



TEXTO PARA DISCUSSÃO

ISSN 0103-9466

422

**Inteligência artificial na estratégia de
desenvolvimento da China contemporânea**

**Celio Hiratuka
Antonio Carlos Diegues**

Novembro 2021



ie Instituto de
economia

Inteligência artificial na estratégia de desenvolvimento da China contemporânea

Celio Hiratuka ¹
Antonio Carlos Diegues ²

Resumo

Este texto analisa o papel da Inteligência Artificial no contexto da estratégia de Desenvolvimento da China, marcado pela busca de transitar para um modelo menos intensivo em capital e mais intensivo em conhecimento. O texto também destaca a evolução das políticas de apoio à Ciência, Tecnologia e Inovação, enfatizando a preocupação crescente com a inovação endógena, e dentro deste contexto, como a Inteligência Artificial tem sido uma das áreas mais importantes. Também são analisados alguns indicadores para comparar a posição atual da China em relação a outros países e regiões, como Estados Unidos e Europa em termos de geração de conhecimento e envolvimento empresarial na área de Inteligência Artificial.

Palavras-chave: Inteligência artificial; China; Ciência, Tecnologia e inovação; Política industrial e tecnológica chinesa.

Abstract

Artificial intelligence in the development strategy of contemporary China

This working paper analyzes the role of Artificial Intelligence in the broader context of China's Development strategy, marked by the quest to move to a less capital and more knowledge-intensive model. The paper also highlights the evolution of Chinese policies to support Science, Technology and Innovation, emphasizing the growing concern with endogenous innovation, and within this context, how Artificial Intelligence has been one of the most important subjects. Some indicators are also analyzed in order to compare China's current position in terms of knowledge generation and business involvement in relation to other countries and regions, such as the United States and Europe.

Keywords: Artificial intelligence, China, Science, Technology and innovation, Chinese industrial and technological policy.
Códigos JEL: 031, 033, 053.

1 Introdução

Um dos fenômenos mais importantes na economia global no século XXI é sem dúvida a ascensão Chinesa. A trajetória Chinesa de desenvolvimento acelerado, iniciada no século anterior e que, a despeito das várias previsões de que encontraria algum limite, ou de que entraria em crise em algum momento, continua dando mostra de sua enorme pujança e capacidade de transformação. Depois de passar por uma extraordinária mudança estrutural, se tornando o maior centro produtor e exportador de manufaturas do mundo, e de constituir um sistema produtivo e empresarial que disputa a liderança global em vários segmentos, a China vem buscando se consolidar também como um país líder em inovação.

Ao se analisar as políticas de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) Chinesas desde o último quartel do século XX, observa-se também o mesmo movimento de permanente transformação. Tal transformação decorre do fato de que se observa uma coevolução entre as diferentes fases da

(1) Professor do IE/Unicamp, Pesquisador do Núcleo de Economia Industrial e da Tecnologia (NEIT-IE-Unicamp), Coordenador do Grupo de Estudos Brasil China da Unicamp. E-mail: celioh@unicamp.br.

(2) Professor do IE/Unicamp, Coordenador do Núcleo de Economia Industrial e da Tecnologia (NEIT-IE-Unicamp). E-mail: diegues@unicamp.br.

estratégia de desenvolvimento chinesa e as mudanças na estrutura produtiva, bem como no aparato institucional e econômico sobre os quais se sustentam essas políticas. Essa coevolução, por sua vez, é condicionada por uma estratégia de planejamento de longo prazo que é permeável a mutações e correções de rota, mas sem perder de vista o objetivo de continuar fomentando um processo de transformação estrutural virtuoso, fundamental para o desenvolvimento de longo prazo e para a manutenção da soberania nacional no sistema geopolítico internacional.

Considerando este contexto mais geral, este trabalho tem o objetivo destacar os desdobramentos recentes relacionados à estratégia Chinesa associada à Inteligência Artificial (IA). Depois de realizar uma breve recuperação das políticas de CT&I a partir do processo de abertura na seção 1, a seção 2 destaca a importância crescente da inovação endógena como elemento direcionador dessas políticas a partir do início do século XXI. A terceira seção do trabalho aprofunda a análise sobre a importância da IA dentro da estratégia Chinesa de alcançar um papel central em termos de capacidade de inovação global.

2 Políticas de CT&I na China: uma breve recuperação

O período que se segue à Revolução de 1949 é marcado pela busca de consolidar a China como nação independente, depois de décadas de fragmentação, instabilidade e guerras (civil e contra inimigos externos). Dado o ambiente externo conturbado e a fragilidades das bases materiais da qual partiu a recém-criada República Popular da China, este esforço significou, por um lado, concentrar esforços na área militar; de outro, organizar as bases da indústria pesada, o que exigia remover as restrições ao aumento da produtividade agrícola. Através do planejamento econômico, buscava-se manter elevada a taxa formação de capital e concentrar os investimentos em setores de bens de produção, intensivos em capital e escala, o que significava também restringir os investimentos em setores de bens de consumo.

Os esforços de desenvolvimento Científico e Tecnológico no período estiveram atrelados a esse desafio. A organização da Academia Chinesa de Ciências (CAS), inspirada no modelo Soviético, foi um marco neste sentido, e coube à CAS a realização do primeiro Plano Nacional de Ciência e Tecnologia em 1956. Embora listasse 582 projetos de pesquisa, o plano ficou conhecido como “Duas Bombas e um Satélite”, em referência ao desenvolvimento da Bomba Atômica, da Bomba de Hidrogênio e do primeiro Satélite Chinês (Macgregor, 2010). Esses grandes projetos dão uma ideia tanto da importância do desenvolvimento de tecnologias militares quanto da mobilização em torno de grandes projetos na estrutura de Ciência e Tecnologia (C&T) da China neste período de consolidação do Estado Chinês.

Os esforços em torno de grandes projetos, definidas pelo Estado como fundamentais para o desenvolvimento e a soberania Chinesa, envolviam cientistas e engenheiros de um grande número de institutos de pesquisa, universidades e empresas estatais. A CAS era responsável pela maior parte da realização de Pesquisa Básica, complementada por algumas Universidades, como a Universidade de Beijing e Tsinghua. Diversos outros institutos de pesquisa governamentais e empresas estatais, em diferentes níveis administrativos, se dedicavam à pesquisa aplicada em áreas associadas aos desafios do processo de desenvolvimento Chinês, como energia, desenvolvimento industrial, agricultura, defesa, etc.

De acordo com Liu e Lundin (2007), em um contexto onde definir prioridades claras era fundamental, dada a restrições de recursos e os diferentes desafios no âmbito interno e externo, essa forma de organização levou a resultados importantes, com a criação de uma estrutura de C&T bastante robusta para um país com um nível de renda per capita na época bastante baixo. Esta estrutura cumpriu os objetivos dados pelo contexto da época e preparou o terreno para as transformações posteriores. No entanto, comparado aos avanços que ocorriam na estrutura de inovação nos países desenvolvidos e mesmo em outros países em desenvolvimento, o sistema de C&T na China apresentava limitações. A transformação de avanços científicos e tecnológicos em produtos inovadores sofria barreiras intrínsecas, em uma estrutura de economia centralmente planejada, relativamente isolada no cenário internacional, e onde a estrutura de incentivos típica das economias de mercado para a transferência dos conhecimentos das instituições científicas para o sistema empresarial era inexistente.

Os sinais de mudança começam a aparecer com o fim da Revolução Cultural. A importância da Ciência e da Tecnologia para o desenvolvimento da China é refirmado, sendo um dos pilares das “Quatro Modernizações” defendida por Deng Xiaoping. As reformas iniciadas no final dos 1970 assistiram à transição, liderado pelo Partido Comunista Chinês (PCC), de uma economia centralmente planejada para uma economia com maior participação do sistema de mercado. Com isso o sistema de C&T também passou por mudanças significativas.

A primeira delas foi a possibilidade de ampliar o acesso à tecnologia estrangeira através de importações. O aumento das compras internacionais permitiu a modernização de laboratórios de pesquisa e de processos de produção de vários setores manufatureiros. No entanto a compra de tecnologia incorporada em máquinas e equipamentos tinha poucos resultados em termos de aprendizado tecnológico. A segunda foi a abertura seletiva ao capital estrangeiro e o início da tentativa de absorver tecnologia das Empresas Transnacionais, através de um processo estrito de negociação com parceiros selecionados. As negociações, no entanto, eram complexas, feitas caso a caso, e envolviam cláusulas bastante restritas de acesso ao mercado local (Zhou; Liu, 2016). Os resultados naquele momento foram bastante limitados, mas prepararam o terreno para a integração muito mais efetiva com as ETNs que ocorreria nos anos 1990.

