

**POSSIBILIDADE E PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE MATERIAL TÁTIL
TRIDIMENSIONAL PEDAGÓGICO PARA DEFICIENTES VISUAIS PARA
PROTOTIPAGEM RÁPIDA**

***POSSIBILITY AND PROCESS OF DEVELOPING THREE-DIMENSIONAL
TEACHING MATERIALS FOR THE VISUALLY IMPAIRED FOR RAPID
PROTOTYPING***

João Carlos R. Plácido da Silva¹

Luis Carlos Paschoarelli²

1. Introdução

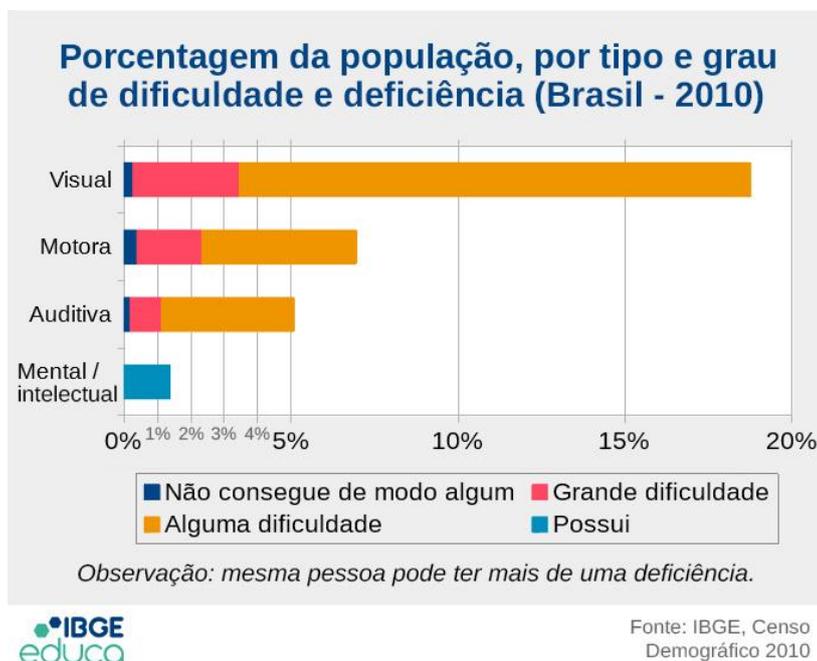
Design é a área do conhecimento científico e tecnológico responsável pelo desenvolvimento de artefatos, sistemas e serviços que atendam as expectativas de uso nos mais diversos escopos da sociedade humana, com especial atenção aos aspectos práticos, estéticos e simbólicos (entre outros). Neste sentido, Design deve considerar (entre inúmeros outros fatores) a variabilidade de usuários que possam interagir com seus resultados, dedicando especial atenção aos usuários que se classificam entre as “pessoas com capacidades específicas” (PASCHOARELLI, 2020), ou seja, aquelas que necessitam de adequações, adaptações e ajustes em artefatos durante momentos específicos de uso. São exemplos desta situação, a dificuldade de abertura de tampas de embalagens de produtos alimentícios por indivíduos idosos ou do gênero feminino. Outro amplo grupo de indivíduos que enfrentam problemas de uso de artefatos e estrutura ambiental são as Pessoas com Deficiência (PcD), com destaque àquelas com necessidades educacionais especiais (PNEES).

De acordo com o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010), 24% da população brasileira declarou possuir algum grau de dificuldade física (enxergar, ouvir, se locomover) ou intelectual (cognitiva); e dentre estas, aproximadamente 36,0 milhões apresentam alguma dificuldade relacionada à visão; e 7,3 milhões caracterizavam-se como Pessoas com Deficiência Visual (PcDV), como visto na Figura 01. Já de acordo com o IBGE (2015), existem mais de 6,5 milhões de PcDV, sendo 528 mil completamente cegos e 6 milhões com baixa visão. As PcDV precisam ser incluídas na sociedade e dentre os meios existentes para esta inclusão destacam-se as ações, os programas e as políticas públicas na área da educação.

¹ Doutor, UNESP, Bauru, SP, Brasil, joaoaclacido@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-2519-5505>.

