

Impressora 3D como ferramenta pedagógica: confecção e aplicação das peças neuroanatômicas

3D printer as a pedagogical tool: construction and application of neuroanatomic parts

DOI:10.34117/bjdv7n7-013

Recebimento dos originais: 07/06/2021

Aceitação para publicação: 02/07/2021

Joyce Caroliny Alves Stralio

Graduanda em Medicina, pela Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO)
Rua Simeão Camargo Varelá de Sá, 03, Bairro Vila Carli – Guarapuava, Paraná, CEP:
85040-0080

E-mail: joycestralio@gmail.com

Maria Eduarda Tarnopolski Borges

Graduanda em Fisioterapia, pelo Centro Unicersitário UniGuairacá – Guarapuava - PR
Endereço: Rua XV de Novembro - Centro, Guarapuava - PR, 85010-000

E-mail: mariaeduardatborges50@gmail.com

Juliana Sartori Bonini

Pós - Doutora em Medicina, pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul – PUC/RS

Laboratório de Neurociências e Comportamento – UNICENTRO, Guarapuava - PR
Rua Simeão Camargo Varelá de Sá, 03, Bairro Vila Carli – Guarapuava, Paraná, CEP:
85040-0080

E-mail: juliana.bonini@gmail.com

RESUMO

Faz parte da natureza humana a curiosidade, pois desde a infância o indivíduo busca respostas para indagações. Sendo assim, analisa, pergunta, responde e, finalmente, descobre. No entanto, há explicações que, para o público leigo, são complexas e inacessíveis. Essa dificuldade, contudo, não os classifica como incapazes de entender o assunto em questão, apenas demonstra que a ciência precisa expandir a fim de se tornar inclusiva. Dessa forma, ao testar a impressora 3D como uma ferramenta potencializadora do aprendizado, este estudo piloto objetivou levar o conhecimento científico para fora do universo acadêmico. Para tanto, este trabalho foi dividido em duas partes denominadas confecção das peças e aplicação. Na primeira etapa ocorreu a impressão de modelos neuroanatômicos 3D, através da impressora MAKERBOTH REPLICATOR 2. Já a segunda fase ocorreu em duas escolas estaduais da cidade de Guarapuava (PR) com adolescentes do primeiro ano do ensino médio, nos dias 05 e 06 de dezembro de 2019. O contato com os discentes foi dividido em: teste pré-exposição, exposição, teste pós-exposição, avaliação e modelagem. Diante disto, a impressora 3D demonstrou ser uma ótima tecnologia de ensino, pois houve um aumento de 25% no desempenho dos estudantes após o contato com os protótipos 3D. Ademais, os alunos apreciaram a utilização desta nova tecnologia, uma vez que atribuíram a este trabalho uma nota 8 de 10.

Palavras-chave: impressão 3D, neuroanatomia, neuroeducação, educação em saúde.

ABSTRACT

Curiosity is part of human nature, because since childhood the people search answers for their questions. So, they analyze, ask, answer and finally find the solutions to their problems. However, some explications are complex and inaccessible for lay public. Yet this difficulty doesn't classify them as unable to understand the subject, it only shown that science need to expand and become inclusive. Thus, this pilot study, when testing the 3D printer as a tool that enhance the learning, aimed to take the scientific knowledge outside the academic world. That way, this work was divided into two parts called making the pieces and application. In the first step, the print of the neuroanatomic template occurred through MAKERBOTH REPLICATOR 2 printer. And in the second part happened in two state schools in Guarapuava (PR) with first-year high school students on December 15th and 16th, 2019. This meeting with teenagers was divided into: pre-exposure testing, exposure, pos-exposure testing, evaluation and modeling. That said, the 3D printer had been shown as an excellent learning technology, because it increases in 25% the student development after contact witch 3D prototypes. Besides, the students liked this new teaching mechanism, because they gave evaluated grade 8 of 10.

Keywords: 3D printing, neuroanatomy, neuroeducation, health education.

1 INTRODUÇÃO

A neurociência é uma área interdisciplinar, englobando neurologia, psicologia, farmacologia. Desde a “Década do Cérebro”, nos anos 90, intensificaram-se as investigações e descobertas relacionadas ao sistema nervoso, seja do ponto de vista psicológico, genético, biofísico, dentre outros, os quais compõem essa nova área do conhecimento (RIBEIRO, 2013; LI, 2018).