Em relação ao sistema centralizado do período anterior, basicamente concentrada nas instituições públicas de pesquisa, as reformas caminharam no sentido reduzir a alocação de recursos diretamente ao sistema de institutos públicos e mesclá-la com um sistema mais concorrencial. Também, buscaram ampliar seu alcance, de maneira a impulsionar o incipiente setor empresarial. Em 1986 foi fundada a NSFC (Natural Science Foundation of China) voltada para financiar a pesquisa básica em um sistema de análise de mérito dos projetos. Também merecem destaque o lançamento de alguns programas importantes, com o objetivo de desenvolver e transferir tecnologias em áreas estratégicas no segmento civil e militar, como o Programa 863 iniciado em 1986 e o Torch, lançado em 1988 (Liu et al., 2011).

Em paralelo, a redução do financiamento direto aos institutos públicos de pesquisa e às Universidades as obrigou a diversificar suas fontes de recurso e buscar aplicações comerciais para suas pesquisas. Observou-se um incentivo também para que se realizassem *spin-offs*, resultando no surgimento de um incipiente grupo de empresas de base tecnológicas que se concentraram em Zonas de Desenvolvimento Especiais, como a de Beijing (Experimental Zone for New Technology and

Industrial Development), lançada em 1988 e que daria origem à área hoje conhecida como Zhongguancun.

Um outro conjunto de mudanças importantes ocorreu a partir da segunda onda de reformas Chinesas realizadas a partir da primeira metade dos anos 1990. Estas reformas buscaram avançar na criação de instituições necessárias para consolidar a transição para uma economia de mercado, sem abrir mão da forte regulação e controle estatal. São exemplos a reorganização no sistema bancário, a recentralização do sistema fiscal e a Lei das Corporações (Aglietta; Bai, 2012).

Do ponto de vista das Políticas de CT&I, Liu et al. (2011) destacam que é a partir deste momento que começa se institucionalizar a ideia de inovação como objeto das políticas, para além das políticas de Ciência e Tecnologia. Ao mesmo tempo, os mecanismos de apoio diversificam-se em termos de número de iniciativas e abrangência, assim como os instrumentos, que passam a abarcar elementos tributários, fiscais e financeiro. Zhou e Liu (2016) destacam que em 1998 o Conselho de Estado decidiu transformar 242 Instituto de Pesquisas Governamentais em empresas de base tecnológica, indicando a sinalização para um sistema de inovação onde as empresas passariam a assumir um papel mais proeminente.

Importante destacar também o processo de diversificação da estrutura empresarial ocorrida no período. Se nos anos 1980, as empresas de Vilas e Municípios tiveram um papel extremamente importante na geração de valor adicionado e emprego industrial, as mudanças nos anos 1990 vão dando origem a uma estrutura mais diversificada, com as empresas estatais permanecendo em setores estratégicos na área de infraestrutura e na indústria pesada intensiva em capital, responsáveis por manter a elevada taxa de investimento na economia, um conjunto mais amplo de empresas privadas foram assumindo um papel mais importante. Liu e Lundin (2007) destacam que além das grandes empresas estatais, as políticas de C&T&I passam a apoiar também as empresas privadas nos setores de alta tecnologia, das pequenas start-ups e spin-offs dos Institutos de pesquisa e universidades.

No entanto, também é um período em que as empresas estrangeiras passaram a ter maior visibilidade e proeminência. O investimento estrangeiro ganha impulso e a China se integra ao movimento de fragmentação produtiva e deslocamento de atividades manufatureiras dentro das cadeias de valor, se consolidando como grande produtor e exportador de manufaturados. A política de negociar o acesso ao mercado local em troca de transferência de tecnologia iniciada nos anos 1980 ganha novo impulso nos anos 1990, desta vez com maior amplitude em termos setoriais. E apesar do grande sucesso em termos de produção e exportações industriais, nas atividades mais intensivas em conhecimento, a dependência das empresas estrangeiras foi se mostrando cada vez maior (Liu; Cheng, 2014; Ling; Naughton, 2016).

Após um período de duas décadas de elevada pujança econômica, com a consolidação da economia chinesa como fábrica do mundo, fortemente integrada à economia global, nos primórdios dos anos 2000 iniciam-se os debates nas instituições de planejamento central chinesas sobre os novos condicionantes para se garantir a continuidade de uma estratégia de transformação estrutural virtuosa. Liu e Cheng (2014), Ling e Naughton (2016) e Zhou e Liu (2016) apontam para o crescente descontentamento com as limitações associados à transferência de tecnologia e ao processo de aprendizado associado à crescente presença de empresas estrangeiras na estrutura produtiva e de comércio exterior.

Embora com alguns sucessos importantes como no caso de trens de alta velocidade, em vários segmentos, como no setor automotivo, as expectativas de avançar nos domínios das áreas mais intensivas em conhecimento haviam sido frustradas, mantendo em grande medida as empresas Chinesas nos segmentos menos intensivos em conhecimento, ou incapazes de dominar os princípios tecnológicos e produtivos fundamentais para avançar em direção a maior autonomia em termos de inovação. A despeito do êxito até então logrado, vai se consolidando no Partido Comunista Chinês a percepção de que a dependência tecnológica estrangeira e a conseguinte inserção hierarquicamente subordinada nas cadeias globais de valor se configurariam como crescentes ameaças à estratégia de longo prazo de reafirmação chinesa como potência no sistema geopolítico internacional.

Importante destacar também que o final do período de reformas em direção ao mercado conduzidas por Jiang Zemin e Zhu Rongji assistiam a uma certa “fadiga” (Ling; Naughton, 2016), decorrente da elevação da desigualdade e pelos impactos negativos sobre os serviços sociais anteriormente atreladas ao emprego nas empresas estatais. Nesse contexto, a nova liderança assumida por Hu Jintao e Wen Jiabao imprime mudanças significativas, com a busca de organizar um “freio de arrumação” nas reformas de mercado e melhorar a coordenação estatal para dar direção ao processo, como será analisado na seção seguinte.

3 A busca pela Inovação Endógena

O ano de 2003 assiste ao início do processo de mudança em relação à condução da Política de CT&I, e se iniciam as discussões que desembocariam no Plano de Médio e Longo Prazo de Ciência e Tecnologia (MLP) lançado no início de 2006. Depois de um longo processo de discussão, debates e consultas com cientistas, engenheiros, e pesquisadores de diversas instituições e setores governamentais, o MPL foi finalmente aprovado no final de 2005 e lançado em 2006. Apesar de uma parte significativa da comunidade científica e de alguns economistas defenderem uma estratégia mais horizontal, com processos mais concorrenciais e *bottom-up* na definição de projetos a serem apoiados, a concepção final privilegiou a organização em torno de grandes projetos, articulando a política de ciência e tecnologia com políticas industriais voltadas para segmentos considerados estratégicos (Zhou; Liu, 2016, Cheung et al., 2018).

A diretriz parece ter sido a de contornar os limites das CT&I até então vigentes e readequá-las aos novos desafios impostos pelas constantes transformações no paradigma tecnoeconômico internacional. Ou seja, por meio de transformações econômicas e institucionais, viabilizar a coevolução entre as CT&I as fases do desenvolvimento produtivo chinês.

Tal diretriz decorreu do diagnóstico de que os esforços até então utilizados de fomento ao aprendizado tecnológico tinham tido efeitos limitados à construção de um núcleo endógeno de progresso técnico. Por um lado, os mecanismos de transferência de tecnologia por parte do estabelecimento de *joint-ventures* entre empresas transnacionais e locais se restringiam a funções menos nobres do processo produtivo (pelo menos até o início dos anos 2000). Por outro lado, a maior parte dos esforços inovativos ainda se concentrava basicamente na importação e no licenciamento de tecnologias estrangeiras, ao invés de esforços internos de P&D

A soma destes fatores, ao restringir às empresas locais a realização de esforços majoritariamente de adaptação de tecnologias, implicava em uma capacidade de aprendizado doméstica relativamente baixa. Como consequência, impedia que estas se beneficiassem do elevado

dinamismo do mercado local nos segmentos de maior complexidade tecnológica e maior valor agregado, os quais eram dominados por empresas estrangeiras (Nolan, 2013). Adicionalmente, restringia a tentativa de avanço das empresas nacionais para elos mais nobres das cadeias globais, como mostra o emblemático estudo da apropriação de valor na cadeia produtiva dos produtos Apple realizado por Linden et al. (2011)³.

Importante destacar que o MLP representa o início de uma série de mudanças, com a aceleração de planos e projetos voltados para inserir de vez a questão da inovação no projeto de desenvolvimento de longo prazo Chinês. Este conjunto de ações e seus objetivos devem ser analisado em conjunto com a evolução dos desafios colocados para a continuidade da trajetória Chinesa de Desenvolvimento, em um cenário internacional também desafiador em razão dos efeitos da grande crise financeira de 2007/2008.

