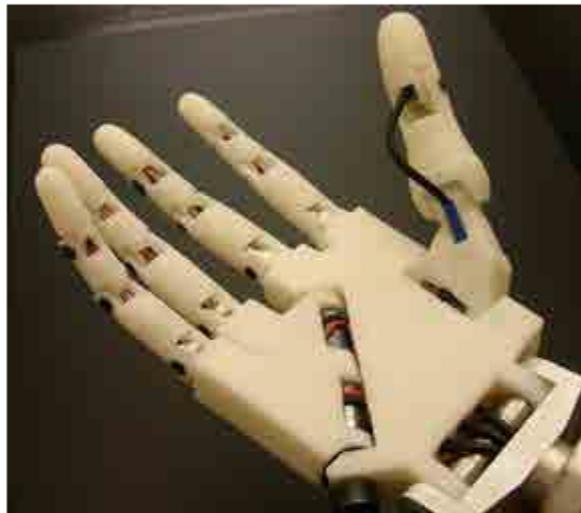


Figura 5 - Mão robótica. Fonte: thingiverse.com

A tecnologia de impressão 3D pode ser aplicada para ensinar diversos assuntos. Projetos variados envolvendo Belas Artes, Literatura, História, Matemática, Física e Química são listados no artigo de Thornburg (2014). Estudantes de interiores também fizeram uso da impressão 3D em seus trabalhos. Eles iniciaram o processo a partir da conceituação do projeto para posteriormente criarem o protótipo. Os resultados foram favoráveis no que tange a qualidade do processo e do design, concluindo, portanto, que a disponibilidade da referida tecnologia impacta os alunos positivamente (GREENHALGH, 2016).

A aprendizagem de Matemática e de Geometria necessita de pensamento abstrato e imaginação. A impressão 3D solicita níveis mais elevados de criatividade e inovação possibilitando aos alunos o desenvolvimento da imaginação e a visualização de números, formas bidimensionais e objetos 3D (Figura 6). Os aspectos interdisciplinares envolvidos na técnica de impressão 3D facilitam a aproximação e apropriação da disciplina de Matemática e de Geometria pelos estudantes.

Através de múltiplas habilidades: computacionais, de pensamento crítico e de resolução de problemas, o aluno, através da fabricação digital, tem outra dimensão da prática do aprendido. Ao final do processo, o resultado é um objeto físico produzido e projetado pelo aluno, o que contradiz o ensino tradicional para crianças, que se inicia com objetos físicos para depois evoluir para a abstração. Na impressão 3D o movimento é oposto, parte-se da imaginação para o concreto, de onde se pode concluir que ambos os processos podem se associar no decorrer da aprendizagem propiciando a criatividade e a imaginação. Quando dois grupos de alunos em idade escolar, um teste e um controle, foram comparados cons-

tatou-se que no grupo onde houve a ação com impressora 3D as habilidades reflexivas das crianças progrediram substancialmente (HULEIHILL, 2017).

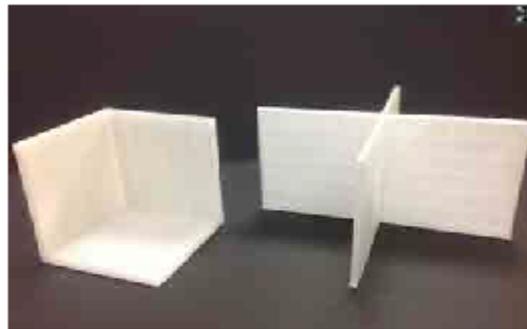


Figura 6 - Plano Cartesiano. Fonte: thingiverse.com

A impressão 3D pode, portanto, ser utilizada para elaboração de material didático complementar ao ensino. O processo percorre etapas importantes que iniciam com a identificação das demandas por meio da seleção de conteúdos, elaboração do plano para a concepção do instrumento didático almejado, desenvolvimento de rascunhos, modelagem 3D ou aquisição de modelo pronto na internet, finalização e impressão do objeto 3D, uso e avaliação do modelo fabricado (AGUIAR, 2016).

Pesquisas internacionais de Fredieu et al (2015), Kong et al (2016), Wu et al (2015), Fasel et al (2016) e Davenport et al (2017) analisaram a influência do emprego da impressão 3D na educação e obtiveram resultados positivos. Diversos protótipos foram desenvolvidos para auxiliar o ensino de Anatomia, Biologia, Química, e para treinamento e aperfeiçoamento de técnicas cirúrgicas dentre outros usos. Seu aspecto motivador e sua capacidade de produzir protótipos com precisão e muito próximos da realidade configuram a impressão 3D como um potencial aliado no processo educativo.

Nesse contexto, a Figura 7, uma representação do ouvido interno humano em um modelo 3D pronto para ser impresso pode ser facilmente encontrado no thingiver.com para aprendizado no campo da anatomia ou ainda para os estudos iniciais voltados ao entendimento do aparelho auditivo e suas funções.



Figura 7 - Modelo do ouvido interno humano. Fonte: thingiverse.com

Já o estudo de Kong et al (2016) buscou desenvolver um protótipo hepático em 3D (3DP) e compará-lo a um modelo de visualização 3D (3DV) e ao atlas anatômico tradicional para avaliar a eficácia no ensino para estudantes de medicina. Os resultados demonstram que tanto o 3DP (Figura 8) quanto o 3DV proporcionaram bom aprendizado, do ponto de vista anatômico e sem diferenças significativas entre eles. Porém, quando comparados ao método tradicional se mostraram significativamente superiores.

Mais um exemplo de aplicabilidade na educação é apresentado pelos autores Sampaio e Martins (2013) que realizaram uma pesquisa com crianças de onze anos de idade cursando a 5ª série do ensino fundamental e sua professora. A proposta era investigar a possibilidade da utilização da tecnologia de impressão 3D e modelagem 3D, como suporte ao processo educacional e como elemento motivador.

O estudo foi programado para a disciplina de Geografia com o tema "relevo do estado do Paraná". Foram realizadas oficinas e entrevistas e, ao final, verificou-se que a experiência pode ser reproduzida por outras disciplinas, na educação infantil, como Matemática, História ou Artes envolvendo conteúdos específicos de cada uma. As crianças, ao realizarem o exercício, desenvolveram a criatividade ao produzirem, editarem e imprimirem o modelo do mapa de relevo do estado. No entanto, o estudo pontua algumas considerações importantes a respeito de aspectos técnicos e didático-pedagógicos, como o treinamento do professor para utilizar a tecnologia e a qualidade do material de apoio oferecido às crianças que deve ser simples e de fácil entendimento.

Portanto, é visível o potencial emprego da referida tecnologia em sala de aula, sempre focando na necessidade dos alunos e professores do que na tecnologia em si. Para os docentes a relevância está na motivação provocada nos alunos para o aprendizado e a apreensão do conteúdo estudado, e para os alunos envolve a liberdade de utilização, a acessibilidade e a ludicidade.

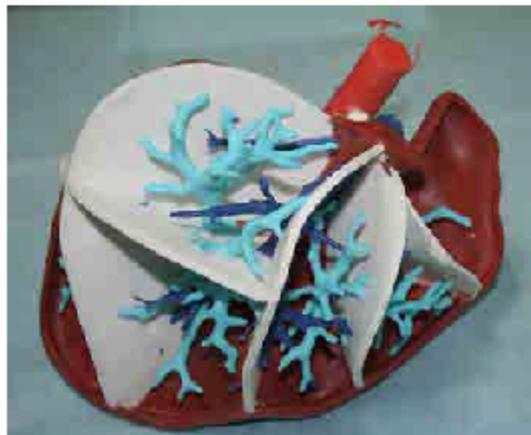


Figura 8 - modelo 3DP de segmentos hepáticos. Fonte: Kong et al (2016).

Outra possibilidade é o uso da impressão 3D na sala de aula para alunos com deficiência visual. O objetivo é dar acesso completo a instrução de qualidade aos referidos alunos. Já foram desenvolvidos diversos protótipos tridimensionais, como por exemplo, mapas

históricos e relíquias, como a gruta budista de Seokguram (Figura 9), que capacitaram os estudantes deficientes visuais ao aprendizado da cultura e história da Coreia. Conferindo assim, resultados benéficos e mais adequados aos alunos deficientes visuais que passaram a compreender e memorizar o conteúdo ensinado de maneira mais completa (JO et al, 2016).

