



**Textos para Discussão**

**FRONTEIRAS TECNOLÓGICAS  
E ESTRATÉGIAS NACIONAIS  
DE DESENVOLVIMENTO**

Análise de Experiências Internacionais



Ministério da Saúde

**FIOCRUZ**

Fundação Oswaldo Cruz

## GOVERNO FEDERAL

Presidente da Fundação Oswaldo Cruz  
*Nísia Trindade Lima*

## SAÚDE AMANHÃ

Coordenação geral  
*Paulo Gadelha*

Coordenação Executiva  
*José Carvalho de Noronha*

Coordenação Editorial  
*Telma Ruth Pereira*

Apoio técnico  
*Renata Macedo Pereira*

Normalização bibliográfica  
*Monique Santos*

Projeto gráfico, capa e diagramação  
*Robson Lima — Obra Completa Comunicação*

## TEXTOS PARA DISCUSSÃO

Publicação cujo objetivo é divulgar resultados de estudos desenvolvidos no âmbito do Projeto Saúde Amanhã, disseminando informações sobre a prospecção estratégica em saúde, em um horizonte móvel de 20 anos.

Busca, ainda, estabelecer um espaço para discussões e debates entre os profissionais especializados e instituições do setor.

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e de inteira responsabilidade das autoras, não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista da Fiocruz/MS.

O projeto Saúde Amanhã é conduzido pela Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) com apoio financeiro do Fundo Nacional de Saúde do Ministério da Saúde.

É permitida a reprodução deste texto e dos dados nele contidos, desde que citada a fonte. Reproduções para fins comerciais são proibidas.

URL: <http://saudeamanha.fiocruz.br/>

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S996f Szapiro, Marina

Fronteiras tecnológicas e estratégias nacionais de desenvolvimento: análise de experiências internacionais / Marina Szapiro. – Rio de Janeiro: Fundação Oswaldo Cruz, 2017.

20 p. – (Textos para Discussão; n. 25)

Bibliografia: p. 20.

1. Fronteiras Tecnológicas. 2. Sistemas Nacionais de Inovação. 3. Políticas Nacionais. 4. Experiências Internacionais. I. Szapiro, Marina. II. Fundação Oswaldo Cruz. III. Título. IV. Série.

CDU: 6:330,341.1

Textos para Discussão  
Nº 25

# FRONTEIRAS TECNOLÓGICAS E ESTRATÉGIAS NACIONAIS DE DESENVOLVIMENTO

Análise de Experiências Internacionais

Marina Szapiro

Rio de Janeiro, Março 2017

## AUTOR

### **Marina Szapiro**

Graduação em Ciências Econômicas pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (1996) e doutorado em Economia da Indústria e da Tecnologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2005). Atualmente é professora adjunta e diretora adjunta de pesquisa do Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

## SUMÁRIO

Introdução	7
O papel do Estado no Eestabelecimento das Fronteiras Tecnológicas	8
Metodologia para a Definição das Fronteiras Tecnológicas	9
Fronteiras Tecnológicas dos Estados Unidos	10
As fronteiras tecnológicas da China	14
Considerações Finais	18
Referências Bibliográficas	20



# FRONTEIRAS TECNOLÓGICAS E ESTRATÉGIAS NACIONAIS DE DESENVOLVIMENTO

## Análise de Experiências Internacionais<sup>1</sup>

### 1. INTRODUÇÃO

A questão central desta nota técnica está associada à forma pela qual os países definem as fronteiras tecnológicas que os seus sistemas nacionais de inovação devem buscar desenvolver. O ponto de partida é a percepção de que o direcionamento dos avanços da tecnologia resulta de decisões realizadas no âmbito das políticas nacionais que, no caso dos países analisados nesta nota técnica, estão atreladas ao projeto nacional de desenvolvimento. Este ponto de partida se opõe à visão predominante na sociedade atual de que as fronteiras sobre as quais avança o progresso tecnológico são neutras, isto é, ocorrem de forma autônoma em relação à sua inserção no espaço econômico e social e ao contexto geopolítico.

Nesse contexto, deve-se partir de uma definição da tecnologia como uma construção social. Não se deve negar que a existência de critérios próprios à comunidade científica e as questões inerentes às trajetórias de desenvolvimento das ciências e outras idiossincrasias específicas das tecnologias impõem condições, limites e possibilidades para os rumos da tecnologia. Mas trata-se, sim, de compreender que as condições nas quais elas operam e suas importâncias relativas só existem inseridas num contexto social mais amplo. Sob estas bases, a questão central relacionada ao desenvolvimento tecnológico e inovativo deixa de estar relacionada à evolução “natural” da tecnologia, e passa a estar condicionada à forma pela qual a tecnologia e a inovação estão inseridas no projeto nacional de desenvolvimento de cada país, que condiciona a definição das agendas nacionais de pesquisa e desenvolvimento científico e tecnológico.

As questões associadas ao direcionamento e evolução da tecnologia só podem ser adequadamente compreendidas se inseridas no quadro das relações de poder, interesse e econômicas próprias aos diferentes espaços e períodos históricos. O estabelecimento de uma agenda de pesquisa e desenvolvimento científico e tecnológico obedece às lógicas próprias e socialmente condicionadas de suas instituições e organizações formuladoras, sendo que a reprodução de seus resultados e de sua produção dificilmente pode ser realizada em outro espaço sistêmico.

---

<sup>1</sup> Esta Nota Técnica apresenta uma compilação de informações extraídas do relatório final do projeto de pesquisa “Fronteiras tecnológicas subordinadas a estratégias nacionais de desenvolvimento: as experiências dos Estados Unidos da América, da China, do Japão e da Alemanha” realizado no âmbito do Centro de Altos Estudos Brasil Século XXI com o apoio do CGEE no período de 2012/2013. O projeto foi coordenado por Marina Szapiro e contou com a participação dos seguintes pesquisadores: José Eduardo Cassiolato; João Marcos Hausmann Tavares; Patrick Fontaine Reis de Araujo; Eduardo Maxnuck; Gabriela Podcameni; Marcelo Matos. Os principais resultados do projeto foram publicados em Cassiolato, J. E., Szapiro, M., Maxnuck, E., Podcameni, M. G. B., Hausmann, J. M., Matos, M. G. P., Fontaine, P. Fronteiras tecnológicas subordinadas a estratégias nacionais de desenvolvimento as experiências dos Estados Unidos, da China, do Japão e da Alemanha In Dimensões estratégicas do desenvolvimento brasileiro. As fronteiras do conhecimento e da inovação: oportunidades, restrições e alternativas estratégicas para o Brasil. Brasília, DF: Centro de Estudos e Estratégico, 2013.