Embora bastante genérico, o MLP destacava a importância da inovação endógena e da mobilização do sistema empresarial, listando ao mesmo tempo tecnologias, setores e campos de pesquisa prioritários e apontando as diretrizes para as políticas que passariam por um processo de especificação de medidas, metas e instrumentos em diferentes áreas e ministérios. No projeto, havia referência também a 16 Megaprojetos, considerados fundamentais para o desenvolvimento Chinês e que tinham aportes estimados em cerca de 600 bilhões de Reminbis (cerca de US\$ 75 bilhões) (Ling; Naughton, 2016). Importante destacar também que o MLP foi acompanhado pelo Plano de Médio e Longo Prazo de Desenvolvimento de Ciência e Tecnologia em Defesa, que tinha como objetivo reduzir a brecha tecnológica também na área militar e de defesa, associadas às crescentes demandas tecnológicas do Exército de Libertação Popular, preocupado em reforçar o poder de dissuasão e sua capacidade assimétrica em termos de sistemas de segurança e armamentos. A preocupação com o desenvolvimento de tecnologias de uso dual estava expressa inclusive nos 16 megaprojetos do MLP, onde 3 eram projetos associados à Área militar. E mesmo os demais 13 projetos, poderiam ter uso dual, borrando, portanto a separação tradicional entre os desenvolvimentos voltados para a área civil e militar.

Se o MPL já apontava para uma maior integração entre Política de CT&I e política Industrial, em razão da listagem de setores e tecnologias prioritárias em consonância com grandes projetos científicos, a crise financeira global de 2007/2008 acelerou esta integração, com a discussão a partir de 2009 e lançamento em 2010 da iniciativa Indústrias Estratégicas Emergentes (SEI).

A SEI destacou 7 áreas que se desdobravam em vários outros sub-segmentos considerados prioritários: i) conservação de energia e proteção ambiental, ii) tecnologia de informação de nova geração, iii) biotecnologia, iv) equipamentos avançados e de precisão, v) Novas energias, vi) Novos Materiais e vii) Veículos com novas fontes de energia. Vários destes setores já estavam contemplados no MLP, enquanto alguns setores, notadamente aqueles associados à tecnologias associadas à energia e meio ambiente, aparecem pela primeira vez (Cheung et al., 2016).

(3) Segundo os autores, em 2011, *“the main financial benefit to China takes the form of wages paid for the assembly of the product or for manufacturing of some of the inputs (...) Although hard facts are scarce, we estimate that only \$10 or less in direct labor wages that go into an iPhone or iPad is paid to China workers. So while each unit sold in the U.S. adds from \$229 to \$275 to the U.S.-China trade deficit (the estimated factory costs of an iPhone or iPad), the portion retained in China’s economy is a tiny fraction of that amount.”*

A implementação da SEI ocorre em paralelo às discussões do 12o Plano Quinquenal. E em um período de grande turbulência no mercado internacional, onde os países centrais começam a explicitar políticas voltadas para o fortalecimento industrial e aceleração da mudança tecnológica, com forma de mitigar os efeitos da crise global, acirrando a competição internacional.

No front interno, a economia Chinesa começou a se deparar com dificuldade de manter os patamares elevados de crescimento, baseados na expansão acelerada dos investimentos nos setores industriais intensivos em capital e associados à infraestrutura. A forte expansão dos investimentos inclusive foi estimulada como forma de enfrentamento dos efeitos da crise financeira mundial, fato que, combinado com a desaceleração da demanda interna e busca por escoar a produção no mercado internacional, acirrou ainda mais a competição global (Hiratuka, 2018).

Nesse contexto, onde se explicitavam os limites do crescimento fortemente dependente de investimentos intensivos em capital, com impactos elevados sobre o meio ambiente, e um ambiente externo onde não apenas se explicitava a dificuldades para se inserir nas etapas mais sofisticadas das cadeias globais, mas também a intensificação de políticas voltadas para acelerar as mudanças tecnológicas impulsionadas pelos países centrais, popularizando termos como quarta revolução industrial, ou indústria 4.0, a necessidade de trazer a questão da inovação para o centro do modelo de desenvolvimento chinês começa a ficar mais evidente. Se o MPL trouxe o tema da inovação endógena para o centro da discussão, enfatizando a necessidade de reduzir a dependência de tecnologia estrangeira, o termo que ganha destaque a partir da chegada de Xi Jinping ao poder é “Estratégia de Desenvolvimento Liderado pelas Inovações”.

A partir desses desafios e partindo das bases anteriores, Xi Jinping aprofunda ainda mais a importância do desenvolvimento científico, tecnológico e da inovação e o coloca no centro da estratégia de desenvolvimento Chinesa. Nessa estratégia, a inovação torna-se também um fator fundamental para pavimentar o caminho até o centenário da Revolução, quando a China se tornaria um país próspero, culturalmente avançado, harmonioso e veria realizado o sonho Chinês de rejuvenescimento nacional, como explicitado no documento Estratégia Nacional de Desenvolvimento Orientada para a Inovação⁴.

Mesmo antes do lançamento deste documento em 2016, em vários discursos anteriores Xi Jinping já destacava a importância dos avanços da ciência e da inovação como elementos fundamentais para a autonomia e o desenvolvimento econômico e social (Zhao, 2016). O lançamento em 2015 dos planos Made in China 2025 e Internet Plus, analisados a seguir, já antecipavam e tornavam pública a preocupação em avançar em direção aos setores de fronteira tecnológica. No entanto, o documento de 2016 consolida a perspectiva de Xi Jinping sobre o tema, perspectiva que, como não poderia deixar de ser, está presente também no 13º Plano Quinquenal e no recém lançado 14º. Plano Quinquenal. Existem vários fatores que poderiam ser destacados nessa perspectiva.

Em primeiro lugar o reconhecimento de que apesar dos avanços em vários segmentos, a China ainda estaria relativamente atrasada em um conjunto de campos da ciência e tecnologia. E para manter o desenvolvimento econômico e social, alterando sua direção para aspectos cada vez mais qualitativos

(4) CSET (2016). Original Translation “Outline of the National Innovation-Driven Development Strategy”, 中共中央 国务院印发《国家创新驱动发展战略纲要》.

e abrangentes, alcançar a liderança em termos de tecnologia e inovação seria fundamental. Destaca-se, assim, a consciência explícita de que sem grandes avanços no sistema científico e de inovação e com a dependência excessiva de conhecimento gerados no exterior, os grandes desafios contemporâneos associados à sustentabilidade ambiental, inclusão social e segurança nacional não podem ser enfrentados de maneira adequada.

Em segundo a ideia dos três estágios, com objetivos escalonados até 2050. O primeiro deles seria tornar a China um país inovativo em 2020, o que significaria criar um ambiente mais propício à inovação, com melhores condições de proteção à propriedade intelectual, e melhores incentivos e regulações para difundir atividades inovativas. Em 2030, o objetivo seria se equiparar aos países avançados em termo de inovação em áreas selecionadas, com um sistema de inovação mais completo. E finalmente no terceiro estágio, que coincidiria com o centenário da revolução, ser tornar um país líder em termo de poder inovativo. A China teria então uma estrutura científica entre as melhores do mundo e a um sistema inovativo capaz de liderar mundialmente as transformações em diversos campos.

Em terceiro, a importância da dimensão sistêmica e a necessidade de superar o excesso de fragmentação e elevar o dinamismo tecnológico através de reformas institucionais no sistema de Ciência e Tecnologia, reforçando ao mesmo tempo a coordenação das diferentes esferas governamentais, mas também provendo maior integração com o sistema empresarial. Merece destaque a ausência da dicotomia presente em grande parte do pensamento econômico mais tradicional entre Estado e Mercado. Os mecanismos de governança combinam Estado e Mercado, buscando utilizar tanto coordenação quanto competição como instrumentos importantes para promover a eficiência e mudança estrutural

Cheung et al. (2018) destacam como a liderança para a formulação dessa estratégia e a sua tradução em ações concretas esteve a cargo da NDRC e da FEALG (Financial and Economic Affairs Leading Group), o que demonstra o elevado grau de prioridade dada a esta estratégia. Stone e Wood (2020), por sua vez, ressaltam a importância da fusão militar-civil nessa nova estratégia, com o aprofundamento da integração entre os objetivos de tornar a China uma nação líder tanto em termos tecnológicos quanto militar.

A rápida sucessão de Planos voltados para atingir esse objetivo também demonstra o comprometimento com essa nova estratégia. Os dois mais importantes, e que antecipam a preocupação com dominar os setores de fronteira, como a Inteligência Artificial a ser analisada na próxima seção, são o Made in China 2025 e o Internet Plus.