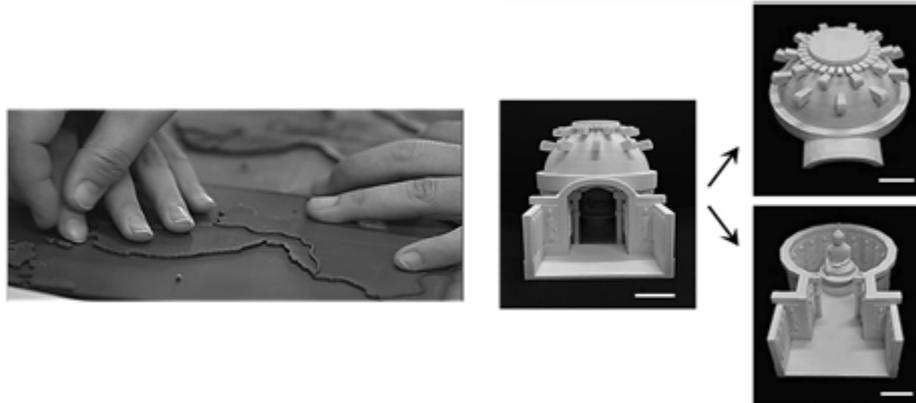


Figura 9 - mapa e relíquia impressos na impressora 3D. Fonte: Jo et al (2016)

O uso da impressão tridimensional incrementa potencialmente a motivação, a satisfação e a capacidade de reflexão dos alunos (HULEIHIL, 2017). O artigo de Thornburg (2014) pontua o entusiasmo que a impressão 3D fomenta nos alunos e professores e prevê o dia em que as impressoras 3D serão tão comuns quanto os computadores em sala de aula.

A aplicação da tecnologia de impressão 3D é muito motivadora para as crianças da educação infantil (SAMPAIO e MARTINS, 2013). A motivação é um componente que sempre se destaca no processo de ensino e aprendizagem envolvendo a impressão 3D. Ela é um dos elementos responsáveis por impulsionar os estudantes na busca do conhecimento, direcioná-los e mantê-los interessados em alcançar os objetivos educacionais, revelando assim que o uso da impressão 3D pode favorecer o aprendizado em qualquer faixa etária.

Na outra ponta do processo educativo, pode-se dizer que uma das formas de inserção da impressão 3D em universidades, se dá através do Movimento Maker (ou Movimento Criador), uma filosofia de cultura criadora, na qual, grupos e indivíduos produzem artefatos que podem ser recriados e montados utilizando softwares e objetos físicos (PAPAVLASOPOULOU; GIANNAKOS e JACCHERI, 2017).

Incorporados ao Movimento Maker surgiram os espaços de compartilhamento denominados laboratórios de fabricação digital. Esses laboratórios são espaços abertos à comunidade e podem estar localizados dentro ou fora das universidades ou escolas. São ambientes de sinergia entre pessoas e infraestrutura com o foco na implantação de novas ideias. Nesta vivência os alunos desenvolvem novos conhecimentos e aprendizagens passando pela criatividade, invenção e inovação (FONDA e CANESSA, 2016).

### **5. ESTRATÉGIAS PARA APLICAÇÃO DA IMPRESSORA 3D NOS ESPAÇOS DE INOVAÇÃO DA UNEB**

Conforme apresentado na seção anterior, as possibilidades de aplicação da Impressão 3D na educação são extensas e promissoras, porém devem-se observar questões técnicas de apoio aos pesquisadores, locais de acesso e compartilhamento das impressoras e aderência com os projetos pedagógicos dos cursos.

Na Universidade do Estado da Bahia (UNEB) o processo de uso da impressão 3D teve início em 2015, de forma não estruturada, com a aquisição de 15 (quinze) equipamentos que foram encaminhados para departamentos distintos da Instituição. A ausência de um planejamento adequado, conduziu tais equipamentos ao uso limitado devido à falta de insumos e de pessoal capacitado tanto para operação quanto para a aplicação da Impressão 3D na relação ensino-aprendizagem, por fim muitas impressoras 3D adquiridas nem sequer chegaram a ser usadas.

Em 2016, membros do Núcleo de Pesquisa Aplicada e Inovação (NPAI), visualizando as necessidades da UNEB e influenciados pelo movimento maker liderado pelo Massachusetts Institute of Technology (MIT), resolveram criar um modelo de laboratório aberto, fundando o laboratório aberto MandacaruLab. Esta iniciativa foi fortalecida a partir do financiamento contemplado no edital interno da Pró-Reitoria de Extensão (PROEX) da UNEB. O projeto aprovado contribuiu para a formação da equipe local, a partir das consultorias em fabricação digital e Impressão 3D. Esse edital contemplou também viagens para a equipe conhecer outras iniciativas makers na cidade de São Paulo, possibilitando a construção do conhecimento através da observação de técnicas de prototipações rápidas, técnicas de inventividades, desenvolvimentos de projetos hands-on (mão na massa), dentre outros.

Uma importante característica do MandacaruLab é que a comunidade acadêmica pode compartilhar de infraestrutura com equipamentos para fabricação digital e assim fazer a experimentação inicial de tecnologias no estado da arte, criando o primeiro estímulo para o surgimento de projetos de pesquisa aplicada dentro dos programas de graduação e pós-graduação.

Alinhado com a formação dos seus fundadores (na área de Computação) e com as características do movimento maker, o MandacaruLab estruturou o espaço tecnológico com foco na produção digital, visando atender alunos, professores e pesquisadores das mais diversas áreas do conhecimento, em suas demandas específicas. Um exemplo de demanda foi apresentada por um professor do curso de pós-graduação no Mestrado Profissional em Física. Como resultado foi desenvolvido um experimento de baixo custo, para ensino de termodinâmica, usando a Impressora 3D e plataformas de hardware de automação (neste caso Arduino) com apoio de facilitadores do MandacaruLab.

A missão do MandacaruLab é oferecer um laboratório aberto, agradável e lúdico capaz de fomentar o desenvolvimento de projetos criativos, estimulando: criatividade, inovação e empreendedorismo. Seu projeto arquitetônico (Figura 10) foi elaborado segundo a filosofia dos espaços makers:

- Sala com aspecto "descolado" e moderno para estimular a criatividade;
- Área externa com infraestrutura de rede elétrica e lógica e área de coworking para que os pesquisadores possam discutir ideias ou elaborar seus projetos tendo contato com outros pesquisadores e assim ampliar a sua rede de relacionamento para cooperação.

- Área reservada com bancadas de trabalho para equipamentos como impressora 3D, fresadora, computadores, etc.
- Sala com paredes de vidro para que o público externo tenha a curiosidade de experimentar o ambiente e a Impressora 3D;

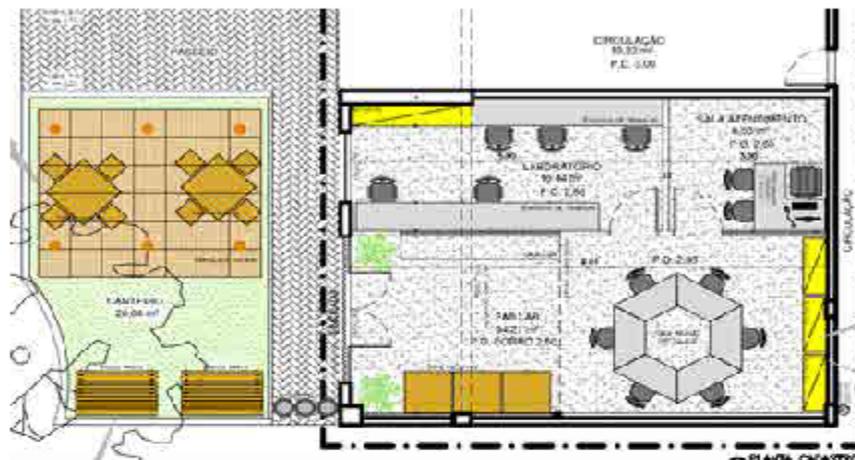


Figura 10 - Planta do Espaço de Inovação Mandacaru Lab. Fonte: o autor

A cultura maker e os métodos de ensino baseados na realização de projetos utilizando a Impressão 3D, foram disseminados na UNEB, inicialmente, a partir da realização de palestras e capacitações conduzidas pela equipe do MandacaruLab. A aderência aos cursos do Campus-I (Salvador) da UNEB não ocorreu pela inclusão do tema no conteúdo das disciplinas da graduação, mas sim pela inserção em projetos de pesquisa de Iniciação Científica, Conclusão de Curso de Graduação, Mestrado e/ou Doutorado, pois os mesmos necessitavam de soluções de fabricação digital envolvendo o uso da Impressora 3D.

A abrangência da atuação desse espaço de inovação não se limita à universidade, engloba também alunos de escolas vizinhas, inventores independentes ou qualquer pessoa que queira utilizar a estrutura para a concepção de um projeto.

## 6. CONCLUSÃO

A apropriação da tecnologia de impressão 3D no contexto educacional pode contribuir na formação do conhecimento dos assuntos abordados, uma vez que a visualização através de imagens facilita a compreensão dos conteúdos apresentados. A participação dos envolvidos na criação do objeto estimula a vivência com o conhecimento, proporcionando uma situação inovadora na educação.

A rápida expansão, no uso de impressoras 3D, para diversas áreas do conhecimento e sua popularização conduzida pela redução do custo de aquisição, produz maior acessibilidade a essa tecnologia.