Para embasar teoricamente esta discussão, a abordagem de sistema nacional de inovação utilizada oferece uma contribuição fundamental. Parte-se do pressuposto de que cada sistema é único, e se constitui a partir de raízes históricas, culturais e de políticas que resultam em estruturas industriais e institucionais específicas. Como decorrência desta abordagem, não existe uma concepção ótima de políticas de inovação e as políticas de inovação bem-sucedidas em determinado país não devem, em princípio, serem replicadas em outros países, em virtude das diferenças predominantes em termos de estrutura produtiva, arcabouço institucional e experiência histórica e cultural, entre outras.

A adoção de uma percepção de não neutralidade da tecnologia é condição necessária para que os rumos tecnológicos efetivamente se conectem com a sociedade que se deseja construir, ou seja, ao projeto de desenvolvimento nacional. No entanto, deve-se ressaltar que a percepção da não neutralidade da tecnologia não elimina jamais o imperativo de tratá-la de forma estratégica, planejada e racional.

Esta nota técnica parte da análise sobre como dois países selecionados (Estados Unidos e China) definem suas fronteiras tecnológicas. Nesse sentido, é interessante perceber que as agendas de pesquisa e desenvolvimento dos países analisados refletem problemáticas e potencialidades inerentes, bem como a sua experiência histórica. A análise comparativa das experiências passadas e atuais dos países estudados mostra fundamentalmente que não há modelo a seguir.

De forma geral, pode-se observar a partir das experiências descritas que as fronteiras tecnológicas dependem tanto das estratégias de desenvolvimento, como das ameaças representadas pelo avanço tecnológico dos demais países concorrentes no domínio de tecnologias estratégicas. Ainda, a análise das fronteiras tecnológicas dos países selecionados aponta para a influência dos objetivos de superação da última crise financeira internacional e das limitações do atual paradigma tecnológico no delineamento das fronteiras tecnológicas, principalmente no que diz respeito às tecnologias menos poluentes<sup>2</sup>. Dessa forma, percebe-se que as fronteiras tecnológicas delineadas por cada país não são neutras, mas dependem significativamente do tipo de inserção geopolítica pretendida por cada país e, correlatamente, de suas estratégias de desenvolvimento; e da forma como tais países pretendem desenvolver novas capacidades competitivas diante das limitações apresentadas pelo paradigma vigente.

## 2. O PAPEL DO ESTADO NO ESTABELECIMENTO DAS FRONTEIRAS TECNOLÓGICAS

Em contraponto à visão neoclássica que caracteriza o desenvolvimento tecnológico como uma falha de mercado, Mazzucato (2011) afirma que tal ideia ignora um fato fundamental sobre a história da inovação: o governo que financia a pesquisa básica e aplicada com maior grau de risco, assim como tem sido também a fonte das inovações mais radicais.

Na realidade, a análise histórica do desenvolvimento das inovações mostra que o papel do Estado nas economias mais bem sucedidas foi muito além da criação da infraestrutura e estabelecimento de regras de concorrência. Tal história mostra que o Estado nunca deixou de desem-

---

<sup>2</sup> As políticas adotadas pelos países analisados nesta nota técnica voltadas para a superação da crise financeira de 2008 e às limitações do atual paradigma tecnológico, principalmente no que diz respeito às tecnologias menos poluentes estão tratadas no relatório final do projeto de pesquisa.



penhar um papel determinante no processo de desenvolvimento das inovações mais importantes do mundo, que permitiram às empresas e economias crescerem.

No caso das principais inovações já desenvolvidas, o que se percebe é que o Estado atuou proativamente na criação de uma nova área ou setor de alto crescimento, antes mesmo que tal potencial fosse percebido pelo setor privado, através da participação em etapas de desenvolvimento que incorporam maior grau de incerteza (Mazzucato, 2011). Em virtude do alto grau de risco e incerteza que caracteriza as fases de desenvolvimento de inovações, o setor privado em geral não demonstra interesse neste tipo de investimento.

Diversos exemplos ilustram a importância do papel do Estado no desenvolvimento de inovações que foram fundamentais para a competitividade de empresas privadas e de países. Um destes exemplos está relacionado à indústria farmacêutica. Mazzucato (2011) destaca que os laboratórios do governo norte-americano, bem como as universidades que contaram com apoio governamental, foram os principais responsáveis pela produção de medicamentos efetivamente inovadores no país. Outro exemplo está relacionado ao Vale do Silício. Embora o sucesso do Vale do Silício seja muitas vezes associado ao funcionamento do livre mercado, na realidade a DARPA (*Defense Advanced Research Projects Agency*), uma agência ligada ao Departamento de Defesa dos EUA criada em 1958, e que esteve envolvida no desenvolvimento de um amplo conjunto de tecnologias, foi fundamental para o sucesso das empresas localizadas nessa região. Nos anos de 1960 a DARPA financiou o estabelecimento de departamentos de ciência da computação em várias universidades dos EUA e, nos anos 1970s ela financiou um laboratório ligado à Universidade da Carolina do Sul, fundamental para fabricação de *chips*. Nesse caso, não se pode deixar de mencionar a importância das encomendas realizadas pelo Departamento de Defesa para o sucesso e crescimento do Vale do Silício.

### 3. METODOLOGIA PARA A DEFINIÇÃO DAS FRONTEIRAS TECNOLÓGICAS

A metodologia utilizada para analisar as fronteiras tecnológicas dos países selecionados partiu, inicialmente, da análise das características principais e da dinâmica do sistema nacional de inovação de cada país. Esta análise permitiu a compreensão da história do desenvolvimento industrial e tecnológico nacional e das características estruturais de cada sistema nacional de inovação, bem como das grandes áreas que orientam a definição das fronteiras tecnológicas nacionais.

