

O IMPACTO TECNOLÓGICO DA INDÚSTRIA 4.0 NO BRASIL:

Alguns benefícios, consequências e desafios

Paulo Eduardo da Silva Júnior
Estudante de Engenharia Mecânica 2023, Cabo de Santo Agostinho, PE - Brasil
Paulinhosilva.pe47@gmail.com

Luiz Pereira da Costa Neto, MSC
Professor do Curso de Engenharia Mecânica 2023, UNIFG, Jaboatão dos Guararapes, PE – Brasil
Luiz.p.neto@animaeducacao.com.br

RESUMO: Esse artigo expõe alguns pontos sobre a nova revolução industrial, também conhecida como Indústria 4.0, na qual se investiga suas potencialidades, desafios e dificuldades no Brasil. Com a indústria 4.0, se espera aumentar os índices de produtividade, flexibilidade e inteligência dos meios de produção por meio da automação principalmente, assim se resultaria em fábricas mais inteligentes e automatizadas. Este trabalho investiga os benefícios e os efeitos positivos e negativos de implementações de uma estrutura automatizada e inteligente para a produção manufaturada. Por fim, esse artigo avalia um pouco as expectativas e desafios, na visão das empresas no Brasil e no mundo, acerca desta nova etapa da produção industrial. O trabalho mostra que há uma gama de benefícios para se incorporar da nova revolução industrial no Brasil, entretanto, também existem grandes desafios a serem superados para sua maior difusão.

PALAVRAS-CHAVE: Indústria 4.0, Inovação e desenvolvimento Industrial.

ABSTRACT: This article exposes some points about the new industrial revolution, also known as Industry 4.0, in which its potentialities, challenges and difficulties in Brazil are investigated. With industry 4.0, it is expected to increase productivity rates, flexibility and intelligence of the means of production mainly through automation, thus resulting in smarter and more automated factories. This work investigates the benefits and positive and negative effects of implementing an automated and intelligent structure for manufactured production. Finally, this article evaluates a little the expectations and challenges, in the view of companies in Brazil and in the world, about this new stage of industrial production. The work shows that there is a range of benefits to be incorporated from the new industrial revolution in Brazil, however, there are also major challenges to be overcome for its greater dissemination.

KEYWORDS: Industry 4.0, Innovation and Industrial development.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento industrial se apresenta de maneiras diferentes nos mais diversos países. Ele pode ser verificado por meio de um processo de revoluções de técnicas de produção, que são conhecidas como revoluções industriais, que propiciaram crescimento da renda, produtos, serviços e avanços sociais. Apesar dos benefícios (e dos mais variados impactos na sociedade), o crescimento deste setor produtivo também requer muitos desafios para que tais resultados sejam possivelmente alcançados.

A Indústria 4.0 é apontada como uma nova etapa da revolução industrial, que tende a impulsionar o crescimento e o desenvolvimento econômico. Com esta nova fase espera-se a capacidade de englobar diversas tecnologias que auxiliam na automação e digitalização de processos com um maior controle aos mecanismos de manufatura. Graças a isso nota-se que esta nova revolução tende a proporcionar fábricas inteligentes que podem contribuir para modelos produtivos mais eficientes, autônomos e customizáveis dentro das indústrias (BRETTEL et al., 2014).

A nova revolução industrial teve origem em um projeto estratégico do governo alemão que se atentou para o benefício na utilização de novas tecnologias no setor manufatureiro. A indústria 4.0, então, foi apresentada pela primeira vez na feira de hannover em 2011. Em outubro do ano seguinte, o grupo responsável pelo projeto elaborou um relatório que recomendava a implantação desta fase produtiva nos mais diversos setores industriais alemães. Em abril de 2013, na mesma feira que em se iniciou o projeto, foi apresentado um projeto final, no qual se desenvolveu a ideia de que o setor produtivo possa conter máquinas, sistemas cibernéticos e redes inteligentes capazes de propiciar maior autonomia e eficiência produtiva (BÜRKNER et al., 2016).

Este artigo apresenta a Indústria 4.0 em questão e seus respectivos benefícios e desafios para indústria brasileira, mostrando os impactos que podem estimular o desenvolvimento econômico do país, assim como os desafios para sua maior propagação no setor produtivo brasileiro. Este trabalho se justifica pelo estágio atual em que o setor industrial brasileiro vivencia períodos de baixa produtividade e pouca competitividade no cenário internacional. Outro aspecto a ser analisado é a superação dos problemas estruturais e conjunturais da economia, sobre os quais afetam negativamente no processo de inovações e implantação de novas tecnologias.

Este artigo se divide em alguns capítulos, além desta introdução e da conclusão. No próximo capítulo se desenvolve o arcabouço teórico que embasa a discussão e o modelo metodológico utilizado para explicar este tema. No segundo se elucida a Indústria 4.0: suas tecnologias, seus benefícios e seus impactos. O terceiro capítulo investiga os resultados desta nova fase produtiva por meio de relatórios e pesquisas realizadas acerca da introdução e desenvolvimento destas tecnologias. E, por fim, no último capítulo são expostos as expectativas e desafios apontados pelas empresas no Brasil e no mundo sobre a Indústria 4.0.