Nesse contexto, surgiu a necessidade de difundir o saber adquirido na Década do Cérebro, não apenas entre cientistas, mas também junto ao público leigo, visto que cada um possui um pouco de cientista em si (VARGAS et al., 2013; SHIRAZI, 2016). No entanto, para que o saber ultrapasse os limites acadêmicos, é necessário que ocorra a adequação do mesmo a uma linguagem acessível aos que não são familiarizados a ele. Todavia, tornar o conhecimento científico palpável e inteligível é o grande obstáculo enfrentados pelas instituições de ensino básico brasileiras. Isso ocorre pois nas escolas nacionais predomina o método passivo de aprendizagem, o qual, além de tornar o aluno dependente do educador, não está adaptado aos diversos tipos de memórias dos aprendizes (SCHMITT et al., 2016; SANCHES et al., 2019).

Assim sendo, este projeto piloto analisou a utilização da impressão 3D como ferramenta pedagógica capaz de tornar a ciência acessível aos leigos. Por conseguinte, ao permitir que alunos manuseiem peças de neuroanatomia, como uma orelha interna, este

trabalho ajuda a traduzir o processo de formação sonora e o equilíbrio no cérebro humano. Outrossim, com os modelos 3D em mãos, tanto discentes de aprendizagem visual, quanto aqueles táteis, serão alcançados pelo ensino neuroanatômico de forma ativa, sem a necessidade de decorar expressivas páginas de livros.

2 OBJETIVO

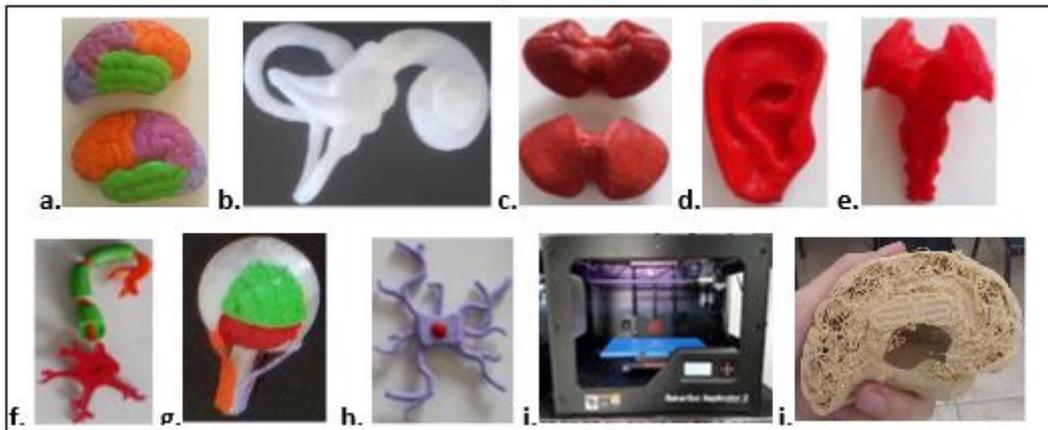
Este trabalho teve como objetivo testar, através de um estudo piloto, a impressora 3D como uma nova ferramenta pedagógica. Visando tornar o conhecimento neuroanatômico mais concreto e palpável aos alunos de ensino médio das escolas públicas - objetivo 1. Outrossim, buscou-se instigar nos discentes o interesse científico para que eles visualizassem tridimensionalmente estruturas complexas e as relacionassem com situações cotidianas – objetivo 2.

3 METODOLOGIA E MÉTODO

Este artigo trata-se de um estudo piloto, em que foram testados materiais e métodos propostos na pesquisa inicial a fim de ajustá-los (SILVA et al., 2015). Desta forma, esta metodologia possibilitou avaliar e aprimorar instrumentos e procedimentos, a fim de reaplicá-los em maior escala (BARBOSA et al., 2019). Logo, através de tal escolha metodológica, foi possível levantar aspectos positivos e negativos sobre a confecção dos materiais 3D e aplicação pedagógica dos mesmos, de modo a aperfeiçoá-los em uma reutilização futura.

No que tange a execução desse estudo, ela consistiu em duas etapas. A primeira foi destinada à impressão e, algumas vezes, pintura dos modelos 3D (Figura 1). Tal fase ocorreu no Laboratório de Neurociências e Comportamento, coordenado pela Profa. Dra. Juliana Sartori Bonini, na Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, Paraná. Já a segunda parte teve como objetivo apresentar as peças aos discentes e aplicar a eles testes pré e pós exposição, visando avaliar a eficácia da impressora 3D como ferramenta de ensino. Esse último estágio da pesquisa ocorreu na Escola Estadual Padre Chagas e na Escola Estadual Liane Marta da Costa, instituições guarapuavanas.

Figura 1 - Peças produzidas e impressora 3D. a. Lobos cerebrais (direito e esquerdo); b. Orelha interna; c. Cerebelo; d. Orelha externa; e. Tronco encefálico; f. Neurônio; g. Olho anatômico; h. Astrócito; i. Impressora Makerbot Replicator 2; j. lobo cerebral com defeito de impressão



Fonte: Autores.