Em seguida, buscou-se fazer um mapeamento da estrutura organizacional das políticas de ciência, tecnologia e inovação, além dos principais instrumentos de política de inovação utilizados nos países analisados. No caso das políticas de ciência, tecnologia e inovação foram analisadas não só as políticas explícitas, mas também as políticas implícitas<sup>3</sup>. Depois de mapeados os sistemas nacionais de inovação, a estrutura institucional e organizacional e as principais políticas implícitas e explícitas de ciência, tecnologia e inovação num período recente, foi possível analisar e compreender quais são e de que maneira são estabelecidas as fronteiras tecnológicas em cada país.

Nesta análise foi possível observar que o projeto de desenvolvimento nacional e as políticas governamentais que implicitamente conformam os respectivos sistemas nacionais de inovação,

<sup>3</sup> As políticas implícitas são aquelas que afetam indiretamente as atividades de ciência, tecnologia e inovação (Herrera, 1995).

condicionam e influenciam fortemente a compreensão e a definição das trajetórias tecnológicas a serem adotadas pelos diferentes atores locais. Nesse sentido, os países e suas instituições e organizações voltadas direta ou indiretamente ao desenvolvimento de ciência, tecnologia e inovação definirão diferentes fronteiras tecnológicas, tendo em vista suas necessidades, capacidades e estratégias.

Os países que vêm sendo mais bem-sucedidos em suas estratégias de desenvolvimento tecnológico e de concorrência externa (principalmente a China) buscam desenhar suas estratégias levando em consideração as especificidades internas e as capacitações acumuladas ao longo de sua história. A tradicional estratégia de busca do emparelhamento (*catch up*) com os países mais desenvolvidos e a busca de “fronteiras tecnológicas mundiais” externamente delineadas não se constitui no foco das estratégias efetivamente adotadas por tais países.

O fortalecimento das vantagens competitivas historicamente construídas também orienta o desenho das fronteiras tecnológicas. Neste aspecto, a análise das políticas (implícitas e explícitas) de inovação dos Estados Unidos permite destacar que as áreas de defesa e de saúde permanecem entre as áreas prioritárias para expansão ou “desenvolvimento tecnológico de fronteira”. Ainda no que se refere aos EUA, percebe-se também uma busca pela manutenção e proteção de capacitações tecnológicas e produtivas em setores nos quais o país tradicionalmente já exerce liderança ou encontra-se entre os maiores *players* mundiais. Este aspecto pode ser ilustrado a partir da recomendação imposta pelo Congresso norte-americano relacionada a não utilização de equipamentos de telecomunicações das empresas chinesas Huawei e ZTE por parte das instituições governamentais, operadoras de serviço e entidades privadas. A justificativa apresentada está relacionada a questões de “segurança nacional”, mas também pode ser atribuída à crescente proteção, por parte dos governos de determinados países, dos interesses econômicos nacionais. Neste caso, é importante destacar que a defesa dos interesses econômicos nacionais também é levada em consideração no desenho das fronteiras tecnológicas.

#### 4. FRONTEIRAS TECNOLÓGICAS DOS ESTADOS UNIDOS

O desenvolvimento do sistema nacional de inovação dos EUA tradicionalmente está baseado na adoção de políticas *mission oriented*. Nesse caso, foram as missões governamentais que levaram o país à posição de liderança em energia nuclear, nas TIC, no complexo de saúde e nas tecnologias de defesa. Partindo da análise da história, pode-se argumentar que é a partir da observação das escolhas públicas das metas a serem alcançadas pela tecnologia que se pode compreender as fronteiras tecnológicas do país.

O sistema de inovação norte-americano a partir do período pós-guerra é marcado por duas características básicas: (i) a importância dos gastos federais no financiamento dos gastos totais de P&D (entre 50% e 70%), a maior parte dos quais (aproximadamente 70%) realizados pelo setor privado; e (ii) a importância dos gastos militares no orçamento federal de P&D. Esta segunda característica resulta na grande relevância do complexo produtivo e tecnológico militar no sistema de inovação norte-americano.

De forma geral, os recursos públicos federais assumem uma importância fundamental no financiamento de atividades inovativas nos setores intensivos em tecnologia. Nos setores de equipamentos de comunicações, componentes eletrônicos, no complexo aeronáutico e no complexo da saúde, a participação do governo federal é bastante superior à média do setor indus-

trial. Mesmo em setores não diretamente intensivos em tecnologia, mas que são importantes para a economia norte-americana, como equipamentos de transporte (inclusive toda a indústria automobilística), o apoio de recursos do governo federal no financiamento de uma parcela da P&D do setor privado tem sido expressivo.

É importante destacar que um dos instrumentos que contribuiu para o desenvolvimento do SNI norte-americano foram as compras públicas, inicialmente regulamentadas através do *Buy America Act*, de 1933. Além disso, a participação dos Estados Unidos em guerras também contribuiu para a criação de uma estrutura de demanda pública.

A análise do sistema nacional de inovação dos EUA mostra, conforme sustentam Freeman (2005) e Mazzucato (2011), que o papel desempenhado pelo setor público teve uma importância muito mais central para a definição das principais transições paradigmáticas da tecnologia do que convencionalmente se supõe. As inovações são desenvolvidas pela esfera privada apenas quando as principais incertezas da pesquisa já foram enfrentadas e financiadas pelo poder público. A produção e pesquisa do setor privado em geral orientam a tecnologia apenas a partir das rotas já previamente definidas nas entidades públicas.

A inserção geopolítica dos EUA e a preocupação com a manutenção de sua hegemonia mundial e o fortalecimento das vantagens competitivas historicamente construídas norteiam a definição das fronteiras tecnológicas daquele país. A definição das fronteiras tecnológicas também pode ser complementada pela análise de informações sobre o financiamento público das atividades de P&D. No ano de 2013 aproximadamente US\$ 140,8 bilhões<sup>4</sup> do governo federal foram destinados às atividades de P&D, sendo US\$ 71,2 bilhões direcionados para defesa e US\$ 30,7 bilhões para o NIH. Cabe destacar que, historicamente, uma parte substancial desses recursos foi utilizada para financiar a pesquisa e desenvolvimento no interior de organizações privadas.

