

# RADAR

Tecnologia, Produção e Comércio Exterior







71

Dezembro | 2022

# RADAR

Tecnologia, Produção e Comércio Exterior

ipea

## Governo Federal

### Ministério da Economia

Ministro Paulo Guedes

# ipea

Instituto de Pesquisa  
Econômica Aplicada

Fundação pública vinculada ao Ministério da Economia, o Ipea fornece suporte técnico e institucional às ações governamentais – possibilitando a formulação de inúmeras políticas públicas e programas de desenvolvimento brasileiros – e disponibiliza, para a sociedade, pesquisas e estudos realizados por seus técnicos.

#### Presidente

Erik Alencar de Figueiredo

#### Diretor de Desenvolvimento Institucional

André Sampaio Zuvanov

#### Diretor de Estudos e Políticas do Estado, das Instituições e da Democracia

Flavio Lyrio Carneiro

#### Diretor de Estudos e Políticas Macroeconômicas

Marco Antônio Freitas de Hollanda Cavalcanti

#### Diretor de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais

Nilo Luiz Saccaro Junior

#### Diretor de Estudos e Políticas Setoriais, de Inovação, Regulação e Infraestrutura

João Maria de Oliveira

#### Diretor de Estudos e Políticas Sociais

Herton Ellery Araújo

#### Diretor de Estudos Internacionais

Paulo de Andrade Jacinto

#### Coordenador-Geral de Imprensa e Comunicação Social (substituto)

João Cláudio Garcia Rodrigues Lima

Ouvidoria: <http://www.ipea.gov.br/ouvidoria>

URL: <http://www.ipea.gov.br>

# RADAR

## Tecnologia, produção e comércio exterior

### Editor responsável

Rafael Leão

Radar : tecnologia, produção e comércio exterior / Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais de Inovação e Infraestrutura (Diset). – n. 1 (abr. 2009) - . - Brasília : Ipea, 2009-

Quadrimestral  
ISSN: 2177-1855

1. Tecnologia. 2. Produção. 3. Comércio Exterior.  
4. Periódicos. I. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais de Inovação e Infraestrutura (Diset).

CDD 338.005

© Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – ipea 2022

DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/radar71>

As publicações do Ipea estão disponíveis para *download* gratuito nos formatos PDF (todas) e EPUB (livros e periódicos).  
Acesse: <http://www.ipea.gov.br/portal/publicacoes>

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e inteira responsabilidade dos autores, não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada ou do Ministério da Economia.

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

# SUMÁRIO

---

<b>APRESENTAÇÃO</b>	<b>5</b>
<b>PERSPECTIVAS DO MERCADO DE DÍVIDA CORPORATIVA NO BRASIL A PARTIR DO PROJETO DE LEI DAS DEBÊNTURES DE INFRAESTRUTURA E DA MEDIDA PROVISÓRIA Nº 1.137/2022</b>	<b>7</b>
Katia Rocha	
<b>OS RECURSOS ENERGÉTICOS DISTRIBUÍDOS NO CONTEXTO DA MODERNIZAÇÃO DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO</b>	<b>11</b>
Rogério Diogne de Souza e Silva	
<b>INTERNET DAS COISAS NO BRASIL: BREVE DESCRIÇÃO DE POLÍTICAS E CASOS DE SUCESSO</b>	<b>17</b>
Luis Claudio Kubota Mauricio Benedeti Rosa	
<b>NÍVEL E TENDÊNCIA RECENTE DA P&amp;D DE DEFESA ESTATAL BRASILEIRA: RUMO À AUTONOMIA TECNOLÓGICA?</b>	<b>25</b>
Luís Felipe Giesteira	





# APRESENTAÇÃO<sup>1</sup>

A última edição do boletim *Radar* de 2022, de número 71, apresenta quatro trabalhos, sendo dois de infraestrutura e dois de inovação. Os dois primeiros textos sobre infraestrutura tratam de possíveis evoluções institucionais no sistema de financiamento dos investimentos em infraestrutura e da questão dos recursos energéticos distribuídos. O terceiro texto avança no debate a respeito de internet das coisas (IoT) trazendo uma discussão sobre políticas públicas para o caso brasileiro, e o quarto estudo discute o dispêndio estatal em pesquisa e desenvolvimento (P&D) no setor de defesa no Brasil.