REFERENCIAL TEÓRICO SOBRE REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

No campo do desenvolvimento e crescimento industrial, dois conceitos se destacam no sentido de ajudar na compreensão das mudanças ocorridas neste setor: a tecnologia e a técnica. A tecnologia entende-se como conjunto teorias sobre os meios de produção, e a técnica compreende a aplicação deste conjunto teórico na prática. Ambos os conceitos são empregados tanto na produção de novos produtos quanto nas mais diversas etapas das atividades produtivas. No âmbito destas atividades, estes dois conceitos se mostra com a invenção e com a inovação, que também são importantes para impulsionar o progresso tecnológico. Que por vez, a invenção é o conhecimento sobre as novas técnicas, enquanto que a inovação é a aplicação destas novas técnicas nas atividades de produção (TIGRE, 2006).

A discussão conceitual para os diversos tipos de inovação iniciou a partir do manual de Frascati, que desenvolveu conceitos e criou definições para a P&D. Posteriormente, desenvolvido pela organização para a cooperação e desenvolvimento econômico (OCDE) o Manual Oslo, que foi utilizado como base para desenvolver a pesquisa industrial sobre inovação tecnológica no Brasil (PINTEC), que é realizada pelo instituto brasileiro de geografia e estatísticas (IBGE), segundo TIGRE (2006). Estes manuais possibilitam a comparação por meio de coleta de dados mensurados sobre P&D com as bases estatísticas internacionais. Mediante estes conceitos as empresas são consideradas inovadoras ao incorporarem em suas atividades qualquer novidade na produção de mercadorias ou serviços.

A definição do novo paradigma tecnológico se aplica quando um determinado setor, ou um grupo de setores, apresenta modificações em sua estrutura produtiva por meio de tecnologias emergentes ou existentes. Estas modificações vêm acompanhadas de reorganização nas relações dentro da Indústria e com o mercado na qual se está inserido (TIGRE, 2006). Tais mudanças estão atreladas ao fato de que não apenas a estrutura técnica alterou, mas que ocorreram modificações socioeconômicas, afetando diretamente toda atividade econômica.

Os padrões de mecanização aumentaram a produtividade a níveis muitos maiores do que anteriormente visto. Ou seja, revolucionou-se o padrão tecnológico e as relações entre a produção e as técnicas empregadas (GOMES, 2016).

A figura a seguir exhibe os vários períodos e as transformações nos padrões de produção e de tecnologias que aconteceram com as revoluções industriais. Na indústria 1.0 a grande mudança observada foi à incorporação da mecanização da produção (a utilização de máquinas a vapor). Esta nova tecnologia foi significativa, porque contribuiu para alterações tanto no sistema produtivo quanto do mercado de trabalho. Em seguida, apresenta também a Indústria 2.0, que foi o início da produção e consumo em massa; quando se verificou que os processos produtivos continham mais máquinas e equipamentos. Ao mesmo tempo contavam com linhas de montagem e facilidades nos meios de comunicação e distribuição. Esta segunda etapa também propiciou alterações com relação à produção e utilização de energias e matérias primas, sendo neste período o desenvolvimento de novas tecnologias e técnicas que permitiu a utilização de energia elétrica, combustíveis fósseis (principalmente o petróleo), produção de aço, entre outros insumos. Durante a

década de 1970, a Indústria 3.0 introduziu a automação e a robótica individual sobre os processos em conjunto com a Tecnologia da Informação (TI), que possibilitou a conectividade com o globo, reduzindo espaço e tempo. A Indústria 4.0 auxilia para que as novas fábricas se tornem mais complexas e mais inteligentes (automatizadas). Nesta nova fase, as novas tecnologias são capazes de uma maior interconexão entre seres humanos e máquinas, contribuindo para uma dinâmica com maior interatividade na produção. Tais etapas produtivas tendem a ser mais rápidas e eficientes, com redução nos custos, otimizando a produção.



Figura 1 - Evolução e mudanças nos padrões tecnológicos com as Revoluções Industriais

Fonte: PwC Brasil (2016).

A Indústria 4.0 tem foco em promover para os setores industriais produtos ou processos mais inteligentes, de modo que o processo de produção futura de manufaturados necessita de desenvolvimento rápido. Este modelo contribui com a flexibilidade dos meios de produção, bem como um complexo envolvimento na produção por via de novas tecnologias empregadas, que aumentam e facilitam o processo de difusão e lançamento de novos produtos no mercado. Torna-se a integração uma importante ferramenta para aumentar a produtividade das novas indústrias inteligentes (BRETTEL et al., 2014).

Um dos meios de desenvolver a economia é por meio de inovações no sistema produtivo, principalmente, as que são estimuladas para a produção nos setores econômicos. Assim tem-se neste mecanismo uma importante ferramenta para que uma indústria consiga alcançar bons índices de produtividade. Pode-se perceber que a competitividade depende do modo como os modelos inovadores de um determinado país alcançam índices elevados de produtividade (KUPFER, 1996).

