



ESTRATÉGIAS NACIONAIS PARA A INDÚSTRIA 4.0

JULHO/2018

CONSELHO DO IEDI

<i>Conselheiro</i>	<i>Empresa</i>
Agnaldo Gomes Ramos Filho	Eldorado Brasil Celulose S.A.
Alberto Borges de Souza	Caramuru Alimentos S.A.
Amarílio Proença de Macêdo	J.Macêdo Alimentos S.A.
Andrea Matarazzo	Matarazzo S/A
Carlos Eduardo Sanchez	EMS - Indústria Farmacêutica Ltda
Carlos Mariani Bittencourt	PIN Petroquímica S.A.
Cláudio Bardella	Bardella S.A. Indústrias Mecânicas
Claudio Gerdau Johannpeter	Gerdau Aços Longos S.A.
Cleiton de Castro Marques	Biolab Sanus Farmacêutica Ltda
Dan Ioschpe <i>Vice-Presidente</i>	Ioschpe-Maxion S.A.
Daniel Feffer	Grupo Suzano S.A.
Décio da Silva	WEG S.A.
Erasmoo Carlos Battistella	BSBio Ind. E Com. de Biodisel Sul Brasil S.A.
Eugênio Emílio Staub	Conselheiro Emérito
Fabio Hering	Companhia Hering S.A.
Fábio Schvartsman	Vale S.A.
Fernando Musa	Braskem S.A.
Flávio Gurgel Rocha	Confecções Guararapes S.A.
Geraldo Luciano Mattos Júnior	M. Dias Branco S.A
Hélio Bruck Rotenberg	Positivo Informática S.A..
Henri Armand Slezynger	Unigel S.A
Horacio Lafer Piva	Klabin S.A.
Ivo Rosset	Rosset & Cia. Ltda.
Ivoncy Brochmann Ioschpe	Conselheiro Emérito
João Guilherme Sabino Ometto	Grupo São Martinho S.A.

CONSELHO DO IEDI

<i>Conselheiro</i>	<i>Empresa</i>
José Roberto Ermírio de Moraes	Votorantim Participações S.A.
Josué Christiano Gomes da Silva	Cia. de Tecidos Norte de Minas-Coteminas
Lírio Albino Parisotto	Videolar S.A.
Lucas Santos Rodas	Companhia Nitro Química Brasileira S.A.
Luiz Alberto Garcia	Algar S.A. Empreendimentos e Participações
Luiz Cassiano Rando Rosolen	Indústrias Romi S/A
Luiz de Mendonça	Odebrecht Agroindustrial S.A.
Marco Stefanini	Stefanini S.A.
Marcos Paletta Camara	Paranapanema S.A.
Ogari de Castro Pacheco	Cristália Produtos Químicos Farmacêuticos Ltda.
Olavo Monteiro de Carvalho	Monteiro Aranha S.A.
Paulo Cesar de Souza e Silva	Embraer S.A.
Paulo Diederichsen Villares	Membro Colaborador
Paulo Francini	Membro Colaborador
Paulo Guilherme Aguiar Cunha	Conselheiro Emérito
Pedro Luiz Barreiros Passos	Natura Cosméticos S.A.
Pedro Wongtschowski <i>Presidente</i>	Ultrapar Participações S.A.
Ricardo Steinbruch <i>Vice-Presidente</i>	Vicunha Têxtil S.A.
Roberto Caiuby Vidigal	Membro Colaborador
Rodolfo Villela Marino <i>Vice-Presidente</i>	Itaúsa - Investimentos Itaú S.A.
Rubens Ometto Silveira Mello	Cosan S.A. Ind e Com
Salo Davi Seibel	Duratex S.A.
Sérgio Leite de Andrade	Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais - USIMINAS
Victório Carlos De Marchi	Cia. de Bebidas das Américas - AmBev

ESTRATÉGIAS NACIONAIS PARA A INDÚSTRIA 4.0¹

Políticas em prol da Indústria 4.0: perspectiva comparada	1
Estratégias para preservar a liderança: Alemanha, Coreia do Sul e Japão	5
Estratégias de revitalização industrial: Estados Unidos, França e Reino Unido	9
Estratégias de <i>catch-up</i> : China e Índia	13
Conclusões	15

¹ Trabalho preparado por M^ª Cristina Penido de Freitas – Doutora em Economia pela Universidade de Paris.

ESTRATÉGIAS NACIONAIS PARA A INDÚSTRIA 4.0

Políticas em prol da Indústria 4.0: perspectiva comparada

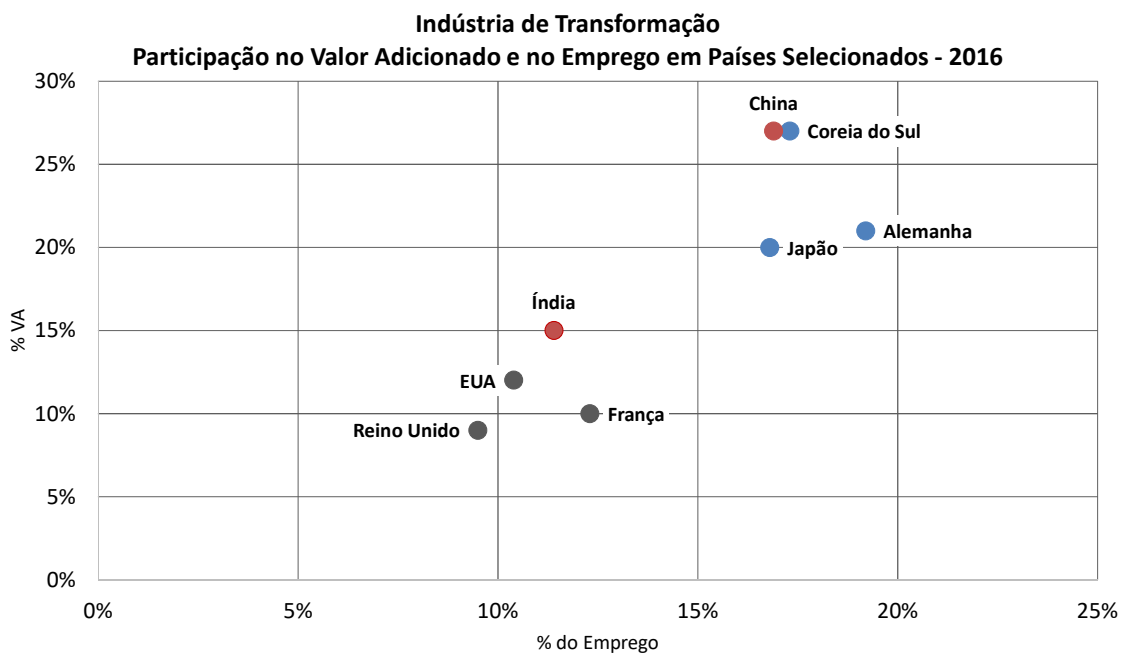
Na corrida em direção à Quarta Revolução Industrial, os países têm adotado diferentes abordagens, que variam de acordo com as tradições políticas, a infraestrutura institucional, campo de intervenção (treinamento, pesquisa, apoio ao investimento), nível de centralização e tecnologias que priorizam. Ciente da importância do setor industrial na geração de inovações e progresso técnico, que se espalham para outras atividades econômicas, elevando a produtividade, e das profundas transformações em curso na indústria mundial associadas às novas tecnologias digitais, os formuladores de política definiram estratégias que levam em conta os pontos fortes das suas economias na identificação das áreas e setores tecnológicos prioritários para alcançar objetivos específicos.

