

## **Indústria 4.0 no Brasil: desafios no caminho da evolução tecnológica**

**CRISTIANE MASCARENHAS LEITE**  
UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA (UFBA)

**ERNANI MARQUES DOS SANTOS**  
UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA (UFBA)

Agradecimento à órgão de fomento:  
Não se aplica

# **Indústria 4.0 no Brasil: desafios no caminho da evolução tecnológica**

## **RESUMO**

O fenômeno da Indústria 4.0 tem sido discutido em diversos setores da economia, especialmente no contexto das organizações industriais. Alguns países mais desenvolvidos tecnologicamente como Alemanha, França, Estados Unidos, China, Coreia do Sul e Japão, já incluíram em seu planejamento estratégico algumas ações para a incorporação da Indústria 4.0 em suas operações. Em relação ao Brasil, afirma-se que a indústria nacional ainda se encontra em fase de transição entre a indústria 2.0, com a utilização de linhas de montagem e energia elétrica, e a indústria 3.0, pela aplicação da automação através da eletrônica, robótica e programação. No contexto da busca pela introdução de novas tecnologias físicas e virtuais como ferramentas para o desenvolvimento estratégico e para o crescimento das organizações industriais, através deste artigo, busca-se apresentar e analisar aspectos da indústria 4.0 no cenário brasileiro, notadamente sobre desafios e potenciais transformações necessárias para o sucesso das organizações nacionais dentro deste contexto. Conclui-se com a evidência de urgente estabelecimento de políticas públicas e outras iniciativas, voltadas para o desenvolvimento da ciência, tecnologia e inovação de modo a reduzir os gaps tecnológicos evidenciados, e assim ser criadas condições de implementação desse novo contexto de produção industrial.

**PALAVRAS-CHAVES:** Indústria 4.0, Indústria 4.0 no Brasil; Evolução Tecnológica no Brasil

## **1. INTRODUÇÃO**

O fenômeno da Indústria 4.0 tem sido amplamente discutido em diversos setores da economia, especialmente no contexto das organizações industriais, principais protagonistas na utilização e incorporação de novas tecnologias como os sistemas físico-cibernéticos (Cyber-Physical Systems – CPS), a internet das coisas (Internet of Things – IoT), as fábricas inteligentes (Smart Factories) e a internet dos serviços (Internet of Services – IoS), ferramentas tecnológicas chaves para esta nova revolução industrial (HERMANN; PENTEK & OTTO, 2016).

Propostas para a incorporação da Indústria 4.0 já foram incluídas no planejamento estratégico de países como a Alemanha, França, Estados Unidos, China, Coreia do Sul e Japão. A união Européia adotando a estratégia de trazer engenharia de excelência para o mundo digital pela integração entre tecnologia, sociedade e economia criou iniciativas como a “Factories of The Future (FoF) Public-Private Partnership (PPP)” em 2013. Dentro desta estratégia também foi lançado na França em 2015 o projeto “The Industry of the Future”(CNI, 2016; FIRJAN, 2016; UHLMANN & DOMINGOS, 2017).

Adotando uma estratégia de inovação radical, os Estados Unidos buscaram um renascimento da produção trazendo a inovação digital para o mundo físico pelas Start-ups e pela Internet das coisas. Neste país foi lançado em 2012 o programa “Advanced Manufacturing Partnership” (AMP), que teve sua segunda versão lançada em 2014, denominada, “Accelerating US Advanced Manufacturing”, ou AMP 2.0. Ainda nos Estados Unidos foi criado o “National Network for Manufacturing Innovation” (NNMI) ou “Industrial Internet Consortium”, em 2014, que consiste na criação de hubs regionais para aceleração, desenvolvimento e adoção de tecnologias de fabricação de ponta para fazer novos produtos globalmente competitivos (CNI, 2016; FIRJAN, 2016; UHLMANN & DOMINGOS, 2017; WANG et al, 2016).

Na China, o 12º Plano Quinquenal (2011-2015) apresentou a Indústria 4.0 como um dos sete temas emergentes apoiados pelo governo, estabelecendo cinco setores como prioritários: equipamentos modernos, automotivo, siderúrgico, petroquímico e construção naval (CNI, 2016; WANG et al, 2016). A estratégia chinesa baseia-se na velocidade, na aplicação pragmática para vitórias rápidas e na implementação estratégica de longo prazo que envolve o uso de tecnologias maduras e o desenvolvimento de tecnologias estratégicas chave (UHLMANN & DOMINGOS, 2017). Em março de 2015 também foi anunciado o programa “Made in China 2025” que é uma estratégia de atualização da indústria do país para que se torne mais eficiente e integrada, visando aumentar a participação estratégica na cadeia global de produção. Este Programa propõe cinco projetos: a construção de centros de inovação em fabricação; projetos de fabricação inteligentes; projetos de fortalecimento da indústria de base; projetos de fabricação verde; e projetos de inovações disruptivas em equipamentos (FIRJAN, 2016).

Considerando as economias emergentes como protagonistas na indústria global verificou-se um crescimento de 21% em 1991 para 40% em 2011 (FIRJAN,2016) o que traz à tona a necessidade de refletir de que maneira países emergentes como o Brasil irão estabelecer ações efetivas no caminho desta transformação.

No Brasil, o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC) e o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) criaram o Grupo de Trabalho de Indústria 4.0, com a participação de diversas instituições, com objetivo de elaborar o plano de ação para Indústria 4.0 no Brasil. No final de 2014, foi criada pelo Ministério das Comunicações, a Câmara Máquina a Máquina (M2M) e Internet das Coisas, composta por um grupo de associações e Ministérios e dividida em diversos subgrupos, sendo um deles o de Produtividade Industrial e Indústria 4.0, com o objetivo de desenvolver o “Plano Nacional de Comunicação M2M e Internet das Coisas”(CNI, 2016).