A inovação tecnológica pode contribuir para melhorar os índices de competitividade também no nível internacional. Neste nível de competição, também depende de outros muitos fatores como geopolíticos e econômicos, assim, a inovação possui limitações para determinar o sucesso produtivo em determinada indústria. Todavia, devido aos diversos mecanismos de coleta de dados e construção de indicadores, é possível combinar o sucesso na competição internacional com o processo de desenvolvimento de inovações nos setores industriais. Desta forma, o investimento em potencial inovador de uma indústria traz benefícios e

desenvolvimentos econômicos (TIGRE, 2006). Muitos países em desenvolvimento promovem esforços em mecanismos que contribuem e que favorecem a inovação em seu mercado nacional, pois se tornam mais produtivos e mais dinâmicos no cenário internacional.

As indústrias tendem a adotar uma abordagem específica para alguns dos elementos-chave da competitividade industrial, de modo que, a competição contribui para o mecanismo de adaptação e conquista de nichos de mercados. As companhias tendem a realizar diversificação produtiva, otimização na gestão e organização da produção entre outras táticas para aumentarem e se tornarem mais competitivas (MARINO, 2006). A troca da informação se distingue para um novo modelo de lógica organizacional, na qual se verifica a tendência de interatividade entre TI e TIC.

METODOLOGIA

INDÚSTRIA 4.0 SEUS BENEFÍCIOS, CONSEQUÊNCIAS E DESAFIOS

A Indústria 4.0 apresenta possibilidade de aperfeiçoar a utilização de recursos produtivos por meio de tecnologia e automação. Este novo paradigma tecnológico consiste em incorporar as inovações do mundo digital, virtual e conectado. Às grandes redes de comunicação global, com diversos e sofisticados sensores em máquinas e equipamentos tecnológicos. O dinamismo entre máquinas e humanos, bem como a comunicação virtual entre tais partes produtivas, tende a se tornar melhor e possibilitar maiores ganhos produtivos na escala global de produção, conforme analisado na seção. Com a Indústria 4.0 espera-se uma base para maior agilidade e eficiência na produção e distribuição das mercadorias produzidas.

A digitalização de processos industrial traz a perspectiva para aumentos nos ganhos de produtividade industrial. A estrutura de produção tem capacidade de transformar a manufatura em equipamentos automatizados, gerando uma fabricação mais integrada nas linhas de produção da empresa. A fábrica se tornaria mais flexível às comunicações entre custo e gestão. Na Alemanha tem-se uma perspectiva que a Indústria 4.0 pode reduzir os custos produtivos entre 5% e 8% no total da manufatura (RÜBMANN et al., 2015).

A nova estrutura produtiva avança para uma estrutura de abastecimento complexo entre os fornecedores, os produtores e os consumidores finais, que estão conectados por meio de um sistema mais dinâmico e proativo (COELHO, 2016). Estas firmas tendem a articular e dinamizar as etapas de inovação e criação de novos modelos de negócios, como foi analisado anteriormente.

O processo de desenvolvimento e crescimento econômico alterou muito ao longo dos séculos, desde a Indústria 1.0 nos meados do século XVIII até os dias atuais. O progresso técnico foi um grande responsável por modificar este padrão de acumulação, pois foi por meio de inovações ocorridas na dinâmica de concorrência industrial que houve até o presente momento (SILVA, 2015). A expectativa é que na Indústria 4.0, a comunicação via internet proporcione uma conexão muito dinâmica entre seres humanos e máquinas, conhecida com cyber-physical-systems (CPS). O modo de produção transforma os manufaturados em produtos muito mais eficientes. Com base nisso a Alemanha apresentou um incremento de 2,5% na participação do PIB e gerou cerca de sete milhões de empregos (BRETTEL et al., 2014). Com o

desenvolvimento de novos sensores, serviços de análise de dados, computação em rede nas nuvens, com a utilização da internet of things (IoT), são as base para emergir um modelo de inteligência e automação de máquinas e sistemas (OCDE, 2017a). O novo processo de produção industrial se tornaria mais inteligente e interligaria diversas tecnologias para aumentar sua eficiência produtiva, de abastecimento de matérias-primas e de produtos nos mercados aumentando a competitividade, como analisado anteriormente. (DAVENPORT e KUDYBA, 2017).

O modelo de competição capitalista tende à adoção de técnicas capazes de trazer para empresa processos mais ágeis e flexíveis às condições de competição no mercado. Em um cenário cada vez mais competitivo, como apresentado anteriormente, (e interconectado aos mais complexos e modernos modelos e estruturas produtivos) a Indústria 4.0 utiliza-se de conexões mais rápidas e versáteis que colaboram para aumento da competitividade empresarial. Por meio desta tecnologia de conexão em grandes redes virtuais, há possibilidade de interconectar outras funções e de integrar processos de big data com o a comunicação machine to machine (M2M). Com esta etapa tende a aumentar a capacidade de flexibilização das firmas transformando-as em um mecanismo de aprendizagem constante conectada aos mais diversos aparelhos (OCDE, 2017a).

Os desenvolvimentos de sistemas inteligentes contribuem para incrementar estruturas produtivas mais automatizadas e a robotização de cadeias, que também é fruto da Manufatura avançada. Esta interconexão de dispositivos, aliados a sistemas de integração M2M, aumentaria os mecanismos de CPS (SILVA, 2015). Tais sistema permitiriam que a tecnologia conceda interatividade de sistemas cibernéticos conectados via IoT e com o reforço do Big Data para potencializar e melhorar a produtividade de estruturas automatizadas e/ ou robotizadas dentro de um modo produtivo inteligente.