É necessário considerar ainda a necessidade que os estudantes presenciam no desafio de ampliar suas áreas de conhecimento, devido ao caráter multidisciplinar do processo no

qual a impressão 3D está inserida. No entanto, também se faz proveitosa como material didático complementar, ao poder ser usada num estágio de objeto já impresso, apoiando a difusão de conteúdos em situações diversas, a exemplo de estudantes deficientes visuais.

A qualidade e precisão de peças 3D impressas proporciona relevante avanço no estudo em diversas áreas do conhecimento. Por outro lado, para acompanhar esse novo cenário, os professores devem expandir as suas habilidades tecnológicas, buscando atualização de maneira constante para atender as novas demandas. Uma forma de potencializar a aquisição de conhecimento é a combinação de recursos pedagógicos diversos para que um complemente o outro e os estudantes se beneficiem dessas modalidades integradas. A tecnologia não deve ser vista como um substituto do ensino tradicional. Na verdade, seu papel é agregar valor ao processo de construção do conhecimento, na busca por uma educação de qualidade.

A impressão 3D se projeta como ferramenta de grande impacto para ações educativas inovadoras que contemplam alunos e professores do ensino fundamental ao ensino superior, incluindo a Pós-Graduação, Lato e Stricto sensu, nas quais novos produtos podem ser concebidos utilizando tal tecnologia a favor de ações que tragam retorno a sociedade.

Apesar do panorama apresentado neste trabalho, é necessária a realização de novas pesquisas. É imperativo que outros estudos sejam realizados, novos experimentos produzidos, pois apenas percorrendo o caminho da investigação científica se torna possível o fortalecimento e a consolidação de um cenário educacional revigorado pela ciência e tecnologia.

#### REFERÊNCIAS

- ANDERSON, C. Átomos são os novos BITS. Exame, 2010. Seção Especial Ideias. Disponível em: <[http://arquivos.suporte.ueg.br/moodlebetinha/moodledata/82/Artigos\\_1Bimestre/1bimestre\\_artigo7\\_Atomos\\_Sao\\_os\\_novos\\_BITS.pdf](http://arquivos.suporte.ueg.br/moodlebetinha/moodledata/82/Artigos_1Bimestre/1bimestre_artigo7_Atomos_Sao_os_novos_BITS.pdf)>. Acesso em: 20 jul. 2017.
- AGUIAR, L.C.D. Um processo para utilizar a tecnologia de impressão 3D na construção de instrumentos didáticos para o ensino de Ciências. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) - Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Bauru, 2016.
- AGUIAR, L. C. D.; YONEZAWA, W. M. Construção de instrumentos didáticos com impressoras 3D. In: IV SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA, 2014, Ponta Grossa – PR.
- AUGUSTO, I. et al. Virtual Reconstruction and Three-Dimensional Printing of Blood Cells as a Tool in Cell Biology Education. PLoS One, ago. 2016. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4985121/>>. Acesso em 24 abr. 2017.
- BRASKEM. Astronautas utilizam Plástico Verde da Braskem em Estação Espacial Internacional. nov/2016. Disponível em: <<https://www.braskem.com.br/detalhe-press-releases-mis/astronautas-utilizam-plastico-verde-da-braskem-em-estacao-espacial-internacional>>. Acesso em: 20 set. 2017.
- CASTELAN, J. et al. Manufatura de implante craniano customizado utilizando impressão 3D e estampagem incremental de chapas. Tecnologia em Metalurgia, Materiais e Mineração, São Paulo, v. 11, n. 4, p.316-325, out./dez. 2014. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/273338666>>. Acesso em: 18 jul. 2017.
- COSTA, M. Impressão 3D para as massas. Exame, 2014. Seção Tecnologia | Consumo. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/revista-exame/impressao-3d-para-as-massas/>>.

Acesso em 18 jul. 2017.

DALMAZO, L. Uma fábrica em cada garagem. Exame, 2010. Seção Tecnologia | Inovação. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/revista-exame/uma-fabrica-em-cada-garagem/>>. Acesso em: 5 abr. 2017.

DAVENPORT, J. et al. A Self-Assisting Protein Folding Model for Teaching Structural Molecular Biology. *Structure*, vol.25(4), p.671-678, abr. 2017.

DUCAN, J. M.; DAURKA, J.; AKHTAR, K. Use of 3D printing in orthopedic surgery. *British Medical Journal*, maio 2014. E-ISSN: 1756-1833; DOI: 10.1136/bmj.g2963. Disponível em: <<http://www.bmj.com/content/348/bmj.g2963>>. Acesso em: 11 jul. 2017.

FASEL, J. et al. Adapting anatomy teaching to surgical trends: a combination of classical dissection, medical imaging, and 3D-printing technologies. *Surgical and Radiologic Anatomy*, vol.38 (3), p.361-367, 2016. DOI 10.1007/s00276-015-1588-3.

FONDA, C.; CANESSA, E. Making ideas at scientific fabrication laboratories. *Physics Education*, vol.51 (6), 2016.

FREDIEU, J. et al. Anatomical Models: a Digital Revolution. *Medical Science Educator*, vol.25(2), p.183-194, 2015.

FREIRE, P. *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. 54ª ed. Rio de Janeiro | São Paulo: Paz & Terra, 2016.

GREENHALGH, S. The effects of 3D printing in design thinking and design education. *Journal of Engineering, Design and Technology*, vol.14 (4), p.752-769, 2016.

HAFSA, M.N. et al. Evaluation of FDM Pattern with ABS and PLA Material. *Applied Mechanics and Materials*. Vols. 465-466, pp 55-59, 2014. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/272116211\\_Evaluation\\_of\\_FDM\\_pattern\\_with\\_ABS\\_and\\_PLA\\_material](https://www.researchgate.net/publication/272116211_Evaluation_of_FDM_pattern_with_ABS_and_PLA_material)>. Acesso em: 19 jun. 2017. ISSN: 1662-7482.

HISTÓRIA. A brief history of 3d printing. Disponível em: <[https://individual.troweprice.com/staticFiles/Retail/Shared/PDFs/3D\\_Printing\\_Infographic\\_FINAL.pdf](https://individual.troweprice.com/staticFiles/Retail/Shared/PDFs/3D_Printing_Infographic_FINAL.pdf)>. Acesso em: 19 jun. 2017.

HUANG, T.; LIN, C. From 3D modeling to 3D printing: Development of a differentiated spatial ability teaching model. *Telematics and Informatics*, vol.34 (2), p.604-613, maio 2016.

HULEIHIL, M. 3d printing technology as innovative tool for math and geometry teaching applications. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol.164 (1), 2017.

JO, W. et al. Introduction of 3D printing technology in the classroom for visually impaired students. (Practice Report), *Journal of Visual Impairment & Blindness*, vol.110 (2), p.115 (7), 2016.

KATARA, P; DOSS.V, S. Structural Electronics Based on 3D Printing. *International Journal of Scientific Research in Science, Engineering and Technology*, vol.1, ago. 2015. Disponível em: <<http://ijsrset.com/paper/505.pdf>>. Acesso em: 19 jun. 2017. ISSN: 2394-4099.

KONG, X. et al. Do Three-dimensional Visualization and Three-dimensional Printing Improve Hepatic Segment Anatomy Teaching? A Randomized Controlled Study. *Journal of Surgical Education*, vol.73 (2), p.264-269, mar.-abr. 2016.

MAKERBOT. About Makerbot. Disponível em: <https://www.makerbot.com/about-us/>. Acesso em: 20 set. 2017.

MARRO, A.; BANDUKWALA, T.; MAK, W. Three-Dimensional Printing and Medical Imaging: A Review of the Methods and Applications. *Current Problems in Diagnostic Radiology*, vol.45 (1), p.2-9, jan-fev. 2016.

PAPAVLASOPOULOU, S.; GIANNAKOS, M. N.; JACCHERI, L. Empirical studies on the Maker Movement, a promising approach to learning: A literature review, *Entertainment Compu-*

ting, vol.18, p.57-78, jan. 2017.

PATENTE, 2017. Disponível em: <https://www.google.com/patents/US4575330>>. Acesso em: 19 jun. 2017.

SAMPAIO, C. P. D.; MARTINS, R. F. F. A modelagem 3d virtual e a impressão 3d como ferramentas de apoio ao aprendizado na educação infantil: viabilidade e possibilidades de aplicação. Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2013. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/315409563>>. Acesso em: 30 jun. 2017.

THORNBURG, D. 7 hands-on projects that use 3D printers: our expert takes you beyond the wow factor to explore how 3D printing can help teach a range of subjects.(21ST CENTURY CLASSROOM). THE Journal (Technological Horizons In Education), vol.41 (9), p.9 (3), set. 2014.

WU, AI-MIN et al. The Accuracy of a Method for Printing Three-Dimensional Spinal Models. PLoS One, vol.10 (4), abr. 2015. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4411119/>>. Acesso em 25 abr. 2017.