3.1 IMPRESSÃO DAS PEÇAS NEUROANATÔMICAS

Nessa primeira etapa, utilizou-se uma impressora MakerBoth Replicator 2, a qual continha filamentos do polímero termoplástico PLA (ácido polilático), para imprimir os protótipos neuroanatômicos a 230°C. Os modelos foram retirados gratuitamente da internet, sendo a maioria do repositório Thingiverse, exceto o astrócito que foi modelado sob pedido com o valor de 30 reais. Posteriormente, os poucos arquivos que não estavam no formato STL (Stereolithography file format) foram convertidos a ele utilizando o aplicativo 3D BUILDER. Em seguida, os modelos foram transformados em X3G (3D print file) no software da própria impressora. Logo após, as peças foram impressas e, em alguns casos, coloridas. No entanto, antes de qualquer produção, para garantir a qualidade das peças passava-se spray aderente na mesa da impressora e em intervalos de três a cinco fabricações lavava-se essa plataforma com água corrente. A eficiência desses e de outros cuidados foi abordada por Silva e colaboradores (2020) em um guia prático sobre essa tecnologia tridimensional.

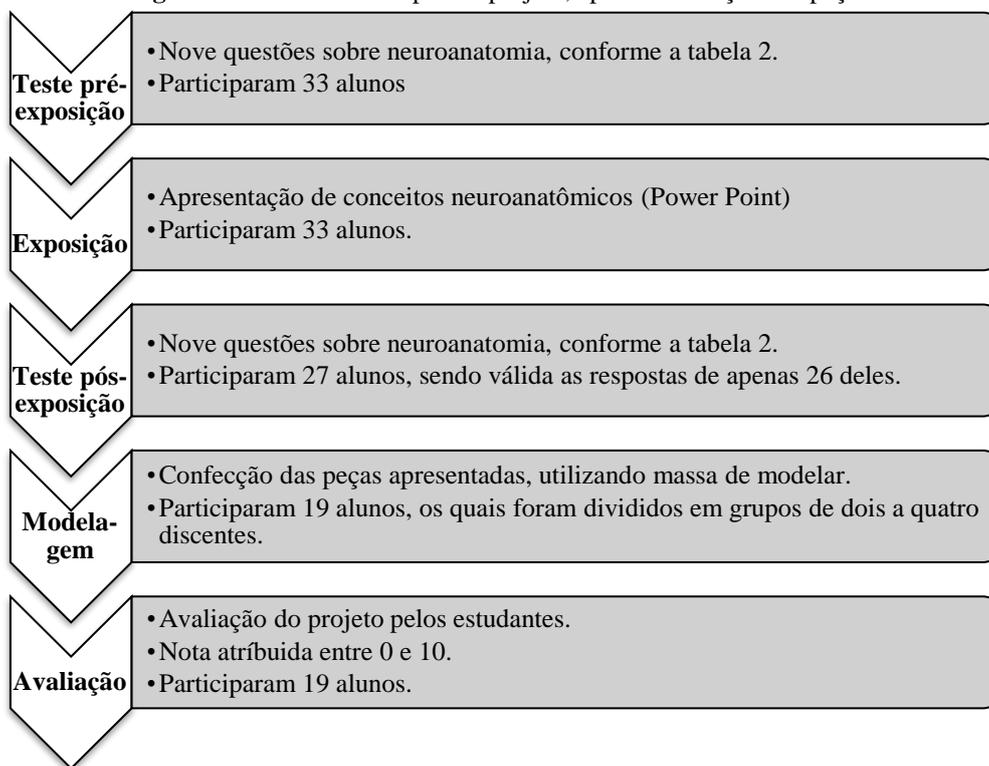
Este estudo foi direcionado à impressão de peças neuroanatômicas e estruturas do aparelho visual e auditivo as quais eram relacionadas ao sistema nervoso central. Dentre os modelos produzidos estavam: lobos direito e esquerdo do cérebro, tronco encefálico, cerebelo, neurônio, orelha interna e externa, astrócito, e olho anatômico.

3.2 APLICAÇÃO

A segunda parte deste estudo piloto consistiu na exposição dos modelos impressos aos alunos do primeiro ano do ensino médio das escolas estaduais Padre Chagas e Liane Marta da Costa, em Guarapuava -PR, nos 05 e 06 de dezembro de 2019, respectivamente.