² Titular, UNESP, Bauru, SP, Brasil, paschoarelli@unesp.br; <https://orcid.org/0000-0002-4685-0508>.

Figura 1: Porcentagem da população, por tipo e grau de dificuldade e deficiência



De modo geral, a falta de políticas públicas focadas na educação básica ou profissional, tem dificultado a ascensão ao mercado de trabalho das PcDV, possibilitando uma integração na sociedade como cidadão ativo e colaborador. De fato, os aspectos relacionados ao ensino desses indivíduos dependem de profissionais pedagogos especializados em ensino especial, os quais são responsáveis não só pela metodologia de ensino, mas também por todos os materiais empregados, contribuindo não apenas para que as PcDV ganhem formação e instrução, mas que alcancem uma vida com mais autonomia e independência (SILVA e PASCHOARELLI 2018).

O ensino é uma maneira sistemática de transmissão de conhecimento utilizado para instruir, informar e educar. Existe o ensino formal, aplicado de forma institucionalizada; o ensino informal, relacionado ao processo de vida social que ocorre de maneira não intencional; e o ensino não formal, o qual está associado ao processo de desenvolvimento da consciência e relações sociais entre os cidadãos. O tempo demonstrou que estes sistemas não tem limites rígidos e sim permeáveis; e pode-se aprender constantemente de formas e com agentes diferentes, porém o que se considera mais adequado é a união destas práticas (GONÇALVES, 2001).

De qualquer forma, a Legislação Brasileira prevê, por meio da Lei nº 9394/96, a garantia da inclusão de PcD no sistema de ensino regular (formal) e esse aspecto vem sendo alvo de pesquisas e debates constituindo assim um assunto de extrema importância para aqueles que estão inseridos no contexto educacional. E, apesar de todo esforço aplicado até então, não existem quantidade e diversidade de materiais didáticos adaptados de forma suficiente para inclusão de PcDV na sala de aula comum, ficando a cargo de escolas e institutos especializados a maior responsabilidade.

Na maioria das vezes, os novos recursos pedagógicos, criados e desenvolvidos para

facilitar a inclusão das PcDV, ficam a cargo (principalmente) dos pedagogos, apesar de já existirem o envolvimento de profissionais de diferentes outras áreas, tais como o Design, cujo desenvolvimento de novos produtos é a essência de sua atuação.

O presente artigo tem por objetivo demonstrar as possibilidades que o Design, unido às novas tecnologias de Prototipagem Rápida (PR) podem construir recursos pedagógicos mais acessíveis e direcionados ao público específico, definindo uma linha de processo projetual que inclui especificações para o desenvolvimento de material tátil para deficientes visuais.

2. Tecnologia Assistiva e Prototipagem Rápida: Aplicações

O avanço da tecnologia nas últimas décadas tem favorecido a evolução de novos métodos de produção e desenvolvimento de produtos; e entre as áreas que mais tem se beneficiado desta evolução está a Tecnologia Assistiva (TA): área multi e transdisciplinar une diversos conhecimentos e profissionais dos mais diferentes campos de atuação para propor soluções que propiciem o auxílio da vida cotidiana de PcD, na busca de promover o seu bem social e a sua inclusão.

O termo TA foi desenvolvido nos Estados Unidos em 1988 e incorporado à legislação como forma de garantir os direitos das PcD e direcionar verbas para Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) de equipamentos e suportes inovadores para o setor visando a inclusão e independência de destas pessoas, por meio de ferramentas, recursos e metodologias, além de direcionar requisitos que possibilitem uma melhor qualidade de vida. (SARTORETTO; BERSCH, 2017)

De acordo com Hogetop e Santarosa (2002) TA pode ser definida como a criação e utilização de equipamentos e recursos que venham a auxiliar, melhorar ou devolver as capacidades residuais das PcD, melhorando o desempenho funcional deste indivíduo e reduzindo assim suas incapacidades. Porém a oferta no mercado de TAs nos países em desenvolvimento - como o caso do Brasil - é escassa e os custos, em sua grande parte, são elevados, ocasionados pela necessidade de importação, justamente pela falta de P&D de produtos assistivos no Brasil.

