

APLICABILIDADE DA IMPRESSÃO 3D COMO TECNOLOGIA EM SAÚDE E SOLUÇÕES INOVADORAS DURANTE A PANDEMIA

Congresso Brasileiro De Manufatura Aditiva, 1ª edição, de 30/11/2020 a 01/12/2020
ISBN dos Anais: 978-65-86861-62-4

COSTA; Júlia Moraes Rodrigues da ¹, BRANCO; Rodolfo Ramos Castelo ², SALES; Lucas Vinícius Araújo ³, FILGUEIRA; Anna Kellssya Leite ⁴, MARTINS; Ketinlly Yasmyne Nascimento ⁵

RESUMO

INTRODUÇÃO

Com a crescente complexidade na produção de dispositivos, produtos e demandas em geral de diversas áreas da sociedade, que não mais poderiam ser supridas por modelos tradicionais de produção, é observado a utilização de novas tecnologias, como a Impressão tridimensional (3D), também conhecida como Manufatura Aditiva (MA), representando uma importante tecnologia que foi implementada e aperfeiçoada à áreas como a saúde, na perspectiva clínica e cirúrgica com o passar dos anos; trazendo consigo a possibilidade de representação de geometrias tridimensionais complexas como as que compõem o corpo humano.

Em linhas gerais, segundo Volpato (2017) a tecnologia é baseada na adição de material seguindo uma sequência de camadas em duas dimensões sobrepostas, que por sua vez são resultantes de um modelo 3D representado num arquivo específico, geralmente (STereoLithography - STL); possuindo assim três grandes grupos baseados no estado da matéria prima, são esses os processos baseados em, líquido, sólido e pó, cada um se adequa e atende melhor determinada demanda.

A impressão 3D consegue atualmente proporcionar suporte e avanços com eficiência a inúmeras áreas da saúde, se estendendo do desenvolvimento de biomodelos para planejamento cirúrgico e aprendizado dos profissionais (Chen et al., 2017), à modelos que reproduzem estruturas do corpo com precisão, como no caso de endopróteses hemipélvicas (WANG et al., 2019), onde através da manufatura baseada no pó como matéria prima, tem-se representação até mesmo de estruturas esponjosas. Constatando sua eficiência em precisão e tempo para elementos de tal complexidade, a tecnologia mostra-se apta a proporcionar avanços e soluções em situações que fogem da normalidade, como a atual pandemia.

De acordo com a [Organização Mundial da Saúde - OMS](#), até o mês de outubro deste ano (2020), a disseminação do covid-19 já ultrapassa 42 milhões de casos e mais de 1 milhão de mortes registradas, infelizmente esses números crescem constantemente, um dos motivos é a quebra do isolamento social proposto pelas autoridades. Portanto, desde o início da pandemia busca-se soluções e estratégias rápidas para combater o caos instalado nos serviços de saúde.

Dentre as medidas emergenciais tomadas em relação ao SARS-CoV-2, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), através da Resolução Nº 356, flexibilizou as normas de fabricação, importação e aquisição de dispositivos médicos, visando suprir a alta demanda de materiais como Equipamentos de Proteção Individual (EPI's), além de válvulas, circuitos e conectores necessários para o funcionamento dos respiradores artificiais, sendo estes de uso fundamental no ambiente hospitalar. Diante disso, a impressão 3D mostra-se como uma tecnologia de relevante aplicabilidade e rápida resposta para o aumento da produção desses dispositivos essenciais para os profissionais de saúde no combate à pandemia. Portanto, a presente revisão tem como objetivo sintetizar as evidências científicas disponíveis sobre o uso da impressão 3D como tecnologia em saúde e destacar sua aplicabilidade no cenário da pandemia do Covid-19.

METODOLOGIA

Foi realizada uma revisão integrativa da literatura, no período de abril a maio de 2020. A presente revisão procedeu de acordo com as seguintes etapas: 1) Identificação do tema e definição da

¹ Núcleo de Tecnologias Estratégicas em Saúde, juliamrc7@gmail.com

² Núcleo de Tecnologias Estratégicas em Saúde, rodolfo.ramos@nutes.uepb.edu.br

³ Núcleo de Tecnologias Estratégicas em Saúde, lucasvinicius-sales@hotmail.com

⁴ Núcleo de Tecnologias Estratégicas em Saúde, annakellssya21@gmail.com

⁵ Núcleo de Tecnologias Estratégicas em Saúde, yasmyne.martins@nutes.uepb.edu.br

questão norteadora; 2) Definição dos critérios de elegibilidade dos estudos à serem incluídos e estratégia de busca; 3) Coleta de dados; 4) Análise dos dados; 5) Interpretação dos resultados e 6) Síntese da revisão (MENDES; SILVEIRA; GALVÃO, 2008).

