INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TECHNOLOGICAL INNOVATION
ISTI 10 YEARS
SEPTEMBER 25TH TO 27TH, 2019
ARACAJU, SERGIPE, BRAZIL

TECHNOLOGICAL INNOVATIONS OF THE 3D PRINTER APPLIED TO HEALTH

INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS DA IMPRESSORA 3D APLICADA À SAÚDE

Lana Grasiela Alves Marques – lana.marques@icict.fiocruz.br
Instituto de Comunicação e Informação Científica e Tecnológica em Saúde, Fundação Oswaldo Cruz - FIOCRUZ, Rio de Janeiro – Brasil
Rosângela Cordeiro de Souza Assef Neto – rosangela.cordeiro@icict.fiocruz.br
Instituto de Comunicação e Informação Científica e Tecnológica em Saúde, Fundação Oswaldo Cruz - FIOCRUZ, Rio de Janeiro – Brasil
Rosane Abdala Lins – rosane.abdala@icict.fiocruz.br
Instituto de Comunicação e Informação Científica e Tecnológica em Saúde, Fundação Oswaldo Cruz - FIOCRUZ, Rio de Janeiro – Brasil
Maria Cristina Soares Guimarães – cristina.guimaraes@icict.fiocruz.br
Instituto de Comunicação e Informação Científica e Tecnológica em Saúde, Fundação Oswaldo Cruz - FIOCRUZ, Rio de Janeiro – Brasil

***Abstract*—** 3D printing technology has already been created by the manufacturing industry for decades. In the health area has grown rapidly, allowing the application to various areas of medicine. This work carried out a quantitative study in patent databases with the aim of sticking to the innovations that emerged with the 3D printer applied to health through technological indicators inherent in patents. It is possible to check the countries, companies and applications for the innovations that emerged after the patent for Fusion and Deposition Modeling (FDM) technology came into the public domain. China, listed as one of the countries in the Global Innovation Index, holds the development of new technologies as well as the patent protection of 3D Health Printer prototypes.
***Keywords*—**3D Printer, Health, Patents, Innovation.

***Resumo*—**A tecnologia da impressão 3D tem sido utilizada pela indústria de manufatura há décadas. Na área da saúde tem crescido rapidamente, possibilitando a aplicação em diversas áreas da medicina. Este trabalho realizou um estudo quantitativo nas bases de dados de patentes com o objetivo de apontar as inovações surgidas com a impressora 3D aplicada à saúde por meio de indicadores tecnológicos inerentes nas patentes. É possível verificar os países, as empresas e as aplicações referentes às inovações que surgiram após a patente da tecnologia de Modelagem por Fusão e Deposição (FDM) entrar em domínio público. A China, listada como um dos países no Índice Global de Inovação, detém o desenvolvimento de novas tecnologias, bem como a proteção por patente de protótipos da Impressora 3D aplicado à saúde.
***Palavras-chave*—**Impressora 3D, Saúde, Patentes, Inovação.

1 INTRODUÇÃO

A tecnologia da impressão 3D tem sido utilizada pela indústria de manufatura há décadas, principalmente na construção de protótipos de produtos e se expandiu para diversas áreas, como automobilística, arte e moda. Na área da saúde, a aplicação da impressão 3D tem crescido rapidamente, possibilitando a aplicação em diversas áreas da medicina, como fabricação de tecido e órgão, criação de próteses, além da pesquisa farmacêutica (AZEVEDO et al, 2018). As pesquisas com a tecnologia 3D têm

permitido a inovação de diversos procedimentos cirúrgicos. A manufatura de modelos 3D pré-cirúrgicos, têm permitido a realização de testes, possibilitando a diminuição do tempo de cirurgia. Técnicas de modelagem de implantes, órteses e próteses customizados também possibilitam um melhor conforto e aceitação do paciente (COUTINHO et al, 2018).

A prototipagem rápida ou impressão 3D, permite a construção de objetos por fusão ou depósito de materiais em camadas (como plástico, metal, cerâmicas, pós, líquidos ou até mesmo células vivas). Existem mais de duas dúzias de processos de impressão 3D usando várias tecnologias de impressão, podendo criar objetos em praticamente qualquer formato imaginável, conforme definido em arquivo CAD (Computer-Aided Design) (VENTOLA, 2014).

De acordo com Dabague (2014), a inovação trazida pela prototipagem rápida com as impressoras 3D trouxe a evolução da indústria e de outras áreas a exemplo da engenharia e arquitetura, educação e medicina, onde essa técnica é uma das bases para o desenvolvimento de produtos inovadores. A primeira técnica de prototipagem rápida se deu em 1980 por Hideo Kodama, do Instituto de Pesquisas Industriais de Nagoya, no qual a técnica ficou conhecida como *estereolitografia* (sigla em inglês SLA). Em 1984, o americano, Charles Hull aprimorou a impressora 3D, patenteando o invento em 1986 com o título "*Apparatus for production of three-dimensional objects by stereolithography*" (US 4575330/WO 1991012120 A1). Logo em seguida, Charles Hull cria a empresa 3D Systems Corp e inicia a comercialização da tecnologia permanecendo umas das líderes neste segmento (Valor Econômico, 2013; MURPHY, 2014).