Para que estas tecnologias se apliquem de modo dinâmico na produção industrial é importante um grande fluxo de investimentos em TIC. Como já visto é a integração de vários agentes que viabiliza o processo de inovação em uma economia industrializada. Para seu estímulo adequado. É preciso que as empresas invistam para o desenvolvimento de mecanismos produtivos mais eficientes, que são introduzidos em diversos mecanismos integrados como o Sistema de Informação (SI), e que é utilizado para auxiliar os processos de automação das máquinas e equipamentos. (RÜBMANN, et al., 2015).

No avanço da aplicação das atuais e novas tecnologias voltadas para produção industrial, têm-se os sistemas computacionais de alta capacidade e qualidade no processamento de dados. Estes princípios estão totalmente integrados e interconectados em grandes redes com IoT, Big Data e CPS. Com base nisto, a estrutura de produção tende a promover a independência da atuação humana e abre espaço para o processo de robotização e automação industrial, por meio de AI (COELHO, 2016).

Na tabela a seguir, segundo relatório da PwC, os entrevistados apontaram para uma tendência de alargar consideravelmente o nível atual de digitalização dos processos. Segundo as corporações é capaz de aumentar em quase o dobro o nível atual, obtendo um percentual médio de 72% dos processos das companhias. Os maiores avanços acontecem nos modelos de negócios digitais em que o incremento é de 35%.

Tabela 2 - Expectativa sobre o nível atual de digitalização produtiva das empresas nos próximos cinco anos no Mundo e no Brasil

Locais	Mundo		Brasil	
	Hoje	Em cinco anos	Hoje	Em cinco anos
Digitalização de processos				
Integração vertical (Cadeia Global de Valor)	41%	72%	10%	57%
Integração Horizontal (Cadeia Global de Valor)	34%	65%	16%	55%
Modelos de Negócio Digitais (Produtos, Serviços).	29%	64%	19%	68%
Desenvolvimento de Produtos e Engenharia	42%	71%	17%	50%
Acesso de clientes, canais de vendas e marketing.	35%	68%	19%	68%

Fonte: PwC (2016).

Para o Brasil, a tabela aponta para uma disposição de maior expansão nas áreas de integração vertical (organização, gestão e produção dentro das fábricas inteligentes) e acesso de clientes a canais de vendas e marketing com expansão de cerca 49%. O estudo também assinala para que a maior parte dos processos digitalizados esteja presente nos modelos de negócios digitais. Na comparação entre Brasil e o mundo, verifica-se uma expectativa de crescimento nos modos de digitalização de processos mais acelerada do que no resto do mundo, mas apresentando defasagem.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo aborda expectativas, impactos e desafios apontados pelas empresas brasileiras acerca da introdução da Indústria 4.0 no setor produtivo industrial. Estes dados são referentes à pesquisa realizada pela CNI em 2016 e um relatório publicado pela PwC (2016) sobre as expectativas desafios a serem enfrentados pela companhias brasileiras para incorporar as novas técnicas produtivas. Essa apresenta informações sobre as principais tecnologias que podem aumentar a produtividade do setor industrial, exibindo as principais barreiras internas e externas à implantação dos processos de digitalização da economia.

A tabela á seguir distingue alguns desafios e problemas que geralmente são encontrados pelos empresários para incorporação de processos de digitalização dos processos produtivos. Percebe-se que as principais dúvidas sobre a digitalização residem sobre a ausência de clareza, como realizar os processos de integração digital e a falta de líderes que conheçam e se adequem aos processos digitais. Outra incerteza é em relação aos retornos sobre o investimento, tanto no Brasil quanto no mundo; estas dúvidas estão em torno de 40% dos entrevistados. Outro assunto relevante é a necessidade de grandes volumes de capital para realizar o investimento, o percentual dos entrevistados que apontam está dificuldade é de 36% para o mundo e 29% no Brasil.

Tabela 3 – Preocupações e dificuldades, segundo as empresas no Brasil e no mundo, sobre a introdução da Indústria 4.0

Preocupações e dificuldades	Global	Brasil
Falta de clareza nas operações digitais e suporte/ liderança de alta administração	40%	39%
Incerteza quanto aos benefícios econômicos sobre os investimentos digitais	38%	39%
Necessidade de grande financiamento	36%	29%
Pergunta não resolvidas sobre segurança e dados de dados privacidade em conexão com o uso de dados externos	25%	-
Talentos insuficientes	25%	16%
Faltam de padrões digitais, normas e certificações.	21%	3%
Expansão lenta das tecnologias de infraestrutura básica	18%	26%
Os parceiros de negócios não são capazes de colaborar em torno de soluções digitais	16%	26%
Preocupação com a perda de controle da propriedade intelectual da empresa	14%	6%

Fonte: PwC (2016).

A expectativa de introduzir a digitalização de processos produtivos no Brasil se distingue ser muito mais agressiva e acelerada do que a média global. As expectativas dos empresários brasileiros são de se aproximar ou até ultrapassar os índices globais de digitalização de etapas. Para o setor se desenvolver nota-se que a estratégia de acelerar os passos para implantar as fases da Indústria 4.0 é a aposta para conseguir aumentar seus níveis de competitividade no cenário internacional.