A questão norteadora para a busca foi: "Qual a aplicabilidade da impressão tridimensional como tecnologia em saúde?". Foram utilizados os descritores: "3D Printing/Impressão tridimensional" e "Technology, Biomedical/Tecnologia Biomédica", conforme terminologia MeSH (Medical Subject Headings) e DeCS (Descritores em Ciências da Saúde). Os termos correspondentes foram unidos utilizando o operador booleano "OR", em seguida os descritores foram associados pelo operador "AND". Após estabelecer a estratégia de busca, a pesquisa foi iniciada nas bases de dados: Pubmed, Web of Science e Cochrane.

Os critérios de inclusão foram: texto completo disponível gratuitamente; publicações dos últimos 5 anos; ensaios clínicos; artigo original em inglês ou português. Foram excluídos os artigos fora da área de abrangência do tema a ser discutido. A partir das buscas, foram localizados nove artigos, apenas quatro se encaixaram nos critérios de elegibilidade.

RESULTADOS

De acordo com a combinação dos descritores escolhidos, foram encontrados nove artigos. Dentre eles, quatro pertenciam a Pubmed, três foram encontrados na Web of Science e dois na Cochrane. Após a leitura minuciosa do texto completo, cinco foram excluídos. Dos artigos elegíveis, três são da Pubmed e um da Cochrane, publicados entre os anos de 2017 e 2019. Os quatro estudos incluídos nessa revisão se tratam de ensaios clínicos que utilizaram a tecnologia de [impressão 3D](#) para diferentes objetivos no âmbito da saúde.

O estudo mais recente (BANGEAS et al., 2019) avaliou a utilidade da tecnologia 3D como uma ferramenta educacional em uma cirurgia colorretal. Comparou o desempenho de cirurgiões residentes, o grupo A usou imagens de ressonância magnética para estudar e o grupo B estudou por um modelo impresso de uma fístula anal. O tempo médio de fabricação desse modelo foi de 138 minutos e o preço da unidade custou aproximadamente 3 euros. Os dois grupos passaram por testes de avaliação pré-operatória através de um questionário. Os residentes do grupo B obtiveram uma pontuação geral mais alta no teste, além disso se saíram melhor no planejamento pré-operatório.

Semelhantemente ao estudo citado acima, Chen et al. (2017) aplicou a tecnologia 3D para comparar a eficiência da aprendizagem com crânios impressos tridimensionalmente em relação à crânios cadavéricos e atlas 2D. 79 estudantes do terceiro ano de medicina foram alocados de forma aleatória nos grupos, receberam uma palestra introdutória de 30 minutos sobre anatomia do cérebro e depois foram divididos em três salas separadas para uma sessão de aprendizado autodirigida de 30 minutos usando crânios de cadáver, crânios impressos em 3D e atlas 2D, de acordo com o respectivo grupo ao qual foram alocados. Logo em seguida foi realizado um teste de avaliação que revelou que o grupo do modelo de crânio 3D apresentou um desempenho melhor nas questões de reconhecimento de estrutura do que os outros dois grupos. Não houve diferenças significativas entre os grupos crânios cadavéricos e atlas ou entre os grupos 3D e cadavérico, mas com base na pontuação total, o grupo 3D apresentou melhor desempenho do que o grupo atlas. Além de facilitar a educação, o uso de crânios impressos em 3D também se sobrepõe aos cadavéricos em virtude do custo, higiene, ética e manejo de estruturas frágeis.