## 5.2 RESULTADO 2 – ARTIGO CIENTÍFICO

[REDACTED]



[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

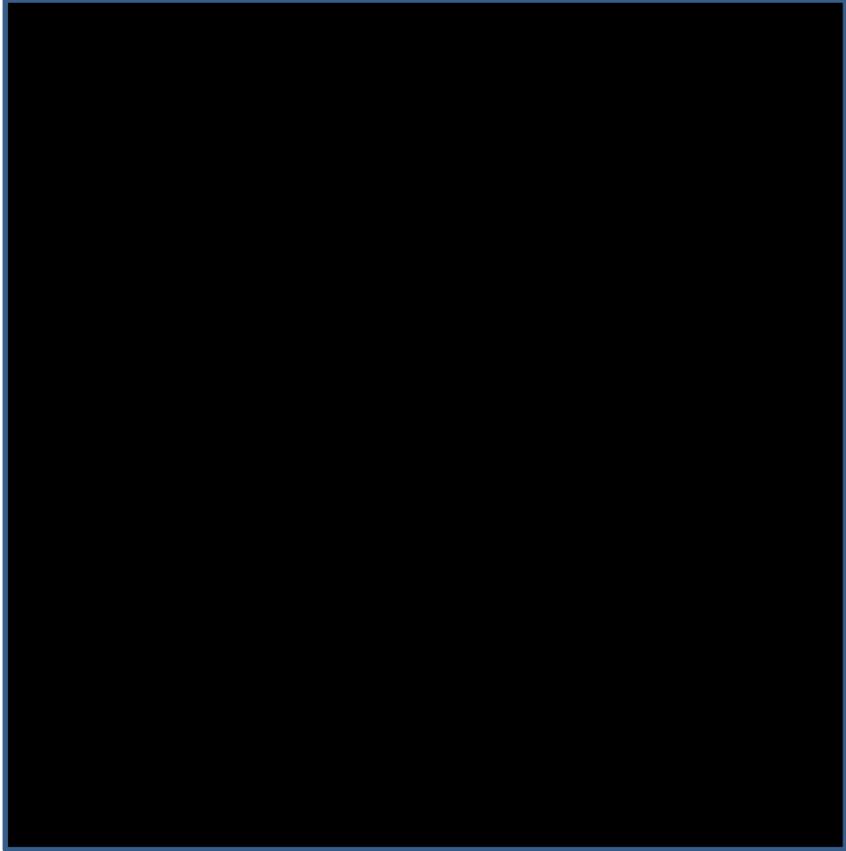
[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

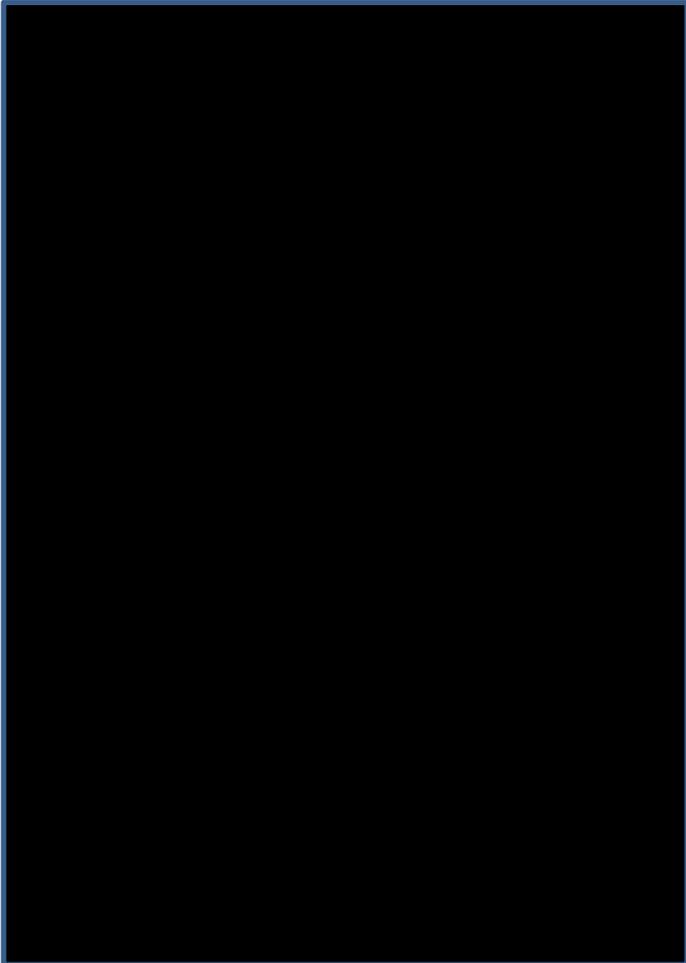
[Redacted]



[Redacted]

[Redacted text block]

[Redacted text block]



[Redacted text block]

[Redacted text block]



[REDACTED]



[Redacted line of text]

[Redacted text]

[Redacted line of text]



[Redacted line of text]

[Redacted]







[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]



[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted text block]

### 5.3 RESULTADO 3 - PROTÓTIPO DE JOGO ADAPTADO PARA DEFICIENTES

#### VISUAIS

No modelo apresentado na Figura 5, foi escolhida a temática Dengue, buscando permitir discussões no âmbito da educação em saúde. O jogo, por si, gira em torno de uma cidade infestada pelo mosquito *Aedes aegypti* e das ações para combatê-lo.



Figura 5. Jogo de tabuleiro MML Code Table, adaptado para deficientes visuais. MML, Salvador, 2018.

A missão dos personagens é coletar o lixo espalhado pela cidade (garrafas e pneus) e tampar a caixa d'água da casa do jogador, esta localizada do outro lado do rio.

Para tanto, o tabuleiro possui os seguintes elementos táteis:

- Personagens que são os agentes das ações orquestradas pelos jogadores;
- Peças que devem ser coletadas como lixo (garrafas e pneus);
- Peças de representação das residências (casas);
- Peças para ação “tampar caixa d’água” (tampas das caixas d’água das residências);
- Peças que são obstáculos (árvores, rio e *Aedes aegypti*);
- Peças para transpor o rio (pontes);

- *Cards* com as missões a serem realizadas;
- Temporizador com som;
- Dado

Objetivo do jogo: Os jogadores devem cumprir cada missão sorteada entre os *cards*;

Regras do Jogo:

- O jogo só poderá ser jogado por no máximo dois jogadores;
- O personagem deve estar posicionado de frente para o objeto que sofrerá a ação;
- O arremesso do dado indica quem inicia o jogo pelo maior número obtido;
- A cada rodada o dado é jogado para apontar o número máximo de casas do tabuleiro que o personagem pode percorrer;
- Toda ação do personagem é estabelecida pelas linhas de programação definidas por cada jogador;
- Cada jogador determina a sua estratégia e tem 3 minutos marcados no temporizador para montar as peças das linhas de programação e finalizar o código;
- O jogador somente deverá mover o personagem no tabuleiro após a finalização do código, que se dá através de uma peça específica (vide figura 2: peça laranja disposta na parte inferior da figura);
- Na existência de erro nas linhas de programação, o código só funcionará até a última linha correta, interrompendo a jogada.
- Caso não seja encerrado em 3 minutos, o código não funcionará, portanto o personagem não se movimentará no tabuleiro;
- A ponte deverá ser usada para atravessar o rio e as demais peças são obstáculos que devem ser contornados.

Resultado:

- Vence quem primeiro concluir as missões.

Observe que:

- Sempre iniciamos as linhas de programação com a peça INÍCIO e em seguida a peça FAÇA, que dará o comando da ação para o personagem;
- O número de casas percorridas corresponde ao número determinado pelo dado. Lembrando que o número designado pelo dado é o **máximo** de casas que podem ser percorridas, não é obrigatório atingir esse número;
- A última peça FIM deve ser colocada para indicar que as linhas de programação foram finalizadas.
- A peça PEGAR deve ser utilizada para recolher o lixo (garrafas e pneus)
- A peça LARGAR de ser utilizada para tampar (LARGAR) a caixa d'água.

## 6 DISCUSSÃO GERAL

Este estudo buscou soluções que auxiliassem o processo de ensino e aprendizagem de deficientes visuais, tendo os ambientes *maker* como locais de fomento da pesquisa e a impressão 3D como principal diferencial no desenvolvimento das ferramentas didáticas voltadas ao ensino do deficiente visual.

O deficiente visual tem uma percepção diferente da realidade que o rodeia quando comparada a de uma pessoa que enxerga normalmente, isso ocorre devido à ausência ou redução da captação das informações através do canal sensorial visual. Dessa forma, é fundamental que seja ofertado ao deficiente visual maneiras alternativas de compreensão da realidade para que possa adquirir conhecimento e se inserir no processo educacional (NUNES; LOMÔNACO, 2010; OCHAITA; ROSA, 1995).

Os deficientes visuais devem ter outros canais sensoriais estimulados e fortalecidos com objetivo de desenvolver a compreensão da realidade que os cerca, assim, devem-se disponibilizar para eles oportunidades de aprendizado, como ocorre com todos que enxergam normalmente, no entanto, devem ser ressaltadas as suas experiências táteis, auditivas e cinestésicas (NUERNBERG, 2008).