Este estágio da pesquisa ocorreu em cinco etapas, respectivamente: teste pré-exposição, exposição, teste pós-exposição, modelagem e avaliação. Participaram inicialmente 33 alunos, sendo 20 da primeira instituição e 13 da segunda. No entanto, para análises de resultados foram desconsiderados dois discentes no dia 05, pois um não respondeu o primeiro teste e outro apagou as alternativas que havia assinalado no segundo questionário. Já no dia 06 a resposta de somente 8 estudantes foram válidas, porque cinco deles responderam apenas o teste inicial. Desta forma, foram analisadas as respostas de 26 adolescentes da rede pública de ensino. Salienta-se que as perguntas de ambos os questionários eram as mesmas e continham conceitos neuroanatômicos básicos (Quadro 1). Outrossim, 19 adolescentes realizaram as fases de modelagem e avaliação (Figura 2).

Figura 2 - Divisão das etapas do projeto, após a confecção das peças.



Fonte: Autores

Quadro 1- Questões dos testes pré e pós exposição resumidas.

Questões	Resumo do conteúdo abordado
1	Assinalar a estrutura correta da anatomia da orelha externa
2	Assinalar lobo cerebral relacionado à audição
3	Assinalar lobo cerebral relacionado à visão
4	Assinalar as estruturas corretas do neurônio

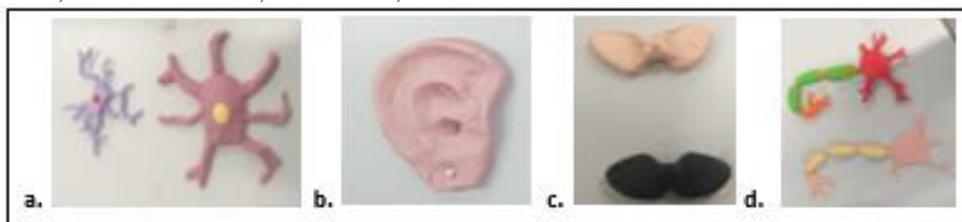
5	Assinalar o sentido correto de condução do impulso nervoso
6	Assinalar a região responsável pela formação de imagem no olho
7	Assinalar a estrutura responsável pelo equilíbrio na orelha interna
8	Assinalar a estrutura encefálica responsável pelo equilíbrio
9	Assinalar a estrutura encefálica responsável pelo controle respiratório

Fonte: Autores.

A etapa de exposição do conteúdo foi realizada em Power Point e projetada em Datashow. Neste contexto, os apresentadores trabalharam a neuroanatomia básica com enfoque nos sentidos da Visão e da Audição, pois a quantidade de peças impressas relacionadas a eles era maior. Conforme o assunto era exposto, os alunos analisavam as peças 3D. Outrossim, ressalta-se que no decorrer da apresentação houve um enfoque nos itens referentes às perguntas do teste recém realizado, no entanto, sem revelar as respostas aos discentes. Por fim, além do conhecimento neuroanatômico, os juvenis tiveram contato com a explicação superficial de algumas doenças, como a Labirinte e o Alzheimer, já que estão relacionadas com modelos impressos (orelha interna e hipocampo - presente no lobo temporal, sistema límbico).

As etapas seguintes ao teste pós- exposição contaram com a participação de uma quantidade menor de discentes. Para a modelagem os adolescentes foram divididos em grupos de dois a quatro indivíduos. Nesta fase do trabalho os discentes receberam massa de modelar (caseira) e escolheram uma das peças impressas para reproduzir. Neste contexto, um fato curioso é que a grande maioria da sala escolheu reproduzir o astrócito, visto que foi considerado o modelo mais fácil de ser feito. Por outro lado, houve os que optaram pela a orelha externa, cerebelo e neurônio. Por fim, na etapa da avaliação, os estudantes foram orientados a avaliar o estudo piloto realizado, atribuindo-lhe uma nota de zero a dez.

Figura 3 - Fotografias dos modelos reproduzidos pelos alunos na etapa de modelagem da fase de aplicação. **a.** Astrócitos; **b.** Orelha externa; **c.** Cerebelo; **d.** Neurônios.



Fonte: Autores

4 RESULTADOS

4.1 CONFECÇÃO DOS MATERIAIS

Esse estudo piloto imprimiu protótipos neuroanatômicos em 3D e, para isso, utilizou-se 238,46 gramas de filamento e gastou-se 65,77 reais sendo 35,77 de material e 30 de modelagem (Quadro 2). Ressalta-se que a maioria dos modelos não tiveram problemas durante a produção. No entanto, modelos com base pontiagudas ou irregular, como o lobo direito do cérebro e o cerebelo, apresentaram pequenos “emaranhados” de filamento (Figura 1. Imagem j). Tais imprevistos ocorreram, devida a configuração inadequada, visto que faltou a utilização dos sistemas “BASE LAYER: RAFT” e “SUPPORT” no software da MakerBot Replicator 2. A correção de tal erro ocorreu rapidamente, e assim, as peças foram impressas como o desejado.

