

BASE INDUSTRIAL DE DEFESA: EXPLORANDO POTENCIAIS SINERGIAS PARA O DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO A PARTIR DE UMA ABORDAGEM BASEADA EM ESTRUTURA DE REDES E PROXIMIDADE TECNOLÓGICA¹

Felipe Orsolin Teixeira²

Luís Felipe Giesteira³

Thiago Caliarí⁴

SINOPSE

A investigação da relação entre as políticas industrial, a de ciência, tecnologia e inovação (CT&I) e a de defesa nacional pode ser considerada a partir da dicotomia *spin-off* e *spin-in*. Essa abordagem se mostra limitada pela dificuldade em testá-la, pela desconexão do entendimento de que a difusão e absorção do conhecimento se dá em redes e pelas interações entre empresas e destas com institutos de ciência e tecnologia (ICTs), consagrada pelas abordagens da complexidade econômica e dos sistemas nacionais de inovação. Em contrapartida, a fragilidade da indústria de defesa nos países menos desenvolvidos e a incipiência dos segmentos tecnologicamente mais intensos em suas estruturas produtivas sugerem que políticas de defesa focadas em autonomia tecnológica teriam poucos efeitos dinâmicos, mesmo considerando as perspectivas contemporâneas. Partindo de uma adaptação da metodologia de relacionalidade (*relatedness*) de Neffke, Henning e Boschma (2011) aplicada a dados das empresas fornecedoras das Forças Armadas no Brasil, este texto apresenta pontos de possível sinergia entre as políticas de defesa, industrial e de CT&I no país.

Palavras-chave: base industrial de defesa; proximidade tecnológica; complexidade econômica.

A Segunda Guerra Mundial e a Guerra Fria que a seguiu consolidaram a relação entre ciência e tecnologia (C&T) e capacidade militar. Contudo, à medida que se desenvolveram diversos avanços tecnológicos com origem em projetos ligados à defesa nacional ou impulsionados por estes – em particular os ligados às tecnologias de informação e comunicação (TICs) –, consolidou-se a percepção da importância do setor de defesa para a inovação e mesmo para a política industrial.

Sobretudo nos países avançados, programas que aplicavam ciência de ponta em grandes laboratórios públicos para obter produtos de desempenho e aplicação específicos revelaram-se decisivos para o “progresso técnico”, ao passo que o setor empresarial lograva formas de aplicar, adaptar ou expandir o conhecimento criado em novos

1. DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/radar72art5>

2. Pesquisador do Subprograma de Pesquisa para o Desenvolvimento Nacional (PNPD) na Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais de Inovação e Infraestrutura do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Diset/Ipea). *E-mail*: <felipeorsolin@gmail.com>.

3. Especialista em políticas públicas e gestão governamental da Diset/Ipea. *E-mail*: <felipe.giesteira@ipea.gov.br>.

4. Pesquisador do PNPD na Diset/Ipea. *E-mail*: <caliari@ita.br>.

produtos e processos. A recente criação de um cargo de secretário-adjunto para política industrial no Departamento de Defesa dos Estados Unidos evidencia a persistente importância dessas interações.⁵

Países aquém da fronteira tecnológica, contudo, não dispõem desse mecanismo, seja porque falta a suas bases industriais empresas com capacidades tecnológicas nos setores relevantes para a geração de produtos de defesa avançados, seja porque suas empresas de equipamentos de defesa não são tecnologicamente capazes e competitivas. Com efeito, pouquíssimas economias não desenvolvidas exportam produtos de defesa. Apenas China, Rússia, África do Sul e Brasil figuraram entre os vinte maiores exportadores de “grandes sistemas” nos últimos anos.⁶ Ao se observar a composição de suas aquisições, poucos países emergentes não dependem de importações para sustentar suas Forças Armadas. Mesmo quando conseguem atrair empresas de países avançados, é implausível que efeitos relevantes de “transmissão” para o resto da economia se estabeleçam. A atividade de pesquisa e desenvolvimento (P&D) de defesa costuma ser modesta e superficial, e as atividades industriais, com conexões escassas.

