UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA – UFBA

ASSOCIAÇÃO FÓRUM NACIONAL DE GESTORES DE INOVAÇÃO
E TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA - FORTEC

Programa de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação – PROFNIT

ISABELLA SAMPAIO SANTOS

MAPEAMENTO HISTÓRICO E TECNOLÓGICO DA IMPRESSÃO 3D: UM ESTUDO EXPLORATÓRIO SOBRE PESQUISA, DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO.

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Programa de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação da Universidade Federal da Bahia - UFBA como requisito para a obtenção de título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Hugo Saba Pereira Cardoso

SALVADOR- BAHIA

2021

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Universitária de Ciências e Tecnologias Prof. Omar Catunda, SIBI - UFBA.

S237 Santos, Isabella Sampaio

Mapeamento Histórico E Tecnológico da Impressão 3D: Um Estudo Exploratório Sobre Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação. / Isabella Sampaio Santos. - Salvador, 2021.

76 f.

Orientador: Prof. Dr Hugo Saba Pereira Cardoso.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Bahia. Instituto de Química, 2021.

1. Ciência e Tecnologia. 2. Inovação Tecnológica. 3. Impressão 3D. I. Cardoso, Hugo Saba Pereira. II. Universidade Federal da Bahia. III. Título.

CDU 004

TERMO DE APROVAÇÃO

ISABELLA SAMPAIO SANTOS

"MAPEAMENTO HISTÓRICO, CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO APLICADO À IMPRESSÃO 3D"

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação, Universidade Federal da Bahia, pela seguinte banca examinadora:

Prof. Dr. Hugo Saba Pereira Cardoso _____
Doutorado em Difusão do Conhecimento, Universidade Federal da Bahia (UFBA)
Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Márcio Luis Valença Araújo _____
Doutorado em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial, SENAI
Instituto Federal da Bahia

Prof. Dr. Eduardo Manuel de Freitas Jorge _____
Doutorado em Difusão do Conhecimento, Universidade Federal da Bahia (UFBA)
Universidade do Estado da Bahia

Salvador, 20 de outubro de 2021

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todas as pessoas que assim como eu têm uma profunda vontade de contribuir para que o mundo seja melhor e que busca diariamente na pesquisa, no trabalho ou numa conversa informal mostrar o quanto é importante sermos questionadores de velhos padrões para a construção de uma vida mais equânime para todos.

Por isso, desejo que todos os indivíduos que tiverem acesso a este trabalho saibam que nas entrelinhas deste documento existe energia e vontade de ofertar o melhor, de forma mais acessível e de fácil entendimento.

Acredito que a atitude de aprender e de ensinar ajuda a humanidade a evoluir intelectualmente e moralmente. A busca pelo conhecimento em qualquer área de nossas vidas fortalece as relações, as redes de convivência e nos aproxima de nós mesmos.

Venho aprendendo diariamente na vida acadêmica e na atuação profissional, que ganhamos mais quando compartilhamos. Inovação é isso! Compartilhar! Assim, acredito que a educação e a ciência são ferramentas transformadoras de mentes e de entendimento de realidades.

Aqui, além de mapeamento, investigação cientifica e estudos sobre a Impressão 3D e seus processos de inovação, existia desde o início uma ávida vontade de abordar um tema que pudesse ajudar a transformar realidades, pois, mesmo ainda sem resultados das pesquisas realizadas para este TCC, presenciei práticas educacionais que mostraram a Impressão 3D como uma tecnologia inclusiva. E isto me tocou!

Por isso, dedico este trabalho à minha família, não só a consanguínea, mas à universal e humana! A qual fazemos parte verdadeiramente! Desejo que possamos trazer o novo para o mundo e para nós mesmos. Pois inovar-se é superar-se!

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela dádiva da vida
e a todos que fazem parte dela, com
quem aprendo diariamente!

EPÍGRAFE

“Onde houver dúvidas, que eu leve a fé.
Onde houver erro, que eu leve a verdade.
Onde houver desespero, que eu leve a esperança.
Onde houver tristeza, que eu leve a alegria.
Onde houver trevas, que eu leve a luz!”

Francisco de Assis

RESUMO

A Impressão 3D é tida como uma das tecnologias reveladas pela quarta revolução industrial e considerada por muitos autores elemento fundamental nas transformações dos processos produtivos do século XXI. Para além dos ambientes fabris, a Impressão 3D está presente em diversos espaços e nas mais diversas áreas na sociedade global. Esta foi a motivação desta pesquisa, que se debruçou na realização de um mapeamento histórico e tecnológico baseado em informações de publicações científicas e tecnológicas (artigos e patentes) com o objetivo de compreender como é o processo de surgimento e desenvolvimento de tecnologias no processo de inovação. Assim, foi possível analisar as interações científicas e tecnológicas com os processos de inovação e desenvolvimento desde a descoberta de fatores que motivaram a invenção dos primeiros processos e equipamentos da manufatura aditiva. A partir desta investigação foi possível construir um novo percurso metodológico a partir de uma categorização temporal histórica por décadas, que apresentou um panorama de identificação dos principais atores associados à impressão 3D. São eles: autores, inventores, instituições de ciência e tecnologia (ICTs), bem como os *players* mundiais. Estas informações subsidiaram a elaboração de uma base de dados técnico-científica disponibilizada em local virtual público, além da publicação de artigo original como produtos desta pesquisa.

Palavras-chave: Impressão 3d. Mapeamento Tecnológico. CT & I.

ABSTRACT

3D printing is one of the technologies revealed by the fourth industrial revolution and considered by many authors as a fundamental element in the transformation of productive processes in the 21st century. In addition to factory environments, 3D printing is present in various spaces and in the most diverse areas of global society. This was the motivation for this research, which focused on carrying out a historical and technological mapping based on information from scientific and technological publications (articles and patents) in order to understand how the process of emergence and development of technologies in the innovation process is . Thus, it was possible to analyze the scientific and technological interactions with innovation and development processes since the discovery of factors that motivated the invention of the first processes and equipment in additive manufacturing. From this investigation, it was possible to build a new didactic and also methodological path from a historical temporal categorization for decades that presented a panorama of identification of the main actors associated with 3D printing. They are: authors, inventors, science and technology institutions (ICTs), as well as world players. This information supported the development of a technical-scientific database, in addition to the publication of an original article as products of this research.

Keywords: *3d printing. Technological Mapping. CT & I.*

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

1 - CT&I - Ciência, Tecnologia e Inovação.

2 - GII - *Global Innovation Index* - Ranking Global de Inovação

3 - INPI - Instituto Nacional de Propriedade Intelectual.

4 - OCDE - Organização de Cooperação e de Desenvolvimento Econômico.

5 - OMPI - Organização Mundial de Propriedade Intelectual.

6 - PIB - Produto Interno Bruto.

7 - PINTEC - Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica.

8 - PROFNIT - Programa de Pós-graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação.

9 - P&D - Pesquisa e Desenvolvimento.

LISTA DE TABELAS E QUADROS

TABELA 1 - ESCOPO DA PESQUISA PARA BUSCA DE ARTIGOS PUBLICADOS E DOCUMENTOS DE PATENTES.....36

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ranking de países inovadores no mundo - Global Innovation Index (GII) 2019 16
Figura 2 - *Mapa* mundial da desigualdade - Gini Index 2019.....17
Figura 3 - Ranking da Produção Científica.....17
Figura 4 - Gartner Hype Cycle impressão 3D.....21
Figura 5 - Linha do Tempo: Revoluções Industriais e tecnologias da indústria 4.0 23
Figura 6 - Diagrama com patentes que originaram a impressão 3D 25
Figura 7 - Cronologia inicial dos processos de manufatura aditiva 31
Figura 8 - Diagrama síntese sobre técnicas, processos e materiais para impressão 3d 33
Figura 9 - Síntese do percurso metodológico 35
Figura 10 - Combinação de conectores (a): Artigos e Patentes sobre *3d print, three dimensional print e additive manufacture* ao longo do tempo.....36
Figura 11 - Combinação de conectores (b): Artigos e Patentes sobre 3d print, *three dimensional print e additive manufacture* ao longo do tempo.....37
Figura 12 - *Combinação de conectores (c): Artigos e Patentes sobre* 3d print, three dimensional print e additive manufacture *ao longo do tempo.*.....38
Figura 13 - Combinação de conectores (d): Artigos e Patentes sobre 3d print, three dimensional print e additive manufacture *ao longo do tempo.*.....38
Figura 14 - Combinação de conectores (e): Artigos e Patentes sobre *3d print, three dimensional print e additive manufacture* ao longo do tempo.....39
Figura 15 – Categorização das publicações sobre Impressão 3D por décadas 40
Figura 16 - Quantidade de publicações de artigos por ICT na década de 90 43
Figura 17 - Quantidade de patentes depositadas por organização na década de 90. 43
Figura 18 – Autores/Inventores com mais publicações de documentos científicos sobre manufatura aditiva e Impressão 3Dna década de 90.....44
Figura 19 - Quantidade de publicações de artigos por ICT na 1ª década dos anos 2000. 45
Figura 20 - Quantidade de patentes depositadas por organização na 1ª década dos anos 2000.....45
Figura 21 - Autores/Inventores com mais publicações de documentos científicos sobre manufatura aditiva e Impressão 3Dna 1ª década dos anos 2000. 46
Figura 22- Quantidade de publicações de artigos por ICT de 2010 a 2018 48
Figura 23- Quantidade de depósitos de patente por organização de 2010 a 2018.....48
Figura 24-Autores/Inventores com mais publicações de documentos científicos sobre manufatura aditiva e impressão 3D 49
Figura 25- Site da base de dados 3dprint-histechmap 56
Figura 26 - Telas que dão acesso às planilhas 57

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO 13

1. PRIMEIRO CAPÍTULO – APRESENTAÇÃO DOS ELEMENTOS DA PESQUISA. 14

1.1. TEMA 14

1.2. OBJETIVOS 14

1.2.1. OBJETIVO GERAL 14

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 14

1.3. PRODUTOS TÉCNICO-TECNOLÓGICOS E BIBLIOGRÁFICOS 14

1.3.1. ARTIGO EM REVISTA COM *QUALIS* VIGENTE DA ÁREA DE ADMINISTRAÇÃO 15

1.3.2. BASE DE DADOS TÉCNICO-CIENTÍFICA 15

1.4. CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA 15

1.5. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DA IMPRESSÃO 3D 22

1.6. MATERIAIS E MÉTODOS 26

2. SEGUNDO CAPÍTULO – ARTIGO ORIGINAL: IMPRESSÃO 3D: DA PESQUISA AO SETOR PRODUTIVO: UM ESTUDO EXPLORATÓRIO SOBRE SUA EVOLUÇÃO HISTÓRICA, ORIGEM, TECNOLOGIAS, APLICAÇÕES E INOVAÇÕES. 28

1 INTRODUÇÃO 30

2 IMPRESSÃO 3D: CONCEITOS E ORIGEM 31

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS 34

4 APRESENTAÇÃO DE DADOS OBTIDOS 36

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS 40

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS 50

7 REFERÊNCIAS 51

3.* TERCEIRO CAPÍTULO - BASE DE DADOS TÉCNICO-CIENTÍFICA (*3dprint-stechmap) 56

4. QUARTO CAPÍTULO - CONCLUSÃO GERAL 100

5. REFERÊNCIAS 100

INTRODUÇÃO

Este trabalho de conclusão de curso está seccionado em quatro capítulos, que apresentam informações do projeto de pesquisa de mestrado, seus resultados e produtos. A temática estudada foi a impressão 3D, que é considerada um dos elementos tecnológicos advindos da quarta revolução industrial.

O primeiro capítulo descreve e contextualiza a pesquisas apresentando a conjuntura que impulsionou o estudo sobre a temática da impressão 3d, a fundamentação teórica, os objetivos e os materiais e métodos utilizados.

O segundo capítulo divulga o artigo científico gerado sobre o mapeamento histórico e tecnológico, que foi realizado a partir da prospecção em bases internacionais de publicações científicas e tecnológicas (artigos e patentes). A investigação impulsionou a categorização dos resultados em uma divisão temporal por décadas, onde foi possível analisar as interações tecnológicas e os processos de inovação da manufatura aditiva.

O terceiro capítulo apresenta uma base de dados técnico-científica gerada em meio eletrônico, para divulgação dos dados advindos da investigação cientifica e tecnológica. Foi criada a partir da coleta de dados extraídos de bases internacionais de publicações científicas e tecnológicas (artigos e patentes).

O quarto capítulo narra conclusões gerais sobre a pesquisa realizada e os produtos técnico-tecnológicos e bibliográficos gerados em atendimento ao propósito de um mestrado profissional, que é impulsionar que o conhecimento acadêmico esteja em alinhamento com as práticas profissionais para transferir conhecimento para a sociedade, contribuindo para agregar competitividade e aumentar a produtividade e desenvolvimento

1. PRIMEIRO CAPÍTULO – APRESENTAÇÃO DOS ELEMENTOS DA PESQUISA.

1.1. TEMA

Mapeamento histórico e tecnológico da impressão 3d: um estudo exploratório sobre pesquisa, desenvolvimento e inovação.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO GERAL

Mapeamento sobre a evolução histórica da Impressão 3D a partir de artigos científicos e documentos de patentes, considerando aspectos sobre origem, tecnologias, aplicações e inovações para criação de uma base de dados técnico-científica para difusão das informações tecnológicas relacionadas à manufatura aditiva.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar pesquisa bibliográfica das publicações sobre Impressão 3Dem base de dados de artigos;
- Realizar busca tecnológica em bases de patentes para obtenção de informação tecnológica sobre Impressão 3D;
- Realizar uma revisão sistemática dos resultados obtidos;
- Fazer o cruzamento dos resultados obtidos a partir das buscas de artigos e patentes;
- Analisar os resultados relacionados aos conceitos de inovação;
- Produzir artigo científico para divulgação da pesquisa;
- Criar base de dados técnico-científica e disponibilizar em local virtual público.

1.3. PRODUTOS TÉCNICO-TECNOLÓGICOS E BIBLIOGRÁFICOS

Em atendimento ao artigo art. 24 do Regimento Nacional do PROFNIT os produtos escolhidos para desenvolvimento frente ao projeto de pesquisa de mestrado desenvolvido foram: um artigo em revista indexada com finalidade de comunicar os resultados do mapeamento; e uma base de dados técnico-científica sobre as informações extraídas dos bancos internacionais de periódicos e patentes.

1.3.1. ARTIGO EM REVISTA COM *QUALIS* VIGENTE DA ÁREA DE ADMINISTRAÇÃO

O artigo realizou uma revisão sistemática e aprofundada da literatura de artigos e patentes sobre a temática da Impressão 3D ao logo da história. O documento foi submetido à apreciação da revista Gestão & Planejamento - G&P, que tem seu escopo relacionado a divulgação de conhecimento tecnológico associado ao mercado.

1.3.2. BASE DE DADOS TÉCNICO-CIENTÍFICA

A base de dados foi criada em formato eletrônico e a partir do desenvolvimento de um percurso metodológico originado naturalmente pelas técnicas de utilizadas na investigação cientifica e tecnológica. O conteúdo foi estruturado correlacionando informações advindas da coleta de dados extraídos no *Scopus* e no *Orbit Intelligence e* tratados nos softwares *Semantic Analysis* e *Microsoft Excel* e Expert.

1.4. CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA

Todo pesquisador brasileiro que estuda e trabalha com assuntos relacionados à inovação deveria se perguntar para onde vai a riqueza oriunda da ciência e da tecnologia desenvolvida neste país, lugar em que a maioria dos cidadãos ainda levam uma vida de extrema desigualdade social (BANCO MUNDIAL, 2018), com os direitos constitucionais (BRASIL, 1988) suprimidos como a educação, a saúde, a alimentação, o trabalho, o acesso à cultura, à ciência e à inovação e na maioria das vezes garantidos só no papel.

Para iniciar a reflexão diante deste trabalho de conclusão de curso se propõe a observar três relatórios globais sobre conjuntura socioeconômica frente à inovação e os processos de desenvolvimento do Brasil, para tentar compreender porque as ações de inovação ainda insuficientes para garantir direitos humanos e redução das desigualdades (LUNARDI, 2020).

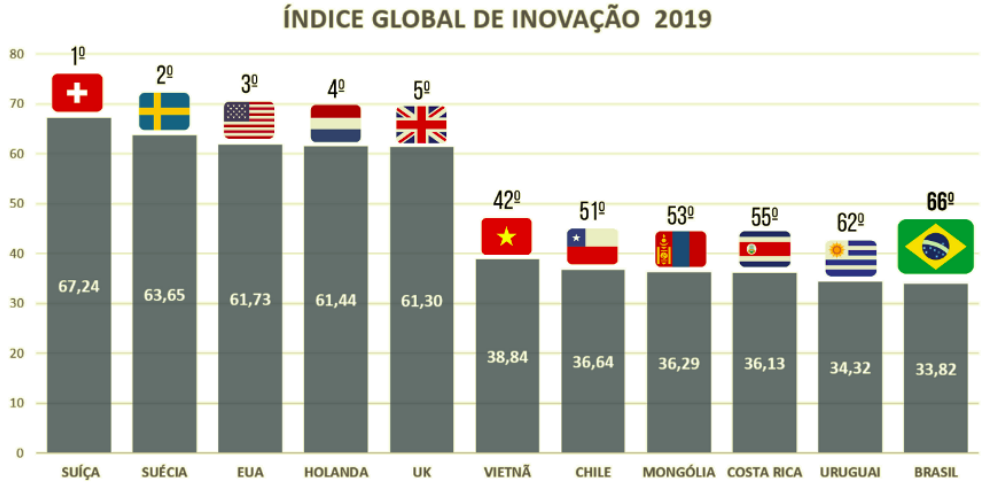
De acordo com dados apresentados no *Global Innovation Index* GII, 2019 o cenário da ciência, da inovação e da tecnologia apresentou mudanças significativas nas últimas décadas. Economias do continente asiático (principalmente a China, o Japão e a Coreia do Sul) estão investidos cada vez mais em Pesquisa e Desenvolvimento - P&D. Entretanto, os suprimentos e produtos de inovação continuam no eixo com a minoria das

nações que têm a riqueza mundial, concentrando ainda principais *clusters* de CT&I na América do Norte e Europa (UNIVERSIDADE CORNELL, INSEAD E OMPI, 2019).

O Brasil, por sua vez, está na 66ª posição de 129 economias avaliadas (

Figura 1) e não figura como uma das três principais economias do continente latino-americano, apesar de ser o único país da região com *clusters*[1] de ciência e tecnologia. Possui também indicadores importantes como gastos com P&D por parte de empresas globais e qualidade nas publicações científicas e universidades. E, de acordo com a análise do *GII* é um potencial de inovação inexplorado (UNIVERSIDADE CORNELL, INSEAD E OMPI, 2019).

Figura 1 - Ranking de países inovadores no mundo - Global Innovation Index (GII) 2019



Fonte: Site Cenários do Petróleo – Editora Brasil Energia

O segundo ponto a ser considerado é a informação sobre a desigualdade econômica social mundial, em que o Brasil figura como um dos países mais desiguais do mundo, ocupando a 9ª posição (WORLD BANK GROUP, 2019) numa pesquisa feita em 164 nações do planeta e divulgada no Relatório de Desenvolvimento Mundial de 2019.

As medidas de desigualdades deste relatório são feitas por meio do coeficiente Gini, que analisa as dimensões de renda, saúde e educação, e por este motivo é considerado um importante indicador de mensuração de desigualdades sociais e de direcionamento de políticas públicas (SOUZA; SPINOLA, 2017).

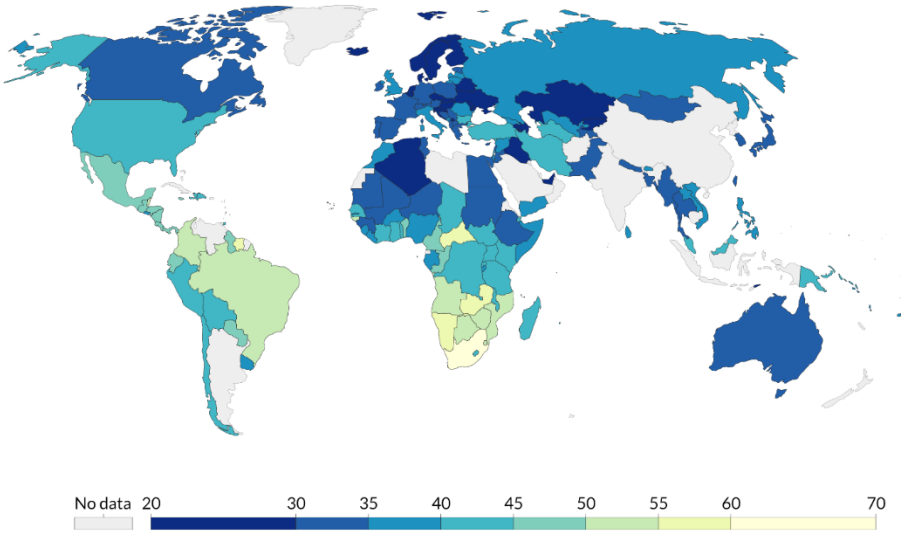
[1] O termo *"cluster"* indica uma concentração setorial e geográfica de firmas e outros agentes econômicos interdependentes. É o conglomerado de instituições públicas e privadas para promover o desenvolvimento econômico local (QUANDT, 2004).

Para se ter ideia do cenário, do Banco Mundial construiu um mapa mundial da desigualdade para ilustrar (

Figura 2 - *M*apa mundial da desigualdade - Gini Index 2019

Figura 2) a distribuição de renda e a estimativa da extensão da pobreza absoluta no mundo em que as regiões coloridas em tons de azul representam os países com menos desigualdade e à medida que o azul vai clareando para tons de verde e amarelo a desigualdade vai aumentando (OUR WORD IN DATA, 2019).

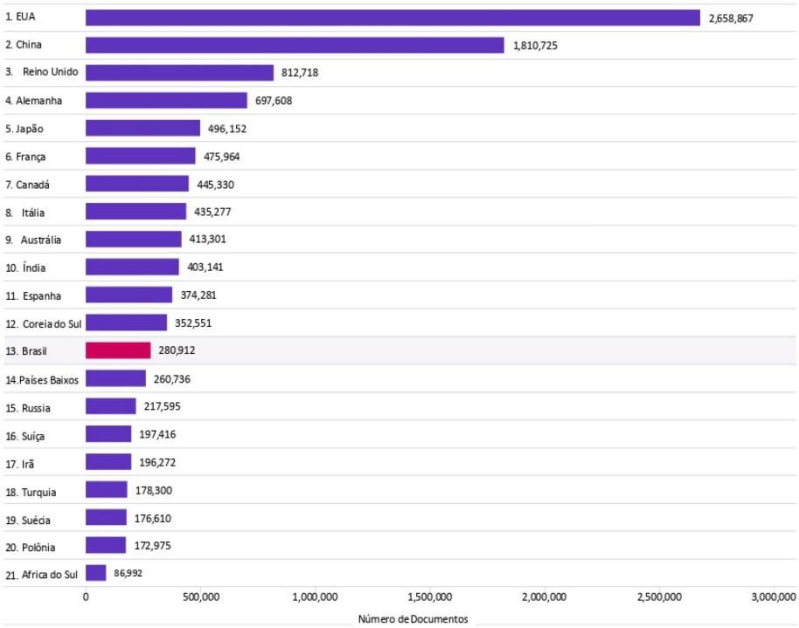
Figura 2 - *M*apa mundial da desigualdade - Gini Index 2019



Fonte: *Our World in Data*

O terceiro e último ponto a ser observado, é que o Brasil é 13º pais com maior produção científica em todo o mundo, conforme representado na Figura 3. O Ranking da Produção Científica considerou pesquisas no período entre 2011 e 2016 publicados na *Web of Science*, que cresceram consistentemente ao longo dos seis anos independente de mudanças nas condições econômicas (CLARIVATE ANALYTICS, 2018).

Figura 3 - Ranking da Produção Científica



Fonte: *Web of Science*

Com base nessas três considerações se faz necessário compreender qual é o destino que produção cientifica está tendo. Para onde está indo grande parte da produção científica brasileira? E qual o seu papel frente ao bem-estar social, se o país ainda necessita desenvolver melhor sua economia da inovação (UNIVERSIDADE CORNELL, INSEAD E OMPI, 2019) e é uma das nações mais desiguais do mundo (WORLD BANK GROUP, 2019).

A questão é que muito da inovação que vivenciamos nos últimos séculos resultou no crescimento econômico de várias nações, mas não necessariamente no desenvolvimento socioeconômico delas. Pois não promoveu a melhoria da qualidade de vida dos indivíduos e fortalecimento de suas liberdades (SEM, 2010).

Neste sentido, é importante preconizar que o desenvolvimento tecnológico precisa ter um cunho mais inclusivo, para criar condições de aplicabilidade social e/ou mercadológica à pesquisa cientifica pelo surgimento de oportunidades que promovam o bem-estar socioeconômico. Isto é, a inovação com desenvolvimento socioeconômico (GEORGE; MCGAHAN; PRABHU, 2012).

Estudos recentes sobre inovação valorizam novos modelos de cunho inclusivo que vislumbram a distribuição do conhecimento e da renda entre indivíduos da base da sociedade (HEEKS. R., 2014) e não somente acumulação de riqueza em classe e países dominantes com acirramento de desigualdades (PIKETTY, 2014). São modelos

impulsionados pelos movimentos *grassroots*[2], que tem como premissa a participação plural entre pessoas e ideias, principalmente a partir da interação entre grupos socialmente marginalizados, institutos de pesquisas, governo e empresas (SMITH et al., 2016; HEEKS et al., 2013)

Deste modo, a impressão 3D é uma prática que, além das fábricas e dos grandes centros globais de P&D,I está presente em outros ambientes estimulando a criatividade, a construção de projetos, a experimentação e o surgimento de redes de fabricação (SEO-ZINDY; HEEKS, 2017) que permitem a vivência de todo processo de inovação. Inclusive em comunidades, grupos, arranjos produtivos locais e agrupamentos sociais caracterizando o movimento de inovação de base (SMITH et al., 2017)

É um dos elementos que compõem a indústria 4.0, apresenta inúmeras possibilidades de inovações: sociais e tecnológicas. Além de ser exequível tanto nos contextos produção industrial global, quanto em pequenos empreendimentos. A impressão 3D vem ressignificando a lógica da produção econômica em várias esferas (DAY, 2011).

Tendo em vista estas observações, este trabalho se debruçou na investigação e no mapeamento histórico e tecnológico da manufatura aditiva através de artigos e patentes, fontes de informações cientificas e tecnológica (MAUTORT, 1983) com o intuito de identificar aspectos importantes sobre impressão 3D e difundir os resultados para que possam direcionar e fundamentar pesquisas futuras, sejam como ferramenta de busca da anterioridade, de entendimento sobre estado da arte e da técnica, de prospecção tecnológica, de maturidade da tecnologia e ou de gestão de variações competitivas (QUINTELLA; TORRES, 2011).

A relevância da investigação e da publicação de pesquisas como essas permite que seja possível a contribuir com informações para comunidade técnico-científica de diversas áreas do conhecimento (SANTAELLA, 2001), transmitindo informações para direcionar outras pesquisas com possibilidades de sugerir modificações e descoberta de soluções para casos gerais ou específicos (LAKATOS, 2003).

Por este motivo é imprescindível que a sociedade, e não só comunidade acadêmica, compreenda como se dá o surgimento de uma tecnologia e o quão importante é este

[2] *The grassroots innovation movment* é a organização de grupos e movimentos sociais com foco na inovação para redução de desigualdades. Buscam utilizar elementos do processo de inovação para a mudança da realidade social (SMITH et al., 2016)

processo para a melhoria das realidades das pessoas pela inovação e em prol do desenvolvimento socioeconômico de uma nação (SCHUMPETER, 1988).

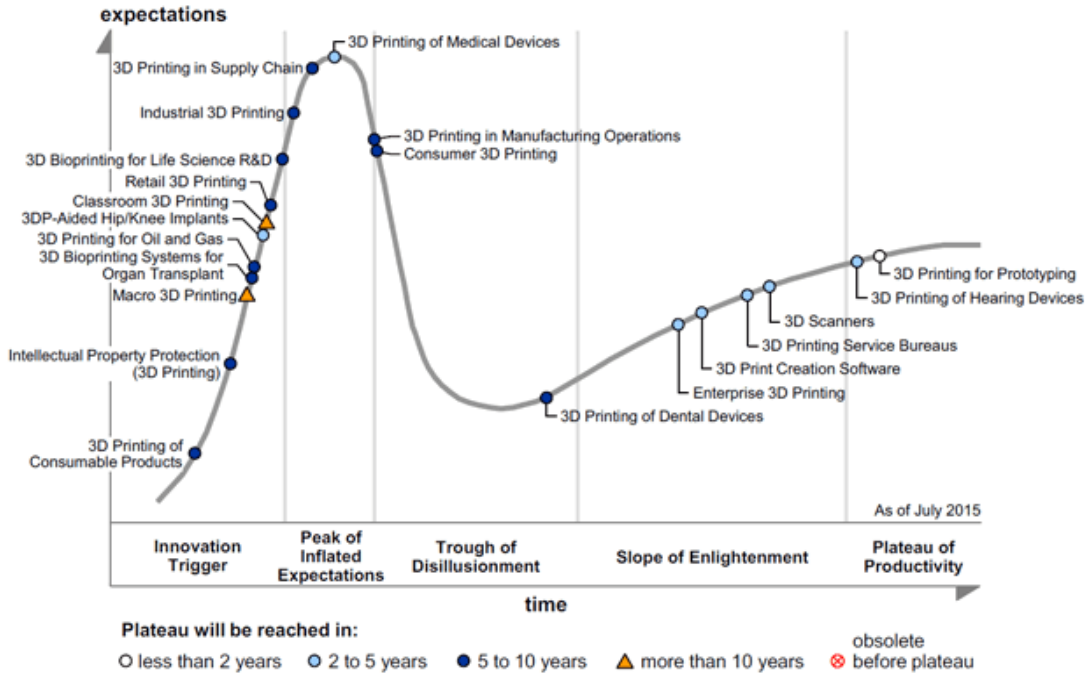
O percurso da inovação está pautado na atividade interna de uma instituição, associada a articulação externa por meio da interação entre as organizações, empresas e indivíduos (TÖDLING; KAUFMANN, 2002). A inovação surge das interações entre diversos atores que “tecem conexões” dentro e fora das redes tradicionais (TIDD, J. E BESSANT, J., 2015)

A impressão 3D auxilia o processo de inovação, principalmente na criação de novos produtos e negócios por viabilizar as análises de construção, medição e avaliação do funcionamento de produtos minimamente viáveis e técnicas de prototipagem (RIES, 2012), assim como o avanço contínuo de interfaces de criação de modelos digitais (CGEE, 2018).

Alguns indicadores sobre impressão 3D justificam a motivação para esta pesquisa. Dentre elas o aumento das publicações cientificas e bibliográficas sobre tecnologias da 4ª revolução industrial (FIRJAN, 2016), bem como relatórios de mercado (GARTNER, 2015) e mapeamentos tecnológicos (GUNDELACH, 2019).

O relatório gráfico *Gartner Hype Cycle*, por exemplo, apresenta pela primeira vez a ocorrência da manufatura aditiva como uma tecnologia emergente em sua edição de 2010. Na edição de 2013 revela aplicações na indústria em que já aparecem os produtos da segunda e terceira geração. E, em 2015 (Figura 4) dedica um volume exclusivamente à análise da impressão 3D e seus desdobramentos tecnológicos (ALMEIDA, 2017)

Figura 4 - *Gartner Hype Cycle* impressão 3D



Fonte: All 3DP

A *Gartner* é uma empresa americana que desenvolve pesquisa, consultoria e pré-visiona tendências relacionadas as tecnologias em geral. Faz a publicação de um relatório gráfico - *Hype Cycle* - que busca explicar ciclos de crescimento de tecnologias emergentes, representando o percurso de maturidade, sua adoção pelo mercado e aplicação social, para entendimento dos ciclos de inovação. O gráfico considera os parâmetros de expectativa e tempo, detalhando cinco fases principais do ciclo de vida de uma tecnologia.