Quadro 2 - Informações gerais sobre confecção dos modelos tridimensionais. * considerando o valor médio de 1kg de PLA no mercado igual a 150 reais, ou seja 0,15 reais/g de PLA; ** Valor desconsiderando gastos com energia e compra de impressora.

Modelo	Gramas de filamento	Tempo de impressão	Temperatura	Valor por filamento*	Valor de modelagem	Valor total**
Lobos Cerebrais	105,58 g	8 h 09 min	230° C	R\$ 15,84	-	R\$ 15,84
Tronco encefálico	14,32 g	1 h 19 min	230° C	R\$ 2,15	-	R\$ 2,15
Cerebelo	41,83 g	3 h 25 min	230° C	R\$ 6,27	-	R\$ 6,27
Neurônio	11,39 g	1 h	230° C	R\$ 1,70	-	R\$ 1,70
Orelha interna	12,59 g	1 h 11 min	230° C	R\$ 1,90	-	R\$ 1,90
Orelha externa	18,95 g	1 h 18 min	230° C	R\$ 2,84	-	R\$ 2,84
Astrócito	19,49 g	1 h 30 min	230° C	R\$ 2,92	R\$ 30,00	R\$ 32,92
Olho anatômico	14,31 g	1 h 08 min	230° C	R\$ 2,15	-	R\$ 2,15
Total	238,46 g	19 h	-	R\$ 35,77	R\$ 30,00	R\$ 65,77

Fonte: Autores.

4.2 APLICAÇÃO

Quanto ao resultado geral do encontro com os estudantes, como era esperado, houve maior número de erros no primeiro questionário (134 respostas erradas, ao se considerar as nove perguntas respondidas por 26 alunos) (Quadro 3). Esse baixo desempenho ocorreu, pois, os discentes não tiveram neuroanatomia na grade curricular e, mesmo quando entraram em contato com a biologia, não viram o assunto abordado nas questões de modo aprofundado. Já o teste pós-exposição demonstrou que esse estudo

piloto cumpriu com o objetivo de potencializar o aprendizado, visto que houve um aumento de 25% na quantidade de acertos (Gráfico 1).

No que se refere aos resultados específicos de cada questão, evidenciou-se a necessidade de enfatizar alguns temas, caso este projeto seja reaplicado. Por exemplo, a sexta pergunta apresentou uma queda no número de acertos, sugerindo que os alunos possam ter ficados confusos com a forma que o assunto foi exposto. Por fim, as questões 1 e 4 não tiveram alteração de resultados, o que pode significar que as explicações sobre os assuntos contidos nelas foram insuficientes.

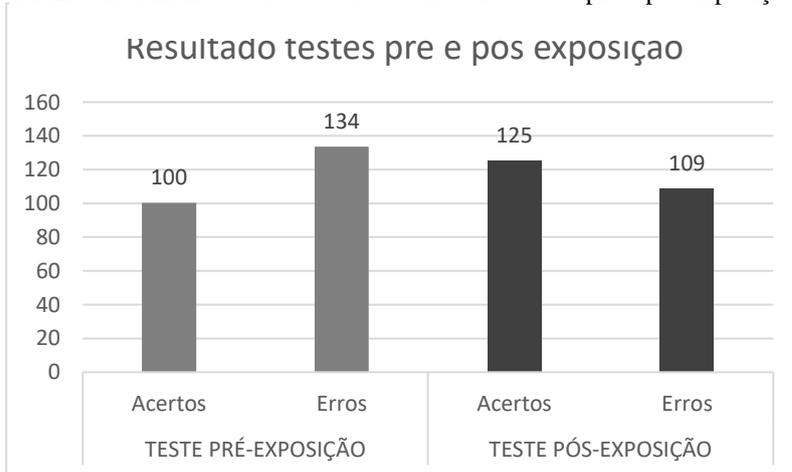
Após a análise da avaliação do estudo piloto pelos adolescentes, pode-se concluir que esse trabalho os agradou, visto que a nota média atribuída por eles foi 8 de 10. Outrossim, observou-se grande participação dos discentes no decorrer do encontro, principalmente através de perguntas temáticas e da confecção manual das peças. Salienta-se, ainda, que a maioria dos questionamentos feitos pelos discentes, consistiram em patologias dos sistemas abordados, como Labirintite e Alzheimer, outrora citadas na apresentação.

Quadro 3 – Acertos e erros em cada questão dos testes pré e pós exposição aplicado aos estudantes.

		Questões								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Teste pré exposição	Acertos	14	14	3	8	8	15	18	6	15
	Erros	12	12	23	18	18	11	8	20	11
Teste pós exposição	Acertos	14	19	20	8	12	10	19	7	17
	Erros	12	7	6	18	14	16	7	19	9

Fonte: Autores.