A preocupação com o aumento da capacidade inovativa e a redução da dependência de tecnologia sob controle estrangeiro é explícita no Made in China 2025, lançado em 2015. Além de estabelecer um conjunto de 10 setores (TI de nova geração, robótica, aeroespacial, equipamentos marítimos, equipamentos ferroviários avançados, eficiência energética veicular, equipamentos elétricos, equipamentos agrícolas, novos materiais e biofarmacêuticos e equipamentos médicos avançados) considerados chaves para o desenvolvimento futuro, o documento elenca um conjunto de metas, incluindo indicadores de inovação, patentes, qualidade dos produtos e redução de emissão de poluentes (Wubbeke et al., 2016). Além de ser fundamental para elevar a produtividade e manter o aumento da renda per capita, o domínio dos princípios da inovação e a redução da dependência de tecnologia e conhecimento estrangeiro é considerada chave para viabilizar outras metas importantes,

incorporadas inclusive no 13º Plano quinquenal lançado no ano seguinte. Por exemplo, a questão da mudança estrutural, com redução dos setores industriais mais intensivos em recursos e investimentos fixos e o aumento das indústrias e serviços mais sofisticados, a promoção de transformações na agricultura para incorporar tecnologia e elevar a produtividade, impulsionar novas fontes de energia limpa e mitigar impactos ambientais.

O Plano Internet Plus, também lançado em 2015, tem como objetivo explícito a integração da internet e das atividades digitais na economia e na sociedade. Esse objetivo se desdobra em quatro pilares. O primeiro está relacionado ao incentivo à utilização de Tecnologias de Informação e Comunicação para tornar os setores manufatureiros e de serviços mais eficientes e mais competitivos globalmente. A difusão da Internet das Coisas, da Computação em Nuvem, do Big Data e da Inteligência Artificial são considerados fundamentais para dar origem a novos produtos e novos modelos de negócios em plataformas digitais. O Segundo está assentado no incentivo ao aumento do papel de pequenas e microempresas para desenvolvimento de aplicativos e plataformas. O terceiro busca expandir o crédito, em especial para o grupo de pequenas e microempresa, menos contempladas pelo sistema de crédito tradicional. O Quarto está voltado para aumento a difusão de redes de comunicação para áreas rurais e menos desenvolvidas. Além da ampliação da cobertura do 4G, o plano destaca também a necessidade de acelerar a implementação do 5G (Arcesati et al., 2020).

4 Inteligência Artificial na China: o Plano Nacional de Inteligência Artificial de Nova Geração (PNIA) e alguns indicadores

4.1 O Plano Nacional de Inteligência Artificial de Nova Geração

Embora o PNIA tenha sido lançado oficialmente em 2017, a tecnologia já vinha recebendo crescente atenção nos anos anteriores. Um ano depois do lançamento do Plano Internet Plus, por exemplo, foi agregado um documento específico com metas e ações voltadas especificamente para a Inteligência Artificial, o “Internet Plus’ and AI Tree-Year Implementation Plan”. Neste plano eram destacadas ações em áreas como financiamento, padronização de sistema, proteção à propriedade intelectual, cooperação internacional desenvolvimento de capital humano. Também em 2016, a IA já aparecia como uma das áreas fundamentais dentro do Plano Quinquenal para o Desenvolvimento das Indústrias Estratégicas Emergentes. (Ding, 2018).

O lançamento do PNIA, somando às diferentes iniciativas destacadas na seção anterior, reforçam por um lado a importância do domínio dos segmentos de fronteira tecnológica dentro da estratégia de desenvolvimento Chinesa. De outro, também é resultado do acirramento da competição internacional pela liderança tecnológica dentro da indústria 4.0 (Diegues; Roselino, 2020). Durante o período posterior à crise financeira global, vários países se voltaram para acelerar as mudanças tecnológicas, buscando novos espaços de crescimento, frente a um cenário de crescimento lento e instável nos países centrais e em grande parte dos países em desenvolvimento. No caso da Inteligência Artificial, é possível observar claramente este fenômeno, com a sucessão de anúncios de programas nacionais (China Institute for Science and Technology Policy, 2018; Castro et al., 2019).

O PNIA anunciou os planos da China para fomentar pesquisas e facilitar a adoção da tecnologia em uma ampla gama de setores, não apenas econômicos, mas também em áreas de bem-estar social, proteção ambiental e segurança nacional. As linhas gerais do plano destacam a necessidade impulsionar inovações e alavancar transformações em direção a uma economia e uma

sociedade “inteligente” a partir da IA. O governo aparece como grande impulsionador do processo, mas é dado grande destaque à necessidade de fortalecer os vínculos entre empresas privadas, instituições de pesquisa e órgãos militares para promover o desenvolvimento mútuo (Robertson et al. 2021).

Importante destacar que a avaliação estratégica do PNIA da China reconhece explicitamente o gap existente entre a China e os países desenvolvidos em relação à pesquisa básica, desenvolvimento de algoritmos e equipamentos chave, semicondutores, softwares, mão-de-obra capacitada e um ecossistema estruturado. Daí a necessidade de ações de coordenação voltada para fomentar o setor privado, oferecer infraestrutura básica, avançar em aspectos regulatórios e de padronização (Ding, 2018).

Em seus objetivos o PNIA estabelece a meta de atingir em 2025 avanços importantes em pesquisa básica, tecnologias e aplicações de IA, elencando-os como vetores para o *upgrading* e a transformação produtiva. Em 2030 a meta é atingir níveis compatíveis com a disputa pela liderança global em termos de inovação, obtendo resultados relevantes na construção de uma economia e sociedade “inteligentes”, capazes de sustentar uma economia inovadora e o pavimentar o caminho para se tornar uma potência econômica.

Para a construção desse cenário futuro, o Plano destaca a necessidade de avançar tanto em termos teóricos e de pesquisa básica quanto em termos do desenvolvimento e difusão de sistemas tecnológicos. No caso dos avanços teóricos, são destacados os campos da IA que podem promover mudanças disruptivas no futuro, tais como inteligência de big data, inteligência de mídia cruzada, inteligência aumentada híbrida homem-máquina, inteligência de enxame (*swarm Intelligence*), aprendizado de máquina de alto nível, computação inteligente inspirada no cérebro e computação quântica inteligente (Webster et al., 2017).

Em termos dos sistemas tecnológicos, aparece a preocupação em desenvolver sistemas abertos e estáveis, combinando algoritmos, dados e hardware, para alavancar capacitações em sensores, sistemas de reconhecimento, raciocínio cognitivo, execução de movimento e interface homem-máquina. Esses sistemas, por sua vez devem ser incentivados a moldar as atividades produtivas, promovendo a convergência da IA em todos os setores econômicos importantes, possibilitando aumentos relevantes de produtividade e o domínio das extremidades superiores das cadeias de valores.

Chama atenção também a importância dada pelo Plano à aplicação dos avanços em IA no enfrentamento de desafios sociais relevantes, com destaque para a possibilidade e melhorar as condições de oferta de serviços de educação, saúde, assistência à população idosa, mobilidade urbana, cidades inteligentes e segurança pública. Vale destacar também a questão do controle social e da vigilância possibilitada pela difusão dessas tecnologias e do sistema de crédito social que vem sendo implementado na China⁵. Foge ao escopo deste texto abordar este tema que tem suscitado grandes controvérsias na literatura (Robertson et al., 2021, Song, 2018).

Finalmente, deve ser destacado também importância da IA, como elemento tecnológico de integração civil-militar. O Plano destaca a necessidade de integrar os institutos de pesquisa civis e

(5) Foge ao escopo deste texto abordar este tema que tem suscitado grandes controvérsias na literatura. Ver por exemplo Robertson et al. (2021) e Song (2018).

Universidades com os institutos de pesquisa militar, além de promover a via de mão-dupla na geração de conhecimento e tecnologia, de maneira que de um lado seus desenvolvimentos possam dar suporte para as estratégias de comando e decisão militar e para o desenvolvimento de equipamentos e sistemas de defesa, e outro, os desenvolvimentos de AI na área de defesa possam ser aproveitados para aplicações civis. Como destaca Kania (2020), a estratégia Chinesa de se tornar uma força militar de classe mundial tem significado a busca por equipamentos avançados e investimentos significativos em robótica, e aplicações de artificiais inteligência e machine learning em sistemas de armamentos inteligentes, como veículos não tripulados e sistemas de mísseis. No mesmo sentido, Allen (2019) aponta a avaliação do setor militar Chinês de que o avanço na área de IA pode significar um salto em sua capacidade de dissuasão, inclusive em relação ao seu principal rival ocidental.

Como destaca Kania (2020), a estratégia Chinesa de se tornar uma força militar de classe mundial tem significado a busca por equipamentos avançados e investimentos significativos em robótica, e aplicações de artificiais inteligência e machine learning em sistemas de armamentos inteligentes, como veículos não tripulados e sistemas de mísseis. No mesmo sentido, Allen (2019) aponta a avaliação do setor militar Chinês de que o avanço na área de IA pode significar um salto em sua capacidade de dissuasão, inclusive em relação ao seu principal rival ocidental.