O IEDI vem desde meados de 2017 divulgando estudos sobre as iniciativas internacionais em apoio à Indústria 4.0, bem como sugerindo medidas consideradas pertinentes para a elaboração de um Plano Nacional para Indústria 4.0 no Brasil. Esta Carta IEDI sintetiza e compara os programas desenvolvidos pelas maiores potências industriais do mundo, mas o leitor interessado em maiores detalhes pode recorrer às Cartas IEDI n. 797 de 21/07/17, n. 803 de 01/09/17, n. 807 de 29/9/17, n. 820 de 11/12/17, n. 823 de 29/12/17, n. 827 de 26/01/18, n. 831 de 16/02/2018, n. 841 de 29/03/2018, n. 847 de 11/05/2018 e n. 849 de 25/05/2018, entre outros trabalhos.

Foram estudados oito dos dez países com maior participação na indústria mundial. As exceções couberam ao Brasil, que merece um estudo a parte, e à Itália, cujas ações direcionadas à Indústria 4.0 restringem-se principalmente a apenas uma de suas regiões, a Lombardia, carecendo de um programa de abrangência nacional.

Dentre os países analisados, há aqueles que, como Alemanha, Japão e Coreia do Sul, preservaram a participação da indústria em sua estrutura produtiva e buscam assegurar sua competitividade frente à concorrência crescente das potências industriais emergentes. Há também aqueles que, como Estados Unidos, Reino Unido, França, passaram por intenso processo de regressão e procuram reforçar suas competências industriais comprometidas ao longo dos anos para ampliar o peso da produção e do emprego industrial nas economias domésticas e capturar parcela significativa de valor nas articulações estratégicas das cadeias globalizadas. Há ainda aqueles que, como China e Índia, procuram garantir suas trajetórias de *catching up* em direção às

economias desenvolvidas por meio da ascensão de sua indústria, em particular, do segmento de alta tecnologia, no panorama mundial.



Fonte : ILOSTAT – International Labour Organization; Levinson (2018) “U.S. Manufacturing in International Perspective” (Disponível em: <https://fas.org/sgp/crs/misc/R42135.pdf>). Elaboração: IEDI

Nos casos nacionais estudados, o papel fundamental do setor empresarial na formulação das estratégias na Alemanha, França e Japão, países com tradição de intervenção política setorial, bem como no Reino Unido e Estados Unidos, países de tradição menos intervencionista, contrasta radicalmente com o forte papel da política governamental como motor do desenvolvimento da Indústria 4.0 na China. O maior envolvimento do Estado chinês se traduz no suporte financeiro de maior magnitude do que o verificado nos demais países analisados.

Estratégias Industriais Comparadas
Comparação Internacional - Quadro-Resumo dos Programas Nacionais para a Indústria 4.0

País	Nome do Programa	Data	Principais Objetivos
Alemanha	Indústria 4.0	2011	Assegurar a liderança no desenvolvimento de uma oferta tecnológica de máquinas e equipamentos de alta gama Difusão das tecnologias no tecido industrial
Coreia do Sul	Inovação Industrial 3.0	2014	Estabelecer um ecossistema industrial avançado Digitalização do aparelho produtivo
China	<i>Made in China 2025</i>	2015	Modernização do aparelho produtivo para preservar o status de fábrica do mundo Desenvolvimento de um setor produtor de máquinas e equipamentos industriais
Estados Unidos	Parceria para Manufatura Avançada	2013*	Revitalização industrial e digitalização das relações com as cadeias de fornecimento Criação de uma rede nacional de centros de inovação industrial
França	Indústria do Futuro	2013	Revitalização e digitalização do aparelho produtivo Desenvolvimento de uma oferta tecnológica
Índia	<i>Make in India</i>	2015	Modernização da indústria indiana e transformação do país em um centro de produção para a indústria mundial
Japão	Estratégia Robôs Indústrias Conectadas	2015 2017	Modernização e digitalização do aparelho produtivo para preservar a competitividade internacional
Reino Unido	Rede Catapulta	2011	Criação de uma rede de centros tecnológicos e de inovação para acelerar a comercialização dos resultados das pesquisas e revitalizar a indústria.

Elaboração IEDI a partir dos textos sobre os casos nacionais.

Nota:* Data de anúncio do programa e criação dos primeiros centros de inovação industrial com redirecionamento de recursos existentes em orçamento previamente aprovado. Em 2014, o Congresso aprovou a criação da Rede de 15 Centros, com dotação orçamentária específica.