Na saúde, em 2008, ocorre a primeira prótese de perna impressa em 3D. Em 2016, surge um estudo publicado na renomada revista Nature Biotechnology que revela os pesquisadores dos Estados Unidos conseguiram implantar tecidos impressos em 3D em animais. Dentre as estruturas transplantadas estão as cartilagens, ossos e músculos onde essas células desenvolveram um sistema de vasos sanguíneos e se transformaram em tecidos (MURPHY, et al, 2014). Isso tudo foi possível depois que a patente da tecnologia Modelagem por fusão e deposição (FDM sigla em inglês) caiu em domínio público e abriu as portas para diversas pesquisas e desenvolvimento da inovação em diversos países.

Oliveira et al (2019) coloca as patentes como fonte de produção de indicadores e são usadas para mostrar a produção de tecnologias e atividades inovadoras capazes de influenciar de forma significativa uma indústria, a economia e a sociedade como um todo. As patentes são avaliadas como um índice tanto de desenvolvimento industrial como de pesquisa dos países, composta por indicadores relevantes que avaliam a capacidade do país em transformar o conhecimento científico em inovações tecnológicas ou produtos (OLIVEIRA et al, 2019).

O presente trabalho teve como objetivo apontar as inovações da impressora 3D aplicada à saúde por meio de indicadores tecnológicos inerentes às patentes. Ao analisar a informação foi possível verificar vários indicadores estratégicos sobre tecnologias emergentes e outras aplicações que podem ser fornecidas como respostas imediatas a uma série de questões ligadas à gestão das tecnologias direcionadas as pesquisas da Impressora 3D aplicadas à saúde.

2 METODOLOGIA

A coleta dos dados para o mapeamento da informação tecnológica foi realizada nas bases de dados da *Derwent Innovations Index* da plataforma da Thomson Reuters. A estratégia utilizada foi a busca por palavra-chave e no campo Tópico para obter o termo "*3D Printer*" AND "*three dimension**" AND (*Health* OR *clinic** OR *medic**) (Tabela 01). Outras duas bases de dados foram consultadas: *Espacenet Patent Search* do *European Patent Office* (EPO) que é uma base de dados da Comunidade Europeia e contém dados sobre mais de 110 milhões de documentos de patentes de todo o mundo; e o *Lens* que é uma Plataforma de Cartografia Aberta não governamental. Nesta base de dados utilizou-se como critério a busca por patentes nos campos *Title/Abstract/Claims*.

Na base de dados *Lens* foi utilizado um refinamento na busca, que foi para os tipos de documentos "patentes depositadas" e "patentes concedidas". Foram encontrados no total 553 documentos e 389 famílias

(Uma família de patentes é um conjunto de documentos, muitas vezes em várias jurisdições, todos pertencentes à mesma invenção), onde apenas 83 patentes foram concedidas e 470 patentes com solicitação pendente ou em andamento (TABELA 1). Optou-se por não restringir totalmente os campos por ano e por Classificação Internacional de Patentes, por exemplo.

A pesquisa e a coleta das informações tecnológicas nas bases de dados de patentes abrangeram o período de maio a junho de 2019. O total de patentes recuperadas nas bases foi consolidado e os documentos repetidos foram excluídos. Os dados foram tratados e analisados por meio do software VantagePoint®, permitindo a exploração e tratamento de grande quantidade de informação tecnológica. Nesse *software* os documentos são tratados com técnicas bibliométricas avançadas e permite a visualização dos dados de diversas formas por meio do agrupamento de países, inventores, instituições, titulares, entre outros (Vantage Point®, 2012).

2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta o número de documentos recuperados utilizando a palavra-chave definida na metodologia.

Tabela 1: Número de patentes encontradas nas bases de dados.

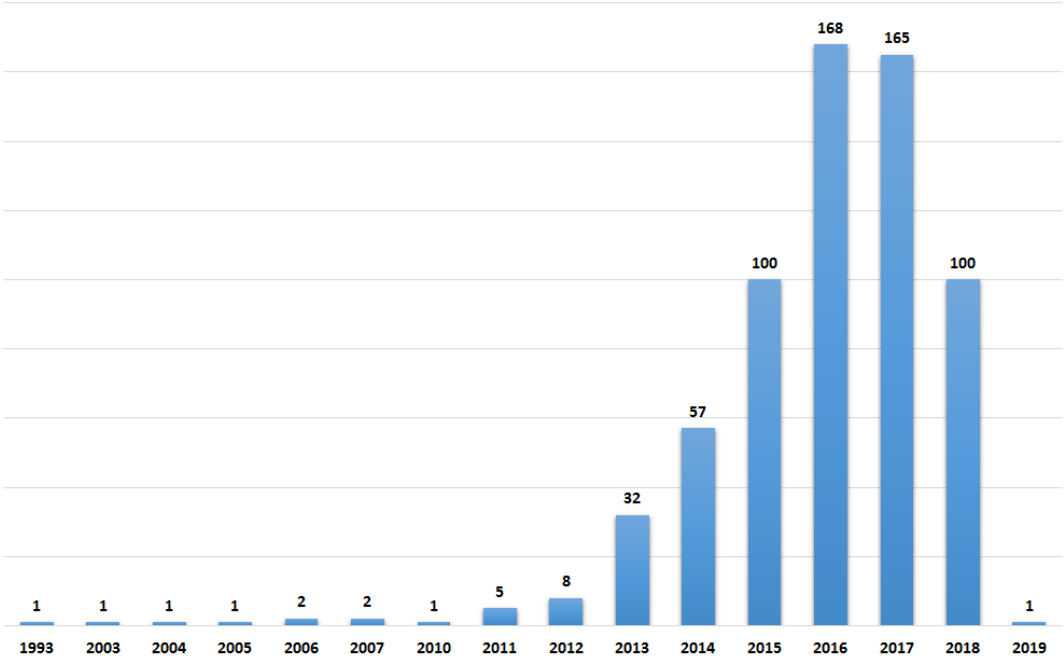
Palavras-chave / **Database**	**Derwent**	**EPO**	**LENS Patent**
"3D Print*"	2,266	945	20,346 (16,785 families)
(3D AND Print) AND (three dimension*)	1,001	111	7,333 (4,945 families)
"3D Print*" AND "three dimension*" AND (Health OR clinic* OR medic*)	542	04	553 (389 families)