O estudo de Zheng et al. (2018) comparou a cirurgia tradicional de fraturas da tíbia com a cirurgia assistida pela tecnologia de impressão 3D. Cem pacientes compuseram a amostra e foram randomizados para os grupos. Foram produzidos um modelo da tíbia lesionada e um modelo da tíbia contralateral. Os médicos simularam a operação no modelo impresso da tíbia, antes de realizar a cirurgia no paciente. Nesse grupo, a placa e os parafusos determinados pela simulação do modelo impresso foram utilizados para corrigir a fratura. Já no grupo convencional, isso foi determinado pela medida durante a cirurgia. O grupo de impressão 3D mostrou tempo de operação, volume de perda de sangue e tempo de fluoroscopia menores, maior taxa de redução anatômica e melhor resultado do que o grupo convencional. Dez cirurgiões avaliaram a verossimilhança e a eficácia do modelo 3D em tamanho real através de um questionário, e relataram que os modelos de impressão 3D podem facilitar o plano pré-operatório, pois fornece uma melhor visibilidade da fratura. Outro questionário aplicado para pacientes e profissionais não médicos, revelou que essa tecnologia também facilitou a compreensão e adesão dos pacientes à cirurgia, melhorando a comunicação entre médico e paciente. O estudo concluiu que a tecnologia é segura, eficaz e viável para o tratamento de fratura tibial, além disso também pode ajudar os médicos a melhorarem seus conhecimentos teóricos e habilidades práticas, eliminar complicações cirúrgicas comuns, melhorar a qualidade cirúrgica, além dos benefícios já citados.

Outro estudo (ZHANG et al., 2018) utilizou a tecnologia 3D com intenção de reduzir a dosagem de exposição à radiação durante a localização de nódulos pulmonares. Avaliaram a não inferioridade da eficácia e segurança de um guia modelo de navegação com impressão 3D em relação à Tomografia Computadorizada (TC) convencional. A amostra foi composta por 213 pacientes

¹ Núcleo de Tecnologias Estratégicas em Saúde, juliamrc7@gmail.com

² Núcleo de Tecnologias Estratégicas em Saúde, rodolfo.ramos@nutes.uepb.edu.br

³ Núcleo de Tecnologias Estratégicas em Saúde, lucasvinicius-sales@hotmail.com

⁴ Núcleo de Tecnologias Estratégicas em Saúde, annakellssya21@gmail.com

⁵ Núcleo de Tecnologias Estratégicas em Saúde, yasmayne.martins@nutes.uepb.edu.br

alocados de forma aleatória nos grupos. No grupo guiado, o modelo foi colocado na parede torácica do paciente, imobilizado com adesivo para evitar desvios acidentais, foi traçada uma linha imaginária em direção ao nódulo para inserção de um fio de gancho de calibre 20 durante a inspiração profunda do paciente após a administração da anestesia local. No entanto, se a distância fosse mais de 2 cm além da faixa aceitável de desvio do localizador, registrava-se como uma falha na localização guiada por modelo 3D, e a localização guiada por TC convencional era realizada. O modelo impresso levou aproximadamente seis horas para ser fabricado e custou aproximadamente 100 dólares por pessoa. Para o grupo de TC convencional, depois que os pacientes foram posicionados na mesa da tomografia computadorizada, uma tomografia inicial foi realizada na área de interesse. O local de inserção do fio do gancho foi determinado usando as luzes laser do pórtico da TC e um marcador de metal na pele. O comprimento e o ângulo de inserção foram estimados nas imagens iniciais da TC, e o localizador foi inserido sem penetrar na pleura. Posteriormente, foram obtidas repetidas tomografias para confirmar ou redirecionar o localizador para obter precisão adequada da localização do nódulo. Com base na experiência anterior, os desvios de 2 cm ou menos entre o localizador e o centro do nódulo alvo foram considerados suficientemente precisos para permitir a localização segura do nódulo. Uma vez que a posição relativa do fio do gancho e do nódulo alvo era aceitável, o fio do gancho foi implantado no parênquima pulmonar. A exposição à radiação e duração média do procedimento foi significativamente menor nos pacientes do grupo guiado por modelo, além de que o cirurgião precisou de menos tentativas de inserção para posicionar com precisão o localizador. Em relação às complicações, foi menor no grupo guiado, mas não houve diferença significativa entre os dois grupos. Esse estudo concluiu que o uso do modelo de navegação 3D mostrou eficácia e segurança que não foram substancialmente inferiores em relação à abordagem guiada por TC. Além disso, a abordagem guiada por modelo simplificou significativamente o procedimento e diminuiu a exposição à radiação do paciente.

Após reunir os estudos incluídos nesta revisão, percebe-se o emprego da tecnologia de impressão 3D para diferentes finalidades como: educacional, cirúrgica e diagnóstica. Apenas dois estudos detalharam o tempo de produção e o custo dos materiais, que podem [caracterizar a impressão 3D como uma tecnologia de baixo custo e rápido fornecimento](#), dando visibilidade para que ela seja aplicada com mais frequência e para outros fins na área da saúde.

