

Impressão 3D: imaginários sociais e configuração socioinstitucional

RESUMO

Essa pesquisa analisa a emergência da impressão 3D à luz da configuração socioinstitucional e dos imaginários difundidos por meio do Jornal da Ciência (JC). Os resultados obtidos por meio da consulta a órgãos públicos, como Ministério da Indústria, Comércio Exterior e de Serviços (MDIC), indicam a existência de uma agenda de indústria 4.0, que apoia a emergência e consolidação da impressão 3D no Brasil. A configuração socioinstitucional dessa tecnologia é estimulada principalmente por atores governamentais. No entanto, no que se refere aos imaginários difundidos no JC, foram identificados poucos artigos que abordam as promessas da impressão 3D e as matérias em grande parte foram publicadas por agências de comunicação de instituições de C&T que descrevem experimentos bem sucedidos, associados a fabricação de implantes personalizados para pessoas com necessidades especiais, fato que sugere que essa tecnologia contribui para a qualidade de vida e não está relacionada apenas à ganhos industriais e em competitividade.

PALAVRAS-CHAVE: Impressora 3D. Imaginários. Artefato. Tecnologia Emergente.

Eduardo Avancchi Dionisio
avancchi.eduardo@gmail.com
Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Política Científica e Tecnológica.

Roberto André Polezi
betopolezi@gmail.com
Mestre em Educação.

INTRODUÇÃO

A 4ª revolução industrial, supostamente em curso, teria a internet como principal plataforma, pois permitiria a fusão entre o mundo físico, digital e biológico por meio de tecnologias emergentes, como: a manufatura aditiva (impressão 3D), a inteligência artificial (IA), a internet das coisas (IoT), a biologia sintética (SynBio) e os Sistemas Ciber Físicos (CPS). Essas tecnologias permitiriam a flexibilidade da cadeia de produção, com informações disponíveis em tempo real para fornecedores, clientes e consumidores (SCHWAB; MIRANDA, 2016). Em outras palavras, a integração da base digital ao nível da produção, permite que a manufatura se torne mais flexível e individualizada, por outro lado, se torna menos intensiva em trabalho (DAUDT; WILLCOX, 2016).

Tecnologias emergentes, rotuladas como revolucionárias, tanto para a indústria quanto para o modo de vida atual, ganharam espaço nas agendas políticas de ciência, tecnologia e inovação (PCTI) e na mídia, carregando diversas visões, sobretudo, otimistas de uma indústria digital. Trata-se de visões revolucionárias não apenas de viés tecnológico, mas com ênfase nos aspectos socioculturais. O debate sobre a incorporação das tecnologias emergentes ainda é recente, alguns trabalhos proeminentes como relatório intitulado *“Manufacturing the future: the next era of global growth and innovation”*, publicado em 2012 pela McKinsey (JAMES MANYIKA et al., 2012) e o documento da OECD (2015), denominado *“Enabling the next production revolution: issues paper”*, enfatizam as tendências globais da indústria, a natureza revolucionária das tecnologias emergentes e seu papel na transformação da atividade manufatureira.

As estratégias ou políticas de i4.0, são baseadas em tecnologias habilitadoras, como impressão 3D, nanotecnologia, entre outros. EUA e Alemanha incorporaram a manufatura avançada em suas respectivas agendas de PCTI no início da década de 2010. Com a Alemanha buscando o mercado europeu e enfatizando as áreas de energia, saúde, mobilidade, segurança e comunicação. Enquanto, os Estados Unidos, por meio de compras públicas enfatizou os setores de defesa, energia e saúde (DAUDT; WILLCOX, 2016).

O Brasil incorporou essa tendência apenas em 2017, criando um grupo de trabalho para formular uma proposta de agenda nacional para a Indústria 4.0, que foi lançada em 18 de março 2018, no Fórum Econômico Mundial, com o Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC), em parceria com a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), trata-se de um conjunto de medidas para auxiliar a i4.0, buscando aumentar a produtividade, reduzir os custos, permitir a customização da produção e consequentemente transformações profundas na indústria nacional (MDIC, 2018).

As visões utópicas sobre as transformações socioeconômicas geradas pela 4ª revolução industrial, buscam demarcar e legitimar as agendas de pesquisas associadas ao desenvolvimento de tecnologias emergentes, assim como a incorporação dessas tecnologias nas PCTI. A impressão 3D é vista como um campo revolucionário para a saúde e para a melhoria da qualidade de vida, pois permite a criação de próteses sob medida e implantes de liga de titânio para pacientes que perderam ossos após acidentes ou doenças (ERENO, 2015). Os potenciais benefícios do uso das impressoras 3D justificam o financiamento em pesquisas e na aquisição e construção de equipamentos.

Diante do exposto, esse artigo propõe analisar a emergência da impressão 3D à luz da configuração socioinstitucional descrita por Geels (2002) e a partir das visões sobre a impressão 3D difundidas por meio do Jornal da Ciência (JC) publicado pela Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC). Dessa maneira, a motivação para esse ensaio é indagar o papel dos pesquisadores brasileiros e agências de comunicação de instituições de C&T na formulação das visões sobre impressão 3D que para legitimar essa tecnologia como um novo campo de pesquisa perante seus pares e perante ao governo como um novo paradigma industrial a ser incorporado na PCTI do país. O JC é uma fonte privilegiada de disseminação de informações e opiniões sobre ciência e tecnologia (C&T). O JC possui mais

de 10 mil subscritores que são em sua maioria, pesquisadores, docentes e estudantes vinculados a programas de pós-graduação.