Fonte: Elaborada pelos autores.

O maior número de documentos relacionados ao depósito de patentes a partir de 2013 pode ser visto na Figura 1. Percebe-se uma estabilização no número de pedidos de patentes no período entre 1993 a 2010, diferentemente do que foi observado ao longo dos anos, quando foi apresentado um crescimento ano a ano depois de 2012. A evolução no crescimento na quantidade de patentes depositadas a partir de 2011 é notória, sendo tal crescimento representativo no ano 2016 com 168 depósitos e 2018 com 100 depósitos. Cabe ressaltar que no intervalo entre 2018 e 2019, o número de documentos pode aumentar devido as patentes estarem em período de sigilo de 18 meses, fase obrigatória em todo processo de proteção do invento.

A primeira patente, apresentada na Figura 1, é do ano de 1993, dos Estados Unidos e de titularidade da Universidade Clemson, com título "*Automatic operation of machine used for modelling solid three-dimensional object – involves generation portions of object model by selecting laver thicknesses such that geometrical erros between desired and actual profile is less than pretermined value*".

Figura 1. Evolução temporal sobre o número de patentes da impressora 3D aplicada à saúde.

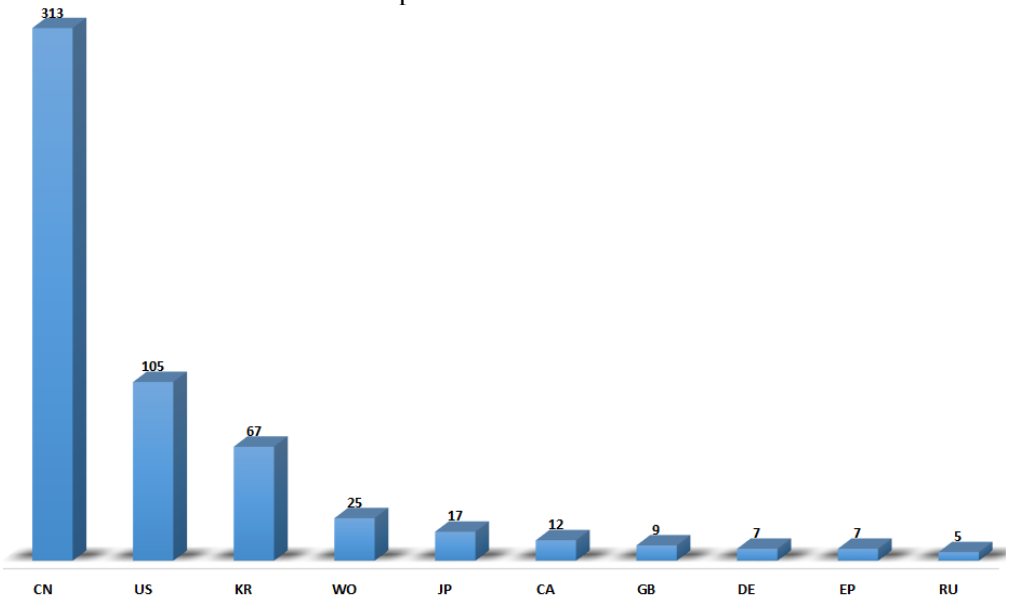


Fonte: Elaborada pelos autores.

A Figura 2 apresenta os dez primeiros países que mais depositaram patentes relacionadas à Impressora 3D aplicada à saúde. O país que mais se destaca com o desenvolvimento e proteção do invento é a China com 313 patentes, e em seguida vem os Estados Unidos (105). É importante destacar que, apesar de surgir as siglas WO (*World Intellectual Property Organization* - WIPO) e EP (*Patent Office of Europe*) estas não são siglas de países e sim de órgãos responsáveis pela concessão de patentes que realizam a gestão da Propriedade Intelectual no mundo e na Europa, respectivamente. Cerca de 90% dos países do mundo estão associados à Organização Mundial de Propriedade Intelectual (WIPO sigla em inglês) que é uma entidade vinculada às Nações Unidas.