Os estudos avaliados permitiram a observação da recorrência de utilização da tecnologia FDM, que trata-se da Modelagem por Fusão e Deposição (Fused Deposition Modeling - FDM), que por sua vez está dentro do grupo de manufatura aditiva baseado no grupo sólido, o processo de impressão do tipo FDM de forma geral é baseado no aquecimento do material, que geralmente são filamentos termoplásticos, até que este chegue numa condição de material pastoso para a posterior extrusão e construção dos modelos. Tal panorama é observado devido a efetividade desta tecnologia, que por sua vez oferece modelos, seja para estudo ou planejamento cirúrgico que atendem de forma satisfatória, com um baixo custo associado e rapidez, estando biomodelos prontos em cerca de duas horas (BANGEAS et al., 2019). A constatação da tecnologia como importante ferramenta para desenvolvimento de novas estratégias e métodos vem reforçando a possibilidade de aplicação desta em situações que exigem rápida resposta, como o enfrentamento ao covid-19.

A situação caótica instalada atualmente no Brasil e no mundo proporcionou esforços multidisciplinares e estratégias criativas em prol de amenizar a escassez de suprimentos hospitalares necessários para o combate ao Covid-19. Algumas iniciativas já foram tomadas utilizando a impressão 3D, como por exemplo o desenvolvimento de um divisor de circuito e um restridor de fluxo para auxiliar o equipamento de suporte respiratório (CLARKE, 2020), máscara facial reutilizável, com modelo semelhante ao N95 (SWENNEN; POTTEL; HAERS, 2020), confecção de protetores faciais, um equipamento que se tornou indispensável dentro do ambiente hospitalar (AMIN et al., 2020) e ainda cotonetes nasofaríngeos para testes rápidos de covid-10 (COX; KOEPESELL, 2020).

Clarke (2020) especificou o tempo e custo de produção, um conjunto de dois divisores e um restridor de fluxo levou cerca de seis horas para serem fabricados, e o custo médio foi de 57 centavos de euros, equivalente a R\$3,45 na moeda brasileira. Já Swennen, Pottel e Haers (2020) estimaram a produção de 60 máscaras em 24 horas, mas não especificaram o custo. Os protetores faciais de Amin et al. (2020) levaram um tempo de produção de 5 horas e o custo individual foi de 7,30 dólares, as peças foram impressas em grande quantidade, para diminuir o tempo e custo total. O tempo de impressão de 50 cotonetes nasofaríngeos foi de 3 horas e 40 minutos e o custo não foi especificado (COX; KOEPESELL, 2020).

Além da aplicação já existente da impressão 3D como tecnologia em saúde, sendo útil como ferramenta educacional, planejamento cirúrgico ou diagnóstico, sua aplicação durante a pandemia tem sido promissora, pois tal inovação possibilitou a fabricação de materiais e dispositivos médicos de caráter urgente dentro do contexto do combate ao vírus.

CONCLUSÃO

A partir dos estudos reunidos nesta síntese, torna-se evidente algumas das possibilidades que a

¹ Núcleo de Tecnologias Estratégicas em Saúde, juliamrc7@gmail.com

² Núcleo de Tecnologias Estratégicas em Saúde, rodolfo.ramos@nutes.uepb.edu.br

³ Núcleo de Tecnologias Estratégicas em Saúde, lucasvinicius-sales@hotmail.com

⁴ Núcleo de Tecnologias Estratégicas em Saúde, annakellssya21@gmail.com

⁵ Núcleo de Tecnologias Estratégicas em Saúde, yasmyne.martins@nutes.uepb.edu.br

impressão 3D permite dentro da área da saúde, seja como uma ferramenta educacional, planejamento cirúrgico ou para facilitar um exame diagnóstico.

Pode-se destacar a impressão 3D dentre as tecnologias em saúde devido a características como: customização, praticidade, custo-benefício, tempo de produção e eficiência.

Diante disso, vemos a aplicabilidade dessa tecnologia como uma forma de combate rápido à pandemia, através dos dispositivos médicos que estão sendo produzidos, com intenção de aumentar o suprimento desses materiais em virtude da alta demanda de casos de covid-19 e a necessidade de uso pelos profissionais de saúde.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Brasil). Resolução nº. 356, de 23 de março de 2020. Forma extraordinária e temporária, sobre os requisitos para a fabricação, importação e aquisição de dispositivos médicos. **Diário Oficial da União** 23 mar 2020; Seção 1.