Em relação ao mundo, os maiores desafios para a Indústria 4.0 está na falta de talentos necessários para execução dos processos digitais na economia, juntamente com a falta de padrões digitais e certificações estão na casa de 25 e 21%, respectivamente.

Para situação brasileira os percentuais atingem 3 e 16% simultaneamente, entretanto, os brasileiros argumentam que a expansão lenta da infraestrutura básica para as novas tecnologias e a falta de parceiros para realizar os investimentos representam 26% cada das dificuldades. Enquanto que, para o resto do mundo estes percentuais estão em torno de 18 e 16%, concomitantemente.

O relatório da PwC (2016), apresenta as expectativas para as empresas adquirirem os novos modelos de digitalização da produção. As perspectivas, segundo entrevistados, para introdução destas tecnologias pelos empresários brasileiros são bastante otimistas, apesar do atual estágio de desafios. Ela expõe grandes desafios a serem superados devido ao fato de que a estrutura das corporações e a infraestrutura digital brasileira se apresentam com desvantagens com os modelos globais.

A expectativa para ampliar os níveis atuais de digitalização em processos produtivos corrobora para um cenário de crescimento expressivo e acelerado para o Brasil em comparação com a evolução global. O nível atual brasileiro encontra-se próximos aos 10% e o mundial em 35%. Observa-se que a perspectiva da elevação neste método é, em pontos percentuais, quase o dobro para empresários brasileiros em relação com a esperança dos empresários no mundo (GEISSBAUER, VEDSO e SCHRAUF, 2016). Neste cenário espera-

se que a produção brasileira atinja os mesmos níveis de digitalização que os demais países, porém, estes se encontram em vantagem em relação ao Brasil.

Na tabela a seguir tem a resposta referente aos processos de digitalização da produção que podem provocar um aumento na produtividade do setor industrial no Brasil. Na comparação entre o tamanho (pequenas, médias e grandes) e a intensidade tecnológica.

Tabela 4 - Na visão das empresas brasileiras, quais tecnologias digitais têm maior potencial para impulsionar a competitividade da indústria brasileira nos próximos cinco anos (em porcentagem)

Resposta	Pequena	Média	Grande	Alta	Média-Alta	Média-Baixa	Baixa
Projetos de manufatura por computador CAD/CAM (3) (4)	11	10	9	7	13	10	9
Sistemas integrados de engenharia para desenvolvimento de produtos e manufatura de produtos	19	23	28	16	27	25	21
Automação digital sem sensores	3	3	3	5	3	3	3
Automação digital com sensores para controle de processo	13	23	23	12	22	18	18
Automação digital com sensores com identificação de produtos e condições operacionais, linhas flexíveis	13	19	26	20	21	19	17
Monitoramento e controle remoto da produção com sistemas do tipo MES e SCADA (5)	10	11	18	13	14	12	11
Simulações/análise de modelos virtuais (Elementos Finitos, Fluidodinâmica Computacional, etc.) para projeto e comissionamento	4	5	6	3	9	4	4
Coleta, processamento e análise de grandes quantidades de dados ("big data")	8	12	21	11	14	13	12
Incorporação de serviços digitais nos produtos ("Internet das Coisas" ou <i>Product Service Systems</i>)	8	9	15	17	11	11	9
Manufatura aditiva, prototipagem rápida ou impressão 3D	6	8	11	12	13	7	7
Utilização de serviços em nuvem associados ao produto	8	10	13	17	9	9	10
Nenhuma das anteriores	3	4	2	5	2	3	4
Não sei	22	13	9	11	14	16	17
Sem resposta	31	30	21	32	23	29	30

Fonte: CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (2016).

Nesta tabela aborda outra questão importante que abrange a introdução de inovações para o mercado. A pesquisa confirma que as perspectivas para inovações e aproximações do mercado consumidor e os produtores são muito baixas para se utilizar das tecnologias para desenvolver novos produtos ou modificar a estrutura ou atuação do negócio. Nesta questão avalia-se que as empresas brasileiras esperam que a digitalização produtiva conduza a um aumento na competitividade por meio de reduções de custos nas etapas de produção.

Verifica-se também, uma grande parte dos entrevistados não conhecem sobre o assunto ou não sabem opinar. Isso, ao se investigar tanto o tamanho das companhias quanto a intensidade tecnológica, segue o mesmo padrão nas respostas. O que representa uma tendência às dificuldades na implantação de métodos digitais nos processos industriais. Dado que, para incorporação destes mecanismos digitalizados necessitam de profissionais e líderes capacitados para introdução destas tecnologias.

A respeito das barreiras externas, observa-se, na tabela a seguir, uma combinação de respostas diversificadas. Uma das principais causas apresentadas seria a falta de trabalhadores qualificados (fato que também foi apontada nas seções anteriores, que assinalou as dificuldades e novas tendências para a formação técnica e operacional dos trabalhadores). Esta dificuldade afeta as corporações com médio-baixa e baixa intensidade tecnológica e as de pequeno porte do que os demais tipos.