As patentes que apresentam sigla WO foram depositadas via sistema internacional de patentes e garante o depósito no exterior por meio do Tratado de Cooperação em Matéria de Patentes (*Patent Cooperation Treaty* – PCT) e Convenção da União de Paris (CUP), os quais podem ser feitos depósitos nos países selecionados pelo depositante. Os depósitos de patentes via PCT, tem um depósito único com validade nos 142 Estados contratantes dentro da data limite estipulada, sendo o Brasil signatário deste tratado desde 1978. Nos resultados (Figura 2) obtidos com WO, os Estados Unidos estão em maior número de patentes (15) depositadas via PCT seguido da China com 4 patentes. Com dois depósitos de patentes estão os países como Espanha, Finlândia, Índia, Taiwan. Com 1 patente, Áustria, Suíça, Dinamarca, Egito, Indonésia, Itália, Filipinas, Portugal, Suécia e Turquia.

Figura 2. Os 10 primeiros países e escritório de patentes que mais depositaram patentes relacionadas à Impressora 3D.



Fonte: Elaborada pelos autores.
Legenda: **CN**: China; **US**: Estados Unidos; **KR**: Coréia; **WO**: Organização Mundial de Propriedade Intelectual; **JP**: Japão; **CA**: Canadá: **GB**: Reino Unido; **DE**; Alemanha; **EP**: Escritório de Patentes Europeu; **RU**: Rússia.

O Índice Global de Inovação (IGI) publicado anualmente desde 2007 pela Universidade Cornell nos Estados Unidos e pela Organização Mundial de Propriedade Intelectual em Genebra-Suíça, apresenta sete pilares da inovação com um total de 80 indicadores. A China está entre os países que mais cresce no IGI, em 2018 ficou entre os 20 primeiros lugares no ranking de inovação com 126 países, sendo líder em patentes, publicações científicas e trabalhadores na Ciência e Tecnologia (WIPO, 2018). Para os países emergentes, de acordo com o Índice, a Índia mostra uma trajetória ascendente nos últimos anos. A maioria dos países listados neste artigo estão entre os mais inovadores, incluindo os três primeiros. Os resultados do EP (*Patent Office of Europe*) incluem Suíça, França, Reino Unido e Espanha. Pelo oitavo ano consecutivo, a Suíça fica com o primeiro lugar geral no ranking. A Suíça está a frente na maioria dos indicadores como patentes, produção industrial de alta e média tecnologia e está entre os líderes globais em despesas com Pesquisas e Desenvolvimento (P&D) (EXAME, 2018; WIPO, 2018).

Ao utilizarmos as palavras-chave "*3D Print**" AND "*three dimension**", sem refino aplicado à saúde, o Brasil contabiliza 12 depósitos de patentes na base de dados do LENS. Porém, em todos os 12 documentos as tecnologias são de titularidade de outros países (Tabela 2). Ao refinar a busca para a área de saúde, o banco de dados *Derwent Innovations* contabiliza 2 documentos para o Brasil, no entanto, estas tecnologias foram depositadas no país prioritário, Estados Unidos (US).

Na Tabela 2, a empresa *Hewlett Packard* – HP surge como uma das depositárias de patentes no Brasil no segmento da impressora 3D. Em 2018, a HP anunciou que expandiu as instalações no setor de impressão 3D Jet Fusion. Além disso, a empresa implantou seu maior centro de impressão 3D para produção na China, onde o mercado está projetado para atingir US$ 11 bilhões até 2023 (FORBES, 2019).

Tabela 2. Patentes depositadas no Brasil por titularidade, país e ano utilizando termos "*3D Print**" AND "*three dimension**"

Título	Titulares	Países	Ano
Impressão tridimensional colorida com mapeamento total 3D.	Mcor Tech Limited	Estados Unidos	2017
Dados representando um indicador de desgaste.	Hewlett Packard Development Co	Estados Unidos	2018
Modelo computacional e métodos de Impressão Tridimensional (3D).	Hewlett Packard Development Co	Estados Unidos	2018
Impressão de um objeto 3D multiestruturado.	Hewlett Packard Development Co	Estados Unidos	2018
Impressão modelagem de deposição fundida multicolorida.	Evonik Röhm Gmbh	Estados Unidos	2017
Impressão Tridimensional Colorida.	Mcor Tech Limited	Estados Unidos	2017
Impressão Tridimensional (3D).	Hewlett Packard Development Co	Estados Unidos	2018
Copolímeros de Anidridos Maleicos como Material de Suporte Solúvel para Impressora para Modelagem por Deposição Fundida (fdm).	Evonik Röhm Gmbh	Alemanha	2016
Aquecimento Controlado para Impressão 3d.	Hewlett Packard Development Co	Estados Unidos	2018
Recipiente Fonte de Material de Construção.	Hewlett Packard Development Co	Estados Unidos	2018
Material Solúvel para Modelagem Tridimensional, Método de Produção de Objeto Tridimensional, Material Suporte para Sustentar um Objeto Tridimensional, e Uso de Material Solúvel para Modelagem Tridimensional.	Kao Corp	Japão	2018
Agente Coalescente para Impressão Tridimensional (3D).	Hewlett Packard Development Co	Estados Unidos	2018

Fonte: Criado a partir da Base de dados LENS (2019).