A primeira fase é o gatilho da inovação ***(innovation trigger)***, onde verifica-se os primeiros indícios da inovação propriamente dita, com as provas de conceito, publicidade significativa e viabilidade comercial não comprovada. A segunda fase é o pico das expectativas de crescimento ***(peak of inflated expectations)***, quando a publicidade sobre os primeiros casos de sucesso produz uma expectativa, que normalmente, vão além da capacidade real de entrega ao mercado e os casos que não são bem-sucedidos só apresentam consequências na terceira faz, que é o fosso da desilusão ***(trough of disillusionment)***, quando a constatação de que a realidade é diferente da expectativa, a curva vira para baixo e a adoção da tecnologia cai. A quarta fase é a inclinação para a iluminação ***(slope of enlightenment)***, ou seja, o início da retomada de crescimento tecnológico a partir do entendimento mais aprofundado sobre a nova tecnologia. É quando surge a segunda e terceira gerações de produtos e observa-se no mercado,

empresas que de fato investem na tecnologia. A quinta e última fase do ciclo é quando se tem o platô da produtividade ***(plateau of productivity)*** e a tecnologia forma o seu *mainstream* e o mercado apresenta resultados reais.

No gráfico do relatório de 2015 é apresentado a curva de crescimento orgânico da impressão 3D. As temáticas associadas saúde estão em evidência, surgindo, subindo ou em fase transição. A impressão 3D médica e industrial estão nas proximidades do ápice ou já no ápice na iminência de adentrar na “fase da desilusão”, pois apesar do interesse, muitos profissionais médicos e empresas ainda não compreendem como é feito e implementado. A bioimpressão para pesquisa e comercial estão está em alta os setores de bioengenharia e medicina regenerativa. Ao passo que estruturas biológicas básicas mais simples para implantação estão em fase de adoção pelo mercado e em processo de determinação regulatória e de testes.

Neste período a impressão 3D para protótipos já está consolidada em uso no “platô da produtividade”. A adoção de impressoras 3D domésticas pelos consumidores, ultrapassou seu pico, está atravessando a fase de desinteresse midiático para adoção real e amadurecimento mercadológico. No que se refere propriedade intelectual e direitos autorais, o Gartner prevê que esse aspecto será como foi o streaming e ainda se tornará um hype no futuro como aconteceu com a indústria de conteúdo. E, sobre os produtos consumíveis de impressão 3D o Gartner relata que ainda é necessário avanço significativo da ciência de materiais para se tornar mais eficiente e confiável.

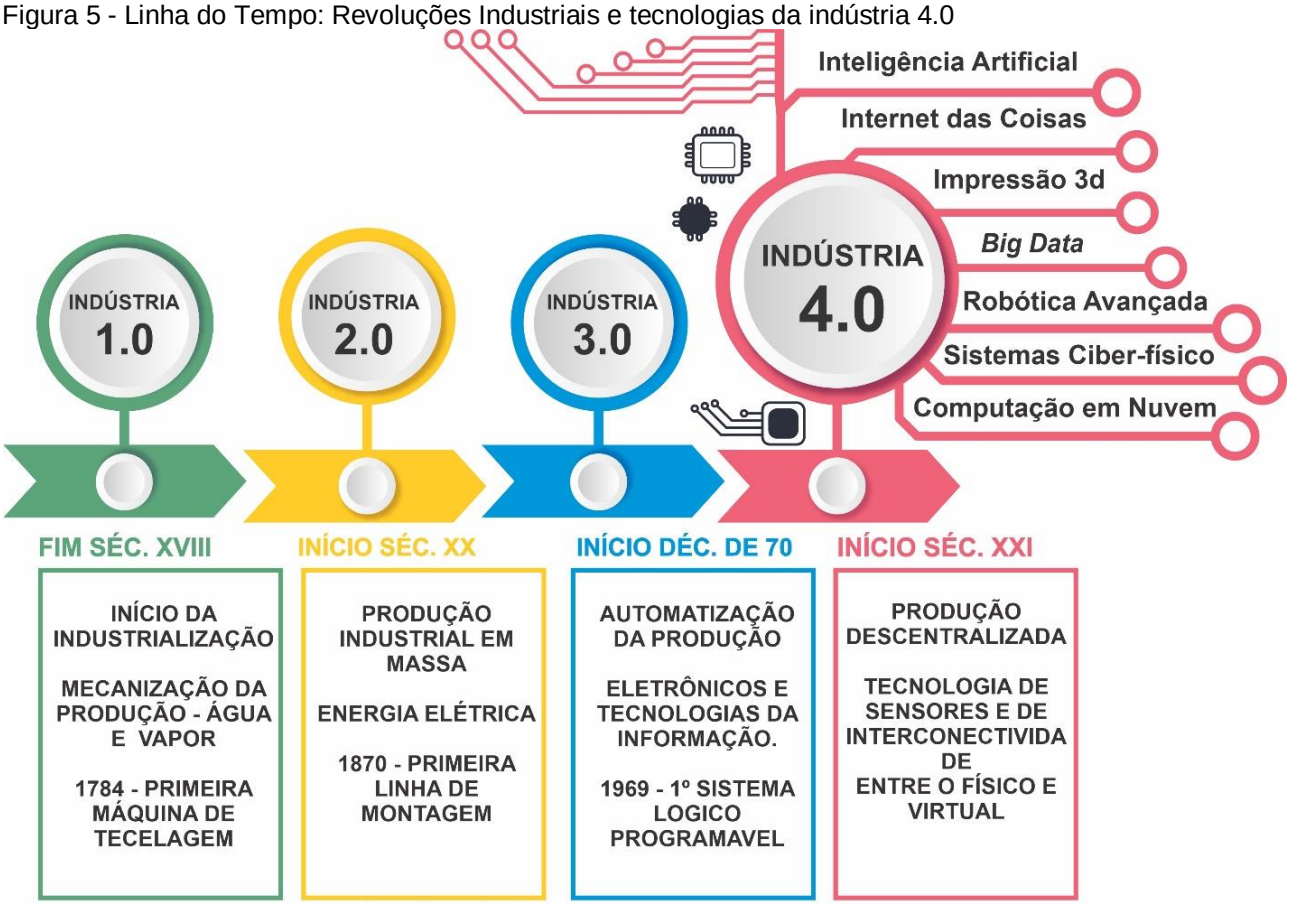
1.5. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DA IMPRESSÃO 3D

O conhecimento e a disseminação sobre impressão 3D têm seus primeiros registros na quarta onda da evolução da indústria. Pois, na busca da efetividade dos processos de produção, componentes cada vez mais avançados tecnologicamente se tornam pré-requisitos essenciais nos meios fabris. A utilização de práticas como sistemas ciber-físico (CSP), internet das coisas (IOT), internet de serviços (IOS), inteligência artificial (AI) e a manufatura aditiva (AM) ou impressão 3d (3DP) que vem sendo desenvolvidos em variadas proporções sensoriais e funcionais, bem como em dimensões macro, micro, nano etc. que permitem o desenvolvimento de fábricas inteligentes pela existência de características como interoperabilidade pela comunicação através das redes; virtualização por meio da utilização de modelos virtuais; descentralização dos

controles dos processos produtivos; adaptação da produção em tempo real; orientação a serviços para flexibilidade de adaptação de acordo com as necessidades dos clientes; e sistemas modulares de equipamentos para otimização de alterações necessárias (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2015)

Neste contexto, observa-se a utilização e o desenvolvimento de elementos tecnológicos com base na automação e na robótica avançada que permitem a fusão entre as realidades física e virtual formando a base da Indústria 4.0. À medida que acontece a aceleração e modernização tecnológica as melhorias no ambiente produtivo vão sendo aperfeiçoadas gerando condições para o surgimento de outras novas tecnologias derivadas (FIRJAN, 2016).

Figura 5 - Linha do Tempo: Revoluções Industriais e tecnologias da indústria 4.0



Fonte: Elaborada pelos autores, adaptada do estudo sobre indústria 4.0 (DELOITTE, 2014)

O desenvolvimento destas tecnologias que integram cada vez mais as realidades física e virtual apresentam também, para além da indústria, a transformação das relações sociais pelo que muitos autores caracterizam pela era da hiperconectividade, da cibercultura e do ciberespaço (LÉVY, 1998) onde o comportamento e a cosmovisão são pautados pela interação do homem com agentes não humanos que são cada vez mais autônomos e

programados para “agir” e “decidir” de maneira mais ampla, complexa e significativa (BRANCO, 2019).

De acordo com o Manual de Frascati (2013) a ciência e a tecnologia (C&T) têm o objetivo de aprimorar cada vez mais os conhecimentos de uma sociedade para a promoção do bem-estar socioeconômico pela criação de produtos e de processos originados a partir de as atividades de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) para atendimento das necessidades humanas e sociais. Deste modo, a pesquisa e o desenvolvimento abrangem o trabalho criativo e disciplinado com o objetivo de expandir o volume de
conhecimento dos indivíduos ou de uma comunidade por meio de novas e sucessivas aplicações.

Nesta pesquisa, para tanto, foi realizado o estudo de um dos componentes advindos da quarta revolução: a tecnologia de **impressão 3D**, uma vez que a mesma se caracteriza por possuir potencial para inovação em diversas áreas, permitindo novas soluções de produção em variadas escalas, com a capacidade de transformar processos produtivos, apresentar mais liberdade em relação à modelagem e ao design de produtos reduzindo o custo de gestão (RELVAS, 2018). Além das amplas opções para difusão do conhecimento por meio das possibilidades de experimentação pela sua utilização como uma ferramenta didática, metodológica e até mesmo para ações de criatividade relacionadas ao empreendedorismo e à inovação (ANDERSON, 2012).

A fundamentação teórica da impressão tridimensional revela as raízes da manufatura aditiva na prototipagem, na fabricação, na utilização comercial, nas inovações e em outras aplicações trazidas pela tecnologia ao longo do tempo e em diversas áreas do conhecimento (RELVAS, 2018) e que apresentou seus primeiros sinais a partir da década de setenta com estudos nas áreas da física e da química, principalmente no que se refere à processos de mudança de estado físico da matéria a partir da exposição ao calor da luz, à materialização de objetos a partir de processo de fotografia, bem como do aperfeiçoamento de técnicas de concretização feito por camadas, inspirado em práticas da topografia (MONTEIRO, 2015).

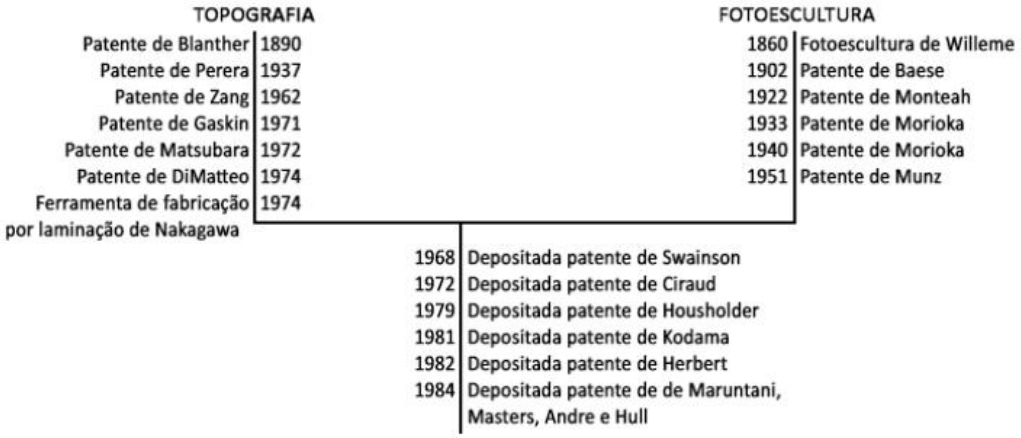
De acordo com Carlos Relvas (2018), os fenômenos e experiências sobre a interação luz-matéria e as respectivas reações físico químicas em alguns materiais são observados desde a história antiga da humanidade e mais ainda na idade média nomeadamente com alquimistas, assim como outros processos que foram desenvolvidos pela ciência ao longo

do tempo, que concatenados, permitiu a criação do que conhecemos atualmente como: Impressão 3D.

Desde meados do século XIX, no que se refere a reprodução tridimensional da imagem de uma pessoa ou objeto, surgiram experimentos relacionados à fotografação feita por várias câmeras posicionadas de forma a registrar todos os ângulos para reprodução e criação de uma escultura. Este processo era feito com base na concepção de um modelo tridimensional a partir da associação das silhuetas fotografadas e ficou conhecido como fotoescultura, cujo cientista pioneiro foi *François Willème* (VIEIRA, 2007).

Além disso, técnicas na área da topografia foram desenvolvidas para criação de mapas de terrenos a partir do método de suavização de camadas sobrepostas feitas em cera, papel e outros variados tipos de materiais (MONTEIRO, 2014). A associação de todas essas tecnologias a partir do final da década de sessenta e início de setenta é sistematizada na publicação: "*A Brief History of Additive Manufacturing and the* 2009 Roadmap for Additive Manufacturing: Looking Back and Looking Ahead." de David Bourrell em 2009 com a representação de um diagrama (Figura 6). A reconstrução das raízes sobre a impressão 3D é apresentada no segundo capítulo deste trabalho representada na linha do tempo da figura 2 com os depósito de patentes dessas áreas e o surgimento de empreendimentos a partir dos resultados destas pesquisas de P,D&I.

Figura 6 - Diagrama com patentes que originaram a impressão 3D



Fonte: (MONTEIRO, 2014).

A origem do que conhecemos atualmente como a manufatura aditiva possui cerca de 50 anos congregados pelos desdobramentos e evolução da topografia e métodos de fotoescultura que em suas particularidades têm registros de mais de um século ilustrados

na **Error! Reference source not found.**segundo capítulo deste trabalho, apresentando o percurso cronológico da origem e do desenvolvimento das tecnologias de impressão 3D.

Outra informação importante é que a impressão 3D não é uma tecnologia, mas um conjunto de tecnologias determinadas pelo processo como são realizas, pelos métodos de materialização e pelas matérias primas utilizadas (VOLPATO, 2007).

1.6. MATERIAIS E MÉTODOS

De acordo com Fonseca (2002) e Gil (2008) a pesquisa é um mecanismo racional e sistemático que busca propiciar respostas para problemas. A metodologia, por sua vez, consiste na maneira de organização e estruturação dos conteúdos e das etapas a serem cumpridas para elaborar e efetuar um estudo.

Para a sistematização do estudo, já que o objeto de investigação é uma tecnologia, foi utilizada as técnicas de revisão de literatura por meio da bibliometria, que é a medição de textos e informações (DAIM, et al, 2006), além de alguns outros tipos de estudos métricos derivados como a cientometria e patentometria que associados permitem à análise da contribuição do conhecimento científico em determinadas áreas, bem como observação de características como indicadores de produção científica de um periódico, autor, instituição ou localidade e até mesmo a respeito dos cientistas e suas comunidades. (MEDEIROS, 2015)

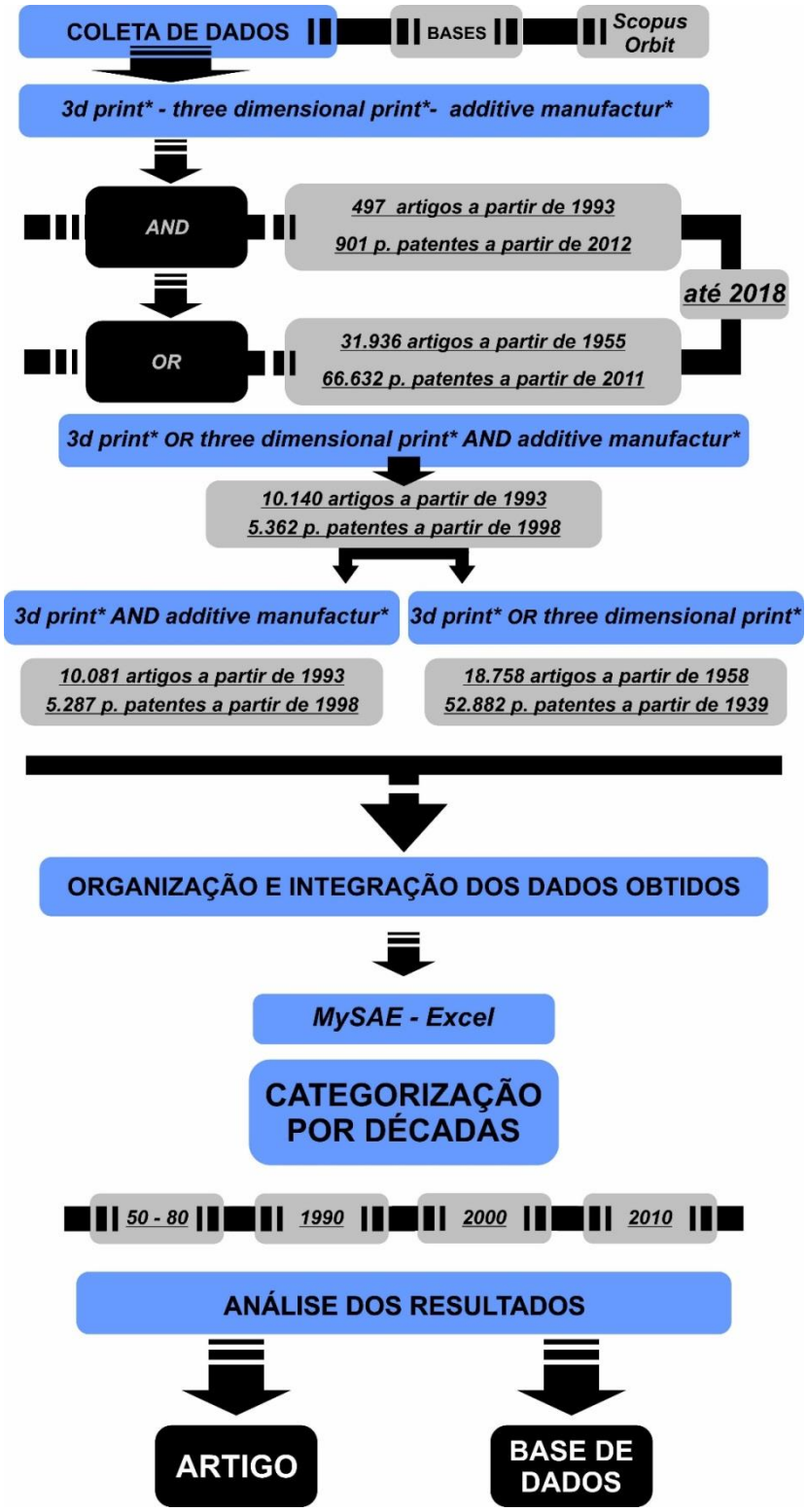
A coleta de dados das principais publicações científicas teve o objetivo de analisar o cenário das produções acadêmicas e suas inovações relacionadas a produtos, processos e serviços (OECD-MANUAL DE OSLO, 2005), que correlacionam a utilização da tecnologia de Impressão 3D para observação de tendências e da evolução ao longo dos anos.

Com o objetivo de contextualizar e compreender o processo histórico de publicações científicas até o ano de 2018 a respeito da tecnologia de impressão 3D. Os termos utilizados para título, resumo e palavras-chaves foram: *3d print, three dimensional print* e *additive manufacture* ligados entre si pelos conectivos AND e pelo OR como será evidenciado no decorrer deste artigo.

A bases utilizadas para busca de documentos foi plataforma internacional de banco de dados Scopus, que abrange publicações em revistas científicas nas áreas de ciências, tecnologia, artes e humanidades (https://www.scopus.com). Bem como algumas bases

internacionais de patentes (Patentscope WIPO, Orbit Intelligence, Google Patents) que auxiliaram a pesquisa prospectiva e exploratória com base nos resultados da produção do conhecimento acadêmico, científica e tecnológica. Para realização da análise dos dados obtidos através desta verificação foi utilizado os softwares Semantic Analysis Expert (My-SAE, 2020), que possibilita a extração e filtragem de dados das diversas publicações.

Figura 4 – Síntese do percurso metodológico



Fonte: Elaborado pelos autores

2. SEGUNDO CAPÍTULO – ARTIGO ORIGINAL: IMPRESSÃO 3D: DA PESQUISA AO SETOR PRODUTIVO: UM ESTUDO EXPLORATÓRIO SOBRE SUA EVOLUÇÃO HISTÓRICA, ORIGEM, TECNOLOGIAS, APLICAÇÕES E INOVAÇÕES.

22/09/2021 14:23 Gmail - [G&P - Qualis B2] Agradecimento pela Submissão

Gmail

Isabella Sampaio <isabellassampaio@gmail.com>

[G&P - Qualis B2] Agradecimento pela Submissão

1 mensagem

Jair Nascimento Santos <jair.santos@unifacs.br> 22 de setembro de 2021 14:22
Para: Srª Isabella Sampaio Sampaio <isabellassampaio@gmail.com>

Srª Isabella Sampaio Sampaio,

Agradecemos a submissão do seu artigo "IMPRESSÃO 3D: DA PESQUISA AO SETOR PRODUTIVO Um estudo exploratório sobre sua evolução histórica, origem, tecnologias, aplicações e inovações." para Gestão & Planejamento - G&P. Através da interface de administração do sistema, utilizado para a submissão, será possível acompanhar o progresso do documento dentro do processo editorial, bastando logar no sistema localizado em:

URL do Manuscrito:
https://revistas.unifacs.br/index.php/rgb/author/submission/7427
Login: isabellasamapio

Em caso de dúvidas, envie suas questões para este e-mail. Agradecemos mais uma vez considerar nossa revista como meio de transmitir ao público seu trabalho.

Atenciosamente,

Revista Gestão e Planejamento
http://www.revistas.unifacs.br/index.php/rgb

IMPRESSÃO 3D: DA PESQUISA AO SETOR PRODUTIVO

Um estudo exploratório sobre sua evolução histórica, origem, tecnologias, aplicações e inovações.

3D PRINTING: FROM RESEARCH TO THE PRODUCTIVE SECTOR

An exploratory study on the origin, technologies, applications and innovations.

RESUMO

A Impressão 3D é tida como uma das tecnologias reveladas pela quarta revolução industrial e considerada por muitos autores elemento fundamental nas transformações dos processos produtivos do século XXI. Com base nesta premissa e buscando analisar as interações tecnológicas com os processos de inovação e desenvolvimento, este documento tem a finalidade de mostrar a relevância do conhecimento sobre ciência e tecnologia, bem como suas transformações econômicas, sociais, físicas e virtuais ao longo do tempo, além de embasar novas pesquisas e estratégias de inteligência competitiva nas áreas da impressão 3D. Desta maneira, o artigo descreve a evolução histórica da manufatura aditiva e seus impactos na sociedade, apresentando um mapeamento tecnológico realizado por meio de uma revisão sistemática da literatura científica (artigos e patentes) associada à análise bibliométrica. Os resultados e a construção de um novo percurso metodológico baseado nas informações tecnológicas obtidas na pesquisa direcionam para o entendimento da Impressão 3Da partir de um recorte temporal por décadas desde o seu surgimento. Este panorama permitiu a identificação de autores, inventores, instituições de ciência e tecnologia (ICTs), bem como os *players* mundiais da impressão 3D.

Palavras-chave: Impressão 3D. Mapeamento Tecnológico. Áreas de atuação. Ciência, Tecnologia e Inovação.

ABSTRACT

3D printing is one of the technologies revealed by the fourth industrial revolution and considered by many authors to be a fundamental element in the transformation of productive processes in the 21st century. Motivated by this premise and seeking to analyze technological interactions with innovation and development processes, this document aims to show the relevance of knowledge about science and technology, as well as its economic, social, physical and virtual transformations over time, in addition to supporting new research and competitive intelligence strategies in the areas of 3D printing. In this way, the article describes the historical evolution of additive manufacturing and its impacts on society, presenting a technological mapping carried out through a systematic review of the scientific literature (articles) associated with bibliometric analysis (patents). The results and the construction of a new methodological path based on the technological information obtained in the research lead to the understanding of 3D printing from a time frame for decades since its emergence. This panorama allowed the identification of authors, inventors, science and technology institutions (ICTs), as well as the global players of 3D printing.

Keywords: *3D printing*. *Technological Mapping*. Areas of expertise. *Science, Technology and Innovation.*

RESUMEN

La impresión 3D es una de las tecnologías reveladas por la cuarta revolución industrial y considerada por muchos autores como un elemento fundamental en la transformación de los procesos productivos en el siglo XXI. Motivado por esta premisa y buscando analizar las interacciones tecnológicas con los procesos de innovación y desarrollo, este documento tiene como objetivo mostrar la relevancia del conocimiento sobre ciencia y tecnología, así como sus transformaciones económicas, sociales, físicas y virtuales en el tiempo, además de apoyar nuevas estrategias de investigación e inteligencia competitiva en las áreas de impresión 3D. De esta forma, el artículo describe la evolución histórica de la fabricación aditiva y sus impactos en la sociedad, presentando un mapeo tecnológico realizado a través de una revisión sistemática de la literatura científica (artículos) asociada al análisis bibliométrico (patentes). Los resultados y la construcción de un nuevo camino metodológico a partir de la información tecnológica obtenida en la investigación conducen a la comprensión de la impresión 3D desde un marco temporal de décadas desde su aparición. Este panorama permitió la identificación de autores, inventores, instituciones de ciencia y tecnología (TIC), así como los actores globales de la impresión 3D.

Palabras clave: *impresión 3D. Mapeo tecnológico**. Áreas de especialización.** Ciencia, Tecnología e Innovación.*

1 INTRODUÇÃO

No início do século XXI, com o advento da 4ª revolução industrial, a inovação começa a ser codificada e entendida pelos governos como temática de importância global, a partir da confluência do conhecimento científico para evolução do sistema produtivo, principalmente no que se refere à modernização da técnica das engenharias e das ciências da informação, cada vez mais sofisticadas, que promovem maior interação entre as tecnologias físicas e as tecnologias digitais. (SCHWAB, 2017).

Este advento vem promovendo transformação de toda esfera da produção industrial mundial em rede, marcada principalmente pelo conjunto de transformações e aprimoramentos nos processos de manufatura, desenho industrial, produtos, operações e sistemas relacionados (DELOITTE, 2014).

A utilização e o desenvolvimento de elementos tecnológicos, com base na automação e na robótica avançada, permitiram a fusão entre as realidades física e virtual fundamentando a Indústria 4.0. À medida que acontece a aceleração e modernização tecnológica, as melhorias no ambiente produtivo vão sendo aperfeiçoadas gerando condições para o surgimento de outras novas tecnologias derivadas (FIRJAN, 2016).

Neste artigo, para tanto, foi realizado o estudo a respeito de um dos componentes da quarta revolução: a tecnologia de impressão 3D, uma vez que ela se caracteriza por possuir potencial para inovação em diversas áreas, permitindo novas soluções de produção em variadas escalas, com a capacidade de transformar processos produtivos, apresentar mais liberdade em relação à modelagem e ao design de produtos podendo reduzir o custo de gestão (RELVAS, 2018).

A Impressão 3D é conceituada como o conjunto das mais variadas técnicas de transformação da matéria prima em um objeto com três dimensões materializado, camada por camada, e criado a partir de um desenho digital auxiliado por computador. Sua origem está definida como manufatura aditiva e tem o

propósito de otimizar processos produtivos pela fabricação de peças de substituição, customização e experimentação, diferentemente da manufatura tradicional, que apara, perfura e corta excessos indesejados de um artefato. (ASTM INTERNATIONAL, 2017).

Além da indústria, a impressão 3D, se propagou pela sociedade civil e mercado doméstico sendo instrumento fundamental no surgimento da cultura *maker* (ANDERSON, 2012) que pôde ser desenvolvida em ambientes de inovação e fabricação digital nas universidades, organizações sociais e arranjos produtivos. E, também presente em espaços compartilhados de fabricação digital, estimulando a criatividade, a aprendizagem e o surgimento de ideias e projetos inovadores, criando uma rede social que conecta usuários de forma colaborativa (TROXLER, 2013). A exemplo, podemos citar o projeto “Fab Lab - investigações sobre fabricação digital” desenvolvido no *Massachusetts Institute of Technology* em 2001 (EYCHENNE; NEVES, 2013).

Neste trabalho foi realizada uma investigação a respeito da impressão 3D, que vêm se revelando uma prática multipotencial, com a possibilidade de aplicação em vários setores da sociedade e do mercado, pela padronização de processos e produtos e a redução de custos frente a produção em larga escala (PORTO, 2016).

O mapeamento tecnológico e histórico foi realizado em documentos de patentes e artigos vinculados a banco de dados de natureza técnica e científica, demonstrando as inúmeras possibilidades de inovações: sociais e tecnológicas que a Impressão 3D possui e de como ela pode ser exequível nos contextos macroeconômico (com a transformação da lógica da produção mundial), e microeconômico (com o uso individual e em pequenos empreendimentos) (DAY, 2011).

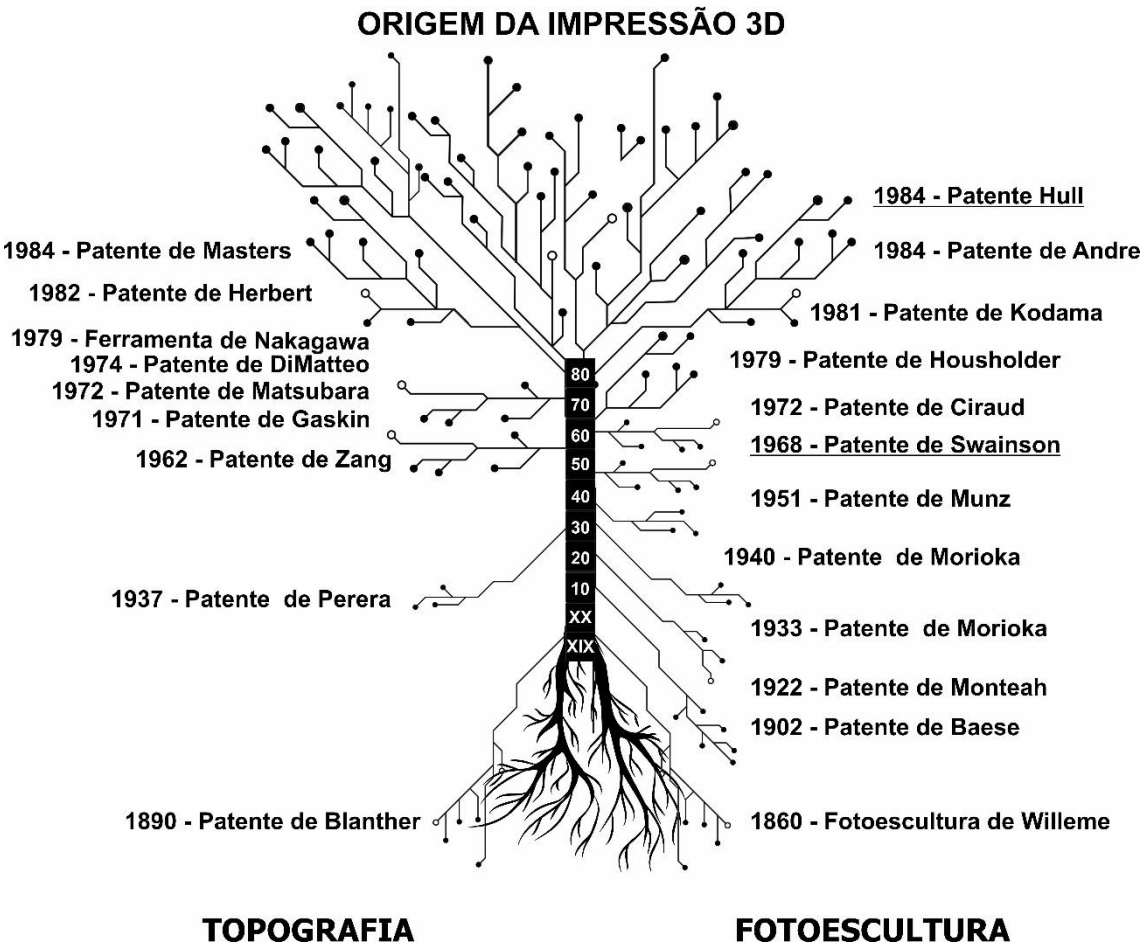
Para disseminar as informações tecnológicas e mercadológicas para fins de embasamento de pesquisas posteriores e de subsidiar a tomada de decisão no contexto de gestão da inteligência competitiva (COELHO, 2003) foi realizada a categorização cronológica do estudo em décadas.