Apesar da forte influência do planejamento governamental, por meio do Comitê Consultivo de Estratégia de AI, do Ministério da Ciência e Tecnologia (MIST) e do Ministério da Indústria e Tecnologia da Informação (MIIT) e dos diversos instrumentos de apoio a institutos de pesquisa e universidades, é possível destacar o papel reservado ao setor empresarial. Considerando o objetivo de desenvolver tecnologias disruptivas no campo da IA, o MIIT tem procurado promover uma série de entidades que se comprometam ativamente a alcançar avanços essenciais nas principais tarefas delineadas pelo AIDP em áreas como veículos inteligentes conectados à Internet, drones; sistemas de identificação de imagem de vídeo; diagnóstico assistido por imagens médicas, chips de rede neural; e plataformas de código aberto.

Entre os atores empresariais, gigantes tecnológicos como Baidu, Alibaba e Tencent são sem dúvida importantes players, mas também empresas mais especializadas na área de inteligência artificial como iFLYTEK, Face ++, SenseTime e iCarbonX. Entre essas empresas, há até uma especialização de trabalho, com empresas concentrando esforços e abrindo laboratórios focados na inovação em áreas específicas, como a Plataforma Nacional de Inovação Aberta Baidu Autônoma Dirigindo IA, a Plataforma Nacional de Inovação Aberta AI Alibaba Cloud Cognition Urban, a Tencent Plataforma Nacional de Inovação Aberta de Imagens Médicas e a Plataforma Nacional de Inovação Aberta de IA iFLYTEK Voice Intelligence (Development Solutions Europe Ltd., 2018).

No caso do Alibaba, as iniciativas das Aldeias City Brain e TaoBao merecem atenção. O primeiro deles decorre de um projeto pioneiro, desenvolvido e aplicado na cidade-sede do conglomerado – Hangzhou. O objetivo é digitalizar uma miríade de serviços e atividades públicas que envolvem praticamente todas as dimensões da vida em uma metrópole. A partir da nuvem Alibaba, as ferramentas de IA do gigante da tecnologia buscarão analisar os padrões de uso e demanda de serviços urbanos para otimizar sua eficiência. Tais padrões de comportamento podem oferecer importantes indícios para a formulação de políticas públicas para contornar gargalos, aumentar a eficiência e a qualidade de vida da população, bem como identificar mudanças futuras no padrão de demanda dos serviços.

Como resultado dessa iniciativa, o Alibaba avançou no empacotamento de soluções dedicadas a Cidades Inteligentes e já implementou seu projeto City Brain em mais de duas dezenas de metrópoles asiáticas. Vale destacar que esta iniciativa, embora financiada pelos Chinese Development Banks, se materializa em um aspecto voltado para a internacionalização dos padrões tecnológicos criados por empresas locais, utilizando a estratégia que Naughton (2020) denomina Digital Silk Road. Assim, seguindo a coordenação do Alibaba, várias outras empresas chinesas de IA são integradas aos esforços de internacionalização. Entre eles iFlytek (reconhecimento de voz), SenseTime (com atuação em diversas áreas como veículos autônomos, serviços médicos, etc.), Megvii (reconhecimento de imagem e deep learning), entre outros.

As Aldeias Taobao, também coordenadas pelo Grupo Alibaba, usam a mesma base de conhecimento de IA para integrar as aldeias rurais em sua plataforma de marketing. A ideia é oferecer todos os serviços do ecossistema do grupo (o que envolve soluções de gestão, financeira, logística, análise preditiva do comportamento do consumidor, etc.) buscando aumentar a produtividade, lucratividade, qualidade e agilidade de produção nessas aldeias. Assim, com a combinação da enorme agilidade e flexibilidade da produção local, a integração na plataforma de uma miríade de fornecedores diversificados e o uso de ferramentas de IA para identificar padrões de consumo e futuras oscilações de demanda, a ideia é possibilitar uma revolução nas formas de produção baseadas em IA (Buttolo, 2020). Essa suposta revolução combinaria grandes possibilidades de customização e ao mesmo tempo se beneficiaria dos retornos de escala decorrentes da participação em uma gigantesca plataforma de marketing. Além disso, teria impactos substanciais no aumento da renda das aldeias integradas à iniciativa.

Também é importante mencionar o papel da Tencent como um instrumento para o avanço da digitalização e a aplicação ubíqua de serviços cada vez mais habilitados por IA a partir de sua plataforma internacionalmente reconhecida – WeChat. Com mais de 900 milhões de usuários, essa plataforma é onipresente na vida diária da população urbana chinesa e o locus para o avanço de uma infinidade de aplicativos que usam IA para oferecer aos usuários novos serviços, bem como novas possibilidades de usar praticamente todas as características de uma economia moderna.

Mas também é possível notar a preocupação em promover start-ups no setor de IA, principalmente por meio da estruturação de fundos de investimento voltados para empresas de base tecnológica. Esses fundos envolvem recursos privados, mas também “fundos de orientação governamental”, que são parcerias entre os governos centrais ou locais e outros investidores, geralmente empresas estatais, instituições financeiras e também investidores privados (Development Solutions Europe Ltd., 2018). São importantes fontes de recursos para estimular a transferência, capitalização e comercialização de resultados tecnológicos de start-ups e PMEs em áreas estratégicas e em diferentes etapas, por meio de fundos de capital de risco, investimentos de capital e mecanismos de compensação de riscos.

4.2 Indicadores do posicionamento da China na IA global

Esta seção tem como objetivo fornecer brevemente, alguns indicadores sobre os avanços da China em termos de desenvolvimento de Inteligência Artificial, permitindo avaliar a sua posição relativa no cenário global, considerando diferentes dimensões. Importante destacar que, como o lançamento do PNIA da China ainda é recente, não é possível ainda estabelecer uma avaliação

acurada de todos os seus impactos e resultados, que, ademais miram o longo prazo. No entanto os dados levantados trazem uma visão impressionista de alguns avanços observados, dentro do contexto de disputa internacional em torno da IA. Com este objetivo, os dados para a China serão, sempre que possível, apresentados em comparação com os Estados Unidos e União Europeia. No caso específico da América Latina, existem ainda pouquíssimos estudos que buscam analisar de maneira abrangente as estratégias de atores públicos e privados, as políticas de apoio, o grau de difusão das tecnologias e os modelos de negócios associados à IA. Também foge ao escopo deste artigo tratar esse tema de maneira aprofundada. Busca-se apenas apontar, quando disponível, a evolução de alguns indicadores para a região em perspectiva comparada com a China.

Vale lembrar ainda que, como trata-se de um tema ainda relativamente novo, não existem métricas ou indicadores consolidados que permitam avaliar com precisão o quanto a China tem avançado em sua estratégia e quais os resultados alcançados em seu plano de IA. No entanto, observa-se a convergência a partir da revisão bibliográfica realizada, de que as dimensões mais frequentes⁶ envolvem a análise das seguintes informações: i) indicadores de avanço em termos científicos, mensurados principalmente a partir de dados de publicações científicas; ii) resultados tecnológicos, analisados principalmente a partir de informações de patentes e iii) envolvimento empresarial e investimento das empresas atuantes no setor.

Um dos principais indicadores analisados em vários estudos sobre a evolução em tecnologias relacionadas a IA (China Institute for Science and Technology Policy, 2018; Castro et al., 2019; Baruffladi et al., 2020, Zhang et al., 2021) é a evolução das publicações relacionada à IA. Entre as várias fontes, duas se destacam, pela ampla acessibilidade aos dados.

A primeira é a Base Scopus, proveniente Elsevier, que tem mais de 81 de documentos, com revisão por pares. A partir dessa base, a Elsevier utiliza um conjunto de palavras-chaves para realizar buscas e organizar as informações sobre os artigos relacionados à área de IA. A segunda, é a Microsoft Academic Graph (MAG), que realiza buscas automáticas em um variado conjunto de documentos como artigos em revistas, em conferências, e livros.