Noela Invernizzi (2008), autora da pesquisa intitulada “*visions of Brazilian scientists on nanosciences and nanotechnologies*” publicada na revista *NanoEthics*, fez uso do Jornal da Ciência para identificar a visão das agências e instituições de C&T, dos cientistas e formuladores de política brasileiros sobre as promessas da nanotecnologia. A autora argumenta que, embora o JC não se constitua como um periódico científico *peer-reviewed*, é um meio de informação e discussão relevante para a comunidade científica brasileira. As várias edições contêm artigos sobre C&T tomados da imprensa, informações gerais sobre novas tecnologias, informações de agências de CTI e artigos de opinião enviados por pesquisadores.

TECNOLOGIAS EMERGENTES E CONFIGURAÇÕES SOCIOINSTITUCIONAIS

A literatura não apresenta uma definição amplamente aceita sobre tecnologia emergente, normalmente um pesquisador define uma tecnologia como emergente de acordo com seu grau de novidade e potencial impacto socioeconômico, por outro lado, uma tecnologia emergente não precisa ser disruptiva, nesse caso, pode ser uma extensão de uma tecnologia existente. Comumente, as tecnologias são agrupadas sob “rótulos genéricos”, como biotecnologia, nanotecnologia, i4.0, entre outros (ROTOLO; HICKS; MARTIN, 2015).

As tecnologias agrupadas em tais “rótulos” podem originar aplicações significativamente pervasivas à diversos setores econômicos e alterar drasticamente o modo de vida. As tecnologias emergentes poderiam ser analisadas de forma separada, dando-lhes diversos atributos sociotécnicos, como dificuldades técnicas, atores envolvidos, instrumentos políticos, aplicações, riscos e incerteza. (ROTOLO; HICKS; MARTIN, 2015). Uma tecnologia emergente pode ser definida como:

Uma tecnologia radicalmente nova e de crescimento relativamente rápido caracterizada por um certo grau de coerência persistente ao longo do tempo e com potencial de exercer um impacto considerável no(s) domínio(s) socioeconômico(s) observado(s) em termos de composição de atores, instituições e padrões de interações entre aqueles, justamente com os processos associados a produção de conhecimento. Seu impacto mais proeminente, no entanto, está no futuro e, assim na fase de emergência, ainda é um tanto incerto e ambíguo (ROTOLO; HICKS; MARTIN, 2015, p. 1833).

As tecnologias que caracterizaram a II Revolução Industrial, como o motor à combustão interna, os processos químicos de produção de aço, a eletricidade e a refrigeração, são exemplos de tecnologias emergentes, intensivas em ciência que se caracterizam pelas interfaces em diferentes campos, assim como a difusão para diferentes indústrias e alterações nas relações sociais.

A configuração ou sistema socioinstitucional é fundamental para a consolidação de uma tecnologia emergente. Normalmente os novos artefatos enfrentam dificuldades de aceitação, pois os elementos que constituem um sistema socioinstitucional (regulamentações, existência de infraestrutura, práticas de usuário, redes de manutenção, entre outros) estão significativamente alinhados com a tecnologia anterior (FREEMAN; PEREZ, 1988).

Nesse âmbito, os construtores de sistemas (infraestruturas) têm um papel fundamental no que se refere a consolidação de tecnologias. Por exemplo, Thomas Edison não forneceu eletricidade ou apenas um dispositivo isolado (lâmpada), mas sim, um serviço/infraestrutura de iluminação. Da mesma forma, a computação digital não decolou até que empresas como Univac e IBM deixassem de fornecer apenas microprocessadores,

para fornecer sistemas completos que incluíam dispositivos de armazenamento de massa, dispositivos de entrada e saída, além de treinamento, *software* e outras formas de suporte aos usuários. O papel das agências governamentais foi fundamental para a construção das infraestruturas de computação digital, por exemplo, as forças militares dos EUA, foram as principais apoiadoras de pesquisas em computação digital, principalmente por meio da encomenda tecnológica de sistemas de defesa área (EDWARDS et al., 2007). A medida em que um sistema se desenvolve são incorporados elementos como capital financeiro, representação legal, gestão das relações políticas e regulamentações (KAUISER, 2003).

Além da existência de infraestruturas que possibilitem a implementação e consolidação de tecnologias emergentes, o *design* dos novos artefatos é essencial para atrair diferentes grupos de usuários. Por exemplo, os primeiros computadores utilizavam interface em modo texto, portanto, sua utilização era limitada à usuários treinados. Quando surgiram os primeiros computadores pessoais, os fabricantes identificaram a necessidade de criação de sistemas operacionais mais amigáveis aos usuários não treinados, para tanto, criaram interfaces gráficas e mais adequadas aos leigos. No entanto, a opção por um determinado design em vez de outro, pode implicar em limitações futuras, por exemplo, o sistema operacional Windows e o teclado QWERTY, representam designs adotados no passado que limitam opções futuras de novos sistemas operacionais e padrões de teclados (EDWARDS et al., 2007).