A infraestrutura de TIC ser insuficiente foi outra questão evidenciada, porque apesar de verificar incrementos significantes, por meio de investimentos públicos e privados no Brasil, ainda se mostra aquém da necessidade da digitalização produtiva do país.

Tabela 6 – Na visão das empresas brasileiras, as principais barreiras internas que inibem a introdução da Indústria 4.0 nas firmas brasileiras⁶ (em porcentagem)

Resposta	Pequena	Média	Grande	Alta	Média-Alta	Média-Baixa	Baixa
O mercado ainda não está preparado (clientes e fornecedores)	22	20	26	24	23	22	23
Falta de trabalhador qualificado	31	31	28	26	26	32	32
Falta de normalização técnica	7	8	8	8	8	7	8
Infraestrutura de telecomunicações do país insuficiente	17	25	30	20	26	22	21
Dificuldade para identificar tecnologias e parceiros	22	24	27	28	29	22	23
Regulação inadequada	4	6	7	13	7	4	5
Ausência de linhas de financiamento apropriadas	22	27	26	25	29	25	23
Sem resposta	39	35	31	33	32	36	37

Fonte: CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (2016).

Uma questão apontada no relatório da CNI reside no fato de que o mercado brasileiro é pequeno e com baixas potencialidades para se adequar ao modo dinâmico de interatividade, isso está ligado tanto aos clientes quanto aos fornecedores. A barreira externa que é outro agravante está associada à dificuldade de encontrar tecnologias e parcerias para introdução dos modelos produtivos digitais. Por sua vez, a falta de linhas de financiamento para inserir no setor produtivo as novas tecnologias, que dificulta os processos de digitalização produtiva do setor industrial brasileiro. Referente ao mercado, não existe preparo que haja adequação entre clientes e fornecedores aos novos procedimentos digitais, associado a dificuldades a ser enfrentado devido ao pouco desenvolvimento do SBI.

Estas deficiências nas articulações entre o setor de pesquisa e o empresarial se transformam em barreiras externas para se propague as novas técnicas produtivas. Com a Indústria 4.0 se espera que haja melhorias significativas na estrutura produtiva, todavia, sua integração com os demais setores da economia é muito dinâmica. Ou seja, estas dificuldades de interação, devido ao pouco amadurecimento do SBI, também tendem a dificultar a sua implantação no setor produtivo.

Este estudo apresentado pela CNI em 2016 elucidou alguns desafios e dificuldades para implantar a nova fase da industrialização no Brasil, onde vários setores produtivos, em evidência o industrial, brasileiros encontram-se agravantes para se incorporar, em seu modelo produtivo, algumas etapas desta Indústria 4.0 em suas unidades.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste artigo, verifica-se que a Indústria 4.0 tende a propiciar melhorias no processo manufatureiro, em que estas novas tecnologias buscam proporcionar estruturas produtivas mais inteligentes, autônomas e eficientes. A nova etapa contribui para o desenvolvimento de novos modelos de negócios em novos mercados, com maior dinamismo. Contudo, têm-se que há impactos na estrutura econômica e social capazes de afetar tanto as relações entre fornecedores, produtores e consumidores, quanto à geração de empregos. Eles alteram o modo de formação da mão-de-obra, pois tendem para acúmulo de múltiplos conhecimentos.

Os possíveis benefícios da Indústria 4.0 se relacionam com setor manufatureiro mais dinâmico e multiconectados que favorecem o desenvolvimento e a difusão de novas tecnologias aos mais diversos setores da economia. As novas técnicas tendem a se tornar mais inteligentes e mais otimizadas, além disso, proporcionariam muitos impactos socioeconômicos desde a geração de renda e emprego até relacionamento entre máquinas e humanos. As demais utilidades são expostas a possibilidade de novos modelos de negócios, que permitiria uma nova organização das corporações em estruturas produtivas menores e mais produtivas.

As técnicas que favorecem o maior dinamismo e automação dependem de um fluxo de investimentos para sua implantação, dado que se espera que a estrutura produtiva seja alterada para modelos digitais de manufatura avançada. Com isso, os novos profissionais tendem a desenvolver atividades e habilidades diferentes, pois se encontram em ambiente corporativo multiconectados. Estes novos trabalhadores tendem a apresentar multiformações profissionais, que alterariam a dinâmica do mercado de trabalho. Estas

modificações resultariam em maiores ganhos e melhorias na condição de vida destes novos trabalhadores e da própria indústria.

As possibilidades de unidades produtivas superconectadas se mostra como desvantagens a carência de estudos que tratam de segurança de dados e informações. Esta deficiência eleva a possibilidade de colapso total da rede em caso de falha de uma de suas partes, como na hipótese de ataques cibernéticos por vírus e hackers. Além disso, tem-se que o armazenamento sairia das sedes das empresas e passaria para a nuvem, uma preocupação muito relevante reside em quem teria acesso a essas informações. Estas preocupações crescem em tempo de cyber-guerra, em que pessoas tentam invadir segredos de outros países e corporações.

As perspectivas sobre a Indústria 4.0 são de uma estrutura produtiva menos rígida e mais flexiva, em comparação aos modelos atuais. Espera-se também que as novas fábricas sejam inteligentes, multiconectadas e autônomas. Ou seja, tende a redução nos custos de produção, um constante processo de aprendizagem e elevação nos índices de produtividade. Ademais, as expectativas de novos postos de trabalhos, que resultariam diminuição de trabalhos repetitivos e pouco qualificados, para o surgimento em novas com maior nível de formação e dinâmica que propiciariam maiores rendimentos.

