



ISSN: 2230-9926

Available online at <http://www.journalijdr.com>

IJDR

International Journal of Development Research

Vol. 10, Issue, 08, pp. 39342-39349, August, 2020

<https://doi.org/10.37118/ijdr.19780.08.2020>



RESEARCH ARTICLE

OPEN ACCESS

O BRASIL E A INOVAÇÃO TECNOLÓGICA NA ERA DA INDÚSTRIA 4.0

*¹Rodrigo Rocha P. Lima and ²Suzana L. Russo

¹Mestre em Desenvolvimento Regional e Gestão de Empreendimentos Locais e Doutorado em Ciência da Propriedade Intelectual pela Universidade Federal de Sergipe

²Doutora em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina, Docente PPGI/UFS

ARTICLE INFO

Article History:

Received 19th May 2020

Received in revised form

23rd June 2020

Accepted 20th July 2020

Published online 30th August 2020

Key Words:

Indústria 4.0; Inovação Tecnológica;
Propriedade Industrial.

*Corresponding author:

Rodrigo Rocha P. Lima

ABSTRACT

A Indústria 4.0 já é uma realidade e está se espalhando pelos países e empresas rapidamente, exigindo-se uma visão ainda mais estratégica sobre a inovação. Diante disto este estudo tem como objetivo conhecer conceitos e características dessa nova revolução produtiva, bem como os fatores que influenciam na geração e adoção de inovações tecnológicas, tão importantes para esse novo momento. A metodologia utilizada na parte inicial foi um levantamento bibliométrico na base "Web of Science", possibilitando uma discussão robusta sobre o tema, sendo feita em seguida uma análise descritiva e exploratória de um conjunto de informações e dados sobre Ciência, Tecnologia e Inovação, disponibilizados por instituições de relevância nacional e internacional, que permitiu uma comparação entre a realidade de países mais avançados e a do Brasil. Com base no estudo foi possível conhecer questões mais relevantes sobre a Indústria 4.0, bem como alguns fatores importantes para o desempenho inovativo das empresas. Com a melhoria do ambiente inovativo, as indústrias brasileiras poderão acelerar a adoção e o desenvolvimento de inovações tecnológicas voltadas para a nova realidade imposta pela Indústria 4.0, gerando maior competitividade para a economia brasileira.

Copyright © 2020, Rodrigo Rocha P. Lima and Suzana L. Russo. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Citation: Rodrigo Rocha P. Lima and Suzana L. Russo. "O Brasil e a inovação tecnológica na era da indústria 4.0", *International Journal of Development Research*, 10, (08), 39342-39349.

INTRODUCTION

A inovação é um tema que ganha relevância ainda maior no momento em que o mundo se depara com uma nova era produtiva, conhecida como Indústria 4.0. Neste cenário os desafios se tornam ainda maiores, pois muitos países já estão adequando rapidamente os seus sistemas inovativos para esta realidade, reforçando suas lideranças, o que acaba gerando um abismo ainda maior em relação aos países mais atrasados na corrida inovativa (LIU, 2017; SUNG, 2018). A adequação às novas fronteiras tecnológicas é fundamental para que as empresas consigam se manter competitivas, pois permitem a redução de custos diversos, maior facilidade de comercialização de produtos e serviços, simplificação das relações intra e intersetoriais, ou seja, gera maior produtividade (DAEMMRICH, 2017; SZOZDA, 2017). Isso afeta também o perfil das qualificações dos trabalhadores e as relações trabalhistas, criandonovas oportunidades, mas também dificulta ainda mais a inserção dos profissionais que não conseguem se adaptar aos novos modelos de negócios (MORRAR; ARMAN; MOUSA, 2017; NAFCHI; MOHELKA, 2018).

Os países mais desenvolvidos estão refazendo suas estratégias para conseguirem aproveitar de forma mais eficiente suas relações internacionais, aproveitando a deficiências dos países mais atrasados em termos tecnológicos, reforçando ainda mais as posições já existentes (LEAL, 2018; LELE; GOSWAMI, 2017). Como este novo momento ainda está no começo, os países que conseguirem entender rapidamente a nova dinâmica econômica mundial terão boas possibilidades de construir um caminho mais virtuoso (KVACHEV, 2017). Diante deste novo paradigma é fundamental entender o que é esta revolução produtiva, analisando as principais características da Indústria 4.0 no cenário internacional e as relações entre a inovação tecnológica e o desempenho das empresas e dos países.

MÉTODOS

Na parte inicial deste estudo foi feito um levantamento teórico através de busca de artigos na base "Principal Coleção do Web of Science". Esta busca utilizou como parâmetros as seguintes expressões "industry 4.0" e "patent"; "fourth industrial revolution" e "competitiveadvantage" e "patent", utilizando a

opção “refinar resultados” por tipo de documento (artigos), dentro do período compreendido entre 2010 e 2019.

Esse levantamento retornou os resultados apresentados no Quadro 1:

Quadro 01. Expressões buscadas e quantidade de resultados

Expressões	Quantidade
"fourth industrial revolution"	555
"competitiveadvantage" e "patent"	224
"industry 4.0" e "patent"	13

Fonte: Busca do autor na base Web of Science, 2019.

Após a leitura de títulos e resumos foram selecionados 83 artigos que possuíam maior aderência com a discussão pretendida por este estudo. Com base na leitura dos artigos selecionados, as principais ideias dos artigos foram apresentadas no item 3. As pesquisas analisadas foram realizadas por autores de diversos países, gerando uma discussão teórica robusta sobre os temas aqui abordados. Em seguida foi feita uma análise descritiva e exploratória, utilizando-se de um conjunto de informações e dados disponibilizados pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) e pelo Ministério Brasileiro da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), instituições de relevância nacional e internacional. Por fim foi feita uma discussão sobre os principais resultados e apresentadas as considerações finais.

RESULTADOS

A partir de uma breve retrospectiva histórica é possível perceber alguns elementos centrais que caracterizaram e distinguiram as revoluções produtivas que impactaram fortemente a realidade social e econômica do mundo.