Além das áreas de Defesa e Saúde, as atividades de P&D do *Department of Energy* recebeu US\$ 11,9 bilhões, dos quais US\$ 5 bilhões destinados ao *Office of Science*; a NASA, US\$ 9,6 bilhões; a NSF, US\$ 7,4 bilhões; o *Science, Technology and Engineering and Mathematics Education* (STEM) receberia US\$ 3 bilhões; *U.S. Global Change Research Program*, US\$ 2,6 bilhões; o *National Nanotechnology Initiative*, US\$ 1,8 bilhões. Especificamente para a manufatura avançada (área de fronteira tecnológica destacada a seguir), a previsão era de uma alocação de US\$ 2,2 bilhões.

A pesquisa realizada levantou quatro áreas de fronteira tecnológica para os EUA, das quais três estão associadas às grandes áreas que historicamente são alvo da política explícita de ciência, tecnologia e inovação daquele país, e uma área de fronteira está relacionada a um problema relativamente recente que está afetando negativamente a competitividade de indústrias importantes nos EUA.

#### 4.1. MANUFATURA AVANÇADA

No caso da manufatura avançada, apesar de o país ser líder nas tecnologias da informação e da comunicação (TICs), o crescimento da concorrência externa, notadamente da China, e o fenômeno da fragmentação da produção levaram ao deslocamento de atividades manufatureiras e a perdas de emprego no setor manufatureiro. Com isso, o governo publicou alguns documentos norteadores, dentre os quais “A National Strategic Plan for Advanced Manufacturing”

<sup>4</sup> Proposta orçamentária para 2013.

(National Science and Technology Council; Executive Office of the President, 2012) para orientar os esforços de retomada de capacidade competitiva do país na manufatura avançada.

Os investimentos na manufatura avançada podem ser agrupados em quatro grandes categorias: 1) materiais avançados; 2) plataformas de produção tecnológica; 3) processos de manufatura avançada; 4) infraestrutura de dados e design. De forma geral, os investimentos são direcionados ou para a ampla utilização e comercialização da tecnologia ou para fazer frente às demandas da segurança nacional.

## 4.2. DEFESA

A área de defesa é fundamental para compreender as direções da tecnologia nos EUA, sendo que uma das questões mais relevantes associadas ao desenvolvimento tecnológico desta área é que os avanços não se restringem às questões militares. As pesquisas e compras nas áreas de defesa puxaram avanços na manufatura, na criação de novos materiais, em energia, saúde e diversas outras áreas. Vale destacar que o papel da DARPA foi fundamental para desenvolver as capacitações tecnológicas, inovativas e produtivas em TICs.

Além desta, há instituições na área de defesa especificamente voltadas para a pesquisa em saúde (*U.S. Army Center for Environmental Health Research* e *U.S. Army Medical Research and Materiel Command*) e para as tecnologias de manufatura (*Manufacturing Technology Program*), demonstrando a coerência entre as diferentes áreas de fronteira tecnológica naquele país.

As prioridades para a pesquisa entre 2013 e 2017 foram definidas a partir do *Defense Planning Programming Guidance*, divulgado pelo *Secretary of Defense*. Este documento estabelece sete áreas que refletem as escolhas tecnológicas do complexo militar do país.

1. Ciências e tecnologias para reduzir o tempo e a exigência de trabalho humano na análise e uso de grande quantidade de dados. (*Data to Decisions*)
2. Ciências, conceitos de engenharia, tecnologias e ferramentas para proteger os sistemas de armas e para desenvolver rápida manufatura para sistemas de defesa de confiança. (*Engineered Resilient Systems*)
3. Ciência e Tecnologia para capacitações cibernéticas eficientes e eficazes para as operações conjuntas. (*Cyber Science and Technology*)
4. Novos conceitos e tecnologias para proteger sistemas e aumentar as capacidades no entorno do espectro eletromagnético. (*Electronic Warfare / Electronic Protection*)
5. Tecnologias para avançar a capacidade do *Department of Defense* em localizar, proteger, monitorar, marcar, seguir, eliminar, interditar armas e materiais de destruição em massa. (*Counter Weapons of Mass Destruction*)
6. Ciência e Tecnologia para sistemas autônomos que, de forma confiável e segura, completem tarefas complexas em todos os tipos de ambientes.<sup>5</sup>(*Autonomy*)

5 Um exemplo de como estão buscando essa tecnologia são os concursos realizados pela DARPA (como o *DARPA Grand Challenge*) que oferecem prêmios para os grupos de pesquisa que conseguirem criar carros sem motorista que andem por entre desertos ou espaços urbanos.

7. Ciência e Tecnologia para melhorar a interface entre homem e máquina, visando ao aumento da produtividade e da eficiência em variadas classes de missões.

### 4.3. SAÚDE

O complexo de saúde do país é capitaneado pelo *Department of Health and Public Services*, tendo o *National Institute of Health* como seu principal braço de pesquisa. O desenvolvimento das capacitações do sistema de inovação em saúde dos EUA foi largamente financiado pelo *National Institutes of Health*. A partir de meados dos anos 50, a área recebeu um enorme aporte de recursos do governo federal. Uma segunda nova onda de direcionamento dos recursos orçamentários se inicia na segunda metade dos anos 80.

Considerando a importância do NIH do ponto de vista do tamanho do orçamento de P&D dos EUA (atrás apenas do *Department of Defense*), a observação das prioridades do NIH sugere as principais escolhas do setor público na área de saúde que determinam as fronteiras tecnológicas daquele país.

1. Genoma
2. Tecnologias de detecção de doenças
3. Novas tecnologias de testes clínicos (*clinical trials design*)
4. Projeto modENCOD
5. *Proteomics e Metabolomics*
6. Células-tronco
7. Toxicologia preditiva
8. *Drug rescue and repurposing research*, visando pesquisar novos usos para drogas já existentes e/ou realizando nova pesquisa em drogas precocemente abandonadas.
9. Pesquisas sobre a AIDS/HIV
10. Pesquisas sobre a prevenção e tratamento de doenças originadas do tabaco.