O texto *Perspectivas do mercado de dívida corporativa no Brasil a partir do Projeto de Lei das Debêntures de Infraestrutura e da Medida Provisória nº 1.137/2022*, de autoria de Katia Rocha, discute a situação do Brasil no panorama global do mercado de títulos de dívida corporativa. Especificamente, é apresentada uma avaliação da importância de dois instrumentos legais, ainda em tramitação no Legislativo, para alavancar investimentos em infraestrutura no país.

Ainda sobre infraestrutura, o texto *Os recursos energéticos distribuídos no contexto da modernização do setor elétrico brasileiro* apresenta uma caracterização dos diversos recursos energéticos distribuídos e as perspectivas para o setor elétrico brasileiro. O autor Rogério Diogne de Souza e Silva discute sobre os avanços tecnológicos específicos do segmento de distribuição de energia elétrica e as necessidades de atualização regulatória para suportar novos modelos de negócio no país.

No tema inovação, Luis Claudio Kubota e Mauricio Benedeti Rosa avançam na discussão sobre IoT que foi iniciado na edição número 70 deste boletim. O texto *Internet das coisas no Brasil: breve descrição de políticas e casos de sucesso* faz um debate sobre os ganhos de produtividade na economia e casos concretos de aplicação dessa nova tecnologia, no contexto das políticas públicas e ações governamentais para apoiar o desenvolvimento da IoT no país.

Finalmente, o autor Luís Felipe Giesteira discute a busca de autonomia tecnológica para a defesa nacional. O texto *Nível e tendência recente da P&D de defesa estatal brasileira: rumo à autonomia tecnológica?* apresenta dados do orçamento brasileiro para comparar os gastos diretos com P&D realizados pelo governo federal com os gastos de algumas economias avançadas.

Rafael Leão

**Especialista em políticas públicas e gestão governamental na  
Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais, de Inovação, Regulação e Infraestrutura  
do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea) e editor deste *Radar***

1. DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/radar71apresentacao>





# PERSPECTIVAS DO MERCADO DE DÍVIDA CORPORATIVA NO BRASIL A PARTIR DO PROJETO DE LEI DAS DEBÊNTURES DE INFRAESTRUTURA E DA MEDIDA PROVISÓRIA Nº 1.137/2022<sup>1</sup>

Katia Rocha<sup>2</sup>

## SINOPSE

Este artigo apresenta a situação brasileira no panorama global do mercado de títulos de dívida corporativa e ressalta a relevância das iniciativas para alavancar o mercado de dívida privada no Brasil e contribuir para o desenvolvimento da infraestrutura como classe de ativos financeiros. Nesse sentido, destaca o Projeto de Lei das Debêntures de Infraestrutura (PL nº 2.646/2020), aprovado em 2021 na Câmara de Deputados, ainda em tramitação no Senado, e a Medida Provisória nº 1.137, de setembro de 2022, para desoneração do investidor estrangeiro, como medidas que podem atrair capital de longo prazo essencial para a expansão do setor nas próximas décadas.

**Palavras-chave:** Medida Provisória nº 1.137/2022; debêntures; infraestrutura.

## 1 INTRODUÇÃO

A infraestrutura inadequada, seja em termos de estoque, seja em termos de qualidade, é reconhecida como uma das principais barreiras ao crescimento econômico brasileiro. Na última década, investimentos em infraestrutura (público e privado) totalizaram média de 1,85% do produto interno bruto (PIB) ao ano (a.a.),<sup>3</sup> muito abaixo da necessidade estimada de cerca 4% do PIB a.a. para um crescimento sustentável.<sup>4</sup>

O desafio de superar as deficiências do setor no Brasil requer ação simultânea em várias frentes, que incluem equilíbrio macroeconômico, arcabouço regulatório, planejamento institucional e políticas de financiamento. Este último tópico envolve diversos aperfeiçoamentos para o desenvolvimento da infraestrutura como uma classe de ativos financeiros, capaz de atrair capital de longo prazo para fazer frente aos requisitos dos projetos. Para tanto, são necessárias melhorias na repactuação de contratos de concessão visando à sua transferência de controle e continuidade na prestação dos serviços públicos; nos mecanismos para desenvolvimento e ampliação do mercado de debêntures de infraestrutura; nas estruturas de financiamento via modelo de *project finance* (estruturação financeira de projetos); e no aumento da base de investidores, incluindo questões sobre emissões internacionais e estímulos a investidores institucionais, entre outros.

Para o desenvolvimento desse mercado, merecem destaques as recentes iniciativas do Projeto de Lei das Debêntures de Infraestrutura (PL nº 2.646/2020), aprovado em 2021 na Câmara de Deputados, ainda em tramitação no Senado, e a Medida Provisória nº 1.137 sobre desoneração do investidor estrangeiro, de setembro de 2022.

1. DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/radar71art1>

2. Técnica de planejamento e pesquisa na Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais, de Inovação, Regulação e Infraestrutura do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Diset/Ipea). E-mail: <[katia.rocha@ipea.gov.br](mailto:katia.rocha@ipea.gov.br)>.

3. Dados do portal Infralata (disponível em: <<http://infralata.info/en/home/>>) e de PPI (disponível em: <<https://ppi.worldbank.org/en/ppidata>>). Acesso em: 3 out. 2022.

4. Informação do Global Infrastructure Outlook. Disponível em: <<https://outlook.gihub.org/>>. Acesso em: 25 maio 2022.

O PL de Debêntures de Infraestrutura cria uma nova categoria dos títulos utilizados para captação de recursos financeiros, as chamadas debêntures de infraestrutura, ampliando as possibilidades de financiamento para projetos de infraestrutura no Brasil. Nesse contexto, pode ser vista como complementar a Lei de Debêntures Incentivadas (Lei nº 12.431/2011), que ampliou as alternativas de financiamento da infraestrutura ao promover o mercado de capitais como fonte de recursos de longo prazo. Enquanto a iniciativa de debêntures incentivadas buscou atrair pessoas físicas com incentivos fiscais como isenção de tributação no imposto de renda, as debêntures de infraestrutura têm por objetivo a atração de investidores institucionais e investidores estrangeiros.

Por sua vez, a Medida Provisória nº 1.137/2022 introduz nova alíquota zero de imposto de renda sobre rendimentos de investidores estrangeiros para incentivar e atrair o crédito externo para financiamento de títulos da dívida privada, eliminando a assimetria existente em relação aos investimentos externos em títulos da dívida pública que já são beneficiados com alíquota zero. Visa, portanto, ampliar o acesso de empresas brasileiras a capital estrangeiro.

Ambas as iniciativas contribuem para o desenvolvimento e a ampliação do mercado de títulos privados corporativos, que incluem as debêntures direcionadas à infraestrutura. Ademais, visam ao aumento da base de investidores nesse segmento e abrangem questões sobre atração de investidores institucionais e estrangeiros, emissões internacionais e desenvolvimento da infraestrutura como uma classe de ativos financeiros.

Este artigo situa o Brasil no panorama global do mercado de títulos de dívida corporativa, além de apontar a relevância das iniciativas propostas que possibilitam alavancar o mercado de dívida privada no país.

## 2 MERCADO DE TÍTULOS CORPORATIVOS: BRASIL *VERSUS* OCDE

O fortalecimento do mercado de títulos corporativos não financeiros, também chamado de mercado de dívida privada, é fundamental para a economia, pois permite a alocação eficiente de capital para financiamento de empresas e facilita o financiamento de toda uma cadeia de projetos de longo prazo, incluindo os de infraestrutura. Além disso, melhora a disciplina e saúde dos balanços das empresas; possibilita a precificação eficiente do risco de crédito e a diversificação de investidores institucionais e pessoas físicas; promove a inclusão das pequenas e médias empresas; e estimula a inovação de instrumentos financeiros, ampliando a eficiência e estabilidade do sistema financeiro.

A crise financeira global de 2008 destacou a necessidade de reduzir o domínio do sistema bancário no financiamento do setor corporativo, desenvolvendo o mercado de títulos corporativos, visto como elemento estabilizador em períodos de crise. Desde então, esse mercado teve expressivo crescimento no mundo todo.

O mercado brasileiro de dívida corporativa no Brasil – composto de instrumentos como debêntures, certificados de recebíveis imobiliários (CRIs), certificados de recebíveis do agronegócio (CRAs) e notas promissórias – é peça fundamental como fonte de recursos para as companhias brasileiras.<sup>5</sup> Esse mercado expandiu de 6% do PIB, em 2010, para 9% do PIB, em 2021, segundo dados do Bank for International Settlements (BIS),<sup>6</sup> em grande parte, consequência da Lei nº 12.431/2011 de debêntures incentivadas, bem como da nova dinâmica do papel de financiamento do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) a partir de 2016.

5. Maiores detalhes podem ser encontrados em CVM (2018).

6. Disponíveis em: <<https://bit.ly/3XOtHGo>>.

A tabela 1 apresenta o panorama global do mercado de renda fixa e componentes para alguns países em 2021 a partir de dados do BIS.<sup>7</sup> O mercado de renda fixa equivale ao estoque total de títulos privados corporativos – que abrangem corporações financeiras e não financeiras, além do estoque de títulos públicos, incluindo emissões domésticas e internacionais.