Outro detalhe também apresentado neste artigo, esta associado aos empregos atuais, pois muitas das atividades atuais tendem a se reduzirem consideravelmente nos próximos anos. E dado que as novas vagas necessitariam de novas habilidades desenvolvidas e que a formação profissional atual não auxilia neste desenvolvimento profissional.

Aqui também abordou a importância do SNI para o desenvolvimento e a difusão de novas tecnologias. Nesta Nova Revolução Industrial, espera-se que a integração entre Estado, centros de pesquisas e as companhias resulte em um paradigma tecnológico com maior índice de customização em massa. Dado que a estrutura produtiva tende a ser mais dinâmica e inteligente, a distribuição a se tornar mais efetiva e o desejos dos consumidores mais evidentes devido aos novos aparelhos multiconectados. Esta nova fase da indústria, resultaria em troca de informações mais efetivas e em tempo real, o que se apresentaria em novos produtos e funcionalidades.

As potencialidades, com o uso das novas tecnologias, requerem um desafio elevado no Brasil. Entretanto, as expectativas das companhias estão elevadas, mesmo com as dificuldades iniciais apontadas na pesquisa pela CNI. Um dos grandes problemas abordados pelas companhias esta na falta de investimentos em infraestrutura, principalmente nas tecnologias da Indústria 3.0, que não se desenvolveram adequadamente no território brasileiro.

Outro ponto relevante também assinalado pelo trabalho é a formação da mão-de-obra qualificada para manuseio destas novas tecnologias. Isto se refere à necessidade alterar o modo de formação dos novos profissionais, como já analisado, para se desenvolver novas habilidades e capacidades para lidar com a nova estrutura produtiva. Todavia, nota-se uma elevada expectativa para que nos próximos cinco anos haja uma condição favorável à utilização destas novas tecnologias.

Este artigo considera importante a implantação das tecnologias e da Indústria 4.0 no Brasil, porém, com base na evidência apresentada verifica-se que há muitos desafios a ser enfrentados. O SBI ainda em desenvolvimento, pouco contribui para o desenvolvimento e propagação de novas tecnologias. As

expectativas das empresas são otimistas demais, em comparação com os grandes obstáculos que foram analisados neste trabalho. As perspectivas sobre a Indústria 4.0 para as firmas brasileiras apontam para uma dificuldade relacionada com o baixo desenvolvimento de estímulos à inovação. Este fato inibe desde a formação de uma mão-de-obra com multiquificação até o estímulo aos novos modelos de negócios que tendem a promover aumentos significativos de produtividade e competitividade do setor industrial brasileiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, E. D. M. E. Sistema Nacional de Inovação no Brasil: uma análise introdutória a partir de dados disponíveis sobre a ciência e tecnologia. revista de economia política, Campinas, v. 16, n. 3, p. 56-72, Setembro 1996.

ALMEIDA, H. Apresentação Internet das Coisas - Tudo Conectado. Revista da Sociedade Brasileira da Computação, Porto Alegre, v. 29, p. 5-8, Abril 2015.

ANDERL, R. Industry 4.0 - Digital Transformation in Product Engineering and Production. 21º Seminário Internacional de Alta Tecnologia, Piracicaba, 06 Outubro 2016. 3-17.

BANCO MUNDIAL. World Bank Data. World Development Indicators, 2016. Disponível em: <<https://data.worldbank.org/indicador?tab=all>>. Acesso em: 16 abril 2023.

BELLUZZO, L. G.; GALÍPOLO, G. A nova revolução industrial. Jornal Valor Econômico, Brasília, Novembro 2016.

BRETTEL, M. et al. How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective. International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering, v. 8, n. 1, p. 37-44, Novembro 2014.

BÜRKNER, H.-P. et al. Transformation delivering and sustaining breakthrough performance. Boston: The Boston Consulting Group, Inc, 2016.

COELHO, P. N. M. Rumo à Indústria 4.0. Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia e gestão Industrial pela Universidade de Coimbra. Coimbra, p. 1-65. 2016.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. Indústria brasileira: da perda de competitividade à recuperação? CNI. Brasília, p. 31. 2015.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. Os desafios da Indústria 4.0 no Brasil. 1. ed. Brasília: CNI, v. 1, 2016.

DANOESASTRO, M.; FREELAND, G.; REICHERT, T. A CEO's guide to leading digital transformation. BCG - Perspectives. Boston, p. 1-4. 2017.

DAVENPORT, T. H.; KUDYBA, S. Designing and Developing Analytics-Based Data Products. MIT MITSLOAN MANAGEMENT REVIEW, Massachusets, v. Special Collection, p. 6-11, Julho 2017.

EVANS, D. A Internet das Coisas como a próxima evolução da Internet está mudando o mundo. Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG). San José, p. 1-13. 2011.

FIQUEIREDO, P. N.; PINHEIRO, M. C. Competitividade industrial brasileira e o papel das capacidades tecnológicas inovadoras: a necessidade de uma investigação criativa. Programa de Pesquisa em Gestão da Aprendizagem Tecnológica e Inovação Industrial no Brasil, da EBAPE/FGV, Rio de Janeiro, 15 Março 2016. 1-17.