Gráfico 1 - Análise total de acertos e erros nos testes pré e pós exposição.



Fonte: Autores.

5 DISCUSSÃO

Com este trabalho foi possível levantar aspectos relacionados à utilização da impressora 3D como ferramenta fomentadora do conhecimento. Neste âmbito, o aumento de 25% no desempenho estudantil evidenciou a eficácia do ensino 3D. Tal evolução foi similarmente relatada por uma pesquisa da Universidade de Medicina de Boston, o qual estudou o desenvolvimento de dois grupos de discentes em distintas formas de ensino, sendo elas bi e tridimensionais. Além disso, foi observado o aproveitamento dos estudantes conforme seus tipos de memórias (ESTEVEZ, et al., 2015). De maneira geral, aqueles que tiveram aulas com peças tridimensionais apresentaram melhores resultados em questões envolvendo conhecimentos de ambas dimensões apresentadas. Analisou-se, também, que tanto aprendizes visuais, sinestésicos, auditivos e leitura/escrita foram beneficiados com os modelos impressos. Logo, assim como esse estudo piloto, foi descrito que o contato com peças 3D possibilita o aprimoramento do saber, independentemente do tipo de aprendizado do aluno.

Ainda no cenário acadêmico, visto que há poucos estudos envolvendo alunos de ensino médio em que se utiliza impressão 3D, destaca-se outro estudo bem-sucedido publicado na Associação Americana de Anatomistas (LIM, et al., 2015). Tal trabalho analisou o desempenho em anatomia cardíaca de três grupos de alunos ensinados de formas distintas: com peças 3D, com modelos cadavéricos e com ambos. Para isso, foi aplicado um questionário antes e outro depois do contato com as peças anatômicas, assim como foi feito neste estudo piloto. Os escores no primeiro teste não foram significativamente diferentes. No entanto, as pontuações no segundo foram maiores no grupo de impressões 3D em comparação com os demais. Portanto, evidenciou-se novamente a necessidade da implementação da impressora 3D no universo estudantil.

Além de potencializar o aprendizado esta nova tecnologia tridimensional tem um importante papel na expansão da ciência ao público leigo, atingindo, inclusive, pessoas com deficiências - principalmente visuais. Embora não tenha sido o objetivo deste trabalho, há estudos dedicados à impressão de protótipos 3D destinados a auxiliar discentes com dificuldades visuais (SOBRAL et al., 2015; MOREIRA et al., 2020; Wong et al., 2020). Outrossim, a impressora 3D permite a inclusão social de pacientes amputados através da confecção de próteses que os ajudam nas atividades diárias básicas. (CRUZ et al., 2018; YOUNG et al., 2019; MALLMAN, 2018).

Outra vantagem associada à impressão 3D é o fato dela possibilitar um desenvolvimento sustentável (GEBLER et al., 2014). Além de emitir menos poluentes

que as manufaturas tradicionais e necessitar de menor demanda energética, essa nova ferramenta tecnológica permite a utilização de materiais biodegradáveis, como o PLA (GEBLER et al., 2014; SINGHVI et al., 2019). Esse biopolímero termoplástico pode ser produzido a partir da fermentação de açúcares como o milho, trigo e a cana-de-açúcar, ou seja, fontes naturais renováveis (NAGARAJAN et al., 2016; VAŇKOVÁ et al, 2020). Diante disso, em uma reprodução futura deste estudo piloto, sugere-se que diferentes departamentos universitários se associem a fim de que a confecção do PLA e das peças 3D ocorram dentro da própria faculdade. Desse modo, seria possível explorar diversos benefícios da impressão 3D como aprimoramento da aprendizagem, inclusão social no ambiente acadêmico e redução de custos.

Apesar de conter vários benefícios, essa nova tecnologia tridimensional possui aspectos os quais impedem que ela seja amplamente utilizada como ferramenta pedagógica, sendo o maior empecilho o elevado valor para a aquisição da mesma. Essa dificuldade é evidenciada ao acessar o site da MakerBot Store, no qual a impressora com menor preço - 3D MakerBot 5th-Gen Replicator - custa 17.189,10 reais. No entanto, é possível recuperar o investimento inicial com a venda dos protótipos 3D impressos, haja vista que esses possuem baixo custo de produção e alto valor agregado (GEBLER et al., 2014).