Uhlmann & Domingos (2017) propõem como estratégia de implementação para o Brasil, o estabelecimento de uma rede global através de cadeias de produção integrada. Na visão destes autores, no curto prazo o Brasil precisa aumentar a força econômica e a produtividade usando soluções prontas para aplicativos e adaptação de tecnologias maduras para soluções de aplicação rápida. No longo prazo, as indústrias brasileiras

precisam buscar e fornecer soluções de desenvolvimento de tecnologia estratégica para segmentos de mercado chave.

Neste cenário de busca pela introdução de novas tecnologias físicas e virtuais como ferramentas para o desenvolvimento estratégico do país através do crescimento de suas organizações industriais pretende-se, através deste artigo, descrever e apresentar aspectos da indústria 4.0 no cenário brasileiro que possam contribuir para as discussões acerca deste tema; discorrendo sobre conceitos, desafios e potenciais transformações necessárias para o sucesso das organizações nacionais dentro deste contexto.

Existe muito para ser entendido sobre os conceitos básicos da indústria 4.0, os potenciais benefícios e oportunidades trazidas para as empresas, e os impactos no desempenho das manufaturas devido ao aumento da eficiência operacional e desenvolvimento de novos negócios (HERMANN, PENTEK & OTTO, 2016; KAGERMANN et al., 2013). Para Samaranayake, Ramanathan & Laosirihongthong (2017), do ponto de vista teórico, esse entendimento é muito importante, em particular na identificação dos componentes e aspectos chaves para a efetiva implementação da indústria 4.0 dentro de uma diversidade de setores e localizações geográficas.

## **2. DESAFIOS PARA A IMPLEMENTAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0**

Indústria 4.0 ou 4ª Revolução Industrial, é uma expressão aplicada para caracterizar uma fase da Revolução Industrial que envolve a aplicação de novas tecnologias para automação, transmissão e análise de dados (intra e extra-organizacionais), bem como para prestação de serviços, através da conexão entre máquinas, sistemas e instalações com a criação de redes inteligentes, controle e execução da produção de forma autônoma, e cooperação e comunicação entre sistemas ciber-físicos e seres humanos em tempo real.

O termo "Indústria 4.0" tornou-se conhecido publicamente em 2011, quando surgiu na Feira de Hannover (Alemanha), uma iniciativa chamada "Industrie 4.0", de uma associação de representantes de negócios, política, e academia, que tinha o objetivo de fortalecer a competitividade da indústria de fabricação alemã através do desenvolvimento de alta tecnologia para a manufatura do país. O governo federal alemão apoiou a idéia anunciando que "Industrie 4.0" seria parte integrante da sua "estratégia de alta tecnologia 2020 para a Alemanha" visando liderança em inovação tecnológica (FIRJAN, 2016 ; HERMANN, PENTEK & OTTO, 2016).

Embora algumas tecnologias que compõem a Indústria 4.0, como a automação de processos produtivos, a utilização de produtos eletrônicos e as soluções de tecnologia da informação (TI) em processos industriais, estejam presentes desde a 3ª revolução industrial (iniciada na década de 1970); a grande novidade da 4ª revolução industrial é a descentralização dos controles de processo, marcada pelo uso de sensores, pela interconectividade e pela análise de dados em tempo real, permitindo uma fusão entre os mundos real e virtual da produção e proporcionando uma cadeia de valor altamente integrada (FIRJAN, 2016).

A partir de uma revisão de literatura, Herman, Pentek & Otto (2016) definiram quatro componentes chaves para a formação da Indústria 4.0: (1) os sistemas físicos-cibernéticos (Cyber-Physical Systems – CPS) que permitem a conexão entre o mundo físico e o mundo virtual pelas conexões de rede e uso de sensores e atuadores locais; (2) a internet das coisas (Internet of Things – IoT), caracterizada por um conjunto de objetos físicos com aplicativos de tecnologia embarcada conectados em rede através de sistemas que interagem entre si; (3) a internet dos serviços (Internet of Services – IoS), formada por uma rede interativa entre fornecedores e consumidores onde os dados processados e analisados em conjunto proporcionam uma nova dinâmica de distribuição e valor; e (4) as fábricas inteligentes (Smart Factories) onde os CPS são utilizados na produção agregando valor aos processos produtivos e gerando ganhos em eficiência, tempo e custos, onde, nestes sistemas, as máquinas, os processos e os produtos comunicam-se entre si e geram informações instantâneas que permitem a tomada de decisões em tempo real.

A partir deste mesmo estudo, estes autores também definiram seis princípios básicos para a construção de uma Indústria 4.0 (que eles nomearam princípios de design): a interoperabilidade, a virtualização, a descentralização dos controles dos processos produtivos, o acompanhamento da produção em tempo real, a orientação para os serviços e a modularidade dos sistemas de produção.

## **2.1 DESAFIOS PARA OS GOVERNOS**

No contexto da Indústria 4.0, Schwab (2016 b) argumenta que em relação aos governos, o papel central de conduzir a política diminuiu devido a novas fontes de concorrência e à redistribuição e descentralização do poder que as novas tecnologias possibilitam levarão à mudança para o engajamento público e à formulação de novas políticas. Para este autor, os governos precisarão preservar o interesse dos consumidores e do público em geral enquanto continuam a apoiar a inovação e o desenvolvimento tecnológico adotando a governança "ágil", assim como o setor privado adotou cada vez mais respostas ágeis. Para tanto, os governos e as agências reguladoras precisarão colaborar estreitamente com as empresas e a sociedade civil. Ainda segundo este autor, a capacidade dos sistemas governamentais e das autoridades públicas de se adaptar irão determinar a sua sobrevivência. Eles deverão ser capazes de abraçar um mundo de mudanças disruptivas, sujeitando suas estruturas aos níveis de transparência e eficiência que lhes permitirão manter sua vantagem competitiva.