Aliado a esta área e com o domínio dos designers, existe a possibilidade do uso da prototipagem rápida para o desenvolvimento de produtos assistivos. A prototipagem rápida é utilizada para fabricação de modelos, protótipos e produtos de diversas formas como através da sobreposição sucessiva de camadas (impressão 3D), por meio da remoção de materiais (Usinagem e operadoras de CNC - Comando Numérico por Computador).

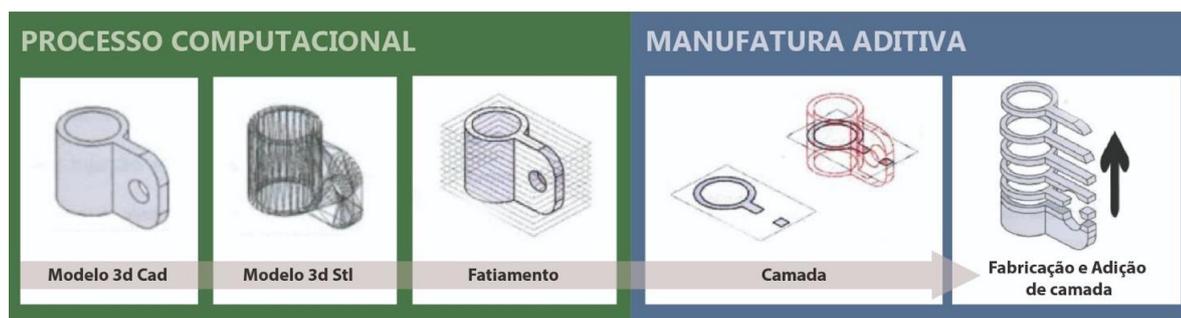
Apesar do emprego destas tecnologias terem sido iniciadas já na década de 1970, sua popularização recente ocorreu devido, especialmente, à redução de custos de equipamentos e de insumos, ocasionado pelo crescimento progressivo de P&D neste setor (VOLPATO, 2007). Associado a isto, várias patentes passaram a ser de domínio público, favorecendo a criação e evolução de dispositivos e tecnologias genéricas, permitindo o desenvolvimento de negócios por empresas de pequeno e médio porte.

O processo de prototipagem rápida tem a capacidade de acelerar o “Processo de Desenvolvimento de Produto” (PDP), possibilitando aplicação simultânea de avaliações e testes, minimizando a quantidade de fases de projeto e o retrabalho. Também permite realizar detalhes com maior precisão e executar geometrias complexas com mais liberdade, além de ter a capacidade de desenvolver peças já prontas para o uso (caracterizando, assim, a

Manufatura Rápida). Somado a todas estas vantagens existe a redução do material usado na confecção do artefato, pois o processo dispensa o uso de moldes e outras ferramentas. (RAOLINO, 2011)

Várias tecnologias de Prototipagem Rápida estão sendo adotadas atualmente; e as abordagens mais tradicionais para sua classificação baseia-se de acordo com o material utilizado no processo, tais como resinas, materiais fotocuráveis, termoplásticos, ligantes, pós e alguns metais sintetizados. E os últimos anos têm demonstrado uma maior diversificação destes materiais, apesar de sua aplicabilidade ainda depender da compreensão do processo de desenvolvimento de um objeto por impressão 3D. Neste caso, um modelo computacional é desenvolvido habitualmente em ambiente CAD (Computer Assisted Design); que em seguida é fracionado em camadas, para que a impressora possa “ler” e depositar em uma plataforma o material de construção do artefato, de forma gradativa e somativa, seguindo o desenho paramétrico determinado; e ao final do processo se obtém o modelo tridimensional (Figura 02).

Figura 2: Etapas do processo de manufatura aditiva



Fonte: Elaborado pelos Autores. baseado em LAFRATTA (2017)

3. Ensino Para Deficiência Visual

De acordo com Gonçalves (2001), a sistematização da transmissão do conhecimento utilizados pelos humanos para instruir, informar e educar seus iguais é definido como ensino.

Os limites do ensino envolvem métodos permeáveis, os quais permitem o desenvolvimento de diferentes ferramentas, e para isso é necessário a união de diversos setores, tanto os de desenvolvimento, quanto os de produção destas ferramentas. Atualmente, os profissionais focados na educação especial têm buscado explorar e desenvolver ferramentas próprias de aprendizados, então considerados adaptados, visando auxiliar a aprendizagem dos alunos.