Por fim, a escolha e a modelagem das tecnologias emergentes também é o resultado de diferentes visões sociais, engenheiros, consumidores/grupos de usuários, cientistas e fabricantes influenciam o desenvolvimento dos artefatos, assim como as forças de mercado e as necessidades e demandas dos consumidores (BIJKER; HUGHES; PINCH, 1990; HUGHES, 1990). Por exemplo, os cientistas vêm ganhando visibilidade desde o término da II Guerra Mundial, em partes, devido aos avanços tecnocientíficos que criaram a ideia de que a ciência é o motor do progresso. Nesse período, os Estados nacionais, principais financiadores da ciência, encarregavam os conselhos de pesquisa da tarefa de formular a PCTI, no entanto, os conselhos confiavam aos cientistas essas decisões, pois eram vistos como os únicos profissionais capazes de definir os rumos da PCT (VELHO, 2011).

IMPRESSÃO 3D

A impressão 3D é *“uma tecnologia aditiva usada para fazer objetos sólidos tridimensionais em camadas a partir de um arquivo digital sem a necessidade de um molde ou ferramenta de corte”* (KUBÁČ; KODYM, 2017, p. 1). A impressão 3D ocorre por meio de softwares do tipo CAD (*computer aided design* – desenho auxiliado por computação) que quando inseridos em uma impressora 3D convertem um projeto em um objeto tridimensional, que é então cortado em diversas dimensões bidimensionais planas, onde são depositadas camadas de materiais que dão origem a um produto tridimensional acabado (BERMAN, 2012).

A impressão 3D (daqui para frente, simplesmente “i3D”) promete ter impacto altamente disruptivo, principalmente na configuração das cadeias de suprimentos globais, devido ao seu potencial de reduzir os custos da cadeia de suprimentos, por meio da eliminação das necessidades de produção em escala e a possibilidade de emprego de trabalho desqualificado (JANSSEN et al., 2014). Dentre as principais promessas, estão aquelas associadas a possibilidade de produção (impressão) sob demanda, eliminação dos estoques, dos custos de aquisição de suprimentos, montagem e distribuição de produtos acabados e, por fim, a personalização de produtos (KUBÁČ; KODYM, 2017).

Diferentemente das visões utópicas dos impactos da i3D nas cadeias globais de suprimentos e na infraestrutura da indústria, a história do desenvolvimento desse processo é marcada pela produção de aplicações médicas, incluindo ortopédicas e odontológicas, assim como a fabricação de próteses e implantes sob medida para pessoas com necessidades especiais. A Tabela 1 apresenta a cronologia do desenvolvimento da i3D,

processo criado em 1984 para a fabricação de modelos de teste tridimensionais que evoluiu ao longo dos anos para uma forma de manufatura adequada para processos simples como modelagem de joias como para processos mais complexos como fabricação de componentes utilizados em aeronaves.

Quadro 1 – Cronologia da i3D

Ano/eventos associados a impressão 3D
1984: Invenção da estereolitografia, um processo de impressão que permite que um objeto 3D tangível seja criado a partir de dados digitais
1992: A primeira impressora 3D é produzida pela 3D Systems.
1999: O primeiro órgão com suporte impresso em 3D é criado em laboratório e implantado em seres humanos
2002: Cientistas projetam um rim funcional em miniatura que é capaz de filtrar sangue e produzir urina diluída em um animal.
2005: Fundação da RepRap, iniciativa de código aberto para construir uma impressora 3D auto-replicadora
2006: RepRap lança a Darwin, primeira impressora auto-replicadora, capaz de imprimir a maioria de seus próprios componentes. No mesmo ano, a primeira pessoa caminha com uma perna protética impressa em 3D, com todas as partes impressas em uma estrutura complexa.
2009: A Organovo imprime o primeiro vaso sanguíneo.
2010: Engenheiros da universidade de Southampton projetam a primeira aeronave impressa em 3D do mundo.
2011: A <i>Kor Ecologic</i> apresenta um protótipo de carro impresso em 3D.
2012: Na Holanda, médicos e engenheiros usam uma impressora 3D para produzir uma mandíbula protética 3D personalizada para uma idosa que sofre de infecção óssea crônica.

Fonte: adaptado Troweprice (2013)

A ideia de i3D como processo revolucionário de manufatura contrasta com a customização em massa. Os defensores desse novo método de produção argumentam que a i3D, assim como a customização em massa possibilita a fabricação de produtos personalizados em pequenas escalas. Ainda que ambos os processos possam fazer lotes de escala limitada e partilhar outros benefícios, ambas as técnicas são significativamente distintas em relação a tecnologia de manufatura e pré-condições de logística (BERMAN, 2012).

A customização em massa depende de alocação de diferentes peças disponibilizadas por fornecedores específicos, como peças pré-montadas e modulares ou estratégias de diferenciação posteriores (BERMAN, 2012). Por exemplo, empresas de computadores, como a brasileira Avell, personalizam *notebooks* de acordo com as especificações de cada cliente, itens como placas de vídeo, processador, disco rígido, teclado, memória e cores, entre outros, são montados de acordo com as preferências dos clientes (ver <https://avell.com.br/>).

Na customização em massa diversos componentes são adicionados em um produto pré-acabado, no entanto, como esses componentes são oriundos de diversos

fornecedores, essa forma de produção exige integração significativa da cadeia de suprimentos. Enquanto, a i3D utilizando *softwares* do tipo CAD e da fabricação aditiva é capaz de imprimir objetos por meio da fusão por meio de laser, de diversos recursos que podem ser adquiridos de fornecedores de plásticos, resinas, superligas, entre outros (BERMAN, 2012).