### 4.4. ENERGIA<sup>6</sup>

Inicialmente, cabe destacar que uma parte central do orçamento não-militar<sup>7</sup> do *Department of Energy* está direcionada para o *Office of Science*, voltado para a pesquisa básica e para as ciências de ampla utilidade para as diferentes tecnologias energéticas.

Uma das metas ambiciosas do país é que, até 2035, 80% do total de energia elétrica do país venha de energias limpas, definidas pelo governo do país de forma a englobar as energias nuclea-

<sup>6</sup> A análise da área de fronteira tecnológica associada à área de energia não pode deixar de lado uma das principais inovações realizadas nos últimos anos, qual seja, as tecnologias associadas à extração do *shale gas*. No entanto, apesar de sua importância enquanto área de fronteiras tecnológicas nos EUA, ele não foi objeto de análise nesta nota técnica.

<sup>7</sup> Em função da importância estratégica para a defesa da energia nuclear, uma parte significativa do orçamento total do departamento está ligada a assuntos de segurança nacional e segurança nuclear – aproximadamente US\$ 17 bilhões requisitados para 2013.

res, *combined-cycle gas* e energias fósseis com captura e armazenamento de carbono. Outras metas importantes do departamento de energia são aumentar a eficiência dos produtos manufaturados utilizados no país e ampliar a difusão de carros elétricos. A partir dos amplos objetivos estabelecidos pelo *Department of Energy*, um conjunto de metas estão sendo perseguidas pelo departamento, dentre as quais: aumentar o mercado de veículos híbridos “*plug-in*” e de todos os demais veículos elétricos, através da redução dos custos de bateria; fazer com que a energia solar passe a custar tanto quanto as fontes tradicionais de energia; desenvolver o etanol celulósico; direcionar a energia eólica e as demais fontes de energias renováveis para patamares de custo similares às tradicionais fontes de energia; tecnologias para aumentar a segurança e a energia do sistema de distribuição de energia; desenvolver ao menos 5 demonstrações de instalações em escala comercial de captura e armazenamento de carbono até 2016; reduzir as emissões de gases *greenhouse* do departamento de energia em 28% até 2020; fornecer para a marinha do país reatores nucleares; continuar na persecução da energia de fusão nuclear

## 5. AS FRONTEIRAS TECNOLÓGICAS DA CHINA

A análise das fronteiras tecnológicas da China evidencia o alinhamento entre os programas de ciência, tecnologia e inovação adotados pelo Estado chinês e o projeto nacional de desenvolvimento, que está claramente associado às características, oportunidades e gargalos da sociedade chinesa.

A evolução das políticas de inovação na China foi marcada por cinco grandes conferências nacionais de C&T: 1978, 1985, 1995, 1999 e 2006. As conferências, organizadas pelo líder máximo, objetivavam discutir o papel da C&T para a China e os rumos a serem tomados. As conferências foram idealizadas por Deng Xiaoping, então líder supremo, que buscava promover reformas econômicas que levassem a China ao que ele chamou de “socialismo de mercado”. O mercado chinês foi aberto (mesmo que parcialmente), e através do comércio internacional, novas tecnologias ingressaram na economia chinesa. É nesse contexto que surgem as conferências de C&T.

A última conferência, que teve caráter mais pragmático, resultou na confecção de um plano de desenvolvimento de médio-longo prazo para tornar a China um país orientado para a inovação (*innovation-led country*). Além disso, este plano estabeleceu objetivos para o período entre 2006 e 2020, dentre os quais se define as tecnologias-chave para o desenvolvimento chinês.

Uma das características mais importantes da estratégia de inovação chinesa foi a utilização do acesso ao seu mercado pelo governo para induzir as empresas transnacionais a efetuar atividades tecnológicas localmente. Embora de maneira velada, esta contrapartida de acesso ao mercado local tornou-se um elemento central da política tecnológica chinesa.

Primeiro, o governo usou o grande mercado chinês para pressionar as empresas estrangeiras a transferir tecnologia para empresas locais e para proteger as empresas locais de competição internacional. Na informática e na indústria automobilística, o instrumento de política específico foi exigir das multinacionais o licenciamento da tecnologia para as empresas chinesas como uma pré-condição para seu investimento no país. Por exemplo, a política industrial para a indústria automobilística, de 1994, estabelecia como pré-condição para a criação de uma *joint venture* a implantação de institutos para o desenvolvimento tecnológico e a introdução de produtos com tecnologia similar a dos países desenvolvidos na década de 1990.

Em segundo lugar, as multinacionais eram obrigadas a vender a maioria de seus produtos no mercado internacional. O objetivo desta exigência era proteger as empresas domésticas da competição externa. Como apenas as empresas locais podem vender seus produtos para clientes na China, o resultado dessas políticas foi a formação de *joint ventures* como principal rota para as empresas estrangeiras investirem na China. De fato, esta política implícita de inovação foi muito eficaz para assegurar a transferência de tecnologia internacional.

Outro elo fundamental do sistema de inovação chinês são as empresas privadas especializadas no desenvolvimento de tecnologia, em transferência de tecnologia, consultoria tecnológica, serviços de tecnologia, etc. Segundo PING (2011), para o Comitê Central do Partido Comunista da China o desenvolvimento de tais firmas seria a força vital no processo de desenvolvimento de tecnologias de alta complexidade.

Além disso, é importante destacar outra característica do SNI chinês. O governo incentivou as universidades a criarem as suas próprias empresas produtivas. Em 1988, foi lançado o Programa Torch para incentivar as chamadas NTEs (novas empresas de tecnologia), *spin-offs* das universidades e institutos de P&D existentes. A permissão para que universidades pudessem elas mesmas se tornar proprietárias e principais acionistas destas pequenas empresas foi fundamental neste processo.

Em 2004, as universidades chinesas possuíam mais de 2300 empresas com um faturamento anual de 13 bilhões de dólares e um lucro presumido de mais de 650 milhões de dólares. Somente a Tsinghua University uma das principais daquele país possuía um ativo total de empresas no valor de US\$ 2 bilhões em 2004, alcançando US\$ 4 bilhões em 2008 (Cassiolato e Lastres, 2011).