Breve retrospectiva sobre as revoluções industriais anteriores: A Primeira Revolução Industrial (1RI) utilizou água e vapor para mecanizar a produção. Ocorreu no século XVIII e foi relacionada à transição da economia baseada na agricultura, manufatura e produção artesanal para a produção mecânica em larga escala. A Primeira Revolução Industrial foi mais do que uma mudança única na tecnologia ou apenas resultante de inovações na energia a vapor, pois envolvia o surgimento de uma abordagem completamente nova da produção, do trabalho e do consumo, um processo que levou mais de um século para se desdobrar completamente na Inglaterra. As pessoas se mudaram das aldeias rurais para os centros urbanos, já que o trabalho era centralizado nas fábricas. O consumo também mudou, à medida que os bens eram cada vez mais produzidos não apenas para as famílias reais, mas também para uma classe capitalista mais ampla, embora ainda exclusiva. (LIU, 2017; DAEMMRICH, 2017). Na Segunda Revolução Industrial (2RI), a partir de sucessivas combinações de invenções, avanços tecnológicos e conhecimentos científicos, foi possível explorar novas fontes de energia (petróleo e eletricidade), as propriedades de novos materiais (aço, cimento, plástico, silício) e o projeto de máquinas que transformaram a produção industrial, transporte e comunicações em grande escala. As vantagens da automação já eram evidentes no final do século XIX (melhoria da qualidade e eficiência na produção, com aumento significativo do padrão de vida de grande parte da população em poucas décadas); mas também teve suas desvantagens: redução da oferta de trabalho tradicional, rigidez nos processos de

adaptação à evolução das necessidades e dependência de serviços de reparo e manutenção, entre outros (MUÑOZ, 2016; SZOZDA, 2017). Uma Terceira Revolução Industrial (3RI) se manifestou amplamente como uma revolução da informação. Começou a tomar forma nos anos 1960, quando a tecnologia de semicondutores passou por uma inversão exponencial da velocidade de computação em relação ao custo. Com a introdução dos computadores pessoais no final da década de 1970, a terceira revolução se espalhou à medida que empresas e consumidores começaram a inovar em novos usos para a tecnologia da computação. A tecnologia digital se espalhou para inúmeros dispositivos em fábricas, escritórios e residências, com impactos em escala particularmente significativa para manufatura automatizada, armazenamento e recuperação de dados e criação e distribuição de mídia de entretenimento. Em trinta anos, inúmeros locais de trabalho usavam computadores conectados à Internet, tinham acesso a vastos conjuntos de informações pela Internet e empregavam cálculos que levavam consideravelmente menos tempo do que a entrada de dados (PFEIFFER, 2017; MORRAR; ARMAN; MOUSA, 2017)

Indústria 4.0 (I4.0) ou 4ª Revolução Industrial (4RI)?: Trabalhos de pesquisa relacionados à 4ª Revolução Industrial – 4RI estão aumentando rapidamente na literatura e a maioria dos estudos está diretamente relacionada ao ambiente de manufatura (SLUSARCZYK, 2018). Em geral, a Indústria 4.0 – I4.0 foi comparada e usada de forma intercambiável com a 4ª Revolução Industrial – 4RI. No entanto, este último refere-se a uma transformação sistêmica que inclui um impacto sobre a sociedade civil, estruturas de governança e identidade humana, indo além das questões exclusivamente econômicas e industriais oriundas das novas tecnologias e seu significado está no debate acadêmico. A Indústria 4.0 – I4.0, por outro lado, enfoca especificamente a manufatura e, portanto, pode-se afirmar que tem seu escopo mais específico, mas que está contido na 4RI (SUNG, 2018; LIU, 2017). A 4ª Revolução Industrial – 4RI é considerada como a melhor transformação já conhecida pela civilização humana e acredita-se que ela poderá mudar e transformar todas as atividades humanas. Todos os campos dos processos da produção industrial, como gerenciamento de pedidos, fabricação, pesquisa e desenvolvimento, entrega, utilização, comissionamento e também reciclagem dos produtos são alterados e influenciados pela Indústria 4.0 (NAFCHI; MOHELKA, 2018; MUÑOZ, 2016). A Indústria 4.0 pode então ser definida como a soma de todas as inovações derivadas e implementadas em uma cadeia de valor para aproveitar com maior eficiência as tendências de digitalização, autonomização, transparência, mobilidade, modularização, colaboração em rede e socialização de produtos e processos. As tecnologias das revoluções anteriores evoluíram e conectaram-se a sistemas ciber-físicos (CPS), de modo que essas tecnologias conectadas se tornaram mais complexas. Portanto, a Indústria 4.0 é um processo contínuo e um fenômeno atual, que influenciará a produção da sociedade. O sistema ciber-físico (CPS) é um combustível que incentiva essa revolução. Os objetos são baseados em conectividade e autogerenciamento.

A produção em massa tende a reduzir bastante, dando lugar para produtos cada vez mais personalizados com base nas necessidades dos clientes (SZOZDA, 2017; BIENHAUS; HADDUD, 2018; GOVINDARAJAN; TRAPPEY; TRAPPEY, 2018; PFEIFFER, 2017). As cadeias produtivas estão se tornando transparentes e seus elementos estão se

integrando, uma vez que os fluxos físicos são controlados por plataformas digitais. Por isso, a Indústria 4.0 influenciará os negócios de maneira positiva e poderá ser usada de forma estratégica nos países em desenvolvimento. A indústria 4.0 está transformando a vida dos indivíduos e, além disso, estimula a competitividade e a melhoria de processos (SAMANES; CLARES, 2018; SCHWAB, 2016). A base para novas oportunidades é a disponibilidade de informações úteis e relevantes no momento e local apropriados. Para ter as informações relevantes disponíveis, todos os fatores envolvidos no processo (por exemplo, pessoas, máquinas e sistemas) devem ser integrados em um sistema que seja autonomamente otimizado, que agregue valor e seja dinâmico. A integração e digitalização de técnicas econômicas simples com associações a redes complexas, digitalização de propostas de produtos e serviços, e novos modelos de mercado são três fatores interconectados que são alcançados pelo uso da Indústria 4.0 (MORRAR; ARMAN; MOUSA, 2017). Atualmente essas atividades estão interligadas por sistemas de comunicação. Internet das Coisas (IoT), Internet de Serviços (IoS) e Internet de Pessoas (IoP) seriam as tecnologias de comunicação mais promissoras no ambiente Indústria 4.0 para utilizar os dados, sendo responsáveis pelas comunicações entre as entidades de comunicação.