2 IMPRESSÃO 3D: CONCEITOS E ORIGEM

O conhecimento e a disseminação sobre Impressão 3D têm seus primeiros registros na quarta onda da evolução da indústria. Pois, na busca da efetividade dos processos de produção, componentes cada vez mais avançados tecnologicamente se tornaram pré-requisitos essenciais nos meios fabris, e com este fenômeno a implantação de novas tecnologias, permitindo o desenvolvimento de fábricas inteligentes pela interoperabilidade no processo produtivo (HERMANN, 2015).

Entretanto, a partir da investigação teórica realizada neste trabalho, observa-se que a origem do que conhecemos atualmente como a manufatura aditiva possui cerca de 50 anos, congregados pelos desdobramentos e pela evolução da topografia e dos métodos de foto escultura, que em suas particularidades, têm registros de mais de um século (BOURELL, 2009), conforme ilustrados na figura a seguir.

Figura 7 - Cronologia inicial dos processos de manufatura aditiva



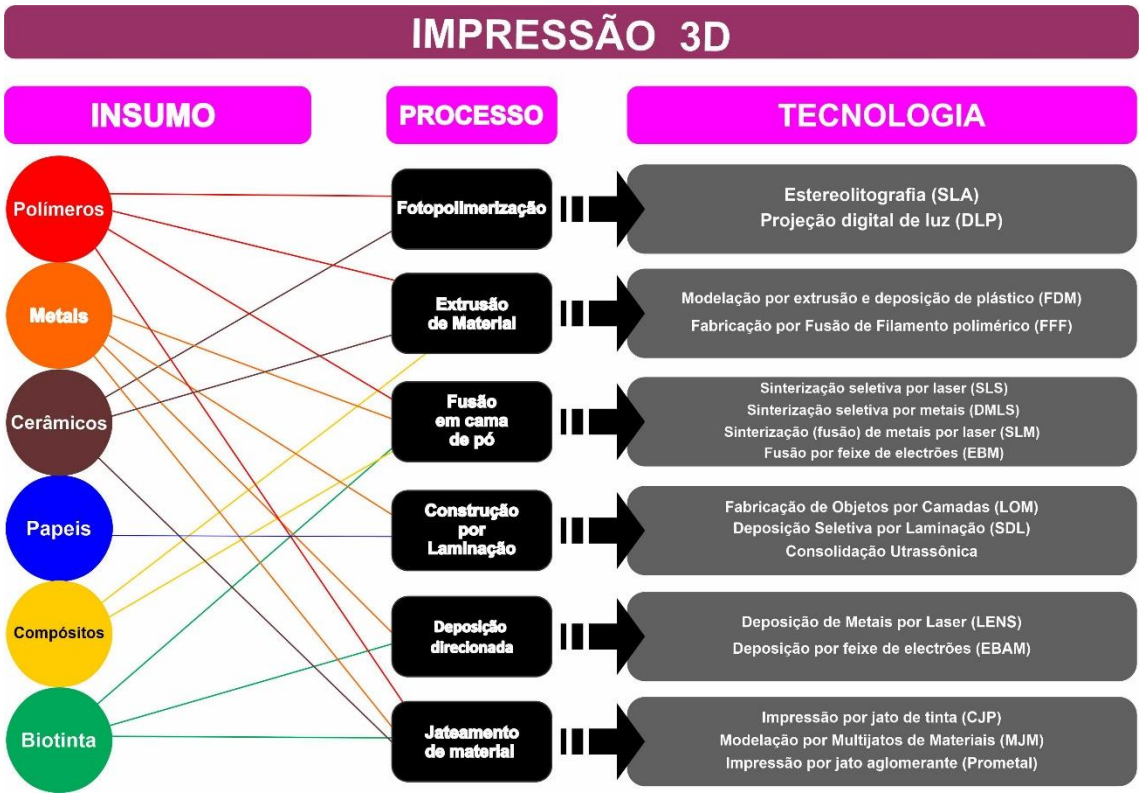
Fonte: Elaborado pelos autores, adaptada da publicação: "*A Brief History of Additive Manufacturing and the 2009 Roadmap for Additive Manufacturing: Looking Back and Looking Ahead*", RapidTech 2009.

As raízes da Impressão 3D derivam da combinação de conhecimentos de tecnologias da área da topografia (métodos de fabricação de mapas que caracterizavam peculiaridades do relevo) e da criação de foto esculturas (técnicas de reprodução de um modelo em 3D feito a partir do uso das silhuetas obtidas em registros fotográficos). Estes mecanismos precursores foram registrados como documento de patente no século XIX sob título: *Manufacture Of Con Tour Relef-Maps* (US473901) e *Photo-Sculpture* (US43822), com Joseph E. Blanther e François Willème, respectivamente como inventores (BOURELL, 2009).

A representação gráfica da história da manufatura aditiva (**Error! Reference source not found.**) representa o percurso cronológico da origem do desenvolvimento da pesquisa, dos registros de ativos de propriedade intelectual (patentes) e de algumas ações de mercado no setor produtivo para inovação.

Um outro ponto importante a ser considerado é que a Impressão 3D abrange variadas técnicas, com utilização de diferentes processos e materiais (**Error! Reference source not found.**). O que hoje convencionamos como uma tecnologia, na realidade consiste no conjunto de variadas tecnologias de produção de objetos tridimensionais (MARQUES, 2014) categorizadas na maioria dos casos pela condição do estado físico da matéria utilizada como insumo (PHAM & GAULT, 1998) mesmo com as variantes apresentadas pelas novas descoberta, invenções e inovações ao longo do tempo. Em linha gerais, a Impressão 3D é basicamente o ato de transformar uma matéria prima de uma condição física em outra, para produção de um objeto, tomando como base um desenho digital que será materializado pela junção de camadas (TAKAGAKI, 2012).

Figura 8 - Diagrama síntese sobre técnicas, processos e materiais para impressão 3d



Fonte: Elaborada pelos autores, adaptada das publicações de KRUTH, 1998; GAO, 2015 e RELVAS, 2018

Segundo Roam (2012), a expressão visual de uma realidade pode auxiliar na resolução de alguns problemas facilitando o entendimento de assuntos complexos a fim de melhorar a compreensão, tanto para leigos quanto para especialistas. Sendo assim, apresentamos um diagrama (**Error! Reference source not found.**) com tecnologias que podem ser executadas em associação com tipos específicos de processos (deposição direcionada, construção por laminação, jateamento de material, fusão em cama de pó, extrusão de material, fotopolimerização) e materiais (compósitos, metais, polímeros, biotinta, cerâmicos e papeis).

A **fotopolimerização** foi uma das primeiras técnicas utilizadas para impressão de objetos tridimensionais. Tem como tecnologias dominantes a estereolitografia (SLA) e o processamento digital de luz (DLP). Consiste na utilização de insumos líquidos fotossensíveis solidificados ao entrarem em contato com uma fonte de luz. A principal diferença entre SLA e DLP é que a primeira usa feixe de luz, enquanto a outra utiliza uma tela de projeção digital. (RELVAS, 2018; VOLPATO, 2007).

Pela técnica de **extrusão de material** existe a fabricação por fusão de filamento (FFF), ou modelagem de deposição fundida (FDM), que utiliza filamento de material termoplástico sólido que é empurrado através de um bico extrusor aquecido, derretendo o material e esculpindo o objeto. São tecnologias utilizadas para produzir modelos conceituais, protótipos e fabricação de produtos, principalmente customizados. Permite diversificação tanto em cores quanto em tipos de materiais de insumo (RELVAS, 2018; VOLPATO, 2007).

A **fusão em cama de pó** é a técnica que utiliza energia térmica para induzir a aglutinação de uma camada de partículas de matéria prima (pó termoplásticos ou metálicos), formando um objeto o sólido com

ligações rígidas. As tecnologias que estão pautadas neste processo são: a sinterização seletiva a laser (SLS) que utiliza como insumo polímero em pó termoplástico associado ao laser de alta potência na construção das camadas de um produto; a sinterização direta de metais por laser (DMLS) é uma derivação da SLS que aquece o metal em pó aquecido até a fundição em nível molecular; a sinterização de metais por laser (SLM) utiliza energia térmica do laser para derreter completamente o pó metálico; e, a tecnologia de fusão por feixe de elétrons (EBM) utilizando lio de elétrons em alto vácuo para fundir o metal e criar um objeto sólido (RELVAS, 2018; VOLPATO, 2007).

Outro processo é o de **construção por laminados** que deposita matéria prima em lâminas aderentes que são comprimidas uma à outra. Neste processo, duas tecnologias utilizam materiais termocolantes (fabricação de objetos laminados - LOM e deposição seletiva por laminação - SDL) e uma utiliza vibrações ultrassónicas (Consolidação Ultrassônica - UAM) para união das lâminas (RELVAS, 2018; VOLPATO, 2007).

As impressões que utilizam o método de **deposição direcionada** são: Modelagem de rede por laser projetado (LENS), que consiste em disparar jatos de material em pó no foco do laser, permitindo que ele se conglutine e cresça gradativamente formando a peça; e a deposição por feixe de elétrons (EBAM), que utiliza a mesma técnica, porém com lio de elétron ao invés do laser (RELVAS, 2018; VOLPATO, 2007).

Outras tecnologias utilizam o **jateamento de material** como *modus faciendi*. Que se dividem em duas categorias: uma que utiliza o *spray* do insumo e a outra que utiliza o *spray* conglutinante do insumo. As que utilizam o *spray* conglutinante são: a impressão por jato aglomerante – Prometal (pó metálico) e a impressão por jato de tinta – CJP (polímero líquido catalisado por luz ultravioleta); a que utiliza spray puro do material é a modelagem por Multijatos de Materiais – MJM (jatos de tinta gotas, curada com luz ultravioleta) (RELVAS, 2018; VOLPATO, 2007).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O procedimento metodológico utilizado neste artigo foi o bibliométrico, pois tem a característica de integrar o tratamento quantitativo dos dados, ao processo de análise da comunicação escrita (FIGUEIREDO, 1977), permitindo a observação da extensão e da distribuição bibliográfica, associada as suas respectivas informações tecnológicas, de estrutura acadêmica e de grupos que produzem e utilizam a literatura científica (PIÑERO, 1972).

Todo o processo de investigação considerou informações de artigos e patentes, uma vez que a expressão da ciência, seja ela por meio da pesquisa básica, aplicada, experimento ou invenção, se materializa em algum registro escrito, na forma de documento (SANTOS, 2003) que pode, inclusive, ter sido produzido pelos mesmos autores e/ou instituições.

Os artigos e as patentes possuem em suas estruturas documentais elementos análogos, como exemplo, autor e instituição de pesquisa, bem como inventor e titular (MOURA, 2009), que podem ser sincronizados para uma análise mais precisa sobre o desenvolvimento científico e tecnológico da inovação.

Segundo Antunes et. Al. (2018) o mapeamento tecnológico é importante para compreensão mais profunda da evolução de uma tecnologia ao longo dos anos, além da observação de tendências futuras. Por este motivo, foi realizado a coleta de dados de principais publicações científicas e tecnológicas (artigos e patentes) com o objetivo de analisar o cenário das produções e sua respectiva inovações relacionadas a produtos, processos e serviços na temática da impressão 3D.

A base utilizada para a busca de artigos científicos foi a plataforma internacional de banco de dados *Scopus*, que abrange publicações em revistas científicas nas áreas de ciências, tecnologia, artes e humanidades (SCOPUS, 2019). A busca de invenções foi feita por meio do sistema *Orbit Intelligence* que possui ferramentas de seleção, análise e exportação de informações contidas em documentos de patentes. Os *softwares* utilizados para tratamento e análise dos dados foram: *Microsoft Excel* e *Semantic Analysis Expert (My-SAE, 2020)*, que possibilitou a extração e filtragem de dados das diversas publicações científicas permitindo avaliação e apresentação dos resultados obtidos. A base metodológica desta pesquisa é a associação dos resultados dos artigos, ao mapeamento tecnológico das patentes que permitiram a captação e a apresentação de informações científicas para fundamentar estudos a respeito da Impressão 3D. O percurso metodológico foi operacionalizado por meio de etapas conforme apresentado na **Error! Reference source not found.**.

Figura 9 - Síntese do percurso metodológico

Fonte: Elaborada pelos autores.

Com o objetivo de contextualizar e compreender todo processo histórico de criação e desenvolvimento da impressão 3D, o espaço temporal determinado teve seu ponto inicial no ano em que apareceram as primeiras ocorrências de publicações e o final, no ano de 2018 quando esta pesquisa teve sua origem. Os termos utilizados na busca de artigos e patentes (título, resumo e palavras-chaves) foram: *3d print, three dimensional print* e *additive manufacture* associados aos conectivos lógicos AND e OR.

4 APRESENTAÇÃO DE DADOS OBTIDOS

Inicialmente a busca foi realizada com o booleano AND no intuito de direcionar os resultados para observação de documentos estreitamente ligados à temática em estudo, uma vez que possibilitaria a integração dos termos. No entanto, esta apuração apresentou ocorrências datadas a partir do ano de 1993, não revelando publicações científicas que já haviam sido realizadas em anos anteriores (artigos e patentes) sobre produtos e métodos processuais a respeito da utilização da Impressão 3D.

Tendo em vista esta realidade, se fez necessário a complementação da estratégia de busca com a inclusão do booleano OR para permitir a expansão dos resultados da pesquisa, possibilitando a contextualização e a compreensão de todo processo histórico de criação e desenvolvimento tecnológico da Impressão 3D. Os resultados obtidos estão representados na **Error! Reference source not found.** descritos a seguir.

Tabela 1 - Escopo da pesquisa para busca de artigos publicados e documentos de patentes

COMBINAÇÃO CONECTORES		*Three dimensional print**	*Additive Manufactur**	ARTIGOS PUBLICADOS	DEPÓSITOS DE PATENTES
(a)	***3d print****	*AND*	*AND*	*497*	*901*
(b)		*OR*	*OR*	*31.936*	*66.632*
(c)		*OR*	*AND*	*10.140*	*5.362*
(d)		-	*AND*	*10.081*	*5.287*
(e)		*OR*	-	*18.758*	*52.882*

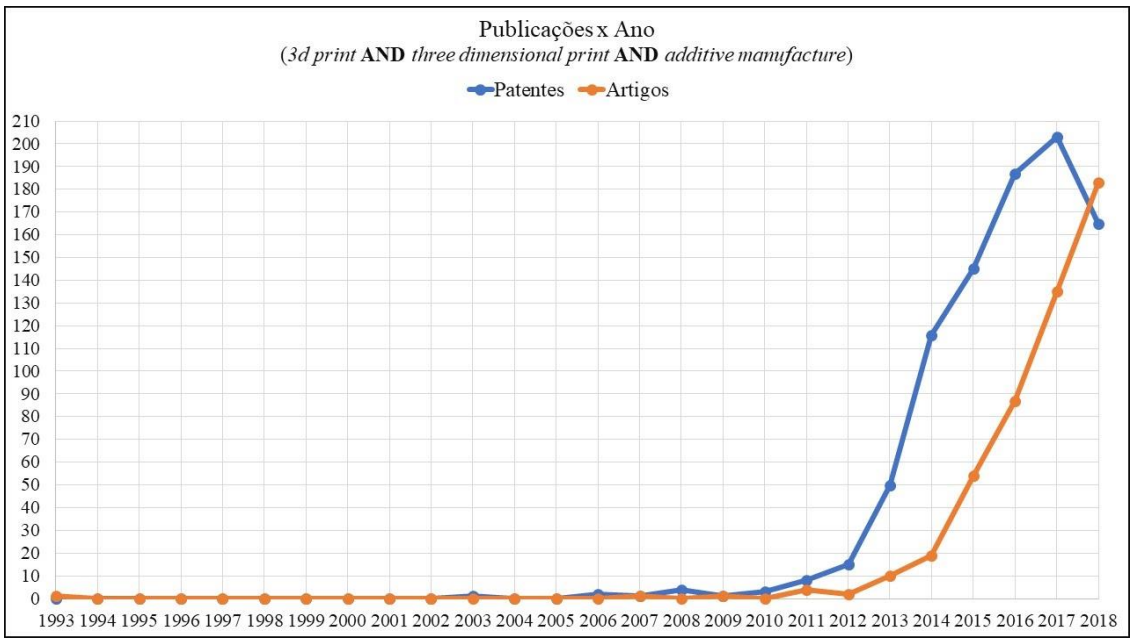
Fonte: Elaborado pelos autores

Com o objetivo de otimizar a leitura e interpretação destes dados utilizou-se a classificação de letras em ordem alfabética para indicar cada combinação de conectores na busca, bem como uma representação gráfica individual sobre a evolução temporal da impressão 3D. Assim, foi feita a demarcação de dois eixos (x e y) que se referem à quantidade de publicações e ao ano de publicação dos artigos e patentes.

Conforme **Error! Reference source not found.** a combinação acima (a) se refere a utilização do booleano AND para conexão das palavras-chaves: 3d print, *three dimensional print* e *additive manufacture.* Isto significa que os resultados apresentam documentos que possuem ocorrência simultânea dos três termos em cada um dos documentos encontrados. No total 497 artigos com aparições a partir do ano de 1993 e 901 depósitos de patentes publicadas a partir de 2003, ou seja, uma década após o início de publicações de artigos.

.

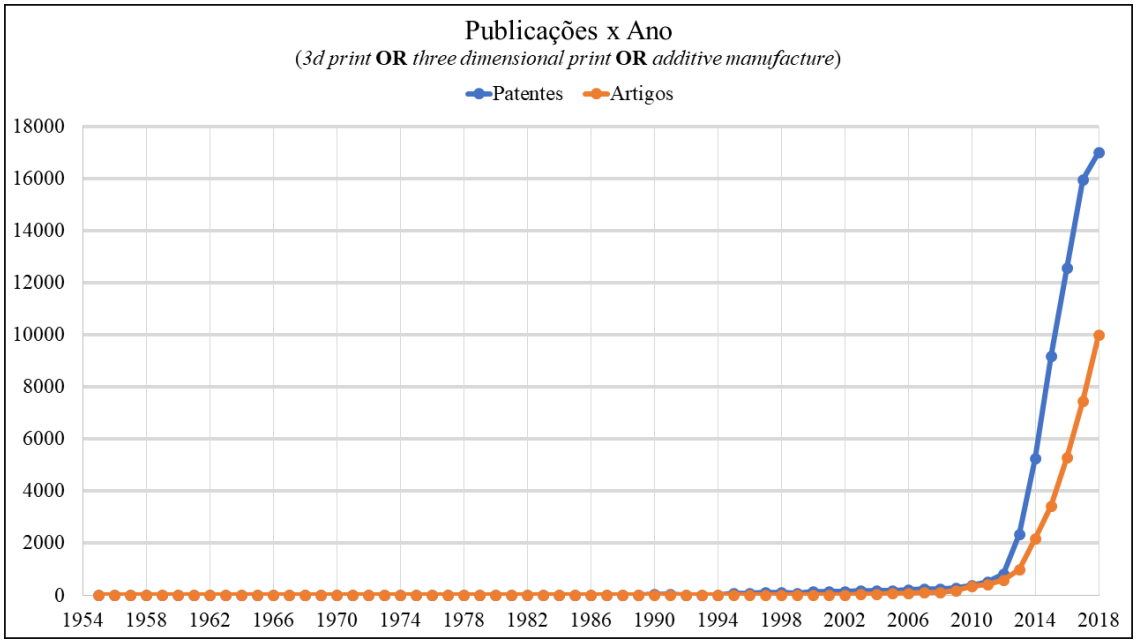
Figura 10 - Combinação de conectores (a): Artigos e Patentes sobre *3d print, three dimensional print e additive manufacture* ao longo do tempo.



Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados coletados no *Scopus* e tratados no software M. Excel.

A combinação (b), descrita na **Error! Reference source not found.** faz uso do conectivo OR para associação das palavras-chaves na busca, ou seja, os resultados revelam registros cuja publicação possui pelo menos um dos três termos, revelando 31.936 artigos e 66.632 depósitos de patentes. Esta estratégia apresentou resultados que remontam a década de 30 para patentes e 50 para artigos, que permitiram a elucidação sobre o surgimento, o desenvolvimento e a evolução técnico-científica da impressão 3D.

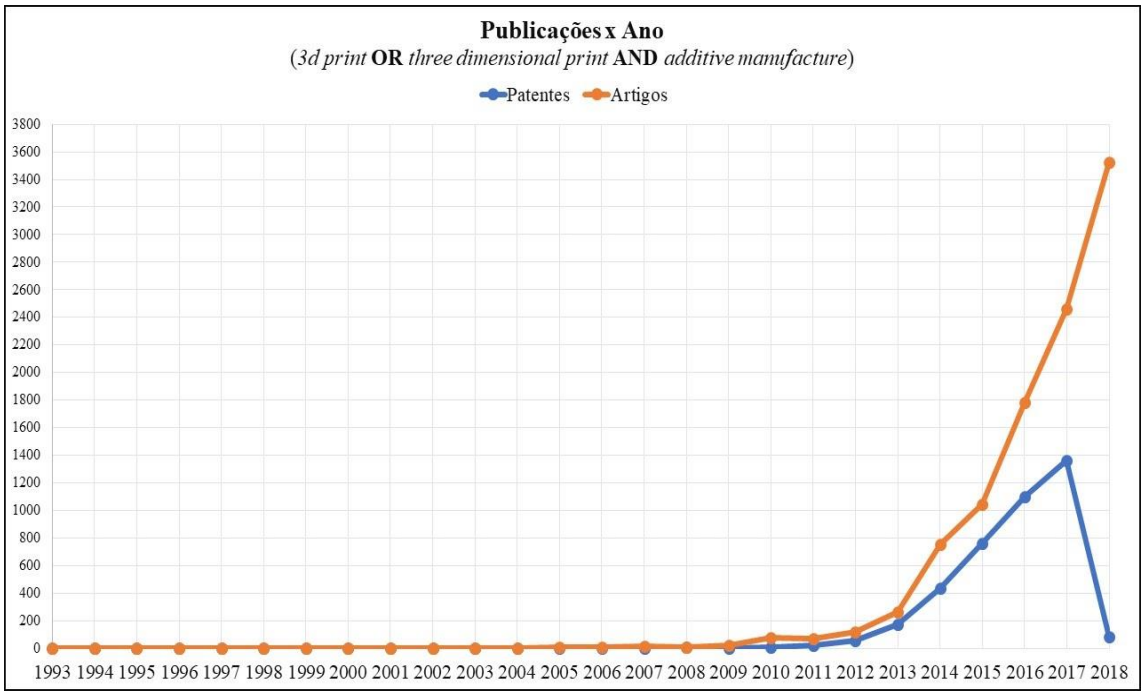
Figura 11 - Combinação de conectores (b): Artigos e Patentes sobre 3d print, *three dimensional print e additive manufacture* ao longo do tempo.



Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados coletados no *Scopus* e tratados no software M. Excel.

Na junção dos termos (c) apresentou documentos cujos conteúdos tinham ou o termo Impressão 3Dou o termo impressão tridimensional associado à ocorrência obrigatória do vocábulo: manufatura aditiva (vide **Error! Reference source not found.**). Esta alternativa resultou na quantidade de 10.140 artigos também datados de 1993 e 5.362 depósitos de patentes com início em 1998.

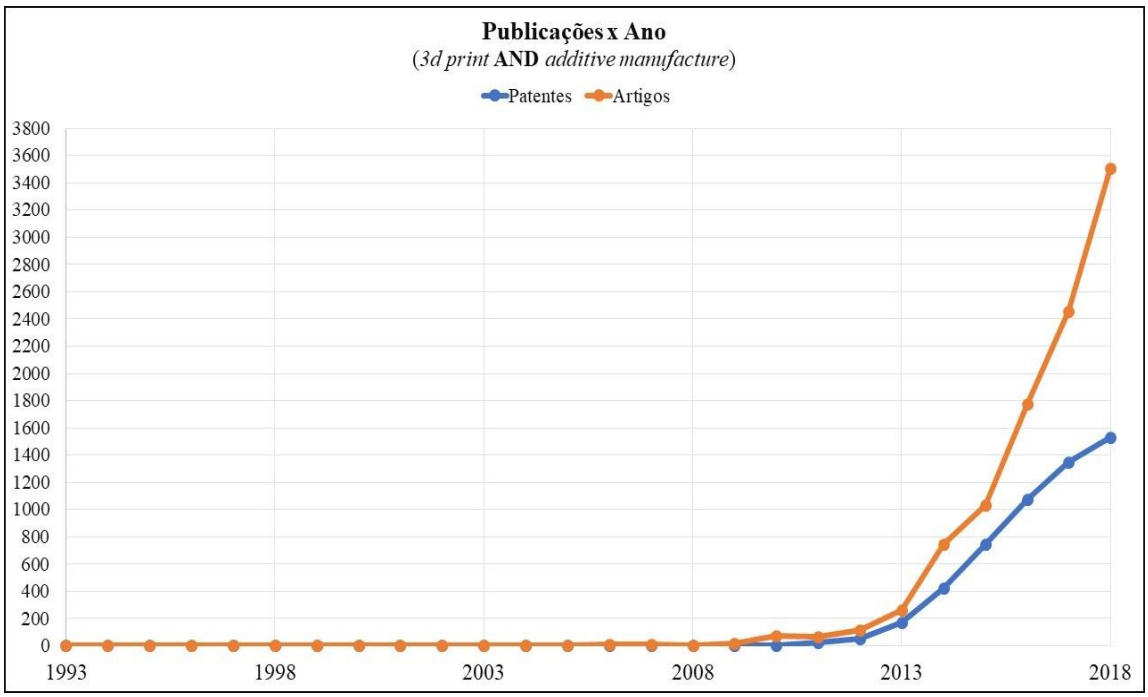
Figura 12 - *Combinação de conectores (c): Artigos e Patentes sobre* 3d print, three dimensional print e additive manufacture *ao longo do tempo.*



Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados coletados no *Scopus* e tratados no software M. Excel.

A associação (d) determina que os resultados mostram somente publicações que contenham coincidentemente: Impressão 3De manufatura aditiva (vide **Error! Reference source not found.**). Isto corresponde a 10.081 artigos e 5.287 pedidos de patentes, também datados de 1993 e 1998 respectivamente.

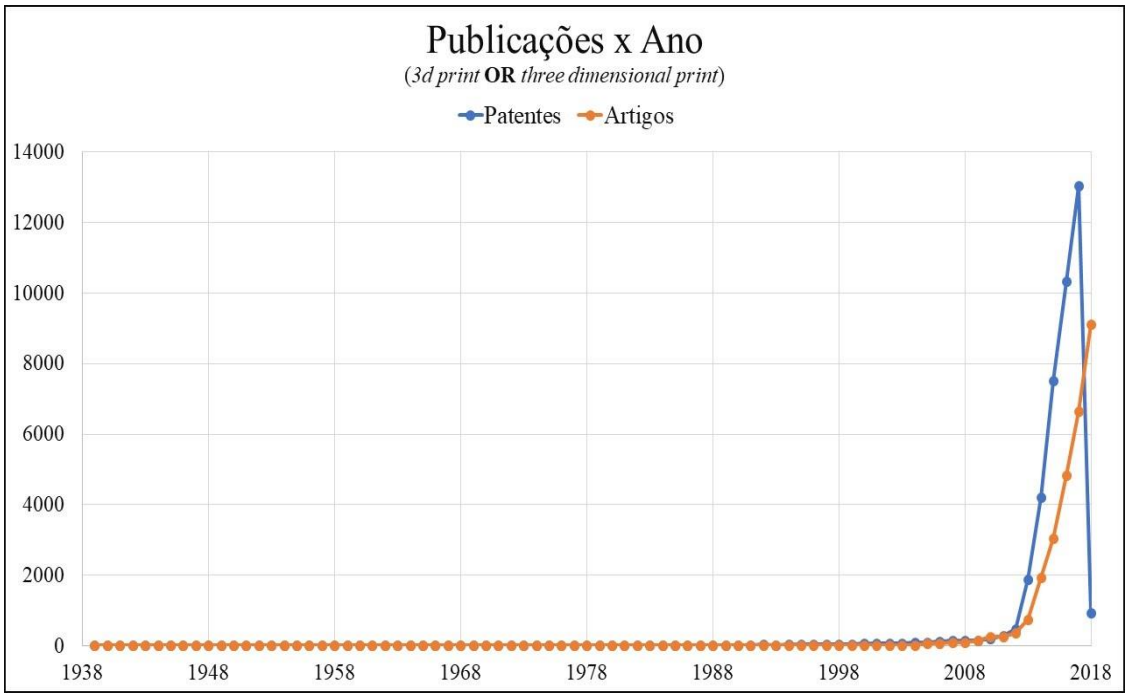
Figura 13 - Combinação de conectores (d): Artigos e Patentes sobre 3d print, three dimensional print e additive manufacture *ao longo do tempo.*



Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados coletados no *Scopus* e tratados no software M. Excel.

A linha (e), por sua vez, apurou documentos que continham uma das expressões: ou *3d print* ou *three dimensional print* (vide **Error! Reference source not found.**). O resultado desta combinação trouxe a quantidade de 18.758 artigos apontados a partir de 1958 e 52.882 solicitações de patente datados de 1939.

Figura 14 - Combinação de conectores (e): Artigos e Patentes sobre *3d print, three dimensional print e additive manufacture* ao longo do tempo.



Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados coletados no *Scopus* e tratados no software M. Excel.

Estas estratégias de buscas tornaram possível a construção de gráficos que representam desenvolvimento tecnológico da Impressão 3D por sua movimentação com trajetos semelhantes que se mantiveram por décadas um percurso quase retilíneo, apresentando um crescimento constante até o início da segunda década dos anos dois mil quando inicia um processo ascendente com aclive mais intenso até o final do período em estudo. Além destas semelhanças foram identificadas diferenças principalmente nos pontos iniciais e finais nos gráficos.

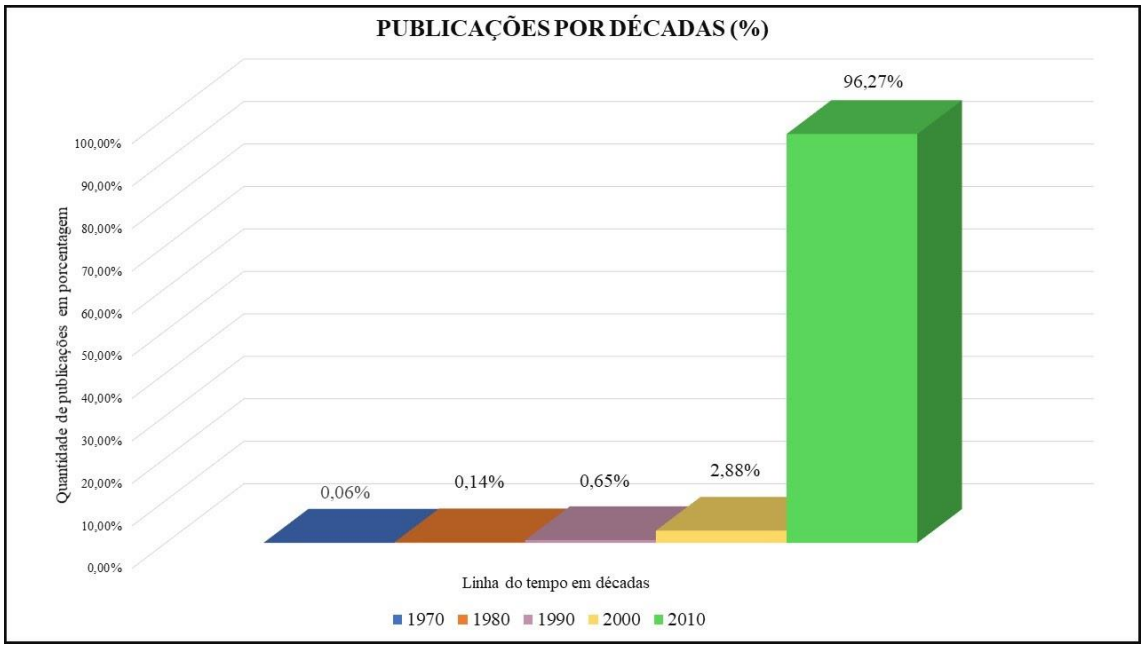
Nos pontos iniciais dos gráficos observa-se que cada estratégia revela documentos científicos que possuem sua origem em décadas distintas para as buscas que se utilizou o booleano AND, os resultados mostraram que o início das publicações foram na década de 90, já para as que tiveram aplicação somente com o conectivo OR os artigos e patentes remontam décadas anteriores, entre os anos 30 e 50, o que permitiu elucidação a respeito do surgimento, do desenvolvimento e da evolução técnico-científica, bem como das inovações relacionadas à tecnologia de impressão 3D. No que se refere aos pontos finais as diferenças estão principalmente entre os anos 2017 e 2018.