É possível afirmar que as políticas voltadas à transformação do sistema chinês de ciência e tecnologia foram exitosas no sentido de se preservar e recombinar capacidades tecnológicas no contexto da estruturação da economia e integração à economia global. Um número significativo de empresas, como Huawei, ZTE e Lenovo, cresceram e tornaram-se atores globais, possibilitando uma mudança qualitativa da indústria de TICs na China (Gu e Steinmueller, 1997).

No entanto, no início dos anos 2000 o governo realizou um diagnóstico de que apesar dos avanços promovidos ao longo das décadas de 1980 e 1990, persistiam algumas deficiências que deveriam ser superadas para que a China atingisse seus objetivos de desenvolvimento econômico e social.

Como consequência, a partir de meados dos anos 2000, o estado chinês implementou políticas de desenvolvimento efetivamente voltadas a construir um país orientado para a inovação. Em outubro de 2005, o Comitê Central do PCC aprovou um programa de “inovação nativa”, elevando-o a um nível estratégico máximo, semelhante àquele da “política de reforma e abertura” de Deng Xiaoping. Nesse sentido, a campanha de inovação endógena foi consagrada como uma estratégia nacional que iria colocar a ciência e o desenvolvimento tecnológico no centro do padrão de desenvolvimento da China. O desenvolvimento da ciência e tecnologia passou a ser percebido como fio condutor da estratégia chinesa de desenvolvimento.

Em janeiro de 2006, a Conferência Nacional de Ciência e Tecnologia foi realizada em Pequim, e foi apresentado o “Esboço de Planejamento Nacional de Médio e Longo Prazo da Ciência e Tecnologia (2006-2020)”. Este planejamento enfatizou a busca de inovações nativas (*indigenous innovation*), voltadas ao mercado local como a linha principal de construção de um país orientado para a inovação. Este plano indica as áreas de fronteira tecnológica estabelecidas pelo governo chinês.

A ênfase na busca de inovações autóctones, direcionadas às especificidades da economia e sociedade chinesas, representa o ponto culminante da política de desenvolvimento tecnológico iniciada com o condicionamento do acesso de empresas estrangeiras ao mercado chinês através de compromissos de desenvolvimento tecnológico na China.

O poder de compra governamental como forma de estimular os processos de inovação também foi uma estratégia utilizada, principalmente depois do lançamento da Circular 618 em 2009 voltada para a implementação de atividades de acreditação de produtos nacionais de inovação autóctone. A Circular, emitida por órgãos diretamente ligados ao governo chinês, anunciava a criação de um catálogo em nível nacional de novos produtos que receberiam tratamento preferencial nas compras governamentais. Muitas províncias e municípios elaboraram os seus catálogos de produtos próprios, sendo que a maioria dos quais conta com reduzida participação de produtos estrangeiros nas compras governamentais locais.

A Circular 618 concentrou-se em seis campos de alta tecnologia: computadores, produtos de comunicações; equipamentos de escritório modernos, *software*, nova energia, novos dispositivos de energia e produtos de alta eficiência energética e/ou poupadores de energia. Um produto de inovação autóctone é definido como aquele que tem direitos de propriedade possuídos por uma empresa chinesa e uma marca comercial registrada inicialmente na China. Em dezembro de 2009, o governo avançou mais ainda com um catálogo de 240 tipos de equipamentos industriais em 18 categorias para os quais ele incentivaria as empresas nacionais a produzir para atualizar a base industrial da China. As empresas chinesas que participam do esforço recebem uma combinação de incentivos fiscais e subsídios, bem como prioridade nos catálogos de produtos de inovação autóctones.

Outro aspecto do SNI chinês que merece destaque é a forma de utilização da legislação de propriedade intelectual. Muito além da percepção ingênua de que esta legislação protegeria os esforços de inovadores contra eventuais copiadores, a postura chinesa reconhece implicitamente os seus aspectos geopolíticos.

Assim, a China utiliza-se da certificação compulsória e de requisitos de normas que dificultam a entrada de produtos estrangeiros no mercado chinês. Além disso, a lei de patentes chinesa utiliza o conceito alemão “*Gebrauchsmuster*”, ou modelo de utilidade, o que implica que o solicitante da patente não necessita explicitar como desenvolveu o produto. Ele segue, também, o modelo europeu (primeiro a depositar) e não o americano (primeiro a inventar), o que tem dado vantagem às empresas locais.

De forma geral, o plano “Esboço do Plano Estratégico Nacional de Médio e Longo Prazo para o Desenvolvimento da Ciência e Tecnologia (2006-2020)” identifica as áreas consideradas chave para o governo chinês, assim como sua estratégia para alcançar seu objetivo de liderança global em 2020.

O plano identifica oito objetivos gerais, intitulados “metas para o desenvolvimento”:

1. Dominar o desenvolvimento tecnológico da produção de máquinas consideradas estratégicas na indústria de tecnologia da informações que são críticas para a competitividade do país;
2. Ser líder no desenvolvimento de tecnologias de energia, energia limpa, conservação de energia e tecnologias de otimização de energia;



3. Proporcionar apoio científico e tecnológico para a construção de uma economia poupadora de recursos naturais e ambientalmente sustentável,
4. Fortalecer o sistema de C&T voltados a prevenção de doenças graves, incluindo HIV/Aids, hepatites e outras e concentrar esforços no desenvolvimento de novos medicamentos e na produção de equipamentos médicos-chave;
5. Tornar a nação líder mundial em capacidade global de C&T agrícola, elevando a produção agrícola da China e garantindo a segurança alimentar da nação;
6. Investir em C&T na área de defesa, desenvolvendo armas modernas que garantam a segurança nacional;
7. Fortalecer capacitações e adquirir liderança mundial nas áreas de fronteiras tradicionais, tais como: Tecnologia da informação, biologia e novos materiais;
8. Estabelecimento de uma série de institutos de pesquisa e universidades com reconhecimento mundial, e centros de P&D com competitividade mundial, de modo a consolidar o sistema de inovação com características chinesas.