De acordo com a Forbes (2019), o mercado global das impressoras 3D prevê em torno de US$ 16 bilhões em 2020, conforme dados da consultoria *Wholers Associates*. A expectativa é que o faturamento aumente para US$ 35,6 bilhões até 2024. Um dos motivos para este rápido crescimento é o vencimento de algumas patentes, que está atraindo para o setor novos investidores e desenvolvedores. E que o envolvimento da China, Cingapura e Índia apresentarão papel importante, uma vez que esses países desempenham papel significativo tanto em adoção de novas tecnologias quanto na produção de produtos como o desenvolvimento de próteses customizadas em liga de titânio e os avanços da bioimpressão aplicadas a órgãos e tecidos.

Um indicador observado durante o levantamento dos principais titulares de patentes em impressora 3D aplicada à saúde foi o fato de algumas tecnologias terem sido desenvolvidas por universidade e inventores independentes como a Universidade de Jilin, a Universidade do Sul da China e a Universidade de Tecnologia Química de Pequim. Dentre os inventores independentes em destaque está *Zhu Xiaoxun*, considerado um

inventor prolífico e um dos principais impulsionadores da inovação em várias áreas tecnológicas. Este tem mais de 250 patentes nos Estados Unidos, em vários campos tecnológicos, incluindo processamento de sinais a laser, algoritmo de dimensionamento e rastreamento, dispositivos de coleta de dados baseados em imagens (TABELA 3). A Tabela 3, mostra os quinze primeiros titulares de patentes, dentre eles a empresa METROLOGIC INSTRUMENTS INC que está sediada em Nova Jersey nos Estados Unidos.

Tabela 3. Os quinze titulares de patentes com Impressora 3D aplicada à Saúde.

Titulares	Países	Qtdade
Metrologic Instruments Inc	Estados Unidos	23
Sichuan Revotek Biotechnology Co Ltd	China	14
Knowles C. Harry	Estados Unidos	11
Hewlett-Packard Dev Co Lp	Estados Unidos	10
Zhu Xiaoxun	China	09
Tsikos Constantine	China	09
Heraeus	China	08
University Jilin	China	08
Wuhu Q. Information Technology Co Ltd	China	08
Toshiba Tec Corp	Japão	07
Univ South China Technology	China	07
Ebay Inc	Estados Unidos	06
Thermwoord Corp	Estados Unidos	06
Univ Beijing Chem Technology	China	05
Shenzhen Ktj Dental Lab	China	05

Fonte: Criado a partir da Base de dados *Lens* e *Derwent Innovation* (2019).

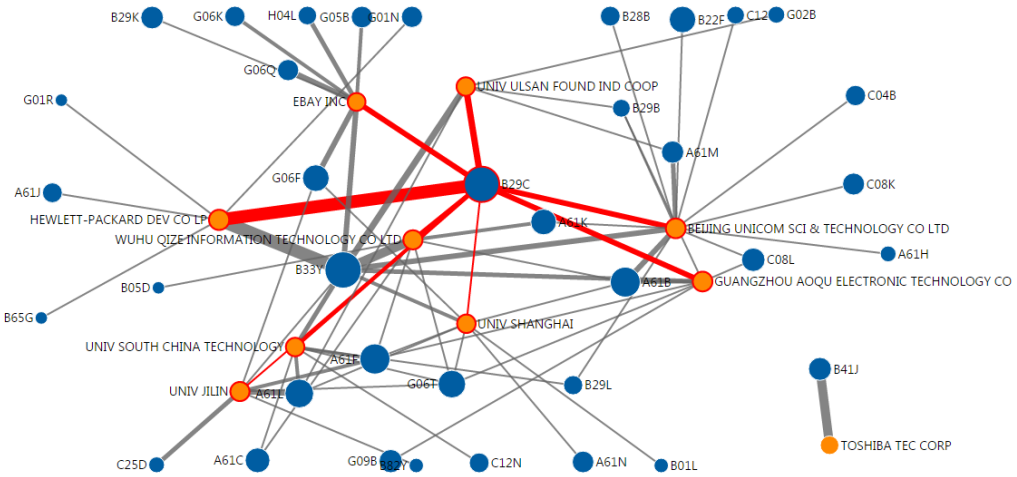
Com o intuito de observar em quais áreas tecnológicas os inventos foram dispostos, as Figuras 4 e 5 mostram a Classificação Internacional de Patentes (CIP) atribuídas às patentes que envolvem o uso da Impressora 3D destinada à saúde e permitem uma avaliação apurada do desenvolvimento tecnológico relacionado a essa tecnologia.