A Indústria 4.0 permite que os fabricantes criem um gêmeo digital de todos os processos de toda a sua fabricação, a fim de projetar e simular virtualmente seus produtos de última geração antes de realmente produzir esse produto fisicamente. Todos os processos e tarefas de fabricação são otimizados com a ajuda de software a ser executado por seres humanos ou máquinas. Todos os processos são testados no domínio virtual primeiro, quando eles funcionam corretamente no mundo virtual, então eles são transferidos para o mundo físico, que são as máquinas. As máquinas então precisam reportar ao mundo virtual para completar o loop. Essa unificação suave dos mundos virtual e físico é chamada de sistemas ciberfísicos – CPS (DAEMMRICH, 2017; SYAM; SHARMA, 2018). A otimização de cadeias de valor é o principal objetivo da Indústria 4.0 e, para atender a essa finalidade, uma produção dinâmica controlada de maneira autônoma é implementada. Para este propósito, o CPS é confiável por ser um instrumento muito útil para compreender os estágios da automação. Quando outras tecnologias, como microcontroladores, atuadores, sensores e meios de comunicação, são combinadas com o CPS, então é possível criar fábricas inteligentes, pois a qualidade da informação e a comunicação no ambiente de rede são essenciais para a eficiência de tais sistemas. (NAFCHI; MOHELSKA, 2018)

A inovação tecnológica como fator de competitividade: Na era da Indústria 4.0, a inovação, que já é reconhecida como um tema fundamental para qualquer empresa por ser essencial para o aumento da produtividade, ganha um protagonismo ainda maior para a competitividade frente aos concorrentes. Apesar disto, a maioria das empresas não possui um processo estruturado para gerenciar o desenvolvimento e/ou a implantação de inovações (HANDRICH *et al.*, 2015; AL-AALI; TEECE, 2013; EPPINGER; VLADOVA 2013). Ao se analisar o segmento industrial, com a taxa contemporânea de progressões em ciência e tecnologia, a necessidade de inovar é ainda mais forte. A fábrica está se tornando rapidamente em um organismo muito inteligente, que é capaz de aprender, sendo muito diferente das fábricas existentes que operam em um conjunto de processos, equipamentos e uma precisão na

divisão do trabalho. Tudo isso força não apenas a implantação, mas o desenvolvimento contínuo de inovações em seus produtos e/ou processos (NAFCHI; MOHELSKA, 2018; HANDRICH *et al.*, 2015). A inovação nas indústrias está fortemente atrelada à necessidade de ultrapassar a fronteira do que já é feito pelos concorrentes, buscando desenvolver produtos com características que os diferencie dos concorrentes ou melhorias nos processos que gerem maior eficiência, sentida pelos clientes através do menor preço ou da maior qualidade (ou ambos). Se as inovações de processo ou de produto atenderem aos requisitos de novidade, atividade inventiva e aplicação industrial pode-se então depositar um pedido de proteção patentária, garantindo que os resultados de tais inovações serão devidamente apropriados pelo seu depositante. O tempo entre o momento em que um cientista faz uma descoberta e quando essa descoberta é adaptada para uso no mercado é um fator crítico para o sucesso. Nesse contexto, a transferência de tecnologia (TT) é considerada um fator essencial para o desenvolvimento de negócios inovadores (FALLATAH, 2018; HUANG *et al.*, 2016; NAFCHI; MOHELSKA, 2018; HUANG *et al.*, 2016; INPI, 2018).

A habilidade empresarial de desenvolver e explorar suas capacidades inovadoras é amplamente reconhecida como um determinante crítico do desempenho das empresas, em especial para as que dependem da tecnologia para manterem suas posições competitivas. Tais empresas sabem que manter-se a par da evolução do modelo de negócios impulsionado pela tecnologia é de vital importância para a sobrevivência no mercado (PARK; PARK, 2013). Handrich *et al* (2015) apontam que o contínuo desenvolvimento e a introdução de novos produtos têm sido realizados por empresas de todos os setores por meio de investimentos continuamente altos para promover a capacidade de uma empresa desenvolver e introduzir com sucesso inovações e, em especial, novas tecnologias. Estes autores mostram ainda que a inovatividade da empresa é influenciada principalmente pela intensidade de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). De acordo com Huang, Tung-Ju e Tsai (2016), despesas em P&D e patentes são meios importantes para melhorar a capacidade das empresas em inovação tecnológica e também são motores para o desenvolvimento sustentável de um país. Os autores mostram, a partir da análise de dados das seis principais indústrias do TaiwansHsinchu Science Park no período de 1988-2011, que os gastos em P&D dos governos e a quantidade de patentes têm uma relação estável e de longo prazo com os resultados alcançados, assim, tanto o governo quanto as empresas devem dar importância às despesas com P&D.