O plano aponta 11 atividades-chave onde o emprego de tecnologia e desenvolvimento de inovações seria fundamental para a China: energia, água e recursos minerais, meio ambiente, agricultura, indústria, transporte, informação e serviços, população e saúde, urbanização, segurança pública e defesa nacional. Dentro desses setores, existem 62 áreas prioritárias que têm missões bem definidas e expectativas de avanços tecnológicos.

Além das oito atividades-chave, o plano ainda enfatizou oito áreas consideradas de fronteira nas quais o domínio de 22 tecnologias de ponta deve ser perseguido. Estes programas incluem a tecnologia da informação, biotecnologia, materiais avançados, manufatura avançada, energia, tecnologia do mar, tecnologia de laser e tecnologia aeroespacial. Dentre algumas tecnologias, podemos destacar:

1. Na área de biotecnologia: manipulação genética, tecnologia de engenharia de proteína; pesquisa de células-tronco; engenharia de tecido humano e nova geração de biotecnologia industrial;
2. Na área de tecnologia da informação: tecnologias avançadas de rede, tecnologia inteligente e tecnologia de realidade virtual;
3. Na área de novos materiais: materiais inteligentes; materiais supercondutores; materiais relacionados à eficiência energética, principalmente nos painéis solares.
4. Na área de manufatura avançada: robótica e desenvolvimento de máquinas extremamente grandes.
5. Na área de Energia: a tecnologia de células de hidrogênio como combustível; tecnologia de fonte de energia distribuída, *smart grid*; tecnologia de reator rápido de nêutrons (combustível nuclear); tecnologia de fusão magnética; tecnologias para energia renováveis em geral;

6. Na área tecnologia marinha: desenvolvimento de tecnologia de operação de águas profundas, tecnologia que permitam exploração de gás natural no fundo do mar e tecnologia marinha de monitoramento,
7. As áreas tecnologia lasers e tecnologia aeroespacial, por serem áreas ligadas à defesa, não discriminam as tecnologias a serem desenvolvidas.

O plano possui também quatro programas de pesquisa básica, sendo que o maior deles intitulado “pesquisa básica para as necessidades estratégicas da China” se destina totalmente a questões de ligadas a sustentabilidade. Segundo o próprio documento, pesquisa básica “deve ser aplicada para as necessidades do país a partir da combinação de ciência e tecnologia”<sup>8</sup> (p 42). Essa afirmação demonstra que a noção de pesquisa básica na China, caracteriza-se por ser uma pesquisa voltada às necessidades e especificidades da sociedade chinesa.

Para viabilizar a sua execução do programa, foram definidos 16 Projetos Especiais de Inovações. Os objetivos da estratégia chinesa de inovação voltada à inovação autóctone e dos megaprojetos a ela relacionados são implícitos, porém claros – utilizar o mercado interno para desenvolver novas tecnologias. Os 16 projetos especiais são: 1. Componentes eletrônicos principais, *high-end chips* de uso geral e produtos de *software* básico; 2. Equipamentos e técnicas de fabricação de circuitos integrados de grande escala; 3. Nova geração de redes de comunicação móvel de banda larga sem fio; 4. Máquinas avançadas de controle numérico e tecnologia de fabricação básica; 5. Exploração de óleo e de gás em grande escala; 6. Grandes reatores nucleares avançados; 7. Controle de poluição e tratamento da água; 8. Criação de novas variedades de organismos geneticamente modificados; 9. Inovação e desenvolvimento farmacêutico; 10. Controle e tratamento da Aids, hepatite e outras doenças graves; 11. Grandes aeronaves; 12. Sistema de observação da Terra de alta definição; 13. Vôo espacial tripulado e programas de sonda lunar; e 14-16. Reservadas, acredita-se serem projetos militares classificados.

De forma geral, é possível observar que o plano revela como o governo pretende utilizar o sistema de C&T como forma de superar os problemas da sociedade chinesa e aponta as atividades-chave onde o emprego de tecnologia e desenvolvimento de inovações seria fundamental para a China.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As experiências analisadas apresentam importantes lições para o Brasil. A principal delas é que as fronteiras tecnológicas não são neutras nem meramente técnicas e, pelo contrário, são determinadas e explicitadas a partir de definições prévias sobre o papel que cada país pretende ocupar no cenário internacional, sobre as capacitações acumuladas internamente e sobre suas limitações. Definições relacionadas ao desenho de um projeto de desenvolvimento visando o interesse nacional (que muitas vezes levam à defesa explícita e proteção das empresas nacionais), melhor inserção geopolítica, domínio de tecnologias chave no novo paradigma tecno-econômico, entre outros, devem anteceder a definição das fronteiras tecnológicas do país.

<sup>8</sup> O documento oficial define pesquisa básica como “as áreas de importância estratégica no cenário de longo prazo, capaz de liderar no futuro o desenvolvimento das áreas de alta tecnologia”. As áreas prioritárias são: energia sustentável, agricultura sustentável e mudança climática.

No caso dos Estados Unidos, ainda que a definição das fronteiras tecnológicas decorrentes de escolhas políticas do país envolva um grau de complexidade, as áreas descritas como fronteiras tecnológicas (manufatura avançada, defesa, saúde e energia) indicam os eixos estratégicos que orientam a distribuição orçamentária e a concentração de esforços de políticas implícitas e explícitas de inovação. Percebe-se, claramente que tais eixos são definidos a partir das prioridades internas, dos interesses nacionais, da acumulação de capacitações ao longo de sua história, da inserção geopolítica dos Estados Unidos (e da ameaça à sua hegemonia representada pela China) e da necessidade de adoção de medidas que visem à superação da crise financeira.

