

REVISTA ELECTRÓNICA TRIMESTRAL
VOL. 10. NÚM. 1 (2026)

ISSN: 2594-0937

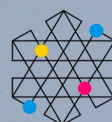
DEBATES SOBRE INNOVACIÓN

MEMORIAS ACADEMIA - DOCTORADO Y
SEMINARIO LALICS (RIO DE JANEIRO, 2025)
(VOLUMEN 1)



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
Unidad Xochimilco



DMEGI

DEBATES SOBRE INNOVACIÓN. Volumen 10, Número 1, enero-marzo 2026, es una publicación trimestral de la Universidad Autónoma Metropolitana a través de la Unidad Xochimilco, División de Ciencias Sociales y Humanidades, Departamento de Producción Económica. Prolongación Canal de Miramontes 3855, Col. Ex-Hacienda San Juande Dios, Alcaldía Tlalpan, C.P.14387, Ciudad de México y Calzada del Hueso 1100, Col.Villa Quietud, Alcaldía Coyoacán, C.P.04960, Ciudad de México. Teléfono 55 54837200, ext.7279. Página electrónica de la revista <https://revistadebates.xoc.uam.mx/index.php/debinnovacion/issue/view/17> y dirección electrónica: noticiaslalics@gmail.com Editor responsable: Dra. Gabriela Dutrénit Bielous. Certificado de Reserva de Derechos al Uso Exclusivo de Título **No. 04-2022-101113015800-102. ISSN 2594-0937**, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número: Dra. Maribel García Barrientos y Dr. Guillermo Andrés Alpízar, Departamento de Producción Económica, División de Ciencias Sociales y Humanidades, Unidad Xochimilco. Calzada del Hueso 1100, Col.Villa Quietud, Alcaldía Coyoacán, C.P. 04960, Ciudad de México. Fecha de última modificación: 17 de agosto de 2026. Tamaño del archivo: 3.5 MB Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la Universidad Autónoma Metropolitana.

9. Robótica e tecnologias emergentes: Implicações de Política nas trajetórias tecnológicas para os Estados Unidos e a China

Guilherme Jorge da Silva (IE/UFRJ)
Universidade Federal do Rio de Janeiro (PPGE-UFRJ), Brasil,
Email: guijorge2004@hotmail.com

1 Introdução

Considerando as constelações de inovações (FREEMAN; SOETE; CLARK, 1982), a robótica é um sistema tecnológico interativo, compreendido via paradigma tecnoeconômico de Perez (1983; 2004a; 2004b), Freeman e Perez (1988) e Freeman e Louçã (2001). Sua importância estratégica nos anos 1990 e no século XXI é reforçada pela presença constante na agenda internacional (OECD, 2016). O cenário global, marcado pela financeirização e fragmentação produtiva, destaca o choque geopolítico entre EUA e China. Quando integrada com outras tecnologias emergentes como inteligência artificial e internet das coisas, é base da "Indústria 4.0", com aplicações em saúde, educação e defesa (HOLM; LORENZ; STAMHUS, 2021).

Este trabalho analisa as implicações de política nas trajetórias da robótica nos EUA e China, sob o prisma neoschumpeteriano de sistemas de inovação. A questão central é como as políticas industriais e de CTI influenciam essas trajetórias no contexto das tecnologias digitais emergentes, desdobrando-se em: (i) configuração do SNI para robótica e tecnologias digitais; (ii) influência das políticas atuais; e (iii) impacto de políticas implícitas e explícitas.

Os objetivos específicos são mapear documentos de CTI, descrever as trajetórias tecnológicas e analisar a interação entre robótica e tecnologias digitais. O estudo utiliza revisão de literatura e bases de dados secundárias, incluindo: documentos oficiais (Manufacturing USA, Advanced Manufacturing Partnership para EUA; Made in China 2025 para China), dados financeiros (NSF para EUA; NBSC para China), e dados sobre robótica (IFR, PATENTSCOPE/WIPO, Scopus).

O trabalho está dividido em cinco seções, além desta introdução. A segunda apresenta o referencial teórico; a terceira discute a evolução da robótica e sua convergência com as tecnologias digitais emergentes; a quarta e a quinta analisam, respectivamente, os sistemas nacionais de inovação dos Estados Unidos e da China; por fim, as considerações finais.

2. O processo de inovação como fenômeno sistêmico e as políticas industriais e de CTI

Partindo da concepção de paradigmas tecnológicos proposta por Dosi (1982), observamos que a trajetória da robótica é marcada por um processo cumulativo de aprendizado no qual escolhas tecnológicas iniciais criam trajetórias que se reforçam ao longo do tempo, alimentado por diversos mecanismos de aprendizagem (Rosenberg, 1982; Malerba, 1992).

O marco analítico das revoluções tecnológicas, desenvolvido por Perez (2002), permite situar a robótica no contexto da quinta revolução tecnológica, marcada pelas tecnologias da informação e comunicação. Esta revolução apresenta características distintivas em relação às anteriores, incluindo uma velocidade de difusão sem precedentes e um impacto transversal em todos os setores da economia, coincidindo com o aprofundamento do processo de financeirização da economia global, descrito por Chesnais (1996), onde a lógica financeira passa a dominar a produtiva.

O *framework* dos Sistemas Nacionais de Inovação (SNI), desenvolvido por Freeman (1987) e Lundvall (1992), oferece uma abordagem adequada para analisar como políticas públicas influenciam a definição de trajetórias tecnológicas. A força explicativa do conceito de SNI reside precisamente em sua capacidade de articular elementos macro (políticas, instituições) com dinâmicas micro (decisões empresariais, padrões de aprendizado tecnológico), permitindo compreender como diferentes arranjos institucionais e políticas públicas produzem trajetórias tecnológicas distintas.