**TABELA 1**  
Mercado global de renda fixa e componentes  
(Em %)

País	PIB			Renda fixa	
	Mercado renda fixa total	Títulos corporativos não financeiros	Títulos públicos	Títulos corporativos não financeiros	Emissão internacional títulos corporativos não financeiros
Argentina	47	4	38	9	7
Brasil	130	9	85	7	1
Canadá	203	29	91	14	8
Chile	97	25	31	26	21
China	123	28	50	23	0
Colômbia	56	7	45	13	12
França	182	27	95	15	7
Alemanha	101	6	54	6	7
Índia	39	1	37	3	3
Indonésia	46	5	35	12	8
Itália	167	9	121	5	5
Japão	271	18	198	6	1
Malásia	127	52	63	41	1
México	73	16	42	23	18
Peru	43	9	27	20	19
Portugal	130	16	81	12	3
Rússia	30	8	16	27	4
África do Sul	86	7	62	8	3
Espanha	158	11	99	7	3
Turquia	29	2	22	6	5
Estados Unidos	214	32	112	15	2
Emergentes	74	12	44	15	6
OCDE	122	13	58	10	6

Fonte: BIS. Disponível em: <<https://bit.ly/3XOtHGo>>.

Elaboração da autora.

Obs.: OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico.

Observa-se que a proporção dos títulos corporativos não financeiros no Brasil de 9% do PIB (US\$ 149 bilhões) situa-se abaixo da média de 13% da OCDE e de 12% dos países emergentes. No entanto, no agregado total do mercado de renda fixa, o Brasil situa-se bem posicionado com 130% do PIB, equivalente a US\$ 2,1 trilhões, valor maior que a média da OCDE de 122% do PIB ou a dos países emergentes de 74% do PIB.

7. Os dados compilados pelo BIS incluem títulos da dívida total (TDS) e os títulos da dívida interna (DDS) reportados pelas autoridades nacionais. Os títulos da dívida internacional (IDS) são definidos e compilados pelo BIS a partir de fontes de dados comerciais. Disponíveis em: <<https://bit.ly/3XOtHGo>>.



Dessa forma, exercícios de previsão/simulação que conjecturem espaços para aumentos na oferta de títulos privados no Brasil devem ser cautelosos e analisar, conjuntamente, a composição do mercado de renda fixa como um todo e respectivos componentes. Observe que o volume de títulos públicos no Brasil corresponde a 85% do PIB, equivalente a US\$ 1,373 trilhão, bem acima da média da OCDE de 58% do PIB e dos países emergentes de 44% do PIB. Tal feito ilustra o efeito deslocamento (*crowding out*), no qual o mercado de títulos públicos (financiamento do governo) impõe limites a aumentos no mercado de dívida corporativa.

Quanto às emissões internacionais, o volume de emitido pelo Brasil para rubrica de títulos corporativos é de apenas 1% do PIB, muito abaixo da média de 6% do PIB da OCDE ou dos países emergentes, indicando que há espaço para maior colocação desses papéis no mercado internacional.

### 3 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

O mercado de debêntures incentivadas (instituídas pela Lei nº 12.431/2011) foi peça-chave no financiamento de projetos de longo prazo no setor de infraestrutura no Brasil na última década. O volume desse mercado aumentou sensivelmente até um estoque de R\$ 200 bilhões em julho de 2022, segundo Brasil (2022). Tal montante, no entanto, corresponde a apenas 2% do mercado de renda fixa no Brasil (US\$ 2,1 trilhões) e 27% do mercado total de dívida corporativa (US\$ 149 bilhões). A participação de investidores institucionais e estrangeiros nas debêntures de infraestrutura segue baixa – menos de 4% do total da distribuição (Brasil, 2022).

Em comparação ao mercado global, o mercado de dívida corporativa no Brasil (que inclui as debêntures) corresponde a 9% do PIB, também abaixo da média de 13% da OCDE e de 12% dos países emergentes.

Dada a necessidade de investimentos da ordem de R\$ 300 bilhões por ano até 2050 para expansão e aperfeiçoamento da infraestrutura no Brasil (CIP-Infra, 2021), a participação dos investidores institucionais e estrangeiros configura importante fonte de recursos para o desenvolvimento de longo prazo do setor.