Particularmente para aquelas PcDV, os educadores têm buscado trabalhar com diferentes materiais facilmente disponíveis, tais como papéis especiais, placas de EVA, tintas relevo, tecidos, pregos, madeiras, entre outros, que podem transmitir as informações da maneira mais adequada possível. Porém este desenvolvimento pode ser uma desvantagem, seja pelo tempo de execução, pela falta de uniformidade e padronização, habilidades representativas entre outros, uma vez que é muito difícil para o educador conseguir ter todos os conhecimentos para domínio da construção dos materiais pedagógicos, principalmente quando estes estão associados às novas tecnologias (COLPES; LARANJA, 2013).

Por outro lado, há exemplos de sucesso. Oliveira (2015), relata uma experiência com crianças relacionada à exploração de formas simples. Este estudo procurou no início ensinar formas simples, iniciando com um tamanho reduzido, pois desta forma eles poderiam segurar com as mãos o objeto como um todo podendo desenvolver uma percepção tridimensional do objeto e com o tempo eles foram sendo ampliados até o seu tamanho original, como pode ser visto na Figura 03.

Figura 3: Cadeira Eames impressa tridimensionalmente



Fonte: Limaonaagua: <https://www.limaonaagua.com.br/mobiliario/impressao-3d-da-famosa-cadeira-eames/>

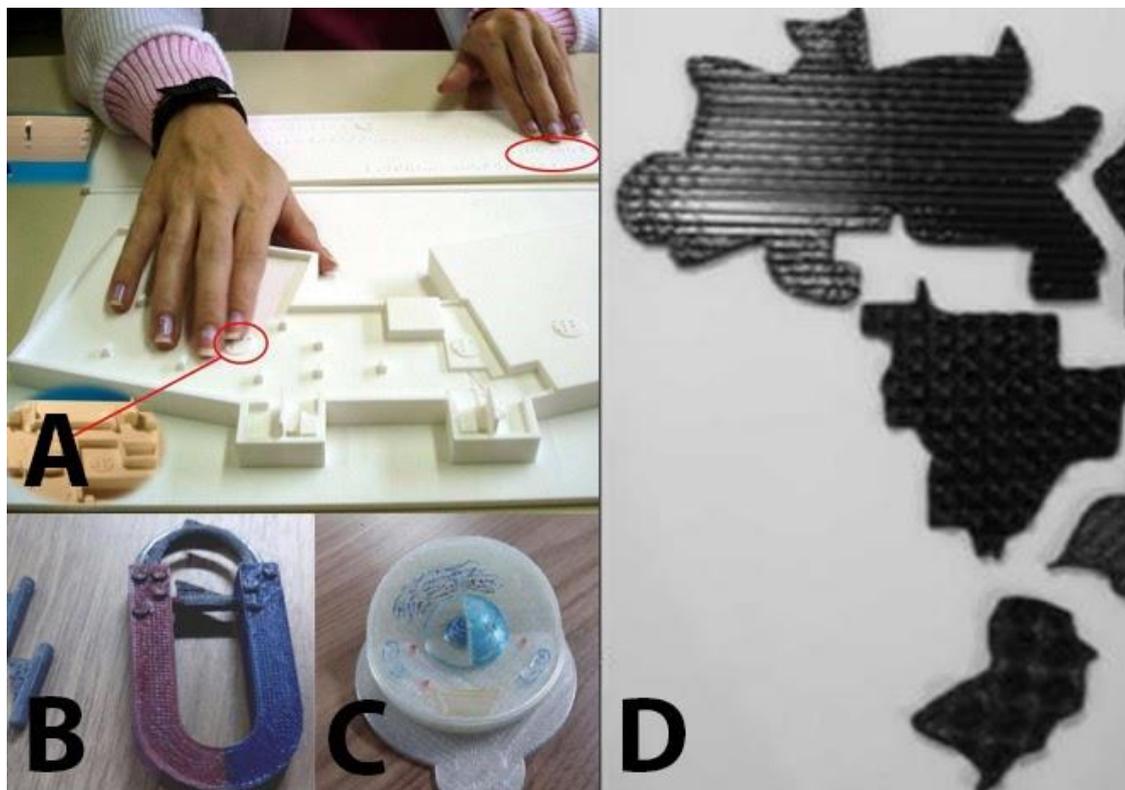
A evolução do tamanho da forma possibilita que a compreensão passe do micro para o macro entendendo o espaço que o objeto ocupa em um ambiente. No estudo após diversas experiências os objetos foram ficando mais complexos e posteriormente esse conhecimento tridimensional passaram a interagir e compreender as mesmas formas no bidimensional. É utilizado da mesma forma contrária o ensino Braille que normalmente é ensinada do macro para o micro, se inicia com pontos e celas maiores e aos poucos vai reduzindo para o tamanho determinado pela Norma 9050.