Os gastos em P&D e inovação requerem visão política estratégica a fim de fortalecer os fatores de crescimento, existindo uma relação significativa e positiva entre as exportações de alta tecnologia e os fatores de crescimento econômico (KHAN *et al.*, 2016). Huang *et al.* (2016), apontam que a capacidade de P&D está positivamente associada à qualidade do investimento realizado nessas atividades. Isso significa que o tamanho da capacidade de P&D influenciará os resultados da empresa e que o poder da qualidade dos investimentos inovativos influencia o desempenho contábil e de mercado da empresa. De acordo com pesquisa realizada por Artz *et al.* (2010), os gastos com P&D são positivamente relacionados às patentes, reforçando os argumentos que afirmam que as capacidades de pesquisa interna, são fundamentais para permitir que uma empresa gere resultados inovativos. Sohn, Kim e Jeon (2016) propõem um modelo de

equações estruturais (SEM) baseado na estrutura de inovação nacional hipotética entre sete fatores que representam insumos (instituição, capital humano e pesquisa, infraestrutura, sofisticação do mercado e sofisticação do negócio) e produtos (conhecimento e tecnologia, e saídas criativas). Tal modelo mostrou que a sofisticação e a infraestrutura dos negócios têm os efeitos diretos e indiretos mais fortes na produção criativa, respectivamente, gerando também informações relevantes para melhorar as capacidades de inovação e, conseqüentemente, ampliar as possibilidades de geração de propriedade industrial.

A propriedade industrial e o desempenho inovativo:

Eppinger e Vladova (2013) mostram a importância da profissionalização das práticas de gestão de propriedade industrial e apresentam estratégias e práticas do seu gerenciamento, examinando como estão incorporadas na estrutura organizacional da empresa. A gestão integrada sistemática da propriedade industrial é um fenômeno recente, apesar do fato da propriedade intelectual já existir há vários séculos, devendo a sua gestão ser integrada ao modelo geral de negócios e à estratégia corporativa (AL-AALI; TEECE, 2013). Eckelt *et al.* (2016) apresentam uma abordagem sistemática para detectar atividades de propriedade industrial de partes interessadas em campos tecnológicos selecionados, possibilitando identificar os “pontos em branco” (campos de tecnologia com baixa intensidade de atividades de propriedade industrial, mas que oferece grandes oportunidades no seu gerenciamento) que são impulsionados pela inovação e, assim, ajudar a elaborar recomendações para melhorar o portfólio de propriedade intelectual de uma empresa.

Para Doha *et al.* (2016) é importante entender os antecedentes e as conseqüências da atividade de imitação das firmas, pois tem implicações para o gerenciamento de P&D e patentes. A partir de dados de litígios de violação de patentes, é possível medir a intensidade da atividade de imitação em determinado segmento ou campo tecnológico e avaliar possíveis decisões estratégicas sobre o tema. Huang e Cheng (2015) apresentam uma estrutura de comportamento de patenteamento de dois fatores, sendo eles capacidade e disposição. Esses autores concluem que embora os fatores de capacidade estejam positivamente associados à propensão à patente, a disposição de fatores modera essa relação. De acordo com Löfsten (2015), as dimensões de recursos mais importantes (variáveis latentes) para o desenvolvimento de patentes em novas empresas de base tecnológica são a rede de P&D, advogados e conselhos de patentes, concorrência de negócios e universidade/incubadora que afetarão diretamente o desenvolvimento de patentes.

De acordo com Moehrle, Wustmans e Gerken (2018), no futuro, os gestores de tecnologia devem desenvolver estratégias baseadas na interação entre patentes tecnológicas e de negócios, tendo em mente o início antecipado e o desenvolvimento sequencial de diferentes campos de aplicação. Para Pérez e Szilárd (2015), os resultados relativos aos efeitos causados por um portfólio de produtos com alto conteúdo tecnológico são mistos. A pressão competitiva representada por rivais maiores em uma indústria afeta negativamente o desempenho de vendas, mas a posse de capacidade de absorção pode contrariar esse efeito deletério. Avaliando-se a relação entre o valor do conhecimento criado e o desempenho financeiro percebe-se que deve ser dada prioridade para a criação de conhecimento de qualidade, pois gera desempenho financeiro muito mais positivo que o gerado por várias patentes de menor qualidade (FALLATAH, 2018).

Kogan *et al.* (2012), a partir de dados coletados sobre patentes emitidas para empresas dos EUA no período de 1926 a 2010, combinados com a resposta do mercado de ações às notícias sobre patentes, apontam que a inovação tecnológica é responsável por flutuações significativas no médio prazo no crescimento econômico agregado e na Produtividade Total dos Fatores. Os ativos intangíveis tornaram-se mais importantes do que os ativos físicos para o sucesso da empresa. Pesquisa realizada por Agostini *et al.* (2015), com Pequenas e Médias Empresas (PMEs) italianas, verificou que a contagem de patentes não tem qualquer efeito sobre o desempenho de vendas, enquanto o número de jurisdições onde a proteção é estendida produz um resultado positivo e significativo. A principal implicação para os empresários e gestores de PMEs é que possuir um grande número de patentes não conduz automaticamente a um melhor desempenho. Em vez disso, depositar essas patentes que protegem inovações particularmente valiosas poderia ser mais produtivo em termos de desempenho de vendas.

De acordo com Davoudi *et al.* (2018), os direitos de propriedade industrial têm uma relação significativamente positiva com a inovação aberta, tendo este tipo de inovação uma relação também positivamente significativa com o desempenho organizacional, podendo este tipo de inovação estimular a interação entre grandes empresas e PMEs. Os esforços de cooperação em P&D entre grandes empresas e PMEs, foram acelerados para desenvolver projetos inovadores e implantar negócios lucrativos. Em geral, as parcerias ganha-ganha entre grandes empresas e PMEs para o crescimento sustentável exigem a pré-avaliação de suas capacidades para explorar parceiros de alto potencial para colaborações bem-sucedidas (LEE *et al.*, 2017). Empresas intensivas em tecnologia, maiores e mais antigas, tendem a ter menor probabilidade de saída do mercado. A inovação medida por patentes, a eficiência da inovação e as atividades de importação e exportação das firmas podem aumentar a taxa de sobrevivência das empresas de alta tecnologia. A partir da análise de empresas chinesas, verifica-se que o desempenho econômico inovador, oriundo de subsídio governamental indireto, é influenciado pelas características da indústria, sendo esta avaliação importante para orientar formuladores de políticas voltadas às atividades de inovação (GUAN; PANG, 2017). Svagzdiene e Kuklytė (2016) demonstraram, a partir do Índice de Inovação Sumária na Alemanha, Estônia e Lituânia que a inovação é muito importante para a melhoria do PIB (Produto Interno Bruto) e que os fatores inovativos que tiveram mais influência foram o número de pesquisadores, o número de patentes emitidas e os domicílios com acesso à Internet, sugerindo que os países devem garantir o aumento do nível de inovação e focar na melhoria desses fatores.