## **2.2 DESAFIOS PARA AS ORGANIZAÇÕES**

Segundo Jian Qin et al. (2016) há um consenso básico entre muitos pesquisadores de que as revisões industriais requerem um longo período de desenvolvimento e abrangem quatro aspectos básicos que, a partir de uma visão de futuro, devem ser considerados no contexto da Indústria 4.0: **(1) estrutura fabril** – a futura fábrica, conhecida como Fábrica Inteligente, envolverá uma nova integração entre todos os recursos de manufatura (sensores, atuadores, máquinas, robôs, transportadores, etc.) que estarão conectados e trocarão informações automaticamente tornando-se conscientes e inteligentes o suficiente

para prever e manter as máquinas além de controlar o processo de produção e gerenciar os sistemas; **(2) estrutura do negócio** – existirá uma rede de comunicação completa entre várias empresas, fábricas, fornecedores, logística, recursos, clientes, etc.; **(3) produtos** – produtos inteligentes serão fabricados a partir dos benefícios da Indústria 4.0, incorporados com sensores, componentes identificáveis e processadores que transportam informações e conhecimento e que transmitem orientação funcional aos clientes e feedback de uso ao sistema de fabricação; **(4) clientes** - um novo método de compra será fornecido aos clientes permitindo que eles comprem, acompanhem os processos de produção e também recebam conselhos de utilização.

Schwab (2016a) reúne em três categorias que segundo este autor estão inter-relacionadas e que ele chamou de elementos propulsores, os fatores que irão alavancar a implementação da Indústria 4.0: **(1) fatores físicos**, como a implementação da robótica avançada e o desenvolvimento de novos materiais; **(2) fatores digitais**, como a Internet das Coisas, a conexão entre a Internet da Comunicações + Internet da Energia + Internet dos Transportes, e a conexão empresa-residência-veículo; e **(3) fatores biológicos**, como a biologia sintética e os avanços da engenharia genética.

Em relação à estrutura organizacional e às suas maneiras de gestão, Schwab (2016a) cita o surgimento de hierarquias flexíveis, novas formas de medir e recompensar o desempenho, novas estratégias para atrair e reter os talentos competentes, fatores que serão chave para o sucesso organizacional. Na visão deste autor, as organizações bem sucedidas passarão cada vez mais de estruturas hierárquicas verticais para modelos mais colaborativos e em rede.

Considerando as tecnologias que estão transformando a produção industrial, no contexto da 4ª revolução industrial, Rübmann et al (2015) e Wang et al (2016), entre outros autores, descrevem nove tendências tecnológicas que são os blocos de construção da Indústria 4.0: Armazenamento e Análise de dados (Big Data e Analytics), Robôs Autônomos, Ambientes de simulação virtual, Integração Horizontal e Vertical dos Sistemas, Internet das coisas Industrial, segurança cibernética, armazenamento de dados na nuvem, manufatura aditiva e realidade aumentada. Muitas destas tecnologias já são usadas na manufatura, mas com a Indústria 4.0, elas transformarão a produção favorecendo a unificação de células isoladas a um fluxo de produção totalmente integrado, automatizado e otimizado, levando a maiores eficiências e mudanças nas relações tradicionais de produção entre fornecedores, produtores e clientes, assim como entre humanos e máquinas (RÜBMANN et al, 2015; WANG et al, 2016).

Rajnai e Kocsis (2018) apresentam um modelo para a implementação da Indústria 4.0 baseado na Associação de Engenharia Mecânica, Engenharia de Planta e Tecnologia da Informação (VDMA) construído sobre seis dimensões: Estratégia Organizacional; Fábricas Inteligentes; Operações Inteligentes; Produtos inteligentes; Serviços orientados por dados e Empregados. Essas dimensões são decompostas em 18 campos, que agrupam seus respectivos indicadores (Figura 1).

Figura 1 – Modelo para Implementação da Indústria 4.0



Fonte: Adaptado de RAJNAI; KOCSIS, 2018

- **Armazenamento e análise de dados (Big Data and Analytics):** a coleta e a avaliação abrangente de dados de várias fontes diferentes - equipamentos e sistemas de produção, bem como sistemas de gerenciamento corporativo e do cliente - se tornarão padrão para apoiar a tomada de decisões em tempo real, otimizando a qualidade da produção, favorecendo a economia de energia e melhorando o funcionamento dos equipamentos (RÜßMANN et al, 2015). Gilchrist (2016) reúne em seis, as principais características de um Big Data: volume, velocidade, variedade, veracidade, valor e visibilidade. Rüßmann et al (2015) citam seis ferramentas através das quais a análise de informações pelo Big Data seria possível: conexão (pela rede industrial), o armazenamento de dados na nuvem, a utilização dos sistemas físico-cibernéticos para coleta e envio de dados, a possibilidade de compartilhar as informações em tempo real e a padronização de dados.
- **Robôs Autônomos:** fabricantes em muitos setores usam robôs há muito tempo para lidar com tarefas complexas, mas os robôs estão evoluindo para uma utilidade ainda maior, se tornando flexíveis e cooperativos. Eventualmente, eles vão interagir uns com os outros e trabalhar em segurança lado a lado com os humanos e aprender com eles (RÜßMANN et al, 2015).