O Movimento *Maker* é uma filosofia de cultura criadora, embalada pelo movimento do “faça você mesmo” e pelo compartilhamento de informações entre grupos e pessoas, a fim de encontrar soluções para problemas e desafios do cotidiano, individuais ou coletivos. Incorporados à cultura *maker*, surgiram os laboratórios de fabricação digital, que são espaços abertos de compartilhamento que estimulam a criação e inovação (FONDA; CANESSA, 2016; PAPAVALASOPOULOU; GIANNAKOS; JACCHERI, 2017; SILVA; SILVA; SILVA, 2018).

Inseridas nesses laboratórios abertos de fabricação digital estão as impressoras 3D. A área educacional, em um movimento crescente, vem se apropriando de tecnologias digitais que trazem novidades capazes de auxiliar o modelo de ensino tradicional, através de modelos mais ativos de educação, levando o aluno para o centro do processo (AUGUSTO et al, 2016). A tecnologia de impressão 3D se constitui em mais um instrumento que poderá ser usado com fins educacionais. Através da impressora 3D podemos fabricar inúmeros objetos que podem contribuir para o processo de ensino e aprendizagem, constituindo ferramentas didáticas de educação.

O material didático confeccionado a partir de uma impressora 3D pode ser utilizado para ensinar diversos conteúdos. Disciplinas como Belas Artes, Matemática, Biologia, Anatomia, História, Física, Química, Geometria e Geografia já fizeram uso de tal tecnologia e obtiveram resultados positivos (DAVENPORT et al, 2017; FASEL et al, 2016; FREDIEU et al, 2015; HULEIHILL, 2017; KONG et al, 2016; SAMPAIO; MARTINS, 2013; THORNBURG, 2014; WU et al, 2015).

A impressora 3D tem a capacidade de fabricar quase tudo, a partir desta afirmativa, é possível perceber que este tipo de tecnologia pode transitar pelos diversos conteúdos e propostas disciplinares e de ensino. Além do grande poder de customização, a produção através da impressora 3D é simplificada quando comparada a produção industrial. Através de redes de compartilhamento pode-se ter acesso ao arquivo virtual do que se deseja imprimir ou ainda, para os que possuem outras habilidades, pode-se modelá-lo no computador e para imprimi-lo é somente necessário ter acesso a uma impressora 3D (SAMPALIO e MARTINS, 2013; THORNBURG, 2014). Muitas escolas e centros educacionais já possuem impressoras 3D as quais também podem ser encontradas em *Fab Labs* ou em laboratórios abertos de fabricação digital.

Seu caráter inovador trás consigo um componente motivacional importante, desperta no estudante interesse e curiosidade, o que poderá se conservar durante todo o processo de ensino e aprendizagem. A motivação e o entusiasmo impulsionam o aluno em busca do conhecimento e os mantêm interessados e conectados ao estudo proposto, o que o ajudará a conquistar seus objetivos educacionais.

A impressora 3D produz artefatos tridimensionais o que lhes confere uma marcante característica tátil e a variedade dos tons dos filamentos possibilita o emprego de uma diversidade de cores, elementos fundamentais para o envolvimento dos deficientes visuais. Através do tato o deficiente visual percebe formas, texturas e estabelece relações espaciais o que possibilita que ele desenvolva a percepção e o entendimento do que o cerca através da exploração sensorial.

Devem-se oferecer às crianças deficientes visuais as mesmas informações disponibilizadas às de visão normal, no entanto, se faz necessária a utilização de materiais adaptados para que, através de meios alternativos, os deficientes visuais desenvolvam a sua capacidade intelectual e adquiram conhecimento. Portanto, a criação de material didático adaptado ao deficiente visual contribui para o seu processo de inclusão nos centros de ensino favorecendo a sua evolução no processo educacional e enquanto ser social (JO et al, 2016; NUERNBERG, 2008).

Os professores que possuem alunos deficientes visuais em suas disciplinas também enfrentam dificuldade para desenvolver as temáticas e assuntos desejados. O material didático normalmente disponibilizado não atende às necessidades do deficiente visual e costumam apresentar grande dependência de interação visual. Tanto professores quanto alunos geralmente contam com ferramentas didáticas que dependem do canal sensorial da visão, como livros, apostilas e projeções em sala de aula, que frequentemente apresentam diversas imagens necessárias à compreensão da matéria (AQUINO; LIMA; PESSOA, 2011). Desta forma, o aprendizado do deficiente visual fica limitado ao uso exclusivo do canal sensorial auditivo, que apesar de muito importante é insuficiente para a evolução educacional satisfatória.

A fim de modificar esse panorama, este trabalho buscou desenvolver uma ferramenta didática voltada aos deficientes visuais. A partir do envolvimento com ambientes de inovação, repletos de criatividade e tecnologia, foi possível gerar o protótipo de um produto com potencial de aplicabilidade para deficientes visuais. A criação de tal protótipo somente foi possível através da utilização da tecnologia de impressão 3D, aliada fundamental em todo o processo.

A partir de perspectivas inovadoras para a educação, tem-se buscado estimular o despertar e a evolução de diversas habilidades do indivíduo com o objetivo de um aprendizado mais completo que prepare esse aluno para a vida em um cenário atual. A habilidade de raciocínio lógico é uma das que merece atenção, e o seu desenvolvimento pode ser impulsionado através de jogos, de robótica educacional e lógica de programação.

Outro ponto relevante é a recomendação da Sociedade Brasileira de Computação orientando que conteúdos de computação sejam oferecidos às crianças da Educação Básica, destacando que, em alguns eixos, tais conteúdos sejam transmitidos de maneira desplugada, ou seja, sem o uso do computador (SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO, 2017).

Portanto, a partir do cenário descrito associado à necessidade de oferecer material didático adaptado aos deficientes visuais e com a tecnologia de impressão 3D à disposição, tais elementos foram reunidos em uma proposta de inovação incremental em jogo de tabuleiro voltado ao ensino de deficientes visuais.

A utilização da tecnologia de impressão 3D conferiu ao projeto a condição tátil de todas as peças, incluindo o braile, e o contraste de cores com que foram produzidas, elementos essenciais na promoção de acessibilidade aos deficientes visuais que poderão utilizar o jogo adaptado como ferramenta de aprendizado. A impressão 3D permite ainda,

diferentes abordagens temáticas, na medida em que novas peças de encaixe do tabuleiro podem ser confeccionadas de acordo com conteúdo desejado. Tais informações estão em acordo com estudos que demonstram que o uso de novas tecnologias pode ampliar significativamente o aprendizado, mesmo em associação aos elementos tradicionais de ensino (KHAN, 2013).

O deficiente visual enquanto joga fará uso do canal sensorial do tato, aprimorando o seu desenvolvimento uma vez que manuseia o material produzido pela impressora 3D e compreende as informações necessárias ao progresso do jogo. O canal sensorial auditivo também é utilizado durante a partida, pois através dele o jogador recebe informações do professor mediador da partida e interage com o(s) outro(s) jogador(es). Outras competências e habilidades serão potencializadas como o deslocamento espacial e a lateralidade assim como a comunicação e interação social (NUNES; LOMÔNACO, 2010; OCHAITA; ROSA, 1995).

O recurso didático proposto nesta pesquisa é composto por um jogo de tabuleiro tátil/contraste de cores, cujo conteúdo é flexível e adaptável a outras temáticas devido à utilização da impressão 3D o que lhe confere a característica de ser customizável. Entretanto, a sua base teórica se apoia em metodologias ativas, em reconhecidas teorias de desenvolvimento de competências e habilidades e na aprendizagem de deficientes visuais.

Assim, podemos afirmar que nossos resultados atingem indicadores suficientes para discutir e defender a potencialidade do protótipo de jogo de tabuleiro para deficientes visuais, com potencialidade para melhorar a relação ensino-aprendizagem desses indivíduos.

## 7 CONCLUSÕES

Este estudo buscou verificar as relações entre espaços de inovação e a produção de ferramentas didáticas utilizando impressão 3D, voltadas à área educacional. A partir do exposto, conclui-se que:

Os espaços de inovação, em especial, os laboratórios de fabricação digital, imersos na cultura *maker*, são ambientes que fomentam a criação e a implementação de diversas soluções, inclusive educacionais.

O recurso didático criado com o auxílio da impressão 3D detém características fundamentais para sua aplicação na educação de deficientes visuais, apresentando caráter tátil, somado as muitas possibilidades de cores que podem ser empregadas através do filamento utilizado para impressão.

A impressão 3D permite que as peças produzidas possam ser facilmente substituídas por outras, de acordo com o conteúdo desejado, o que torna o recurso didático adaptável às diversas áreas do conhecimento.

A ferramenta didática construída apresenta grande potencial para auxiliar na relação ensino-aprendizagem, podendo contemplar pessoas com visão normal e, especialmente aquelas que apresentam deficiência visual.