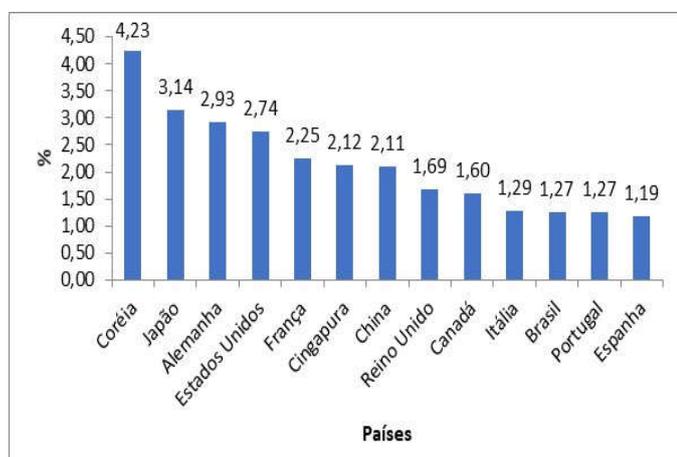
Ivus (2015) comprova, através da análise de dados detalhados de produtos oriundos das exportações dos EUA de 1990 a 2000, que a ratificação do TRIPS (Acordo sobre Aspectos dos Direitos de Propriedade Intelectual Relacionados ao Comércio) pelos países em desenvolvimento promove o acesso a novos produtos e tecnologias estrangeiros. Além disso, os resultados demonstram que a proteção de patentes é um fator institucional significativo nas decisões de negócios das empresas americanas sobre a introdução de novos produtos e processos no mercado de um país em desenvolvimento. Misra *et al.* (2015) mostram que o hiato de produtividade do trabalho, as taxas de analfabetismo da força de trabalho adulta, o hiato de preenchimento de patentes e a abertura comercial são

determinantes significativos da lacuna tecnológica entre o país inovador e seguidor. Ainda segundo os autores, os países da América Latina se beneficiariam da difusão de tecnologia de um país inovador, mas, para isso ocorrer, um patamar mínimo de capital humano e registro de patentes devem ser atendidos. As políticas governamentais sobre abertura comercial também têm grandes efeitos sobre as limitações de tecnologia em países estrangeiros. A partir dos estudos analisados verifica-se a grande relevância de uma gama de fatores, para o desempenho de um país em termos de inovação tecnológica, que pode ser avaliado a partir da qualidade das pesquisas e de indicadores patentários, contribuindo assim para o avanço das indústrias na era da Indústria 4.0.

RESULTADOS

Desempenho dos fatores de influência na inovação tecnológica: Conforme visto anteriormente, existem diversos fatores que influenciam na qualidade das inovações. Neste item serão apresentados alguns indicadores referentes aos recursos (humanos e financeiros) disponíveis para P&D, bem como serão apresentados alguns indicadores de pesquisa e patentários, comparando a realidade brasileira com a de outros países.

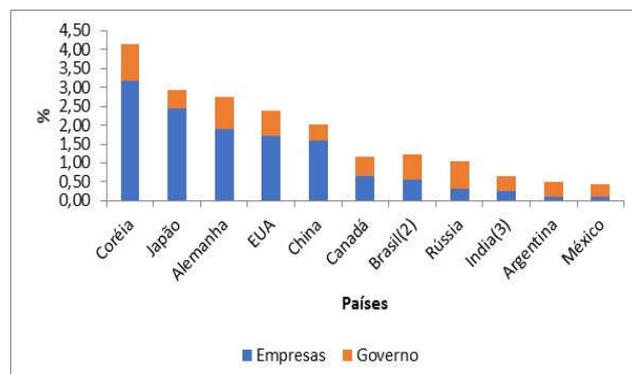
Ao se analisar o percentual do PIB aplicado em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), em vários países, veri fica-se, conforme Figura 1, que os maiores investimentos relativos ocorrem na Coreia, Japão, Alemanha e EUA, com 4,23%, 3,14%, 2,93% e 2,25%, respectivamente. O Brasil investe um percentual muito abaixo dos países que se destacam, sendo apenas 1,27%.



Fonte: Adaptado de OCDE, 2019

Figura 1. Dispendios nacionais totais em pesquisa e desenvolvimento (P&D) em relação ao produto interno bruto (PIB) de países selecionados, 2016 (%)

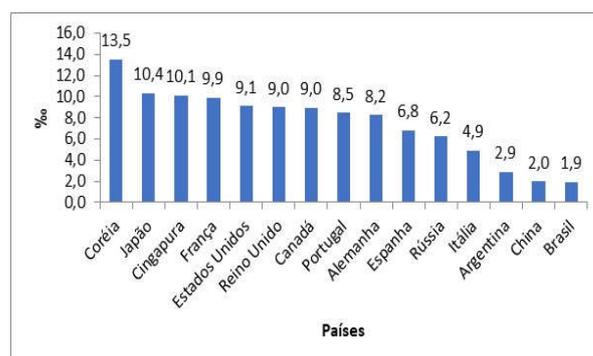
Analisando-se os dados referentes aos dispendios em Pesquisa e Desenvolvimento (sem levar em consideração os gastos de ensino superior, de instituições privadas sem fins lucrativos e de estrangeiros), verifica-se que nos países que possuem o maior volume de investimento, em relação ao PIB, a parte oriunda das empresas tem uma participação muito mais acentuada que a do governo. No caso do Brasil e outros países que possuem menores investimentos em P&D (em relação ao PIB), o governo possui uma participação superior a das empresas (Figura 2).