A abordagem dos sistemas nacionais de inovação fornece um interessante marco conceitual e teórico para compreender como as aquisições de defesa nas economias emergentes mais sofisticadas podem se beneficiar de efeitos semelhantes aos existentes nas avançadas. Com base em James (2020) e Mowery (2009), um aspecto particularmente interessante é o destaque que dão à existência de interações nas quais predominam efeitos de *spin-off* (ou seja, da indústria e institutos de ciência e tecnologia – ICTs de defesa para o restante da base industrial) ou de *spin-in* (quando o oposto é mais comum).

No entanto, a falta de referenciais empíricos com maior desagregação limita a aplicabilidade para o desenho – e inevitavelmente para a avaliação – de políticas públicas. A ascensão da perspectiva da complexidade econômica, amiúde referida como teoria da complexidade, representa um complemento promissor tanto para a economia da defesa, interessada em compreender os vínculos desta com a C&T e a inovação, quanto para a abordagem dos sistemas de inovação. Ao considerar que a trajetória de crescimento econômico está fortemente relacionada com a estrutura produtiva existente (Neffke, Henning e Boschma, 2011), o potencial de difusão de conhecimento tende a ser ampliado quanto maior for a afinidade de setores com maior intensidade tecnológica (IT). Estendendo essa intuição para a indústria de defesa, pensada como o conjunto de principais fornecedores (empresas) que atendem à demanda por equipamentos cruciais para as políticas públicas respectivas, tem-se que, sob certas condições, esse segmento pode ser afetado pela CT&I e até mesmo afetá-la.

A proximidade setorial e a afinidade tecnológica entre empresas têm sido tema de discussão nesse campo, principalmente após o trabalho de Hidalgo e Hausmann (2009), que introduziu a ideia de espaço do produto (*product space*). Simplificadamente, os autores argumentam que a probabilidade de um país exportar um produto aumenta se este já exporta produtos relacionados; desse modo, a capacidade competitiva em cestas de produtos tem relação direta com a proximidade tecnológica desses bens.

Apesar de a teoria da complexidade econômica ser trabalhada desde a década de 1980 – principalmente em um contexto evolucionário e com modelos computacionais baseado em agentes (Arthur, 1989) –, o trabalho de Hidalgo e Hausmann (2009) inseriu o tema em um contexto especificamente estrutural e lhe proveu uma metodologia empírica robusta. Em termos mais concretos, sugere-se que a complexidade econômica de uma sociedade será maior quanto mais diversificada (maior número de produtos) e mais exclusiva (poucas sociedades produzem) forem suas exportações, o que pode ser aferido pelo Índice de Complexidade Econômica (ECI). A ideia contida nessa relação é a de que economias mais diversificadas têm maior troca de conhecimentos, obtendo também vantagem na difusão de conhecimento tecnológico se produzir produtos que, por mais exigentes em conhecimento, poucas economias são capazes de produzir (produtos exclusivos e não ubíquos).

5. Deputy Assistant Secretary of Defense for Industrial Base Resilience. Disponível em: <<https://bit.ly/3ZGJyXv>>.

6. Média dos dados do Stockholm International Peace Research Institutesipri (Sipri) – anos 2019-2021. Disponível em: <<https://bit.ly/3zhCVz5>>. Acesso em: 20 fev. 2023.

Um elemento em comum entre as abordagens dos sistemas nacionais de inovação e da complexidade é a perspectiva de redes. Enquanto a primeira se concentra na aprendizagem interativa entre ICTs e empresas,⁷ a segunda traz subjacente o de relacionamento entre setores (*industry relatedness*). Entende-se que atividades relacionadas demandam capacidades similares, de modo que o desempenho de um setor guarda relações próximas com a tecnologia e padrões produtivos de outro setor, desde que exista afinidade e potencial para transferência tecnológica entre ambos.

Há notável proximidade desses enfoques e o debate sobre o papel do sistema setorial de defesa (geralmente associados ao aeronáutico e ao espacial) no conjunto dos sistemas tecnológico-industriais nacionais. Dois canais principais fundamentam essas perspectivas: o da dualidade e o do *spin-off*. Há dualidade entre duas atividades produtivas quando os bens que uma gera podem ser transacionados, com pequenas adaptações em suas especificações, para o mercado da outra – ainda que isso possa exigir esforço de distribuição, de *marketing* e serviços complementares. Raramente há dualidade pura entre produtos militares e civis, e mesmo as situações que se aproximam desta são de plataformas ou de subsistemas e partes (como turbinas, sensores, sistemas de comando, transmissores, entre outros).