Cerqueira e Ferreira (2000) apontam uma série de especificidades no processo de aprendizagem para PcDv sendo eles: 1- Um dos problemas básicos do deficiente visual é a dificuldade de contato com o ambiente físico; 2- A carência de material adequado pode conduzir a aprendizagem da pessoa com deficiência visual a um mero verbalismo, desvinculado da realidade; 3 - A formação de conceitos depende do íntimo contato do indivíduo com as coisas do mundo; 4 - Tal como a pessoa de visão normal, o deficiente visual necessita de motivação para a aprendizagem; 5- Alguns recursos podem suprir lacunas na aquisição de informações pelo deficiente visual; 6 - O manuseio de diferentes materiais possibilita o treinamento da percepção tátil, facilitando a discriminação de detalhes e suscitando a realização de movimentos delicados com os dedos.

Os estudos têm caminhado para o uso da impressão tridimensional para o desenvolvimento de aparatos que podem ser identificados e desenvolvidos para o ensino e uso no meio cotidiano. As pesquisas envolvem desde recursos pedagógicos para ensino

tradicional, sendo este o básico, médio e fundamental até os de AVDs. Na Figura 04 será apresentado quatro materiais pedagógicos desenvolvidos em prototipagem rápida.

Figura 4: Materiais pedagógicos desenvolvidos por estudos.



Fonte: PAGANO; MARTINS (2014).

No item A pode ser visto o resultado da pesquisa de acessibilidade de ambiente construído para deficientes visuais no desenvolvimento de uma maquete tátil, que demonstra locais específicos. Neste caso, foi preocupado pela inclusão de ensinamentos importantes conceitos de orientação e mobilidade aos PcD visuais, o que cria uma percepção e autonomia do ambiente e do espaço. Com estes requisitos foi desenvolvido a maquete tátil do layout dos pavimentos da biblioteca central da UNICAMP, e para sua produção foi utilizada manufatura aditiva.

No item B o estudo de Aguiar (2016) desenvolveu um modelo de ímã em forma de ferradura para o ensino de eletromagnetismo em física voltado para deficientes visuais. No modelo pode ser verificado que existe a indicação dos polos em braille, estes elementos táteis podem auxiliar no ensino de uma propriedade que normalmente é ministrada com o auxílio do sentido visual utilizando limalhas de ferro que se alinham as linhas do campo magnético do ímã proporcionando uma representação visível também.

No item C pode ser verificado um modelo tridimensional de outra área do ensino fundamental a Biologia, neste foi desenvolvido um modelo tátil de organismo para que os alunos cegos pudessem compreender melhor uma célula animal e suas organelas em relevo.

No item D pode ser verificado um mapa do Brasil dividido por regiões realizado no

estudo de Pagano e Martins (2014), que através de uma entrevista com uma docente cega congênita apontou essa dificuldade na disciplina de Geografia por ser ministrada com o auxílio de imagens e mapas, desta forma para auxiliar esse ensino foi desenvolvido esse material, ele delimita regiões, sendo estas diferenciadas por textura distintas, produzido por manufatura aditiva.

Estes estudos já demonstram a eficácia da prototipagem rápida para a produção de recursos pedagógicos acessíveis. Compreender o processo de desenvolvimento se torna um passo básico para conseguir aliar as necessidades à tecnologia existente no momento e planejá-los para mudanças de um futuro próximo.

Desta forma se nota a necessidade iminente de estudos focados na acessibilidade e usabilidade desses produtos em uma esfera mais ampla que não se foque apenas em uma instituição, mas em plataformas que permitam acesso e download em qualquer lugar do mundo uma vez que estes aparatos podem ser planejados de maneira a serem mundiais ultrapassando a barreira da linguagem através da representação tridimensional.