- **Ambientes de simulação virtual:** atualmente já são utilizadas simulações tridimensionais de produtos, materiais e processos de produção em estudos de engenharia, no futuro, porém, as simulações serão usadas mais extensivamente nas operações fabris, alavancando os dados em tempo real para espelhar o mundo físico em um modelo virtual, que pode incluir máquinas, produtos e seres humanos. Os operadores poderão testar e otimizar as configurações da máquina para o próximo produto em linha no mundo virtual antes da troca física, reduzindo assim os tempos de configuração da máquina e aumentando a qualidade (RÜßMANN et al, 2015).
- **Integração vertical e horizontal de sistemas:** A maioria dos sistemas de TI de hoje não está totalmente integrada. Com a indústria 4.0, as empresas, departamentos, funções e capacidades tornar-se-ão muito mais coesas, à medida que as redes universais de integração de dados entre empresas evoluírem e permitirem cadeias de valor verdadeiramente automatizadas (RÜßMANN et al, 2015). A tecnologia de envio de dados à distância “wireless” terá papel fundamental para que este processo aconteça.
- **Internet das coisas – industrial:** Atualmente, apenas alguns sensores e máquinas de um fabricante estão em rede e utilizam computação incorporada. com a Internet industrial das coisas, mais dispositivos - às vezes incluindo até produtos inacabados - serão enriquecidos com computação embarcada e conectados usando tecnologias padrão (RÜßMANN et al, 2015). A partir da aceleração digital - os dados processados e analisados em conjunto fornecerão um novo patamar de agregação de valor e a partir das interfaces máquina-máquina (M2M) surge um link de ponta a ponta da cadeia produtiva chamado “end-to-end - E2E” para além do business-to-business (B2B) e business to customer (B2C) (BLOEM et al, 2014).
- **Segurança cibernética:** muitas empresas ainda dependem de sistemas de gerenciamento e produção desconectados ou fechados. Com o aumento da conectividade e o uso de protocolos de comunicação padrão que vêm com a Indústria 4.0, a necessidade de proteger sistemas industriais críticos e linhas de fabricação de ameaças de segurança cibernética aumenta dramaticamente. Como resultado, comunicações seguras e confiáveis, bem como gerenciamento sofisticado de identidade e acesso de máquinas e usuários são essenciais (RÜßMANN et al,2015).
- **Armazenamento de dados na nuvem:** as empresas já estão usando softwares baseados em dados da nuvem para alguns aplicativos corporativos e de análise. Na Indústria 4.0 mais empreendimentos relacionados à produção exigirão o aumento do compartilhamento de dados entre sites e interfaces da empresa. Ao mesmo tempo, o desempenho das tecnologias de nuvem melhorará, alcançando tempos de reação de apenas vários milissegundos. Como resultado, os dados e a funcionalidade da máquina serão cada vez mais implementados na nuvem, permitindo mais serviços orientados a dados para sistemas de produção (RÜßMANN et al,2015).
- **Manufatura aditiva:** as empresas começaram a adotar a manufatura aditiva, como a impressão 3D, principalmente para prototipar e produzir componentes individuais. Com a Indústria 4.0, esses métodos de fabricação aditivos serão amplamente utilizados para produzir pequenos lotes de produtos personalizados que ofereçam

vantagens de construção, como designs complexos e leves. Os sistemas de manufatura aditiva descentralizada e de alto desempenho reduzem as distâncias de transporte e o estoque disponível (RÜßMANN et al,2015).

- **Realidade Aumentada:** Os sistemas baseados em realidade aumentada suportam uma variedade de serviços, como a seleção de peças em um armazém e o envio de instruções de reparo em dispositivos móveis. Esses sistemas estão atualmente em sua infância, mas, no futuro, as empresas usarão muito mais a realidade aumentada para fornecer aos funcionários informações em tempo real para melhorar a tomada de decisões e os procedimentos de trabalho (RÜßMANN et al,2015).

Os fundamentos tecnológicos da Indústria 4.0 serão assegurados pela disponibilidade de todas as informações relevantes em tempo real; pela capacidade de determinar um processo otimizado a qualquer momento com base nas informações gerenciadas e pela integração de pessoas (RAJNAI; KOCSIS, 2018).

Com este novo cenário tecnológico elucidado na Indústria 4.0, para as nações e para as organizações serão necessárias mudanças de atitude em seus ambientes intra e extra organizacionais. O gerenciamento estratégico associado à implementação de projetos para incorporação das tecnologias é um caminho inevitável na direção desta nova revolução.

### **3. OS DESAFIOS DA INDÚSTRIA 4.0 PARA AS ORGANIZAÇÕES BRASILEIRAS**

Uma economia de mercado emergente descreve a economia de uma nação que está progredindo para se tornar mais avançada, geralmente por meio de rápido crescimento e industrialização. Esses países experimentam um papel crescente tanto na economia mundial quanto na fronteira política. Inovação de recuperação, Inovação reversa, Inovação de inclusão social, Inovação em serviços financeiros e não financeiros, cuidados de saúde, educação, meios de comunicação e empresas sociais são temas e questões criticamente importantes para países dos mercados emergentes da Ásia, África, América Latina, Oriente Médio e Europa Central (HAAR & ERNST, 2016)