Fonte(s): Adaptado de OCDE, 2019

Figura 2. Dispendios nacionais em pesquisa e desenvolvimento (P&D), segundo setor de financiamento ⁽¹⁾, em relação ao produto interno bruto (PIB), países selecionados, 2016

Obs.: Main Science and Technology Indicators, 2018/1; Nota: 1) Não foram considerados os demais setores: ensino superior, instituições privadas sem fins de lucro e estrangeiro. 2) não foi considerada a pós-graduação do setor empresas. 3) No setor Governo inclui empresas estatais. A Coreia, o Japão e Cingapura, em 2014, possuíam mais de 10 pesquisadores dedicados em tempo integral, para cada mil pessoas ocupadas, enquanto o Brasil possuía apenas 1,9, na mesma comparação (Figura 3).



Fonte(s): Adaptado de OCDE, 2019

Obs.: Main Science and Technology Indicators, 2018/2

Figura 3. Pesquisadores em pesquisa e desenvolvimento (P&D) em equivalência de tempo integral em relação a cada mil pessoas ocupadas, de países selecionados, 2014

Publicação de pesquisas e registros patentários: Como apresentado anteriormente, um fator de influência no ambiente inovativo é qualidade dos pesquisadores, sendo um indicador relevante para acompanhar este fator, as publicações de artigos indexados em revistas conceituadas. Neste quesito, entre 2010 e 2015, o Brasil apresentou um crescimento significativo no número de artigos científicos indexados pela Scopus (32,7%), conforme dados do MCTIC, 2010, apresentados na Tabela 01.

Apesar disto os 63.126 artigos brasileiros representam apenas 11,5% do total indexado pelo primeiro lugar (EUA), ficando muito atrás também de outros países economicamente menores que o Brasil. Um importante indicador patentário é o total de famílias de patentes triádicas que um país possui. Esse tipo de patente mostra que o pedido foi depositado nos escritórios europeu (EPO), japonês (JPO) e norte-americano (USPTO), contendo a mesma invenção e o mesmo inventor. Enquanto o Japão possuía, em 2013, 17.541,9 pedidos nesta condição, o Brasil no mesmo ano possuía apenas 54,5 (Tabela 02).

Tabela 1. Número de artigos publicados em periódicos científicos indexados pela Scopus, 2010-2015

País	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Estados Unidos	507.008	525.792	537.399	544.963	558.561	546.854
China	332.772	382.549	399.144	439.068	475.292	438.110
Reino Unido	138.568	144.063	149.554	154.738	159.258	158.968
Alemanha	134.854	140.809	147.276	148.836	154.902	150.091
Índia	74.861	90.769	99.524	106.516	121.129	125.540
Japão	120.473	122.826	122.502	123.522	121.163	112.922
França	97.685	101.085	104.962	107.770	109.493	105.734
Itália	76.244	79.798	85.778	91.118	95.241	94.897
Canadá	79.374	81.641	85.474	87.080	90.086	88.410
Austrália	60.068	64.600	68.472	74.624	79.748	79.683
Espanha	66.044	71.457	75.896	77.819	80.852	78.158
Coreia	58.868	64.084	68.150	71.409	75.484	76.543
Rússia	38.989	41.949	42.116	46.690	55.636	63.642
Brasil	47.574	51.554	56.723	59.479	63.077	63.126

Fonte: Adaptado de Coordenação de Indicadores e Informação (COIND) / MCTIC, 2019

Tabela 2. Total de famílias de patentes triádicas, segundo o país de residência do inventor e data de prioridade, de países selecionados, 2010-2013

País	2010	2011	2012	2013
Japão	18.465,2	18.566,4	18.640,3	17.541,9
Estados Unidos	12.747,5	13.196,0	13.717,5	14.601,5
Alemanha	5.059,3	4.811,5	4.587,5	4.584,3
Coreia	2.460,7	2.368,0	2.493,1	2.679,4
França	2.459,0	2.598,1	2.434,8	2.461,2
China	1.425,1	1.501,5	1.946,6	2.169,3
Reino Unido	1.658,7	1.729,3	1.700,9	1.777,4
Itália	683,1	720,9	724,9	741,0
Canadá	553,1	578,4	526,0	560,7
Índia	373,4	362,2	411,7	414,8
Austrália	307,7	320,8	335,6	333,4
Espanha	238,1	220,2	230,0	227,6
Cingapura	103,5	120,4	106,2	116,0
Rússia	87,7	85,4	90,9	89,7
Brasil	67,5	88,6	70,3	54,5

Fonte: Adaptado de OCDE, 2019.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Indústria 4.0 já é uma realidade mundial que está afetando a competitividade das indústrias e que tende a se desenvolver de forma cada vez mais acelerada, beneficiando em especial empresas e países que estão desenvolvendo e adotando mais rapidamente inovações tecnológicas voltadas para esta nova revolução produtiva. Para que as empresas e os países consigam avançar de forma mais veloz, nessa área, precisam estruturar ações mais estratégicas, voltadas para acelerar e ampliar os investimentos em P&D. Diversos estudos e pesquisas pelo mundo analisam quais os fatores críticos e seus impactos no desempenho inovativo das empresas, especialmente em relação à geração de inovações tecnológicas e patentes. Boa parte destes estudos converge sobre alguns fatores e aspectos, merecendo destaque a quantidade e a qualidade dos investimentos em P&D, a existência de quantidade significativa de pesquisadores dedicados integralmente a P&D, as parcerias entre as empresas e destas com as universidades. A partir destas pesquisas e confrontando-as com alguns indicadores relevantes de Ciência, Tecnologia e Inovação, verifica-se que o Brasil, quando comparado com países mais avançados precisa evoluir muito em diversas questões, em especial no que diz respeito aos dispêndios nacionais, sendo necessário estimular também mais investimento por parte das empresas. A melhoria destes fatores possibilitaria uma participação maior nas publicações mundiais de pesquisa, bem como um volume maior de patentes depositadas nos escritórios de registro dos países/blocos econômicos mais importantes do mundo.