Todavia, não obstante essas diferenças, um conjunto de temas prioritários está presente nas distintas abordagens de política em prol da Indústria 4.0 e das tecnologias subjacentes, como ressalta a literatura recente sobre as estratégias nacionais de promoção industrial. Por exemplo, o pesquisador do *think tank* francês *Fabrique de l'industrie*, Thibaut Bidet-Mayer, que, em seu estudo *L'industrie du futur: une compétition mondiale*. Paris, Presses des Mines, 2016, identifica três temas principais: o desenvolvimento de uma oferta de tecnologias, o apoio à difusão dessas tecnologias junto às empresas para modernização do aparelho produtivo e desenvolvimento e a adaptação das competências e habilidades dos trabalhadores às novas tecnologias adotadas pelas empresas.

Experiência Internacional - Temas Principais da Indústria 4.0

Desenvolvimento da Oferta Tecnológica	Modernização da Indústria	Adaptação das Competências
<ul style="list-style-type: none"> • Investimento em pesquisa pública • Criação de Centros Tecnológicos e de Inovação • Articulação Estreita dos Atores (universidades, centros de pesquisa e empresas) • Padronização Internacional e Interoperabilidade 	<ul style="list-style-type: none"> • Conscientização sobre os desafios da Indústria 4.0 • Apoio à robotização • Acompanhamento da transição digital • Disseminação das novas tecnologias entre as PMEs 	<ul style="list-style-type: none"> • Reflexão prospectiva • Concepção e implementação de cursos de formação adaptados às necessidades das empresas industriais

Adaptado de Bidet-Mayer, Thibaut. *L'industrie du futur : une compétition mondiale*. Paris, Presses des Mines, 2016, p. 32.

Em todas as iniciativas nos países analisados, observa-se uma ênfase nas parcerias entre empresas industriais, academia e governo para acelerar a inovação tecnológica e assegurar a oferta de mão de obra qualificada para atender às necessidades futuras da indústria. As parcerias incluem não apenas grandes corporações, como também pequenas e médias empresas (PMEs) e *startups* de base tecnológica.

Outro aspecto comum que emerge das iniciativas recentes de políticas é o esforço para reduzir o tempo entre a descoberta baseada em P&D e a implantação de inovações de manufatura avançadas e para facilitar o rápido aumento de escala e a penetração no mercado das tecnologias industriais avançadas. A necessidade de estabelecer uma ponte entre a geração de conhecimento e a comercialização de inovações avançadas de produtos e processos de produção levou à criação de centros tecnológicos e de inovação industrial, a exemplo da rede alemã de institutos Fraunhofer e dos Institutos Carnot na França, como mostra experiência da Coreia do Sul, Estados Unidos, Reino Unido e China.

Observa-se, igualmente, um foco maior na demonstração de protótipos para desenvolvedores de tecnologia, demonstração de aplicativos para usuários, treinamento de habilidades e treinamento de força de trabalho e desenvolvimento da cadeia de suprimentos. Também se nota um aumento do investimento em espaços comuns de pesquisa e inovação, como laboratórios, instalações de demonstração, linhas piloto e bancadas de teste de vários tipos (*testbeds*), de modo a sensibilizar as empresas e facilitar a difusão das novas tecnologias por todo o tecido industrial.

Outro aspecto compartilhado é a ênfase na promoção das *startups* e pequenas empresas de base tecnológica, vistas como fontes de inovação radical e de mudanças estruturais. A encomenda governamental de novos produtos tecnológicos está sendo fortemente utilizada em países como Estados Unidos, Alemanha, China, Reino Unido e França para estimular a comercialização e ampliação da escala de produção.

A cooperação internacional também é prioridade comum nos diversos casos nacionais, com vistas tanto à definição de padrões para a integração horizontal e vertical das tecnologias digitais, como à troca de conhecimento científico e tecnológico de ponta. Vários acordos já foram estabelecidos entre atores públicos e privados dos países analisados.

Estratégias para preservar a liderança: Alemanha, Coreia do Sul e Japão

A Alemanha foi pioneira na adoção de iniciativa estratégica para o país assumir a liderança na produção e utilização de tecnologia de informação industrial, que atualmente está revolucionando a produção da indústria, e assim manter sua competitividade no setor. A posição de liderança internacional da Alemanha em sistemas integrados, em soluções de segurança e em *software* empresarial, aliada a uma invejável reputação de engenharia em questões relacionadas a soluções de sistemas, tecnologias semânticas e *know-how* de sistemas integrados, tornou possível que o país assumisse um papel pioneiro no desenvolvimento de sistemas ciber-físicos CPS (na sigla em inglês), que fornecem a base para a criação da Internet das Coisas (IoT), a qual combinada com a Internet dos Dados e dos Serviços torna possível a Indústria 4.0.

Anunciado pelo governo alemão em parceria com a academia e a indústria em 2011, o projeto Indústria 4.0 foi incluído no Plano de Ação da Estratégia Alta Tecnologia 2020, lançado pelo governo alemão em março de 2012. Esse Plano identifica 10 Projetos-chave para o Futuro, os quais são considerados essenciais para enfrentar e concretizar os objetivos atuais da política de inovações. Nesses projetos-chave, objetivos de inovações específicos serão perseguidos em horizonte temporal de 10 a 15 anos. Como parte do projeto nacional da Indústria 4.0, o país pretende assumir, até 2020, a posição de liderança na provisão de sistemas ciber-físicos.

Identificado como uma medida importante na consolidação da liderança tecnológica da Alemanha no setor de engenharia mecânica, o projeto Indústria 4.0 recebeu, no âmbito do Plano de Ação, um financiamento adicional da ordem de € 200 milhões. Em contrapartida, representantes de inúmeros setores industriais, incluindo construção automotiva, tecnologia de automação, fabricação de máquinas e plantas industriais se

comprometeram em gastar mais de € 2,5 bilhões em seis áreas de pesquisa ao longo de dez anos.