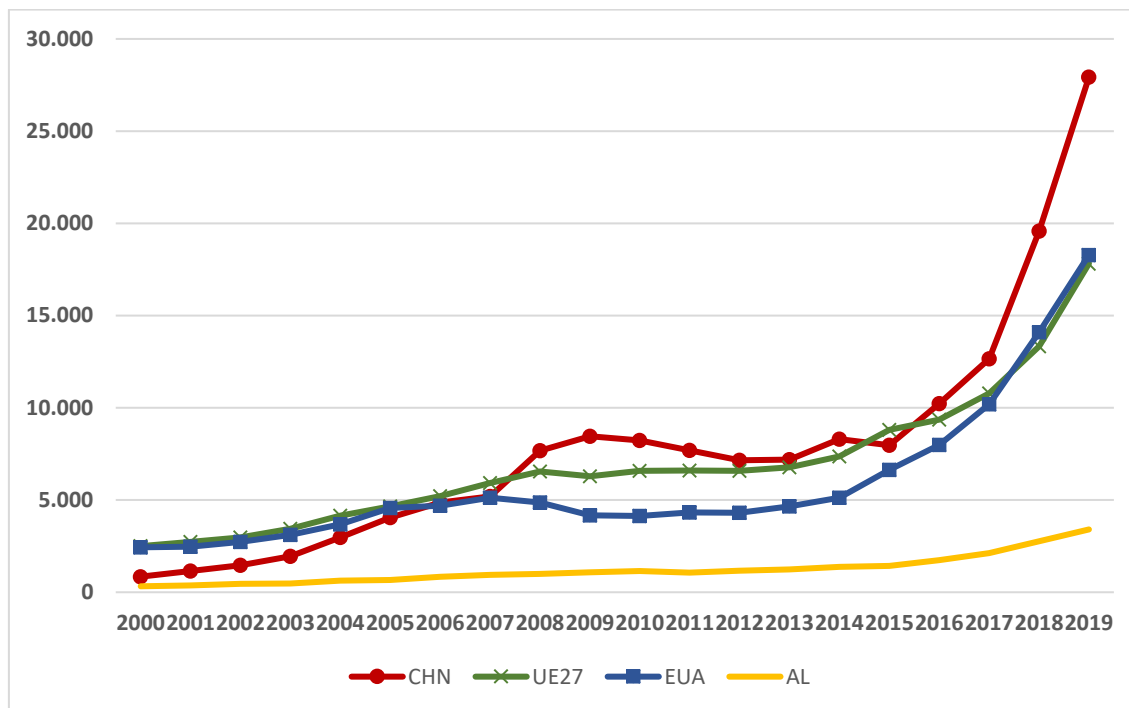
Considerando em primeiro lugar as informações da Scopus/Elsevier, disponibilizada pela Stanford University Human-Centered Artificial Intelligence (HAI), é possível verificar uma primeira onda de aumento de publicações entre 2000 e 2009, seguida por um período de relativa estabilidade que permanece até 2014 (Gráfico 1). A partir de 2015 verifica-se uma nova onda de aumento com o total de publicações mundiais em IA atingindo pouco mais de 120 mil artigos em 2019, o que representou 3,8% de todas as publicações da Base.

O crescimento mais rápido das publicações Chinesas desde o início da série fez que o país superasse os Estados Unidos e a União Europeia em 2008. No entanto, a produção Chinesa permanece relativamente estagnada até 2015, quando volta a apresentar uma trajetória de crescimento intenso. Em 2019, a produção total chinesa foi de cerca de 28 mil artigos, representando 23% da produção mundial. União Europeia e Estados Unidos tinham cerca de 18 mil artigos (cerca de 15% do total).

(6) Algumas publicações como a de Zhang et al. (2021) realizam análises também sobre a formação em nível de graduação e pós-graduação na área de IA, assim como sobre a oferta e demanda por trabalhadores na área, com base em informações do LinkedIn. No entanto, a comparabilidade internacional desses dados ainda é restrita, justificando a não inclusão dessas informações na análise.

Observa-se, portanto, que no período mais recente, o sistema de Ciência e Tecnologia da China tem respondido aos incentivos governamentais de inserir a IA no centro de suas áreas estratégicas.

Gráfico 1
Publicações em AI em periódicos com revisão por pares. Países e Regiões selecionadas. 2000-2019



Fonte: Elsevier/Scopus (2020).

Disponível em: <https://drive.google.com/drive/folders/1CgMBVb4p6BikFBTziFqdDY4lPkcP1Cj>.

No caso da América Latina, observa-se também um crescimento importante da produção científica em IA, porém seguindo o ritmo da produção mundial. Embora o número de publicações tenha aumentado de 323 em 2000 para 3.405 em 2019, a participação no total mundial permaneceu relativamente estável em torno de 3%.

Considerando a base de dados MAG, embora o método de busca seja diferente, a tendência de aumento da importância relativa da China em termos do número de publicações é semelhante. Os dados da MAG fornecidos pela OCDE permitem verificar, além do número de publicações em revistas, filtrar o nível de qualidade dessas publicações. A Tabela 2 apresenta para o acumulado entre 2016 e 2020 as publicações totais em revistas e as publicações nas revistas incluídas no top 25% em termos de qualidade. Percebe-se que embora pelos dados do MAG a China tenha ultrapassado os Estados Unidos em número absoluto de publicações em revistas em 2019, no acumulado entre 2016 e 2020 os Estados Unidos continuam à frente da China. Considerando apenas as publicações nas top 25%, a China é ultrapassada também pela União Europeia. A Relação entre o número de publicações nas top 25% e o total é de 43,6% nos Estados Unidos, 23,5% na União Europeia e 19,8% na China. Essas informações indicam que apesar do avanço, as publicações Chinesas nas revistas mais conceituadas ainda se encontram atrás de Estados Unidos e União Europeia.

Tabela 1
Publicações em AI nos periódicos classificados entre os 25% melhores.
Países e Regiões selecionados. 2016-2020

| | A – Total | B –Top 25% journals | % B/A |
|---------------|-----------|---------------------|-------|
| China | 152,172 | 30,060 | 19.8 |
| EU (27) | 146,783 | 34,494 | 23.5 |
| United States | 176,862 | 77,197 | 43.6 |
| AL (6) | 28,678 | 3,112 | 10.9 |
| Brazil | 17,524 | 1,921 | 11.0 |
| Mexico | 5,060 | 564 | 11.1 |
| Colombia | 2,034 | 177 | 8.7 |
| Chile | 1,823 | 250 | 13.7 |
| Argentina | 1,713 | 153 | 9.0 |
| Ecuador | 523 | 46 | 8.9 |

Fonte: OECD.AI (2021) a partir de dados da MAG.

Disponível em: www.oecd.ai.

Vale destacar que na análise realizada por Baruffaldi et al. (2020), a partir dos 10% artigos mais citados (e não pela classificação das revistas, como na Tabela 1) entre os anos de 2016 e 2018, a China teria uma participação de 22,1%, seguido pela União Europeia, com 21,9% e Estados Unidos com 20%. A mesma tendência é apontada pelo China Institute for Science and Technology Policy (2018), considerando os artigos altamente citados. Observa-se de qualquer maneira um aumento não apenas quantitativo, mas também qualitativo nas publicações científicas Chinesas.

No caso da América Latina, considerando os 6 principais países, a proporção entre as publicações no top 25% e as publicações totais foi de cerca de 11%, com níveis parecidos nos dois principais países (Brasil e México) e um nível um pouco acima desse patamar apenas para o Chile.

Enquanto os conhecimentos científicos mensurados pelas publicações refletem o esforço em termos de geração e difusão de conhecimento, a forma como esse conhecimento se transforma em avanços tecnológicos depende de uma série de outros fatores, envolvendo o esforço empresarial para lançar produtos e serviços inovadores, mas também a articulação e as políticas governamentais de apoio. Como analisado na seção anterior, o esforço Chinês buscou fortemente articular o ecossistema inovativo, fomentando não apenas Universidades e Institutos de Pesquisa, mas também o setor privado. A análise de patentes é tradicionalmente utilizada como uma variável de resultado desses esforços.

Em geral, a despeito das diferentes bases de dados e das diferentes metodologias para classificar as patentes relacionadas à IA⁷, os estudos convergem ao indicar que os principais

(7) Ver Baruffaldi et al. (2020) para uma discussão aprofundada sobre as diferentes metodologias para captar as patentes envolvendo a IA.

depositantes de patentes são China, Estados Unidos e Japão (China Institute for Science and Technology Policy, 2018; WIPO, 2019; Baruffaldi et al., 2020).

Na análise realizada pelo China Institute for Science and Technology Policy (2018) e pela WIPO (2019), fica evidente que enquanto no caso dos Estados Unidos e do Japão, e também no caso dos países avançados da Europa, em geral as empresas são os principais depositantes de patentes, no Caso da China, as Universidades e Instituições de Pesquisa também tem um papel muito relevante. No estudo da WIPO (2019), considerando as 30 maiores organizações em termos de estoque de famílias de patentes em IA, 26 eram empresas e 4 Universidades ou Institutos de Pesquisa. A China estava presente com 2 empresas (State Grid e Baidu) e 3 Universidades/Institutos de Pesquisa (CAS, Xidian University e Zhejiang University).

Na análise realizada por Baruffaldi et al. (2020), foram consideradas apenas as famílias de patentes e IA classificadas como pertencentes ao IP5, isto é, registrada em ao menos 2 dos 5 principais escritórios de patentes mundiais (Estados Unidos, Europa, Japão, Coreia do Sul e China). Essa metodologia reduz o viés nacional que pode estar presente nas estatísticas de patente e ao mesmo tempo, trabalha com um subconjunto de patentes com maior potencial comercial, dado o desejo dos depositantes de proteção legal em ao menos 2 dos maiores escritórios mundiais. A partir desta base, as informações encontradas indicaram que considerando as solicitações ocorridas entre 2014 e 2016, os inventores baseados no Japão responderam por 29% do total, seguida pelos Estados Unidos, com 25% e pela China com 13%. Vale destacar, porém a velocidade do crescimento chinês, uma vez que no período 2004-2006 a participação Chinesa era de apenas 2%.

