

A indústria 4.0 e os principais impactos para o campo do design e gestão da inovação: uma revisão da literatura

Industry 4.0 and the main impacts for the field of design and innovation management: a literature review

MARQUES, Laercio; Graduado em Design; Universidade de São Paulo

laercio.marques@usp.br

DANTAS, Denise; Doutora em Design; Universidade de São Paulo

dedantas@usp.br

O presente artigo apresenta uma pesquisa exploratória que reflete sobre o significado da indústria 4.0 para o campo do design, bem como quais são os seus principais impactos na gestão da inovação e desenvolvimento de novos produtos e serviços. A temática é investigada a partir de uma abordagem do tipo qualitativa, fundamentada essencialmente na revisão da literatura especializada combinada com uma revisão sistemática de literatura (RSL) que resultou 377 publicações. Foram consideradas publicações onde tecnologias da indústria 4.0 foram fatores preponderantes para diferenciação de empresas. O estudo mapeou impactos da indústria 4.0 no processo de inovação, a caracterização dos produtos inteligentes conectados, identificação de novos modelos de negócios emergentes, aspectos da terceira onda da competição orientada pela tecnologia da informação, a gestão do design no contexto da indústria 4.0, a integração entre o design e produção inteligente, além de algumas aproximações entre a tecnologia e o papel do profissional designer.

Palavras-chave: Design; Indústria 4.0; Inovação; Tecnologia.

This article presents an exploratory research that reflects on the meaning of industry 4.0 for the field of design, as well as what are its main impacts on innovation management and the development of new products and services. The theme is investigated from a qualitative approach, essentially based on a review of the specialized literature combined with a systematic review (SR) that results 377 publications. Were considered publications where industry 4.0 technologies were preponderant factors for differentiating companies. The study mapped the impacts of Industry 4.0 on the innovation process, the characterization of smart connected products, the identification of new emerging business models, the aspects of the third wave of competition driven by information technology, design management in the context of Industry 4.0, the integration between design and smart production and some approximations between technology and the role of the professional designer.

Keywords: Design; Industry 4.0; Innovation; Technology.

1 Introdução

Desde que as primeiras grandes feiras mundiais começaram a ser organizadas, ainda no século 19, todas as épocas foram marcadas por novos materiais e tecnologias impactando diretamente o desenvolvimento social, o comportamento das pessoas, bem como o processo projetual no campo do design para o desenvolvimento de produtos, comunicações e serviços. Com a crescente, veloz e exponencial evolução da tecnologia a partir da segunda metade do século 20, o design passou a ter papel central na identificação, sistematização e implementação de soluções e processos, que vão ao encontro das reais e efetivas necessidades das pessoas, de forma mais holística, sistêmica e abrangente (MANZINI, 2017). Os inúmeros avanços tecnológicos, a transformação digital que vivenciamos neste início do século 21, e, mais recentemente, os impactos provocados pela pandemia de Covid-19 nos trazem excelentes questionamentos sobre o papel do design como fator de inovação para um mundo tecnológico e para a promoção do bem-estar humano e social. Tecnologias emergentes como robótica, internet das coisas (IoT), computação em nuvem, inteligência artificial, realidades virtuais e biotecnologia, entre outras, se colocam a serviço de um *design thinking* que visa projetar a partir das necessidades das pessoas, do contexto e do planeta, a geração de negócios escaláveis e digitais.

O presente estudo visa responder à seguinte questão norteadora: **O que significa a indústria 4.0 para o campo do design, e quais os seus principais impactos na gestão da inovação?** A compreensão sobre as novas demandas criativas, e o pleno entendimento do papel do design neste novo contexto tecnológico e comportamental são de fundamental importância para o desenvolvimento e a viabilização dos chamados produtos e serviços de bom design, além de, invariavelmente, atender às necessidades de uma sociedade em constante evolução, em suas diferentes formas de organização social.

Segundo Vilém Flusser (2017) a paisagem tecnológica que herdamos da Revolução Industrial dos últimos duzentos anos é fruto, em grande parte, da matemática, da física, da mecânica e das engenharias (FLUSSER, 2017), e que apenas nas últimas décadas o design vem ganhando maior protagonismo e importância estratégica nas empresas, negócios e políticas de inovação. Rafael Cardoso (2012) afirma que, com a informatização gradativa dos sistemas de comando e controle da produção, cada vez mais, torna-se uma realidade a fabricação industrial de pequenos lotes e até mesmo de peças únicas, exclusivas e/ou customizadas. Neste sentido, estamos cada vez mais distantes do paradigma da produção em massa simbolizado por Henry Ford (CARDOSO, 2016).