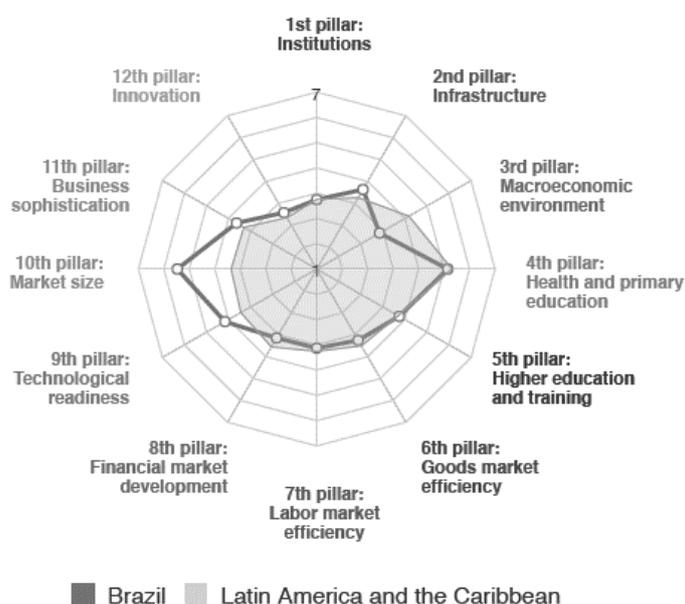
Segundo o relatório de competitividade global do Fórum Econômico Mundial – *World Economic Forum - WEF* (SCHWAB, 2017) o Brasil encontra-se na 80ª posição no Índice de Competitividade 2017-2018 e na 55ª posição no quesito Technological Readiness, relacionado com a capacidade de um país em abordar novas tecnologias. Segundo este relatório, entre os mercados emergentes vistos com grande potencial no início dos anos 2000, o Brasil perdeu muito do que ganhou antes de 2013 neste quesito. A posição do Brasil, contudo, ainda é de destaque na maioria dos pilares que determinam este índice quando comparado com a América Latina (Figura 2).

Em relação ao Pilar Inovação, porém, apesar de apresentar Brasil na 85ª posição, o relatório do WEF (SCHWAB, 2017) destaca que o país vem apresentando grandes progressos com aumento em muitos dos indicadores, apresentando uma maior capacidade

de inovação, mais colaboração indústria-empresa-negócio, maior qualidade de pesquisa e cientistas e engenheiros melhor treinados.

Considerando o contexto da 4ª revolução industrial, afirma-se que a indústria nacional ainda se encontra em fase de transição entre a indústria 2.0, com a utilização de linhas de montagem e energia elétrica, e a indústria 3.0 pela aplicação da automação através da eletrônica, robótica e Programação (FIRJAN, 2016).

Figura 2 – Posição do Brasil em relação à América Latina nos Pilares de Competitividade segundo o WEF



Fonte: SCHWAB, 2017

Um estudo realizado pela Confederação Nacional da Indústria – CNI em 2016 com 2.225 empresas (910 pequenas, 815 médias e 500 grandes), revelou que o conhecimento relacionado às tecnologias envolvidas no contexto da Indústria 4.0 ainda é pouco difundido na indústria brasileira, onde 42% das empresas desconhecem a importância das tecnologias digitais para a competitividade da indústria, 31% não responderam ou declararam não saber se utilizavam alguma das tecnologias listadas e 52% não utilizam nenhuma tecnologia digital de uma lista com 10 opções que incluíram: Automação digital para controle de processo; Monitoramento e controle remoto da produção; Sistemas integrados de engenharia para desenvolvimento de produtos e manufatura de produtos; Manufatura aditiva, prototipagem rápida ou impressão 3D; Simulações/análise de modelos virtuais (Elementos Finitos, Fluidodinâmica Computacional, etc.) para projeto e comissionamento; Coleta, processamento e análise de grandes quantidades de dados (big data); e Utilização de serviços em nuvem associados ao produto (CNI,2016).

Para a Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro - FIRJAN (2016), a implementação da Indústria 4.0 no Brasil requer a adoção de políticas estratégicas

inteligentes, incentivos e fomentos por parte do governo, bem como o desenvolvimento tecnológico e a formação de profissionais qualificados.

A Confederação Nacional da Indústria – CNI está elaborando, no âmbito do Conselho Temático Permanente de Política Industrial e Desenvolvimento Tecnológico (COPIN), uma agenda que aborda sete dimensões prioritárias para o desenvolvimento da Indústria 4.0 no Brasil: aplicações nas cadeias produtivas e desenvolvimento de fornecedores; mecanismos para induzir a adoção das novas tecnologias; desenvolvimento tecnológico; ampliação e melhoria da infraestrutura de banda larga; aspectos regulatórios; formação de recursos humanos; e articulação institucional (CNI, 2016).

O Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), por meio do Programa Nacional de Apoio às Incubadoras de Empresas e Parques Tecnológicos (PNI), tem fomentado o surgimento e a consolidação de Incubadoras de Empresas e Parques Tecnológicos no Brasil, a fim de ampliar e otimizar a geração e consolidação de micro e pequenas empresas inovadoras. Este projeto buscou fortalecer o suporte governamental à inovação no Brasil por meio de políticas efetivas de apoio a Parques Tecnológicos, Incubadoras e Startups (MCTI, 2015).

Sob a liderança do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), em parceria com o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), foi iniciado em 2017 o estudo "Internet das Coisas: um plano de ação para o Brasil", uma iniciativa dos gestores do BNDES com o objetivo de estabelecer um plano para a criação de novos produtos utilizando a tecnologia IoT no Brasil (DA SILVA et al, 2018). Este estudo identificou três oportunidades para a criação de produtos utilizando tecnologia IoT no Brasil a serem exploradas: (a) aumentar a competitividade do país apoiando o crescimento econômico através do aumento de valor agregado dos produtos exportados; (b) melhoria do bem estar e qualidade de vida dos cidadãos pela adoção de tecnologia IoT para a melhoria de serviços públicos essenciais como saúde, segurança, mobilidade e gestão de recursos naturais; e (c) a criação de estratégia de desenvolvimento tecnológico e ampliação do conhecimento através da mudança de perfil dos profissionais e das relações de trabalho (DA SILVA et al, 2018).