Na Figura 4 observa-se a matriz de Classificação Internacional de Patentes cruzando os dados com os 10 primeiros titulares das patentes, permitindo, assim, analisar a ligação deles com o setor tecnológico. A CIP está representada pelo nó azul e os titulares com o nó amarelo. A quantidade de patente de cada depositante é representada pela largura da linha de ligação. Como demonstrada na matriz de ocorrências, a CIP com maior destaque está representada na seção B, correspondente a operações de processamento e transporte. A classificação com subclasse B33Y que está relacionada à tecnologia de fabricação aditiva, de objetos tridimensionais (3D) por impressão 3D, estereolitografia ou sinterização seletiva a laser, foi a que teve maior registro com um total de 264 repetições. A B29C obteve a segunda maior repetição que está relacionada à aplicação de moldagem ou união de matérias plásticas, moldagem de material em estado plástico, pós-tratamento em produtos modelados.

Na maioria dos inventos protegidos por patentes, de acordo com a Classificação Internacional de Patentes, nos subgrupos, os produtos identificados nas patentes são descritos em diferentes materiais como metal, polímero, ligas, dentre outros, com a diferença quanto ao uso e aplicação pretendida.

A empresa TOSHIBA TEC CORPORATION foi à única, entre os dez primeiros titulares de patentes, a obter a CIP B41J que destina aos mecanismos que imprimam de outra forma ou mecanismo de impressão seletiva caracterizados pelo processo de impressão ou de marcação para os quais foram projetados.

Figura 4. Matriz de ocorrências da Classificação Internacional de Patentes por 10 primeiros Titulares



Fonte: Elaborada pelos autores utilizando o software VantagePoint®.

Ao realizar o refinamento para a Classe A61 destinada a ciência médica e criar a matriz de co-ocorrência com as principais aplicações reivindicadas nas patentes é possível observar que seis subclasses estão em destaque (FIGURA 5).

A classificação A61F relacionada a próteses, dispositivos ortopédicos, dispositivos que promovem desobstrução ou previnem colapso de estruturas tubulares do corpo, foi estabelecida para as cinco aplicações citadas no resumo e/ou título da patente.

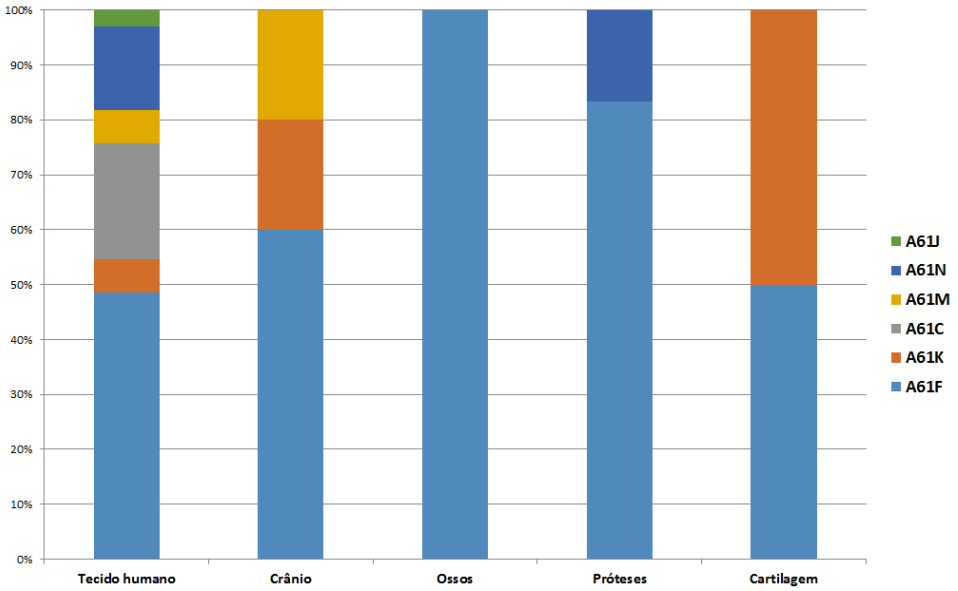
Nesta categoria, as aplicações destinadas a preparações para finalidades médicas ou odontológicas (A61K) figuram como a segunda mais utilizada na matéria técnica da invenção. Cabe ressaltar que um invento pode receber mais de uma classificação ou tantas quantas forem necessárias (INPI, 2018). A aplicação denominada como *tecido humano* foi a que recebeu as cinco primeiras classificações destinadas à ciência médica. A CIP A61C é específica para a área odontológica; A61M – dispositivos para introduzir matérias no corpo ou depositá-las sobre o mesmo; A61N – eletroterapia, magnetoterapia; A61J – recipientes especialmente adaptados para finalidades médicas ou farmacêuticas (FIGURA 5).

Um trabalho realizado por Ricles et al (2018), revelou que 53% dos produtos obtidos por impressão 3D aplicados para área clínica são destinados a implantes ortopédicos, 34% para guias cirúrgicos, 26% para quadril, 11% para coluna vertebral e 6% para fins odontológicos, dentre outros. Os autores ressaltam que as aplicações de bioimpressão mais comuns usam impressão por extrusão ou jato de tinta, porque essas tecnologias são mais compatíveis com os materiais biológicos e que houve um rápido aumento no número de pesquisas sobre bioimpressão nos últimos anos e por meio disso, o uso destas tecnologias está mudando o panorama dos produtos médicos, facilitando a inovação.