Do mesmo modo que historicamente foi impossível prever o impacto e alcance da máquina a vapor por volta de 1750, ou, mais recentemente, da revolução causada pelo transistor em 1950, ainda é difícil compreender os impactos de longo prazo provocados pelas tecnologias que caracterizam a chamada indústria 4.0. Contudo, vale ressaltar que, nos últimos anos, estas tecnologias vêm ganhando aplicações diversas em ambientes externos ao industrial, com impacto direto nas atividades domésticas, comerciais, educacionais, médico-hospitalares, militares, científicas, entre outras, bem como no ato de projetar, desenhar e desenvolver novos produtos, serviços e modelos de negócios. Além de extremamente relevante para as indústrias, para as áreas de gestão da inovação e para as economias criativas, as contribuições do campo do design amplificaram o papel do profissional designer em relação ao que desempenhava nos séculos passados. O designer do século 21 atua nas grandes questões e problemáticas que afligem a sociedade e o planeta, não somente para os dias atuais, mas, principalmente com vistas para as gerações futuras. O presente estudo busca avaliar o papel que o design pode ter nesta sociedade conectada, cada dia mais digital, automatizada e inteligente. Este mapeamento se faz importante para todo o campo do design, de acadêmicos aos profissionais estabelecidos, pois trata de um fenômeno ainda em curso e com potencialidades sem precedentes históricos.

2 Método

Trata-se de uma pesquisa exploratória, do tipo qualitativa, pautada por uma revisão integrativa da literatura, combinada com uma revisão sistemática da literatura (RSL).

A revisão integrativa da literatura especializada e publicações nas áreas de design, tecnologia, gestão da inovação e desenvolvimento industrial busca compreender a evolução dos métodos de projeto em design, o cenário para inovação do design de produtos e sistemas produto-serviço, e as atuais abordagens de implicações práticas para o desenvolvimento de novos produtos, serviços e modelos de negócios.

Já a RSL foi conduzida com vistas ao entendimento do estado da arte do tema indústria 4.0, bem como objetivou avaliar os seus principais impactos no processo projetual para o campo do design, sendo estruturada com base no protocolo de pesquisa, conforme apresenta o Quadro 1.

Quadro 1 – Protocolo de pesquisa da RSL.

Base de Dados	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Web Of Science ▪ Scopus ▪ Google Acadêmico
Tipos de documentos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Artigos
Período	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Publicados nos últimos 10 anos
Idioma	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Português ▪ Inglês ▪ Espanhol ▪ Italiano
Localização dos Termos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Título ▪ Resumo ▪ Assunto ▪ Palavras-chave
Áreas temáticas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ciências Sociais Aplicadas ▪ Engenharia ▪ Economia
Palavras-Chave	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Design de produto (<i>industrial design</i>) ▪ Design estratégico ▪ Inovação ▪ Tecnologia ▪ Indústria 4.0
Critérios de Inclusão	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Conteúdos que tangenciam a questão da indústria 4.0 e o design de produtos (e/ou design estratégico; gestão do design) como ferramenta de competitividade
Critérios de Exclusão	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Conteúdos que não contribuam com dados e reflexões relevantes; ou estudos duplicados;

Fonte: os Autores.

2.1 Análise e resultados da RSL

O protocolo de pesquisa foi estabelecido com objetivo de trazer à investigação o devido rigor científico e potencial replicabilidade. A revisão sistemática da literatura (RSL) foi realizada de acordo com a seguinte abordagem: 1. Formulação da questão fundamental norteadora da pesquisa e critérios de busca; 2. Busca por artigos e publicações nas bases de dados; 3. Avaliação preliminar conforme aderência ao tema da pesquisa; 4. Triagem de artigos a partir de palavras-chave; 5. Análise das publicações. Foram acessadas as bases de dados Web Of Science, Scopus e Google Acadêmico, com intuito de mapear artigos e publicações no período dos últimos 10 anos, recorte temporal estabelecido em função do conceito de indústria 4.0 ter surgido no ano de 2011.

A busca realizada retornou um total de 377 artigos nas bases, considerando-se textos publicados nos idiomas português, inglês, espanhol e italiano, provenientes das áreas temáticas de Ciências Sociais Aplicadas, Engenharia e Economia, dos quais, a partir de conteúdos que tangenciam a questão da indústria 4.0 particularmente no âmbito do design de produtos, design estratégico ou da gestão do design como ferramenta de competitividade, foram selecionados 46 artigos para análise dos resumos e conteúdo, e, por fim, considerando os textos que traziam palavras-chave ou termos essenciais (design, inovação, tecnologia, indústria 4.0) no título, resumo e/ou desenvolvimento, 16 artigos finais foram utilizados para análise completa dos autores conforme apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 – artigos resultantes da pesquisa RSL.

ALBERTIN, Marcos Ronaldo et al. **Principais inovações tecnológicas da indústria 4.0 e suas aplicações e implicações na manufatura.** 2017.

AQUILANI, Barbara et al. **The role of open innovation and value co-creation in the challenging transition from industry 4.0 to society 5.0: Toward a theoretical framework.** Sustainability, v. 12, n. 21, p. 8943, 2020.

BELMAN-LOPEZ, C.E., Jiménez-García, J.A., Hernández-González, S. 2020. **Comprehensive analysis of design principles in the context of Industry 4.0.** Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial, 2020.