A análise destes resultados foi feita a partir da associação dos mesmos, pela integração e cruzamento das informações de artigos e patentes para que fosse possível encontrar indícios que sinalizassem a origem e a utilização da Impressão 3D no âmbito da ciência e da tecnologia já que os resultados com o conectivo AND omitiram publicações historicamente relevantes. Fazendo-se necessário uma análise mais minuciosa e de contextualização em longo, médio e curto prazo.

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Com base nestas informações se fez necessário a realização de um recorte por décadas (vide **Error! Reference source not found.**) para que fosse possível a identificação das ocorrências das pesquisas sobre Impressão 3Dcomo conhecemos hoje, além de permitir a construção de um mapeamento tecnológico sobre sua evolução histórica e seus impactos no setor produtivo.

Figura 15 – Categorização das publicações sobre Impressão 3D por décadas



Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados coletados no *Scopus* e tratados no software M. Excel.

A categorização representada no gráfico acima considerou linha do tempo no eixo X do somatório de anos, segmentado por décadas, em que ocorreram publicações relacionadas à impressão 3D. No eixo Y foi inserida a quantidade de publicações de artigos e patentes de cada década em percentual. Esta representação revela que 96,27% do montante total de documentos encontrados foram publicados a partir de 2010. Os outros 3,73% dizem respeito aos anos anteriores, sendo 2,88% na primeira década dos anos dois mil, 0,65% nos anos 90, 0,14% nos anos 80 e 0,06%na década de 70 e anos precedentes.

Com recorte, além de uma visualização mais clara a respeito do volume de publicações foi possível a investigação com base em critérios como: autores com mais incidências de publicações, relações entre pesquisas, criações e invenções a partir das informações tecnológicas obtidas em documentos de patentes nesta temática e Instituições de Ciência e Tecnologia (ICTs) de vínculo dos mesmos, bem como aplicações no setor produtivo.

Com base na leitura dos artigos apresentados nas buscas utilizando o OR, por exemplo, foi possível observar que entre as décadas de 40 e 80 as unidades anuais de publicações descrevem, em sua maioria, procedimentos das áreas de química, engenharia e eletrônica relacionadas principalmente a criação de processos modulares e personalizados de manufatura, aditivos químicos, óleos lubrificantes, construção de circuitos impressos, além de métodos de impressão de fotografia com visualização em terceira dimensão, dentre outros assuntos aderentes.

Em meados dos anos 60 e início dos 70 foi possível identificar alguns documentos que retratam alguns estudos na perspectiva da terceira dimensão. Novos aparelhos e técnicas incipientes para construção de circuitos, realização de representação fotográfica e materialização de objetos foram encontrados nos depósitos de patentes[3], já nos artigos a ocorrência da primeira publicação relacionada à tecnologia de Impressão 3Dfoi somente em 1972 pelos autores russos Lidov e Stochik intitulado: "*3d printing of the Bolshoĭ Medical Encyclopedia*".

Na década de 80 os resultados dos artigos científicos aparecem somente no ano de 1989, com a publicação intitulada: *"Stereolithography"*, cujo inventor Raymond S. Freed descreveu um processo de impressão tridimensional de objetos sólidos a partir da utilização de um feixe de laser em movimento comandado por computador permitindo o esculpo em camadas de objetos a partir de um molde digital.

Neste mesmo período, além do artigo descrevendo o processo de estereolitografia, documentos de patentes relacionadas à tecnologia e ao método foram encontrados em bases internacionais indicando-o como inventor, como é o caso da de nº EP0362982 e título "Stereolithographic curl reduction", de 1989 que traz a apresentação de um método de aperfeiçoamento no sistema de estereolitografia envolvendo a aplicação de técnicas de manipulação de dados melhorada e litográficas para fabrico de objetos tridimensionais. (HULL; FREED, 1997)

No entanto a ocorrência de uma única publicação na base de artigos configurou apenas um indício da realidade de publicações do final da década de 80, pois com o refino da busca para o termo "Stereolithography" esta evidência regressou para 1988, com o artigo: "StereoLithography: Plastic

---

[3] **US3368471** - *Method and apparatus for making three dimensional contact prints* (1964) - Equipamento e método de feitura de impressões de contato tridimensionais a partir de uma fonte de luz e uma folha fotossensível pré-formada. **US3384957** - *Fabrication of three-dimensional printed circuitry* (1965) -Método para fabricação de circuitos impressos tridimensionais com abas elevadas. **US3294532 -** *Hot melt composition for three dimensional printing* (1966) - Composição de fusão a quente para impressão tridimensional. **US3462226** *Preregistration and layout of three-dimensional prints* (1966) - Método para assegurar registro de imagens uniformes em relevo. **JP55025307** - *Manufacture of three-dimensional decorative sheet with reinforced fiber 1978)* - Fabricação de chapa tridimensional com fibra.

prototypes from CAD data without tooling" do autor Hull, Charles e também inventor da primeira patente sobre impressora 3d em meados da década, de título: Apparatus for production of three-dimensional objects by stereolithography (US4575330), depositada em 1984 e concedida em 1986. A invenção refere-se a um aparelho para produção de objetos tridimensionais por meio do processo fotoquímico de estereolitografia (HULL, 1986).

Os resultados da base de dados de patentes mostraram que as tecnologias dominantes da época correspondiam à produção de materiais da indústria da base como ferramentas, maquinário, e insumos químicos, bem como desenvolvimento de tecnologia de imagem 3D. Muito embora algumas informações[4] relevantes ocorreram a partir do meado da década de 80, o que serviu de subsídio para o cruzamento dos dados e integração das informações a respeito da ciência e da tecnologia desenvolvida na época, quando os desdobramentos dos inventos da foto escultura, associada aos de topografia desencadearam técnicas de impressão de objetos em terceira dimensão (RELVAS, 2018).

Desde então, na década de 90, identificamos a incidência de publicações referentes ao *modus operandi* da tecnologia de impressão de objetos em terceira dimensão e o surgimento de novas possibilidades de métodos, equipamentos, suprimentos e insumos nas áreas de engenharia e ciência de materiais, que fizeram com que de Impressão 3Dintegrasse o leque de ferramentas de prototipagem rápida, como também o surgimento de empresas, marcas, sistemas e produtos relacionados à ela (KRUTH, 1998).

Descrições de mecanismos sobre a deposição de material em pó para impressão a jato de tinta, impressões com metais, cerâmicas, resinas e outros começam a ser destaques nas publicações do início da década, o que indica a inserção de uma nova prática para otimizar processos produtivos com a possibilidade construção rápida de protótipos e ferramentas de produção. Algumas técnicas apresentadas nos periódicos descreviam à estereolitografia, sinterização seletiva a laser, fabricação de objetos laminados e modelagem de deposição por fusão (SCOPUS, 2019).

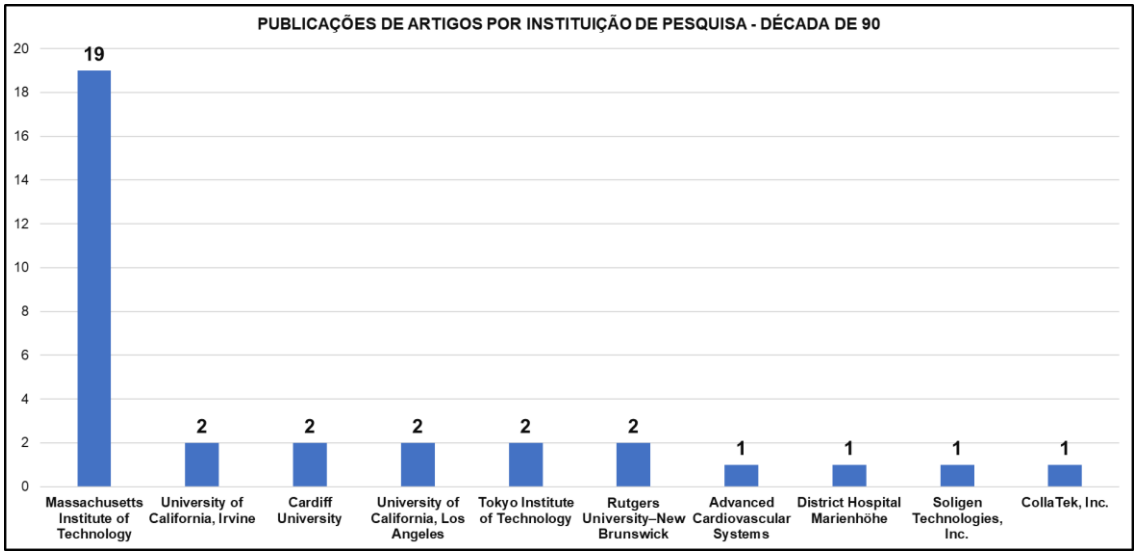
Em meados da década, mais precisamente em 1994, a busca do *scopus* mostrou uma publicação intitulada: "*Speedy 3-D laser modeling*" do autor Herbert Kaplan que descreve modelagem em terceira dimensão como uma alternativa para otimização de processos industriais de prototipagem com desenho digital tridimensional. Já em 1995 Emanuel Sachs e Michel Cima descrevem no artigo "*Fabrication and microstructural control of advanced ceramic components by three dimensional printing*." um processo de fabricação microestrutural com material na forma de pó transformado com possibilidade de para determinação de resistência mecânica para impressão 3d. As publicações triplicam dos anos de 1994 para 1995 com artigos que apresentam desde os estudos sobre as vantagens do desenvolvimento rápido de protótipos com Impressão 3Daté novos processos a base de matéria prima em forma de pó ou de modo simultâneo.

As publicações evidenciadas nos resultados da busca apresentam as Instituições de Ciência e Tecnologia (ICTs) com destaque na investigação e no desenvolvimento da pesquisa científica relacionada a processos de impressão tridimensional e depósitos de pedidos de patentes relacionados às pesquisas desenvolvidas. O que se pode observar nas análises a seguir.

---

[4] **US3368471** - *Method and apparatus for making three dimensional contact prints* (1964) - Equipamento e método de feitura de impressões de contato tridimensionais a partir de uma fonte de luz e uma folha fotossensível pré-formada. **US3384957** - *Fabrication of three-dimensional printed circuitry* (1965) -Método para fabricação de circuitos impressos tridimensionais com abas elevadas. **US3294532 -** *Hot melt composition for three dimensional printing* (1966) - Composição de fusão a quente para impressão tridimensional. **US3462226** *Preregistration and layout of three-dimensional prints* (1966) - Método para assegurar registro de imagens uniformes em relevo. **JP55025307** - *Manufacture of three-dimensional decorative sheet with reinforced fiber 1978)* - Fabricação de chapa tridimensional com fibra.

Figura 16 - Quantidade de publicações de artigos por ICT na década de 90

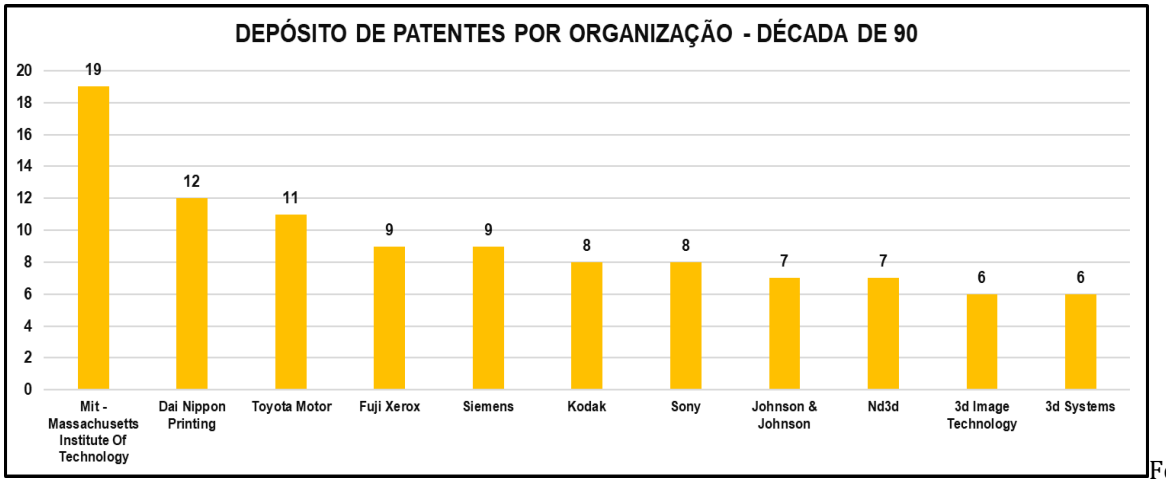


Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados coletados no Scopus e tratados no software M. Excel.

O gráfico da **Error! Reference source not found.** representa as primeiras dez ICTs com mais publicações de artigos na década de 90. É possível verificar que *Massachusetts Institute of Technology* se destaca por estar muito à frente na quantidade de publicações frente as outras nove organizações. O instituto figura com dezenove títulos ao passo que as demais atingem a marca de dois ou um. Duas publicações para *University of California, Cardiff University, University of California, Tokyo Institute of Technology* e *Rutgers University.* Uma publicação para *Advanced Cardiovascular Systems, District Hospital Marienhöhe, Soligen Technologies e CollaTek.*

No que diz respeito à quantidade de pedidos de patentes, a **Error! Reference source not found.** exibe os maiores depositantes de patentes da década sobre o tema de estudo. Entre eles figuram organizações que trabalhavam com manufatura aditiva, mas ainda muitos desenvolvedores de tecnologia de imagens digitais e outras técnicas de impressão.

Figura 17 - Quantidade de patentes depositadas por organização na década de 90.

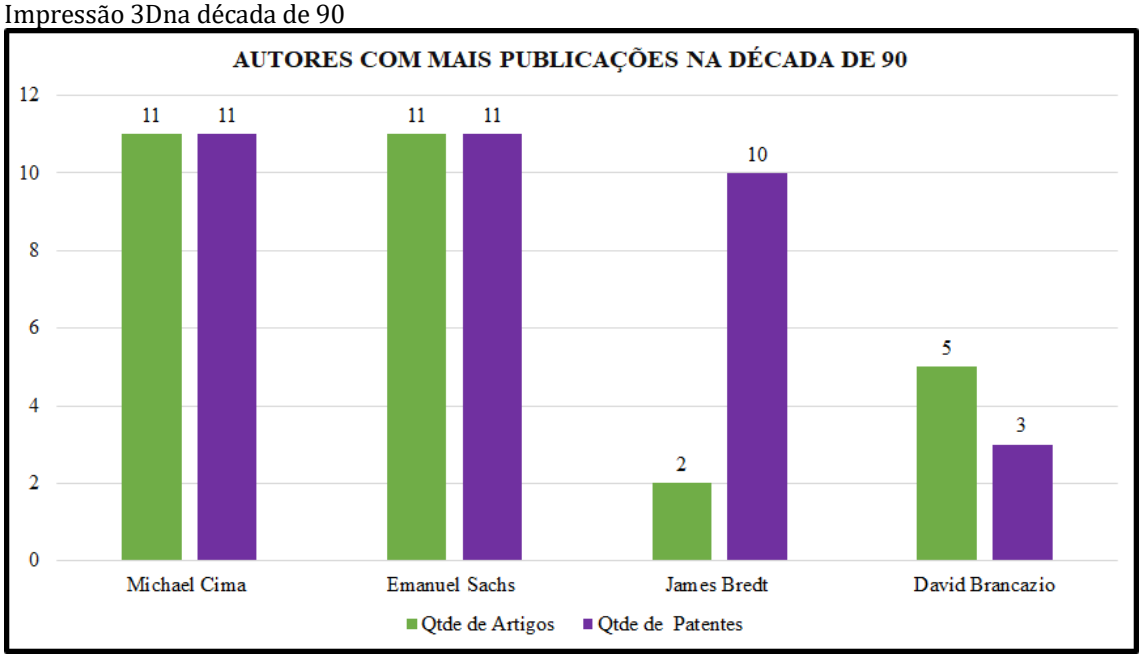


Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados coletados no *Orbit Intelligence* tratados no software M. Excel.

Desta maneira, as publicações científicas tanto de artigos, quanto de patentes, a década de 90 tem o *Massachusetts Institute of Technology - MIT* como a instituição com mais publicações em ambos os casos. E mesmo com a maior parte das publicações serem de instituições localizadas no continente norte americano, mais precisamente nos Estados Unidos, países da Europa (Inglaterra, Reino Unido, Bélgica) e da Ásia (Japão e Coreia do Sul) também figuram como precursores de tecnologias de manufatura aditiva (SCOPUS, 2019).

Os dados coletados nas informações tecnológicas pela observação da interação de artigos e patentes dá indícios de quais instituições estão aproveitando o resultado de pesquisas para gerar patentes e outros tipos de proteção de ativos de propriedade intelectual (FUJINO, 2006). É o que podemos observar no gráfico a seguir **Error! Reference source not found.** em que as publicações de documentos científicos do decênio revelam que o grupo de pesquisadores do MIT, também são os inventores com maior número de depósitos de patentes. São eles: Emanuel Sachs, Michel Cima, David Brancazio e James Bredt.

Figura 18 – Autores/Inventores com mais publicações de documentos científicos sobre manufatura aditiva e Impressão 3Dna década de 90



Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados coletados no Scopus e Orbit Intelligence tratados no software M. Excel.

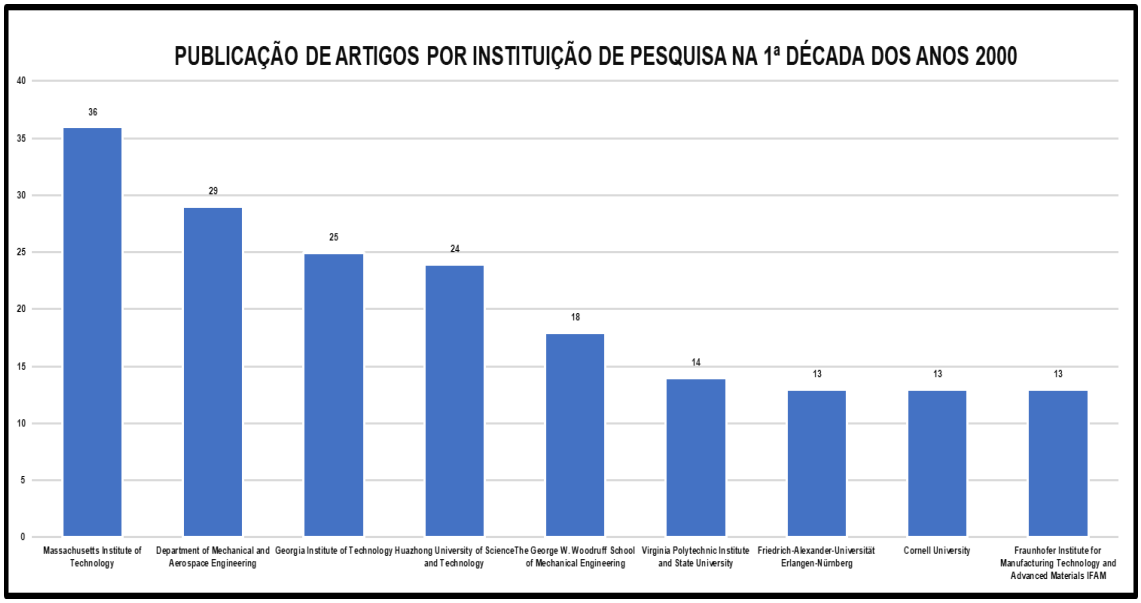
As descrições da década vão desde a criação digital de protótipos por meio de desenhos feitos em computador até os tipos e modalidades de impressões. Em linhas gerais, a presença destes pesquisadores representa a atuação do MIT conduzindo a pesquisa com a finalidade de inovar.

O século XXI é tido como início da 4ª revolução industrial. É o período em que se evidencia a sofisticação das técnicas de engenharias associadas à das ciências da informação pela interação cada vez maior entre as tecnologias físicas e as tecnologias digitais (SCHWAB, 2017). É o período conhecido como início da era de materialização digital e toda sua sistematização dentro do processo produtivo (MEDEIROS, 2016). Os produtos e métodos em torno da tecnologia de Impressão 3Dpermitem estabelecer novas relações do usuário com o seu produto. (LÉVY, 1998)

No âmbito das publicações científicas referentes à primeira década deste século foi possível observar a continuidade do crescimento da divulgação de artigos e patentes. O que pode ser constatado

nos gráficos gerados com os dados decorrentes da **Error! Reference source not found.** associada ao recorte apresentado nos gráficos a seguir.

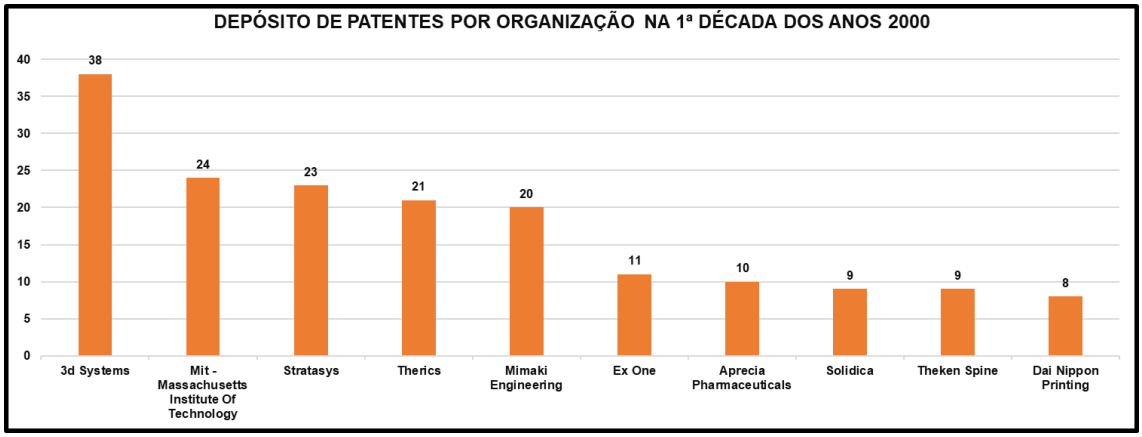
Figura 19 - Quantidade de publicações de artigos por ICT na 1ª década dos anos 2000.



Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados coletados no Scopus e tratados no software Microsoft Excel.

O gráfico da **Error! Reference source not found.** apresenta as Instituições de Ciência e Tecnologia (ICTs) com mais artigos publicados na primeira década do ano dois mil. O *Massachusetts Institute of Technology* continua liderando o *ranking* dos artigos, mas diferentemente da década anterior vem perdendo posições quando verificamos os resultados de patentes.

Figura 20 - Quantidade de patentes depositadas por organização na 1ª década dos anos 2000.



Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados coletados no Scopus e tratados no software Microsoft Excel.

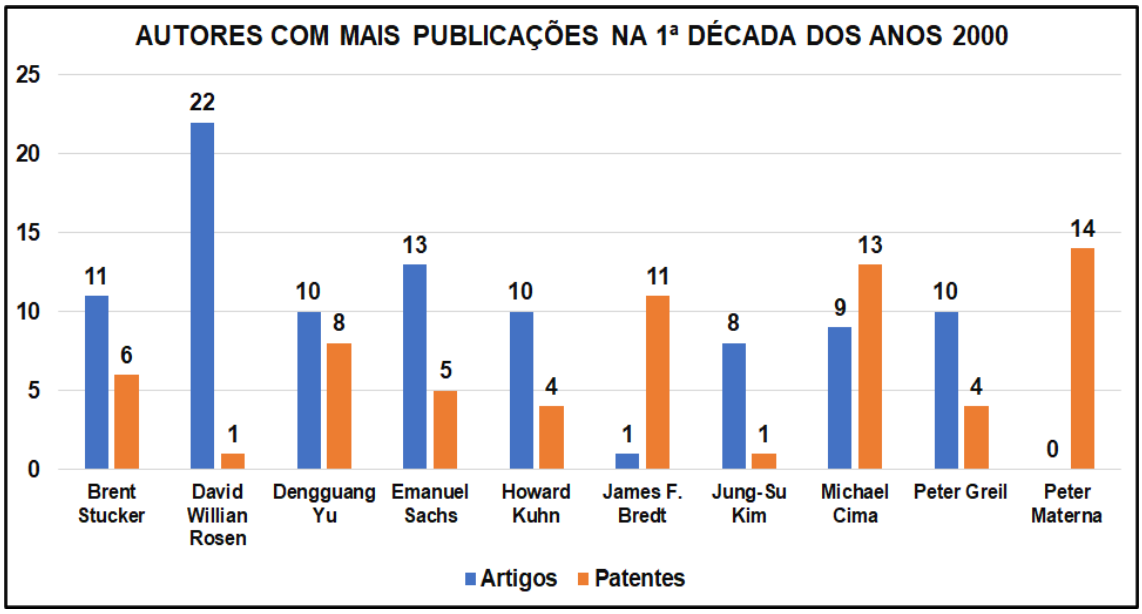
A representação gráfica da **Error! Reference source not found.** apresenta os principais depositantes de patentes no período de 2000 a 2009. A *3D Systems* ocupa a primeira colocação em depósitos de patentes com 38 títulos em segundo lugar o *Massachusetts Institute of Technology* com 24, em seguida a *Stratasys* com 23, a *Therics* com 21, a *ExOne* com 11, a *Aprecia* com 10, a *Solidica e Theken Spine* com 9.

A 3D Systems é considerada a primeira empresa de Impressão 3D do mundo, utilizando a estereolitografia é oriunda da pesquisa científica do *Massachusetts Institute of Technology*. A *Stratasys* foi a precursora da utilização da modelagem por fusão e deposição. A Therics com Impressão 3Dpor meio de partículas de polímero aquecidas sobre fluido e com tecnologia básica para a Impressão 3Dde líquidos, licenciada do MIT, para produção de produtos principalmente de aplicações médicas. A ExOne com desenvolvimento de tecnologia de impressão de metais. Aprecia Pharmaceuticals com desenvolvimento de manufatura farmacêutica. A Solidica com princípio de prototipagem rápida com deposição sequencial de material para construção de objeto consolidado sem derretimento do material a granel. A Theken Spine que foi um desdobramento da Therics.

Nesta década, observa-se o surgimento e aprimoramento das técnicas de impressão, os primeiros negócios especializados em Impressão 3Dcom fabricação e comercialização de máquinas e equipamentos, inclusive domésticas (MARTINS, 2017). Uma época que a tecnologia apresentou muitas publicações relacionada a sua existência e projeção para o futuro, nos primeiros dez anos dos anos 2000. Entretanto, nos resultados de busca de periódicos encontrou-se somente duas publicações: um artigo no ano de 2007 e outro em 2009 que investigaram o uso da impressão tridimensional para fabricar materiais celulares metálicos a partir da impressão seletiva de ligante em uma base de pó cerâmico de óxido de metal. (WILLIAMS; ROSEN, 2007).

Um dos autores do artigo em menção, David William Rosen, compõe a equipe de inventores de um método de criação de dispositivos utilizando estereolitografia cuja patente (WO2009123883) depositada na mesma época propunha um método de fabricação um dispositivo oftálmico que introduz um material fotocurável em um molde e também cria um modelo matemático digital em terceira dimensão definido de acordo com as necessidades corretivas do olho projetadas por padrões programados de luz ultravioleta de acordo com o molde. (ROSEN, 2008)

Figura 21 - Autores/Inventores com mais publicações de documentos científicos sobre manufatura aditiva e Impressão 3Dna 1ª década dos anos 2000.



Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados coletados no Scopus e tratados no software Microsoft Excel.

No que se refere à sincronização de autores que são inventores, diferentemente da década de 90, os primeiros dez anos dos anos 2000 verificamos uma expansão e diversificação de pesquisadores engajados na temática da impressão 3D. O gráfico da **Error! Reference source not found.** dá destaque para David Rosen, com 22 publicações de artigos, porém 1 depósito de patente e o Peter Materna com 14 patentes e nenhum artigo. O primeiro com vasta produção bibliográfica, porém produção tecnológica incipiente e o segundo com habilidade produtiva de engenharia, mercado e propriedade intelectual, mas sem produção acadêmica.

Alguns desse autores/inventores possuem coproduções com outros que têm ocorrência de destaque na década, como é o caso de Emanuel Sachs, Michel Cima e James Bredt do *Massachusetts Institute of Technology* e o Brent Stucker, que além das pesquisas com materiais metálicos possui coautoria com David Rosen em algumas publicações. O Jung-Su Kim vinculado ao *Korea Institute of Machinery & Materials* e pesquisa na área de resinas e polímeros. Peter Greil, da *Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg*, com trabalhos de vitroceramicas; Dengguang Yu do *Institute of Biological Sciences and Biotechnology, Donghua University*, Shanghai, na área de fármacos; Howard Kuhn, da *Exone Company*, com pesquisas na área de materiais cerâmicos (SCOPUS, 2019).

No início de 2000 com o crescimento das pesquisas, do desenvolvimento e do seu uso pela indústria, o termo Impressão 3Dse torna sinônimo de manufatura aditiva e engloba as tecnologias pertinentes. Anos depois, já no final da década em 2010, a Sociedade Americana para Ensaios e Materiais, redefiniu oficialmente por se tratar de um termo mais abrangente (MARQUES, 2014).

Este fato responde ao questionamento do início desta pesquisa, quando, a busca com booleano AND na base de dados não extraia resultados publicados antes da década de 90 e algumas poucas unidades partir de 1993. E ainda assim, com todo crescimento de publicações sobre o tema até 2009 o conector AND não expressou resultados condizentes com a realidade histórica como a busca os feitos com o conector OR.

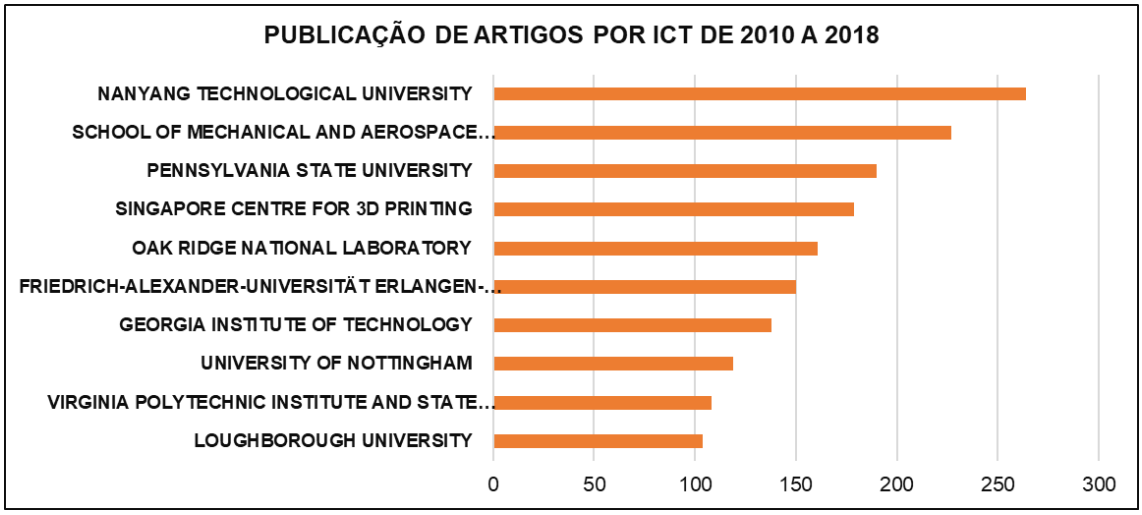
Este fato foi observado no decorrer do mapeamento, quando publicações sobre algumas informações tecnológicas só se revelaram com a busca das terminologias específicas relacionada aos processos, como por exemplo: Estereolitografia (SLA); Processamento de Luz Direta (DLP); Sinterização Seletiva a Laser (SLS); Sinterização Direta a Laser de Metal (MDLS) e outros já apresentados na **Error! Reference source not found.**.

Os dez primeiros anos dos anos 2000 demonstrou o amadurecimento da indústria pela apropriação dos conhecimentos tecnológicos da indústria 4.0 pela concretização e otimização de processos produtivos, da prototipagem rápida, da dispersão da produção cientifica e do consumo das tecnologias da Impressão 3Dpara além dos grandes centros econômicos mundiais. Ademais temos o fim das primeiras patentes de máquinas e processos que além do acirramento da concorrência mundial, permitiu a maior interação entre usuários e a tecnologia sempre ascendente.