Ao contrário da customização em massa que comumente exige equipes e atenção constante, a produção por meio da i3D é automatizada e por utilizar *softwares* CAD, necessita apenas das especificações dos produtos que serão reproduzidos, nas palavras do diretor executivo da 3D Systems Inc., *“tudo o que você precisa fazer é carregar um arquivo e replicar formas que não são fabricáveis por métodos tradicionais [...] Eu chamo de fábrica flexível em uma caixa”* (ALPERN, 2010, p. 3–4). Essa afirmação, permite identificar um imaginário social sobre a impressão 3D, especificadamente sobre o artefato impressora 3D, que na visão do referido diretor, seria uma fábrica flexível, porém compacta.

As principais diferenças entre essas duas formas de produção estão associadas a natureza dos produtos fabricados pela customização em massa e a i3D. A primeira, é aplicada em produtos que exigem diversos componentes, como computadores, relógios, janelas, sapatos e jeans. Enquanto a i3D produz protótipos, maquetes, peças de reposição, coroas dentárias e membros artificiais, esses produtos utilizam materiais únicos. Diferentemente dos processos de modelagem por injeção que requerem moldes significativamente caros, a produção por i3D não requer ferramentas, moldes ou punções, seus custos são fixos e baixos, sendo economicamente eficiente para produção em pequena escala, possibilitando o atendimento a pedidos personalizados e a nichos de mercado (BERMAN, 2012).

Enquanto as tecnologias subtrativas, baseadas em máquinas de corte de eixos múltiplos que entalham plásticos e metais em diferentes formas, a impressão 3D gera um volume inferior de resíduos, uma vez que não é necessário a moagem, fresagem ou lixamento não são gerados refugos. Dependendo do material utilizado, os resíduos são reduzidos em até 40% em comparação com as técnicas de usinagem/subtração. A impressão 3D também é ecológica, pois de 95 a 98% dos resíduos podem ser reciclados (PETROVIC et al., 2011). No entanto, ainda que a impressão 3D agilize a fabricação de produtos que a modelagem por injeção ou subtração, grandes volumes de produção não possibilitam a redução dos custos variáveis por peças (BERMAN, 2012). Por outro lado, produzir variantes distintas ou idênticas de um mesmo produto implicam no mesmo preço, portanto, a economia de escala da produção em série não se aplica (THILMANY, 2009, p. 39).

METODOLOGIA

Para alcançar os objetivos propostos, esse artigo adotou 3 etapas. A primeira etapa trata da análise da configuração socioinstitucional para a emergência e consolidação da i3D no Brasil. Como sua agenda nacional de apoio foi lançada apenas em 2018, essa tecnologia ainda não foi consolidada no país e as informações ainda foram pouco difundidas, dessa maneira, para identificar os atores e configuração socioinstitucional esse ensaio se baseou no estudo de Geels (2002) que aborda a transição da tecnologia de transporte sob a perspectiva dos atores necessários para a consolidação de um artefato/tecnologia, como indústria de apoio, instituições de pesquisa, grupos sociais, grupos de usuários e redes financeiras. No caso da impressão 3D, para identificar os atores que fazem parte da configuração socioinstitucional, foram utilizados como referencial teórico: a agenda de indústria brasileira 4.0 (<http://www.industria40.gov.br>) e o relatório intitulado “perspectivas de especialistas brasileiros sobre oportunidades e desafios para a manufatura avançada no Brasil” (MDIC, 2016) que cita os atores envolvidos na consolidação de tecnologias associadas a i4.0 (i4.0), como a impressão 3D.

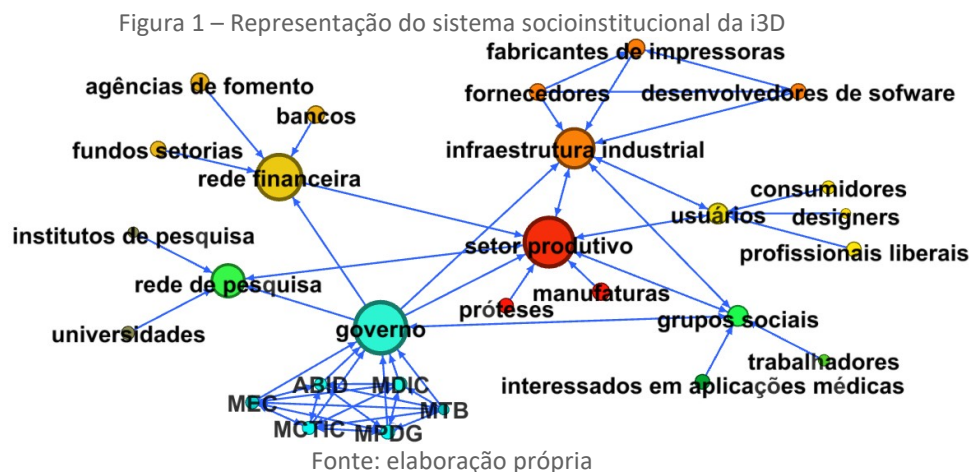
A segunda etapa trata da coleta de dados: foi realizado um levantamento de matérias publicadas pelo JC (<http://www.jornaldaciencia.org.br>) com os termos “impressão 3D”, “impressão tridimensional”, “impressora 3D” e “impressora tridimensional” entre maio e junho de 2018. Com essas matérias, foi estruturado um banco de dados considerando 5 variáveis (assunto principal, fonte/autor da matéria, benefícios associados a i3D, principal campo de aplicação da tecnologia, principais razões que justificam o apoio a i3D, principais condições para o desenvolvimento da impressão 3D no Brasil e, por fim, dificuldades para a consolidação da tecnologia de i3D no Brasil).