BORTOLINI, Marco et al. **Assembly system design in the Industry 4.0 era: a general framework.** IFAC-PapersOnLine, v. 50, n. 1, p. 5700-5705, 2017.

FORCINA, A., FALCONE, D. **The role of Industry 4.0 enabling technologies for safety management: A systematic literature review.** International Conference on Industry 4.0 and Smart Manufacturing, 2021.

GARCÍA FERRARI, T. **Design and the Fourth Industrial Revolution. Dangers and opportunities for a mutating discipline.** The Design Journal, v. 20, n. sup1, p. S2625–S2633, 2017.

GERLITZ, L. **Design management as a domain of smart and sustainable enterprise: business modelling for innovation and smart growth in Industry 4.0.** Entrepreneurship and Sustainability Issues, v. 3, n. 3, p. 244, 2016.

GHOBAKHLOO, Morteza. **Industry 4.0, digitization, and opportunities for sustainability.** Journal of cleaner production, v. 252, p. 119869, 2020.

HIZAM-HANAFIAH, Mohd; SOOMRO, Mansoor Ahmed. **The situation of technology companies in industry 4.0 and the open innovation.** Journal of open innovation: technology, market, and

complexity, v. 7, n. 1, p. 34, 2021.

KAGERMANN, H. et al. **Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: Securing the future of German manufacturing industry; final report of the Industrie 4.0 Working Group.** [s.l.] Forschungsunion, 2013.

LI, Dan et al. **Human-centred dissemination of data, information and knowledge in industry 4.0.** *Procedia CIRP*, v. 84, p. 380-386, 2019.

NIEWÖHNER, N. et al. **The impact of the 4th industrial revolution on the design fields of innovation management.** *Procedia CIRP*, v. 91, p. 43–48, 2020.

SALDIVAR, Alfredo Alan Flores et al. **Industry 4.0 with cyber-physical integration: A design and manufacture perspective.** In: 2015 21st international conference on automation and computing (ICAC). IEEE, 2015. p. 1-6.

SALLATI, Carolina; SCHÜTZER, Klaus. **Development of smart products for elders within the Industry 4.0 context: A conceptual framework.** *Procedia CIRP*, v. 100, p. 810-815, 2021.

SLUSARCZYK, B. **Industry 4.0: Are we ready?** *Polish Journal of Management Studies*, v. 17, 2018.

WILKESMANN, Maximiliane; WILKESMANN, Uwe. **Industry 4.0—organizing routines or innovations?.** *VINE Journal of Information and Knowledge Management Systems*, 2018.

Fonte: os Autores.

3 Revisão da Literatura

3.1 As revoluções industriais: um breve contexto histórico

Desde o surgimento da chamada manufatura artesanal, a produção de bens e serviços impacta diretamente na organização da sociedade moderna (SACOMANO et al., 2018). No final do século 18, no período entre 1760 e 1840, o surgimento da máquina a vapor, a construção de ferrovias e a criação de máquinas e equipamentos que objetivavam automatizar o processo de tecelagem na Inglaterra marcou o início do período que se convencionou chamar de Primeira Revolução Industrial. Em 1767, James Hargreaves criou a primeira máquina de fiar; em 1769 Richard Arkwright criou o tear hidráulico e James Watt iniciou o aperfeiçoamento da máquina a vapor; já em 1785 Edmund Cartwright inventou o tear mecânico, que podia ser operado por mão de obra não especializada, dando início à produção mecânica.

Já a Segunda Revolução Industrial, tem início estimado no final do século 19 e foi promovida pelo advento da eletricidade. A utilização da energia elétrica para fins industriais e o surgimento das linhas de montagem, que possibilitaram o início da produção em massa pelas indústrias, aliado ao desenvolvimento das estradas de ferro – que possibilitou o transporte eficiente de mercadorias e pessoas – conduziu ao impulso da manufatura e ao progresso social. Marcaram também essa fase, a racionalização do trabalho e a divisão do trabalho em múltiplas etapas (SACOMANO et al., 2018; SCHWAB, 2016).

A Terceira Revolução Industrial, chamada também de revolução digital ou do computador, começou na década de 1960 impulsionada pelo desenvolvimento dos semicondutores, da computação em mainframe (década de 1960), da computação pessoal (décadas de 1970 e 1980)

e da internet (década de 1990) (SCHWAB, 2016). Com a evolução da eletrônica e o surgimento dos controladores lógicos programáveis (CLP), a automação industrial foi facilitada e a Tecnologia da Informação (TI) passa a ser usada em grande escala para apoio e controle da manufatura. A produção enxuta, ou *lean manufacturing*, originada no Japão após a Segunda Guerra Mundial, aliada à automação e uso intensivo da TI, trouxeram avanços significativos para a indústria em geral, caracterizando assim este período (SACOMANO et al., 2018).