É muito importante sublinhar que, dada a forte participação do setor industrial (grandes grupos e PMEs) no projeto desde a concepção do conceito de Indústria 4.0 em parceria com a academia no âmbito da Aliança de Pesquisa Indústria-Ciência, o governo alemão tem desempenhado fundamentalmente um papel de facilitador. Com esse intuito, o governo patrocinou a criação da Plataforma Indústria 4.0, uma iniciativa de três organizações industriais alemãs – Associação Federal de Tecnologia de Informação, Telecomunicação e Novas Mídias (BITKOM), Federação Alemã de Engenharia (VDMA) e Associação dos Fabricantes de Elétrico-Eletrônicos (ZVEI) – que tem como principal objetivo o desenvolvimento de tecnologias, a criação de padrões e modelos organizacionais e de negócios, bem como a disseminação do conhecimento e dos resultados das pesquisas e de suas aplicações práticas. Lançada oficialmente em abril de 2013, a Plataforma Indústria 4.0, localizada em Frankfurt, funciona como um portal de informação e como um escritório virtual, atuando como ponto central de contato para as empresas e representantes dos trabalhadores, políticos e cientistas nos assuntos relacionados à Indústria 4.0.

Um número importante de instituições e atores das áreas de pesquisa e de negócios está trabalhando em estreita colaboração para viabilizar a visão Indústria 4.0 na Alemanha. Dentre esses se destacam o Centro Alemão de Inteligência Artificial (DFKI), uma parceria público-privada, que opera em conjunto com os principais fabricantes de plantas industriais, o laboratório “Fábrica Inteligente”, que serve de referência para a arquitetura da Indústria 4.0, executando operações e teste para as mais recentes tecnologias em engenharia de processo e peças em condições industriais. Também merece destaque o consórcio de tecnologia *It's OWL*, com 174 empresas (incluindo vários líderes mundiais) e instituições de pesquisa, que está conduzindo um trabalho pioneiro na área de sistemas inteligentes de produção e produtos inteligentes para Indústria 4.0.

Em seu desafio de antecipar as mudanças no jogo competitivo e de manter uma posição de liderança global de sua indústria de bens de capital, que poderia ser capturada pelos concorrentes coreanos ou chineses e pelos gigantes digitais dos Estados Unidos que ameaçam entrar progressivamente na oferta industrial, a Alemanha busca avançar na definição de padrões internacionais comuns que garantam a interoperabilidade das máquinas produzidas no país. Nesse sentido, através da cooperação internacional, o país poderá criar alianças estratégicas sobre temas de padronização.

Na Coreia do Sul, no âmbito do Plano Estratégico de Economia Criativa, foi lançada em 2014 a Iniciativa Movimento Inovação Industrial 3.0 (IIM 3.0) como uma estratégia para um novo salto da indústria de transformação sul-coreana. Diretamente inspirada no programa alemão da Indústria 4.0, a IIM 3.0 visa preservar a posição do país como um dos polos industriais mais importantes do mundo. Essa iniciativa tem como propósito introduzir inovação no processo de produção industrial, incluindo a disseminação do uso de fábricas inteligentes e o desenvolvimento de tecnologias básicas relacionadas a IoT, impressão 3-D e *Big Data* (processamento de dados, coleta de dados e compartilhamento de dados que podem ser usados para análise e previsão).

O governo apresentou um roteiro para projetos em diversas áreas de projetos de P&D: tecnologia de *design*, tecnologia de triagem de produtos defeituosos, técnicas de operação integradas em *software*, plataformas Internet das Coisas Industriais (IIoT), sensores inteligentes, coleta de dados e tecnologias de processamento de dados e padronização industrial. A Câmara de Comércio e Indústria da Coreia, entidade que reúne a Associação de Empresas de Alto Potencial da Coreia, a Sociedade Coreana de Complexos Industriais, o Centro Coreano de Produtividade e diversas associações industriais (automotiva, eletrônica, máquinas, petroquímica), atua como sede da iniciativa IIM 3.0, recrutando PMEs e consultores e administrando o projeto em conjunto com as subsedes localizadas em cada organização executora.

A disseminação da fábrica inteligente entre as PMEs é um dos aspectos centrais da Iniciativa IIM 3.0. Com base em um fundo de crescimento compartilhado, com recursos aportados por grandes empresas, empresas de alto potencial e organizações públicas, a iniciativa IIM 3.0 oferece suporte financeiro aos investimentos de capital das PMEs para substituição de antigas instalações por fábricas inteligentes, visando aumentar a produtividade. Igualmente, fornece consultoria em áreas como inovação de processo industrial, gerenciamento e técnicas de produção. Um dos objetivos da IIM 3.0 é estabelecer um ecossistema industrial avançado, apoiando 2.000 fornecedores industriais de pequeno porte de segundo e terceiro nível em 2014, atingindo 10.000 fábricas inteligentes até 2020 e 30 mil até 2025.

Em dezembro de 2016, o governo sul-coreano lançou o Plano de Médio e Longo Prazo para uma Sociedade de Informação Inteligente, com intuito de preparar o país para o processo da Quarta Revolução Industrial, mediante o desenvolvimento de tecnologias de informação inteligente (TI Inteligente), conceito que combina a 'inteligência' da Inteligência Artificial com a informação fornecida pelo processamento de dados e tecnologias de rede, como a Internet das Coisas (IoT), computação em nuvem, análise de grandes dados (*Big Data*) e tecnologias móveis (designadas coletivamente como 'tecnologias ICBM'). As tecnologias de TI Inteligente irão desempenhar um papel

fundamental no aumento da produtividade e eficiência na indústria de transformação e em outros setores da atividade econômica.

Dentre o conjunto de tarefas de médio e longo prazo previstas para transformar a Coreia do Sul em uma sociedade de informação inteligente até 2030 destacam-se: i) criação de uma base de tecnologia de inteligência artificial que permita ao país atingir o mesmo nível de avanço tecnológico das outras economias avançadas até 2023; ii) criação de ecossistemas da indústria de TI Inteligentes e a facilitação da inovação do setor privado, mediante o apoio ao empreendedorismo e ao crescimento das *startups* e a criação de bancada de teste (*testbed*) em grande escala; iii) inovação digital da indústria de transformação, mediante a criação de plataformas de serviços para os sistemas de produção ciber-físicos, com uso disseminado de robôs inteligentes, impressão em 3D etc.