A análise das políticas industriais e de ciência, tecnologia e inovação (CTI) revela uma tensão entre as políticas explícitas, formalizadas em leis e planos estratégicos, e as políticas implícitas, e as políticas implícitas, que refletem o projeto nacional efetivamente perseguido pela estrutura de poder (HERRERA, 1973; ERBER, 2008). Esta contradição torna-se particularmente aguda em contextos de financeirização, ao impor uma lógica de curto prazo e maximização de retornos financeiros, frequentemente colidindo com a natureza sistêmica e de longo prazo da inovação, especialmente quando as políticas implementadas ainda carregam resquícios dos modelos lineares de inovação (*Technology Push* e *Demand Pull*). Nesses casos, privilegia-se o aumento de gastos em P&D e a promoção de patentes, sem a necessária articulação com as demandas produtivas e sociais (Chesnais, 1996), comprometendo a efetividade das políticas de inovação.

O resultado é uma efetividade limitada: políticas que, embora bem-intencionadas, são minadas pela falta de coordenação entre os instrumentos explícitos (subsídios, editais) e as dinâmicas implícitas da financeirização (pressão por resultados imediatos, austeridade fiscal e desindustrialização). Essa contradição é particularmente evidente em contextos em que a governança da inovação é capturada por interesses financeiros, levando a uma desconexão entre as trajetórias tecnológicas promovidas e as necessidades reais de desenvolvimento produtivo e soberania tecnológica.

Assim, este marco teórico prepara o terreno para a análise empírica dos casos norte-americano e chinês. A tensão central a ser explorada reside na contradição entre a natureza sistêmica e de longo prazo do desenvolvimento tecnológico e as pressões de curto prazo impostas pelos diferentes modelos de governança da inovação adotados por estas duas potências tecnológicas. A robótica serve como estudo de caso privilegiado para esta análise, tanto por sua posição estratégica na atual revolução tecnológica quanto por sua capacidade de revelar com clareza as assimetrias globais em capacitações tecnológicas e os diferentes caminhos de desenvolvimento tecnológico no capitalismo contemporâneo.

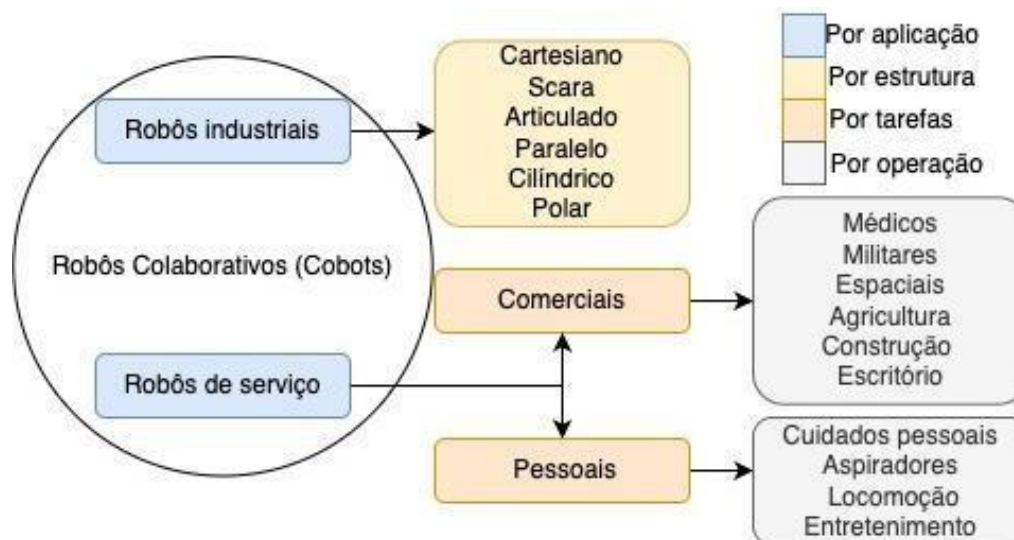
3. Robótica e tecnologias digitais emergentes: evolução e características gerais

A International Federation of Robotics (IFR) define robô como: "Um mecanismo programado e atuado com um grau de autonomia, projetado para realizar locomoção, manipulação ou posicionamento" (ISO 8373:2021). Essa definição enfatiza características como reprogramabilidade e capacidade de interação com o ambiente, diferenciando robôs de sistemas de automação rígidos, como o Numeric Control (BOLMSJO, 1992).

A robótica industrial moderna evoluiu em quatro gerações (ZAMALLOA et al., 2017). A primeira (1950-1967) era de robôs hidráulicos, repetitivos e sem sensores (Unimate, 1954). A segunda (1968-1977) introduziu sensores e motores elétricos (Shakey, 1972; PUMA, 1978), com visão artificial. A terceira (1978-1999) viu robôs modulares e programação offline (AdeptOne, 1984). A quarta (2000-presente) trouxe cobots (Baxter, 2012; Yumi, 2015), integrando IA e aprendizado por demonstração.

Por aplicação, a robótica se divide em robôs industriais (base da automação fabril, ex: braços SCARA) e robôs de serviço (além da indústria, ex: cirúrgicos, Roomba). Os cobots (robôs colaborativos, seguros para interação humana, ISO 10218-1, IFR, 2024a) podem ser ambos.