O conceito de indústria 4.0 nasce na Alemanha em 2011 a partir de um programa estratégico do governo federal envolvendo empresas, universidades e o próprio governo com o objetivo de desenvolver a indústria local, modernizar aos processos produtivos, bem como possibilitar maior integração tecnológica no processo de manufatura, dando início ao que alguns autores convencionaram chamar de Quarta Revolução Industrial (KAGERMANN et al., 2013). Essa revolução baseia-se no paradigma digital e está ancorada na profusão de novidades tecnológicas que abrangem diversas áreas, dentre as quais: inteligência artificial (IA), robótica, a internet das coisas (IoT, na sigla em inglês), veículos autônomos, impressão em 3D, nanotecnologia, biotecnologia, ciência dos materiais, armazenamento de energia e computação quântica, dentre outras. Muitas dessas inovações estão ainda em fase inicial, mas já alcançando um ponto de inflexão do seu desenvolvimento, pois elas constroem e amplificam umas às outras, fundindo as tecnologias dos mundos físico, digital e biológico (SCHWAB, 2016).

Klaus Schwab (2016) apresenta três motivações que sustentam a sua convicção acerca da existência atual de uma revolução industrial em curso, com início na virada do século 21, caracterizada por uma internet mais ubíqua e móvel, por sensores menores e mais poderosos que se tornaram mais baratos, e pela inteligência artificial e aprendizagem automática (ou aprendizado de máquina), sendo elas: a) velocidade: diferente das revoluções anteriores esta evolui em um ritmo exponencial e não linear; b) amplitude e profundidade: baseada numa revolução digital que combina várias tecnologias mudando paradigmas na economia, nos negócios, na sociedade e nos indivíduos de modo sem precedentes; c) impacto sistêmico: engloba a transformação de sistemas inteiros entre países, empresas, indústrias e sociedade.

3.2 A indústria 4.0 e o novo paradigma industrial

A instantânea troca de informações entre as pessoas, entre pessoas e objetos/máquinas, ou mesmo dos objetos/máquinas entre si, possibilitado essencialmente pela internet das coisas (IoT) e pela computação em nuvem, pode impactar diretamente ao design de novos produtos.

A aplicação de IoT inclusive já possibilita grandes automações, de modo que a realização de pedidos, produção, implantação e entrega de produtos ocorram sem a participação humana em momento algum dos processos. Neste sentido, empresas e indústrias orientadas por objetivos estratégicos, que desejem acompanhar essas tendências, necessitam investir em tecnologias modernas e modelos de gestão eficientes para alcançar aos resultados desejados junto ao mercado. Oesterreich e Teuteberg afirmam que, do ponto de vista técnico:

Este novo paradigma industrial pode ser descrito como o aumento da digitalização e automação do ambiente de manufatura, além de uma maior comunicação possibilitada pela criação de uma cadeia de valor digital (Oesterreich e Teuteberg, 2016 apud ŚLUSARCZYK, 2018).

O conceito de indústria 4.0 é uma nova realidade na economia moderna uma vez que a inovação e o desenvolvimento tecnológico desempenham um importante papel nas organizações e empresas (ŚLUSARCZYK, 2018). Esse conceito modifica de modo significativo os processos produtivos e os novos produtos no que diz respeito ao design, processos, operações e serviços,

dentre outros aspectos. Da mesma forma, estão em transformação os desafios impostos aos empreendedores e industriais por essa chamada Quarta Revolução Industrial (4RI), que está ocorrendo globalmente, como já mencionam alguns autores.

A implementação das soluções da indústria 4.0 requer investimentos em novas tecnologias. A capacidade de integrar novas tecnologias com as soluções já existentes e a possibilidade de torná-las as bases para novos modelos de negócios podem, inclusive, ter maior impacto nos resultados dos empreendimentos (ŚLUSARCZYK, 2018).

4 Resultados

4.1 Impactos da indústria 4.0 no processo de inovação

O processo de digitalização proporcionado pela indústria 4.0 pode ser considerado como um fator chave para a inovação. Cada vez mais as tecnologias de informação e comunicação se integram e permeiam nossas vidas em diferentes áreas. Desde a primeira revolução industrial, a transformação digital é uma das mudanças mais radicais que vivenciamos enquanto sociedade (NIEWÖHNER et al., 2020). Neste sentido, as indústrias de manufatura, que tradicionalmente concentram seus esforços no desenvolvimento de inovações incrementais, estão sendo superadas no mercado por startups, que, em curtos intervalos de tempo, conseguem desenvolver soluções de inovação disruptivas.

A indústria 4.0 aumenta a necessidade de inovação por parte das empresas, e, para além disso, demanda uma ação ambidestra entre inovações incrementais e inovações disruptivas. De modo a alcançar a efetiva implementação de ideias inovadoras, um número crescente de empresas vem criando unidades independentes de inovação, enquanto áreas, unidades de negócios ou mesmo startups, com o propósito de oferecer respostas rápidas para necessidades de mudança, alcançar processos mais flexíveis e dinâmicos, e, adicionalmente, ter uma abordagem mais centrada nos clientes.