Iniciativas como o Projeto de Lei das Debêntures de Infraestrutura (PL nº 2.646/2020), aprovado em 2021 na Câmara de Deputados, ainda em tramitação no Senado, e a Medida Provisória nº 1.137/2022, sobre desoneração do investidor estrangeiro, são meritórias e relevantes, no sentido que contribuem para o desenvolvimento e a ampliação do mercado de títulos privados corporativos no Brasil, e permitem o aumento da base de investidores institucionais e estrangeiros, para financiamento e desenvolvimento da infraestrutura como classe de ativos financeiros.

#### REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Economia. **Boletim Informativo de Debêntures Incentivadas**, n. 104, jul. 2022. Disponível em: <<https://bit.ly/3uiOqo9>>.

CIP-INFRA – COMITÊ INTERMINISTERIAL DE PLANEJAMENTO DA INFRAESTRUTURA. **Plano integrado de longo prazo da infraestrutura: 2021-2050**. Brasília: CIP-Infra, 2021. 159 p. Disponível em: <<https://bit.ly/3UqRUjh>>.

CVM – COMISSÃO DE VALORES MOBILIÁRIOS. **O mercado de dívida corporativa no Brasil: uma análise dos desafios e propostas para seu desenvolvimento**. CVM, 2018. Disponível em: <<https://bit.ly/3FhKdHQ>>.

# OS RECURSOS ENERGÉTICOS DISTRIBUÍDOS NO CONTEXTO DA MODERNIZAÇÃO DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO<sup>1</sup>

Rogério Diogne de Souza e Silva<sup>2</sup>

## SINOPSE

O setor de distribuição de energia elétrica evoluiu rapidamente nas últimas décadas, apresentando avanços tecnológicos significativos, destacando-se a digitalização, a transição energética para modelos com redução de emissões, e os recursos energéticos distribuídos, em consequência, novas demandas regulatórias e alteração dos modelos de negócio vigentes no Brasil são necessários. Neste contexto, apresenta-se a caracterização dos diversos recursos energéticos distribuídos, perspectivas e demandas para aplicação no setor elétrico brasileiro.

**Palavras-chave:** distribuição de energia elétrica; recursos energéticos distribuídos; setor elétrico.

## 1 INTRODUÇÃO

O setor de distribuição de energia elétrica está em plena evolução. A indústria da eletricidade evoluiu a um ritmo que lembra as transformações ocorridas no início do século XX. Esta evolução é impulsionada por vários fatores, principalmente pelo surgimento da geração distribuída, para atender às demandas da sociedade quanto à utilização de energias renováveis, à redução das emissões dos gases de efeito estufa (GEEs) e à eficiência energética, bem como à introdução de uma infinidade de novas tecnologias e soluções de controle, automação e eletrônica de potência. No cenário futuro, o protagonismo dos consumidores será ampliado por dispositivos de automação e controle, tal como edificações inteligentes integrarão o sistema de distribuição de forma ativa. Os recursos energéticos distribuídos, assim como a digitalização do sistema de distribuição de energia elétrica são totalmente correlacionados à transição energética para um setor elétrico com baixas emissões. Deloitte e Enel Brasil (2022) inferem que, em um cenário com emissões próximas a zero (*net zero*), no setor elétrico brasileiro até 2050, haverá a geração de 8 milhões de empregos relacionados ao mercado de transição energética, resultando no aumento do produto interno bruto (PIB) em 3%.

## 2 TRANSFORMAÇÕES NOS RECURSOS ENERGÉTICOS DISTRIBUÍDOS

Apresenta-se a seguir o contexto atual e as transformações esperadas para as próximas décadas no setor elétrico brasileiro a partir da incorporação de novas tecnologias para os diversos recursos energéticos distribuídos, como geração distribuída, armazenamento de eletricidade em baterias, eficiência energética, resposta da demanda e veículos elétricos. A reconfiguração desses recursos oferece novos desafios e novas oportunidades para a economia brasileira, num contexto de rápida migração para um modelo de baixo carbono e mais eficiência no uso de recursos energéticos.

1. DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/radar71art2>

2. Professor da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (Ufersa); e pesquisador do Subprograma de Pesquisa para o Desenvolvimento Nacional (PNPD) na Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais, de Inovação, Regulação e Infraestrutura do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Diset/Ipea). *E-mail*: <rogeriodss@ieee.org>.