A terceira etapa trata da análise das matérias publicadas pelo JC: por meio dos artigos publicados no referido jornal, foi possível analisar as visões e promessas da i3D. Foram identificadas 36 matérias que abordavam de alguma forma a tecnologia emergente em questão, fato que revela o grau de novidade da i3D para a comunidade científica brasileira (a título de comparação, Invernizzi (2008) identificou mais de 200 matérias sobre nanotecnologia). Por fim, uma análise descritiva das matérias é apresentada na subseção 4.1, denominada visões sobre i3D.

RESULTADOS

Nessa seção, serão apresentados os principais resultados do artigo. Inicialmente trataremos dos atores e da configuração socioinstitucional para consolidação da i3D no Brasil, posteriormente, abordaremos as visões sobre essa tecnologia.

Embora o processo de i3D date de meados da década de 80, a incorporação dessa tecnologia e das demais tecnologias associadas a i4.0 nas agendas de PCTI dos países desenvolvidos, datam do início da década de 2010. No Brasil, a i4.0 foi incorporada as políticas públicas apenas em 2018. Utilizando Edwards et al. (2007) e Geels (2002) como ponto de partida, essa subseção busca descrever os elementos socioinstitucionais que apoiam a emergência da i3D no Brasil, os quais são representados na Figura 1.



Os principais atores institucionais são o MDIC e a ABID. O MDIC juntamente com o Ministério da Fazenda (MF), Ministério do Trabalho e do Emprego (MTB), Ministério da Educação (MEC), Ministério da Saúde (MS) e Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão (MPDG) e Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicações (MCTIC). Cabe aos respectivos ministérios a definição de orientações de políticas públicas, articulação e patrocínio institucional, validação de medidas e monitoramento estratégico. Enquanto, à ABDI cabe a mobilização e articulação operacional da agenda da indústria 4.0 (Agenda i4.0), acompanhamento das medidas e monitoramento das métricas de resultado, promoção e divulgação da Agenda i4.0.

O MEC e o MTB são atores institucionais associados a educação e capacitação. O MEC é responsável pela capacitação dos professores universitários, estudantes e infraestruturas universitárias, enquanto o MTB mapeará as competências necessárias para adaptar os trabalhadores para atuarem na i4.0.

O MPDG e o MCTIC fornecem mecanismos de financiamento para aquisição de equipamentos e modernização das empresas. Fundos setoriais e agências de fomento como FINEP oferta crédito para o desenvolvimento de projetos inovativos e incorporação de tecnologias, por meio da aquisição de bens intensivos em capital. Bancos públicos e privados como o BNDES e o BASA (Banco da Amazônia S/A) ofertam linhas de crédito para a modernização do setor produtivo.

Apesar da existência de atores institucionais que regulam as novas tecnologias e instrumentos de apoio, uma tecnologia emergente, como a i3D não se consolidará sem a construção de sistemas ou infraestruturas. Dessa maneira, para a incorporação da manufatura aditiva pelas empresas, se faz necessário à aquisição de equipamentos, isto é, impressoras 3D, as quais são fornecidas por fabricantes de impressoras, no entanto, ainda que existam iniciativas locais em termos de fabricação de impressoras 3D, os principais fabricantes, como Stratasys, EOS, HP, GE Additive, 3D Systems, Monoprice, XYZprinting, Wanhao, Ultimaker e Winplus estão localizados no exterior.

Outro elemento fundamental em uma infraestrutura, são os fornecedores de suprimentos, como plásticos, resinas, ligas, entre outros. Sem fornecedores desses componentes, o setor produtivo não poderá transitar para a manufatura aditiva baseada em i3D. Por fim, os desenvolvedores de *software* são fundamentais para o funcionamento das impressoras 3D, pois possibilitam a tradução de projetos em produtos tridimensionais.

Os elementos presentes na infraestrutura industrial fornecem *softwares*, insumos e maquinário para o setor produtivo, representado por manufaturas que oferecem customização em massa, protótipos e peças de reposição. Além das manufaturas, fabricantes de próteses, de aplicações odontológicas e de outras soluções médicas, também seriam impactados pela i3D, uma vez que a referida tecnologia permite a redução dos resíduos, assim como a produção de itens personalizados as características de cada indivíduo.

Por fim, grupos sociais e de usuários também seriam impactados pela i3D. Os grupos sociais são representados por trabalhadores do setor manufatureiro (que seriam os principais afetados pela mudança tecnológica) e por pessoas interessadas em aplicações médicas, como indivíduos que necessitam de próteses. Os grupos de usuários são representados por consumidores das aplicações da i3D, *designers* e profissionais liberais, como dentistas e protéticos. Devido a novidade dessa tecnologia, ainda não foram identificados focos de resistência à incorporação da i3D nas empresas, uma vez que a transição para uma tecnologia emergente poderia resultar em desemprego, dessa maneira, os sindicatos não foram incorporados no modelo representativo da Figura 1.