A partir da melhoria do ambiente inovativo, o Brasil poderá acelerar a adoção e o desenvolvimento de inovações tecnológicas voltadas para a nova realidade imposta pela Indústria 4.0, gerando maior competitividade para a economia brasileira.

REFERÊNCIAS

- AL-Aali, A. Y.; Teece, D. J. 2013 Towards the Strategic Management of Intellectual Property: Retrospective and Prospective. *California Management Review*, 55(4), 15–30. Disponível em: <<https://doi.org/10.1525/cmr.2013.55.4.15>>. Acesso em: 02 fev. 2019.
- ARTZ, K. W.; NORMAN, P. M.; HATFIELD, D. E.; CARDINAL, L. B. 2010 A Longitudinal Study of the Impact of R&D, Patents, and Product Innovation on Firm Performance. *Journal of Product Innovation Management*, 27: 725-740. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.1540-5885.2010.00747.x>>. Acesso em: 02 fev. 2019.
- BIENHAUS, F; HADDUD, A. 2018 Procurement 4.0: factors influencing the digitisation of procurement and supply chains. *Business Process Management Journal*. Disponível em: <<https://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/BPMJ-06-2017-0139>>. Acesso em: 02 fev. 2019.
- DAEMMRICH, A. 2017 Invention, Innovation Systems, and the Fourth Industrial Revolution. *Technology and Innovation*. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.21300/18.4.2017.257>>. Acesso em: 02 fev. 2019.
- DAVOUDI, S. M. M.; FARTASH, K.; ZAKIROVA, V. G.; BELYALOVA, A. M.; KURBANOV, R. A.;

- BOIARCHUK, A. V.; SIZOVA, Z. M. 2018 Testing the Mediating Role of Open Innovation on the Relationship between Intellectual Property Rights and Organizational Performance: A Case of Science and Technology Park. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 144, 1359-1369. Disponível em: <<https://doi.org/10.29333/ejmste/83651>>. Acesso em: 02 fev. 2019.
- DOHA, A.; PAGELL, M.; SWINK, M.; JOHNSTON, D. 2016 Measuring firms' imitation activity. *R&D Management*. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/radm.12217>>. Acesso em: 02 fev. 2019.
- ECKELT, D.; DÜLME, C.; GAUSEMEIER, J.; HEMEL, S. 2016 Detecting White Spots in Innovation-Driven Intellectual Property Management. *Technology Innovation Management Review*, 67, 34-47. Disponível em: <<https://doi.org/10.22215/timreview/1003>>. Acesso em: 02 fev. 2019.
- EPPINGER, E.; VLADOVA, G. 2013 Intellectual property management practices at small and medium-sized enterprises. *Int. J. of Technology Management*. 61. 64 – 81. Disponível em: <<https://doi.org/10.1504/IJTM.2013.050244>>. Acesso em: 02 fev. 2019.
- FALLATAH, M. I. 2018 "Does value matter? An examination of the impact of knowledge value on firm performance and the moderating role of knowledge breadth", *Journal of Knowledge Management*, Vol. 22 Issue: 3, pp.678-695. Disponível em: <<https://doi.org/10.1108/JKM-08-2016-0355>>. Acesso em: 02 fev. 2019.
- GOVINDARAJAN, UH; TRAPPEY, AJC; TRAPPEY, CV. 2018 Immersive Technology for Human-Centric Cyberphysical Systems in Complex Manufacturing Processes: A Comprehensive Overview of the Global Patent Profile Using Collective Intelligence. *COMPLEXITY*. Disponível em: <<http://doi.org/10.1155/2018/4283634>> Acesso em: 02 fev. 2019.
- GUAN, J.; PANG, L. 2017 Industry specific effects on innovation performance in China. *China Economic Review*, Elsevier, vol. 44C, pages 125-137. Disponível em: <<http://doi.org/10.1016/j.chieco.2017.03.013>>. Acesso em: 02 fev. 2019.
- HANDRICH, M.; HANDRICH, F.; HEIDENREICH, S. 2015 Firm Innovativeness - The Sufficient Condition for Business Success? Examining Antecedents of Firm Innovativeness and How It Affects Business Success. *International Journal of Innovation Management*, 19. Disponível em: <<http://doi.org/10.1142/S136391961550053X>>. Acesso em: 02 fev. 2019.
- HUANG, K.; CHENG, T. 2015 Determinants of firms' patenting or not patenting behaviors. *Journal of Engineering and Technology Management*, 36. Disponível em: <<http://doi.org/10.1016/j.jengtecman.2015.05.003>>. Acesso em: 02 fev. 2019.
- HUANG, SHAI O Y.; CHIU, AN; LIN, C; CHENG, T. 2016 The relationship between corporate innovation and performance. *Total Quality Management & Business Excellence*. 29. 1-12. Disponível em: <<http://doi.org/10.1080/14783363.2016.1209406>>. Acesso em: 02 fev. 2019.
- HUANG, SHI-ZHENG.; TUNG-JU, W.; TSAI, H. 2016 Hysteresis effects of R&D expenditures and patents on firm performance: An empirical study of Hsinchu Science Park in Taiwan. *Filomat*. 30. 4265-4278. Disponível em: <<http://doi.org/10.2298/FIL1615265H>>. Acesso em: 02 fev. 2019.
- INPI, Instituto Nacional de Propriedade Industrial. 2019 Disponível em: <www.inpi.gov.br>. Acesso em: 02 fev. 2019.
- IVUS, O. 2015 Does stronger patent protection increase export variety? Evidence from US product-level data. *Journal of International Business Studies*, 46. Disponível em: <<http://doi.org/10.1057/jibs.2015.12>>. Acesso em: 02 fev. 2019.
- KHAN, H. U. R.; ZAMAN, K.; KHAN, A.; ISLAM, T. 2016 Quadrilateral Relationship Between Information and Communications Technology, Patent Applications, Research and Development Expenditures, and Growth Factors: Evidence from the Group of Seven G-7 Countries. *Social Indicators Research*, 1333, 1165-1191. Disponível em: <<http://doi.org/10.1007/s11205-016-1402-6>>. Acesso em: 02 fev. 2019.
- KOGAN, L.; PAPANIKOLAOU, D.; SERU, A.; STOFFMAN, N. 2012 Technological Innovation, Resource Allocation, and Growth. *Quarterly Journal of Economics*, SSRN. Disponível em: <<http://doi.org/10.2139/ssrn.2193068>>.
- LEAL, R.L.V. 2018 Design Thinking and Product Roadmapping in the Fourth Industrial Revolution. *Journal on Innovation and Sustainability-Risus*. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.24212/2179-3565.2018v9i1p3-15>>. Acesso em: 02 fev. 2019.
- LEE, J.; JANG, D. S.; PARK, S. 2017 Deep learning-based corporate performance prediction model considering technical capability. *Sustainability Switzerland*, 96, [899]. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/su9060899>>. Acesso em: 02 fev. 2019.
- LELE, U; GOSWAMI, S. 2017 The fourth industrial revolution, agricultural and rural innovation, and implications for public policy and investments: a case of India. *Agricultural Economics*. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/agec.12388>>. Acesso em: 02 fev. 2019.
- LIU, C. 2017 International Competitiveness and the Fourth Industrial Revolution. *Entrepreneurial Business and Economics Review*. Disponível em: <<https://eber.uek.krakow.pl/index.php/eber/article/view/307/pdf>>. Acesso em: 02 fev. 2019.
- LÖFSTEN, H. 2015 Critical resource dimensions for development of patents - An analysis of 131 new technology-based firms Localised in incubators. *International Journal of Innovation Management*, 19, 1550006. Disponível em: <<https://doi.org/10.1142/S1363919615500061>>. Acesso em: 02 fev. 2019.
- MCTIC, Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, 2019. Disponível em: <www.mctic.gov.br>. Acesso em: 02 fev. 2019.
- MOEHRLE, M. G.; WUSTMANS, M.; GERKEN, J. M. 2018 How business methods accompany technological innovations—a case study using semantic patent analysis and a novel informetric measure. *R&D Management*. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/radm.12307>>. Acesso em: 02 fev. 2019.
- MORRAR, R; ARMAN, H; MOUSA, S. 2017 The Fourth Industrial Revolution Industry 4.0: A Social Innovation Perspective. *Technology Innovation Management Review*. Disponível em: <<http://doi.org/10.22215/timreview/1114>>. Acesso em: 02 fev. 2019.