Figura 1. A robótica por aplicação

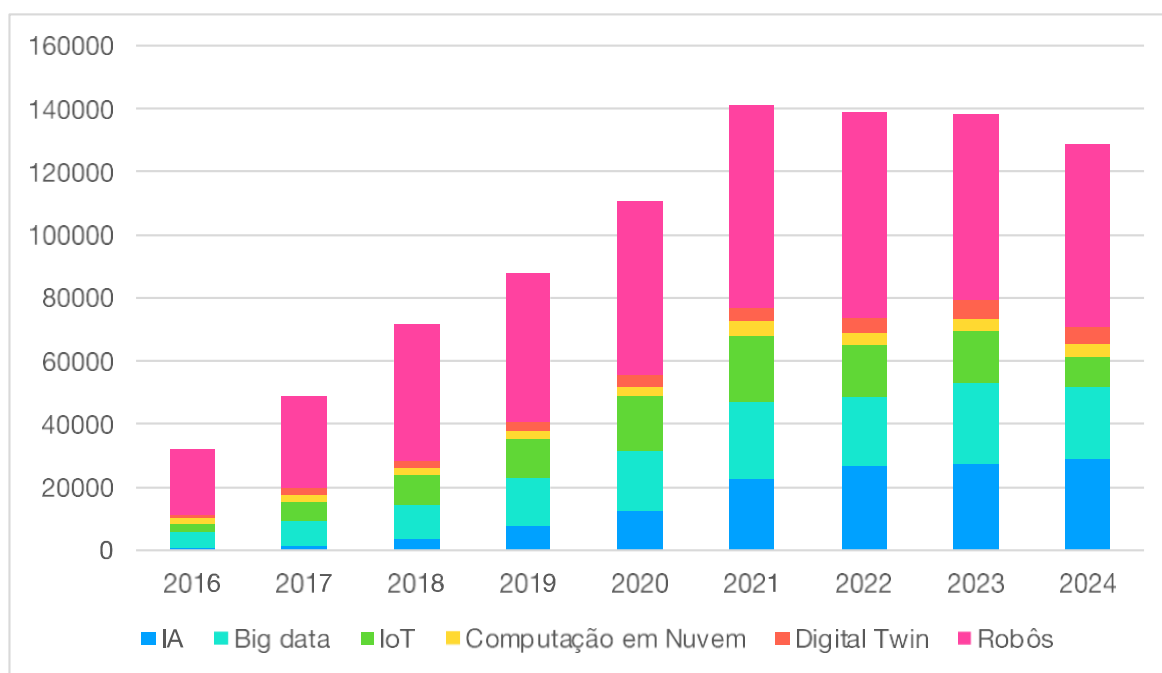


Fonte: Elaboração própria.

A nova geração de robôs (cobots) opera em estreita sinergia com um ecossistema de tecnologias digitais emergentes. A Internet das Coisas (IoT) equipa os robôs com sensores interconectados que permitem monitoramento contínuo e ajustes em tempo real (GILCHRIST, 2016), enquanto o Big Data possibilita a análise preditiva de falhas e a otimização de processos. A Inteligência Artificial, particularmente através de algoritmos de machine learning, confere aos sistemas robóticos capacidade crescente de tomada de decisão autônoma, adaptando-se dinamicamente a variações no ambiente de trabalho (SOORI et al., 2024).

Essa convergência redefine a manufatura. As chamadas fábricas inteligentes implementam Sistemas Ciberfísicos (CPS) que integram completamente os processos físicos com suas contrapartes digitais (LEE; BAGHERI; KAO, 2015), permitindo não apenas maior eficiência, mas também a customização em massa através da rápida reconfiguração de cobots para novas tarefas específicas (GOEL; GUPTA, 2020). Este cenário representa uma transformação fundamental nos modelos produtivos tradicionais.

Gráfico 1. Patentes¹ por data de publicação das principais tecnologias digitais emergentes (2016-2024)



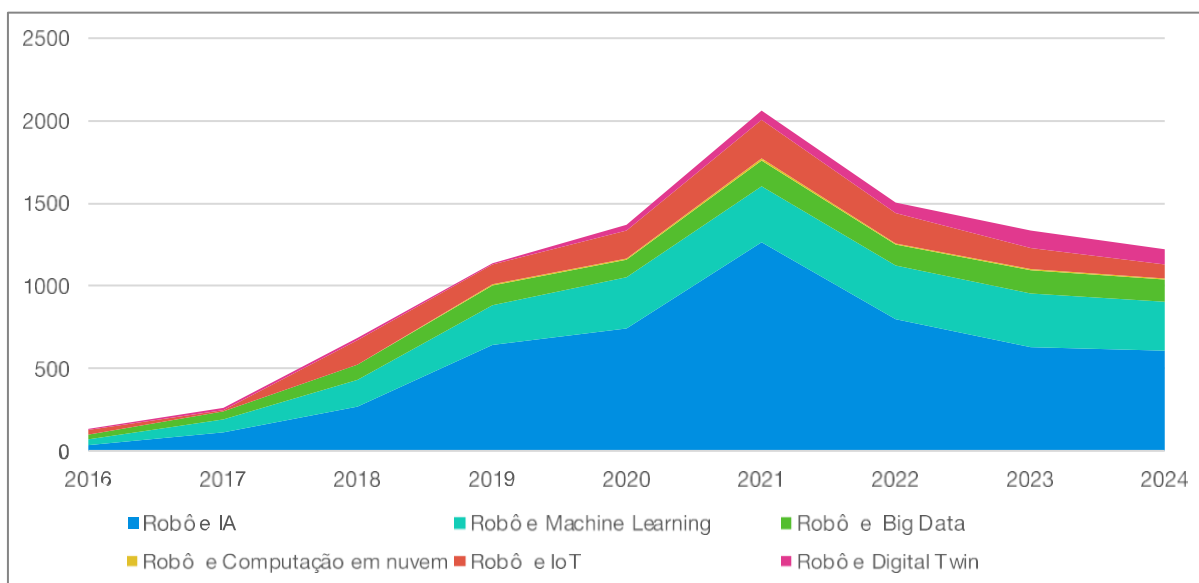
Fonte: Elaboração própria a partir da WIPO (2025).