Com o início da **segunda década dos anos dois mil** observa-se um crescimento exponencial das publicações, já apresentado na **Error! Reference source not found.** e nos gráficos que a sucede, que refletem além do salto tecnológico pelo desenvolvimento de novos materiais e da eletrônica. Nas publicações de 2010 a 2018 evidencia-se a ocorrência de processo de evolução e aprimoramento desde as descrições sobre prototipagem até o aperfeiçoamento da qualidade dos produtos de objetos tridimensionais (VOLPATO, 2007).

Um dos marcos do início da década foi a oficialização do termo impressão 3D, pela Sociedade Americana para Ensaios e Materiais, pois as técnicas ganharam um único corpo (metaforicamente) lhes permitiram ter identidade. Além disso, diversificou-se nos mais variados setores, não só na indústria, mas também nas organizações de menor porte, escolas e residências pelo uso e comercialização de impressoras pessoais (WOHLERS, 2012). Autores e inventores de vanguarda compunha o nicho dos *players* mundiais. (EZEIRUAKU, 2015).

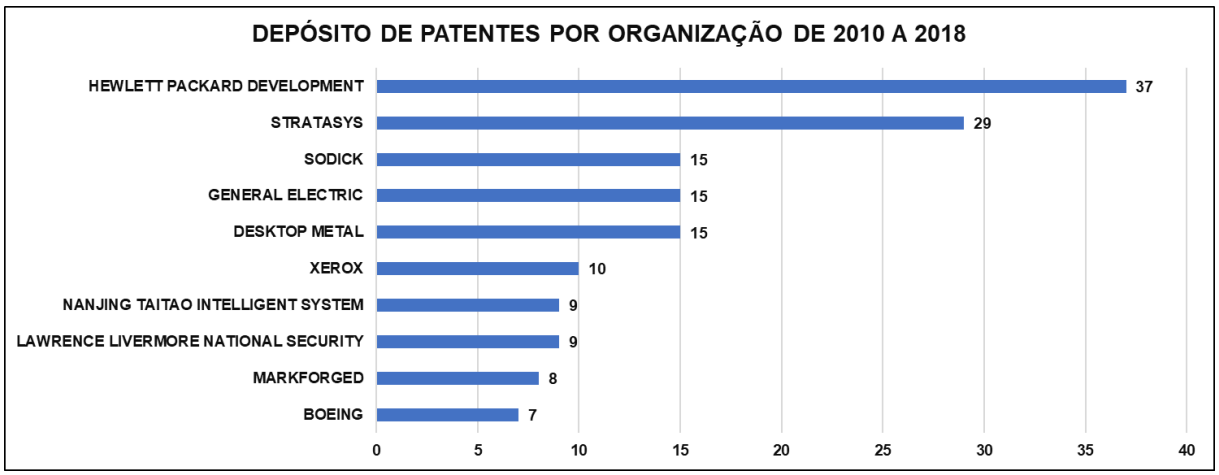
Figura 22- Quantidade de publicações de artigos por ICT de 2010 a 2018



Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados coletados no Scopus e tratados no software M. Excel

O gráfico da **Error! Reference source not found.** apresenta as Instituições de Ciência e Tecnologia (ICTs) com mais documentos publicados na segunda década do ano dois mil. Diferentemente das duas décadas anteriores o MIT não figura mais como líder no ranking de artigos. A primeira posição é da *Nanyang Technological University*, em Singapura com cerca de 264 publicações sobre impressão 3D. Neste cenário verificamos a expansão de ICTs asiáticas em desenvolvimento científico P&D como é o caso da *School of Mechanical and Aerospace Engineering* e *Singapore Centre for 3D Printing*. Os demais centros científicos são ICTs dos Estados Unidos, Inglaterra e Alemanha.

Figura 23- Quantidade de depósitos de patente por organização de 2010 a 2018

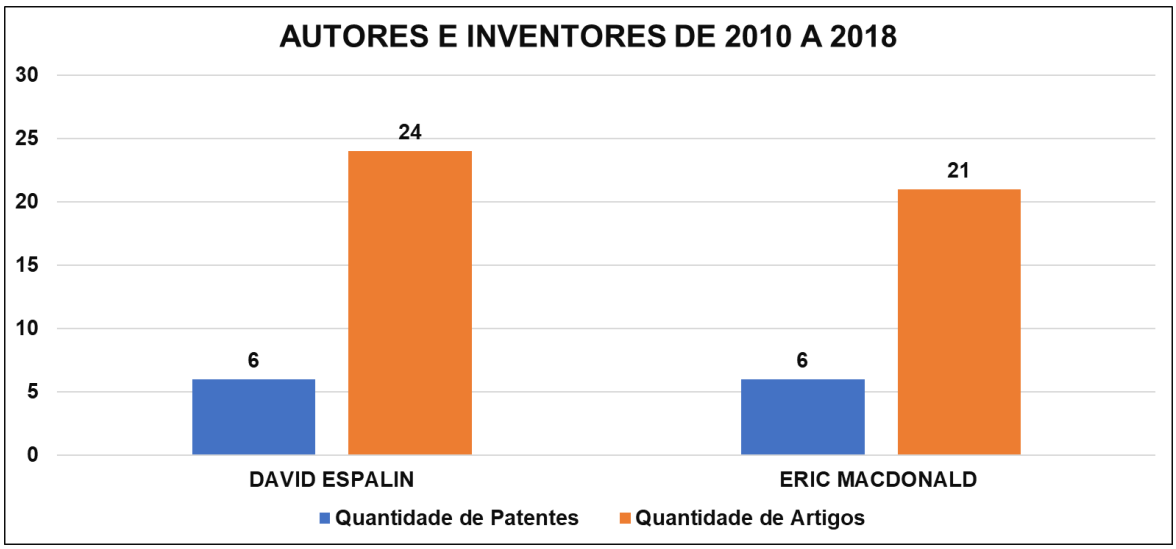


Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados coletados no Scopus e tratados no software M. Excel

No cenário tecnológico o gráfico apresenta os grandes players do mercado da manufatura aditiva nos últimos anos. A *Hewlett Packard Development* que figura como primeira no ranking, a *Stratasys* cujo fundador desenvolveu a tecnologia FDM ainda na década de 90, A Desktop Metal uma empresa americana que fabrica e comercializa sistemas de Impressão 3Dde metal e fibra de carbono, a General Electric por meio do núcleo de soluções e e consultoria de engenharia para diversos setores - GE Additive, a Sodick indústria japonesa de fabricação de maquinário para impressão de metais, a XEROX com tecnologia de metais líquidos, a companhia *Nanjing Taitao Intelligent Systemanjing* localizada em uma das maiores cidades com capacidade de inovação na China, o laboratório *Lawrence Livermore National Security* especializado em manufatura aditiva para projetos de aero espaciais. A *Markforged* equipamentos e softwares de inteligência artificial para impressão 3D. E por fim, a *Boeing* com projetos para aviação inclusive um que se destaca por ser base de dados para reposição de peças.

De acordo com os resultados exibidos pelas bases *Scopus e Orbit Intelligence,* os autores com mais publicações de artigos e os inventores com mais depósitos de patentes, estão vinculados às organizações da **Error! Reference source not found.** e da **Error! Reference source not found.** respectivamente, e não os que estão simultaneamente presentes **Error! Reference source not found.** nos dois *rankings.*

Figura 24-Autores/Inventores com mais publicações de documentos científicos sobre manufatura aditiva e impressão 3D



Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados coletados no Scopus e tratados no software M. Excel

Neste *interim*, na sincronização e autores e inventores só foi possível identificar dois pesquisadores que estavam presentes simultaneamente nos dois grupos. Eric Macdonald (24 artigos, 6 depósitos de patente) e David Espalin (21 artigos, 6 depósitos de patente), ambos vinculados à *University Of Texas System*, que é inclusive a ICT titular da primeira patente da tecnologia SLS Sinterização Seletiva a Laser. *(DECKARD, 1989)*.

A segunda década dos anos dois mil é o período que se observa a ampla divulgação da impressão 3D, não só pelas publicações científicas, que revelam mais de 95% do total de artigos e patentes ao longo do tempo, mas também com alguns indicadores de maturidade tecnológica e mercado (GARTNER, 2015).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mapeamento sobre a Impressão 3D permitiu uma o entendimento sobre a construção histórica da tecnologia e suas aplicações. A análise preliminar dos dados impulsionou a categorização por décadas para permitir a análise de todas as fases do surgimento e do desenvolvimento de uma tecnologia. A partir destes resultados foi possível identificar o caminho da inovação de variados processos referentes à Impressão 3De os principais clusters de Ciência Tecnologia e Inovação.

O artigo apresentou o cenário das publicações nos períodos de 1990 a 1999, de 2000 à 2009 e de 2010 à 2018. O mapeamento da evolução histórica permitiu compreender a importância que o trabalho de pesquisa científica consciente e voltado para inovação é capaz de permitir que o desenvolvimento aconteça.

A primeira década da análise foi marcada pela estruturação das tecnologias e desenvolvimentos de novos métodos. Este cenário se estruturou primeiramente no ambiente acadêmico, o qual podemos afirmar metaforicamente como berço da tecnologia, principalmente encabeçado pelos pesquisadores do *Massachusetts Institute of Technology.*

A segunda década avaliada observou-se que o cenário tecnológico se expande. Apesar do *Massachusetts Institute of Technology* liderar pesquisas verificamos na análise dos artigos que a pesquisa se pulveriza em outros locais do mundo, principalmente Europa e Ásia. As primeiras grandes empresas

oriundas desse trabalho de base nas universidades se destacam, de acordo com os dados da base de patentes, como *players* nos *cluters* de inovação mundiais determinados pela concorrência mercadológica.

O terceiro período confirmou que as tecnologias de Impressão 3Destão cada vez mais refinadas e associadas à outras tecnologias para melhoramento de gestão de fabricas inteligentes, procedimentos mais criteriosos e maquinário de alto aperfeiçoamento. Além da indústria, a popularização da Impressão 3Dem pequenas, médias e microempresas, no uso domésticos e nos ambientes de formação e educação é respaldado pelo movimento *maker*. As universidades continuam produzindo pesquisas, mas também as grandes empresas globais de Impressão 3Dpelos seus centros de desenvolvimento e inovação.

Portanto, para além dos resultados obtidos na identificação de autores, inventores, instituições e *players* mundiais, foi possível a constatação de que a Impressão 3Dtem multipotencialidades que permitem contribuir para os novos modelos de uma inovação inclusiva.

7 REFERÊNCIAS

ANTUNES, A. M., PARREIRAS, M.A., V., QUINTELA, C. M., RIBEIRO, & M., N. (2018). Métodos de Prospecção Tecnológica, Inteligência Competitiva e Foresight: principais conceitos e técnica. 1.

ANTUNES, A. M., PARREIRAS, M.A., V., QUINTELA, C. M., RIBEIRO, & M., N. (2018). Métodos de Prospecção Tecnológica, Inteligência Competitiva e Foresight: principais conceitos e técnica. In: N. M. Ribeiro, Coleção PROFNIT - Prospecção Tecnológica (Vol. 1). IFBA.

ASHTON, W. B., & KLAVANS, R. (1997). Keeping abreast of science and technology: Technical Intelligence for Business. Battelle Press.

ASHTON, W. B., & KLAVANS, R. (1997). Keeping abreast of science and technology: Technical Intelligence for Business. Battelle Pr.

Banco Mundial. (17 de 10 de 2018). Brasil: O desfile mais estranho da história. Acesso em 20 de 08 de 2019, disponível em https://www.worldbank.org/pt/news/infographic/2018/10/17/brazil-the-strangest-parade-BRASIL. (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF. Fonte: Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988.

Clarivate Analytics. (2018). Research in Brazil: How does Brazilian research perform on certain key metrics? An overview of Brazilian research performance in recent years, Brasilia. Fonte: https://www.gov.br/capes/pt-br/centrais-de-conteudo/17012018-capes-incitesreport-final-pdf
DECKARD, C. R. (8 de 85 de 1989). Patente Nº US4944817.

DELOITTE. (2014). Industry 4.0 Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies. Acesso em 20 de 09 de 2018, disponível em http://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ch/Documents/manufacturing/

FIGUEIREDO, N. M. (1977). Biblioteconomia e bibliometria. In: . In: TÓPICOS MODERNOS EM BIBLIOTECONOMIA (pp. 17-25). Brasília: ABDF.

GEORGE, G., MCGAHAN, A. M., & PRABHU, J. (2012). Innovation for inclusive growth: Towards a theoretical framework and a research agenda. Journal of Management Studies, 49, pp. 661-683.

GEORGHIOU, L. (2009). The Handbook of Technology Foresight: Concepts and Practice. Edward Elgar Pub.
HEEKS. R., F. C. (2014). New models of inclusive innovation for development. Innovation and Development, 4(2). doi:https://doi.org/10.1080/2157930X.2014.928982

HERMANN, M., PENTEK, T., & OTTO, B. (2015). Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review. Fonte: http://www.snom.mb.tu-dortmund.de/cms/de/forschung/Arbeitsberichte/Design-Principles-for-Industrie-4_0-Scenarios.pdf

LÉVY, P. (1998). A Inteligência Coletiva: por uma antropologia do ciberespaço. São Paulo: Edições: Loyola.

LUNARDI, G. M. (2020). DIREITOS HUMANOS E DESIGUALDADE SOCIAL NA DESIGUALDADE SOCIAL NA ECONOMIA DA INOVAÇÃO . Revista Humanidades e Inovação, 7. Fonte: https://revista.unitins.br/index.php/humanidadeseinovacao/article/view/3778

MAUTORT, R. (1983). Ambivalence of technological information. Int. Forum Inf. DOC, 8, 33-35.

MOURA, A. M. (2009). A Interação Entre Artigos e Patentes: um estudo cientométrico da comunicação científica e tecnológica em Biotecnologia. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Biblioteconomia e Comunicação, Programa de Pós-Graduação em Comunicação e Informação. Acesso em 2019 de 08 de 2018, disponível em https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/18561/000715088.pdf?...1
OECD. (2005). DIRETRIZES PARA COLETA E INTERPRETAÇÃO DE DADOS SOBRE INOVAÇÃO. MANUAL DE OSLO(Terceira edição). (F. -F. Projetos, Trad.) . Acesso em 2018 de 08 de 02, disponível em

https://antigo.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/indicadores/detalhe/Manuais/OCDE-Manual-de-Oslo-3-edicao-em-portugues.pdf
Our Word in Data. (2019). Our Word in Data. Acesso em 4 de 12 de 2020, disponível em Our Word in Data: https://ourworldindata.org/
PIKETTY, T. (2014). O capital no século XXI. Rio de Janeiro: Intrínseca.
PIÑERO, J. L. (1972). El análisis estatístico y sociométrico de la literatura científica. Valencia: Facultad de Medicina.

ROAM, D. (2012). Desenhando negócios: como desenvolver ideias com o pensamento visual e vencer nos negócios. Rio de Janeiro: Elsevier.

SANTOS, R. N. (2003). Produção Científica: por que medir? O que medir? Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação, 1. Fonte: https://brapci.inf.br/index.php/res/v/39961

SCOPUS. (2019). SCOPUS (Elsevier). Acesso em 03 de 08 de 2019, disponível em SCOPUS: www.scopus.com.
Seo-Zindy, R., & Heeks, R. (2017). Researching the emergence of 3D printing, makerspaces, hackerspaces and fablabs in the global south: A scoping review and research agenda on digital innovation and fabrication networks. The Electronic Journal of Information Systems in Developing Countries, pp. 1-24. doi:https://doi.org/10.1002/j.1681-4835.2017.tb00589.x
Smith, A., Fressoli, M., Abrol, D., Arond, E., & Ely, A. (2017). Grassroots Innovation Movements.

SOUZA, J. G., & SPINOLA, N. D. (04 de 2017). MEDIDAS DO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO. Revista de Desenvolvimento Econômico – RDE, 1, pp. 78 – 113. doi:DOI: http://dx.doi.org/10.21452/rde.v1i36.4697

Universidade Cornell, INSEAD e OMPI. (2019). Global Innovation Index. Ithaca, Fontainebleau e Genebra. Acesso em 15 de 12 de 2019, disponível em https://www.globalinnovationindex.org/userfiles/file/reportpdf/GII%202019-Portugese_14.pdf
World Bank Group. (2019). Word Development Report. Fonte: https://documents1.worldbank.org/curated/en/816281518818814423/pdf/2019-WDR-Report.pdf

BOURELL, L. D. et al. A Brief History of Additive Manufacturing and the 2009 Roadmap for Additive Manufacturing: Looking Back and Looking Ahead. RapidTech 2009: US-TURKEY Workshop on Rapid Technologies, Istanbul, 24 setembro 2009. 7.

HULL, Charles W. Apparatus for production of three-dimensional objects by stereolithography. US4575330. Depósito: 08.08.1984. Concessão: 3 de nov. de 1996.

HULL, Charles William; Lewis, Charles William Van Nuys; Freed, Raymond Samuel; Spence, Stuart Thomas; Vinson, Wayne Allan; Smalley, Dennis Rollette. Stereolithographic curl reduction. EP0362982 Depósito: 17.04.1989. Concessão: 26 de mar. de 1997.

SCOPUS (Elsevier). Disponível em:www.scopus.com. Acesso em: 03. de agosto de 2019.

KRUTH, J.-P.; LEU, M. C.; NAKAGAWA, T. Progress in additive manufacturing and rapid prototyping. CIRP Annals - Manufacturing Technology, v. 47, n. 1, p. 525-540, 1998.

ANDERSON, Chris. A nova revolução industrial: Makers. Tradução: Afonso Celso da Cunha Serra. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

BRANCO, Sérgio. Prefácio. In:MAGRANI, Eduardo. Entre dados e robôs: ética e privacidade na era da hiperconectividade. 2ª. edição. Porto Alegre: Arquipélago Editorial, 2019.

BOURELL DL, Beaman JB, Leu MC, Rosen DW. A brief history of additive manufacturing and the 2009 roadmap for additive manufacturing: looking back and looking ahead. In: US-Turkey workshop on rapid technologies. 2009.

BROOKING, Annie. Intellectual Capital: Core Asset for the Third Millennium Enterprise. Boston: Thomson Publishing Inc, 1996.

DAY, P. BBC News. Will 3D printing revolutionise manufacturing?, 2011. Disponivel em: <http://www.bbc.co.uk/news/business-14282091>. Acessado em: 10 de dezembro de 2019.

DELOITTE. Industry 4.0 Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies. 24 de outubro de 2014. Disponível em: <http://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ch/Documents/manufacturing/ ch-en-manufacturing-industry-4-0-24102014.pdf>. Acessado em: 10 de dezembro de 2019.

EZEIRUAKU, S. (2015). Review of 3D Printing Technologies and Characterization of MakerBot Replicator Desktop 3D Printer.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO (FIRJAN). Panorama da Inovação - Indústria 4.0. Publicações FIRJAN: Cadernos SENAI de Inovação, 2016.
GEORGE, Gerard; MCGAHAN, Anita M.; PRABHU, Jaideep. Innovation for inclusive growth: Towards a theoretical framework and a research agenda. Journal of Management Studies, v. 49, n. 4, p. 661-683, 2012.

GLOBAL INNOVATION INDEX. “Global Innovation Index - 2019. ”. Disponível em: <www.globalinnovationindex.org/about-gii#reports> . Acessado em: 15 de dezembro de 2019.

GAO, W. et al.The Status, Challenges, and Future of Additive Manufacturing in Engineering. Computer-Aided Design. Vol. 69, Dez.2015, P.65-89. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0010448515000469?casa_token=UtuoMR9F8x8AAAAA:jwXhURkfVyeyUI52v3m2LkYHZUMzKIwa2oepUiF8Yul4cMVm1zEbzsiKHgLa51ZnhfmCVM-IZsy2>. Acessado em: 10 de janeiro de 2020.

HERMANN, M; PENTEK, T; OTTO, B. Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review. 2015. Disponível em: <http://www.snom.mb.tu-dortmund.de/cms/de/forschung/Arbeitsberichte/Design-Principles-for-Industrie-4_0-Scenarios.pdf>. Acessado em: 10 de dezembro de 2019.

KRUTH, et al. Progress in additive manufacturing and rapid prototyping. CIRP Annals - Manufacturing Technology, v. 47, n. 1, p. 525-540, 1998. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0007850607632405>. Acessado em: 10 de janeiro de 2020.
LAVILLE, Christian ; DIONNE, Jean. A construção do saber: manual de metodologia da pesquisa em Ciências humanas. Trad. Heloísa Monteiro e Francisco Settineri. Porto Alegre: Artmed; Belo Horizonte: Editora UFMG, 1999.

LAKATOS, Eva Maria. Fundamentos de metodologia científica. Marina de Andrade Marconi, Eva. Maria Lakatos. - 5. ed. - São Paulo : Atlas 2003

LÉVY, Pierre. A Inteligência Coletiva: por uma antropologia do ciberespaço, São Paulo: Edições Loyola, 1998.

ILIESCU M., Tabeshfar K., Ighigeanu A. & , Dobrescu G., 2009. Importance of rapid prototyping to product design. U.P.B. Sci Bull Series D, 71(2).

MAGRANI, Eduardo. Entre dados e robôs: ética e privacidade na era da hiperconectividade. 2ª. edição. Porto Alegre: Arquipélago Editorial, 2019.

MARQUES, K. Manufatura aditiva: o futuro do mercado industrial de fabricação e inovação. EESC- Escola de Engenharia de São Carlos, USP-Universidade de São Paulo, 2014.

MARTINS, V. H. C. (2017) ‘Impressão 3D: uma abordagem de produção mais limpa?’. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) – Universidade do Minho, Guimarães/PT. Disponível em: <https://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/46577> Acessado em: 20 de dezembro de 2019.

MONTEIRO, M. T. F. (2015). A impressão 3d no meio produtivo e o design: um estudo na fabricação de joias. Dissertação (Mestrado em Design) – UEMG, Belo Horizonte. Disponível em: http://anapaulanasta.com/wp-content/uploads/2015/09/Disserta%C3%A7%C3%A3o-Marco-T%C3%BAlio-Ferreira-Monteiro.pdf. Acessado em: 20 de dezembro de 2019.

PHAM, D. T., & GAULT, R. S. (1998). A comparison of rapid prototyping technologies. International Journal of Machine Tools and Manufacture, 38, 1257–1287. Disponível em: http://doi.org/10.1016/S0890-6955(97)00137-5 Acessado em: 20 de dezembro de 2018.

RELVAS, Carlos. 2018. O Mundo da Impressão 3D e o Fabrico Digital. Engebook

SANTAELLA , Lucia Comunicação e pesquisa: projetos para mestrado e doutorado. São Paulo: Hacker Editores, 2001,

SCHUMPETER,J.A. A teoria do desenvolvimento econômico. São Paulo: Nova Cultural, 1988.

SCHWAB, Klaus. A Quarta Revolução Industrial. 1ª. edição. São Paulo: Edipro. 2016.

STEWART, T. A. Capital intelectual – A nova vantagem competitiva das empresas. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

TAKAGAKI, L. K. CAPÍTULO 3. Tecnologia de Impressão 3D. Revista Inovação Tecnológica, São Paulo, v. 2, n. 2, p. 28 - 40, dez 2012.

VIEIRA, Érica Pinheiro. Produção digital de maquetes arquitetônicas: um estudo exploratório / Érica Pinheiro Vieira.--Campinas, SP: [s.n.], 2

ANTUNES, A. M., PARREIRAS, M.A., V., QUINTELA, C. M., RIBEIRO, & M., N. (2018). Métodos de Prospecção Tecnológica, Inteligência Competitiva e Foresight: principais conceitos e técnica. 1.

ANTUNES, A. M., PARREIRAS, M.A., V., QUINTELA, C. M., RIBEIRO, & M., N. (2018). Métodos de Prospecção Tecnológica, Inteligência Competitiva e Foresight: principais conceitos e técnica. In: N. M. Ribeiro, Coleção PROFNIT - Prospecção Tecnológica (Vol. 1). IFBA.

ASHTON, W. B., & KLAVANS, R. (1997). Keeping abreast of science and technology: Technical Intelligence for Business. Battelle Press.
ASHTON, W. B., & KLAVANS, R. (1997). Keeping abreast of science and technology: Technical Intelligence for Business. Battelle Pr.
Banco Mundial. (17 de 10 de 2018). Brasil: O desfile mais estranho da história. Acesso em 20 de 08 de 2019, disponível em https://www.worldbank.org/pt/news/infographic/2018/10/17/brazil-the-strangest-parade-

BRASIL. (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF. Fonte: Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988.

Clarivate Analytics. (2018). Research in Brazil: How does Brazilian research perform on certain key metrics? An overview of Brazilian research performance in recent years, Brasilia. Fonte: https://www.gov.br/capes/pt-br/centrais-de-conteudo/17012018-capes-incitesreport-final-pdf

DECKARD, C. R. (8 de 85 de 1989). Patente Nº US4944817.

DELOITTE. (2014). Industry 4.0 Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies. Acesso em 20 de 09 de 2018, disponível em http://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ch/Documents/manufacturing/

FIGUEIREDO, N. M. (1977). Biblioteconomia e bibliometria. In: . In: TÓPICOS MODERNOS EM BIBLIOTECONOMIA (pp. 17-25). Brasília: ABDF.

GEORGE, G., MCGAHAN, A. M., & PRABHU, J. (2012). Innovation for inclusive growth: Towards a theoretical framework and a research agenda. Journal of Management Studies, 49, pp. 661-683.
GEORGHIOU, L. (2009). The Handbook of Technology Foresight: Concepts and Practice. Edward Elgar Pub.

HEEKS. R., F. C. (2014). New models of inclusive innovation for development. Innovation and Development, 4(2). doi:https://doi.org/10.1080/2157930X.2014.928982

HERMANN, M., PENTEK, T., & OTTO, B. (2015). Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review. Fonte: http://www.snom.mb.tu-dortmund.de/cms/de/forschung/Arbeitsberichte/Design-Principles-for-Industrie-4_0-Scenarios.pdf

LÉVY, P. (1998). A Inteligência Coletiva: por uma antropologia do ciberespaço. São Paulo: Edições: Loyola.

LUNARDI, G. M. (2020). DIREITOS HUMANOS E DESIGUALDADE SOCIAL NA DESIGUALDADE SOCIAL NA ECONOMIA DA INOVAÇÃO . Revista Humanidades e Inovação, 7. Fonte: https://revista.unitins.br/index.php/humanidadeseinovacao/article/view/3778

MAUTORT, R. (1983). Ambivalence of technological information. Int. Forum Inf. DOC, 8, 33-35.

MOURA, A. M. (2009). A Interação Entre Artigos e Patentes: um estudo cientométrico da comunicação científica e tecnológica em Biotecnologia. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Biblioteconomia e Comunicação, Programa de Pós-Graduação em Comunicação e Informação. Acesso em 2019 de 08 de 2018, disponível em https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/18561/000715088.pdf?...1

OECD. (2005). DIRETRIZES PARA COLETA E INTERPRETAÇÃO DE DADOS SOBRE INOVAÇÃO. MANUAL DE OSLO(Terceira edição). (F. -F. Projetos, Trad.) . Acesso em 2018 de 08 de 02, disponível em https://antigo.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/indicadores/detalhe/Manuais/OCDE-Manual-de-Oslo-3-edicao-em-portugues.pdf

Our Word in Data. (2019). Our Word in Data. Acesso em 4 de 12 de 2020, disponível em Our Word in Data: https://ourworldindata.org/

PIKETTY, T. (2014). O capital no século XXI. Rio de Janeiro: Intrínseca.

PIÑERO, J. L. (1972). El análisis estatístico y sociométrico de la literatura científica. Valencia: Facultad de Medicina.

ROAM, D. (2012). Desenhando negócios: como desenvolver ideias com o pensamento visual e vencer nos negócios. Rio de Janeiro: Elsevier.

SANTOS, R. N. (2003). Produção Científica: por que medir? O que medir? Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação, 1. Fonte: https://brapci.inf.br/index.php/res/v/39961

SCOPUS. (2019). SCOPUS (Elsevier). Acesso em 03 de 08 de 2019, disponível em SCOPUS: www.scopus.com.
Seo-Zindy, R., & Heeks, R. (2017). Researching the emergence of 3D printing, makerspaces, hackerspaces and fablabs in the global south: A scoping review and research agenda on digital innovation and fabrication networks. The Electronic Journal of Information Systems in Developing Countries, pp. 1-24. doi:https://doi.org/10.1002/j.1681-4835.2017.tb00589.x
Smith, A., Fressoli, M., Abrol, D., Arond, E., & Ely, A. (2017). Grassroots Innovation Movements.

SOUZA, J. G., & SPINOLA, N. D. (04 de 2017). MEDIDAS DO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO. Revista de Desenvolvimento Econômico – RDE, 1, pp. 78 – 113. doi:DOI: http://dx.doi.org/10.21452/rde.v1i36.4697

Universidade Cornell, INSEAD e OMPI. (2019). Global Innovation Index. Ithaca, Fontainebleau e Genebra. Acesso em 15 de 12 de 2019, disponível em https://www.globalinnovationindex.org/userfiles/file/reportpdf/GII%202019-Portugese_14.pdf
World Bank Group. (2019). Word Development Report. Fonte: https://documents1.worldbank.org/curated/en/816281518818814423/pdf/2019-WDR-Report.pdf

3. TERCEIRO CAPÍTULO - BASE DE DADOS TÉCNICO-CIENTÍFICA (*3dprint-stechmap)*

Segundo Quadros (2005) muitos pesquisadores têm buscado maneiras mais acessíveis de disponibilizar dado científicos, para que informações requisitadas possam ser encontradas com mais precisão e em pouco tempo como forma de facilitar a geração de conhecimento.

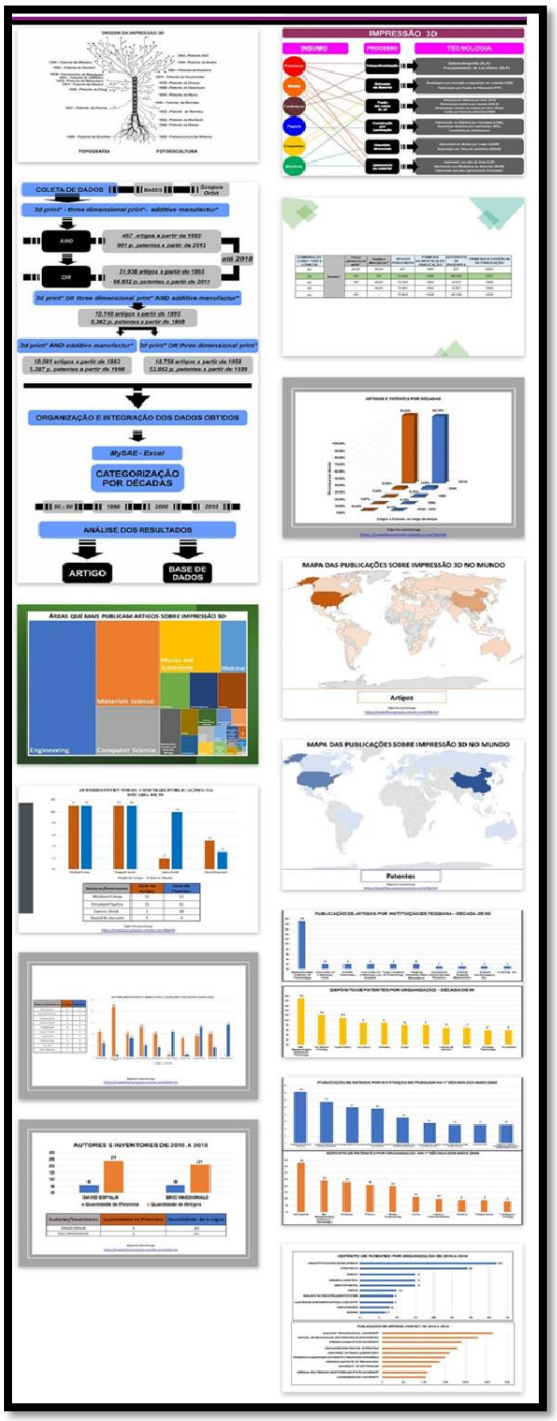
A partir deste pressuposto e tendo em vista o objetivo desta pesquisa, que é a difusão de informações relacionadas a impressão 3D, por meio dos resultados do mapeamento da evolução histórica, cientifica e tecnológica apresentadas no capítulo anterior, criou-se um base de dados técnico-cientifica em meio eletrônico, cuja representação pode ser apreciada na Figura 25.