Ainda neste contexto de digitalização, o alto volume de dados disponibilizados favorece não apenas uma maior orientação aos serviços, como também a oferta de serviços puramente digitais que possuem um *time to market* mais rápido em relação aos produtos que demandam hardwares físicos. Outro significativo impacto da indústria 4.0 é percebido na crescente velocidade com que as necessidades dos clientes mudam. Processos com baixa flexibilidade, especialmente durante etapas de desenvolvimento, podem implicar que os desejos dos clientes sejam apenas parcialmente atendidos. Essa combinação de fatores como a velocidade com que as necessidades dos clientes mudam, os ciclos de inovação encurtados e o aumento da necessidade de uso de softwares, demanda das empresas novas formas de pensamento e diferentes abordagens na gestão da inovação para o desenvolvimento e oferta de produtos, serviços, inovação em modelos de negócios ou a combinação entre estes.

4.2 Produtos inteligentes conectados e os novos modelos de negócios

A tecnologia da informação, e, particularmente, a internet das coisas (IoT) está revolucionando ao desenvolvimento de novos produtos. Uma série de recentes inovações no campo da tecnologia da informação convergem na atual viabilidade técnica e econômica dos chamados produtos inteligentes e conectados. Produtos que basicamente eram compostos por elementos mecânicos e componentes elétricos, com o advento da tecnologia se transformam cada vez mais em sistemas complexos que combinam e embarcam sensores, hardwares, microprocessadores, softwares e conectividade. Os produtos inteligentes e conectados são

constituídos por três componentes essenciais: elementos físicos (mecânicos e elétricos), componentes inteligentes (microprocessadores, sensores, softwares embarcados) e itens de conectividade (antenas, portas e protocolos de conexão). A conectividade destes produtos possibilita a coleta de dados e a troca de informações em tempo real entre produtos e sistemas operacionais, entre produtos e os respectivos fabricantes, os usuários e até mesmo entre outros produtos ou sistemas. Monitoramento, controle, otimização e autonomia são algumas das principais capacidades e novas funcionalidades habilitadas pela inteligência e conectividade (PORTER; HEPPELMANN, 2014).

O desenvolvimento de produtos inteligentes e conectados demanda todo um conjunto de novos princípios de design, tais como: design que alcança a padronização de hardware por meio de personalização baseada em software; design que incorpora a capacidade de suportar a atualização contínua do produto; e, também, design que possibilite a manutenção preditiva, o serviço aprimorado ou o suporte remoto. Expertise em sistemas de engenharia, bem como no desenvolvimento ágil de softwares, são agora essenciais para a integração do hardware destes produtos com os respectivos componentes eletrônicos, sistemas operacionais e elementos de conectividade.

No âmbito do marketing os produtos inteligentes e conectados possibilitam que as empresas desenvolvam novas formas de relacionamento com os seus consumidores, diferentes abordagens estratégicas e um conjunto de novas habilidades comerciais. Usando ferramentas de análise de dados, as empresas conseguem segmentar o seu público de modo sofisticado, com objetivo de ofertar produtos customizados e, eventualmente, pacotes de serviços mais adequados (PORTER; HEPPELMANN, 2014).

4.3 A terceira onda da competição orientada pela tecnologia da informação

A mudança de natureza destes produtos está impactando também as cadeias de valores e obrigando as empresas a repensarem os seus respectivos modelos de negócios (PORTER; HEPPELMANN, 2014). As capacidades expandidas dos chamados produtos inteligentes e conectados, bem como os dados que estes produtos geram, estão inaugurando uma nova era de competição no ambiente de negócios, uma vez que estes produtos amplificam de modo exponencial as oportunidades para novas capacidades e funcionalidades que transcendem os limites dos produtos convencionais. Os produtos inteligentes e conectados possibilitam novas escolhas estratégicas sobre como criar valor para os usuários, estabelecer parcerias com novos fornecedores ou fornecedores tradicionais, e, em acréscimo, como garantir vantagem competitiva à medida que os novos recursos remodelam os limites da indústria.

Emergem, por exemplo, novos modelos de negócios como “produto como um serviço” ou “serviços de compartilhamento” onde os usuários deixam de ter a posse sobre estes produtos e pagam apenas por sua utilização. A capacidade incremental dos produtos inteligentes conectados não apenas reconfigura o modelo de competição entre as indústrias, como também amplifica as fronteiras de atuação destas próprias indústrias, à medida que possibilita a comercialização de novos produtos, sistemas produto-serviço, sistemas de sistemas, e automações em geral. O aumento da utilização dos métodos de trabalho ágeis, novos modelos de gestão do tempo e a crescente mudança dos ambientes físicos nos espaços de trabalho, também podem ser reportados como algumas das principais mudanças no cenário da inovação proporcionadas pela quarta revolução industrial (NIEWÖHNER et al., 2020).