Como perspectivas futuras pretende-se aplicar o recurso didático em dinâmicas de sala de aula com deficientes visuais com o propósito de testar sua eficiência, ao tempo em que, melhoramentos sejam propostos com o objetivo de favorecer a evolução desta ferramenta.

## 8 REFERÊNCIAS

- ABREU, P. H. B. **Games E Educação: Potência De Aprendizagem Em Nativos Digitais**. Dissertação - Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2012. Disponível em: <[http://www.ufjf.br/ppge/files/2012/05/DISSERTA%C3%87%C3%83O\\_PedroAbreu.pdf](http://www.ufjf.br/ppge/files/2012/05/DISSERTA%C3%87%C3%83O_PedroAbreu.pdf)>. Acesso em: 17 fev. 2017.
- AGUIAR, L.C.D. **Um processo para utilizar a tecnologia de impressão 3D na construção de instrumentos didáticos para o ensino de Ciências**. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) - Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Bauru, 2016. Acesso em: 23 abr. 2017.
- AGUIAR, L.C.D.; YONEZAWA, W.M. Construção de instrumentos didáticos com impressoras 3D. In: IV SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA, 2014, Ponta Grossa – PR.
- ALVES, L. R. G., Games e educação – a construção de novos significados, **Revista Portuguesa de Pedagogia**, ano 42-2, p. 225-236, 2008. DOI:[http://dx.doi.org/10.14195/1647-8614\\_42-2\\_12](http://dx.doi.org/10.14195/1647-8614_42-2_12)
- ANDERSON, C. Átomos são os novos BITS, **Exame**, 2010. Seção Especial Ideias. Disponível em: <[http://arquivos.suporte.ueg.br/moodlebetinha/moodldata/82/Artigos\\_1Bimestre/1bimestre\\_artigo7\\_Atomos\\_Sao\\_os\\_novos\\_BITS.pdf](http://arquivos.suporte.ueg.br/moodlebetinha/moodldata/82/Artigos_1Bimestre/1bimestre_artigo7_Atomos_Sao_os_novos_BITS.pdf)>. Acesso em: 20 jul. 2017.
- ANTUNES, C. **Jogos para a estimulação das múltiplas inteligências**. 20 ed. Petrópolis: Editora Vozes, 2014.
- AQUINO, L. V.; LIMA, M. A. E. I.; PESSOA, D. M. M. O Aluno com Necessidades Específicas e sua Inclusão na Escola: Uma Contribuição da Biologia. In: VIII ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS | I CONGRESSO IBEROAMERICANO DE INVESTIGACIÓN EN ENSEÑANZA DE LAS CIÊNCIAS, 2011, Campinas - SP. Disponível em: <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiipec/resumos/R0456-1.pdf>. Acesso em: 9 nov. 2017.
- AUGUSTO, I. et al. *Virtual Reconstruction and Three-Dimensional Printing of Blood Cells as a Tool in Cell Biology Education*. **PloS One**, ago. 2016. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4985121/>>. Acesso em 24 abr. 2017.
- BATISTA, C. G. Formação de conceitos em crianças cegas: questões teóricas e implicações educacionais. **Psic.: Teor. e Pesq.**, Brasília, v. 21,n. 1,p. 07-15, abr. 2005. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-37722005000100003&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-37722005000100003&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em: 16 nov. 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-37722005000100003>.
- BELL, T.; WITTEN, I. H.; FELLOWS, M. **Computer Science Unplugged**: Ensinando Ciência da Computação sem o uso do computador, 2011. Disponível

em:<<https://classic.csunplugged.org/wp-content/uploads/2014/12/CSUnpluggedTeachers-portuguese-brazil-feb-2011.pdf>>. Acesso em: 25 jun. 2018.

BROCKVELD, M. V. V.; SILVA, M. R.; TEIXEIRA, C. S. A cultura *Maker* em prol da inovação nos sistemas educacionais. In: TEIXEIRA, C. S.; SOUZA, M. V. (Org.). **Educação fora da caixa**: tendências para a educação no século XXI. Florianópolis: Bookess, 2017.

CASTELAN, J. et al. Manufatura de implante craniano customizado utilizando impressão 3D e estampagem incremental de chapas. **Tecnologia em Metalurgia, Materiais e Mineração**, São Paulo, v. 11, n. 4, p.316-325, out./dez. 2014. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/273338666>>. Acesso em: 18 jul. 2017.

CONTERNO, S. F. R.; LOPES, R. E. Pressupostos pedagógicos das atuais propostas de formação superior em saúde no Brasil: origens históricas e fundamentos teóricos. **Avaliação (Campinas)**, Sorocaba, v. 21, n. 3, p. 993-1016, nov. 2016. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1414-40772016000300993&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-40772016000300993&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em 07 nov. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S1414-40772016000300016>.

COSTA, M. Impressão 3D para as massas. **Exame**, 2014. Seção Tecnologia | Consumo. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/revista-exame/impressao-3d-para-as-massas/>>. Acesso em 18 jul. 2017.

COSTA, T. A. et al. O Ensino de Linguagem de Programação na Educação Básica Através da Robótica Educacional: Práticas e Interdisciplinaridade. In: VI CONGRESSO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO | ANAIS DO XXIII WORKSHOP DE INFORMÁTICA NA ESCOLA, 2017, Recife - PE. Disponível em: <[www.br-ie.org/pub/index.php/wie/article/download/7287/5085](http://www.br-ie.org/pub/index.php/wie/article/download/7287/5085)> Acesso em 25 jun. 2018.

CUNHA, M.D. **O Uso Das Tics em Sala De Aula: A voz dos professores das escolas públicas do Estado de São Paulo**. Dissertação (mestrado) - Faculdade de Ciências e Letras, Universidade Estadual Paulista “Júlio De Mesquita Filho”, Araraquara – SP, 2014. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/126349>>. Acesso em: 19 set. 2017.

DALMAZO, L. Uma fábrica em cada garagem. **Exame**, 2010. Seção Tecnologia | Inovação. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/revista-exame/uma-fabrica-em-cada-garagem/>>. Acesso em: 5 abr. 2017.

DAVENPORT, J. et al. *A Self-Assisting Protein Folding Model for Teaching Structural Molecular Biology*, **Structure**, vol.25(4), p.671-678, abr. 2017.

DIESEL, A.; BALDEZ, A. L. S.; MARTINS, S. N. Os princípios das metodologias ativas de ensino: uma abordagem teórica. **Revista Thema**, [S.I.], vol. 14, nº1, p. 268-288, fev. 2017. ISSN 2177-2894. Disponível em: <<http://revistathema.ifsul.edu.br/index.php/thema/article/viewFile/404/295>>. Acesso em: 25 jun. 2018.

DUCAN, J. M.; DAURKA, J.; AKHTAR, K. *Use of 3D printing in orthopedic surgery*. **British Medical Journal**, maio 2014. E-ISSN: 1756-1833; DOI: 10.1136/bmj.g2963. Disponível em: <<http://www.bmj.com/content/348/bmj.g2963>>. Acesso em: 11 jul. 2017.

EYCHENNE, F.; NEVES, H. **Fab Lab**: A Vanguarda da Nova Revolução Industrial. São

Paulo: Editorial Fab Lab Brasil, 2013. Disponível em: <<https://livrofablab.wordpress.com/>>. Acesso em: 11 nov. 2018.

FABLAB. Disponível em: <<https://www.fablabs.io/labs?country=br&page=3>>. Acesso em: 17 nov. 2018.

FASEL, J. et al. *Adapting anatomy teaching to surgical trends: a combination of classical dissection, medical imaging, and 3D-printing technologies*. **Surgical and Radiologic Anatomy**, vol.38 (3), p.361-367, 2016. DOI 10.1007/s00276-015-1588-3.

FONDA, C.; CANESSA, E. *Making ideas at scientific fabrication laboratories*, **Physics Education**, vol.51 (6), 2016.

FREDIEU, J. et al. *Anatomical Models: a Digital Revolution*, **Medical Science Educator**, vol.25(2), p.183-194, 2015.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. 54. ed. Rio de Janeiro | São Paulo: Paz & Terra, 2016.

GARDNER, H. **Inteligências Múltiplas - A Teoria na Prática**. Porto Alegre: Artmed, 1995. Reimpressão 2012.

GAROFALO, D. Atividades desplugadas: linguagem de programação sem computador, **Nova Escola - Gestão Escolar**, nov. 2017. Disponível em: <<https://novaescola.org.br/conteudo/7111/atividades-desplugadas-ensinar-linguagem-de-programacao-sem-computador>>. Acesso em: 25 jun. 2018.

GREENHALGH, S. *The effects of 3D printing in design thinking and design education*, **Journal of Engineering, Design and Technology**, vol.14 (4), p.752-769, 2016.

GRIFIN, H. C.; GERBER, P. J. Desenvolvimento tátil e suas implicações na educação de crianças cegas. **Revista Benjamin Constant**, jan. 2017. Disponível em: <http://www.ibr.gov.br/revistas/200-edicao-05-dezembro-de-1996>. Acesso em: 9 nov. 2017.