O *spin-off* – e seu oposto, o *spin-in* (ou *spin-on*) – ocorre quando há compartilhamento de base de conhecimento. É muito difícil identificá-los, exceto por declaração de dirigentes empresariais (Mowery, 2009; Furtado e Costa Filho, 2003). Sobretudo em tecnologias militares, que envolvem segredos por parte do demandante (frequentemente monopsonista), na maioria das vezes, as evidências se baseiam em estudos de casos. Essa situação contrasta com a percepção de que, à medida que se transita para uma economia do conhecimento com um avançado sistema nacional de inovação – de modo que múltiplos aprendizados interativos se configuram –, maior o esforço tecnológico, em particular aquele com base em ciência, e menor o esforço tácito (*tacitness*), com tendência a espraiamento intersetorial (Balconi, 2000).

Tendo por base essas questões e, mais especificamente, o potencial das aquisições em defesa para alavancar o desenvolvimento tecnológico brasileiro – caracterizado pela presença de um sistema setorial de defesa relativamente desenvolvido, mas por uma base industrial a montante relativamente frágil –,⁸ procedemos a uma extrapolação da metodologia de Neffke, Henning e Boschma (2011) a partir do cruzamento da base de Cadastro Nacional da Pessoa Jurídica (CNPJ) da Receita Federal pela Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) com o sistema ComprasNet.⁹

O gráfico 1 permite observar, de forma sintética, os resultados obtidos, emulando o conceito de espaço do produto de Hidalgo e Hausmann (2009), configurado como “espaço setorial”. Em particular, pode-se visualizar indústrias mais propensas a gerar transbordamentos tecnológicos com base no potencial de dualidade, *spin-off* e *spin-in* intersetorial.

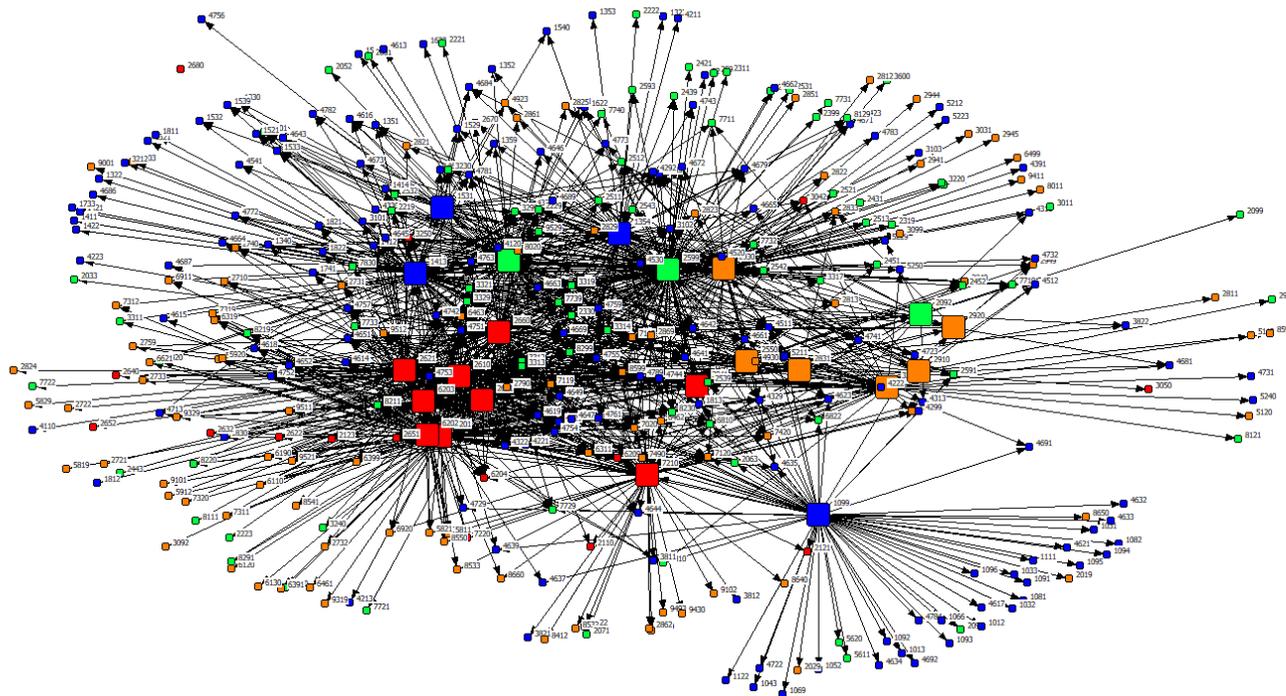
7. Há diferenças significativas nas definições dos autores que empregam esse conceito. Sharif (2006) permite compará-las.