4.4 A tecnologia e o papel do designer

Em sua natureza mutante, a atividade do design pode ser explicada por transformações, e, neste momento, estamos vivenciando a era da cibernética e da alta tecnologia (Banathy, 1996 apud GARCÍA FERRARI, 2017). Se antes o estudo dos materiais e a compreensão dos processos produtivos eram requisitos essenciais para a atividade do design industrial, hoje, em acréscimo, se faz necessário por parte deste campo profissional um pleno entendimento das fusões tecnológicas e de como estas impactam o meio e a sociedade.

No livro “Make It New”, Barry Katz (2015) (apud GARCÍA FERRARI, 2017) define noções da revolução computacional desta era pautadas no paradigma de que os computadores podem ser compreendidos como pessoas, como ferramentas ou como mídia. Verplank e Moggridge (apud GARCÍA FERRARI, 2017) ainda expandem essa visão para três outros paradigmas futuros: computador como vida, computador como *‘fashion’*, e computador como veículo. Schwab (2016) caracteriza a ‘Quarta Revolução Industrial’ como:

Um mundo onde engenheiros, designers e arquitetos estão combinando design computacional, manufatura aditiva, materiais de engenharia, e biologia sintética, para uma pioneira simbiose entre microrganismos, nosso corpo, os produtos que consumimos e até mesmo as construções em que habitamos (SCHWAB, 2016).

Este novo contexto operacional obviamente demanda novas compreensões por parte do design, que deixa de responder apenas por questões de forma-função, e passa a entender os sistemas dos sistemas. O ambiente de negócios orientado pela tecnologia promove automação e conectividade em níveis extremos, e possibilita a criação de novos conceitos econômicos como por exemplo a economia compartilhada (ex: UBER, AirBnB), o *crowdfunding* (ex: Kickstarter, LendingClub), investimentos *peer to peer*, entre outros.

4.5 Gestão do design no contexto da indústria 4.0

Em sua pesquisa Gerlirtz (2016) avalia o escopo de integração entre o design, produção inteligente, inovação em serviços e criação de valor para a sociedade no contexto da Indústria 4.0, mapeando a performance de pequenas e médias empresas, e a correlação da utilização do design como ferramenta estratégica para geração de valor e capitalização no mercado.

No atual contexto de revolução industrial que estamos vivendo, o empreendedorismo de modo particular é uma importante ferramenta para alavancar ao desenvolvimento social e industrial, conforme aponta o Comunicado da Comissão Europeia de 2012. O impacto e o valor do design para inovação, competitividade e crescimento inteligente não devem ser marginalizados neste cenário. A integração do design deve ir além da abordagem do *design thinking* que emerge como um novo modelo de negócios dentro do paradigma de evolução da gestão do design (Boland e Colopy, 2004; Borja de Mozota & Kim, 2009; Brown, 2008; Brown & Whyte, 2010; Martin, 2009; Meinel & Leifer, 2011; Plattner et al., 2011) apud (GERLIRTZ, 2016).

Nesta nova era industrial, o design deve emergir para pequenas e médias empresas como o cerne de modelos de negócios orientados pelo design e para a gestão da inovação. Na visão da autora, algumas pesquisas relacionadas à Indústria 4.0 já enfatizaram a necessidade de repensar os modelos de negócios existentes, como resultado da difusão das tecnologias de informação digitais e novas, aumentando a comunicação virtual e as comunidades abertas. Sua pesquisa reconsidera o momento como adequado para não perder a integração do design nos negócios da Indústria 4.0 e evitar possíveis desafios no empreendedorismo, que, como

mostram as práticas reais de negócios, podem ser resolvidos trazendo o design nas áreas operacionais, estratégicas ou na dimensão socioambiental do negócio para a criação de valor.

Na literatura especializada em gestão estratégica, organizações e inovação, a automação inteligente, a sustentabilidade e o crescimento dos negócios são frequentemente associados ao contexto da Indústria 4.0 e avaliados a partir da perspectiva da tecnologia da informação e da modelagem de negócios. No âmbito científico emergem ao longo dos últimos anos estudos e pesquisas acerca do potencial da Indústria 4.0 para o desenvolvimento de novos modelos de negócios, considerando aspectos como design, manufatura, automação, operações industriais, produtos, serviços e todas as dimensões sistêmicas, estratégicas e ambientais relacionadas.

4.6 A indústria 4.0 no Brasil: desafios e oportunidades

O desenvolvimento da indústria 4.0 no Brasil traz oportunidades a diversos setores econômicos, contudo está atrelado à superação de uma série de desafios estruturais de modo a efetivamente reposicionar o país frente às cadeias globais de valor (CGEE, 2022). Um estudo realizado em 2017 pela Acatech com 500 empresas brasileiras aponta que, apesar de 80% dos entrevistados entenderem que a manufatura avançada constitui uma oportunidade para o desenvolvimento do país, nos âmbitos produtivo e social, poucos enxergam o Brasil com protagonismo nessa temática no cenário mundial, ou mesmo considerando apenas o recorte da América Latina.