GROS, B. *The impact of digital games in education*. **Frist Monday**, v. 8, n 7, 2003. Disponível em: [https://www.mackenty.org/images/uploads/impact\\_of\\_games\\_in\\_education.pdf](https://www.mackenty.org/images/uploads/impact_of_games_in_education.pdf). Acesso em: 19 out. 2017.

HAFSA, M.N. et al. *Evaluation of FDM Pattern with ABS and PLA Material*. **Applied Mechanics and Materials**. Vols. 465-466, pp 55-59, 2014. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/272116211\\_Evaluation\\_of\\_FDM\\_pattern\\_with\\_ABS\\_and\\_PLA\\_material](https://www.researchgate.net/publication/272116211_Evaluation_of_FDM_pattern_with_ABS_and_PLA_material)>. Acesso em: 19 jun. 2017. ISSN: 1662-7482.

HISTÓRIA. *A brief history of 3d printing*. Disponível em: <[https://individual.troweprice.com/staticFiles/Retail/Shared/PDFs/3D\\_Printing\\_Infographic\\_FINAL.pdf](https://individual.troweprice.com/staticFiles/Retail/Shared/PDFs/3D_Printing_Infographic_FINAL.pdf)>. Acesso em: 19 jun. 2017.

HUANG, T. ; LIN, C. *From 3D modeling to 3D printing: Development of a differentiated spatial ability teaching model*. **Telematics and Informatics**, vol.34 (2), p.604-613, maio 2016.

HULEIHIL, M. *3d printing technology as innovative tool for math and geometry teaching applications*. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, vol.164 (1), 2017.

JO, W. et al. *Introduction of 3D printing technology in the classroom for visually impaired students. (Practice Report)*, **Journal of Visual Impairment & Blindness**, vol.110 (2), p.115 (7), 2016.

JORGE, C. S. P. et al. Fab Lab UNEB de Inovação: Laboratório aberto para estimular o desenvolvimento de projetos criativos. In: SABA, H. et al (Org.). **Empreendedorismo e Inovação**. Salvador: EDIFBA, 2017.

KATARA, P; DOSS.V, S. *Structural Electronics Based on 3D Printing*. **International Journal of Scientific Research in Science, Engineering and Technology**, vol.1, ago. 2015. Disponível em: < <http://ijsrset.com/paper/505.pdf>>. Acesso em: 19 jun. 2017. ISSN: 2394-4099.

KAUARK, F. S.; MANHÃES, F. C.; MEDEIROS, C. H. **Metodologia da Pesquisa**: um guia prático. 1. ed. Itabuna: Via Litterarum, 2010. Disponível em:<<http://197.249.65.74:8080/biblioteca/bitstream/123456789/713/1/Metodologia%20da%20Pesquisa.pdf>>. Acesso em: 26 jun. 2018.

KHAN, S. **Um mundo, uma escola**. Rio de Janeiro: Editora Intrínseca, 2013.

KHURANA C. et al. *Effectiveness of oral health education program using braille text in a group of visually impaired children-before and after comparison trial*. **J Educ Health Promot**. 2019 mar 14;8:50.

KONG, X. et al. *Do Three-dimensional Visualization and Three-dimensional Printing Improve Hepatic Segment Anatomy Teaching? A Randomized Controlled Study*. **Journal of Surgical Education**, vol.73 (2), p.264-269, mar.-abr. 2016.

LIMA JUNIOR, A.S. de. **Tecnologias Inteligentes e educação**: currículo hipertextual. Rio de Janeiro: Quartet / Juazeiro - BA: FUNDESF, 2005.

LINARDI, A. B. et al. A impressão 3D como suporte para o ensino das artes para deficientes visuais. **SIGRADI**, 2015. Disponível em: <[http://papers.cumincad.org/data/works/att/sigradi2015\\_10.250.pdf](http://papers.cumincad.org/data/works/att/sigradi2015_10.250.pdf)>. Acesso em 22 ago. 2017.

LOBATO, P. A. et al. Aspectos Cognitivos da Aprendizagem Motivados por Jogos Educativos Digitais. **Revista SODEBRAS**, vol. 12, nº142, out. 2017. Disponível em: <<http://sodebras.com.br/edicoes/N142.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

MARIN, M. J. S. et al. Aspectos das fortalezas e fragilidades no uso das metodologias ativas de aprendizagem. **Rev. bras. educ. med.**, Rio de Janeiro, v. 34, n. 1, p. 13-20, mar. 2010. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-55022010000100003&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-55022010000100003&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em: 06 nov. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-55022010000100003>.

MARQUESI, S. C.; SILVEIRA, I. F. Tecnologias da Informação e Comunicação como suporte à Aprendizagem Ativa de Língua Portuguesa no Ensino Superior. **Linha D'Água**, São Paulo, v. 28, n. 1, p. 137-154, jun. 2015. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/linhadagua/article/view/97451/pdf>>. Acesso em: 11 jul. 2019. <http://dx.doi.org/10.11606/issn.2236-4242.v28i1p137-154>.

MARRO, A.; BANDUKWALA, T.; MAK, W. Three-Dimensional Printing and Medical Imaging: A Review of the Methods and Applications. **Current Problems in Diagnostic Radiology**, vol.45 (1), p.2-9, jan-fev. 2016.

MEDEIROS et al. Movimento *maker* e educação: análise sobre as possibilidades de uso dos Fab Labs para o ensino de Ciências na educação Básica. **FabLearn Brasil**, 2016. Disponível em: <<https://fablearn.org/conferences/brazil2016/artigos/>>. Acesso em: 11 nov. 2018.

MENEZES, K. M. **P2H: Pirâmide da Pedagogia Hacker = [Vivências do (In)Possível]**. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2018. Disponível em: <<https://repositorio.ufba.br/ri/handle/ri/27168>>. Acesso em: 11 nov. 2018.

MORAES, T.; VÉRAS, C.; CARVALHO, J. M.; CARVALHO, F. Estratégias Inovadoras: a busca por melhorias no aprendizado a partir de ações em educação e saúde, no contexto escolar. In: FERNANDES, A. C. S. et al (Org). **Empreendedorismo e Inovação em Saúde: Ciência & Mercado**. Salvador. Edifba, 2018.

MORÁN, J. Mudando a educação com metodologias ativas. In: SOUZA, Carlos Alberto de; MORALES, Ofelia Elisa Torres (Org.). **Coleção Mídias Contemporâneas**. Convergências Midiáticas, Educação e Cidadania: aproximações jovens. Vol. II. PG: Foca Foto-PROEX/UEPG, 2015. Disponível em: <[http://www2.eca.usp.br/moran/wp-content/uploads/2013/12/mudando\\_moran](http://www2.eca.usp.br/moran/wp-content/uploads/2013/12/mudando_moran)>. Acesso em: 07 nov. 2018.

NAHAR L. et al. *Design of a Braille Learning Application for Visually Impaired Students in Bangladesh*. **Assist Technol**. 2015 Fall;27(3):172-82.

NUERNBERG, A. H. Contribuições de Vigotski para a educação de pessoas com deficiência visual. **Psicol. estud.**, Maringá , v. 13, n. 2, p. 307-316, jun. 2008 . Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-73722008000200013&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-73722008000200013&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em: 16 nov. 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-73722008000200013>.

NUNES, S.; LOMONACO, J. F. B. O aluno cego: preconceitos e potencialidades. **Psicol. Esc. Educ. (Impr.)**, Campinas , v. 14, n. 1, p. 55-64, jun. 2010 . Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-85572010000100006&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-85572010000100006&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em: 14 nov. 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-85572010000100006>.

OCHAITA, E.; ROSA, A. Percepção, ação e conhecimento nas crianças cegas. In: COLL, C.; PALACIOS, J.; MARCHESI, A. (Org.) **Desenvolvimento psicológico e educação: necessidades educativas especiais e aprendizagem escolar**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1995. v.3, p.183-197.

PAPAVLASOPOULOU, S.; GIANNAKOS, M. N.; JACCHERI, L. *Empirical studies on the Maker Movement, a promising approach to learning: A literature review*, **Entertainment Computing**, vol.18, p.57-78, jan. 2017.

PATENTE, 2017. Disponível em: <https://www.google.com/patents/US4575330>>. Acesso em: 19 jun. 2017.

PAULA et al. Metodologias Ativas: uma ação colaborativa para a formação de multiplicadores. **REBECIN**, v.5, n. esp., p.24-34, 2. Sem. 2018. ISSN: 2358-3193. Disponível em: <<http://abecin.org.br/portalderevistas/index.php/rebecin>>. Acesso em: 11 jul. 2019.

PETRY, A. S. Jogos Digitais e Aprendizagem: algumas evidências de pesquisas. In: ALVES, L.; COUTINHO, I. J. (Org). **Jogos Digitais e aprendizagem: Fundamentos para uma prática baseada em evidências**. Campinas: Papirus Editora, 2016.