8. As aquisições de defesa nos países avançados costumam ser concentradas em TICs, aeronáutica, veículos, embarcações e material bélico, nessa ordem. A composição encontrada para o caso brasileiro – restrita apenas a aquisições a empresas que produzem no país – não se mostrou distante desse padrão, exceto pela participação maior de veículos terrestres, menor de bens e serviços baseado em TICs e muito menor de embarcações. Embora a avaliação correta de potencial de transbordamentos dependa de conhecer as cadeias produtivas dos fornecedores diretos às forças, a internalização da manutenção de parte significativa dos equipamentos principais pelos centros de manutenção e oficinas (particularmente relevante no Brasil) reduz essa deficiência.

9. Foram selecionadas todas as empresas nacionais que realizaram vendas ao Ministério da Defesa (MD) no período 2001-2019, extraídas da plataforma do governo federal ComprasNet. Para o grupo de empresas, foram obtidas as classificações de atividades econômicas a partir dos dados da Receita Federal. Nesse processo, consideraram-se a extração da CNAE fiscal, que representa a principal atividade econômica de atuação da empresa, bem como a CNAE secundária de atuação a quatro dígitos. O expediente de recorte resultou no total de 14.821 notas fiscais de 4.532 empresas distintas em um total de vendas de um pouco mais de R\$ 17,83 bilhões. Essa base não inclui importações diretas, que podem ser realizadas com imposto zero, mas é possível que algumas empresas tenham importado bens que apenas revenderam ao MD ou agregaram um mínimo de valor localmente.

GRÁFICO 1

Industry space da Base Industrial de Defesa



Elaboração dos autores.

Obs.: 1. Nós maiores representam a dominância da CNAE fiscal.

2. As cores dos nós representam a IT, sendo: vermelho – alta; laranja – média-alta; verde – média-baixa; e azul – baixa.

A matriz de relacionamentos segundo o *revealed relatedness* (RR), por meio do *industry space*, é evidenciada, com os setores destacados por IT¹⁰ e dominância.¹¹ A disposição das indústrias no gráfico 1 é tal que, em geral, as indústrias mais relacionadas estão localizadas mais próximas na estrutura bidimensional, o que significa que o *industry space* pode ser observado como uma primeira impressão do relacionamento entre as indústrias e a capacidade de potenciais *spillovers* tecnológicos.

Uma característica notável é a proximidade relacional entre setores econômicos dominantes (CNAE fiscal) por IT, principalmente em setores econômicos de alta IT, mas também válido para média-alta IT e, na maioria dos casos, para os setores de média-baixa e baixa IT. Apresentam-se, como exceção a essa regra, os setores de média-baixa IT 2092 (fabricação de explosivos) e de baixa IT 1099 (fabricação de produtos alimentícios não especificados anteriormente). No primeiro caso (CNAE 2092), observa-se proximidade relacional maior com setores de média-alta IT (especificamente setores ligados à fabricação de veículos automotores, reboques e carrocerias, relativos às CNAEs 2910, 2920 e 2930, e o setor fabricação de equipamento bélico pesado, armas de fogo e munições, CNAE 2550). No segundo caso (CNAE 1099), nota-se a formação de um *cluster* tecnológico único, com grande centralidade do setor em relação aos setores secundários.

Esse primeiro resultado destaca que uma política que priorize setores da Base Industrial de Defesa de alta IT pode oferecer *spillovers* a um conjunto amplo de setores econômicos, a depender da capacidade absorptiva das empresas com os quais eles estabelecem relação. Em contrapartida, permite inferir que a deficiência industrial e tecnológica nesses setores pode dificultar ou mesmo impedir avanços sólidos na busca de autonomia tecnológica da defesa brasileira, objetivo comumente destacado nos documentos de alto nível da área.