Figura 25- Site da base de dados 3dprint-histechmap

Fonte: Elaborado pelos autores

O banco de dados *3dprint-stechmap* (SAMPAIO; CARDOSO, 2021) é um site criado para publicar dados oriundos do mapeamento histórico, científico e tecnológico da impressão 3d com o intuito de auxiliar pesquisas e apoiar diretrizes e estudos de inteligência competitiva nas áreas da impressão 3D. Pode ser acessado no endereço: https://isabellassampaio.wixsite.com/3dprint.

Figura 26 - Telas que dão acesso às planilhas



Fonte: Elaborado pelos autores

Na

Figura 26 observa-se a disposição das imagens *com links* onde foram publicados os dados extraídos de publicações científicas e tecnológicas (artigos e patentes) sobre a origem da impressão 3D e seu desenvolvimento ao logo do tempo, a partir dos recortes gráficos representados.

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
Mestrado em Propriedade Intelectual e
Transferência de Tecnologia para a Inovação

3dprint-stechmap

A história da impressão 3D pela ótica da ciência e da tecnologia.

BASE DE DADOS TÉCNICO-CIENTÍFICA SOBRE MAPEAMENTO HISTÓRICO, CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO DA IMPRESSÃO 3D

Isabella Sampaio Santos

https://isabellassampaio.wixsite.com/3dprint

Prof.Dr. Hugo Saba - Orientador
(PROFNIT-UFBA)

2021

Áreas

Áreas Publicações de Artigos	Quantidade de Artigos
Engineering	19.714
Materials Science	12.066
Computer Science	6.918
Physics and Astronomy	6.851
Medicine	2.896
Mathematics	2.374
Chemical Engineering	2.307
Chemistry	2.270
Biochemistry, Genetics and Molecular Biology	2.164
Energy	993
Social Sciences	737
Business, Management and Accounting	716
Environmental Science	569
Multidisciplinary	547
Earth and Planetary Sciences	520
Dentistry	440
Decision Sciences	433
Pharmacology, Toxicology and Pharmaceutics	382
Agricultural and Biological Sciences	339
Arts and Humanities	224
Health Professions	203
Neuroscience	189
Immunology and Microbiology	156
Economics, Econometrics and Finance	60
Psychology	48
Veterinary	38
Nursing	31
	64.185

Áreas Publicações de Artigos 50-70	Quantidade de Artigos 50-70
Engineering	8
Chemical Engineering	3
Chemistry	3
Energy	2
Materials Science	2
Agricultural and Biological Sciences	1
Environmental Science	1
Immunology and Microbiology	1
Medicine	1

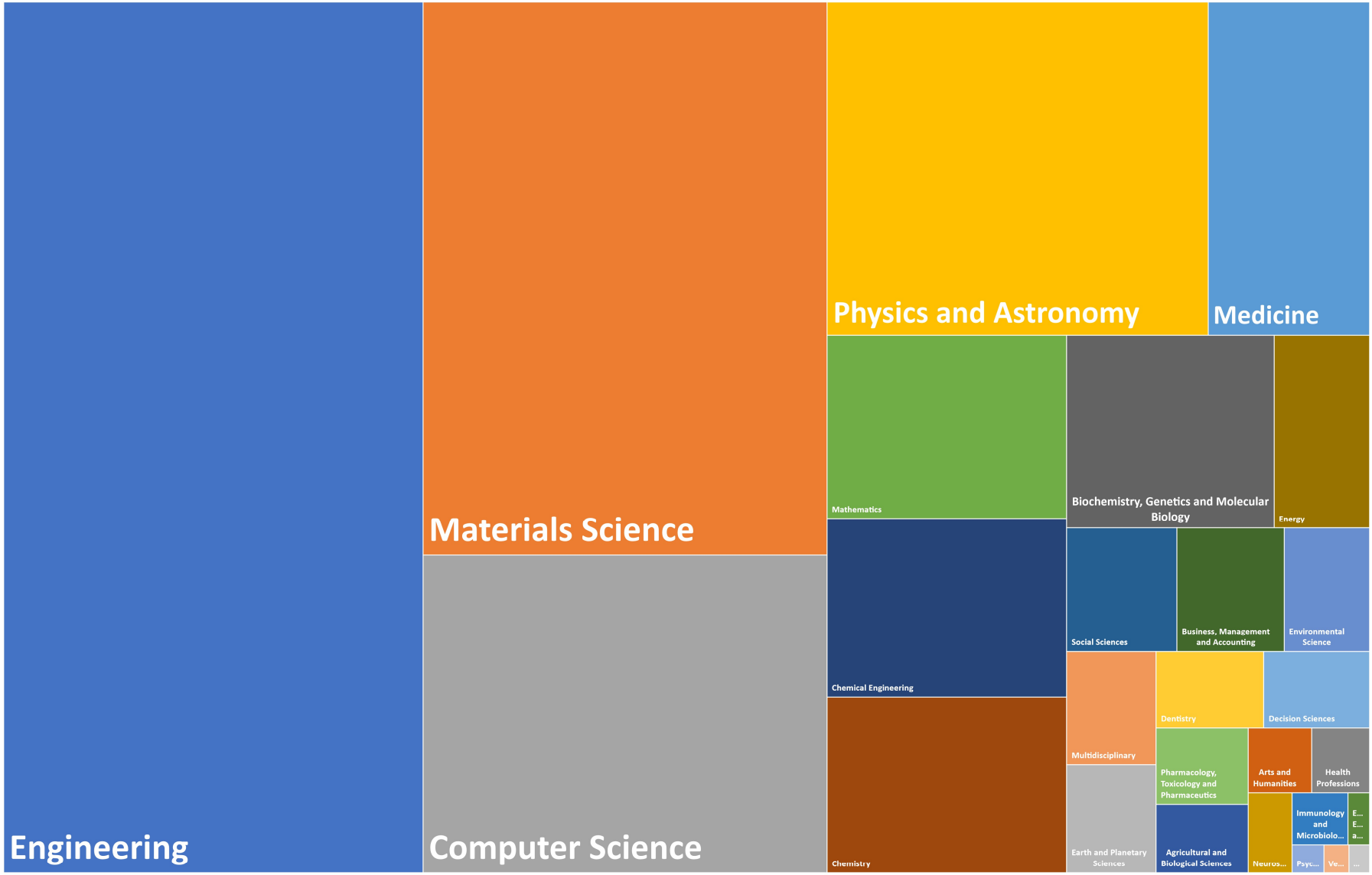
Áreas Publicações de Artigos Década de 80	Quantidade de Artigos Década de 80
Engineering	17
Materials Science	4
Environmental Science	2
Medicine	2
Chemical Engineering	1
Chemistry	1
Energy	1
Nursing	1

Áreas Publicações de Artigos Década de 90	Quantidade de Artigos Década de 90
Engineering	46
Materials Science	22
Computer Science	16
Physics and Astronomy	15
Chemistry	8
Chemical Engineering	6
Environmental Science	6
Mathematics	5
Pharmacology, Toxicology and Pharmaceutics	4
Energy	3
Medicine	3
Biochemistry, Genetics and Molecular Biology	2
Agricultural and Biological Sciences	1
Business, Management and Accounting	1
Decision Sciences	1
Earth and Planetary Sciences	1
Immunology and Microbiology	1
Multidisciplinary	1

Áreas Publicações de Artigos 1ª Década de 2000	Quantidade de Artigos 1ª Década de 2000
Engineering	506
Materials Science	336
Physics and Astronomy	190
Computer Science	154
Chemical Engineering	70
Biochemistry, Genetics and Molecular Biology	48
Medicine	46
Chemistry	43
Mathematics	34
Business, Management and Accounting	24
Environmental Science	15
Pharmacology, Toxicology and Pharmaceutics	13
Earth and Planetary Sciences	10
Energy	8
Dentistry	7
Multidisciplinary	7
Social Sciences	6
Arts and Humanities	5
Health Professions	4
Agricultural and Biological Sciences	3
Decision Sciences	3
Economics, Econometrics and Finance	3
Neuroscience	1
Psychology	1

Áreas Publicações de Artigos 2010 - 2018	Quantidade de Artigos 2010 - 2018
Engineering	19.137
Materials Science	11.702
Computer Science	6.748
Physics and Astronomy	6.646
Medicine	2.844
Mathematics	2.335
Chemical Engineering	2.227
Chemistry	2.215
Biochemistry, Genetics and Molecular Biology	2.114
Energy	979
Social Sciences	731
Business, Management and Accounting	691
Environmental Science	545
Multidisciplinary	539
Earth and Planetary Sciences	509
Dentistry	433
Decision Sciences	429
Pharmacology, Toxicology and Pharmaceutics	365
Agricultural and Biological Sciences	334
Arts and Humanities	219
Health Professions	199
Neuroscience	188
Immunology and Microbiology	154
Economics, Econometrics and Finance	57
Psychology	47
Veterinary	38
Nursing	30
Undefined	2

ÁREAS QUE MAIS PUBLICAM ARTIGOS SOBRE IMPRESSÃO 3D



Áreas

1ª Década de 2000

Autores com mais publicações de Artigos 1ª Década de 2000	Quantidade de Artigos 1ª Década de 2000
Rosen, D.W.	22
Lipson, H.	13
Sachs, E.M.	13
Suwanprateeb, J.	12
Travitzky, N.	11
Greil, P.	10
Kuhn, H.A.	10
Leukers, B.	10
Sachs, E.	10
Stucker, B.E.	10
Yu, D.G.	10
Cima, M.J.	9
Lee, M.C.	9
Pinkerton, A.J.	9
Williams, C.B.	9
Godlinski, D.	8
Irsen, S.H.	8
Kim, J.S.	8
Li, L.	8
Seitz, H.	8
Yang, X.L.	8
Allen, S.M.	7
Branford-White, C.	7
De Beer, N.	7
Dimitrov, D.	7
Janaki Ram, G.D.	7
Melcher, R.	7
Sears, J.W.	7
Tille, C.	7
Yang, Y.	7
Zhu, L.M.	7
Kim, D.S.	6
Liu, J.	6

Inventores com mais Depósitos de Patentes 1ª Década de 2000
MATERNA PETER A.
ONO NOBUYUKI
SEKI KAZUTOMO
Bredt JAMES F.
Bredt, JAMES, F.
Cima MICHAEL J.
GAYLO CHRISTOPHER M.
GAYLO, CHRISTOPHER, M.
MATERNA, PETER, A.
WHITE DAWN
BRADBURY THOMAS J.
TEGREENE CLARENCE T.
TEZUKA CHIKAO
WOOD, JR. LOWELL L.
Bredt, JAMES F.
Cima, MICHAEL, J.
GOTHAIT HANAN
GOTHAIT, HANAN
HANAN GOTHAIT
KRITCHMAN ELIAHU M.
NAKAMURA SADASHI
RUSSELL DAVID B.
WEST THOMAS GEORGE
Yoo JAEDEOK
Yoo, JAEDEOK
Yu DENGGUANGDENGGUANG
ABE SATORU
ABE, SATOSHI
Cima, MICHAEL J.
HARAZONO BUNICHI
Stucker, B.
Greil
Kim, J.S.

Mistree, F.	6
Petzoldt, F.	6
Schreve, K.	6
Beckmann, F.	5
Gbureck, U.	5
Huson, D.	5
Kovacevic, R.	5
Lee, W.H.	5
Mansikkamäki, P.	5
Müller, B.	5
Simchi, A.	5
Sun, W.	5
Yin, X.	5
Alkhader, M.	4
Anderson, R.	4
Barralet, J.E.	4
Carreño-Morelli, E.	4
Choi, J.	4
Chua, C.K.	4
Danelson, K.A.	4
Eliaz, N.	4
Grunert, R.	4
Hedges, M.	4
Hong, S.B.	4
Hu, D.	4
Kelly, S.M.	4
Latanision, R.M.	4
Leu, M.C.	4
Li, X.Y.	4
Lin, F.	4
Lozo, B.	4
Lyons, B.	4
Mäntysalo, M.	4
Pohl, H.	4
Savastano, D.	4
Sears, J.	4

Smurov, I.	4
Stitzel, J.D.	4
Storti, D.	4
Suwanpreuk, W.	4
Vacanti, J.P.	4
Van Wijck, W.	4
Vural, M.	4
Walters, P.	4
Weber, S.	4
Webster, T.J.	4
Yang, X.	4
Ackelid, U.	3
Allen, S.	3
Arcella, F.G.	3
Balc, N.	3
Berce, P.	3
Bons, J.P.	3
Cheah, C.M.	3
Cima, M.	3
Crane, N.B.	3
Czernuszka, J.T.	3
Dalgarno, K.W.	3
Degistirici, O.	3
Dinca, V.	3
Dourandish, M.	3
Edirisinghe, M.J.	3
Farsari, M.	3
Fotakis, C.	3
Ganter, M.	3
Griffith, L.G.	3
Guimbretière, F.	3
Hackney, P.M.	3
Han, L.	3
Hao, L.	3
Harris, R.A.	3
Hodge, B.K.	3
Huang, B.	3
Iliescu, M.	3
Irlinger, F.	3
Jamnicki, S.	3
Karunakaran, K.P.	3

Kernan, B.D.	3
Kim, D.	3
Korb, W.	3
Kruth, J.P.	3
Kuhn, H.	3
Kwon, P.	3
Landers, R.G.	3
Leisk, G.G.	3
Leong, K.F.	3
Liu, H.	3
Liu, H.T.	3
Lueth, T.	3
Malone, E.	3
Markert, M.	3
Martinerie, S.	3
Marutani, Y.	3
McClain, S.T.	3
Mo, J.H.	3
Muck, T.	3
Pacurar, R.	3
Pushpa, V.	3
Renn, M.	3
Ritman, E.L.	3
Ruan, J.	3
Sanngam, R.	3
Shishkovsky, I.	3
Singh, R.	3
Sinha, A.	3
Soar, R.C.	3
Song, H.	3
Stampfl, J.	3
Stanić, M.	3
Svensson, M.	3
Vorndran, E.	3
Wang, H.R.	3
Wilkes, J.	3
Xu, H.	3
Yadroitsev, I.	3
Yan, Y.	3
Yaszemski, M.J.	3
Yu DENGGUANGDENGGUANG D.	3
Zheng, Q.	3
Adams, R.	2
Ahmad, Z.	2
Ahmed, K.	2
Akula, S.B.	2
Anderson, R.L.	2
Angstadt, D.C.	2
Arayici, Y.	2

Quantidade de Patentes 1ª Década de 2000
15
15
14
12
10
10
10
10
10
10
9
9
9
9
8
8
8
8
8
8
8
8
8
8
8
8
7
7
7
7
6
4
1

2ª Década de 2000

Autores com mais publicações de Artigos 2010 - 2018	Quantidade de Artigos 2010 - 2018	Inventores com mais Depósitos de Patentes 2010 - 2018	Quantidade de Patentes 2010 - 2018
Chua, C.K.	105	SU JIANQIANG	105
Kruth, J.P.	84	CHEN ZHENGSHI	78
Chen, Y.	78	HE YONGGANG	78
Gu, D.	74	LI DICHEN	72
Zhou, C.	73	SHI YUSHENG	66
Yeong, W.Y.	72	LU BINGHENG	65
Li, D.	70	ZHOU HONGZHI	60
Williams, C.B.	68	YANG YONGQIANG	59
Babu, S.S.	67	MIRONETS SERGEY	58
Calignano, F.	64	FU JIANZHONG	57
Masood, S.H.	63	BATCHELDER J. SAMUEL	51
Tuck, C.	63	LIU YANG	49
Wicker, R.B.	62	LIU BIN	47
Singh, R.	61	CENG XIAOYAN	46
Leu, M.C.	60	LIU WEI	44
Manfredi, D.	59	MIRONETS, SERGEY	43
Schmidt, M.	57	KOTTILINGAM SRIKANTH CHANDRUDU	42
Cho, D.W.	56	GUO CHAO	41
Rosen, D.W.	56	LI GUANGSHENG	41
Tentzeris, M.M.	56	MAMRAK JUSTIN	41
Wei, J.	53	MAMRAK, JUSTIN	41
Shi, Y.	52	SWANSON WILLIAM J.	40
Hague, R.	50	YANG JIQUAN	40
Körner, C.	50	ZHANG LEI	40
Ashcroft, I.	48	HE YONG	39
Yang, Y.	47	CHENG JINZE	36
Zadpoor, A.A.	47	HERZOG FRANK	36
Chou, K.	46	ZHAO JI	36
Kunc, V.	45	REDDING MACKENZIE RYAN	35
Espalin, D.	43		
Lewis, J.A.	42		
Wang, D.	42		
Wegener, K.	42		

Emmelmann, C.	41
Fino, P.	41
Lin, X.	41
Dai, D.	40
Drummer, D.	40
Elahinia, M.	40
Brandt, M.	39
Pedersen, D.B.	39
Wicker, R.	39
Dehoff, R.R.	38
Pearce, J.M.	38
Stucker, B.	38
Wei, Q.	38
Akinlabi, E.T.	37
He, Y.	37
Tor, S.B.	37
Furukawa, H.	36
Hutmacher, D.W.	36
Liou, F.	36
Pan, Y.	36
Simpson, T.W.	36
Stampfl, J.	36
MacDonald, E.	35
Matusik, W.	35
Murr, L.E.	35
Van Humbeeck, J.	35
Wildman, R.	35
Yan, C.	35
Zeng, X.	35
Medina, F.	34
Straub, J.	34
Bandyopadhyay, A.	33
Bi, G.	33
Biamino, S.	33
Eckert, J.	33
Moon, S.K.	33

Chahal, P.	32
Ding, J.	32
Franke, J.	32
Qi, H.J.	32
Shim, J.H.	32
Xin, H.	32
Zhang, L.G.	32
An, J.	31
Fu, J.	31
Leong, K.F.	31
Mahamood, R.M.	31
Michaleris, P.	31
Shea, K.	31
Li, H.	30
Niendorf, T.	30
Pal, D.	30
Toyserkani, E.	30
Weller, T.M.	30
Witt, G.	30
Ambrosio, E.P.	29
Dapino, M.J.	29
Hansen, H.N.	29
Hopkinson, N.	29
Kawakami, M.	29
Lorusso, M.	29
Lueth, T.C.	29
Meiners, W.	29
Seitz, H.	29
Wildman, R.D.	29
Yadroitsev, I.	29
Zhao, Y.F.	29
Dickens, P.	28
Nassar, A.R.	28
Poprawe, R.	28
Reutzel, E.W.	28
Salminen, A.	28
Cheng, X.	27
Ciurana, J.	27
Dean, D.	27
Gibson, I.	27
Hague, R.J.M.	27

Iuliano, L.	27
Malinauskas, M.	27
Shamsaei, N.	27
Tan, M.J.	27
Thompson, S.M.	27
Tian, X.	27
Zhang, J.	27
Anand, S.	26
Cuiuri, D.	26
Das, S.	26
Khoshnevis, B.	26
Love, L.	26
Malda, J.	26
Pan, Z.	26
Pavese, M.	26
Song, C.	26
Todd, I.	26
Wallace, G.G.	26
Wang, C.C.L.	26
Groll, J.	25
Harris, R.A.	25
Landers, R.G.	25
Oxman, N.	25
Partanen, J.	25
Shamim, A.	25
Tan, X.	25
Urbanic, R.J.	25
Weisheit, A.	25
Yang, L.	25
Auricchio, F.	24
Baudisch, P.	24
Bian, L.	24
Bártolo, P.J.	24
Hao, L.	24
Huang, W.	24
Junk, S.	24
Liang, M.	24
Liska, R.	24
Papapolymerou, J.	24
Park, S.A.	24
Qian, M.	24
Witherell, P.	24
Chen, S.	23
Choi, J.W.	23
Duoss, E.B.	23
Gaytan, S.M.	23
Guillaume, P.	23
Hu, Q.	23
Huang, Y.	23

Década de 90

Autores com mais publicações de Artigos Década de 90	Quantidade de Artigos Década de 90
Cima, M.	11
Sachs, E.	10
Cima, M.J.	9
Brancazio, D.	5
Cornie, J.	4
Kochan, A.	4
Wu, B.M.	4
Sachs, E.M.	3
Williams, P.	3
Alexopoulos, N.G.	2
Antonov, V.N.	2
Bakhadyrov, I.	2
Borland, S.W.	2
Bredt, J.	2
Cima, L.G.	2
Contopanagos, H.	2
Curodeau, A.	2
Fang, T.	2
Gault, R.S.	2
Giordano, R.A.	2
Jafari, M.A.	2
Kyriazidou, C.	2
Merrill, W.	2
Michaels, S.	2
Ohyama, N.	2
Pham, D.T.	2
Suresh, S.	2
Yamaguchi, M.	2
Yoo, J.	2
Allen, S.	1
Alpan, G.	1
Anon	1
Anton, M.	1

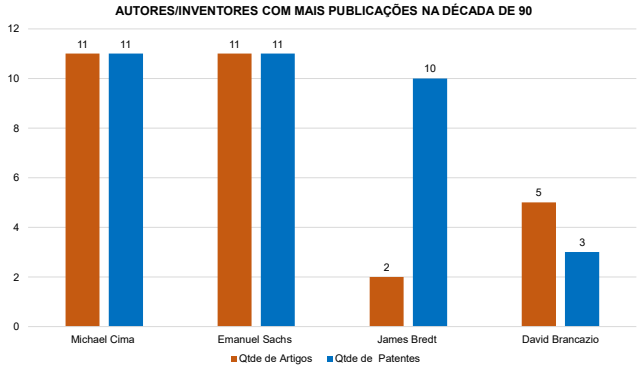
Inventores com mais Depósitos de Patentes Década de 90
OTSUKA YUKIO
OZAKI MOTOAKI
Bredt JAMES F.
Bredt, JAMES, F.
SATO HIROMOTO
Cima MICHAEL J.
NAGAMINE KUNIHIRO
Sachs EMANUEL M.
Bredt, F.
Bredt, JAMES F.
CALDARISE SALVATORE
Cima MICHAEL J
Cima, MICHAEL J.
Cima, MICHAEL, J.
FURUKAWA ASAO
MORITA SATORU
OTSUKA, YUKIO
OZAKI, MOTOAKI
Sachs EMANUEL
Sachs, EMANUEL M.
Sachs, EMANUEL, M.
TAKAHASHI SEIICHI
Bredt JAMES F
Cima MICHAEL
KAWAGUCHI NOBORU
KUZUSAKO JUNICHI
Sachs EMANUEL M
SUGIYAMA KAZUO
Brancazio DAVID
CALDARISE, SALVATORE

Arias, J.L.	1
Bae, W.S.	1
Berndlmaier, R.	1
Blackwell, J.	1
Bogaerts, D.	1
Boland, F.	1
Booker, P.	1
Calvert, P.D.	1
Caplan, A.I.	1
Carrión, A.	1
Cherkas, P.	1
Cho, K.M.	1
Choi, Y.B.	1
Chua, C.K.	1
Clair, J.J.	1
Cornitius, T.	1
Danforth, S.	1
De Wever, H.	1
Dhillon, M.	1
Di Stefano, L.	1
Dickens, P.M.	1
Du, J.W.	1
Endoh, H.	1
Enokido, Y.	1
Erbe, E.F.	1
Fan, T.	1
Fink, D.J.	1
Frantzen, J.J.	1
Gay, R.K.L.	1
Giritlioglu, B.	1
Goh, E.M.	1
Goltz, D.	1
Griffith, L.G.	1
Guo, H.	1
Gusel'nikov, A.D.	1
Haff, D.R.	1

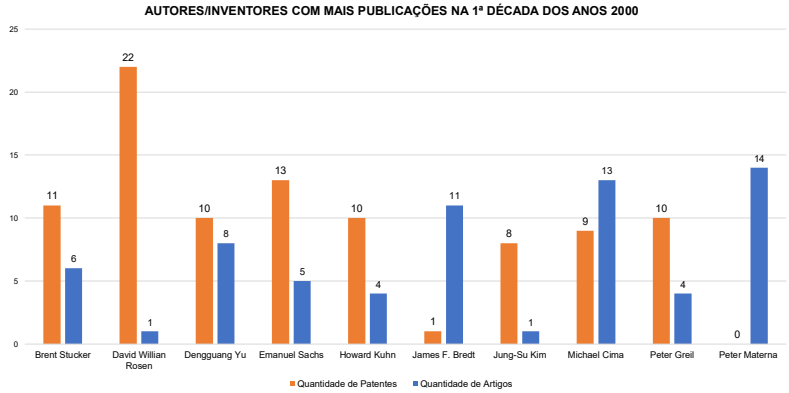
Hampton, H.	1
Hansen, R.	1
Heinrich, J.G.	1
Heuer, A.H.	1
Hewstone, R.K.	1
Holman, R.K.	1
Honda, T.	1
Iwata, F.	1
Jackson, T.R.	1
Jehng, W.K.	1
Kaplan, H.	1
Kaspers, G.	1
Kathuria, Y.P.	1
Katstra, W.	1
Katstra, W.E.	1
Kaye, J.C.	1
Kelley, E.L.	1
Kendall, K.	1
Khanal, Y.P.	1
Khanuja, S.	1
Kim, S.S.	1
Kim, S.W.	1
Koski, J.A.	1
Koyama, T.	1
Kremmin, K.	1
Kruth, J.P.	1
Krygina, P.N.	1
Kubota, T.	1
Kwong, K.K.	1
LaGala, R.	1
Lahti, M.	1
Landraud-Lamole, A.M.	1
Langlais, R.	1
Langrana, N.	1
Laraia, V.J.	1
Lauder, A.	1
Lee, J.	1
Lee, S.J.J.	1
Leppävuori, S.	1
Leu, M.C.	1
Liu, H.	1

Mathys, P.	1
Maupin, G.W.	1
McGrath, J.	1
McKeon, J.M.	1
McLean, M.A.	1
Melican, M.C.	1
Messing, G.L.	1
Mishunina, I.I.	1
Monde, M.	1
Mukai, K.	1
Nakagawa, T.	1
Nanis, L.	1
Ngiam, K.J.	1
Oh, J.T.	1
Ohnuma, K.	1
Palazzolo, B.	1
Parsons, J.R.	1
Patrikalakis, N.M.	1
Peeples, J.	1
Pegna, J.	1
Poindexter, J.W.	1
Pooley, C.D.	1
Portheine, F.	1
Radermacher, K.	1
Rau, G.	1
Remes, J.	1
Ribeiro, F.	1
Rieke, P.C.	1
Rowe, B.	1
Rowe, C.W.	1
Sachs, E.	1
Safari, A.	1
Salahieh, A.	1
Schmidt, J.W.	1
Schuster, U.	1
Shah, B.O.	1
Shalon, T.	1
Shannon, G.J.	1
Sileo, M.	1
Sohn, J.	1
Staudte, H.W.	1
Steen, W.M.	1
Sun, E.	1
Takahashi, S.	1
Tan, K.C.	1
Tan, T.W.	1
Tanasov, I.I.	1
Tang, H.	1
Tay, F.	1

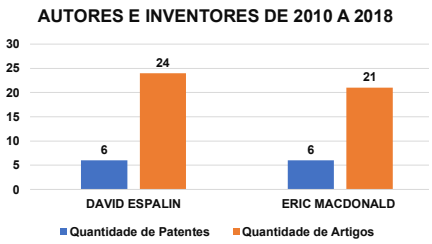
Quantidade de Patentes Década de 90
22
15
9
8
8
7
6
6
5
5
5
5
5
5
5
5
5
5
5
5
5
5
4
4
4
4
4
4
3
3



Autores/Inventores	Qtde de Artigos	Qtde de Patentes
Michael Cima	11	11
Emanuel Sachs	11	11
James Bredt	2	10
David Brancazio	5	3



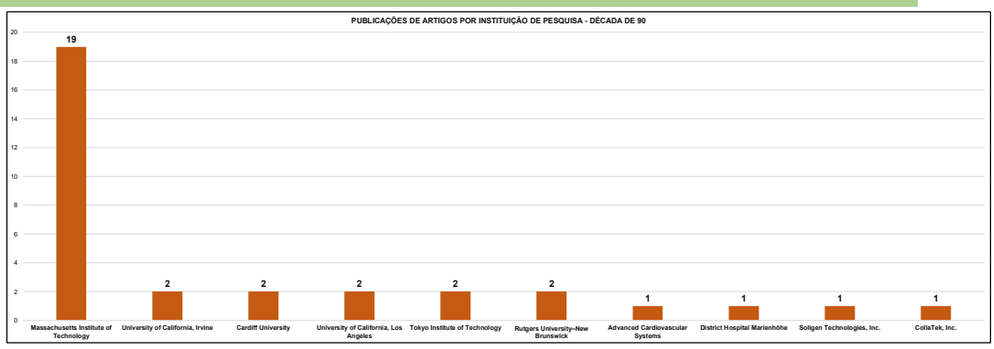
Autores/Iventores	Quantidade de Patentes	Quantidade de Artigos
Brent Stucker	11	6
David Willian Rosen	22	1
Dengguang Yu	10	8
Emanuel Sachs	13	5
Howard Kuhn	10	4
James F. Bredt	1	11
Jung-Su Kim	8	1
Michael Cima	9	13
Peter Greil	10	4
Peter Materna	0	14



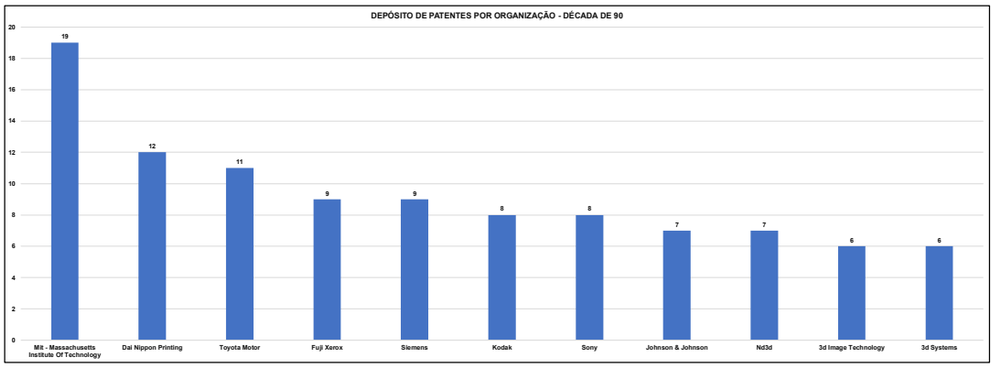
Autores/Inventor	Quan	Quan
DAVID ESPALIN	6	24
ERIC MACDONALD	6	21

Década de 90

INSTITUIÇÕES DE VÍNCULO DOS AUTORES	Quantidade de Artigos
Massachusetts Institute of Technology	19
University of California, Irvine	2
Cardiff University	2
University of California, Los Angeles	2
Tokyo Institute of Technology	2
Rutgers University–New Brunswick	2
Advanced Cardiovascular Systems	1
District Hospital Marienhöhe	1
Soligen Technologies, Inc.	1
CollaTek, Inc.	1
The Colorworks, Inc	1
Society for Coatings	1
3D Printing Laboratory	1
DEIS	1
Laser X Co. Ltd.	1
Electrical Engineering	1
Ministry of Finance	1
Center for Bioinformatics	1
Lab for Industrial Microbiology	1
Université libre de Bruxelles ULB	1
Case Western Reserve University	1
Temasek Polytechnic	1
Pennsylvania State University	1
The University of Sheffield	1
USDA REE Agricultural Research Service	1
Harvard Medical School	1
Chiba University	1
University College Dublin	1
Rutgers New Jersey Medical School	