PINTO et al. O movimento *maker*: enfoque nos Fab Labs brasileiros. **RELISE**, vol. 3, n. 1, p. 38-56, jan.-fev., 2018. Disponível em: <<http://www.relise.eco.br/index.php/relise/issue/view/7>>. Acesso em: 11 nov. 2018.

PRETTO, N. D. L. **Educações, Culturas e Hackers: escritos e reflexões**. Salvador: EDUFBA, 2017. Disponível em: <[https://repositorio.ufba.br/ri/handle/ri/25327?mode=full&submit\\_simple=Mostrar+registro+completo+do+item](https://repositorio.ufba.br/ri/handle/ri/25327?mode=full&submit_simple=Mostrar+registro+completo+do+item)>. Acesso em: 11 nov. 2018.

RAMOS, D. K. A Escola Frente ao Fenômeno dos Jogos Eletrônicos: Aspectos Morais e Éticos. **Revista Renote**, Novas Tecnologias na Educação, v. 6 n 1, CINTED-UFRGS, jul, 2008. Disponível em: <http://seer.ufrgs.br/renote/article/view/14512>. Acesso em: 17 fev. 2017.

ROCHA, E. A.; LIMA, T. S. A Importância dos Games no Processo de Ensino-Aprendizagem: Uma Análise do Game “Uma Cidade Interativa”. In: I CONGRESSO DE INOVAÇÃO PEDAGÓGICA EM ARAPIRACA | VII SEMINÁRIO DE ESTÁGIO, 2015, Arapiraca – AL. Disponível em: <http://www.seer.ufal.br/index.php/cipar/article/viewFile/1969/1470>. Acesso em 17 fev. 2017.

RODRIGUES, G. M.; FERREIRA, H. S. A Teoria da Assimilação das Ações Mentais por Etapas: desenho de uma sequência de ensino-aprendizagem sobre os estados “indecisos” da matéria. In: IX ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2013, Lindóia – SP. Disponível em: <<http://nutes.ufrj.br/abrapec/ixenpec/atas/resumos/R0322-1.pdf>>. Acesso em 8 maio 2018.

RODRIGUES, J. B. et al. Desenvolvimento de Material Didático Inclusivo para o Estudo e Apreciação da História da Arte. In: VI JORNADA DE INFORMÁTICA DO MARANHÃO, 2016, São Luís – MA. Disponível em: <<http://sistemas.deinf.ufma.br/anaisjim/artigos/2016/201603.pdf>>. Acesso em: 22 ago. 2017.

SAMAGAIA, R.; NETO, D. D. Educação científica informal no movimento “Maker”. In: X ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2015, Águas de Lindóia - SP.

SAMPAIO, C. P. D.; MARTINS, R. F. F. **A modelagem 3d virtual e a impressão 3d como ferramentas de apoio ao aprendizado na educação infantil: viabilidade e possibilidades de aplicação.** Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2013. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/315409563>>. Acesso em: 30 jun. 2017.

SARMENTO, C. V. S.; ALVES, R. O. Os Jogos Matemáticos no Processo de Ensino e Aprendizagem de Alunos Deficientes Visuais, um Estado Da Arte. **Revista Científica Semana Acadêmica.** Fortaleza, ano MMXVII, Nº. 000104, 2017. Disponível em: <<https://semanaacademica.org.br/artigo/os-jogos-matematicos-no-processo-de-ensino-e-aprendizagem-de-alunos-deficientes-visuais-um>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

SAVI, R.; ULBRICHT, V. R. Jogos Digitais Educacionais: Benefícios e Desafios. **Revista Renote, Novas Tecnologias na Educação** v. 6 nº 2, CINTED-UFRGS, dez. 2008. Disponível em: <<http://seer.ufrgs.br/renote/article/view/14405/8310>>. Acesso em: 17 fev. 2017.

SCRATH BRASIL. Sobre o Scratch, 2014. Disponível em:<<http://scratchbrasil.net.br/index.php/sobre-o-scratch.html>>. Acesso em: 10 jul. 2018.

SHIMAZAKI, E. M.; SILVA, S. C. R.; VIGINHESKI, L. V. M. O ensino de Matemática e a diversidade: o caso de uma estudante com deficiência visual. **Interfaces da Educação**, v.6, n.18, p. 148-164, 2015. Disponível em: <<https://periodicosonline.uems.br/index.php/interfaces/article/view/1082>>. Acesso em: 8 maio 2018. DOI: <https://doi.org/10.26514/inter.v6i18.1082>

SILVA, C. G.; FIGUEIREDO, V. F. Os desafios da educação contemporânea: o ensino de História e o emprego das novas tecnologias **OPSIS**, [S.l.], v. 13, n. 1, p. 99-119, set. 2013. ISSN 2177-5648. Disponível em: <<https://www.revistas.ufg.br/Opsis/article/view/20483>>. Acesso em: 22 ago. 2017. doi:<https://doi.org/10.5216/o.v13i1.20483>.

SILVA, M. A. F.; SILVA, J. D.; SILVA, J. S. Cultura Maker e Educação para o século XXI: relato da aprendizagem mão na massa no 6º ano do ensino fundamental/integral do SESC Ler Goiania. In: XVI CONGRESSO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA NA EDUCAÇÃO, 2018, Olinda - PE.

SILVEIRA, D. T.; GERHARDT, T. E. **Métodos de Pesquisa.** 1. ed. Porto Alegre: UFRGS Editora, 2009. Disponível em: <<http://ufrgs.br/cursopgdr/downloadsSerie/derad005.pdf>>. Acesso em: 26 jun. 2018.

SOBRAL, J. E. C.; CAVALCANTI, A. L. M. S.; EVERLING, M. T. ‘Ver com as Mãos’: a Tecnologia 3D como Recurso Educativo para Pessoas Cegas. In: 15º CONGRESSO INTERNACIONAL DE ERGONOMIA E USABILIDADE DE INTERFACES HUMANO-TECNOLOGIA | 15º CONGRESSO INTERNACIONAL DE ERGONOMIA E USABILIDADE DE INTERFACES HUMANO-COMPUTADOR, 2015, Recife – PE. Disponível em: <<http://pdf.blucher.com.br/s3-sa-east-1.amazonaws.com/designproceedings/15ergodesign/114-U123.pdf>>. Acesso em: 22 ago. 2017.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO. Referenciais de Formação em Computação: Educação Básica. 2017. Disponível em: <<http://www.sbc.org.br/files/ComputacaoEducacaoBasica-versaofinal-julho2017.pdf>>. Acesso em: 25 jun. 2018.

SOUSA, S. O. Aprendizagem baseada em problemas como estratégia para promover a inserção transformadora na sociedade. **Acta Scientiarum. Education**, Maringá, v. 32, n. 2, p. 237-245, 2010. ISSN 2178-5201. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciEduc/article/view/11170>>. Acesso em: 07 nov. 2018. Doi: 10.4025/actascieduc.v32i2.11170.

SOUZA, S. E. O uso de recursos didáticos no ensino escolar. In: I ENCONTRO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO, IV JORNADA DE PRÁTICA DE ENSINO, XIII SEMANA DE PEDAGOGIA DA UEM: “INFÂNCIA E PRÁTICAS EDUCATIVAS”. Arq Mudi. 2007. Maringá - PR. Disponível em: <<http://www.dma.ufv.br/downloads/MAT%20103/2015-II/slides/Rec%20Didaticos%20-%20MAT%20103%20-%202015-II.pdf>>. Acesso em: 28 jun. 2018.

THORNBURG, D. *7 hands-on projects that use 3D printers: our expert takes you beyond the wow factor to explore how 3D printing can help teach a range of subjects.* (21ST CENTURY CLASSROOM). **T H E Journal** (Technological Horizons In Education), vol.41 (9), p.9 (3), set. , 2014.

VAGHETTI, C. A. O.; BOTELHO, S. S. C. Ambientes virtuais de aprendizagem na educação física: uma revisão sobre a utilização de Exergames. **Ciências & Cognição**, v. 15, 2010. Disponível em: [http://www.cienciasecognicao.org/pdf/v15\\_1/m292\\_10.pdf](http://www.cienciasecognicao.org/pdf/v15_1/m292_10.pdf). Acesso em 17 fev. 2017.

VERASZTO, E.V. *et al.* Tecnologia: Buscando uma definição para o conceito. **Prisma.com**. Nº7, 2008.

WU, AI-MIN et al. *The Accuracy of a Method for Printing Three-Dimensional Spinal Models*. **PLoS One**, vol.10 (4), abr. 2015. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4411119/>>. Acesso em 25 abr. 2017.

ZANATTA, A. C. et al. Desenvolvimento de Jogos para Estimular a Programação/Lógica em Crianças de 9 a 12 anos. **Anais do Simpósio Ibero-Americano de Tecnologias Educacionais**, [S.l.], p. 140-149, ago. 2017. ISSN 2594-388X. Disponível em: <<https://publicacoes.rexlab.ufsc.br/index.php/sited/article/view/82>>. Acesso em: 25 jun. 2018.