No Japão, desde 2015, o governo vem adotando medidas proativas voltadas à aceleração no país da Quarta Revolução Industrial, ocasionada pelo desenvolvimento da Internet das Coisas (IoT, na sigla em inglês), *Big Data*, Robótica e Inteligência Artificial (AI, na sigla em inglês), com vistas a fortalecer a competitividade da economia japonesa e criar novos mercados, em setores como a indústria de transformação, a medicina, a agricultura, a distribuição etc. A agenda de política do governo japonês em resposta à Quarta Revolução Industrial é um roteiro de médio e longo prazo, firmemente baseado na cooperação e na parceria com o setor privado, que combina estratégias focadas no desenvolvimento de domínios tecnológicos específicos (Robótica, Tecnologia de Informação, AI, entre outros) com estratégia de transformação da economia e da sociedade a partir da disseminação dos resultados dos avanços nos diferentes setores da atividade econômica e da sociedade.

Por exemplo, a nova estratégia de desenvolvimento de robôs anunciada em fevereiro de 2015 tem como objetivo assegurar a posição do Japão como Superpotência em Robótica. Essa nova estratégia japonesa visa tanto o avanço em domínios como tecnologias robóticas, criação e programação de sistema em áreas de alto valor agregado, integrador de sistema (Sler, na sigla em inglês) de *software* e *hardware* como a difusão da utilização sistemática de robôs nos diversos setores da indústria de transformação (atualmente, bastante concentrada nos setores automotivo e eletrônica), de serviços, na infraestrutura, agricultura e principalmente entre empresas de pequeno a médio porte, que dependem principalmente da força de trabalho humana.

No âmbito da nova estratégia de robótica foi criada a Iniciativa Revolução Robótica (RRI), da qual participam grandes empresas e várias associações industriais do setor

automotivo, da agricultura, saúde, infraestrutura, além de universidades, institutos e laboratórios de pesquisa, organizações parceiras regionais etc. A RRI também trabalha em interação estreita com organizações estrangeiras como a Iniciativa Internet Industrial (IIT) nos Estados Unidos e a Indústria 4.0 na Alemanha.

Para acelerar o desenvolvimento da tecnologia de AI, tecnologia essencial da Quarta Revolução Industrial, e sua fusão com tecnologias conexas, o governo do Japão criou, em abril de 2016, o Conselho Estratégico de Tecnologia de Inteligência Artificial, presidido pelo primeiro-ministro Shinzō Abe. Esse Conselho, que promove a cooperação entre o governo japonês, a academia, os institutos de pesquisa e o setor privado e também coordena as políticas de AI elaboradas por distintos ministérios, divulgou, em março de 2017, a estratégia do Japão para a tecnologia de AI. A partir do conceito de AI como serviço, foi definido um roteiro estratégico de médio e longo prazo para o desenvolvimento e a industrialização dos resultados do P&D em AI para áreas prioritárias (produtividade, saúde, assistência médica e bem-estar e mobilidade) até 2030.

Estratégias de revitalização industrial: Estados Unidos, França e Reino Unido

Os Estados Unidos abrigam um dos maiores e mais sofisticados e diversificados sistemas industriais do mundo, mas desde a segunda metade do século passado, a indústria vem perdendo participação no Produto Interno Bruto. Esse declínio relativo foi acompanhado, contudo, por uma profunda transformação do sistema nacional de produção dos Estados Unidos, em razão do crescente deslocamento das plantas industriais das grandes empresas norte-americanas para o exterior, acarretando um processo de desvinculação de produção e de inovação, que afetou a capacidade de inovação dos Estados Unidos, ao gerar fenômenos de bloqueio tecnológico e destruição de bens industriais compartilhados.

Para elevar a produtividade da economia e recuperar a competitividade da indústria de transformação doméstica e a liderança mundial nos setores de alta tecnologia perdida para Alemanha, Japão, Coreia do Sul e mesmo da China, o governo norte-americano reagiu com forte ênfase nas políticas de inovação. Nesse sentido, além de propor a criação e o financiamento de uma variedade de iniciativas em 2011 (por exemplo, a Parceria de Manufatura Avançada, Iniciativa Nacional de Robótica, Iniciativa de Genoma de Materiais) voltadas à promoção da indústria de transformação dos Estados Unidos, a

Administração Obama divulgou, em fevereiro de 2012, o Plano Nacional Estratégico de Manufatura Avançada.

Essa estratégia abrangente para orientar os investimentos federais em P&D de tecnologia avançada, que incorporou sugestões e recomendações de representantes da indústria e das universidades, busca atingir cinco objetivos inter-relacionados: i) acelerar o investimento em tecnologia de produção industrial avançada, especialmente pelas PMEs industriais; ii) ampliar o número de trabalhadores qualificados para o setor de produção manufatureira avançada e tornar o sistema de educação e treinamento mais receptivo à demanda por competências; iii) criar e apoiar parcerias público-privadas, nacionais e regionais, governo-indústria-academia, para acelerar o investimento e a aplicação de tecnologias de manufatura avançada; iv) otimizar o investimento industrial avançado do governo federal, adotando uma perspectiva de portfólio entre agências; v) aumentar o total de investimentos públicos e privados dos Estados Unidos em pesquisa e desenvolvimento (P&D) em produção industrial avançada.

No final de 2014, com a aprovação pelo Congresso do *Revitalize American Manufacturing Act*, o governo Obama finalmente foi autorizado a avançar na criação de uma Rede Nacional de Inovação Industrial (NNMI, na sigla em inglês), cuja denominação foi alterada para *Manufacturing USA* em 2016, composta de 15 institutos regionais, que receberão recursos federais por um período de cinco anos, complementado com aportes dos parceiros do setor privado e dos governos estaduais e/ou locais. Inspirados no modelo dos Institutos Fraunhofer da Alemanha, os institutos industriais são a peça central do programa de manufatura avançada do governo norte-americano.

Essa rede de Institutos de Inovação Industrial (IMIs, na sigla em inglês) regionais foi projetada para acelerar o desenvolvimento e a adoção de tecnologias industriais avançadas com aplicações amplas objetivando apoiar a comercialização de tecnologia de fabricação, superando o fosso entre laboratório de pesquisa e mercado em áreas tecnológicas-chave e para apoiar formação e o treinamento da mão de obra especializada, qualificando os trabalhadores nas novas tecnologias.