¹ Os dados apresentados foram recolhidos no Patentscope, base de dados da WIPO. Utilizou-se uma filtragem das principais palavras-chave presentes nos registros patentários, por data de publicação, nas seguintes combinações: *Robot and Artificial Intelligence*; *Robot and Big Data*; *Robot and Internet of Things*; *Robot and Machine Learning*; *Robot and Clouding Computer*; *Robot and Digital Twin*. Para uma maior abrangência em termos linguísticos dos documentos registrados, foi usada a ferramenta *cross lingual expansion* com alta precisão, expandindo os termos do inglês para outros idiomas.

O Gráfico 1 evidencia o predomínio patentário da robótica entre 2016 e 2024 em relação às demais tecnologias digitais analisadas, acompanhando a expansão recente da automação industrial. Neste caso, a robótica é considerada em sentido amplo, abrangendo robôs industriais, robôs de serviço e outros termos associados a esse artefato tecnológico. Assim, a geração de patentes acompanha o recente aquecimento do mercado mundial de robôs industriais e reforça a posição dominante da robótica em relação a tecnologias mais recentes.

Quando combinadas (Gráfico 2), temos o destaque conjunto da robótica com a inteligência artificial, seguido de robótica e machine learning. Atesta-se, dessa forma, a relação notória da robótica com a inteligência artificial, reforçando habilidades relacionadas com o aprendizado no ambiente de execução de tarefas, seja com homens ou máquinas, e na capacidade de se gerar raciocínio semelhante ao do ser humano.

Gráfico 2. Combinações patentárias por data de publicação (2016-2024)



Fonte: Elaboração própria a partir da WIPO (2025).

Esses dados nos fornecem as tecnologias digitais avançadas que estão sendo desenvolvidas com a robótica, permitindo compreender a trajetória tecnológica para artefactos com capacidade cognitiva cada vez mais elevada devido a natureza da IA e do *Machine Learning*. O trabalho de Keisner, Raffo e Wunsch-Vincent (2016) destaca empresas como Toyota e Bosch como os principais depositantes de patentes robóticas entre 1995 até 2016 e, para o mesmo período, universidades de origem chinesa, japonesa, coreana e alemã como as 10 maiores detentoras de patentes robóticas no mundo. Complementarmente, Staccioli e Virgillito (2021) corroboram que a quinta revolução tecnológica dos semicondutores abriu caminhos e oportunidades consistentes em novos campos, como técnica de comunicação elétrica e computação, cálculo e contagem.

Em outras palavras, há uma heterogeneidade abrangente que reafirma a instabilidade e inconstância da mudança e da dinâmica técnica na robótica, mas relaciona diretamente a tecnologia com novos campos e novas oportunidades inovativas, e que esse trabalho salienta ao apontar o conjunto de patentes que envolvem a robótica e as novas tecnologias digitais avançadas.

No aspecto econômico, o mercado global de robótica apresenta dinâmicas particulares. A China consolidou-se como líder incontestado, com 541 mil unidades instaladas apenas em 2023, superando significativamente Estados Unidos e Japão (IFR, 2024b). Setores como o automotivo (35% das instalações) e eletrônico (25%) continuam sendo os principais impulsionadores desta demanda (IFR, 2024b), refletindo a necessidade contínua de precisão e escala nestas indústrias.

A produção de robótica caracteriza-se por uma estrutura oligopolizada, com empresas como a sueca ABB, a japonesa Fanuc e a germano-chinesa KUKA dominando cerca de metade do mercado global (Statista, 2022). Esta concentração é acompanhada por um vigoroso cenário de inovação, onde 60% das patentes recentes combinam robótica com Inteligência Artificial (WIPO, 2025), indicando a direção estratégica do desenvolvimento tecnológico neste campo.

Figura 2. Densidade robótica (unidade por 10.000 empregados) na manufatura em 2023



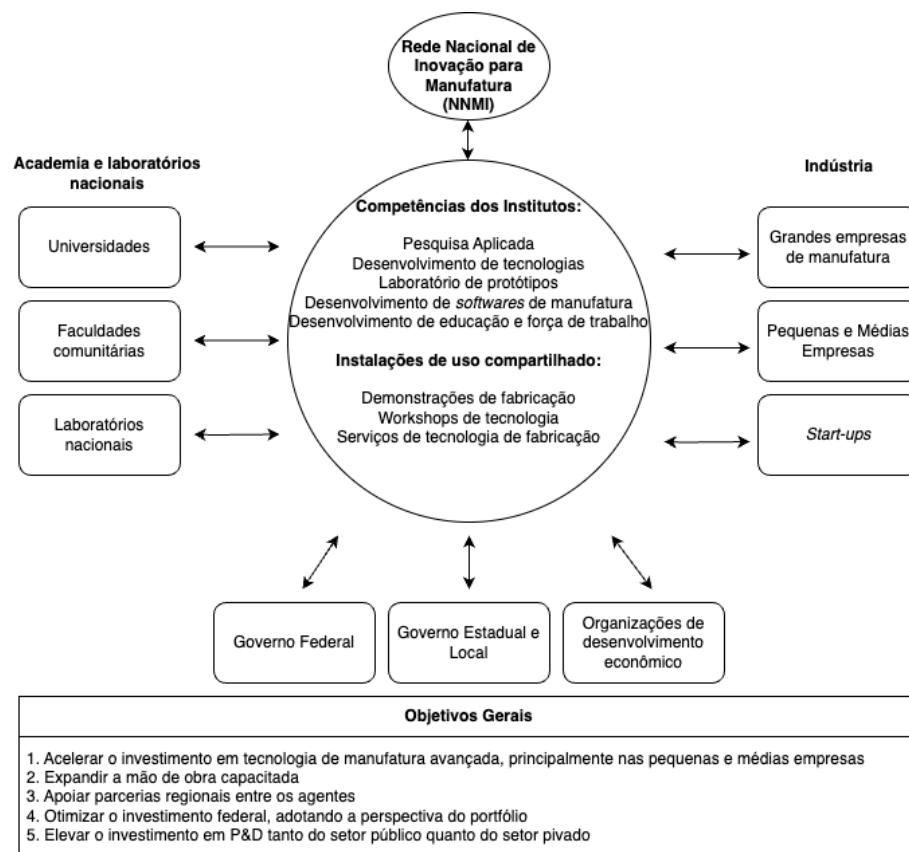
Fonte: Elaboração própria a partir da IFR (2024b).