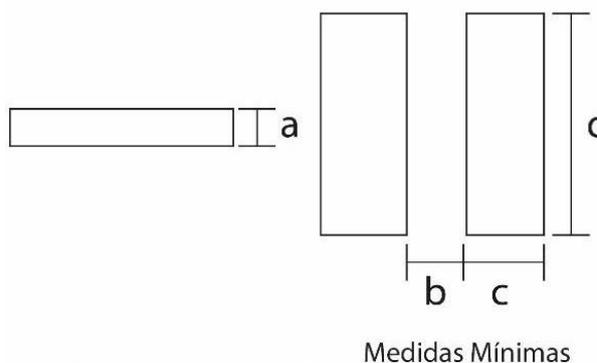
4. Processo de Construção de um Recurso Tridimensional

O desenvolvimento de um recurso pedagógico tridimensional passa por um processo metodológico básico que se inicia na identificação do problema, levantamento de dados, requisitos, desenvolvimento, refinamento da proposta, finalização do projeto e impressão tridimensional, sendo passos básicos de um projeto da área do design que utiliza uma série de métodos para se chegar a um resultado mais adequado a um problema determinado. Este mesmo método pode ser utilizado por outras áreas do conhecimento, quando estas utilizam do que se denomina de design thinking, basicamente este setor do design foca em utilizar os métodos de design em outras áreas por diferentes profissionais.

Um dos grandes empecilhos para design de um aparato tridimensional focado para o uso de PcDV é as dimensões necessárias para uma compreensão adequada ou ensino desta, grande parte dos estudos utiliza como medidas mínimas a norma da ABNT 9050. Entretanto, esta norma apresenta apenas as dimensões mínimas necessárias para a aplicação do braille. Além disso, alguns pedagogos especialistas no ensino de AVDs para deficientes relatam as dificuldades encontradas nas medidas mínimas às quais grande parte desses usuários não conseguem identificar ou se adaptar por diversos tipos de problema.

Com o objetivo de compreender como estes usuários se relacionam com dimensões tridimensionais impressas em 3D e possibilitar desenvolvimentos mais assertivos, Silva (2021) utilizou uma placas de teste de relevo, espessura, espaçamento e tamanho de formas para determinar quais medidas mínimas o usuário com deficiência visual consegue identificar, as dimensões encontradas para sensação tátil foram relevo igual ou maior que 1,5 milímetros, espaçamento igual ou maior que 1 mm, espessura igual ou maior 1 mm e tamanho geral acima de 6 milímetros, essas medidas atingiram compreensão maior do que 50% dos pesquisados o que é considerado mais adequado para o desenvolvimento de formas tridimensionais sejam estas em alto ou baixo relevo (Figura 05).

Figura 5: Medidas Mínimas para o desenvolvimento de formas em relevo



Medidas Mínimas		
a	Relevo	1,5 mm
b	Espaçamento	1 mm
c	Espessura	1 mm
d	Tamanho Geral	6 mm

Fonte: SILVA, 2021

Aliado a esses requisitos um procedimento linear de construção de recurso pedagógico tátil, baseado em método de design, permite o desenvolvimento de um artefato mais direcionado e com menos possibilidades de problemas futuros. Ainda, que possibilite que os pedagogos ou usuários finais façam parte deste processo construtivo, como pode ser visto na Figura 06, que demonstra um processo linear de construção de recurso pedagógico acessível para PcDV.

Figura 6: Processo de construção de recurso pedagógico acessível para deficientes visuais.



Fonte: Elaborado pelos Autores.

5. Notas conclusivas

O acesso e a evolução da tecnologia de prototipagem rápida têm possibilitado novos métodos de design voltados para diversas áreas, sejam elas educacionais, profissionais ou mercadológicas. Este fato abre um leque de possibilidades de aplicação em diversas áreas antes não exploradas. Muito se fala sobre a facilidade do uso destas tecnologias, porém hoje elas ainda dependem de um conhecimento técnico básico para produção e manutenção. Acredita-se que com o passar do tempo elas ficarão mais próximas de um uso cotidiano doméstico. Este fato permitirá que instituições de ensino produzam seu próprio material educacional focado nas necessidades locais dos alunos.