O estudo desenvolvido pelo BNDES identificou 5 ambientes chave onde a aplicação da internet das coisas deveria ser considerada como alvo para iniciativas e políticas públicas, investimentos, financiamento e fomento, infraestrutura de conectividade, aspectos regulatórios, privacidade e segurança de dados, além do desenvolvimento de capital humano: (1) as cidades, considerando ambientes urbanos com serviços públicos e de utilidade pública; (2) a saúde, através da utilização de equipamentos de monitoramento remotos; (3) ambientes rurais com produção padronizada; (4) indústrias de base como a de construção e indústrias de mineração, óleo e gás, e (5) fábricas e ambientes de produção nos setores têxtil e automotivo (DA SILVA et al, 2018).

### **3.1. PRÓXIMOS PASSOS PARA A IMPLEMENTAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0 NO BRASIL**

Segundo a CNI (2016) o desenvolvimento da Indústria 4.0 no Brasil envolve desafios além do investimento em equipamentos que incorporem as novas tecnologias, incluindo a adaptação de layouts, a adaptação dos processos e das formas de relacionamento entre empresas ao longo da cadeia produtiva, a criação de novas especialidades e o desenvolvimento de novas competências, entre outras. Para a CNI (2016), o nível de heterogeneidade da nossa indústria exigirá que as políticas sejam adaptadas para diferentes conjuntos de setores e de empresas, que assumirão velocidades e condições diferenciadas.

Uma barreira importante a ser superada é a implementação de um parque tecnológico nacional capaz de suportar e alavancar o desenvolvimento da indústria brasileira a partir de recursos próprios. Segundo Lemos (2016) os países que quiserem se desenvolver, como o Brasil, precisarão criar normas que sejam amigáveis à inovação, tema hoje relegado a segundo plano no país. Para este autor, aperfeiçoar a democracia e os modelos de tomada de decisão para acompanhar esses desafios torna-se uma tarefa crucial nesse contexto.

Em relação ao desenvolvimento tecnológico, a CNI (2016) também evidencia como um obstáculo que precisa ser superado, a criação de oportunidades para o desenvolvimento de fornecedores domésticos de soluções dentro no novo ambiente tecnológico. Para que essas oportunidades sejam adequadamente aproveitadas, será necessário a identificação, pela indústria e pelo governo, de nichos onde as barreiras à entrada são menores e, conseqüentemente, onde as possibilidades de desenvolvimento serão maiores (CNI 2016).

Um movimento necessário identificado por Da Silva et al (2018) é o desenvolvimento tecnológico das Pequenas e Médias empresas (PMES) brasileiras como um caminho para viabilizar a recuperação da competitividade da indústria nacional. Segundo estes autores, esta evolução permitirá a diversificação da economia brasileira e a criação de mão de obra mais especializada e mais capaz de se adaptar às mudanças e à velocidade delas.

A CNI (2016) também destaca a identificação dos instrumentos de Política Industrial capazes de viabilizar e induzir o desenvolvimento da Indústria 4.0 no Brasil como um desafio relevante. Segundo esta instituição, para promover o acesso ao conhecimento será fundamental o intercâmbio tecnológico e comercial com outros países. Neste contexto, esta política deverá fomentar estas interações de modo que seja possível absorver, da forma mais eficiente possível, as tecnologias estrangeiras.

Outra iniciativa relevante para o desenvolvimento da Indústria 4.0 nacional indicada por Da Silva et al (2018) é a padronização de identificação de produtos entre os elos da cadeia produtiva cujas vantagens destacadas por estes autores seriam o aumento da eficiência da indústria, a correção de desvios na arrecadação de impostos e o aumento da segurança para o consumidor, além de gerar um mercado ligado à criação de soluções para a gestão de mercadorias. Ainda neste sentido, como uma ação prática, estes autores sugerem que os gestores do governo poderiam ampliar o fomento ao processo de padronização na identificação de mercadorias.

É importante perceber que a transformação digital de uma empresa não é apenas uma questão de investimento em tecnologia. Este processo deve constituir uma estratégia global de negócios baseada no comprometimento da organização a partir da qual processos internos e externos mudam. A transformação não é uma mudança transitória, e sim uma evolução através de várias etapas envolvendo tecnologia e mudanças organizacionais (RAJNAI; KOCSIS, 2018).

O plano a ser traçado pelas organizações industriais brasileiras, para além das iniciativas institucionais, começará, pois, por definir prioridades para transformar a sua infraestrutura, através da construção de metas baseadas nos 9 pilares tecnológicos (BLOEM et al, 2014; RÜßMANN et al, 2015). Será necessário definir ações para melhoria em seus arcabouços físicos e virtuais (equipamentos, engenharia e infraestrutura tecnológica), em seus arranjos organizacionais e de recursos humanos, bem como rever seus planos de padronização e estratégias de marketing.

Verificamos então que, até que a indústria brasileira estabeleça-se em uma posição de destaque no contexto da 4ª Revolução Industrial, alguns desafios precisam ser superados:

**(a) Em sua estrutura físico-cibernética** – buscando aceleração tecnológica (FIRJAN, 2016) e definindo estratégias de inovação tecnológica que permitam a transformação de seus processos produtivos a partir dos seis princípios de design da Indústria 4.0. Algumas ações propostas pela CNI (2016) para a aceleração tecnológica no país envolvem o direcionamento do esforço das empresas para o desenvolvimento de determinadas tecnologias, adotando o modelo de plataformas tecnológicas, entre outras possibilidades.