Segundo a IFR (2024b) a densidade média global de robôs por 10.000 empregados entre 2016 e 2023 mais que dobrou, destacando-se países como Alemanha (429 unidades), Coreia do Sul (1012 unidades), Singapura (770 unidades), Japão (419 unidades) e o enorme salto chinês, que mais que dobrou a sua densidade robótica em apenas quatro anos.

4. Análise do sistema nacional de inovação dos EUA em robótica e tecnologias digitais emergentes: Desafios e Contradições

A análise das iniciativas governamentais revela uma desconexão entre o ambicioso discurso de retomada da liderança tecnológica e a realidade fragmentada de implementação. A *Advanced Manufacturing Partnership* (AMP) representou um esforço significativo para revitalizar a base manufatureira americana através da criação de uma rede nacional de institutos de inovação. No entanto, como demonstram os relatórios anuais da *Manufacturing USA* (2023), apenas 23 dos 45 institutos previstos foram efetivamente implantados, com um financiamento total de US\$ 1,77 bilhões entre 2019-2022, valor considerado modesto para o escopo pretendido.

Figura 3. O desenho da NNMI



Fonte: Adaptado de NNMI Annual Report (2016).

O desenho institucional do sistema de inovação dos Estados Unidos revela fragilidades estruturais. A *National Science Foundation* (NSF) concentra 90% de seus recursos em subvenções padrão de curta duração, entre três e quatro anos, limitando projetos de longo prazo (NSF, 2025). Ao mesmo tempo, o *Department of Defense* (DoD), apesar de investir US\$ 10,2 bilhões em sistemas autônomos em 2023, enfrenta cancelamentos recorrentes por

instabilidade orçamentária e conflitos entre demandas militares e interesses corporativos (IFR, 2025).

Quadro 1. Instrumentos de financiamento de projetos de pesquisa (ativos e inativos), entre 2009 e 2025, por tecnologias, da NSF

Tecnologias	Total	Subvenção Padrão	Subvenção Contínua	Acordos Interagências
Robótica e IA	72	90,27%	9,72%	0
Robótica e IoT	649	93,68%	6,16%	0,15%
Robótica e Computação em nuvem	45	93,33%	6,66%	0
Robótica e Big Data	209	93,30%	6,69%	0
Robótica e Gêmeos digitais	16	93,75%	6,25%	0
Robótica e aprendizagem de máquina	266	95,11%	4,88%	0

Fonte: Elaboração própria a partir de NSF (2025).

As políticas públicas demonstram uma crônica incapacidade de manter continuidade entre administrações. A *CHIPS and Science Act* (2022), que deveria corrigir as lacunas da AMP, já apresenta cortes de 40% no orçamento do NSF para 2024 (Natelson *et al.*, 2024), comprometendo justamente as áreas de inteligência artificial e robótica. Essa instabilidade política contrasta com a necessidade de planejamento de longo prazo previstas pela *National Robotic Initiative* (NRI), com constantes revisões a cada mudança de governo (NSF, 2018).

No campo socioeconômico, os dados revelam contradições profundas. Apesar do discurso de criação de empregos de alta qualidade, a automação tem gerado redução líquida de postos de trabalho (-15% em regiões com maior robotização) e pressão sobre salários, conforme demonstram Acemoglu e Restrepo (2017). A concentração do mercado de robótica em oligopólios globais (ABB, Fanuc, KUKA) limita a capacidade de inovação autóctone, enquanto as compras governamentais continuam privilegiando grandes corporações com produção *offshore*, em detrimento do *reshoring* prometido (Statista, 2022).

Os EUA permanecem presos a um paradoxo: enquanto a retórica política enfatiza a liderança tecnológica, as estruturas de governança e financiamento permanecem desalinhadas. A superação deste impasse exigiria não apenas maior coordenação interagências e compromisso orçamentário de longo prazo, mas principalmente uma reorientação do sistema de inovação para priorizar impactos sociais concretos - geração de empregos qualificados, distribuição de renda e soberania tecnológica. Sem esta mudança estrutural, dificilmente as iniciativas em robótica e tecnologias digitais lograrão reverter o declínio relativo da capacidade inovativa americana no cenário global.