A Tabela 2 apresenta os principais aspectos identificados em relação as reportagens sobre i3D publicadas no JC.

Quadro 2 – Matérias sobre i3D publicadas no Jornal da Ciência

Ano/informação contida na reportagem	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Assunto principal								
Informações sobre eventos, cursos, feiras, anúncios	1		1	1	4		6	
Informações gerais sobre impressão 3D e suas aplicações		1		3	1	4	1	4
Políticas de CTI e financiamento							1	4
Fonte de informação								
Comunicados de instituições e organizações de C&T	1		1	3	4	4	7	6
Companhias brasileiras ou localizadas no Brasil				1	1			2
Outras (ONGs, ativistas, políticos, entre outros)		1					1	
Potenciais benefícios								
Artigos que não abordam o assunto				2	4		5	1
Saúde e qualidade de vida	1			1	1		1	2
Fortalecimento e competitividade da indústria							1	3
Fabricação de novos materiais e/ou produtos		1	1	1		3	1	1
Fabricação de produtos e eliminação dos desperdícios						1		1
Principal campo de aplicação								
Campo de aplicação não especificado				2	4	1	6	6
Robótica							1	
Saúde	1			1	1	1	1	2
Automotivo						1		
Bioeconomia						1		
Petróleo e gás				1				
Engenharia		1	1					
Razões para apoiar a tecnologia								
Artigos que não abordam o assunto	1		1	4	4	1	7	3
Fortalecimento e competitividade da indústria						1	1	4
Aplicações médicas/ Qualidade de vida					1	1		1
Desenvolvimento econômico		1				1		
Condições para o desenvolvimento da tecnologia								
Artigos que não abordam o assunto	1		1	4	5	4	7	6
Políticas de CTI e financiamento a P&D		1						1
Cooperação em pesquisa							1	1
Principais dificuldades								
Artigos que não abordam o assunto	1	1	1	4	5	3	8	5
Capacidade empresarial de absorção de tecnologias emergentes						1		2
Dificuldade de inovação na indústria nacional								1

Fonte: elaboração própria

Foram analisadas matérias sobre i3D publicadas entre 2011 e 2018. Foram identificadas 36 matérias que abordavam a temática de i3D, sendo que nos três primeiros anos, o número de publicações é significativamente esporádico, no entanto, a partir de

2014, o número de artigos publicados por ano começa a aumentar. Esse pico corresponde a um momento decisivo da formulação de PCTI para a área de i4.0 em países como Alemanha, Estados Unidos e China, fato, que justifica o interesse das instituições e organizações de C&T sobre os potenciais benefícios da i3D e a necessidade de apoiar essa forma de manufatura para fortalecer e aumentar a competitividade da indústria nacional.

Os principais assuntos abordados estavam relacionados a informações sobre eventos, cursos, feiras e anúncios; e, informações gerais sobre i3D e suas aplicações, em menor medida, foram identificadas 6 artigos cujo assunto principal estava associado a políticas de CTI e financiamento para i4.0, em especial, i3D. A maioria dessas reportagens era de autoria de agências de comunicação de instituições e organizações de C&T, não foram identificados artigos de autoria de pesquisadores, estudantes ou formuladores de políticas.

Devido à ausência de artigos elaborados por pesquisadores e formuladores de políticas, notamos que esse campo não é defendido por esses indivíduos no JC, apenas por institutos e organizações de C&T, as quais, foram as principais responsáveis por artigos cujo assunto principal abordava a questão da PCTI e instrumentos de financiamento a i3D.

Em sequência, foram identificados nos artigos analisados, os potenciais benefícios da i3D, os quais podem em três categorias. A primeira inclui a fabricação de novos materiais e/ou produtos por meio da impressão 3D. A segunda categoria trata das aplicações médicas da i3D, enquanto a terceira aborda os benefícios associados ao fortalecimento e competitividade da indústria nacional. No entanto, a maioria das matérias publicadas no JC não associam a i3D a um benefício específico. Por outro lado, embora apenas 6 artigos tratem aplicações médicas como benefício da manufatura aditiva, a maioria dos artigos que especificam um campo de aplicação está associado a área de saúde. Matérias cujo campo principal era engenharia, robótica, bioeconomia, petróleo e gás, também foram identificadas.

Foram identificados 6 artigos no campo da saúde e 7 aplicações associadas a saúde e qualidade de vida, dentre as promessas associadas a tecnologia emergente de impressão 3D, destacasse: *“método usa impressão 3D para produzir grupos uniformes que podem ser base para futura fabricação de órgãos”* (JCNOTÍCIAS, 2015). Considere outro exemplo de promessa da impressão 3D:

Usando uma combinação de impressão 3D com cultura de células, cientistas da academia chinesa de medicina conseguiram, pela primeira vez, construir orelhas e transplantá-las em cinco crianças nascidas com uma deformidade congênita conhecida como microtia. O feito, que pode revolucionar o tratamento da condição que afeta um em cada 5 mil nascimentos, foi realizado com a coleta de células cartilaginosas do próprio paciente, que foram cultivadas numa estrutura tridimensional da orelha saudável (JCNOTÍCIAS, 2018, p. 1).