No início de 2017, já havia sido criado um total de 14 institutos, cada um deles especializado em uma área de tecnologia de ponta prioritária: manufatura aditiva, produção e *design* digital, metalurgia ultraleve, eletrônica de potência, compósitos avançados, fotônica, eletrônica híbrida flexível, indústria têxtil avançada, manufatura inteligente, tecnologias de energia, biofarmacêutica, biomedicina, robótica, tecnologias industriais verdes. Tendo como sócios grandes empresas e numerosas pequenas e médias empresas de diversos setores industriais, esses institutos receberam aporte de

recursos não federais bem superiores ao mínimo exigido (proporção 1:1) em contrapartida aos US\$ 70 milhões fornecidos pelo governo federal para cada IMI.

A França também aposta nas novas tecnologias relacionadas à Quarta Revolução Industrial para reconquistar a posição de potência industrial e reverter o quadro de desindustrialização, fenômeno que, embora comum aos principais países industrializados, parece ter sido muito mais rápido e mais intenso no país do que em outros países. De forma similar ao que ocorreu em outras nações desenvolvidas, na França a crise de 2008 soou como um sinal de alerta e aumentou a conscientização das autoridades governamentais sobre a importância do setor industrial para a prosperidade econômica.

Com tal propósito, o governo francês lançou, em setembro de 2013, a iniciativa Nova França Industrial (NFI). À semelhança dos programas de política industrial executados em outros países desenvolvidos, como Alemanha, Coreia do Sul, Estados Unidos e Japão, a NFI gira em torno de três áreas: desenvolvimento de uma oferta de tecnologias, apoio à difusão dessas tecnologias junto às empresas para modernização do aparelho produtivo e desenvolvimento e adaptação das competências e habilidades dos trabalhadores às novas tecnologias adotadas pelas empresas.

A NFI mobilizou um conjunto de atores públicos e privados, da indústria, da academia (rede de Institutos Carnot) e do governo, em torno dos objetivos a serem alcançados: novas ofertas, novos avanços tecnológicos, novos investimentos e novos postos de trabalho. Dirigentes de empresas industriais e/ou digitais se tornaram responsáveis pela coordenação dos projetos individuais enquanto a direção geral da iniciativa foi atribuída a um comitê de direção que, reúne atores públicos e privados, sob a autoridade do primeiro-ministro.

Em maio de 2015, a NFI entrou em sua segunda fase. Em parceria com a indústria, foi organizada uma ampla mobilização nacional para acelerar a Indústria do Futuro na França, de modo a levar cada empresa a modernizar seu parque industrial, com introdução de robôs, e transformar seu modelo de negócios pela utilização da tecnologia digital. Além do apoio financeiro de cerca de € 2,2 bilhões mediante empréstimos do banco público de investimento BpiFrance para ajudar as PME e as empresas de tamanho intermediário a financiar seus investimentos em tecnologia digital, robótica e eficiência energética etc., o governo francês instituiu um benefício fiscal, em caráter excepcional, para empresas que investissem em sua modernização produtiva no período abril de 2015 a abril de 2017. O montante de benefício sob a forma de uma “superdepreciação” acelerada foi da ordem de € 5 bilhões.

Peça-chave da segunda fase da NFI, o projeto transversal Indústria do Futuro foi organizado em torno de cinco pilares: i) desenvolvimento da oferta tecnológica para indústria do futuro; ii) acompanhamento das empresas rumo à indústria do futuro; iii) formação dos trabalhadores; iv) promoção indústria do futuro; v) fortalecimento da cooperação europeia e internacional.

O programa prevê apoio a projetos estruturantes de empresas privadas em mercados onde a França pode adquirir, dentro de um prazo de 3 a 5 anos, liderança europeia, ou mesmo mundial, tais como manufatura aditiva, virtualização da fábrica e objetos conectados e realidade aumentada. A coordenação desse projeto ficou a cargo da associação Aliança para a Indústria do Futuro, que congrega representantes da indústria, universidades e centros de pesquisa e regiões francesas.

A despeito de ter resgatado a política industrial, o Reino Unido não adotou até o presente momento, diferentemente de outras economias desenvolvidas aqui analisadas, um Plano Nacional para a Indústria 4.0, isto é, uma estratégia explícita e integrada de promoção da Indústria 4.0, nem criou um órgão de coordenação nacional à exemplo da Plataforma Indústria 4.0 na Alemanha ou da Aliança para a Indústria do Futuro na França. Todavia, algumas das ações e medidas de política executadas na presente década contribuem, direta ou indiretamente, nesse sentido.

Esse é o caso da Rede Catapulta de Centros de Tecnologia e Inovação, criada para realizar pesquisas de ponta sobre tecnologias emergentes, melhorando, ao mesmo tempo, a interface entre institutos de pesquisa e as empresas industriais, de modo a acelerar a transição da pesquisa avançada ao mercado, impulsionando a comercialização das inovações em indústrias-chave. Atualmente, existem dez Catapultas, cobrindo áreas que vão desde indústria de alto valor adicionado a descobertas de medicamentos, incluindo energia renovável *offshore*, terapias celular e genética, tecnologias de satélites, sistemas de transporte, digital, cidades do futuro, sistema de energia e aplicações de semicondutores compostos.

A Catapulta Indústria de Transformação de Alto Valor (HVMC, na sigla em inglês) é a que está mais diretamente relacionada com os temas da Indústria 4.0 e é o programa mais bem-sucedido do Projeto Catapulta. Formada por sete centros de pesquisa independentes já existentes, a HVMC foi a primeira a se tornar operacional em 2011. Suas áreas de pesquisa incluem tecnologias de automação, sistemas digitais aplicados à indústria, manufatura aditiva, simulação e realidade virtual e aumentada, novos materiais, tratamento de superfície etc.

Rompendo com sua tradição de políticas horizontais, o Reino Unido vem desde 2009 adotando iniciativas de caráter setorial. Ainda que não tivesse como alvo exclusivo o

setor da indústria de transformação, a Estratégia Industrial anunciada em 2013 pelo governo britânico contribuiu para preparar as empresas industriais domésticas para enfrentar o aumento na competição e aproveitar as oportunidades dos mercados globais associadas à incorporação de novas tecnologias por meio de parcerias estratégicas com os setores industriais de alto valor agregado.