As informações sobre patentes mostram também que na transição do conhecimento científico para o conhecimento tecnológico e o processo de inovação, verifica-se um aumento grau de concentração nos países que lideram as estatísticas. Considerando as informações sobre publicações da Elsevier/Scopus, Estados Unidos, China e União Europeia somados representavam 53% da produção mundial em 2019. No caso das patentes IPC5, a soma de Japão, Estados Unidos e China atinge 67% do total. Não por acaso, nos estudos analisados, nas seções que tratam de estatísticas de patente, praticamente não se encontra referência sobre a presença de empresas e Universidades ou Instituições de Pesquisa dos países da América Latina como atores relevantes⁸.

Finalmente, um último conjunto de informações pode ser analisado a partir das informações associadas aos investimentos realizados em empresas ligadas ao setor de IA. A partir da base de informações da Capital IQ e da Crunchbase sobre investimentos privados, ofertas públicas, fusões e aquisições, e compra de participações minoritárias, o sistema de busca da plataforma de big data analytics Nebase Quid é utilizado para filtrar informações sobre empresas associadas a Inteligência Artificial. Em uma área ainda em estágio de consolidação, esse mecanismo de busca fornece informações importantes por captar inclusive os investimentos de empresas de Private Equity e Venture Capital em start-ups no setor de IA.

A Tabela 2 permite ver o forte aumento dos investimentos captados, saindo de US\$ 17,5 bilhões em 2016 e chegando a US\$ 65,3 bilhões em 2020. Em termos de números de transações, o

(8) A base de dados MAG apresenta alguns indicadores sobre patentes relacionadas a IA. No entanto, a organização pelo país de origem do depositante tem um grande número de informações faltantes, o que não permite uma análise acurada considerando a dimensão país de origem.

total sai de 1.243 em 2016 e atinge 2.367 em 2020 (Tabela 3). As Tabelas 2 e 3 também permitem verificar como a disputa por consolidar um ecossistema de empresas desenvolvendo e aplicando algoritmos de IA tem sido forte em especial nos Estados Unidos e na China, e em menor medida, nos países da Europa. Considerando o acumulado no período, os Estados Unidos representaram cerca de metade do valor e das transações registradas. No caso da China, a participação em valor é de 22,4%, enquanto no número de transações é de 11%. Os valores por transação parecem refletir a estratégia de capitalização de empresas do segmento através da organização de fundos de venture capital privados e organizados pelo Estado através dos chamados government guiding funds, como o Technology Innovation Guiding Fund (Development Solutions Europe Ltd., 2018). No caso dos países da Europa, verifica-se o oposto, isto é a participação é maior no número de transações (19,8%) do que no valor das operações (15,4%).

Tabela 2
Investimentos Corporativos em IA. 2016-2020. US\$ milhões

| Country/ Region | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2016-2020 | % |
|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|-------|
| China | 2,831 | 6,493 | 15,252 | 10,973 | 13,426 | 48,974 | 22.4 |
| Estados Unidos | 9,124 | 15,967 | 18,464 | 27,171 | 39,124 | 109,850 | 50.1 |
| Europa | 1,047 | 17,636 | 3,418 | 4,445 | 7,145 | 33,692 | 15.4 |
| AL | 18 | 23 | 81 | 266 | 298 | 687 | 0.3 |
| | 17,578 | 43,992 | 43,396 | 48,814 | 65,308 | 219,089 | 100.0 |

Fonte: CapIQ, Crunchbase, and NetBase Quid, 2020 AI Index Report.

Tabela 3
Investimentos Corporativos em IA. 2016 a 2020. Número de transações

| País/ Região | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2016-2020 | % |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|
| China | 100 | 158 | 261 | 369 | 283 | 1,171 | 11.0 |
| Estados Unidos | 712 | 969 | 1,201 | 1,243 | 1,093 | 5,218 | 49.1 |
| Europa | 216 | 370 | 489 | 536 | 491 | 2,102 | 19.8 |
| AL | 9 | 18 | 26 | 34 | 20 | 107 | 1.0 |
| Total | 1,243 | 1,842 | 2,463 | 2,717 | 2,367 | 10,632 | 100.0 |

Fonte: CapIQ, Crunchbase, and NetBase Quid, 2020 AI Index Report.

Em relação aos países da América Latina, cabe observar que, apesar de ter uma participação bastante pequena nas operações mundiais, sejam em termos de valor, seja em número de operações, observa-se uma tendência de crescimento. De US\$ 18 milhões registrado de investimento em 2016, os valores crescem continuamente até atingir US\$ 298 milhões em 2020. A participação relativa aumenta de 0,1% para 0,5% entre os dois períodos. Considerando o acumulado do período a participação relativa em termos de valor foi de 0,3%. Em termos de número de operações, a tendência é de crescimento também, apesar de uma queda entre 2019 e 2020. A participação relativa no total no período foi de 1%.

5 Considerações finais

O acirramento da competição global após a crise de 2007/08 impulsionou estratégias tecnonacionalistas para acelerar as mudanças no paradigma tecno-produtivo visando disputar posições de liderança no sistema internacional. É neste contexto que as políticas nacionais de promoção da Indústria 4.0 devem ser compreendidas. Do ponto de vista chinês, por um lado, esse movimento representa desafios sem precedentes e significativos para sua estratégia de longo prazo de recuperação produtiva e tecnológica. Por outro lado, deve ser reconhecido como um catalisador para o esforço para fortalecer a capacidade inovativa endógena delineada desde a formulação do MLP.

Entre os inúmeros esforços de CT&I e da política industrial desde então, este artigo buscou analisar a centralidade daquelas relacionados à promoção da IA. Tais atividades são reconhecidas como um dos cerne das transformações tecnológicas e econômicas atuais, pois permeiam as demais áreas da Indústria 4.0 e são centrais na determinação da criação e distribuição de valor entre os agentes integrantes dos sistemas ciberfísicos que caracterizam as novas tecnologias. Além disso, o desenvolvimento nacional da IA também tem outros impactos importantes para a estratégia de reafirmação da China no sistema geopolítico internacional, dada a integração civil-militar.

A proliferação de políticas e recursos voltados para a promoção da IA na China representa o reconhecimento pelo planejamento estatal chinês da centralidade dessas tecnologias para o desenvolvimento chinês de longo prazo. O artigo buscou destacar os rápidos e intensos avanços chineses na produção científica em IA. A partir de diferentes metodologias e bases de dados, esse avanço nas dimensões quantitativa e qualitativa foi enfatizado.

Grosso modo, as publicações chinesas em IA representam cerca de um quarto das publicações mundiais. Entre os artigos mais citados, esse percentual gira em torno de um quinto. Desempenho semelhante é observado nas patentes, embora o perfil dos depositantes tenha mostrado que a participação de Institutos de Pesquisa e Universidades da China no total de pedidos de patentes é proporcionalmente maior do que em países com sistemas nacionais de inovação mais maduros como EUA, Japão e alguns países europeus. Apesar dessa menor representatividade do sistema de negócios, em geral, tem havido um rápido avanço nas habilidades tecnológicas em IA de empresas líderes de TI (como Baidu, Alibaba e Tencent), bem como em uma miríade de start-ups fortemente apoiadas pelo Estado, como por exemplo iFlytek e Megvii.

Por tratar-se de uma área com desenvolvimentos ainda bastante recentes, e com uma política de apoio também relativamente recente, é cedo para avaliar com precisão o quanto dos objetivos estão sendo cumpridos. No entanto, é inegável que os avanços tem sido rápidos e que a China é um dos países que está disputando a liderança global. Tratando-se de um setor de fronteira, no mínimo é um avanço que a China esteja nesta posição de disputar a liderança, e não na posição mais comum que observava faz não muito tempo, de buscar um *catching-up* em relação aos países avançados.

Referências bibliográficas

AGLIETTA, M.; BAI, G. (2013). *China's development: capitalism and empire*. London & Nova York: Routledge.

ALLEN, G. (2019). *Understanding China's AI strategy: clues to Chinese strategic thinking on artificial intelligence e national security*. Center for New American Security. Available at:

<https://s3.us-east-1.amazonaws.com/files.cnas.org/documents/CNAS-Understanding-Chinas-AI-Strategy-Gregory-C.-Allen-FINAL-2.15.19.pdf?mtime=20190215104041&focal=none>. Accessed: Jul. 15, 2020.

ARCESATI, R.; HOLZMANN, A.; MAO, Y.; NYAMDORJ, M.; SHI-KUPFER, M.; CARNAP, K.; V.; WESSLING, C. (2020). *China's digital platform economy: assessing developments towards industry 4.0: challenges and opportunities for German actors*. Merics Report. Available at: <https://merics.org/sites/default/files/2020-06/MERICReportDigitalPlatformEconomyEN02.pdf>. Accessed: Jan. 20, 2021

BARUFFALDI, S.; VAN BEUZEKOM, E.; DERNIS, H.; HARHOFF, D.; RAO, N.; ROSENFELD, D.; SQUICCIARINI, M. (2020). *Identifying and measuring developments in artificial intelligence: making the impossible possible*. OECD Science, Technology and Industry Working Papers 2020/05. Available at: <https://dx.doi.org/10.1787/5f65ff7e-en>. Accessed: Dec. 12, 2020.