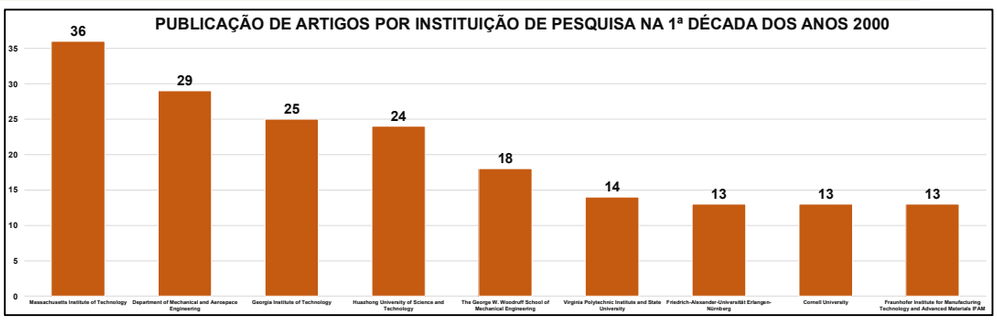


Titulares	Quantidade de Depósitos de Patentes
Mit - Massachusetts Institute Of Technology	19
Dai Nippon Printing	12
Toyota Motor	11
Fuji Xerox	9
Siemens	9
Kodak	8
Sony	8
Johnson & Johnson	7
Nd3d	7
3d Image Technology	6
3d Systems	6
General Electric	6
Kao	6
Mitsui Chemicals	6
Nippon Shokubai	6
Vxl Holdings	6
Mitsui Toatsu Chemicals	5
Sharp	5
Arakawa Chemical Industries	4
Evonik Degussa	4
Exxon Chemical	4
Fujitsu	4
Image Technology International	4
Toppan Printing	4
Yushiro Chemical Industry	4
Aprecia Pharmaceuticals	3
Asahi Chemical Industry	3
Asahi Glass	3
Bayer	3
Bp Chemicals	3

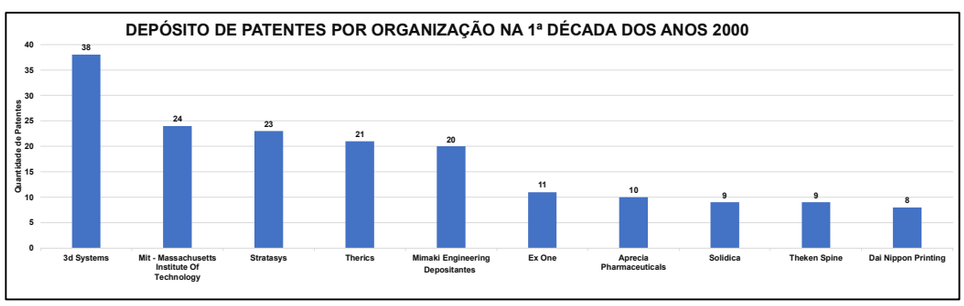


1ª Década de 2000

INSTITUIÇÕES DE VÍNCULO DOS AUTORES	Documents
Massachusetts Institute of Technology	36
Department of Mechanical and Aerospace Engineering	29
Georgia Institute of Technology	25
Huazhong University of Science and Technology	24
The George W. Woodruff School of Mechanical Engineering	18
Virginia Polytechnic Institute and State University	14
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg	13
Cornell University	13
Fraunhofer Institute for Manufacturing Technology and Advanced Materials IFAM	13

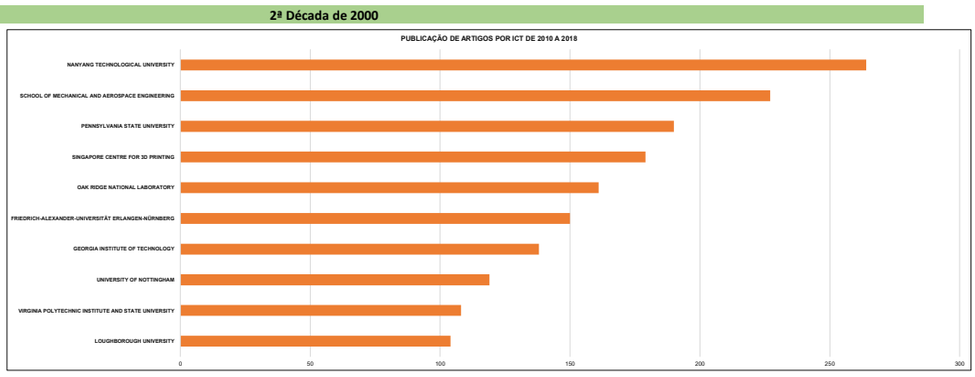


Titulares	Quantidade de Depósitos de Patentes
3d Systems	38
Mit - Massachusetts Institute Of Technology	24
Stratasys	23
Therics	21
Mimaki Engineering	20
Ex One	11
Aprecia Pharmaceuticals	10
Solidica	9
Theken Spine	9
Dai Nippon Printing	8
Daimler	8
Dm3d Technology	8
Ivoclar Vivadent	8
P O M	8
Basf	7
Casio Computer	7
Chevron Oronite	7

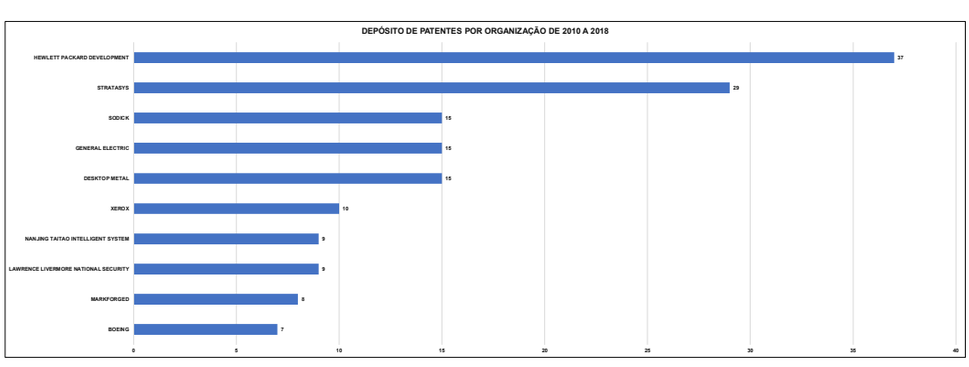


2ª Década de 2000

INSTITUIÇÕES DE VÍNCULO DOS AUTORES	Documents
LOUGHBOROUGH UNIVERSITY	104
VIRGINIA POLYTECHNIC INSTITUTE AND STATE UNIVERSITY	108
UNIVERSITY OF NOTTINGHAM	119
GEORGIA INSTITUTE OF TECHNOLOGY	138
FRIEDRICH-ALEXANDER-UNIVERSITÄT ERLANGEN-NÜRNBERG	150
OAK RIDGE NATIONAL LABORATORY	161
SINGAPORE CENTRE FOR 3D PRINTING	179
PENNSYLVANIA STATE UNIVERSITY	190
SCHOOL OF MECHANICAL AND AEROSPACE ENGINEERING	227
NANYANG TECHNOLOGICAL UNIVERSITY	264



Titulares	Quantidade de Depósitos de Patentes
BOEING	7
MARKFORGED	8
LAWRENCE LIVERMORE NATIONAL SECURITY	9
NANJING TAITAO INTELLIGENT SYSTEM	9
XEROX	10
DESKTOP METAL	15
GENERAL ELECTRIC	15
SODICK	15
STRATASYS	29
HEWLETT PACKARD DEVELOPMENT	37



1ª Década de 2000

ICTs com mais publicações de Artigos 1ª Década de 2000	Quantidade de Artigos 1ª Década de 2000
Massachusetts Institute of Technology - MIT	36
Georgia Institute of Technology	25
Huazhong University of Science and Technology	24
The George W. Woodruff School of Mechanical Engineering	18
Virginia Polytechnic Institute and State University	14
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg	13
Cornell University	13
Fraunhofer Institute for Manufacturing Technology and Advanced Materials IFAM	13
Missouri University of Science and Technology	13
Ex One Company	12
Loughborough University	12
The University of Manchester	12
Thailand National Metal and Materials Technology Center	12
University of Michigan, Ann Arbor	12
Utah State University	12
Donghua University	10
South Dakota School of Mines & Technology	10
Center of Advanced European Studies and Research	10
University of Washington	9
University of the West of England	9
Technical University of Munich	9
Stellenbosch University	8
Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation	8
London Metropolitan University	8
Thailand National Science and Technology Development Agency	8
Pusan National University	8
Korea Institute of Machinery & Materials	8
Northwestern Polytechnical University	7
Nanyang Technological University	7
University of Shanghai for Science and Technology	6
Drexel University	6
Université McGill	5
Illinois Institute of Technology	5
The Ohio State University	5
Harvard School of Dental Medicine	5
Brigham Young University	5
University of Zagreb	5
Tampereen Yliopisto	5
Therics, Inc.	5
Julius-Maximilians-Universität Würzburg	5
Indian Institute of Technology Bombay	5
National University of Singapore	5
Southern Methodist University	5
Universidade Federal de Santa Catarina	5
Helmholtz-Zentrum Geesthacht - Zentrum für Material- und Küstenforschung GmbH	5
ETH Zürich	5
Sharif University of Technology	5
Ludwig-Maximilians-Universität München	5
Michigan State University	5
FoChif Mechatronics Technology Co. Ltd.	4
Mississippi State University	4

Titulares com mais Depósitos de Patentes 1ª Década de 2000	Quantidade de Patentes 1ª Década de 2000
3D systems	36
PANASONIC	24
STRATASYS	24
FUJI XEROX	22
THERICS	21
MIMAKI ENGINEERING	17
MIT - Massachusetts Institute of Technology - M	14
EX ONE	11
APRECIA PHARMACEUTICALS	10
HEWLETT PACKARD DEVELOPMENT	10
ASPECT	9
BOEING	9
THEKEN SPINE	9
DM3D TECHNOLOGY	8
EVONIK OPERATIONS	8
JSR	8
P O M	8
3M	7
SOLIDICA	7
DAI NIPPON PRINTING	6
HITACHI	6
RENISHAW	6
ROLLS ROYCE	6
SECURE3DP & PTE	6
SEIKO EPSON	6
TSURUOKA NATIONAL COLLEGE OF TECHNOLO	6
BAE SYSTEMS	5
DONGHUA UNIVERSITY	5
FUJIFILM	5
GENERAL ELECTRIC	5

Harvard Medical School	4
University of Northumbria	4
NC State University	4
Universität Leipzig	4
Brown University	4
University of Leeds	4
Politecnico di Torino	4
Optomec Design Company	4
Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen	4
University of Maryland, College Park	4
University of Liverpool	4
Consiglio Nazionale delle Ricerche	4
Wright-Patterson AFB	4
Universität Freiburg	4
Mayo Medical School	4
Boeing Corporation	4
School of Mechanical and Aerospace Engineering	4
Wake Forest School of Medicine	4
Université Laval	4
Haute Ecole Spécialisée de Suisse Occidentale	4
Sveučilište u Zagrebu, Grafički Fakultet	4
Extrude Hone Corp	3
AeroMet Corporation	3
Z Corp.	3
nScrypt, Inc.	3
Neotech Services MTP	3
GND Engineering College	3
Arcam AB	3
NASA Langley Research Center	3
Fraunhofer Institute for Laser Technology ILT	3
Tongji Medical College	3
Pennsylvania State University	3
Ministry of Education China	3
Washington State University Vancouver	3
Instituto Superior Técnico	3
University of Missouri	3
The University of Hong Kong	3
The University of Texas at El Paso	3
Sandia National Laboratories, New Mexico	3
Mahidol University	3
University of Nottingham	3
The Welding Institute, Cambridge	3
Technische Universität Wien	3
Wright State University	3
Foundation for Research and Technology-Hellas	3
Air Force Research Laboratory	3
Universiteit Twente	3
Russian Academy of Sciences	3
Queen Mary University of London	3
University College London	3
Universitat Basel	3
KU Leuven	3
Tsinghua University	3
Albany State University	3
Clemson University	3
University of Oxford	3

The University of Alabama at Birmingham	3
University of Southern California	3
Foundation for Research and Technology-Hellas, Institute of Electronic Structure and Laser	3
Massachusetts General Hospital	3
A-Star, Singapore Institute of Manufacturing Technology	3
University of Cambridge	3
Univerza v Ljubljani	3
North Dakota State University	3
Ecole Nationale d'Ingénieurs de Saint-Etienne	3
Rhenium Alloys, Inc.	2
U.S. Screen Printing Institute	2
Curasan AG	2
Met-L-Flo, Inc.	2
Applied Optimization, Inc	2
Western Michigan University	2
Uniklinik RWTH Aachen	2
University of Crete	2
Rochester Institute of Technology	2
National Institute for Materials Science	2
University of Oxford Medical Sciences Division	2
University Politehnica of Bucharest	2
Cranfield University	2
Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia	2
Indian Institute of Technology Kharagpur	2
Ludwig Boltzmann Institute	2
Rice University	2
Concurrent Technologies Corporation	2
University of California, Irvine	2
Northwestern University	2
Jilin University	2
Technische Universität Chemnitz	2
CNRS Centre National de la Recherche Scientifique	2
University of Salford	2
Hong Kong Polytechnic University	2
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria	2
Western Illinois University	2
Hewlett Packard Laboratories	2
Queensland University of Technology	2
Kyushu University	2
National Institute for Laser, Plasma and Radiation Physics	2
The University of Texas at Austin	2
Gazi Üniversitesi	2
National Cheng Kung University	2
Kettering University	2
Centre de Recherche du Centre Hospitalier de l'Université Laval	2
Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul	2
K. N. Toosi University of Technology	2
Riken	2
University of Toronto	2
Yonsei University	2
German Cancer Research Center	2
Josip Juraj Strossmayer University of Osijek	2
University of Canterbury	2

2ª Década de 2000

ICTs com mais publicações de Artigos 2010 - 2018	Quantidade de Artigos 2010 - 2018	Titulares com mais Depósitos de Patentes 2010 - 2018	Quantidade de Patentes 2010 - 2018
Nanyang Technological University	487	GENERAL ELECTRIC	681
School of Mechanical and Aerospace Engineering	389	HEWLETT PACKARD DEVELOPMENT	636
Chinese Academy of Sciences	330	SIEMENS	267
Georgia Institute of Technology	316	RAYTHEON TECHNOLOGIES	260
Ministry of Education China	301	KINPO ELECTRONICS	223
Pennsylvania State University	297	XYZPRINTING	218
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg	277	STRATASYS	185
Singapore Centre for 3D Printing	272	PRINT RITE UNICORN IMAGE PRODUCT	183
Massachusetts Institute of Technology - MIT	266	UTC AEROSPACE SYSTEMS	162
CNRS Centre National de la Recherche Scientifique	255	BOEING	161
Huazhong University of Science and Technology	245	HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE &	155
ETH Zürich	230	CONCEPT LASER	144
Oak Ridge National Laboratory	222	XEROX	125
Xi'an Jiaotong University	216	SIEMENS ENERGY GLOBAL	117
Tsinghua University	213	MTU AERO ENGINES	100
Zhejiang University	212	XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY	100
KU Leuven	207	TSINGHUA UNIVERSITY	94
Loughborough University	206	EOS-ELECTRO OPITCAL SYSTEMS	90
University of Nottingham	206	SAFRAN AIRCRAFT ENGINES	87
The University of Texas at El Paso	202	ZHEJIANG UNIVERSITY	85
Virginia Polytechnic Institute and State University	188	AIRBUS OPERATIONS	81
Politecnico di Milano	176	ROLLS ROYCE	81
Missouri University of Science and Technology	175	SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNC	81
Politecnico di Torino	174	3D systems	79
Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen	172	UNIQUE MATERIALS TECHNOLOGY	79
Purdue University	170	CATERPILLAR	76
Delft University of Technology	168	HONEYWELL INTERNATIONAL	75
Beihang University	167	LAWRENCE LIVERMORE NATIONAL SEC	72
University of Michigan, Ann Arbor	166	CAL-COMP ELECTRONICS & COMMUNI	70
Technical University of Munich	164	RENISHAW	69
The Ohio State University	158		
University of Southern California	158		
National University of Singapore	157		
University of Maryland, College Park	146		
The University of Sheffield	145		

Harvard University	145
Texas A&M University	145
University College London	145
South China University of Technology	145
The George W. Woodruff School of Mechanical Engineering	144
National Institute of Standards and Technology	143
Northwestern Polytechnical University	142
The University of Texas at Austin	140
Shanghai Jiao Tong University	139
State Key Laboratory for Manufacturing Systems Engineering	138
Imperial College London	137
A-Star, Singapore Institute of Manufacturing Technology	137
The University of Tennessee, Knoxville	135
RMIT University	133
University at Buffalo, The State University of New York	133
Carnegie Mellon University	132
Nanjing University of Aeronautics and Astronautics	131
The University of Manchester	129
Danmarks Tekniske Universitet	129
Lawrence Livermore National Laboratory	128
University of Washington	127
Harbin Institute of Technology	127
Russian Academy of Sciences	124
Université McGill	119
University of California, Berkeley	117
Dalian University of Technology	116
Consiglio Nazionale delle Ricerche	114
Fraunhofer Institute for Laser Technology ILT	112
Northwestern University	111
NC State University	109
Technische Universität Dresden	109
Universiteit Twente	109
University of Wollongong	108
University of California, San Diego	107
Aalto University	107
Swinburne University of Technology	106
Beijing Institute of Technology	105

Air Force Research Laboratory	105
A. James Clark School of Engineering	104
University of Louisville	103
Harvard Medical School	101
University of Pittsburgh	101
Università degli Studi di Padova	100
University of Illinois Urbana-Champaign	99
Michigan State University	99
Cornell University	96
Cranfield University	95
The University of Alabama	94
University of Chinese Academy of Sciences	94
University of Wisconsin-Madison	94
Seoul National University	93
Istituto Italiano di Tecnologia	93
Sichuan University	90
Osaka University	90
Monash University	89
University Politehnica of Bucharest	87
University of South Florida, Tampa	86
Stanford University	86
Universität Stuttgart	86
University of Bristol	86
University of Colorado Boulder	85
University of Science and Technology of China	85
Karlsruher Institut für Technologie	85
Central South University	84
University of California, Los Angeles	84
Queensland University of Technology	81
University of Connecticut	80
The University of Tokyo	79
Wright-Patterson AFB	79
Pohang University of Science and Technology	79
University of Cincinnati	78
University of Cambridge	78
Duke University	77
Universität Paderborn	77
Beijing University of Technology	77
University of Exeter	77

Singapore University of Technology and Design	77
State Key Laboratory of Fluid Power and Mechatronic System	77
The University of Sydney	76
ARC Centre of Excellence for Electromaterials Science	76
Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne	75
University of Florida	74
Universitat Politècnica de Catalunya	73
Iowa State University	72
Alma Mater Studiorum Università di Bologna	71
Washington State University Pullman	70
The University of Queensland	70
Shanghai University	69
University of Oxford	69
Sapienza Università di Roma	69
National Taiwan University	68
Peking University	68
Tianjin University	68
University of Southampton	68
University of Alberta	68
State Key Laboratory of Solidification Processing	68
National Cheng Kung University	67
Politechnika Warszawska	66
Sungkyunkwan University	66
University of Waterloo	66
Technische Universität Wien	66
Tomsk Polytechnic University	66
U.S. Army Research Laboratory	66
University of Toronto	65
The George Washington University	64
Universidade de São Paulo	64
Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet	64
Universiteit Gent	64
Universidad Politécnica de Madrid	63
University Medical Center Utrecht	63
Shanghai Ninth People's Hospital, Shanghai JiaoTong University School of Medicine	63
The University of Auckland	62
Guru Nanak Dev Engineering College, Ludhiana	62
University of Johannesburg	61
Chalmers University of Technology	61
Chinese University of Hong Kong	61
Johns Hopkins University	61
Università degli Studi di Salerno	61

University of Birmingham	61
UNSW Sydney	61
Drexel University	60
University of Warwick	60
Indiana University-Purdue University Indianapolis	60
Technische Universiteit Eindhoven	60
Rochester Institute of Technology	59

Década de 90

ICTs com mais publicações de Artigos Década de 90	Quantidade de Artigos Década de 90
Massachusetts Institute of Technology - MIT	19
University of California, Irvine	2
Cardiff University	2
University of California, Los Angeles	2
Tokyo Institute of Technology	2
Rutgers University–New Brunswick	2
Advanced Cardiovascular Systems	1
District Hospital Marienhöhe	1
Soligen Technologies, Inc.	1
CollaTek, Inc.	1
The Colorworks, Inc	1
Society for Coatings	1
3D Printing Laboratory	1
DEIS	1
Laser X Co. Ltd.	1
Electrical Engineering	1
Ministry of Finance	1
Center for Bioinfomatics	1
Lab for Industrial Microbiology	1
Université Libre de Bruxelles	1
Case Western Reserve University	1
Temasek Polytechnic	1
Pennsylvania State University	1
The University of Sheffield	1
USDA Agricultural Research Service	1
Harvard Medical School	1
Chiba University	1
University College Dublin	1
Rutgers New Jersey Medical School	1
Nanyang Technological University	1
Harvard School of Dental Medicine	1
Northwestern University	1
Pusan National University	1
National Research Council Canada	1
Harvard University	1
The University of Arizona	1
The University of Chicago Medicine	1
Trinity College Dublin	1
National Sun Yat-Sen University	1
Universidad de Chile	1
Oulun Yliopisto	1
3M	1
University of Nottingham	1

Titulares com mais Depósitos de Patentes Década de 90	Quantidade de Patentes Década de 90
TOYOTA MOTOR	23
MIT - Massachusetts Institute of Technology -	17
SONY	10
SIEMENS	9
3D systems	7
JOHNSON & JOHNSON	6
MITSUI TOATSU CHEMICALS	5
FUJITSU	4
GENERAL ELECTRIC	4
MITSUBISHI ELECTRIC	4
PANASONIC	4
3D IMAGE TECHNOLOGY	3
APRECIA PHARMACEUTICALS	3
DAI NIPPON PRINTING	3
DENKA	3
SHARP	3
THEKEN SPINE	3
TOPPAN PRINTING	3
TOSHIBA CHEMICAL	3
VXL HOLDINGS	3
DEPUY ORTHOPAEDICS	2
DSM IP ASSETS	2
HITACHI	2
IBM	2
KAUMAGRAPH FLINT	2
KIRA	2
KOREA CHEMICAL	2
KOREA FOOD RESEARCH INSTITUTE	2
LUCENT TECHNOLOGIES	2
MACDERMID	2

Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen	1
Oregon Health & Science University	1
National University of Singapore	1
Boston University	1
Universidade do Minho	1
Hewlett-Packard Inc.	1
University of Liverpool	1
International Business Machines	1
Technische Universität Clausthal	1
Virginia Transportation Research Council	1
New Jersey Institute of Technology	1
Pacific Northwest National Laboratory	1
Akzo Nobel N.V.	1
KU Leuven	1
The University of Tokyo	1
Rensselaer Polytechnic Institute	1
Wright-Patterson AFB	1
Clemson University	1
Alma Mater Studiorum Università di Bologna	1
TDK Corporation	1
A-Star, Singapore Institute of Manufacturing Technology	1
Children's Hospital Boston	1
Kyoto Institute of Technology	1
School of Mechanical and Aerospace Engineering	1
Korea Advanced Institute of Science and Technology	1
Sheffield Hallam University	1
Toppan Printing Co., Ltd.	1
Coca Cola, Europe	1
The American Ceramic Society	1
National Kaohsiung University of Science and Technology	1
Université des Antilles	1
Institute of Industrial Science	1
Virginia Polytechnic Institute and State University	1
Alma Mater Studiorum Università di Bologna	1
TDK Corporation	1
A-Star, Singapore Institute of Manufacturing Technology	1
Children's Hospital Boston	1
University of Cambridge	1
Kyoto Institute of Technology	1
School of Mechanical and Aerospace Engineering	1
Korea Advanced Institute of Science and Technology	1
Sheffield Hallam University	1
Université Laval	1
Toppan Printing Co., Ltd.	1
Coca Cola, Europe	1
The American Ceramic Society	1

National Kaohsiung University of Science and Technology	1
Université des Antilles	1
Institute of Industrial Science	1

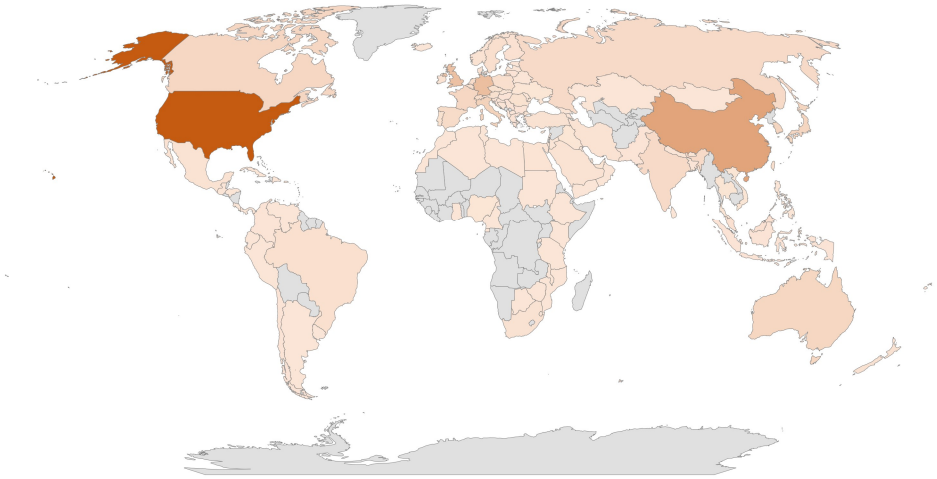
Países

Países com mais publicações de Artigos	Quantidade de Artigos
United States	10115
China	4702
Germany	2785
United Kingdom	2557
Italy	1346
Japan	1107
South Korea	1062
Australia	1046
Canada	992
France	987
Singapore	814
India	780
Russian Federation	696
Spain	667
Switzerland	578
Netherlands	573
Taiwan	501
Belgium	430
Poland	406
Sweden	387
Brazil	363
Czech Republic	309
Austria	302
Finland	268
Malaysia	258
Hong Kong	251
Portugal	249
Romania	241
Denmark	217
Turkey	216
South Africa	204
Israel	203
New Zealand	191
Saudi Arabia	172
Ireland	157
Iran	156
Norway	135
Mexico	134
Greece	129
Thailand	105
Slovakia	103
United Arab Emirates	96
Egypt	91
Hungary	61
Croatia	56
Chile	55
Colombia	52
Slovenia	52
Bulgaria	51
Pakistan	50

Países com mais publicações de Artigos 50-70	Quantidade de Artigos 50-70
Germany	1
United States	1
Undefined	12

Países com mais publicações de Artigos Década de 80	Quantidade de Artigos Década de 80
United States	3
Japan	1
Russia	1
Undefined	17

Países com mais publicações de Artigos Década de 90	Quantidade de Artigos Década de 90
United States	32
Japan	6
United Kingdom	5
Belgium	3



Países com mais publicações de Artigos 1ª Década de 2000	Quantidade de Artigos 1ª Década de 2000
United States	313
United Kingdom	89
Germany	84
China	59
Japan	22
Switzerland	21
South Korea	16
Canada	14
India	14
Singapore	14
Italy	12
Thailand	12
France	10
Brazil	8
Iran	8
South Africa	8
Finland	7
Belgium	6
Croatia	6
Netherlands	6
Portugal	6
Romania	6
Spain	6
Sweden	6
Australia	5
Austria	5
Ireland	5
Russian Federation	5
Taiwan	5
Hong Kong	4
New Zealand	4
Slovenia	4
Czech Republic	3
Greece	3
Poland	3
Turkey	3
Israel	2
Belarus	1
Denmark	1
Estonia	1
Hungary	1
Latvia	1
Malaysia	1
Mexico	1
Norway	1
Pakistan	1
Undefined	68

Países com mais publicações de Artigos 2010 - 2018	Quantidade de Artigos 2010 - 2018
United States	9766
China	4643
Germany	2697
United Kingdom	2463
Italy	1333
Japan	1078
South Korea	1044
Australia	1041
Canada	977
France	976
Singapore	798
India	766
Russian Federation	690
Spain	661
Netherlands	567
Switzerland	557
Taiwan	495
Belgium	421
Poland	403
Sweden	381
Brazil	355
Czech Republic	306
Austria	297
Finland	260
Malaysia	257
Hong Kong	247
Portugal	242
Romania	235
Denmark	216
Turkey	213
Israel	201
South Africa	196
New Zealand	187
Saudi Arabia	172
Ireland	151
Iran	148
Norway	134
Mexico	133
Greece	126
Slovakia	103
United Arab Emirates	96
Thailand	93
Egypt	91
Hungary	60
Chile	54
Colombia	52
Bulgaria	51
Croatia	50
Pakistan	49
Slovenia	48

Países

Lithuania	47
Indonesia	46
Serbia	46
Iraq	37
Lebanon	36
Nigeria	28
Ukraine	27
Viet Nam	27
Estonia	24
Argentina	23
Kazakhstan	23
Ecuador	22
Cyprus	19
Latvia	19
Belarus	18
Qatar	15
Jordan	13
Bosnia and Herzegovina	12
Luxembourg	12
Philippines	12
Peru	11
Georgia	9
Morocco	9
Tunisia	9
Costa Rica	8
Macao	8
Puerto Rico	8
Bangladesh	7
Libyan Arab Jamahiriya	7
Venezuela	7
Malta	5
North Macedonia	5
Albania	4
Algeria	4
Botswana	4
Kuwait	4
Liechtenstein	4
Oman	4
Sri Lanka	4
Uruguay	4
Armenia	3
Dominican Republic	3
Guatemala	3
Swaziland	3
Zimbabwe	3
Bhutan	2
Brunei Darussalam	2
Ethiopia	2
Ghana	2
Iceland	2
Kenya	2
Macedonia	2
Nepal	2
Tanzania	2

Lithuania	47
Indonesia	46
Serbia	46
Iraq	37
Lebanon	36
Nigeria	28
Ukraine	27
Viet Nam	27
Argentina	23
Estonia	23
Kazakhstan	23
Ecuador	22
Cyprus	19
Latvia	18
Belarus	17
Qatar	15
Jordan	13
Bosnia and Herzegovina	12
Luxembourg	12
Philippines	12
Peru	11
Georgia	9
Morocco	9
Tunisia	9
Costa Rica	8
Macao	8
Puerto Rico	8
Bangladesh	7
Libyan Arab Jamahiriya	7
Venezuela	7
Malta	5
North Macedonia	5
Albania	4
Algeria	4
Botswana	4
Kuwait	4
Liechtenstein	4
Oman	4
Sri Lanka	4
Uruguay	4
Armenia	3
Dominican Republic	3
Guatemala	3
Swaziland	3
Zimbabwe	3
Bhutan	2
Brunei Darussalam	2
Ethiopia	2
Ghana	2
Iceland	2
Kenya	2
Macedonia	2
Nepal	2
Tanzania	2

Países

Yemen	2
Cameroon	1
Cuba	1
Equatorial Guinea	1
Fiji	1
French Polynesia	1
French Southern Territories	1
Honduras	1
Malawi	1
Mauritius	1
Moldova	1
Mongolia	1
Mozambique	1
Panama	1
Russia	1
Rwanda	1
Samoa	1
Sudan	1
Trinidad and Tobago	1
Yugoslavia	1

Yemen	2
Cameroon	1
Cuba	1
Equatorial Guinea	1
Fiji	1
French Polynesia	1
French Southern Territorie	1
Honduras	1
Malawi	1
Mauritius	1
Moldova	1
Mongolia	1
Mozambique	1
Panama	1
Rwanda	1
Samoa	1
Sudan	1
Trinidad and Tobago	1
Yugoslavia	1
Undefined	676

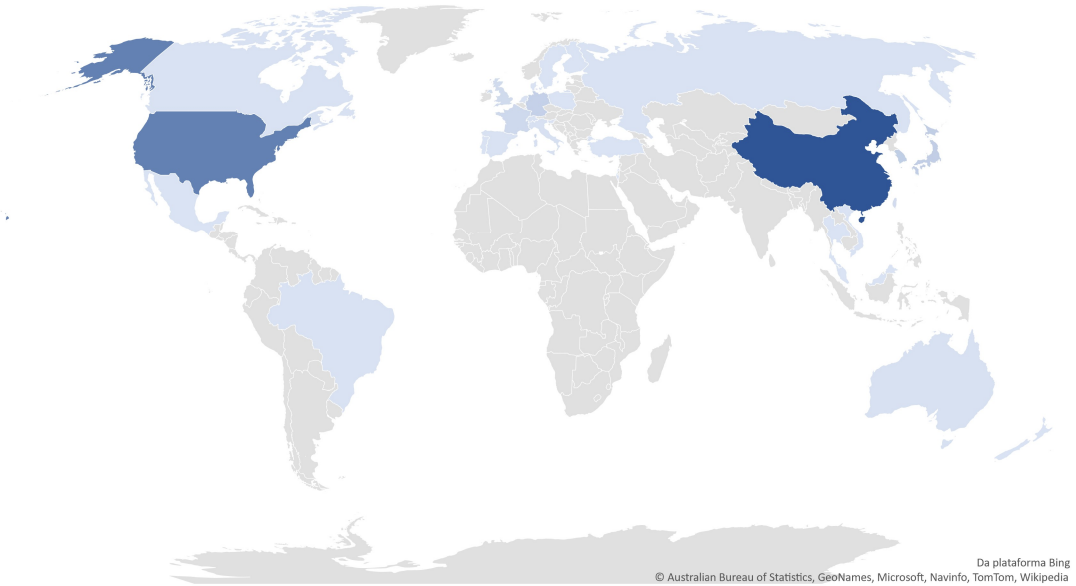
Países de Prioridade

Países Prioritários de Patentes 1955 - 2018	Quantidade de Patentes 1955 - 2018
CN	13521
US	9356
WO	7221
JP	2014
EP	1954
KR	1951
DE	1671
FR	944
GB	752
TW	571
IN	231
AU	167
IT	160
NL	98
RU	86
ES	75
CA	72
BR	64
SG	61
CH	60
BE	50
DK	41
FI	41
SE	41
AT	24
PL	20
IL	19
NZ	19
LU	17
VN	17
TH	16
TR	16
PT	13
MX	10
MY	10
HK	6
SI	5
SU	3

Países Prioritários de Patentes 50-70	Quantidade de Patentes 50-70
US	19
DE	7
FR	5
GB	4
EP	2
ES	2
JP	2
CA	1
CH	1
HU	1
KR	1
MX	1
NL	1
NZ	1
SU	1

Países Prioritários de Patentes Década de 80	Quantidade de Patentes Década de 80
JP	27
US	25
DE	11
KR	8
EP	7
WO	4
CN	2
GB	2
CH	1
ES	1
FR	1
NL	1
SG	1

Países Prioritários de Patentes Década de 90
JP
US
WO
KR
DE
EP
CN
GB
CA
FR
AT
SU
AU
GR
NL
SG
TH
11
30



Países de Prioridade

Quantidade de Patentes Década de 90
143
116
59
42
30
23
10
5
4
3
2
2
1
1
1
1
1
0
0

Países Prioritários de Patentes 1ª Década de 2000	Quantidade de Patentes 1ª Década de 2000
US	395
WO	332
JP	316
KR	124
CN	101
DE	84
EP	83
GB	34
TW	12
CA	8
FR	8
FI	5
AU	4
BR	4
AT	3
TH	3
CH	2
ES	2
IT	2
NL	2
NO	2
SG	2
DK	1
IL	1
PL	1
PT	1
RU	1
SE	1
UA	1
29	0
30	0
64	0

Países Prioritários de Patentes 2010 - 2018	Quantidade de Patentes 2010 - 2018
CN	8141
US	6504
WO	5831
KR	1439
EP	1425
DE	1208
JP	1176
FR	656
GB	583
TW	489
AU	130
IN	126
IT	114
NL	78
RU	53
CA	50
ES	48
BE	43
BR	41
CH	37
SE	30
SG	28
DK	25
FI	24
VN	17
NZ	16
IL	15
PL	14
LU	9
MX	9
TH	8
17	5
GR	5
SK	4
CL	3
18	2
20	2
CZ	2
94	1
EG	1
10	0

4. QUARTO CAPÍTULO - CONCLUSÃO GERAL

Este trabalho teve o objetivo te trazer ao debate o papel da inovação frente ao desenvolvimento socioeconômico, que se justificou com a apresentação de dados de relatórios mundiais o fato de que a inovação está acirrando as desigualdades e que precisa ter um cunho mais inclusivo para mitigar esta realidade (Capítulo 1).