6 CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo piloto demonstram que os objetivos iniciais do mesmo foram cumpridos. Por exemplo, a eficácia da impressora 3D como ferramenta pedagógica capaz de tornar palpáveis assuntos complexos é evidenciada com desempenho estudantil 25% maior no teste pós-exposição. Outrossim, os questionamentos feitos pelos discentes sugerem que o interesse pelo conhecimento científico foi instigado neles. Posto que, os alunos puderam relacionar os modelos 3D e a explicação sobre o tema com doenças, muitas vezes presentes em seus familiares, como o Alzheimer e a Labirintite. Além disso, os adolescentes demonstraram apreciar essa nova forma de ensino, pois a nota média atribuída por eles a este estudo piloto foi 8 de 10.

Quanto à fase de confecção de materiais, não houve grandes problemas com os protótipos impressos. Embora o manuseio da impressora 3D não seja tão complexo, aconselha-se o conhecimento mínimo sobre o tema, a fim de se evitar erros banais. Por exemplo, as falhas de impressão ocorridas neste estudo piloto (Figura 1. j.) poderiam ser evitadas caso houvesse um guia ou aula sobre o manuseio da mesma. Diante disso,

sugere-se a criação de mais ferramentas de ensino destinadas ao público leigo em informática e computação, como guias e curso online grátis.

Já na fase de aplicação, foi possível analisar a dificuldade encontrada pelo ensino tradicional de tornar a ciência palpável ao meio não científico. Parte desse obstáculo ocorre pois o método educacional vigente não respeita os diversos tipos de memórias existentes entre os alunos. Assim sendo, por exemplo, discentes “sinestésicos”, cuja aprendizagem é maior com atividades que envolvem o tato, são lecionados da mesma forma que discentes “auditivos”, os quais possuem aumento do desempenho com explicações sonoras. Dessa forma, o melhor aproveitamento da aula fica restrito a alguns indivíduos apenas. Tal problema não ocorreu neste projeto, pois o mesmo permitiu aos juvenis visualizarem, ouvirem, escreverem e manusearem as peças 3D, contemplando, então, amplas formas de aprendizagem.

Caso este estudo piloto seja reaplicado, sugere-se que haja algumas modificações na fase de aplicação. A dificuldade mais significativa no dia 05/12/2019 foi a escassez de tempo, a qual não permitiu que os testes e a avaliação fossem feitos no Google Forms. Dessa forma, um dos participantes apagou as respostas de seu teste pré-exposição, não possibilitando a contabilização do mesmo aos resultados. Ademais, visando melhorar o desempenho dos estudantes, deve-se atribuir mais atenção para as perguntas que não tiveram um nível de acerto maior no pós-teste (questões: 4, 6 e 8). Cabe ainda reforçar aos discentes que a “Avaliação” busca atribuir nota ao projeto e não a si mesmos.

REFERÊNCIA

BARBOSA, Jonei Cerqueira; FILHO, Analdino Pinheiro Silva. The potential of a pilot study in qualitative research. **Revista Eletônica de Educação - REVEDUC: Revista Multilíngue Do Programa De Pós-Graduação Em Educação Da Universidade Federal De São Carlos, Universidade Federal De São Carlos**, v. 13, n. 3, p. 1135-1155, 2019. DOI <https://doi.org/10.14244/198271992697>. Acesso em: 13 jun. 2021

CRUZ, Larissa Maria de Souza; JÚNIOR, Jorge Lopes Rodrigues; SARMANHO, Ana Paula Santos. IMPRESSORA 3D NO DESENVOLVIMENTO DE PESQUISAS COM PRÓTESES. **Revista Interinstitucional Brasileira de Terapia Ocupacional**, v. 2, n. 2, p. 398-413, 30 abr. 2018.

ESTEVEZ, Maureen E.; LINDGREN, Kristen A.; BERGETHON, Peter R. A Novel Three-Dimensional Tool for Teaching Human Neuroanatomy. **Anatomical Sciences Education**, v. 3, n. 6, p. 309-317, 11 out. 2010.

GLEBER, Malte; UITERKAMP, Anton J. M. Schoot; VIESSER, Cindy. A global sustainability perspective on 3D printing technologies. **Energy Policy**, [s. l.], v. 74, p. 158-167, 9 out. 2014.

LI, Fanfan. Research Method Innovation of College Students' Ideological and Political Education Based on Cognitive Neuroscience. **NeuroQuantology**, [s. l.], v. 16, n. 5, p. 296-302, May 2018. DOI: 10.14704/nq.2018.16.5.1269. Acesso em: 15 jun. 2021.

LIM, Kah Heng Alexander; LOO, Zhou Yaw; GOLDIE, Stephen J.; ADAMS, Justin W.; MCMENAMIN, Paul G. Use of 3D printed models in medical education: A randomized control trial comparing 3D prints versus cadaveric materials for learning external cardiac anatomy. **American Association of Anatomists**, v. 9, n. 3, p. 213-221, 15 out. 2015.