- MUÑOZ, M. M. 2016 Unconventional cognitive enhancement options addressing structural unemployment in the technological context of the fourth industrial revolution. *Gazeta de Antropologia*. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10481/43309>>. Acesso em: 02 fev. 2019.
- NAFCHI, MZ; MOHELKA, H. 2018 Effects of Industry 4.0 on the Labor Markets of Iran and Japan. *Economies*. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/326341679_Effects_of_Industry_40_on_the_Labor_Markets_of_Iran_and_Japan>. Acesso em: 02 fev. 2019.
- OCDE, Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. 2019 Disponível em: <www.oecd.org/brazil>. Acesso em: 02 fev. 2019.
- PÉREZ G. B.; SZILÁRD, S. S. 2015 Competitive pressure and technological degree of the product portfolio: Implications for firm performance*. *Acta Oeconomica*. 65. 211-229. Disponível em: <<http://doi.org/10.1556/032.65.2015.2.2>>. Acesso em: 02 fev. 2019.
- PFEIFFER, S. 2017 The Vision of "Industrie 4.0" in the Making-a Case of Future Told, Tamed, and Traded. *Nanoethics*. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11569-016-0280-3>>. Acesso em: 02 fev. 2019.
- SAMANES; C. 2018 Revolution 4.0, Skills, Education and Guidance. *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria-RIDU*. Disponível em: <<http://doi.org/10.19083/ridu.2018.831>>. Acesso em: 02 fev. 2019.
- SCHWAB, K. 2016 *The fourth Industrial Revolution*. Crown Business, New York.
- SLUSARCZYK, B. 2018 Industry 4.0 - Are We Ready? *Polish Journal of Management Studies*. Disponível em: <http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.baztech-a5b275da-808e44d0-9599-004d03a80a08/c/PJMS_2018_17_1_s_232-248_Slusarczyk.pdf>. Acesso em: 02 fev. 2019.
- SOHN, S. Y.; KIM, D. H.; JEON, S.Y. 2016 Re-evaluation of global innovation index based on a structural equation model, *Technology Analysis & Strategic Management*, 28:4, 492-505. Disponível em: <<http://doi.org/10.1080/09537325.2015.1104412>>. Acesso em: 02 fev. 2019.
- SUNG, T. K. 2018 Industry 4.0: A Korea perspective. *Technological Forecasting and Social Change*. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/321044831_Industry_40_A_Korea_perspective>. Acesso em: 02 fev. 2019.
- SVAGZDIENE, B.; KUKLYTĖ, J. 2016 The analysis of factors which have impact for summary innovation index in Germany, Estonia and Lithuania. *Transformations in Business and Economics*. 15. 784-799. Disponível em: <<http://www.transformations.knf.vu.lt/38b/article/thean>>. Acesso em: 02 fev. 2019.
- SYAM, N; SHARMA, A. 2018 Waiting for a sales renaissance in the fourth industrial revolution: Machine learning and artificial intelligence in sales research and practice. *Industrial Marketing Management*. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S019850117302730>>. Acesso em: 02 fev. 2019.
- SZOZDA, N. 2017 Industry 4.0 and its Impact on the Functioning of Supply Chains. *Logforum*. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.17270/J.LOG.2017.4.2>>. Acesso em: 02 fev. 2019.
- USPTO, United States Patent and Trademark Office, 2019. Disponível em: <www.uspto.gov>. Acesso em: 02 fev. 2019.
- WoS, WEB OF SCIENCE. 2019 Disponível em: <<http://www.webofknowledge.com/>>. Acesso em: 02 fev. 2019.