AMIN, Dina *et al.* 3D Printing of Face Shields During COVID-19 Pandemic: a technical note. **Journal Of Oral And Maxillofacial Surgery**, v. 78, n. 8, p. 1275-1278, ago. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.joms.2020.04.040>.

BANGEAS, Petros *et al.* Three-dimensional printing as an educational tool in colorectal surgery. **Frontiers In Bioscience: Elite Edition**, v. 11, p. 29-37, 1 jan. 2019.

CLARKE, A. L.. Three-dimensional printed circuit splitter and flow restriction devices for multiple patient lung ventilation using one anaesthesia workstation or ventilator. **Anaesthesia**, p. 1-2, 19 abr. 2020. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/anae.15063>.

CHEN, Shi *et al.* The role of three-dimensional printed models of skull in anatomy education: a randomized controlled trail. : a randomized controlled trail. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 1-11, 3 abr. 2017. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-017-00647-1>.

COX, Jesse L; A KOEPSSELL, Scott. 3D-Printing to Address COVID-19 Testing Supply Shortages. **Laboratory Medicine**, v. 51, n. 4, p. 1-2, jul. 2020. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/labmed/lmaa031>.

MENDES, Karina dal Sasso; SILVEIRA, Renata Cristina de Campos Pereira; GALVÃO, Cristina Maria. Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. **Texto & Contexto - Enfermagem**, v. 17, n. 4, p. 758-764, dez. 2008. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0104-07072008000400018>.

SWENNEN, Gwen R.j.; POTTEL, Lies; HAERS, Piet E.. Custom-made 3D-printed face masks in case of pandemic crisis situations with a lack of commercially available FFP2/3 masks. **International Journal Of Oral And Maxillofacial Surgery**, p. 1-13, abr. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijom.2020.03.015>.

VOLPATO, Neri (org.). MANUFATURA ADITIVA: Tecnologias e aplicações da impressão 3D. São Paulo: Blucher, 2017.

ZHANG, Lei *et al.* Accuracy of a 3-Dimensionally Printed Navigational Template for Localizing Small Pulmonary Nodules. **Jama Surgery**, v. 154, n. 4, p. 295-303, 1 abr. 2019. American Medical Association (AMA). <http://dx.doi.org/10.1001/jamasurg.2018.4872>.

ZHENG, Wenhao *et al.* The Feasibility of 3D Printing Technology on the Treatment of Pilon Fracture and Its Effect on Doctor-Patient Communication. **Biomed Research International**, v. 2018, p. 1-10, 2018. Hindawi Limited. <http://dx.doi.org/10.1155/2018/8054698>.

¹ Núcleo de Tecnologias Estratégicas em Saúde, juliamrc7@gmail.com

² Núcleo de Tecnologias Estratégicas em Saúde, rodolfo.ramos@nutes.uepb.edu.br

³ Núcleo de Tecnologias Estratégicas em Saúde, lucasvinicius-sales@hotmail.com

⁴ Núcleo de Tecnologias Estratégicas em Saúde, annakellssya21@gmail.com

⁵ Núcleo de Tecnologias Estratégicas em Saúde, yasmyne.martins@nutes.uepb.edu.br

WANG, Jie et al. Three-dimensional-printed custom-made hemipelvic endoprosthesis for primary malignancies involving acetabulum: the design solution and surgical techniques: the design solution and surgical techniques. **Journal Of Orthopaedic Surgery And Research**, v. 14, n. 1, p. 2-10, 27 nov. 2019. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1186/s13018-019-1455-8>.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE DA ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. **Folha informativa COVID-19 - Escritório da OPAS e da OMS no Brasil. Brasília:** OPAS/OMS, 2020. Disponível em: <<https://www.paho.org/pt/covid19>>. Acesso em: 23 out 2020.

PALAVRAS-CHAVE: Impressão tridimensional, tecnologia em saúde, dispositivos médicos, covid-19, pandemia.

¹ Núcleo de Tecnologias Estratégicas em Saúde, juliamrc7@gmail.com

² Núcleo de Tecnologias Estratégicas em Saúde, rodolfo.ramos@nutes.uepb.edu.br

³ Núcleo de Tecnologias Estratégicas em Saúde, lucasvinicius-sales@hotmail.com

⁴ Núcleo de Tecnologias Estratégicas em Saúde, annakellssya21@gmail.com

⁵ Núcleo de Tecnologias Estratégicas em Saúde, yasmyne.martins@nutes.uepb.edu.br