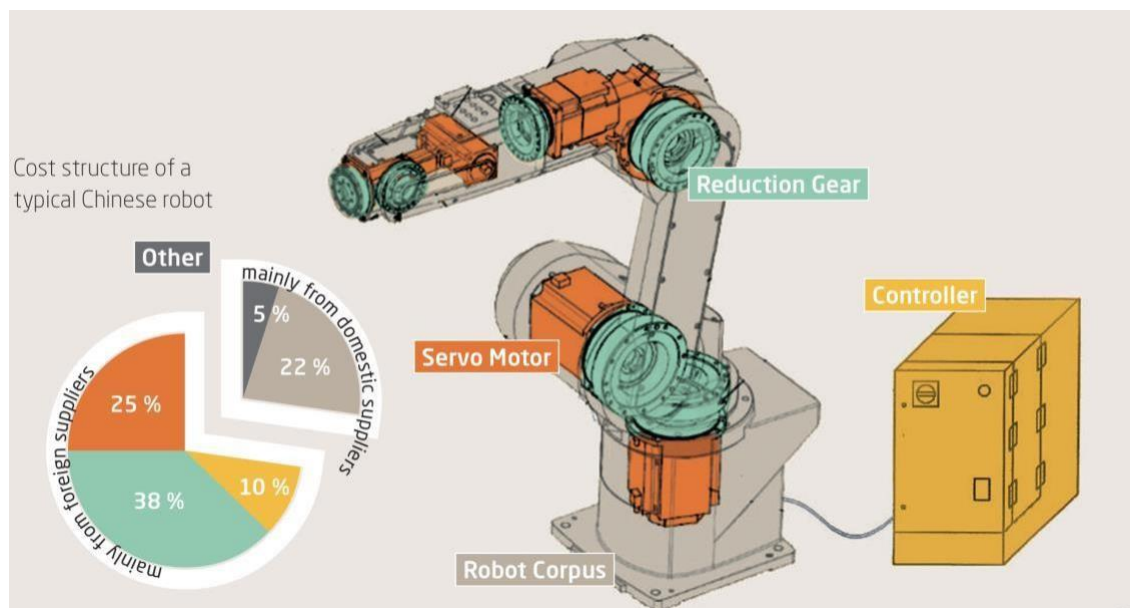
5. Análise do sistema nacional de inovação da China em robótica e tecnologias digitais emergentes: desafios e contradições

A introdução da robótica na produção chinesa ocorreu tardiamente, apenas entre os anos 1980 e 1990. Dados da IFR (2017) revelam que o mercado doméstico chinês de robôs era "próximo de zero" entre 1995 e 2000, com um crescimento acelerado notado apenas após 2013. Essa

contradição inicial refletia um SNI ainda imaturo, com dificuldades em conciliar o foco teórico e prático, e uma excessiva dependência de tecnologia estrangeira, notadamente de países como Japão e Alemanha, que já dominavam o setor automobilístico – um mercado crucial para a robótica. A mão de obra abundante e barata também desincentiva a automação, mesmo para tarefas simples como pintura ou soldagem. O Plano 863 foi descontinuado em 2016, cedendo lugar ao ambicioso Made in China 2025 (MIC 2025).

O Made in China 2025 (MIC 2025), lançado em 2015 (CSET, 2021), representa um marco na estratégia chinesa, focando na manufatura avançada com metas divididas em três etapas: a consolidação como potência manufatureira até 2025, o alcance de um nível intermediário entre as potências globais até 2035, e a liderança inovativa e tecnológica no centenário da nova China em 2049. Este plano reconhece o "atraso do país em tecnologias de fronteira como semicondutores e robótica" e assume o desafio de amadurecer a manufatura para competir globalmente. A automação no MIC 2025 prioriza precisão e confiabilidade, com o desenvolvimento de servomotores e sistemas de controle, visando reduzir a dependência externa nos setores automobilístico, eletrônico e de saúde.

Figura 4. Custo da estrutura de um robô industrial chinês

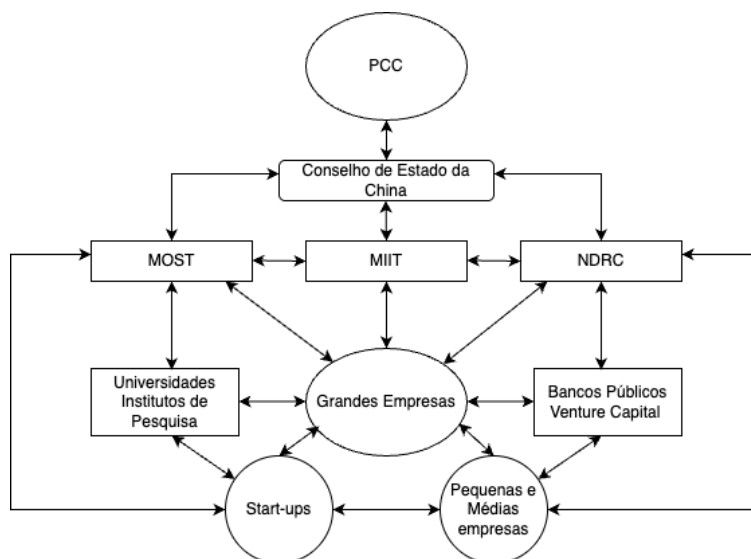


Fonte: Wubbeke *et al.*, 2016.

O desenho institucional do MIC 2025 (Figura 4, CSET, 2021) evidencia um alinhamento "completo" entre as diretrizes do Comitê Central do PCC e o Conselho de Estado, subordinando os interesses privados aos nacionais. Em 2021, a China reorientou recursos para áreas de grande dependência externa, como IA e semicondutores, em resposta a sanções externas. Além disso, em meados de 2023, a *China Securities Regulatory Commission* (CSRC, 2023) implementou novas regras para listagem de empresas no exterior, visando salvaguardar a segurança nacional. Bancos públicos como *Bank of China* (BoC), *Industrial and Commercial Bank of China* (ICBC), *China Development Bank* (CDB) e *Export-Import Bank*

of China (EximBank), que desempenham papel central na canalização de recursos para o MIC 2025.