A *Food and Drug Administration* (FDA) dos Estados Unidos disponibiliza as regulamentações e as avaliações científicas referentes à impressão 3D na criação e construção de tecidos e outros materiais utilizados na saúde. Embora existam muitos questionamentos por parte das empresas em obter autorização de produtos celulares e tecidos bioimpressos, a complexidade da impressão 3D aplicada à saúde, como a compatibilidade do processo de impressão (viabilidade, propriedade do material, dentre outros), deve ser

avaliada tanto em ensaios in vitro quanto in vivo do produto acabado (FDA, 2019; RICLES et al, 2018).

Figura 5. Distribuição da Classe A61 com as principais tecnologias reivindicadas nas patentes.



Fonte: Elaborada pelos autores utilizando o software VantagePoint®.

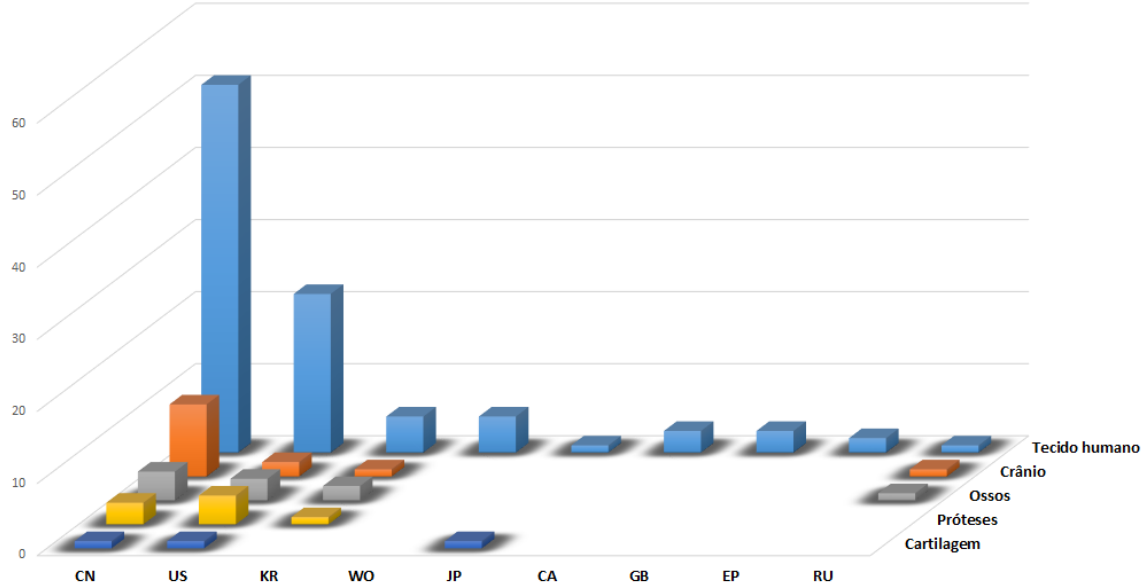
Dentre as aplicações tecnológicas encontradas nas patentes (FIGURA 6), estão os tecidos humanos feitos em impressoras 3D e que obteve maior registro na maioria dos países, com destaque para a China. Dentre as diversas finalidades, a utilização de tecido humano da impressão 3D seria destinada, em especial, para transplantes em pacientes ou para uso de pesquisa ou testes de produtos em cosméticos, químicos e farmacêuticos (HEALTHLINE, 2018). No site Healthline (2016), Patrick Keeffe cita que os pesquisadores da Universidade de Toronto lançaram um protótipo de uma impressora 3D projetada para enxertos de pele. Ainda de acordo com o site, o Instituto Nacional de Saúde dos Estados Unidos liberou a quantia de US$ 6,25 milhões para desenvolver pesquisas sobre biorreatores impressos em 3D usados para produzir grandes quantidades de células estaminais e culturas celulares.

Quando algumas patentes consideradas chave para o desenvolvimento tecnológico da impressão 3D caíram em domínio público, possibilitou que muitos países entrassem na concorrência do mercado e revolucionassem a indústria da bioimpressão, por exemplo, os países listados na Figura 6. É notório que as diversas áreas do conhecimento estão pesquisando a técnica da impressão 3D com suas aplicações e que estão se expandindo para os diversos setores da economia. Ainda de acordo com a revista Exame (2018), a área da saúde é uma das que mais investirá nas impressoras 3D. Estudos recentes do Fórum Econômico Mundial, apontam que 53% das empresas desse setor desenvolverão novas tecnologias por meio da injeção de investimentos até 2022 (WORLD ECONOMIC FORUM, 2019).

De acordo com o site Allied Market Research (2014), os principais segmentos de aplicação, como assistência médica e bens de consumo, são destacados para capitalizar estrategicamente as oportunidades predominantes e expõem a estrutura competitiva do mercado de impressão 3D nas economias, em especial as dos países emergentes, o que seria inestimável para alavancar alguns setores. No início de 2013, o Ministério de Ciência e Tecnologia da China investiu cerca de US$ 7 milhões para o Programa Nacional de Pesquisa e

Desenvolvimento de Alta Tecnologia para promover a tecnologia e aumentar a taxa de adoção da impressão 3D. Este incentivo provocou uma nova revolução na indústria da China. Este país, no mercado de impressão 3D nas economias emergentes, detém a participação na tecnologia.