FONSECA, R. D.; CUNHA, S. Indicadores de Competitividade da Indústria Brasileira. Confederação Nacional da Indústria. Brasília, p. 31. 2015.

GEISSBAUER, D. R.; VEDSO, J.; SCHRAUF, S. Industry 4.0: Building the digital enterprise. PWC. Berlin, p. 1-36. 2016.

GERBERT, P.; JUSTUS, J.; HECKER, M. Competing in the age of Artificial Intelligence. The Boston Consulting Group. Boston, p. 1-7. 2017.

GILLIAND, G.; WENZY, H. Transformation the business model for IT services. Boston Consulting Group. Boston, p. 1-4. 2012.

GOMES, J. D. O. Manufatura Avançada Verde e Amarela. 21º Seminário Internacional de Alta Tecnologia, Piracicaba, 6 Outubro 2016. 67-80.

HABERKAMP, A. M. Impactos dos investimentos em tecnologias da Informação nas variáveis estratégicas das empresas prestadoras de serviços contábeis. Dissertação de mestrado Programa de Pós-Graduação em Administração UFRGS, Porto Alegre, 2005. 1-101.

KUPFER, D. Uma abordagem neo-schumpeteriana de competitividade industrial. Ensaios FEE, Porto Alegre, v. 1, n. 17, p. 355-372, 1996.

LEE, J.; BAGHERI, B.; KAO, H.-A. A Cyber-Physical Systems architecture for Industry. Elsevier B.V., Amsterdã, v. 3, n. 2015, p. 18-23, Janeiro 2015.

LORENZ, M. et al. Man and Machine in Industry 4.0: How will technology transform the industry workforce Through 2025? Boston Consulting Group. Boston, p. 1-23. 2015.

LORENZ, M. et al. Time to Accelerate in the Race Toward Industry 4.0. The Boston Consulting Group, Inc. Boston, p. 15. 2016.

MANYIKA, J. et al. The Internet of Things mapping the value beyond the hype. McKinsey Global Institute. San Francisco, p. 1-144. 2015.

MARINO, L. H. F. D. C. Gestão da qualidade e gestão do conhecimento: fatores-chave para produtividade e competitividade empresarial. XIII SIMPEP, Bauru, 06-08 novembro 2006. 1-9.

NEUMANN, R. Connected Industry at Bosch. 21º Seminário Internacional de Alta Tecnologia, Piracicaba, 6 Outubro 2016. 93-103.

OCDE. Manual Oslo: Diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação. 3ª. ed. [S.l.]: Finep, 1997.

OCDE. OECD Digital Economy outlook 2015. OCDE. Paris, p. 1-284. 2015.

OCDE. The Next Production Revolution: Implications for Governments and Business. OCED Publishing. Paris, p. 1-442. 2017a. (978-92-64-27103-6).

OCDE. OECD Digital Economy Outlook 2017. OECD Publishing. Paris, p. 1-325. 2017b.

PLACERES, C. Manufatura Avançada: A era das fábricas inteligentes. analytics based on large data sets has emerged only recently in manufacturing world, where it optimizes production quality, saves energy, and improves equipment service, Piracicaba, 6 Outubro 2016. 122-142.

RÜBMANN, M. et al. Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries. Boston Consulting Group. Boston, p. 20. 2015.

SCHUMPETER, J. A. Business Cycles: A Theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process. 1. ed. New York, Toronto, London: McGrawHill Book Company, v. I e II, 1939.

SCHUMPETER, J. A. Capitalismo, Socialismo e Democracia. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura, 1961.

SCHUMPETER, J. A. Teoria do Desenvolvimento Econômico: Uma investigação sobre Lucros, Capital, Crédito, Juros e Ciclo Econômico. 1ª. ed. São Paulo: Editoda Nova Cultura LTDA; Tradução feita a partir do texto em língua inglesa, intitulado, v. I, 1997.

SILVA, J. C. Fábrica POLI: Concepção de fábrica de ensino no contexto Indústria 4.0. São Paulo: Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2015.

SIRKIN, H. L.; ZINSER, M.; ROSE, J. R. Why Advanced Manufacturing Will Boost Productivity. The Boston Consulting Grupo, Inc. Boston, p. 4. 2015.

TAKEY, S. Internet das Coisas por brasileiros pela melhoria da eficiência da indústria brasileira. 21º Seminário Internacional de Alta Tecnologia, Piracicaba, 6 Outubro 2016. 197-214.

TAYSON, L. O trabalho na era da automação. Valor Econômico, Rio de Janeiro, p. 1- 2, junho 2017.

TIGRE, P. B. Gestão da Inovação: a economia da tecnologia no Brasil. Rio de Janeiro: Campus, 2006.

VILLELA, T. N.; MAGACHO, L. A. M. Abordagem histórica do Sistema Nacional de Inovação e o papel das Incubadoras de Empresas na interação entre agentes deste sistema. XIX Seminário Nacional de Parques Tecnológicos e Incubadoras de Empresas, Florianópolis, 26 a 30 outubro 2009. 10-29.