Com o entendimento de que, a partir de maior confiabilidade nos processos produtivos, melhoras nos índices de produtividade e competitividade, qualidade dos produtos e envolvimento do cliente nos processos de desenvolvimento, os custos de transação podem diminuir, o aumento esperado de receitas se destaca dentre as principais oportunidades econômicas que emergem da Indústria 4.0. Para além destes aspectos econômicos, o desenvolvimento e adoção de tecnologias avançadas da Indústria 4.0 pode alavancar ao bem-estar social dos brasileiros através da oferta de trabalhos mais seguros, bens e serviços novos, inteligentes, conectados, personalizados e mais adequados às necessidades das pessoas.

Há uma expectativa de que essas tecnologias tragam em seu arcabouço uma série de impactos e benefícios sociais, tais como melhorias na cognição humana, aprimoramentos em criatividade e inovação, grandes evoluções nos sistemas de educação e, eventualmente, a criação de uma sociedade do conhecimento, além de uma produção mais sustentável pautada em modelos de negócios com base na economia circular (OCDE, 2017; MANYIKA et al., 2015; UNIDO, 2019a) apud (CGEE, 2022).

Um estudo realizado pela Confederação Nacional da Indústria (CNI) em 2017 aponta que a integração das tecnologias da Indústria 4.0 possibilita a conexão de diversas etapas da cadeia de valor, proporciona aumento da competitividade e da produtividade nos sistemas de manufatura, melhor inserção nos mercados, ampliação da escala dos negócios, e o acoplamento de diversos serviços aos bens produzidos, como resume o Quadro 3:

Quadro 3 – Impactos da manufatura avançada na produção industrial brasileira.

Produtividade	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Qualidade/ Redução de defeitos ▪ Eficiência no uso de insumos (exemplo Energia) ▪ Tempo de desenvolvimento de produtos ▪ Flexibilidade da produção (customização em massa)
----------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Integração da Produção	<ul style="list-style-type: none">▪ P&D, Design, Desenvolvimento de Produtos▪ Insumos▪ Produção▪ Marketing, Venda, Distribuição▪ Pós-Vendas (manutenção, reparos, etc.)
Gestão Empresarial	<ul style="list-style-type: none">▪ Relação entre diferentes áreas da empresa (exemplo: Produção e TI)▪ Novos modelos de negócios

Fonte: CNI (2017) apud (CGEE, 2022).

5 Conclusões

A atividade profissional de design vem se desenvolvendo ao longo dos últimos séculos enquanto campo de atuação que impacta a sociedade e as relações sociais, viabiliza ao emprego da tecnologia pela indústria, e provém para a humanidade soluções em comunicação visual, produtos e serviços que necessitam construir e estabelecer uma relação amigável e cativante com os seus usuários, e, em acréscimo, de alguma forma se consolidarem como propostas confiáveis, práticas e agregadoras. A plena compreensão das novas potencialidades tecnológicas, não apenas facilita esta construção, como também possibilita ao desenvolvimento de novos modelos de negócios, novas relações de engajamento e novos paradigmas mercadológicos. Saber identificar, e, principalmente, antecipar as expectativas e desejos dos usuários com relação aos produtos, serviços e tecnologias sempre foi uma importante prerrogativa para a realização das atividades de design.

Desde a primeira revolução industrial, a transformação digital potencializada pela indústria 4.0 e vivenciada ao longo dos últimos anos pode ser considerada como uma das mudanças mais radicais que vivenciamos enquanto sociedade. A tecnologia da informação, e, particularmente, a internet das coisas (IoT) está revolucionando ao desenvolvimento de novos produtos. A IoT, em conjunto com a computação em nuvem, possibilita que componentes e diferentes objetos, como sensores, atuadores, dispositivos RFID, *smartphones*, computadores, entre outros, através de esquemas de endereçamento exclusivos, interajam e cooperem entre si, e com os humanos, em tempo real. Essa instantânea troca de informações entre as pessoas, entre pessoas e objetos/máquinas, ou mesmo dos objetos/máquinas entre si, modifica de modo significativo os processos produtivos, e impacta diretamente ao desenvolvimento de novos produtos no que diz respeito ao design, processos, operações e serviços, dentre outros aspectos.

Este processo de digitalização proporcionado pela indústria 4.0 pode ser considerado ainda como um fator chave para a inovação nos tempos atuais. O desenvolvimento de novos produtos, inteligentes e altamente conectados, capazes de coletar e transmitir dados em tempo real, demanda para o campo do design todo um conjunto de novos princípios e abordagens, tais como o desenvolvimento pautado por metodologias ágeis, a padronização das soluções de hardware por meio de personalização baseada em softwares, a incorporação da capacidade de atualizações contínuas, o suporte à manutenção preditiva, o aprimoramento de funcionalidades e/ou acessos remotos, entre outros. Este novo contexto naturalmente demanda novas compreensões por parte do profissional designer, que deixa de responder apenas por questões de cunho estético-formais, e passa a entender de modo sistêmico: aos processos, aos sistemas e aos sistemas dos sistemas.