BURLAMARQUI, L. (2017). *Schumpeter goes to China: entrepreneurial state, socialization of investment and creative destruction management*. UERJ. (Texto para Discussão).

BUTOLLO, F. (2020). Digitalization and the geographies of production: towards reshoring or global fragmentation? *Competition & Change*, v. 25, n. 2, p. 1-20.

CASTRO, D.; McLAUGHLIN, M.; CHIVOT, E. (2019). *Who is winning the AI race: China, the EU or the United States?* Center for Data Innovation. Available at: <https://datainnovation.org/2019/08/who-is-winning-the-ai-race-china-the-eu-or-the-united-states/>. Accessed: Aug. 12, 2020.

CHEUNG, T. M.; MAHNKEN, T.; SELIGSOHN, D.; POLLPETER, K.; ANDERSON, E.; YANG, F. (2016). *Planning for innovation. Understanding China's Plans for Technological, Energy, Industrial and Defense Development*". IGCC. University of California. Available at <https://www.uscc.gov/files/000723>. Accessed 19 February 2019.

CHINA INSTITUTE FOR SCIENCE AND TECHNOLOGY POLICY (2018). *AI Development Report*. Tsinghua University. Available at: <https://www.sppm.tsinghua.edu.cn/eWebEditor/UploadFile/China>. Accessed: Sept. 12, 2019.

CSET (2016). Translation of "Outline of the National Innovation-Driven Development Strategy", [中共中央 国务院印发《国家创新驱动发展战略纲要》], Xinhua News Agency, 19 May, 2016. Disponível em <https://cset.georgetown.edu/publication/outline-of-the-national-innovation-driven-development-strategy/>.

DAUM, J. (2019). *Untrustworthy: social credit isn't what you think it is*. Verfassungsblog. Available at: <https://verfassungsblog.de/untrustworthysocia>. Accessed: Nov. 21, 2020.

DEVELOPMENT SOLUTIONS EUROPE LTD (2018). *Improving EU access to national and regional financial incentives for innovation in China*. China's '1+N' funding strategy for artificial intelligence." Available at: <http://www.chinainnovationfunding.eu/>. Accessed: Mar. 31, 2020.

DIEGUES, A. C.; ROSELINO, J. E. (2020). *Política industrial, tecno-nacionalismo e indústria 4.0: a guerra tecnológica entre China e EUA*. Campinas: Unicamp. IE. (Texto para Discussão, n. 401).

- DING, J. (2018). *Deciphering China's AI dream*. Future of Humanity Institute, University of Oxford, Oxford. Available at: https://www.fhi.ox.ac.uk/wp-content/uploads/Deciphering_Chinas_AI_Dream.pdf. Accessed: Aug. 13, 2019.
- EUROPEAN CHAMBER (2017). *China Manufacturing 2025*. Putting Industrial Policy Ahead of Market Forces. Available at: <https://www.europeanchamber.com.cn/documents/download/start/en/pdf/473>. Accessed: Nov. 12, 2019.
- HIRATUKA, C. (2018). Changes in the Chinese development strategy after the global crisis and its impacts in Latin America. *Revista de Economia Contemporânea*, v. 22, n. 1, p. 1-25.
- HUANG, T. (2019). *Government-guided funds in China: financing vehicles for state industrial policy*. PIIE. Available at: <https://www.piie.com/blogs/china-economic-watch/government-guided-funds-china-financing-vehicles-state-industrial-policy>. Accessed: Sept. 20, 2020.
- JABBOUR, E.; DE PAULA, L. F. (2018). A China e a “Socialização do Investimento”: uma abordagem Keynes-Gerschenkron-Rangel-Hirschman. *Rev. Econ. Contemp.*, v. 22, n. 1, p. 1-23, jan./abr.
- KANIA, E (2020). *'AI Weapons' in China's Military Innovation*. Available at: <https://www.brookings.edu/research/ai-weapons-in-chinas-military-innovation/>. Accessed: Jan. 10, 2021.
- LINDEN, G.; DEDRICK, J.; Kraemer, K. L. (2011). Innovation and job creation in a global economy: the case of Apple's iPod. *Journal of International Commerce and Economics*, v. 3, n. 1, p. 223.
- LING, C.; NAUGHTON, B. (2016). An institutionalized policy-making mechanism: China's return to techno-industrial policy. *Research Policy*, 45, p. 2138-2152.
- LIU, X.; LUNDIN, N. (2007). China: toward a market-based open innovation system. Foresight and STI Governance (Foresight-Russia till, n. 3/2015). *National Research University Higher School of Economics*, v. 1, n. 4, p. 20-31.
- LIU, F. C.; SIMON D. F.; SUNA Y.; CAO, C. (2011). China's innovation policies: evolution, institutional structure, and trajectory. *Research Policy*, 40, p. 917-931.
- LIU, X.; CHENG, P. (2014). National strategy of indigenous innovation and its implication to China. *Asian Journal of Innovation and Policy*, v. 3, n. 1, p. 117-139.
- MCGREGOR, J. (2010). *China's drive for 'indigenous innovation' a web of industrial policies*. APCO Worldwide.
- MONT, C. G.; DEL POZO, C. M.; PINTO, C. M.; ALCOCER, A. D. M. (2020). *Artificial intelligence for social good in Latina America and the Caribbean: the regional landscape and 12 country snapshots*. IADB/C Minds.
- NAUGHTON, B. (2019). *Economic reform and structural change: the Chinese experience in the Oxford Handbook of Structural Transformation*. Edited by Célestin Monga and Justin Yifu Lin.
- NAUGHTON, B. (2020). Chinese industrial policy and the digital silk road the case of Alibaba. *Asia Policy*, Malaysia, v. 15, n. 1, p. 23-39. Jan.

- NOLAN, P. (2001). *China and the global economy: national champions, industrial policy, and the big business revolution*. New York: Palgrave.
- NOLAN, P. (2013). *Is China buying the world?* 1. ed. Malde: Polity.
- NOLAN, P. (2014). Globalization and industrial policy: the case of China. *The World Economy*, v. 37, n. 6, Jun.
- ROBERTS, H.; COWLS, J.; MORLEY, J.; TADDEO, M.; WANG, V.; FLORIDI, L. (2020). The Chinese approach to artificial intelligence: an analysis of policy, ethics, and regulation. *AI & Society*, v. 36, p.59-77.
- SONG, B (2018). The West may be wrong about China's social credit system. *The Washington Post*. Available at: [https://www.washingtonpost.com/news/theworldpost/wp/2018/11/29/social-credit/?utm_term=.200ce a3c05 ad](https://www.washingtonpost.com/news/theworldpost/wp/2018/11/29/social-credit/?utm_term=.200ce%20a3c05%20ad).
- WEBSTER, G.; CREEMERS, R.; TRIOLO, P.; KANIA, E. (2017). Full Translation: *China's 'New Generation Artificial Intelligence Development Plan'*. Available at: <https://www.newamerica.org/cybersecurity-initiative/digichina/blog/full-translation-chinas-new-generation-artificial-intelligence-development-plan-2017/>. Accessed: May 21, 2020.
- WIPO (2019). *WIPO Technology Trends 2019: Artificial Intelligence*. Geneva: World Intellectual Property Organization. Available at: https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_1055.pdf. Accessed: Jan. 20, 2020.
- WUBBEKE, J.; MEISSNER, M.; ZENGLEIN, M.; IVES, J.; CONRAD, B. (2016). *Made in China 2025: the making of a high-tech superpower and consequences for industrial countries*. Merics. Available at: <https://merics.org/sites/default/files/2020-04/Made%20in%20China%202025.pdf>. Accessed: Dec. 2, 2019.
- ZHANG, D.; MISHRA, S.; BRYNJOLFSSON, E.; ETCHEMENDY, J.; GANGULI, J.; GROSZ, B.; LYONS, T.; MANYIKA, J.; NIEBLES, J. C.; SELLITTO, M.; SHOHAM, Y.; CLARK, J.; PERRAULT, R. (2021). *The AI Index 2021 Annual Report*. AI Index Steering Committee, Human-Centered AI Institute, Stanford University. Available at: https://aiindex.stanford.edu/wp-content/uploads/2021/03/2021-AI-Index-Report_Master.pdf. Accessed 15 March 2021.
- ZHAO, L. (2016). China's innovation driven development under Xi Jinping. *East Asian Policy*, v. 8, p. 55-68.
- ZHOU, Y.; LIU, X. (2016). Evolution of Chinese state policies on innovation. In: ZHOU, Y.; LAZONICK, W.; SUN, Y. (Ed.). *China as an innovation nation*. Oxford: Oxford University Press.