MALLMANN, Thiele da Silva. **O USO DE IMPRESSÃO 3D NO AUXÍLIO ÀS PESSOAS USUÁRIAS DE ÓRTESES: UM PROJETO DE DESIGN FOCADO EM TECNOLOGIA ASSISTIVA: UM PROJETO DE DESIGN FOCADO EM TECNOLOGIA ASSISTIVA**. 2018. 112 p. Dissertação (Trabalho de conclusão do curso de Design) - Universidade do Vale do Taquari, 2018.

MOREIRA, Graciele Rodrigues; PERIOTTO, Tania Corredato; TENÓRIO, Nelson. Creating and sharing knowledge using 3Dprinting technology in works of art for the visual disabled student. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 40204-40219, June 2020.

NAGARAJAN, Vidhya; MOHANTY, Amar K.; MISRA, Manjusri. Perspective on Polylactic Acid (PLA) based Sustainable Materials for Durable Applications: Focus on Toughness and Heat Resistance. **CS Sustainable Chem. Eng.**, [s. l.], v. 4, n. 6, p. 2899-2916, 17 maio 2016.

SANCHES, Janegleicy Jean; FERREIRA, Cristina do Desterro Pena; OLIVEIRA, Raimundo Correa de; SANCHES, Antonio Estanislau; PARENTE, Ricardo Silva et al.; Active Methodologies: From Text to Context -A Possible Approach. **International**

Journal of Education and Research, v. 7, n. 7, p. 267-280, 31 jul. 2019. DOI <https://doi.org/10.31686/ijer.Vol7.Iss7.1608>. Acesso em: 13 jun. 2021.

SCHMITT, Camila da Silva; DOMINGUES, Maria José Carvalho de Souza. Estilos de aprendizagem: um estudo comparativo. **Avaliação: Revista de Avaliação da Educação Superior**. v. 21, n. 2, p. 361-386, jul. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1414-40772016000200004>. Acesso: 13 jun. 2021.

SHIRAZI, Shaista. Experiência do aluno na escola de ciências. **International Journal of Science Education**, v. 39, n. 14, p. 1891-1912, 9 ago. 2017. DOI <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1356943>. Acesso em: 15 jun. 2021.

SILVA, Luis Henrique; OLIVEIRA, Anna Augusta Sampaio. CONTRIBUIÇÕES DO PROJETO PILOTO À COLETA DE DADOS EM PESQUISAS NA ÁREA DE EDUCAÇÃO. **Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, v. 10, n. 1, p. 225-245, 19 maio 2015. DOI <https://doi.org/10.21723/riaee.v10i1.7584>. Acesso em: 13 jun. 2021.

SILVA, Pedro Coelho; SANTANDREA, Rafael Souza; BRANDÃO, Lincoln Cardoso; XAVIER, Marcos Vinício Antônio. 3D printing: A practical guide. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 11, p. 84478-84493, 3 Nov. 2020.

SINGHVI, M. S.; ZINJARDE, S. S.; GOKHALE, D. V. Polylactic acid: synthesis and biomedical applications. **Journal of Applied Microbiology**, [s. l.], v. 127, n. 6, p. 1612-1626, 25 abr. 2019.

SOBRAL, João Eduardo Chagas et al., Ver Com As Mãos: A Tecnologia 3d Como Recurso Educativo Para Pessoas Cegas. **15º ERGODESIGN - Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade de Interfaces Humano-tecnologia I 15º USIHC - Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade de Interfaces Humano-computador**, v. 2, n. 1, p. 1327-1335, 25 jun. 2015.

VANĀKOVÁ, Eva; KHUN, Josef; KAŠPAROVÁ, Petra; MACHKOVÁ, Anna; JULÁK, Jaroslav et al.; Polylactic acid as a suitable material for 3D printing of protective masks in times of COVID-19 pandemic. **PeerJ Computer Science**, [s. l.], v. 2020, 29 out. 2020. DOI: 10.7717/peerj.10259. Acesso em: 13 jun. 2021.

VARGAS, L. S. et al. Conhecendo o sistema nervoso: ações de divulgação e popularização da neurociência junto a estudantes da rede pública de educação básica. **Revista Ciências e Cognição**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 2, p. 233-241, 13 de agosto de 2014.

WANG, Dee Dee; QIAN, Zhen; VUKICEVIC, Marija; ENGELHARDT, Sandy; KHERADVAR, Arash et al., 3D Printing, Computational Modeling, and Artificial Intelligence for Structural Heart Disease. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 14, n. 1, p. 41-60, January 2021.

Young, K.J., Pierce, J.E. & Zuniga, J.M. Assessment of body-powered 3D printed partial finger prostheses: a case study. **3D Print Med**, v. 5, n. 7, 2019. <https://doi.org/10.1186/s41205-019-0044-0>