É importante citar que, no caminho da 4ª revolução industrial, a digitalização das manufaturas nacionais reduzirá o risco do aumento massivo da concorrência estrangeira no mercado brasileiro e favorecerá a eliminação das barreiras para que as empresas brasileiras criem aplicações para o mercado internacional (DA SILVA et al, 2018)

Ainda no contexto da infraestrutura, uma ação importante e necessária a ser realizada no contexto nacional destacada pela CNI (2016) é a revisão do modelo de telecomunicações atual a fim de que os recursos públicos possam ser utilizados para viabilizar investimentos de infraestrutura de telecomunicação, incluindo o fortalecimento de programas de estímulo ao investimento em banda larga e rede móvel.

**(b) Em seus sistemas de gestão** – pela integração horizontal da cadeia de valor em redes através da aplicação de conceitos de engenharia e tomada de decisão utilizando o Big Data e análises avançadas (FIRJAN,2016). A integração digital das empresas ao longo das cadeias produtivas levará ao ganho de eficiência esperado e deverá provocar mudanças significativas nas relações entre clientes e fornecedores o que demandará não somente a adaptação dos processos existentes, como também o desenvolvimento e a incorporação de novas tecnologias de hardware e software (CNI, 2016).

**(c) Em seus processos de formação educacional e profissional** – a 4ª revolução industrial exigirá novas habilidades dos profissionais em diversos setores. Com a

evolução e ampliação do uso inteligência artificial, muitos postos de trabalho serão eliminados e muitos postos novos surgirão. Com sensores melhorados, os robôs são capazes de produzir bens com maior qualidade e confiabilidade do que o trabalho humano, porém, são extremamente limitados (ou estão no momento), especialmente nos processos cognitivos de tomada de decisão. Será necessário então adotar iniciativas com foco em ensino e formação profissional, melhoria de infraestrutura tecnológica nas escolas, nas universidades e nos centros de formação; realizando uma renovação/adaptação dos currículos e promovendo uma formação multidisciplinar, porém com habilidades e competências específicas, mesclando o sistema tradicional de ensino e a flexibilidade nas habilidades de aprendizagem. As empresas também deverão antecipar estas necessidades e trabalhar para gerar mudanças culturais e comportamentais com constantes programas de capacitação (BLOEM et al, 2014; CNI,2016 ; RÜßMANN et al,2015; FREY & OSBORNE, 2017).

**(d) Em suas relações entre governo, centros de pesquisa (academia) e empresas** – o advento da indústria 4.0 no Brasil e na economia mundial proporcionará oportunidades para o desenvolvimento de fornecedores de tecnologias digitais no país, paralelamente à demanda de bens e serviços gerados neste contexto. O desafio será estabelecer políticas de estímulo ao desenvolvimento tecnológico das empresas e à adaptação de seus produtos e serviços a esta realidade, qualificando a base industrial doméstica como fornecedora deste tipo de solução, o que passa pelo fomento à inovação (CNI, 2016).

Governos deverão se mobilizar na criação de condições (infra, fundos, inteligência, etc) para gerar as mudanças necessárias (PELEGRINI, 2017). Também será necessária maior robustez e flexibilidade do sistema jurídico redefinindo as formas de gerir a propriedade intelectual (BAWEJA et al, 2016).

**(e) Em seus produtos** – uma das principais vantagens da indústria 4.0 para o consumidor é a personalização dos produtos com a possibilidade de entrega de produtos customizados na mesma velocidade que são produzidos em série atualmente. Os dados recebidos do consumidor e as informações sobre o comportamento do cliente ajudarão a identificar uma demanda suficiente para que a indústria desenvolva um novo produto que atenda às necessidades especificadas, além de aprimorar o que já é ofertado a partir das sugestões deixadas nos comentários. A indústria nacional precisará cercar-se de tecnologias e recursos físicos e virtuais que proporcionem esta interface.

**(f) Em suas relações com o consumidor** – os modelos de negócio impulsionados pela internet dos serviços estão focados em um modelo guiado pelas interdependências do consumidor, pela análise do ponto de vista da marca, pela conectividade com clientes e parceiros e pelo consumo de serviços e não mais de produtos. A indústria nacional precisará embarcar no uso das novas tecnologias que permitem uma lógica mais colaborativa e participativa, criando uma forte sinergia e potencializando a capacidade de transformação do mercado, formatando, em seus modelos de negócio, uma nova forma de relação com o consumidor.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

No campo da Gestão de Ciência, Tecnologia e Inovação, o tema da Indústria 4.0 está em sua fase emergente e apresenta-se como um fenômeno de transformação digital inteligente que afeta as organizações industriais e também outros setores, originando vários estudos, tanto para entender ou propor modelos, quanto para identificar passos para acompanhar a sua evolução. Espera-se a realização de estudos futuros que contribuam para seguir com a sua análise e compreensão.

Percebe-se que, neste cenário de transformações tecnológicas iminentes e, considerando os conteúdos analisados neste estudo, algumas consequências das mudanças provocadas pela 4ª revolução industrial são previsíveis, outras não. Mas é preciso pensar que novas organizações estão se formando, reinventando a sua infraestrutura, as suas estratégias de gestão, as suas relações humanas e não humanas.