Os produtos inteligentes e conectados também possibilitam para as empresas novas escolhas estratégicas sobre como criar valor para os seus clientes, usuários e pontos de contato. A mudança de natureza destes produtos impacta diretamente as cadeias de valores, e força essas empresas a repensarem os seus respectivos modelos de negócios. Emergem então novas formas de atuação como a oferta de “produto como um serviço”, os “serviços de compartilhamento” e os “serviços de assinatura”, em modelos de aquisição ou contratação onde eventualmente os usuários deixam de ter a posse sobre estes produtos e pagam apenas por sua utilização.

Se anteriormente o estudo dos materiais e a compreensão dos processos produtivos eram requisitos essenciais e suficientes para o desempenho da atividade de design industrial, hoje, em acréscimo, se faz necessário por parte deste campo profissional um pleno entendimento das fusões tecnológicas, e, principalmente, de como estas impactam o meio ambiente e a sociedade. O escopo de integração entre o design, a produção inteligente, a sustentabilidade, a inovação em serviços e a criação de valor para a sociedade emergem como elementos fundamentais no contexto da Indústria 4.0.

A compreensão de novas demandas projetuais, a interpretação do papel do profissional designer neste contexto transformacional da tecnologia, bem como das relações sociais e do comportamental humano, não é tarefa simplificada, trivial, nem tampouco óbvia. Exige imersão, investigação, análise, empatia e uma profunda reflexão sobre a efetiva contribuição que esta atividade pode promover para a sociedade atual, e, ainda, qual legado pode deixar para as gerações futuras.

A revisão sistemática da literatura (RSL) realizada pelos autores retornou 377 publicações nas bases de dados consultadas (Web Of Science, Scopus e Google Acadêmico), porém ao analisar os conteúdos e sua aderência ao recorte e temática da pesquisa foram selecionados 46 artigos para verificação dos resumos e conteúdo, e, após triagem final por palavras-chave ou termos essenciais (design, inovação, tecnologia, indústria 4.0) estabelecidos como critérios de inclusão, 16 artigos foram utilizados para análise completa. De modo geral, estas publicações são relevantes e de boa qualidade, e exploram a caracterização dos principais conceitos e definições sobre a temática da indústria 4.0, os novos paradigmas de manufatura, os impactos para sociedade e potencial de desenvolvimento a partir das novas configurações tecnológicas.

O presente artigo faz um levantamento inicial e uma aproximação com a temática, tendo mapeado alguns impactos da indústria 4.0 no processo de inovação, a caracterização dos produtos inteligentes conectados, a identificação de novos modelos de negócios emergentes, os aspectos da terceira onda da competição orientada pela tecnologia da informação, a gestão do design no contexto da indústria 4.0 e, por fim, algumas aproximações entre a tecnologia e o papel do designer.

Novos estudos acerca destes tópicos se mostram necessários, uma vez que a produção científica, especialmente no contexto nacional do Brasil, relacionada ao design enquanto ferramenta estratégica para o desenvolvimento de produtos e inovação de negócios no âmbito dos desafios impostos pela indústria 4.0 ainda não é expressiva na proporção de sua relevância e urgência.

6 Referências

CARDOSO, R. **Design para um mundo complexo**. [s.l.] Ubu Editora LTDA-ME, 2016.

CGEE. **Segmentos ou nichos com maior potencial para o desenvolvimento tecnológico nacional. (Série Documentos Técnicos, 31)**. Brasília - DF: [s.n.].

FLUSSER, V. **O mundo codificado: por uma filosofia do design e da comunicação**. [s.l.] Ubu Editora LTDA-ME, 2017.

GARCÍA FERRARI, T. Design and the Fourth Industrial Revolution. Dangers and opportunities for a mutating discipline. **The Design Journal**, v. 20, n. sup1, p. S2625–S2633, 2017.

GERLITZ, L. Design management as a domain of smart and sustainable enterprise: business modelling for innovation and smart growth in Industry 4.0. **Entrepreneurship and Sustainability Issues**, v. 3, n. 3, p. 244, 2016.

KAGERMANN, H. et al. **Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: Securing the future of German manufacturing industry; final report of the Industrie 4.0 Working Group**. [s.l.] Forschungsunion, 2013.

MANZINI, E. Design: quando todos fazem design: uma introdução ao design para a inovação social. **Tradução Luzia Araujo. São Leopoldo, RS: Ed. Unisinos**, 2017.

NIEWÖHNER, N. et al. The impact of the 4th industrial revolution on the design fields of innovation management. **Procedia CIRP**, v. 91, p. 43–48, 2020.

PORTER, M. E.; HEPPELMANN, J. E. How smart, connected products are transforming competition. **Harvard business review**, v. 92, n. 11, p. 64–88, 2014.

SACOMANO, J. B. et al. **Indústria 4.0**. [s.l.] Editora Blucher, 2018.

SCHWAB, K. **A QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL**. 1ª Edição ed. São Paulo: Edipro, 2016. v. 4

ŚLUSARCZYK, B. Industry 4.0: Are we ready? **Polish Journal of Management Studies**, v. 17, 2018.