Neste interim, apresentou o surgimento de novas teorias e movimentos sobre inovação que trazem perspectivas para o desenvolvimento tecnológico a partir da utilização de algumas tecnologias da quarta revolução industrial. Uma dessas práticas tecnológicas está associada a utilização da impressão 3D em ambiente de aprendizagem, pesquisa, experimentação e inovação como *makerspaces e fablabs*, para que o entendimento sobre processos produtivos possa fazer parte também da realidade de pequenas e médias organizações.

Com base nessas premissas foi realizado um mapeamento de publicações cientificas e tecnológicas (artigos e patentes) para captação de informações históricas sobre o surgimento e o desenvolvimento da impressão 3d, desde a origem até a realidade mercadológica atual.

A partir dos resultados da busca foi descrito por meio de um artigo científico (Capítulo 2) a evolução das publicações categorizada por décadas. Neste recorte decenal foi possível sincronizar dois indicadores análogos: os autores dos artigos com os inventores das patentes; e as ICTs (de vínculo dos autores que mais publicaram) com os titulares das patentes depositadas. Assim, foi possível compreender os atores com mais desenvolvimento científico e tecnológico sobre impressão 3D ao longo do tempo.

Além do artigo foi produzida uma base de dados eletrônica (Capítulo 3), para divulgação do mapeamento histórico, científico e tecnológico da impressão 3D e acessibilidade às informações científicas e tecnológicas, de maneira a facilitar a busca pelo conhecimento e o entendimento sobre questões relacionadas à inovação.

REFERÊNCIAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas Rio de Janeiro. **Informação e Documentação - Referências - Elaboração - NBR 6023**. Rio Janeiro, 2000. Disponível em: https://www.normasabnt.org/referencias-bibliograficas/. Acesso em: 8 ago. 2018.
Acesso em: 06 junho. 2019.

All3DP. (2015, September 7). Retrieved abril 14, 2017.Disponível em: https://all3dp.com/gartners-3d-printing-hype-curve-best-yet-come. Acesso em: 8 ago. 2018.

ANDERSON, Chris. **A nova revolução industrial: Makers**. Tradução: Afonso Celso da Cunha Serra. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

ANDRÉ, I.; ABREU, A. **Dimensões e espaços da inovação social**. Finisterra, XLI, 81, p. 121-141, 2006.

ANTUNES, A. M. S. et al. Métodos de Prospecção Tecnológica, Inteligência Competitiva e Foresight: principais conceitos e técnica. In: RIBEIRO, N. M. Coleção PROFNIT - Prospecção Tecnológica. [S.l.]: IFBA, v. 1, 2018.

ANTUNES, Adelaide M. et al. **Métodos de Prospecção Tecnológica, Inteligência Competitiva e Foresight: principais conceitos e técnicas.** In: RIBEIRO, Núbia. Prospecção tecnológica. 1ª. ed. Salvador: IFBA, 2018. v. 1, p. 19-109. ISBN 978-85-67562-24-7. Disponível em: http://www.profnit.org.br/wp-content/uploads/2018/08/PROFNIT-Serie-Prospeccao-Tecnologica-Volume-1-1.pdf. Acesso em: 8 mar. 2019.

ASHTON, W. B.; KLAVANS, R. A. Keeping abreast of science and technology: Technical Intelligence for Business. [S.l.]: Battelle Pr, 1997.

ASTM INTERNATIONAL. ***The Global Leader in Additive Manufacturing Standards.*** ASTM International, West Conshohocken, Pa., Agosto 2017. Disponível em: https://www.astm.org/ABOUT/OverviewsforWeb2014/Additive-Manufacturing.pdf. Acesso em: 8 ago. 2018.

BANCO MUNDIAL. Brasil: O desfile mais estranho da história. [S.l.]. 2018.

BARLACH, L. **A criatividade humana sob a ótica do empreendedorismo inovador**. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, SP, Brasil. 2009. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/47/47134/tde-01122009-084339/publico/LiseteBarlach.pdf Acesso em: 8 mar. 2019.

BOURELL DL, Beaman JB, Leu MC, Rosen DW. ***A brief history of additive manufacturing and the 2009 roadmap for additive manufacturing: looking back and looking ahead***. In: US-Turkey workshop on rapid technologies. 2009. Disponível em: http://turkcadcam.net/haber/2009/rapidtech-workshop/presentations/Presentation02.pdf. Acesso em: 8 mar. 2019.

BRANCO, Sérgio. Prefácio. In:MAGRANI, Eduardo. **Entre dados e robôs: ética e privacidade na era da hiperconectividade**. 2ª. edição. Porto Alegre: Arquipélago Editorial, 2019.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília: [s.n.], 1988.

BROOKING, Annie. ***Intellectual Capital: Core Asset for the Third Millennium Enterprise*.** Boston: Thomson Publishing Inc, 1996.

BUSATO, LR. **o binômio comunicação e educação: coexistência e competição**. In: Cad. Pesqui. 1999, n.106, pp.1-46. ISSN 0100-1574.

CAMPOS, João Geraldo Cardoso; SOUZA, João Artur de; FREIRE, Patrícia de Sá. **Compartilhamento do conhecimento em *university coworking spaces*: modelo, ações e contribuições para o desenvolvimento de startups – ciclo 2015 do laboratório de inovação e empreendedorismo da universidade do sul de Santa Catarina** - iLAB-UNISUL. In: VIEIRA, Adriana Carvalho Pinto; ZILLI, Júlio Cesar; BRUCH, Kelly Lissandra (Org.). Propriedade intelectual, desenvolvimento e inovação: ambiente institucional e organizações. Criciúma: EDIUNESC, 2017. p. [300] -313. Disponível em:

CARVALHO, M. B. de **A inovação tecnológica em educação e saúde: um caminho promissor.** Disponível em: www.telessaude.uerj.br/resource/goldbook/pdf/41.pdf Acesso em: 8 mar. 2019.

CHAVES, E. O. C. **Tecnologia e Educação: O futuro da Escola na sociedade da informação**. Mindware Editora, Campinas, SP, dezembro de 1998. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Eduardo-Chaves-2/publication/327112176_Tecnologia_e_Educacao_O_Futuro_da_Escola_na_Sociedade_da_Informacao/links/5b7a94004585151fd121c324/Tecnologia-e-Educacao-O-Futuro-da-Escola-na-Sociedade-da-Informacao.pdf Acesso em: 8 mar. 2019.

CISNE, Caroline Santos de; KANEOYA, Paula Hidemi ; SANTOS, Neri . **COWORKING: COMPARTILHANDO MAIS QUE ESPAÇOS**. Revista Gestão Industrial, v. 11, p. 168-182, 2015. Disponível em: https://periodicos.utfpr.edu.br/revistagi/article/view/2873 Acesso em: 8 mar. 2019.

CLARIVATE ANALYTICS. Research in Brazil: How does Brazilian research perform on certain key metrics? An overview of Brazilian research performance in recent years. Brasilia. 2018.

DAIM, T. U. et al. ***Forecasting emerging technologies: use of bibliometrics and patent analysis.*** Technological Forecasting & Social Change, v. 73, n. 8, p. 981-1012, 2006. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.techfore.2006.04.004 Acesso em: 8 mar. 2020.

DAY, P. BBC News. ***Will 3D printing revolutionise manufacturing?.*** 2011. Disponível em: http://www.bbc.co.uk/news/business-14282091 . Acesso em: 10 de dezembro de 2019.

DE MIRANDA, M.A.S.; ALMEIDA, M. M. J.; SANTOS, E. M.; SOUZA, J. G. **Ciclo de Vida da Informação no Suporte ao Processo de Inovação**: Uma Proposta De Modelo Interativo. Revista de Política, Planejamento e Gestão em Saúde, v. 20, p. 581-599, 2019. Disponível em: https://revistas.unifacs.br/index.php/rgb/article/view/6007/3844. Acesso em: 10 de dezembro de 2020

DECKARD, C. R. . B. J. J. . B. J. W. Multiple material systems for selective beam sintering. US4944817, 8 85 1989.

DELOITTE. **Industry 4.0 Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies**. 24 de outubro de 2014. Disponível em: http://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ch/Documents/manufacturing/ ch-en-manufacturing-industry-4-0-24102014.pdf. Acesso em: 10 de dezembro de 2019.

DELOITTE. Industry 4.0 Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies. 24 de outubro de 2014. Disponível em: <http://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ch/Documents/manufacturing/ch-en-manufacturing-industry-4-0-24102014.pdf>. Acesso em: 10 de dezembro de 2019.

DIAS, D. T. A. (2015). **Impactos dos modelos mentais no desempenho organizacional: um estudo no setor metal-mecânico de Caxias do Sul**. 2015. 168f. Dissertação de Mestrado – Universidade de Caxias do Sul, Programa de Pós-graduação em Administração. Disponível em: https://repositorio.ucs.br/handle/11338/982. Acesso em: 10 de dezembro de 2019.

EZA-YATES, Ricardo; RIBEIRO-NETO, Berthier. ***Modern Information Retrieval***. New York: Addison-Wesley, 1999.

EZEIRUAKU, S. (2015). Review of 3D Printing Technologies and Characterization of MakerBot Replicator Desktop 3D Printer.

EZEIRUAKU, S. ***Review of 3D Printing Technologies and Characterization of MakerBot Replicator Desktop 3D Printer.*** 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Solomon-Ezeiruaku/publication/289539150_Review_of_Additive_Manufacturing_and_Characterization_of_Additive_Manufacturing_Machine/links/568ff92a08aee91f69a13f09/Review-of-Additive-Manufacturing-and-Characterization-of-Additive-Manufacturing-Machine.pdf Acesso em: 10 de dezembro de 2019.

FAVA. Rui, Educação para o século XXI: A era do indivíduo digital, São Paulo: Saraiva, 2016.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO (FIRJAN). **Panorama da Inovação - Indústria 4.0.** Publicações FIRJAN: Cadernos SENAI de Inovação, 2016. Disponível em:

https://www.firjan.com.br/publicacoes/publicacoes-de-inovacao/industria-4-0.htm. Acesso em: 10 de dezembro de 2019.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO (FIRJAN). Panorama da Inovação - Indústria 4.0. Publicações FIRJAN: Cadernos SENAI de Inovação, 2016.

FIGUEIREDO, N. M. D. Biblioteconomia e bibliometria. In:. In: _____ TÓPICOS MODERNOS EM BIBLIOTECONOMIA. Brasília: ABDF, 1977. p. 17-25.

FONTAN, Jean-M. ***Développement territorial et innovation sociale: l'apport polanyien. Revue Interventions Économiques***, 2008. Disponível em: http://interventionseconomiques.revues.org/369. Acesso em: 24 nov. 2019.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa** / Paulo Freire. – São Paulo: Paz e. Terra, 1996. – (Coleção Leitura).

FURTADO, Celso. **O mito do desenvolvimento econômico**. 4.ed., Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1974.
GAO, W. et al.***The Status, Challenges, and Future of Additive Manufacturing in Engineering***. Computer-Aided Design. Vol. 69, Dez.2015, P.65-89. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0010448515000469?casa_token=Utuo%20MR9F8x8AAAAA:jwXhURkfVyeyUI52v3m2LkYHZUMzKIwa2oepUiF8Yul4cMVm1zEbzsiK%20HgLa51ZnhfmCVM-IZsy2 Acesso em: 10 de janeiro de 2020.

GAO, W. et al.The Status, Challenges, and Future of Additive Manufacturing in Engineering. Computer-Aided Design. Vol. 69, Dez.2015, P.65-89. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0010448515000469?casa_token=UtuoMR9F8x8AAAAA:jwXhURkfVyeyUI52v3m2LkYHZUMzKIwa2oepUiF8Yul4cMVm1zEbzsiKHgLa51ZnhfmCVM-IZsy2>. Acesso em: 10 de janeiro de 2020.

GEORGE, Gerard; MCGAHAN, Anita M.; PRABHU, Jaideep. ***Innovation for inclusive growth: Towards a theoretical framework and a research agenda***. Journal of Management Studies, v. 49, n. 4, p. 661-683, 2012. Disponível em: https://core.ac.uk/download/pdf/35456307.pdf Acesso em: 10 de janeiro de 2020.

GEORGHIOU, L. The Handbook of Technology Foresight: Concepts and Practice. [S.l.]: Edward Elgar Pub, 2009.

GIL, Antonio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GLOBAL INNOVATION INDEX. *"Global Innovation Index* - 2019. *"*. Disponível em: www.globalinnovationindex.org/about-gii#reports. Acesso em: 15 de dezembro de 2019.
GOOGLE PATENTS. 2016. Disponível em: http://www.google.com.br/advanced_patent_search

GUIARÃES, Andréia; ARAÚJO, Márcio; SABA, Hugo. **Produção de Patentes na Região Nordeste: Um Estudo Comparativo entre Instituições de Ensino Superior Públicas no Período de 2002 A 2012**. Gestão & Planejamento, Salvador, v. 17, n. 2ª, p. 146-161, 15 fev. 2016. DOI 10.21714/2178-8030gep.v20.6007. Disponível em: https://revistas.unifacs.br/index.php/rgb/article/view/3944/2901. Acesso em: 18 ago. 2018.

HEEKS. R., F. C. . N. Y. New models of inclusive innovation for development. Innovation and Development, 4, n. 2, 2014.

HERMANN, M.; PENTEK, T.; OTTO, B. Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review., 2015. Disponivel em: <http://www.snom.mb.tu-dortmund.de/cms/de/forschung/Arbeitsberichte/Design-Principles-for-Industrie-4_0-Scenarios.pdf>.

HERMANN, M; PENTEK, T; OTTO, B. ***Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review***. 2015. Disponível em: http://content.yudu.com/Library/A1woe3/RelatriodaComissosob/resources/11.htm . Acesso em: 02 mai. 2019

HULL, Charles W. ***Apparatus for production of three-dimensional objects by stereolithography.*** US4575330. Depósito: 08.08.1984. Concessão: 3 de nov. de 1996.

HULL, Charles William; Lewis, Charles William Van Nuys; Freed, Raymond Samuel; Spence, Stuart Thomas; Vinson, Wayne Allan; Smalley, Dennis Rollette. ***Stereolithographic curl reduction.*** EP0362982 Depósito: 17.04.1989. Concessão: 26 de mar. de 1997.

HULL, Charles William; Lewis, Charles William Van Nuys; Freed, Raymond Samuel; Spence, Stuart Thomas; Vinson, Wayne Allan; Smalley, Dennis Rollette. Stereolithographic curl reduction. EP0362982 Depósito: 17.04.1989. Concessão: 26 de mar. de 1997.

ILIESCU M., Tabeshfar K., Ighigeanu A. & , Dobrescu G., 2009. ***Importance of rapid prototyping to product design***. U.P.B. Sci Bull Series D, 71(2).

KENSKI, Vani Moreira. Educação e tecnologias: o novo ritmo da informação. 8ªedicao - campinas, SP. Editora Papirus, 2012

KRUTH, et al. ***Progress in additive manufacturing and rapid prototyping***. CIRP Annals - Manufacturing Technology, v. 47, n. 1, p. 525-540, 1998. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0007850607632405>. Acesso em: 10 de janeiro de 2020.

KRUTH, et al. Progress in additive manufacturing and rapid prototyping. CIRP Annals - Manufacturing Technology, v. 47, n. 1, p. 525-540, 1998. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0007850607632405>. Acesso em: 10 de janeiro de 2020.

LAKATOS, Eva Maria. Fundamentos de metodologia científica. Marina de Andrade Marconi, Eva. Maria Lakatos. - 5. ed. - São Paulo : Atlas 2003

LAVILLE, Christian ; DIONNE, Jean. **A construção do saber: manual de metodologia da pesquisa em Ciências humanas.** Trad. Heloísa Monteiro e Francisco Settineri. Porto Alegre: Artmed; Belo Horizonte: Editora UFMG, 1999.

LAVILLE, Christian ; DIONNE, Jean. **A construção do saber: manual de metodologia da pesquisa em Ciências humanas.** Trad. Heloísa Monteiro e Francisco Settineri. Porto Alegre: Artmed; Belo Horizonte: Editora UFMG, 1999.

LAVILLE, Christian; DIONNE, Jean. A construção do Saber. Manual de metodologia de pesquisa em ciências humanas. Porto Alegre. Editora Artmed. Belo Horizonte: Editora UFMG,1999. Reimpressão. 2008

LÉVY, P. A Inteligência Coletiva: por uma antropologia do ciberespaço. São Paulo: Edições: Loyola, 1998.

Lidov, I.P., Stochik, A.M.**3d printing of the Bolshoĭ Medical Encyclopedia [O 3-m izdanii Bol'shoĭ meditsinskoĭ ĕntsiklopedii.]** (1972) *Zdravookhranenie Rossiiskoi Federatsii / Ministerstvo zdravookhraneniia RSFSR*, 16 (6), pp. 45-47. **Index Keywords** article, medicine, USSR; Encyclopedias, Medicine, USSR

LOBATO, P. A.; SAMPAIO, I. ; JORGE, C. S. P. ; TANURE, M. G. A. ; JORGE, E. M. F. ; Hugo Saba ; MAGALHAES, A. R. . ANÁLISE DA RELAÇÃO DA CULTURA MAKER, FABLABS E ROBÓTICA EDUCACIONAL NA EDUCAÇÃO. SODEBRÁS, v. 157, p. 60-65, 2019.

LOPES, B.; DE MUŸLDER, C. F.; JUDICE, V. M M. **Inteligência competitiva e o caso de um arranjo produtivo local de eletrônica brasileiro**. Gestão & Planejamento, Salvador, v. 12, p. 1-19, 2011. Disponível em: https://revistas.unifacs.br/index.php/rgb/article/view/1125/1416. Acesso em: 18 ago. 2018.

LUNARDI, G. M. DIREITOS HUMANOS E DESIGUALDADE SOCIAL NA DESIGUALDADE SOCIAL NA ECONOMIA DA INOVAÇÃO. Revista Humanidades e Inovação, Santa Catarina , v. 7, 2020. ISSN 17. Disponivel em: <https://revista.unitins.br/index.php/humanidadeseinovacao/article/view/3778>.

LUNARDI, G. M. DIREITOS HUMANOS E DESIGUALDADE SOCIAL NA DESIGUALDADE SOCIAL NA ECONOMIA DA INOVAÇÃO. Revista Humanidades e Inovação, Santa Catarina , v. 7, 2020. ISSN 17. Disponivel em: <https://revista.unitins.br/index.php/humanidadeseinovacao/article/view/3778>.

MAGALDI, Sandro. Gestão do Amanhã: Tudo o que você precisa saber sobre gestão, inovação e liderança para vencer na 4ª revolução industrial/Sandro Magaldi e José salibi Neto. São Paulo: Editora Gente, 2018.
MAGALDI, Sandro. Gestão do Amanhã: Tudo o que você precisa saber sobre gestão, inovação e liderança para vencer na 4ª revolução industrial/Sandro Magaldi e José salibi Neto. São Paulo: Editora Gente, 2018.

MAGRANI, Eduardo. **Entre dados e robôs: ética e privacidade na era da hiperconectividade**. 2ª. edição. Porto Alegre: Arquipélago Editorial, 2019.

MARQUES, K. **Manufatura aditiva: o futuro do mercado industrial de fabricação e inovação**. EESC-Escola de Engenharia de São Carlos, USP-Universidade de São Paulo, 2014.

MARTINS, V. H. C. (2017) **'Impressão 3D: uma abordagem de produção mais limpa?'.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) – Universidade do Minho, Guimarães/PT. Disponível em: <https://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/46577> Acesso em: 20 de dezembro de 2019.

MAUTORT, R. T. Ambivalence of technological information. Int. Forum Inf. DOC, v. 8, p. 33-35, 1983.

MEDEIROS, Ivan L. de. et al. Revisão Sistemática e Bibliometria facilitadas por um Canvas para visualização de informação. InfoDesign, v. 12, n. 1, p. 93-110, 2015

MONTEIRO, M. T. F. (2015). **A impressão 3d no meio produtivo e o design: um estudo na fabricação de joias**. Dissertação (Mestrado em Design) – UEMG, Belo Horizonte. Disponível em: http://anapaulanasta.com/wp-content/uploads/2015/09/Disserta%C3%A7%C3%A3o-Marc o-T%C3%BAlio-Ferreira-Monteiro.pdf. Acesso em: 20 de dezembro de 2019.

NAÍM, Moisés O fim do poder: nas salas da diretoria ou nos campos de batalha, em Igrejas ou Estados, por que estar no poder não é mais o que costumava ser?/ /Moisés Naím; tradução Luis Reyes Gil . – São Paulo: LeYa, 2013.

OCDE - ORGANIZAÇÃO DE COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO. **Manual de Frascati:** metodologia proposta para levantamentos sobre pesquisa e desenvolvimento experimental. São Paulo: F-INICIATIVAS P+D+I, 2013. 324 p.

Oliveira 2016 (PDF) A RELAÇÃO ENTRE EDUCAÇÃO E DESENVOLVIMENTO. Available from: https://www.researchgate.net/publication/316605914_A_RELACAO_ENTRE_EDUCACAO_E_DESENVOLVIMENTO [accessed Oct 30 2018]

OLIVEIRA, T. (2005). **Um Estudo de Prospecção e de Estratégias de Inovação: O caso dimetil éter (DME) e seu uso como combustível**. Rio de Janeiro, 132 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Química, UFRJ, Rio de Janeiro. Disponível em: https://pt.scribd.com/document/378768674/Dissertacao-Final-Telma-de-Oliveira . Acesso em: 20 de dezembro de 2019.

ORBIT INTELLIGENCE. Disponível em: <https://www32.orbit.com/>. Acesso em: jun. 2019.

OUR WORD IN DATA. Our Word in Data. Our Word in Data, 2019. Disponivel em: <https://ourworldindata.org/>. Acesso em: 4 dez. 2020.

OXFAM INTERNACIONAL. Compensem o trabalho, não a riqueza. Disponível em: https://www.ceapetce.org.br/uploads/documentos/5aa12eebd2e6e6.85931934.pdf

PERUCCHI, Valmira; MÜELLER, Suzana Pinheiro Machado. **Estudo com as patentes produzidas e o perfil dos inventores dos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia.** Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação, Campinas, v.12, n.1, p.191-213, jan/abr. 2014. Disponível em: http://www.sbu.unicamp.br/seer/ojs/index.php/rbc. Acesso em: 20 de dezembro de 2018.

PHAM, D. T., & GAULT, R. S. (1998). ***A comparison of rapid prototyping technologies.*** International Journal of Machine Tools and Manufacture, 38, 1257–1287. Disponível em: http://doi.org/10.1016/S0890-6955(97)00137-5 Acesso em: 20 de dezembro de 2018.

PHAM, D. T., & GAULT, R. S. (1998). ***A comparison of rapid prototyping technologies.*** International Journal of Machine Tools and Manufacture, 38, 1257–1287. Disponível em: http://doi.org/10.1016/S0890-6955(97)00137-5 Acesso em: 20 de dezembro de 2018.

PIKETTY, T. O capital no século XXI. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2014.

PIÑERO, J. M. L. El análisis estatístico y sociométrico de Ia literatura científica. Valencia: Facultad de Medicina, 1972. p. 82.

Relatório de economia criativa 2010 : economia criativa uma, opção de desenvolvimento. – Brasília : Secretaria da Economia Criativa/Minc ; São Paulo : Itaú Cultural, 2012. 424 p https://unctad.org/pt/docs/ditctab20103_pt.pdf

RELVAS, Carlos. 2018. **O Mundo da Impressão 3De o Fabrico Digital**. Engebook

ROAM, D. Desenhando negócios: como desenvolver ideias com o pensamento visual e vencer nos negócios. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

SANTAELLA , Lucia **Comunicação e pesquisa: projetos para mestrado e doutorado**. São Paulo: Hacker Editores, 2001,

SANTAELLA, Lúcia, “O que é a Semiótica”, São Paulo, Editora Brasiliense, 1985;

SANTOS, R. N. M. D. Produção Científica: por que medir? O que medir? Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação, Campinas, 1, 2003. Disponivel em: <https://brapci.inf.br/index.php/res/v/39961>.

SCHULTZ, T. W. O capital humano: investimentos em educação e pesquisa. R. Janeiro: Zahar, 1973.

SCHULTZ, Theodore W. O valor econômico da educação. Tradução de P. S. Werneck, revisão técnica de Calógeras A. Pajuaba, 2 ed. Rio de Janeiro: Zahar, 1973.

SCHULTZ, Theodore W., Investindo no povo. Tradução de Élcio Gomes de Cerqueira. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1987. Disponível em: http://www.snom.mb.tu-dortmund.de/cms/de/forschung/Arbeitsberichte/Design-Principles -for-Industrie-4_0-Scenarios.pdf. Acesso em: 10 de dezembro de 2019.

SCHULTZ, Theodore W., O Capital Humano: Investimentos em Educação e Pesquisa. Tradução de Marco Aurélio de Moura Matos. Rio de Janeiro: Zahar, 1973.

SCHUMPETER,J.A. **A teoria do desenvolvimento econômico**. São Paulo: Nova Cultural, 1988.

SCHWAB, Klaus Schwab - A Quarta Revolução Industrial. São Paulo: Edipro. 2016. ISBN: 9788572839785, p.186.

SCHWAB, Klaus Schwab - A Quarta Revolução Industrial. São Paulo: Edipro. 2016. ISBN: 9788572839785, p.186.

SCHWAB, Klaus. **A Quarta Revolução Industrial**. 1ª. edição. São Paulo: Edipro. 2016.

SCHWAB, Klaus. A Quarta Revolução Industrial. 1ª. edição. São Paulo: Edipro. 2016.

SCOPUS. SCOPUS (Elsevier). SCOPUS, 2019. Disponivel em: <www.scopus.com.>. Acesso em: 03 ago. 2019.

SEMANTIC ANALYSIS EXPERT. Internet, 2019. Disponível em: https://www.my-sae.com/ Acesso em: 2 jul. 2019.

SENTIDOS E CONTORNOS DA INOVAÇÃO NA EDUCAÇÃO NOGARO* e C. BATTESTIN Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI) narnaldo@uri.edu.br

SEO-ZINDY, R.; HEEKS, R. Researching the emergence of 3D printing, makerspaces, hackerspaces and fablabs in the global south: A scoping review and research agenda on digital innovation and fabrication networks. The Electronic Journal of Information Systems in Developing Countries, 2017. 1-24.

SMITH, A. et al. Grassroots Innovation Movements. [S.l.]: [s.n.], 2017.

SOUZA, J. G. D.; SPINOLA, N. D. MEDIDAS DO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO. Revista de Desenvolvimento Econômico – RDE, Salvador, 1, abr. 2017. 78 – 113. Disponivel em: <https://revistas.unifacs.br/index.php/rde/article/view/4697/3155>. Acesso em: 01 set. 2019.

SPINAK, Ernesto. Indicadores cienciometricos. Ci. Inf., Brasília , v. 27, n. 2, p. nd, 1998 . http://dx.doi.org/10.1590/S0100-1965199800020000

STEWART, T. A. Capital intelectual – A nova vantagem competitiva das empresas. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

STIGLITZ, Joseph E.; SEN, Amartya; FITOUSSI, Jean-Paul. Relatório da Comissão sobre a Mensuração de desempenho Econômico e Progresso Social. Tradução Sesi/PR. Curitiba:Sesi/PR, 2012. Disponível em: <

TAKAGAKI, L. K. CAPÍTULO 3. Tecnologia de Impressão 3D. Revista Inovação Tecnológica, São Paulo, v. 2, n. 2, p. 28 - 40, dez 2012.

Tomalty, R. (2014). Ours Is Better Than Yours. Alternatives Journal, 40(2), 18–22. Disponivel em: https://www.alternativesjournal.ca/science-and-solutions/ours-better-yours. Acesso em: 21 de Dezembro de 2018.

UNIVERSIDADE CORNELL, INSEAD E OMPI. Global Innovation Index. Ithaca, Fontainebleau e Genebra. 2019.

VIEIRA, Érica Pinheiro. **Produção digital de maquetes arquitetônicas: um estudo exploratório** / Érica Pinheiro Vieira.--Campinas, SP: [s.n.], 2007

VOLPATO, N. Ed. Prototipagem Rápida: tecnologias e aplicações. Edgard Blucher, 1 st. Ed. 2007.

WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION - WIPO – PATENTSCOPE. Disponível em: <https://patentscope.wipo.int/search/pt/search.jsf >. Acesso em: 06 jun. 2019.

Young Foundation (2012), “Social innovation overview: Part I – Defining social innovation”, a deliverable of the project “The theoretical, empirical and policy foundations for building social innovation in Europe” (TEPSIE), European Commission, Brussels, http://youngfoundation.org/wpcontent/uploads/2012/12/TEPSIE.D1.1.Report.DefiningSocialInnovation.Part-1-defining-socialinnovation.pdf.