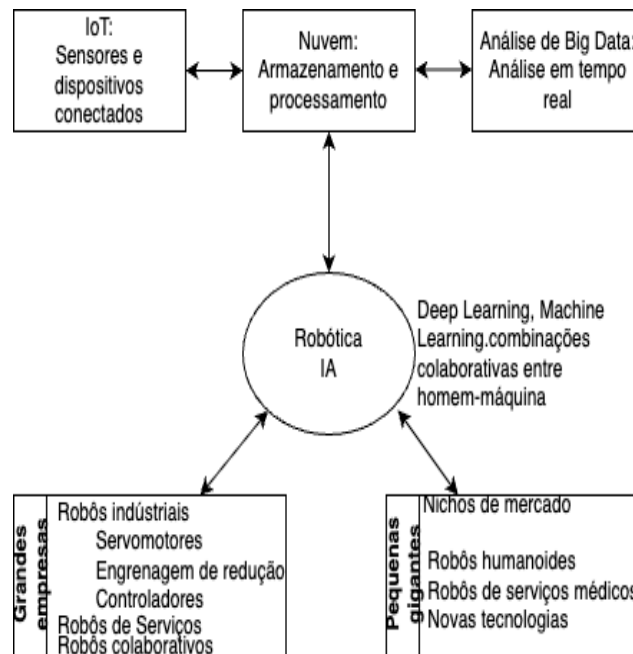
Figura 5. Esboço institucional do SNI chinês no MIC 2025



Fonte: Elaboração própria a partir do MIC 2025 (CSET, 2021).

O suporte às Pequenas e Médias Empresas (PMEs) também é uma vertente importante, com o objetivo de criar "Pequenos Gigantes" (小巨人) especializados em nichos tecnológicos e fortalecer *clusters*. A figura 5 ilustra o uso, aplicação e expansão da robótica e de tecnologias digitais emergentes por grandes empresas chinesas e pequenos gigantes: IoT pela Haier, IA pela Sensetime (fundada em 2014), Análise de *Big Data* pela Alibaba Cloud (lançou plataforma em 2018), Computação em Nuvem pela Tencent, Gêmeos Digitais pela AVIC e CRCC, e robótica pela Siasun, que em 2017 tornou-se o primeiro membro chinês da Associação Americana de Robótica.

Figura 6. As tecnologias digitais emergentes e suas relações com a robótica e IA na pequena e grande empresa chinesa



Fonte: Elaboração própria

Apesar dos notáveis avanços quantitativos, como o gasto com P&D no PIB que atingiu 2,68% em 2023 (NBSC, 2024), aproximando-se da média da OCDE de 2,7%, e a liderança da Huawei em patentes de 5G em 2022, o MIC 2025 apresenta fragilidades qualitativas. A dependência externa de semicondutores permanece uma preocupação estratégica, com a China ainda majoritariamente como montadora na Cadeia Global de Valor. Há também desafios na "dificuldade de integração de etapas produtivas distintas e a ênfase em tecnologias físicas (*hardware*)", o que pode gerar incompatibilidades com softwares e sistemas operacionais, impactando a padronização e interoperabilidade – o *HarmonyOS* da Huawei, lançado em 2019 e inicialmente baseado em *Android*, exemplifica essa questão. Persistem atrasos na criação de plataformas digitais e sistemas operacionais móveis globalmente competitivos.

Outra limitação é a elevada heterogeneidade da estrutura produtiva chinesa. O SNI concentra-se em grandes empresas e setores tecnológicos, negligenciando segmentos relevantes para emprego e desenvolvimento regional. A "integração setorial" é um desafio, visto que as tecnologias de manufatura avançada tendem a ser mais facilmente implementadas em setores com maior dinâmica econômica. A política, em sua forma atual, é vista como "linear", valorizando excessivamente os resultados em detrimento do processo interno das empresas e das particularidades de diferentes segmentos industriais. Em suma, o MIC 2025, apesar dos avanços, enfrenta desafios estruturais que exigem uma abordagem mais multifatorial.

6. Considerações finais

Este trabalho analisou as trajetórias da robótica nos Estados Unidos e na China a partir dos Sistemas Nacionais de Inovação, compreendendo a robótica como uma tecnologia sistêmica cuja evolução depende da interação entre políticas industriais, instituições e capacidades produtivas. A comparação evidenciou que, embora ambas as economias reconheçam o caráter estratégico da robótica e das tecnologias digitais emergentes, seus resultados refletem distintos modelos de coordenação institucional. Nos Estados Unidos, a fragmentação das políticas, a descontinuidade dos instrumentos de CTI e as pressões da financeirização limitam a consolidação de uma estratégia nacional de longo prazo. Na China, apesar das limitações relacionadas à dependência tecnológica e aos desafios de integração, observa-se maior coerência entre objetivos estratégicos, instrumentos de política e fortalecimento das capacidades nacionais.

Os resultados reforçam que o desempenho tecnológico não decorre exclusivamente dos investimentos em pesquisa e desenvolvimento, mas da capacidade dos Sistemas Nacionais de Inovação de articular políticas explícitas e implícitas em torno de um projeto nacional de desenvolvimento. Nesse sentido, a robótica constitui um caso exemplar para compreender como diferentes formas de coordenação institucional condicionam trajetórias tecnológicas, competitividade industrial e soberania tecnológica. O estudo contribui para o debate sobre políticas de CTI ao evidenciar a necessidade de estratégias de longo prazo voltadas ao fortalecimento das capacidades nacionais.