A aprovação plebiscitária da saída do Reino Unido da União Europeia (Brexit) em meados de 2016 reforçou a necessidade de o país contar com uma indústria de transformação forte e tecnologicamente avançada, capaz de competir globalmente pelas oportunidades de mercado criadas pelas novas tecnologias emergentes. Com esse intuito, sob o comando de Theresa May, o governo britânico lançou, em novembro de 2017, uma nova estratégia industrial, que estabelece objetivos ambiciosos e ações de políticas para fortalecer a produtividade da economia. As áreas prioritárias da política são aquelas nas quais o Reino Unido tem potencial de liderar a revolução tecnológica mundial: Inteligência Artificial e *Big Data*, crescimento limpo, mobilidade, inovações voltadas às necessidades da sociedade em envelhecimento. Porém, não há nessa estratégia um posicionamento claro em relação à Indústria 4.0.

Estratégias de *catch-up*: China e Índia

A China lançou em maio de 2015 o seu plano estratégico *Made in China 2025* (MIC 2025), parcialmente inspirado na iniciativa da Indústria 4.0 da Alemanha. Essa iniciativa nacional abrangente de longo prazo, prevista para se desenrolar em três etapas, tem como objetivo final transformar esse país em uma potência industrial mundial, baseada em tecnologia avançada, até 2049, ocasião do 100º aniversário da fundação da República Popular da China.

A China almeja construir uma estrutura econômica e capacidades semelhantes à da Alemanha e do Japão: um país industrial forte, baseado em uma indústria de transformação robusta e inovadora. Instalações modernas de produção são consideradas chave para alcançar o mesmo nível de produtividade e qualidade do produto que se encontra nos países industrializados. Em sua essência, a estratégia do *Made in China 2025* visa a transformação da China em um líder global na fabricação de produtos de alta qualidade e de alta tecnologia até a primeira metade do século XXI, com a substituição gradual da tecnologia importada do estrangeiro pela tecnologia chinesa, desenvolvida e produzida em casa.

Alcançar este objetivo depende da capacidade de desenvolver produtos inovadores, de criar marcas internacionalmente conhecidas e de construir instalações modernas de

produção industrial. Além de canalizar enormes recursos financeiros para apoiar a modernização tecnológica de suas empresas industriais, tanto as estatais como as privadas, a China adotou um conjunto de medidas e políticas complementares à política industrial, que inclui, entre outras: medidas fiscais e tributárias, reorganização institucional, política de propriedade intelectual, política de recursos humanos.

A iniciativa *MIC 2025* vai muito além do alcance de estratégias comparáveis para a automação e digitalização da indústria que foram adotadas nos países anteriormente mencionados. Além da manufatura inteligente, *MIC 2025* também inclui provisões sobre inovação na produção, gerenciamento de qualidade de produto e produção sustentável, bem como medidas para eliminar atividades industriais desatualizadas e promover maior eficiência energética, proteção ambiental e utilização de recursos. Além da abrangência e alcance maiores, a iniciativa é respaldada com recursos financeiros muito mais expressivos do que o verificado nas economias desenvolvidas que contam com uma base tecnológica e de financiamento mais madura e avançada. A título de exemplo, enquanto o governo federal alemão destinou € 200 milhões adicionais para pesquisa e inovação associadas às tecnologias da Indústria 4.0, o governo central chinês aportou o equivalente a €22 bilhões em fundos direcionados ao financiamento do desenvolvimento de tecnologias de fabricação inteligente.

O plano *MIC 2025* prioriza cinco iniciativas de âmbito nacional com objetivos claros: i) estabelecer 15 novos centros de inovação até 2020 e 40 centros até 2025; ii) estabelecer quatro novas bases nacionais de pesquisa; iii) concretizar projetos focados em manufatura inteligente; iv) implantar projetos focados em produção verde; v) priorizar a produção de equipamentos de ponta nos dez setores-chave.

Os setores definidos como prioritários são: i) equipamento marítimo avançado e embarcações de alta tecnologia; ii) ferrovia e equipamento avançado; iii) maquinaria e tecnologia agrícola; iv) equipamentos aeronáuticos e aeroespaciais; v) produtos biofarmacêuticos e equipamentos médicos de ponta; vi) circuitos integrados e novas tecnologias de informação; vii) tecnologia e equipamentos de geração de energia elétrica; viii) máquinas de controle de produção de alta sofisticação e robótica; ix) veículos de baixa e nova energia; x) materiais novos e avançados. Essas indústrias de alta e média tecnologia que o *MIC 2025* identifica como estrategicamente importantes respondem por mais de 40% de valor agregado industrial chinês.

Na Índia, embora ainda não haja uma estratégia voltada à promoção da Indústria 4.0, desde o lançamento do plano *Make in India*, em 2014, o governo tem adotado diversas iniciativas de política com os objetivos de converter a indústria de transformação no motor do crescimento da economia indiana, elevando de 16% a 25% a contribuição da

indústria manufatureira para o produto interno bruto (PIB), e de tornar o país um centro de produção industrial de classe mundial, incentivando as empresas multinacionais e domésticas a fabricar seus produtos no país. Há uma clara aposta no investimento direto estrangeiro para acelerar a introdução das tecnologias de manufatura avançada no setor industrial doméstico.

Dentre as iniciativas adotadas, destacam: o programa *Digital India*, cujo objetivo é transformar o país em uma sociedade digitalmente capacitada e em uma economia de conhecimento; a nova lei do investimento direto estrangeiro (IDE), que abriu novos setores para o capital estrangeiro e aumentou o limite para os investimentos nos setores nos quais o IDE já era permitido; o programa *Creative India*, voltado à proteção da propriedade intelectual; o programa *Startup India*, que visa promover a criação de *startups* industriais de base tecnológica; programa ZED de estímulo à cultura da qualidade entre as micro e pequenas empresas industriais.

Outras iniciativas contempladas no programa procuram facilitar a criação de emprego; ampliar o papel do setor privado no sistema nacional de ciência, tecnologia e inovação mediante parcerias público-privadas (PPPs) (para alcançar a meta de elevar o gasto bruto com P&D dos atuais 0,6% do PIB para 2% do PIB); melhorar o desenvolvimento de habilidades dos trabalhadores indianos e; fortalecer a infraestrutura através do desenvolvimento de corredores industriais e construção de cidades inteligentes com tecnologia de ponta e comunicação de alta velocidade.