Outro exemplo de promessa associada aos órgãos: *“após impressões bem sucedidas, utilizando células tronco humanas, realizadas por cientistas da Universidade Heriot-Watt, na Escócia, os pesquisadores esperam que, agora, possam imprimir órgãos humanos em 3D”* (JCNOTÍCIAS, 2013).

Apesar das promessas revolucionárias estarem associadas a saúde, a maioria das matérias justifica que a i3D deve ser apoiada para o fortalecimento e competitividade da indústria nacional. Em sequência, o apoio a essa tecnologia emergente é justificado por suas promessas de melhoria das soluções médicas e de qualidade de vida, por fim, deve ser apoiada para o desenvolvimento econômico. No entanto, a maioria das matérias publicadas no JC não apresentam razões para o apoio a i3D.

Por fim, foram identificados nos artigos analisados, as principais condições para o desenvolvimento da i3D no Brasil e as dificuldades para a consolidação dessa tecnologia emergente no país. As condições para o desenvolvimento dessa tecnologia foram

agrupadas em dois grupos, o primeiro se refere a necessidade de políticas de CTI e financiamento, enquanto o segundo aborda a necessidade de cooperação em pesquisa, entre o setor produtivo e as universidades/institutos de pesquisa. No que se refere as dificuldades para a consolidação da i3D no Brasil, a maioria dos artigos não abordam nenhum entrave, no entanto, foram identificados 2 grupos, o primeiro cita as dificuldades do setor empresarial em absorver tecnologias emergentes, enquanto o segundo grupo menciona a baixa proporção de inovação na indústria nacional como fator limitante para a consolidação da i3D.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho buscou analisar as visões sobre a emergência da impressão 3D à luz da configuração socioinstitucional e das visões sobre a impressão 3D difundidas por meio do *Jornal da Ciência*.

Os principais atores responsáveis pela emergência dessa tecnologia e que buscam sua consolidação no setor produtivo, são as autoridades governamentais, representadas pelo MDIC e ABDI, órgãos que lançaram uma agenda de i4.0, que introduz incentivos para que o setor produtivo modernize suas instalações, por meio da aquisição de impressoras 3D. As autoridades governamentais buscam atender grupos sociais, como os trabalhadores para adequá-los ao novo paradigma tecnológico, por meio do treinamento de professores e adequação das instalações universitárias para utilização dessa nova tecnologia. Outro aspecto presente para a consolidação dessa tecnologia é a existência de uma infraestrutura de apoio, constituída por fornecedores, desenvolvedores de software e fabricantes de impressoras 3D. No entanto, os principais fabricantes de impressoras em escala, estão localizados no exterior, portanto, para adequar o sistema socioinstitucional para consolidar a i3D, a agenda governamental instituiu programas para a importação de maquinário.

Embora exista risco de desemprego devido a implementação de novas tecnologias revolucionárias nas empresas, tal como a i3D (JANSSEN et al., 2014), as matérias do JC não abordam riscos associados ao desemprego e dilemas éticos no Brasil, portanto, na subseção de atores e configuração socioinstitucional não foram incluídos sindicatos, apenas trabalhadores (que receberão treinamento) e interessados na aquisição de próteses fabricadas sob medida por meio da i3D.

No que se refere as promessas dessa tecnologia, as matérias do JC descrevem aplicações médicas, em especial a construção de implantes. Por outro lado, a maioria dos artigos é de autoria de agências de comunicação vinculadas a instituições e organizações brasileiras de C&T, no entanto, poucos artigos mencionam a necessidade de articulação para uma política de CTI, assim como impactos em segmentos industriais e campos de pesquisa. No entanto, não foram encontrados artigos elaborados por pesquisadores, estudantes ou formuladores de políticas.

Por fim, a maioria dos artigos publicados no JC sejam anteriores a agenda da i4.0, poucos abordam imaginários sociais sobre a i3D e não foram identificados artigos de autoria de pesquisadores e estudantes. Espera-se que a medida em que a tecnologia de manufatura aditiva seja incorporada pela indústria nacional, mais matérias sobre a i3D sejam publicadas.

3D Printing: Social imaginaries and socio-institutional configurations

ABSTRACT

This research analyses the emergence of 3D printing in Brazil in light of the socio-institutional configuration and the imaginaries diffused through the Journal of Science (JS). The results obtained through consultation with public agencies, such as Ministry of Industry, Foreign Trade and Services (MDIC), indicate the existence of an industry 4.0 agenda, which supports the emergence and consolidation of 3D printing in Brazil. The socio-institutional configuration of this technology is stimulated mainly by governmental actors. However, with regard to imaginaries disseminated in the JS, few articles have been identified that address the promises of 3D printing and the materials were largely published by communication agencies of S&T institutions that describe successful experiments associated with the fabrication of customized implants for people with special needs, a fact that suggests that this technology contributes to the quality of life and is not only related to industrial gains and competitiveness.