No caso da China, esta nota técnica destacou que o desenho das fronteiras tecnológicas está relacionado, em primeiro lugar, ao projeto de desenvolvimento nacional seguido por tal país. O Plano Nacional de Médio e Longo Prazo da Ciência e Tecnologia (2006-2020) está concentrado na busca de inovações autóctones (*indigenous innovation*). Este Plano está baseado em 16 Projetos Especiais de Inovações, que têm claramente o objetivo de utilizar o mercado interno para desenvolver novas trajetórias tecnológicas voltadas às especificidades da economia e sociedade chinesas. No cerne deste plano e dos planos anteriores implementados pelo governo chinês, os objetivos de criação e capacitação das empresas nacionais, de utilização do acesso ao mercado interno como forma de obter contrapartida de agentes externos, de projeção no ambiente geopolítico e de superação das maiores potências mundiais inspiram o desenho das fronteiras tecnológicas e dos eixos estratégicos das políticas implícitas e explícitas de ciência, tecnologia e inovação.

De forma geral, os casos analisados apontam para o papel fundamental desempenhado pelo Estado no processo de capacitação produtiva e inovativa e no desenvolvimento das fronteiras tecnológicas. Além disso, os casos analisados nesta nota técnica deixam claro que a política implícita de ciência, tecnologia e inovação representada tanto pelo projeto de desenvolvimento nacional como pelos instrumentos de política que afetam indiretamente o sistema de inovação influenciam também fortemente a definição das fronteiras tecnológicas. Na China a política de reserva de mercado, o uso da certificação compulsória e de requisitos de normas que dificultam a entrada de produtos estrangeiros (favorecendo significativamente as empresas nacionais), as exigências de contrapartida para permitir o acesso das empresas multinacionais ao mercado interno (como por exemplo a obrigatoriedade do estabelecimento de *joint ventures*), o uso do poder de compra do Estado, o uso de instrumentos de propriedade intelectual, entre outras, são políticas implícitas que contribuíram fortemente para o desenvolvimento de capacitações tecnológicas e inovativas no país e, dessa forma, influenciaram na definição das fronteiras tecnológicas.

Tendo em vista os casos dos países analisados, pode-se concluir que as fronteiras tecnológicas não são definidas olhando “para fora”, mas sim “para dentro”, a partir das capacitações produtivas e inovativas previamente acumuladas pelo sistema nacional de inovação e de estratégias nacionais de desenvolvimento. Para isso, é importante que o Brasil tenha um projeto de desenvolvimento de longo prazo e, a partir deste projeto, utilize instrumentos associados de política implícita e explícita de ciência, tecnologia e inovação visando o estabelecimento de fronteiras tecnológicas, considerando: (i) as especificidades do sistema de inovação brasileiro e as capacitações acumuladas, (ii) os objetivos relacionados aos interesses nacionais, (iii) a inserção geopolítica pretendida e, (iv) as janelas de oportunidade existentes em virtude da mudança de paradigma em direção às tecnologias mais sustentáveis social e ambientalmente.

Se há, portanto, uma lição que os responsáveis pela elaboração das políticas de ciência, tecnologia e inovação no Brasil poderiam tirar é a da necessidade de se construir uma agenda

de pesquisa e desenvolvimento tecnológico e de inovação conectada aos próprios problemas, potencialidades e ao projeto de desenvolvimento do país. Pode-se e deve-se usufruir das oportunidades internacionais de avanço científico e tecnológico, mas desde que subordinando as trajetórias de sua difusão no Brasil às problemáticas específicas do nosso espaço nacional.

Finalmente, no caso da Saúde, sugere-se que a identificação de nichos estratégicos que definam fronteiras tecnológicas deve refletir as especificidades do Sistema de Inovação em Saúde no Brasil. Tais especificidades estão relacionadas às características da base produtiva e tecnológica em saúde, às particularidades de seu arcabouço institucional que incorpora, entre outros elementos, o modelo de atenção à saúde (universal, integral e equânime) e ao marco regulatório da produção e inovação em saúde. Ainda que a princípio tal orientação pareça óbvia, percebe-se uma desconexão entre os programas e políticas voltadas ao desenvolvimento da base produtiva em saúde e a dimensão sistêmica do processo de criação de capacitações produtivas e inovativas no âmbito dos diferentes segmentos do complexo industrial da saúde.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CASSIOLATO, J. E.; LASTRES, H. M. M. **Algumas reflexões sobre a política de C&T da China**. Texto apresentado no Seminário Internacional Brasil e China no Reordenamento das Relações Internacionais: Desafios e Oportunidades, Instituto de Pesquisa de Relações Internacionais (Ipri) e Instituto de Estudos Brasil-China (IBRACH), Rio de Janeiro, 2011.
- CASSIOLATO, J. E., et al. Fronteiras tecnológicas subordinadas a estratégias nacionais de desenvolvimento as experiências dos Estados Unidos, da China, do Japão e da Alemanha. In **Dimensões estratégicas do desenvolvimento brasileiro**. As fronteiras do conhecimento e da inovação: oportunidades, restrições e alternativas estratégicas para o Brasil. Brasília, DF: Centro de Gestão e Estudos e Estratégico, 2013. V.2..
- FREEMAN, C. Um Pouso Forçado para a “Nova Economia”? A Tecnologia da Informação e o Sistema Nacional de Inovação dos Estados Unidos. In: LASTRES, H. M. .; CASSIOLATO, J. E.; ARROIO, A. (eds.). **Conhecimento, sistemas de inovação e desenvolvimento**. Rio de Janeiro: UFRJ Contraponto, 2005.
- GU, S.; STEINMUELLER, W. E. China’s national innovation system approach to participating in information technology: the innovative recombination of technological capability. **INTECH**, United Nations University. Institute of New Technologies, 1997 (Discussion Paper Series).
- HERRERA, A. Los determinantes sociales de la política científica en América Latina. Política científica explícita y política científica implícita. **Revista REDES** N° 5, Buenos Aires, 1995.
- MAZZUCATO, M. The Entrepreneurial State. **Renewal**, A Journal of Social Democracy, v. 19, Issue 3/4, 2011.
- NATIONAL SCIENCE AND TECHNOLOGY COUNCIL; EXECUTIVE OFFICE OF THE PRESIDENT. **A National Strategic Plan for Advanced Manufacturing**. Estados Unidos da América: [s.n.]. Fevereiro 2012.
- PING, L. China. In: SCERRI M. H. LASTRES (eds.) **The State and the National System of Innovation: a Comparative Analysis of the Brics Economies**, Nova Delhi: Routledge, 2011.