10. No gráfico 1, destacada por cores.

11. No gráfico 1, CNAE fiscal, com tamanho de nodo maior.

No entanto, análises mais conclusivas dependeriam de um exercício de maior desagregação e focalização, considerando características relevantes para políticas públicas que pudessem ser desenvolvidas no âmbito das compras públicas do MD: o grau de centralidade e relacionamento, a intensidade tecnológica setorial e a importância no orçamento do MD. Parte desses pode ser observada em uma versão mais abrangente e aprofundada deste trabalho.¹²

REFERÊNCIAS

- ARTHUR, W. B. Competing technologies, increasing returns, and lock-in by historical events. **Economic Journal**, v. 99, n. 394, p. 116-131, 1989.
- BALCONI, M. **Codification of technological knowledge, firm boundaries, and cognitive barriers to entry**. St. Anna School of Advanced Studies, 2000.
- CALIARI, T. *et al.* Base industrial de defesa e estrutura de redes: mensuração, análise e políticas públicas. *In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA INDUSTRIAL E INOVAÇÃO*, 6., 2022, Salvador, Bahia. **Anais...** Salvador: Abein, jun. 2022.
- FURTADO, A. T.; COSTA FILHO, E. J. Assessing the economic impacts of the China-Brazil resources satellite program. **Science and Public Policy**, v. 30, n. 1, p. 25-39, Feb. 2003.
- HIDALGO, C. A.; HAUSMANN, R. The building blocks of economic complexity. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 106, n. 26, p. 10570-10575, 2009.
- JAMES, A. The place of the UK defense industry in its national innovation system: co-evolution of national, sectoral and technological systems. *In: REPPY, J. (Ed.). The place of the defense industry in national systems of innovation*. New York: Cornell University, 2020. (Occasional Paper, n. 25).
- MOWERY, D. National security and national innovation systems. **The Journal of Technology Transfer**, Springer, v. 34, n. 5, p. 455-473, Oct. 2009.
- NEFFKE, F.; HENNING, M.; BOSCHMA, R. How do regions diversify over time? Industry relatedness and the development of new growth paths in regions. **Economic Geography**, v. 87, n. 3, p. 237-265, 2011.
- SHARIF, N. Emergence and development of the National Innovation Systems concept. **Research Policy**, v. 35, n. 5, p. 745-766, 2006.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

- BORGATTI, S. P. **NetDraw**: Graph visualization software. Analytic Technologies, Lexington, 2002.
- HIDALGO, C. A. Economic complexity theory and applications. **Nature Reviews Physics**, v. 3, p. 92-113, 2021.

12. Para maiores detalhes, ver Caliari *et al.* (2022).

Ipea – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

EDITORIAL

Coordenação

Aeromilson Trajano de Mesquita

Assistentes da Coordenação

Rafael Augusto Ferreira Cardoso

Samuel Elias de Souza

Supervisão

Camilla de Miranda Mariath Gomes

Everson da Silva Moura

Revisão

Alice Souza Lopes

Amanda Ramos Marques Honorio

Ana Clara Escórcio Xavier

Barbara de Castro

Cláudio Passos de Oliveira

Clícia Silveira Rodrigues

Olavo Mesquita de Carvalho

Regina Marta de Aguiar

Reginaldo da Silva Domingos

Brena Rolim Peixoto da Silva (estagiária)

Nayane Santos Rodrigues (estagiária)

Editoração

Anderson Silva Reis

Cristiano Ferreira de Araújo

Danielle de Oliveira Ayres

Danilo Leite de Macedo Tavares

Leonardo Hideki Higa

Capa

Leonardo Hideki Higa

Imagens da Capa

Banco Freepik (freepik.com)

Projeto Gráfico

Renato Rodrigues Bueno

*The manuscripts in languages other than Portuguese
published herein have not been proofread.*

Ipea – Brasília

Setor de Edifícios Públicos Sul 702/902, Bloco C

Centro Empresarial Brasília 50, Torre B

CEP: 70390-025, Asa Sul, Brasília-DF