Conclusões

As principais potências industriais do mundo movimentam-se com rapidez em direção à Indústria 4.0, lançando mão de programas de política industrial e inovação em apoio ao desenvolvimento das tecnologias subjacentes e de sua difusão na estrutura industrial. Foi lançada, assim, uma corrida internacional em direção à indústria do futuro, com potencial de redefinir as posições de liderança no setor.

Se o Brasil não priorizar este tema e acelerar a formulação de um plano nacional, inclusive articulando os diferentes agentes de seu sistema de inovação, sua posição no ranking global da indústria, que já está em rota descendente, pode recuar ainda mais. Em 2016, o país encontrava-se na 9ª colocação, isto é, muito próximo de ser excluído do grupo das dez maiores potências industriais.

Apesar do fenômeno da Indústria 4.0 ainda estar acompanhado de muita incerteza, há grande potencialidade para revolucionar produtos, métodos de produção, formas de

organização e mercados inteiros. Tais efeitos, ademais, podem muito bem transbordar as fronteiras da indústria e afetar o conjunto das atividades econômicas. Nesse sentido, a indústria manufatureira tende a representar cada vez mais a integralidade da cadeia de valor da produção de bens, incorporando serviços no processo produtivo e na pós-produção. Por essas razões fala-se em Quarta Revolução Industrial.

As tecnologias subjacentes a este processo são muitas e encontram-se em diferentes estágios de maturação. Mais do que um ou outro desenvolvimento tecnológico, porém, o caráter disruptivo que a Indústria 4.0 traz é, sobretudo, fruto da articulação e convergência dessas tecnologias, tais como Sistemas Ciber-físicos (CPS), Internet das Coisas (IoT), Manufatura Aditiva (impressão 3D), *Big Data*, Computação em Nuvem, Robótica Avançada, Inteligência Artificial (AI), Realidade Virtual e Aumentada, novos materiais etc.

Seja qual for o nome que os países utilizam para definir essa indústria do futuro – Indústria 4.0, Manufatura Avançada, Indústria do Futuro, Digitalização Industrial, Fábrica Inteligente, Fábrica Conectada, entre outros – o fenômeno está cada vez mais no centro de suas agendas estratégicas.

O presente trabalho trouxe uma síntese das iniciativas recentes de políticas voltadas à promoção da adoção e difusão das novas tecnologias digitais e de inteligência artificial na indústria de transformação em oito potências industriais do mundo. Seis delas são economias desenvolvidas (Alemanha, Estados Unidos, Coreia do Sul, Japão, França e Reino Unido) e duas emergentes (China e Índia).

Nos países em questão, a situação da indústria de transformação varia significativamente e as expectativas para a digitalização da indústria também são distintas. Em termos do objetivo pretendido pelas iniciativas governamentais, os países foram agrupados, grosso modo, em três grupos distintos.

No primeiro deles, com Alemanha, Coreia do Sul e Japão, as políticas adotadas visam à manutenção da posição de liderança mundial das empresas industriais nacionais nos setores de alta tecnologia, diante de uma concorrência global cada vez mais intensa. No segundo grupo, com Estados Unidos, França e Reino Unido, as estratégias adotadas buscam reverter o processo de desindustrialização, ampliar o peso da produção e do emprego industrial nas economias domésticas e capturar parcela significativa de valor nas articulações estratégicas das cadeias de valor globalizadas.

No terceiro grupo, contando com China e Índia, as políticas buscam aproveitar as oportunidades oferecidas pela revolução industrial em curso para realizar alterações estruturais na indústria e reduzir o diferencial em relação às nações desenvolvidas. Há,

contudo, diferenças marcantes nas estratégias industriais desses dois países emergentes.

A China adotou um plano de longo prazo, com horizonte em 2049 e metas intermediárias para 2025 e 2035, cujo objetivo explícito é o reordenamento da indústria chinesa em torno das tecnologias de manufatura avançada. Ademais, enquanto a China busca alcançar autonomia tecnológica mediante o desenvolvimento de inovações autóctones, com forte protagonismo estatal, a Índia aposta na atração do investimento direto estrangeiro para acelerar a introdução das tecnologias de manufatura avançada no setor industrial doméstico.

Refletindo diferenças nacionais em termos dos pontos fortes e debilidades da indústria e da pesquisa científica e tecnológica, as prioridades das políticas também variam entre os países analisados:

- Na Alemanha, a ênfase foi colocada na integração de tecnologias digitais em maquinário de produção industrial e “Fábricas Inteligentes”, com atenção especial aos sistemas integrados, sistemas ciber-físicos e à Internet das Coisas (IoT).
- No Japão, o governo identificou uma oportunidade estratégica de liderar o mundo com “robôs na era da Internet das Coisas”, mediante a integração de Robótica avançada e Inteligência Artificial.
- Na Coreia do Sul, a prioridade é estabelecer um ecossistema industrial avançado mediante a disseminação do uso de fábricas inteligentes e o desenvolvimento de tecnologias relacionadas a IoT, impressão 3-D e *Big Data*.
- Nos Estados Unidos, a estratégia para a pesquisa industrial enfatiza os sistemas de tecnologia da informação (TI) ou tecnologias emergentes baseadas na ciência e materiais de última geração (e engenharia de materiais inovadores) para fabricação.
- Na França, a política identifica como prioridades: manufatura aditiva (impressão 3-D), virtualização da fábrica e objetos conectados, realidade aumentada.
- No Reino Unido, as áreas prioritárias da política são Inteligência Artificial e *Big Data*, crescimento limpo, mobilidade, inovações voltadas às necessidades da sociedade em envelhecimento.

- Na China, os principais objetivos da política são a modernização do parque industrial, a obtenção de autonomia tecnológica e o desenvolvimento de um setor produtor de equipamentos industriais de alto valor agregado.
- Na Índia, a ênfase da política reside na superação das deficiências estruturais que dificultam a modernização da indústria e na atração de investimento direto estrangeiro.