Referências

- Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2017). *Robots and jobs: Evidence from US labor markets*. National Bureau of Economic Research.
- Bolmsjo, G. (1992). The new breed of robots. *Industrial Robot: An International Journal*, 19(2), 23-28.
- Chesnais, F. (1996). *La mondialisation du capital*. Syros.
- Center for Security and Emerging Technology. (2021). Notice of the State Council on the publication of Made in China 2025 (2015). Georgetown University.
- China Securities Regulatory Commission. (2023). *Trial administrative measures of overseas securities offering and listing by domestic companies*.
- Dosi, G. (1982). Technological paradigms and technological trajectories: A suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. *Research Policy*, 11(3), 147-162.
- Erber, F. S. (2008). Políticas de ciência, tecnologia e inovação no Brasil: Uma revisão da literatura. *Revista Brasileira de Inovação*, 7(1), 1-32.
- Freeman, C. (1987). *Technology policy and economic performance: Lessons from Japan*. Pinter Publishers.
- Freeman, C., & Louçã, F. (2001). *As long waves in economic life*. Edward Elgar Publishing.
- Freeman, C., & Perez, C. (1988). Structural crises of adjustment, business cycles and investment behaviour. In G. Dosi, C. Freeman, R. Nelson, G. Silverberg, & L. Soete (Eds.), *Technical change and economic theory* (pp. 38-66). Pinter Publishers.
- Freeman, C., Soete, L., & Clark, J. (1982). *Unemployment and technical innovation: A study of long waves and economic development*. Pinter.
- Gilchrist, A. (2016). *Industry 4.0: The industrial internet of things*. Apress.
- Goel, A., & Gupta, A. (2020). *Industry 4.0: Challenges and opportunities for manufacturing industry*. Springer.
- Herrera, A. O. (1973). *Science and technology in Latin America*. Science Policy Research Unit, University of Sussex.

- Holm, M., Lorenz, M., & Stamhus, S. (2021). *Industry 4.0: An introduction*. Springer.
- International Federation of Robotics. (2017). *Robots: China breaks historic records in automation*. IFR Press Release.
- International Federation of Robotics (IFR). (2024a). *ISO 10218-1:2011 Robots and robotic devices — Safety requirements for industrial robots — Part 1: Robots*. <https://www.iso.org/standard/73933.html>
- International Federation of Robotics (IFR). (2024b). *World Robotics 2024 - Industrial Robots*.
- International Federation of Robotics. (2025). *Information paper: World robotics R&D programs*.
- ISO 8373:2021. (2021). *Robots and robotic devices — Vocabulary*. International Organization for Standardization.
- Keisner, H., Raffo, J., & Wunsch-Vincent, S. (2016). *Robotics: A WIPO technology trends report*. World Intellectual Property Organization.
- Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H. A. (2015). A cyber-physical systems architecture for industrial big data analytics enabled manufacturing. *Manufacturing Letters*, 3, 18-23.
- Lundvall, B. Å. (1992). *National systems of innovation: Towards a theory of innovation and interactive learning*. Pinter Publishers.
- Manufacturing USA. (2023). *Annual Report*.
- Malerba, F. (1992). Learning by doing, learning by using, and technological innovation. *Technological Forecasting and Social Change*, 41(3), 299-311.
- Natelson, D., Matthews, K. R. W., Evans, K. M., & Lane, N. F. (2024). *Put the science (and education) back in CHIPS and Science*. Rice University's Baker Institute for Public Policy.
- National Science Foundation. (2018). *National Robotics Initiative (NRI): Program solicitation NSF 16-517*. <https://www.nsf.gov/funding/opportunities/nri-30-national-robotics-initiative-30-innovationsintegration/503641/nsf19-536/solicitation>
- National Science Foundation. (2025). *NSF Award Search*. <https://www.nsf.gov/awardsearch/advancedSearch.jsp>
- National Bureau of Statistics of China (NBSC). (2024).
- NNMI Annual Report. (2016). *National Network for Manufacturing Innovation (NNMI) Annual Report*.
- OECD. (2016). *OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2015: Innovation for growth and social challenges*. OECD Publishing.
- Perez, C. (1983). Structural change and assimilation of new technologies in the economic and social systems. *Futures*, 15(5), 357-375.
- Perez, C. (2002). *Technological revolutions and financial capital: The dynamics of bubbles and golden ages*. Edward Elgar Publishing.
- Perez, C. (2004a). Technological revolutions, paradigm shifts and socio-institutional change. In A. Bhaduri & R. L. G. de M. Lall (Eds.), *Developments in economic theory* (pp. 1-28). Routledge.
- Perez, C. (2004b). *Revoluciones tecnológicas y capital financiero: La dinámica de las grandes burbujas financieras y las épocas de bonanza*. Siglo XXI Editores.
- Rosenberg, N. (1982). *Inside the black box: Technology and economics*. Cambridge University Press.
- Soori, M., Arezoo, B., & Dastres, R. (2024). *Artificial intelligence in robotics and automation: A review*. CRC Press.
- Staccioli, J., & Virgillito, E. (2021). The trajectories of industrial robots: A patent analysis (1970–2019). *Industrial and Corporate Change*, 30(4), 1109-1144.
- Statista. (2022). *Robot manufacturers market share worldwide 2021*. <https://www.statista.com/topics/898/global-market-share/>
- World Intellectual Property Organization (WIPO). (2025). *PATENTSCOPE*.
- Zamalloa, L., Garcia-Marquez, C., Zamalloa, A., & Aranguren, L. (2017). *History of robotics: From ancient times to industrial revolution*. InTechOpen.