Figura 6. As principais aplicações reivindicadas nas patentes distribuídas por país.



Fonte: Elaborada pelos autores utilizando o software VantagePoint®.
Legenda: **CN**: China; **US**: Estados Unidos; **KR**: Coréia; **WO**: Organização Mundial de Propriedade Intelectual; **JP**: Japão; **CA**: Canadá: **GB**: Reino Unido; **DE**; Alemanha; **EP**: Escritório de Patentes Europeu; **RU**: Rússia.

3 CONCLUSÃO

As novas tecnologias que surgiram após a década de 1990, com a criação de projetos para prototipagem e ferramentas para Impressão 3D, alavancaram o desenvolvimento de *softwares* na utilização de produtos para diversas áreas, como a da saúde. Este estudo aponta as inovações da impressora 3D aplicada à saúde por meio de indicadores tecnológicos inerentes às patentes. Percebe-se que, com o fim do monopólio de patentes chave, as patentes com a técnica de modelagem por fusão e deposição e a sinterização a laser, levaram a um avanço em diversas pesquisas em especial nas pesquisas médicas para a criação de próteses, órgãos humanos impressos por meio da tecnologia 3D e o aumento da inovação referente a estas tecnologias em alguns países. Dentre os países que se destacam em gerar inovação com a impressão 3D, a China lidera o ranking e apresentou um elevado número de patentes aplicado a tecidos humanos feitos com esse tipo de impressora.

5 REFERÊNCIAS

AZEVEDO, L. G.C., ET AL. Órteses e próteses aplicadas à tecnologia 3d na saúde: uma revisão sistemática. In: Tecnologia 3d na saúde: uma visão sobre órteses e próteses, tecnologias assistivas e modelagem 3d, NETO, C.L.B.G. et al. **Natal: SEDIS-UFRN**, 2018. 95p.

ALLIED MARKET RESEACH. **3D Printing Market in Emerging Economies**. 2014. Disponível< https://www.alliedmarketresearch.com/3D-printing-emerging-economies>. Acesso em Junho, 2019.

COUTINHO, G. K. B. et al. **Modelagem e tecnologias 3D (CAD CAM) aplicada à saúde: uma revisão sistemática. In: Tecnologia 3d na saúde: uma visão sobre órteses e próteses, tecnologias assistivas e modelagem 3D.** C.L.B.G. et al. Natal: SEDIS-UFRN, 2018. 95p.

DABAGUE, L. M. **O Processo de Inovação no Segmento de Impressoras 3D**. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Curso de Ciências Econômicas), Universidade Federal do Paraná, 2014.

EXAME. Os 20 países mais inovadores do mundo (Incluindo a China). **Exame**. 2018. Acesso em: Junho, 2019.

FOOD AND DRUG ADMINISTRATION – FDA. **3D Printing of Medical Devices**. Disponível em:< https://www.fda.gov/medical-devices/products-and-medical-procedures/3d-printing-medical-devices>. Acesso em Junho 2019.

FORBES. Previsões de impressão 3D. **Forbes.** 2019. Acesso em: Junho, 2019.

HULL, CW et al. **Método e aparelho para formar um artigo tridimensional sólido a partir de um meio líquido**. WO 1991012120 A1.

MURPHY, S.; ATALA, A. 3D Bioprinting of Tissues and Organs. **Nature Biotechnology** 32. 773-785. 2014

RICLES, L.; COBURN, J.; OH, S. Regulating 3D-Printed medical products. **Science Translational Medicine**. V. 10, Issue 461. 2018.

OLIVEIRA, L. B.; RUSSO, S. L.; MARQUES, L. G. A.; GOMILA, J. M .V. Technological productivity on control of Boophilus Microplus tick: A Patentometric Study. **International Journal of Advanced Engineering Research and Science.** Vol-6, Issue-2, pag. 134-143, 2019.

PATRICK KEEFFE. **Artificial bones: The latest in 3D printing**. Disponível em:< https://www.healthline.com/health-news/artificial-bones-latest-in-3-d-printing#1>. Acesso em: Junho de 2019.

WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION - WIPO. **Global Innovation Index 2018** Energizing the World With Innovation. Cornell University, INSEAD, and the World Intellectual Property Organization, 2018.

WORLD ECONOMIC FORUM. **Future of Economic Progress**: Explore the latest strategic trends, reserch and analysis. . Disponível em: <https://www.weforum.org/agenda/archive/economic-growth-and-social-inclusion>. Acesso em: Junho, 2019.

VALOR ECONÔMICO. A Nova Revolução Industrial já Começou. **Valor Econômico**. 2013. Acesso em: Junho,2019.

Vantage Point®. About the Vantage Point®. 2012. Disponível em: <http://www.thevantagepoint.com/>. Acesso em: Junho 2019.

VENTOLA, C. L. Medical applications for 3D printing: current and projected uses. **Pharmacy and Therapeutics**, V. 39 (10), 2014.