A partir deste estudo, percebe-se também que o caminho da implementação da Indústria 4.0 passa por alguns pontos importantes, como por exemplo, a transformação da cultura organizacional, onde as empresas precisarão migrar de uma abordagem tradicional para uma abordagem de inovação, onde os empregados sejam incentivados a mergulhar neste ambiente tecnológico e as lideranças, alinhadas com esta cultura, possam suportar a aprovação e a implementação das mudanças propostas. Outro ponto importante é que adoção de novas tecnologias, tanto em termos de infra estrutura virtual quanto em termos de estruturas físicas, deverão fazer parte cada vez das decisões estratégicas das empresas.

É evidente que, no contexto das economias emergentes, ao mesmo tempo que o Brasil encontra-se em uma situação em que precisa recuperar a competitividade da indústria, ele também precisa viabilizar iminentemente uma implementação robusta e eficaz das tecnologias embarcadas no contexto da Indústria 4.0. É necessário, portanto, urgente estabelecimento de políticas públicas e outras iniciativas voltadas para o desenvolvimento da ciência, tecnologia e inovação, incorporando ações de governo, indústria e também universidades, de modo a reduzir os gaps tecnológicos evidenciados e, com isso, criar condições para a transição para esse novo contexto.

#### REFERÊNCIAS

BAWEJA, B. et al. Extreme automation and connectivity: the global, regional, and investment implications of the Fourth Industrial Revolution. In: **UBS White Paper for the World Economic Forum Annual Meeting**. 2016.

BLOEM, Jaap et al. **The Fourth Industrial Revolution**. Things Tighten, 2014.

CNI - Confederação Nacional da Indústria. **Desafios para a indústria 4.0 no Brasil / Confederação Nacional da Indústria**. – Brasília: CNI, 2016.

DA SILVA, Elcio Brito; PEREIRA, Sergio Luiz; DIAS, Eduardo Mario & SCOTON, Maria Lúcia R. P. Dias. **Automação & Sociedade: Quarta Revolução Industrial, Um Olhar Para O Brasil**. Editora Brasport, 2018.

FIRJAN - Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro Sistema - Panorama da Inovação Indústria 4.0 - Publicações FIRJAN **Cadernos Senai de Inovação**. Abril/2016.

FREY, Carl Benedikt; OSBORNE, Michael A. The future of employment: how susceptible are jobs to computerization? **Technological Forecasting and Social Change**, v. 114, p. 254-280, 2017.

GILCHRIST, Alasdair. **Industry 4.0: the industrial internet of things**. Apress, 2016.

HAAR, Jerry; ERNST, Ricardo eds. **Innovation in Emerging Markets**. New York and London: Palgrave Macmillan 2016

HERMANN, Mario; PENTEK, Tobias; OTTO, Boris. Design principles for industrie 4.0 scenarios. In: System Sciences (HICSS), 2016 49th **Hawaii International Conference on. IEEE**, 2016. p. 3928-3937.

KAGERMANN, Henning 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**. Forschungsunion, 2013.

LEMOS, Ronaldo. **A Quarta Revolução Industrial, artigo publicado por Folha de S. Paulo**, 11-01-2016 - disponível em <http://www.ihu.unisinos.br/noticias/550733-a-quarta-revolucao-industrial-em-05/12/2017>

MCTI - MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO – **Parques Tecnológicos e Incubadoras para o desenvolvimento do Brasil: Benchmarking de Sistemas Internacionais de Inovação**. Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação – MCTI. Brasília: MCTI, 2015

PELEGRINI, Ricardo. Transformações de indústrias e profissões na era cognitiva. **Seminário de Manufatura automotiva Industria 4.0 impactos na indústria e na sociedade**. AEA – Associação Brasileira de Engenharia Automotiva. Agosto, 2017

QIN, Jian; LIU, Ying; GROSVENOR, Roger. A categorical framework of manufacturing for industry 4.0 and beyond. **Procedia Cirp**, v. 52, p. 173-178, 2016.

RAJNAI, Zoltán; KOCSIS, István. Assessing industry 4.0 readiness of enterprises. In: **Applied Machine Intelligence and Informatics (SAMII), 2018 IEEE 16th World Symposium on. IEEE**, 2018. p. 000225-000230.

RÜßMANN, Michael et al. **Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries**. Boston Consulting Group, v. 9, 2015.

SAMARANAYAKE, P.; RAMANATHAN, K; LAOSIRIHONGTHONG, T. Implementing industry 4.0 - A technological readiness perspective," **2017 IEEE**

**International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)**, Singapore, pp. 529-533, 2017.

SCHWAB, Klaus. **The fourth industrial revolution**. Crown Business, 2016 (a)

\_\_\_\_\_, Klaus. **The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond**  
**Word Economic Forum 2016.** Disponível em:  
<https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/> em 11/12/2017 (b)

\_\_\_\_\_, Klaus. **World Economic Forum: The Global Competitiveness Reports up 2008-2009 to 2016-2017**. URL: [http://www3.weforum.org/docs/GCR2016-2017/05FullReport/TheGlobalCompetitivenessReport2016-2017\\_FINAL.pdf](http://www3.weforum.org/docs/GCR2016-2017/05FullReport/TheGlobalCompetitivenessReport2016-2017_FINAL.pdf) The World Bank. The Knowledge Economy Index, 2017.

UHLMANN, Eckart; DOMINGOS, David Carlos. **Industrie 4.0 – Advanced Manufacturing Technologies within the Digitally Integrated Production** - Fraunhofer Institute for Production Systems and Design Technology IPK. **Seminário de Manufatura automotiva Industria 4.0 impactos na indústria e na sociedade**. AEA – Associação Brasileira de Engenharia Automotiva. Agosto, 2017

WANG, Shiyong et al. Towards smart factory for industry 4.0: a self-organized multi-agent system with big data based feedback and coordination. **Computer Networks**, v. 101, p. 158-168, 2016.