KEYWORDS: 3D Printer. Artefact. Emerging Technology

REFERÊNCIAS

- ALPERN, P. **Beam Me Up a Part, Scotty**. Disponível em:
<<http://www.industryweek.com/product-development/beam-me-part-scotty>>.
Acesso em: 1 jun. 2018.
- BERMAN, B. 3-D printing: The new industrial revolution. **Business Horizons**, v. 55, n. 2, p. 155–162, 2012.
- BIJKER, W. E.; HUGHES, T. P.; PINCH, T. B. (EDS.). **The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology**. Cambridge, MA: MIT Press, 1990.
- DAUDT, G. M.; WILLCOX, L. D. Reflexões críticas a partir das experiências dos Estados Unidos e da Alemanha em manufatura avançada. **BNDES Setorial**, n. 44, p. 5–45, 2016.
- EDWARDS, P. N. et al. Understanding infrastructure: Dynamics, tensions, and design. **Report of a Workshop on “History & Theory of Infrastructure: Lessons for New Scientific Cyberinfrastructures”**, p. 54, 2007.
- ERENO, D. Próteses sob medida. **Revista FAPESP**, v. 6, n. 233, p. 66–70, 2015.
- FREEMAN, C.; PEREZ, C. Structural crises of adjustment, business cycles and investment behaviour. In: DOSI, G. et al. (Eds.). . **Technical Change and Economic Theory**. London: Francis Pinter, 1988. p. 38–66.
- GEELS, F. W. Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: A multi-level perspective and a case-study. **Research Policy**, v. 31, n. 8–9, p. 1257–1274, 2002.
- HUGHES, T. P. The Evolution of Large Technological Systems. In: BIJKER, W. E.; HUGHES, T. P.; PINCH, T. B. (Eds.). . **The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology**. Cambridge, MA: MIT Press, 1990. p. 51–82.
- INVERNIZZI, N. Visions of Brazilian scientists on nanosciences and nanotechnologies. **NanoEthics**, v. 2, n. 2, p. 133–148, 2008.
- JAMES MANYIKA et al. **Manufacturing the future: The next era of global growth and innovation**. New York: McKinsey Global Institute, 2012.

JANSSEN, R. et al. **The Impact of 3-D Printing on Supply Chain Management**. Netherlands: New Babylon: TNO: innovation for life, 2014.

JCNOTÍCIAS. **Experimentos abrem caminho para impressão de órgãos em 3D**. Disponível em: <<http://jcnoticias.jornaldaciencia.org.br/6-experimentos-abrem-caminho-para-impressao-de-orgaos-em-3d/>>. Acesso em: 4 jun. 2018.

JCNOTÍCIAS. **Cientistas criam “blocos de construção” de células-tronco**. Disponível em: <<http://jcnoticias.jornaldaciencia.org.br/5-cientistas-criam-blocos-de-construcao-de-celulas-tronco/>>. Acesso em: 4 jun. 2018.

JCNOTÍCIAS. **Em feito inédito, crianças recebem implantes de orelhas impressas em 3D**. Disponível em: <<http://jcnoticias.jornaldaciencia.org.br/7-em-feito-inedito-criancas-recebem-implantes-de-orelhas-impressas-em-3d/>>. Acesso em: 4 jun. 2018.

KAIJSER, A. Redirecting infrasystems towards sustainability. What can we learn from history ? **Individual and Structural Determinants of Environmental Practice**, p. 152–179., 2003.

KUBÁČ, L.; KODYM, O. The Impact of 3D Printing Technology on Supply Chain. **MATEC Web of Conferences**, v. 134, n. 27, p. 1–8, 8 nov. 2017.

MDIC. **Perspectivas de especialistas brasileiros sobre oportunidades e desafios para a manufatura avançada no Brasil**. Brasília: MDIC, 2016.

MDIC. **MDIC e ABDI lançam Agenda Brasileira para a Indústria 4.0 no Fórum Econômico Mundial**. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/index.php/noticias/3133-mdic-e-abdi-lancam-agenda-brasileira-para-a-industria-4-0-no-forum-economico-mundial>>. Acesso em: 31 maio. 2018.

OECD. **Enabling the next production revolution: issues paper**. Paris: OECD Publishing, 2015.

PETROVIC, V. et al. Additive layered manufacturing: Sectors of industrial application shown through case studies. **International Journal of Production Research**, v. 49, n. 4, p. 1061–1079, 2011.

ROTOLO, D.; HICKS, D.; MARTIN, B. R. What is an emerging technology? **Research Policy**, v. 44, n. 10, p. 1827–1843, 2015.

SCHWAB, K.; MIRANDA, D. M. **A Quarta Revolução Industrial**. 1. ed. São Paulo: EDIPRO, 2016.

THILMANY, J. A new kind of design. **Mechanical Engineering**, v. 131, n. 1, p. 36–40, 2009.

TROWEPRICE. **A brief history of 3D printing**. Disponível em: <https://individual.troweprice.com/staticFiles/Retail/Shared/PDFs/3D_Printing_Infographic_FINAL.pdf>. Acesso em: 1 jun. 2018.

VELHO, L. Conceitos de Ciência e a Política Científica, Tecnológica e de Inovação. **Sociologias**, v. 13, n. 26, p. 128–153, 2011.

Recebido: 23 jul. 2018

Aprovado: 12 dez. 2018

DOI: 10.3895/rts.v15n38.8595

Como citar: DIONISIO, E. A; POLEZI, R. A. Impressão 3D: Imaginários sociais e configuração socioinstitucional. **R. Technol. Soc.**, Curitiba, v. 15, n. 38, p. 259-273, out./dez. 2019. Disponível em: <<https://periodicos.utfrpr.edu.br/rts/article/view/8595>>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Eduardo Avanci Dionisio

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