O desenvolvimento de material de ensino ou uso cotidiano em AVDs para PcDV, a prototipagem rápida pode permitir a criação de aparatos que possibilitem um acesso a diversas mensagens, informações, sinalizações, obras de artes entre outras que antes eram possíveis apenas para pessoas videntes. Diversos estudos têm utilizado desta tecnologia para produzir materiais de ensino fundamental para este público, que podem ser utilizados também no ensino de adultos e novos meios para auxiliá-los a ter uma vida mais independente. Alguns estudos estão produzindo, testando e aplicando este tipo de material impresso tridimensional para uso no ensino, grande parte destes projetos são de responsabilidade de designers.

Existem diversos métodos e ferramentas que permitem que estes designers direcionam o desenvolvimento do novo produto assistivo. O processo apresentado aqui se preocupa em incluir o pedagogo ou usuário do material educativo para participar do processo de desenvolvimento o que se denomina como co-design, onde este é participante do processo de desenvolvimento, em alguns métodos estes não são nem consultados o que pode causar a construção de um projeto falho que não atinge os objetivos ou requisitos necessários. Quando se trata de uma dificuldade de acesso e compreensão do mundo somente a PcDV compreende sua real necessidade nestes aparatos, cabendo assim a ele direcionar a solução que o designer vai desenvolver.

Agradecimentos

Este estudo está sendo desenvolvido com apoio da CAPES (Processo - 88882.317756/2019-01).

Referências

CERQUEIRA, Jonir Bechara; FERREIRA, Elise de Melo Borba. Recursos didáticos na educação especial. **Revista Brasileira Para Cegos**: Instituto Benjamin Constant, Rio de Janeiro, v. 516, p. 12-14. Trimestral. Abr. 2000.

COLPES, K. M.; LARANJA, R. A. C. Impressora de gráfico para cegos: um facilitador no ensino de conteúdos de matemática e física em engenharia. **Anais do XLI COBENGE**. Gramado, 2013.

GONÇALVES, S. **Teorias da aprendizagem: práticas de ensino**. ESEC. 2001.

HOGETOP, L e SANTAROSA, L.M.C, Tecnologias Adaptativa / Assistiva Informáticas na Educação Especial: viabilizando a acessibilidade ao potencial individual. **Revista de Informática na Educação: Teoria, Prática** – PGIE/UFRGS. 2002

IBGE. 2015. Braille aumenta a inclusão de cegos na sociedade. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/cidadania-e-justica/2015/01/braille-aumenta-inclusao-de-cegos-na-sociedade>>. Acesso em: 02 out. 2017.

OLIVEIRA, J. V. G. **Do essencial invisível: arte e beleza entre os cegos**, Rio de Janeiro: Renavan: FAPERJ, 2002.

OLIVEIRA, M. F. **Aplicações da Prototipagem Rápida em Projetos de Pesquisa**. UNICAMP. Campinas, 2008.

PAGANO, S. M.; MARTINS, R. F. F. **Imagem tátil tridimensional para o acesso de crianças cegas congênitas ao potencial comunicativo de imagens gráficas**. Benjamin Constant. Rio de Janeiro, 2014.

RAULINO, B. R. **Manufatura Aditiva: Desenvolvimento de uma Máquina de Prototipagem Rápida Baseada na Tecnologia FDM (Modelagem por Fusão e Deposição)** Trabalho de Graduação – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Brasília, 2011

SARTORETTO, M. L.; BERSCH, R. **Assistiva: Tecnologia e educação**. 2017. Disponível em: <<http://www.assistiva.com.br/>>. Acesso em: 28 fev. 2017.

SILVA, J. C. R. P.; PASCHOARELLI, L. C. A ergonomia informacional e a possibilidade de desenvolvimento de texturas para leitura tátil – uma Revisão in **Tecnologia assistiva: Estudos Teóricos**. Editora canal 6. 2018

SILVA, J. C. R. P.; PASCHOARELLI, L. c. Indicações de medidas para desenvolvimento de formas e símbolos táteis para Deficientes Visuais in : **Tecnologia assistiva: estudos**. Editora canal 6. 2021

VOLPATO, N. **Prototipagem Rápida: tecnologias e aplicações**. São Paulo: Editora Blücher, 2007.