## 2.1 Geração distribuída

O Brasil possui uma faixa de irradiação normal direta de 3,01 kWh/m<sup>2</sup> a 6,22 kWh/m<sup>2</sup> por dia. O maior potencial está localizado na bacia do rio São Francisco e nas áreas de Sobradinho, no Nordeste, além do norte de Minas Gerais e parte da região Centro-Oeste. A geração distribuída cresceu rapidamente nos últimos anos no Brasil. Atualmente, existe 1,29 milhão de unidades consumidoras gerando eletricidade, resultando em 13,7 GW de potência instalada de geração. A maioria das usinas instaladas são fotovoltaicas, ressaltando-se o aumento rápido e expressivo da geração distribuída no Brasil, houve um crescimento de aproximadamente 700% da capacidade instalada no período 2019-2022.<sup>3</sup> Observa-se que a atual potência instalada ultrapassou a previsão do Plano Decenal de Expansão de Energia 2029, de que a geração distribuída alcançaria 11,4 GW de capacidade instalada em 2029 (Brasil e EPE, 2020).

O cenário internacional aliado a condições internas favoráveis e a regulação permitindo a mini e a microgeração de energia distribuída pelas unidades consumidoras podem explicar tal fenômeno. A Resolução Normativa (RN) nº 482/2012 é a primeira a tratar o assunto, revisada posteriormente pela RNs nºs 687/2015 e 786/2017. Este aumento provocou a necessidade de rever as resoluções normativas, como referência principal a RN nº 482/2012, diante do risco da viabilidade dos sistemas de distribuição de energia elétrica com alta injeção de geração distribuída. O risco advém dos custos fixos e das variáveis embutidos na tarifa de energia elétrica, a unidade consumidora com mini ou microgeração, ao reduzir sua fatura, deixa de contribuir com as duas parcelas, embora não reduza os dois custos, pois continua utilizando a infraestrutura do sistema de distribuição. Dessa forma, os custos fixos são repassados aos demais consumidores. A Lei nº 14.300/2022, fruto da revisão das resoluções normativas citadas, surge como um marco legal para o setor de mini e microgeração de energia distribuída no Brasil.

## 2.2 Armazenamento de eletricidade em baterias

Os sistemas de armazenamento em bateria (*battery energy storage systems* – BESS) vêm sendo implantados nos diversos sistemas do setor elétrico, utilizados desde unidades consumidoras residenciais até o sistema interligado nacional. Como recurso energético distribuído, para consolidação do armazenamento em baterias atrás do medidor, deve ocorrer a definição de padrões técnicos e operacionais, estabelecimento de estruturas de avaliação e remuneração claras, permitir que os operadores do sistema de distribuição obtenham serviços de flexibilidade baseados no mercado de recursos de energia distribuída, bem como autorizar a participação de agregadores de recursos energéticos distribuídos no mercado livre de eletricidade.

Segundo Irena (2019), pelo lado da unidade consumidora, a potência instalada dos sistemas varia entre 0,01 MW e 1 MW, e as tecnologias mais propícias são lítio, chumbo e chumbo avançado. Para sistemas menores, como projetos residenciais com 0,01 MW de armazenamento e 0,02 MW de solar fotovoltaica, as baterias de lítio apresentam o menor custo variando entre 476 US\$/MWh e 735 US\$/MWh. Aplicações em instalações comerciais e industriais, em geral, não ocorre uso associado de geração de energia, o que eleva o custo do sistema de armazenamento. Considerando sistemas de 1 MW, o custo de baterias de lítio varia entre US\$ 829/MWh e US\$ 1.152/MWh.

Um estudo realizado por Greener e NewCharge (2021) avaliou a atratividade de projetos de armazenamento utilizando baterias atrás do medidor no Brasil. Para aplicações de redução do consumo no horário de ponta, a atratividade foi quantificada pela diferença entre as tarifas do horário de ponta e fora de ponta. Utilizado este critério, projetos no estado do Pará são mais atrativos, com unidades consumidoras atendidas pela concessionária Equatorial Energia Pará, seguidos pela Equatorial Energia Maranhão e Companhia de Eletricidade da Bahia (Coelba). Quanto à utilização de baterias para redução de demanda contratada, os estados com mais valor de demanda são Tocantins, Pará e Maranhão.

3. Disponível em: <<https://bit.ly/3fj1iQv>>. Acesso em: 3 out. 2022.



### 2.3 Eficiência energética e resposta da demanda

A eficiência energética constitui um recurso com grande potencial e baixo custo, que pode reduzir em torno de 20% o uso final de energia, com custos substancialmente menores que a implantação de novas fontes de geração, além de ser um excelente mecanismo de redução de emissões de carbono. No entanto, um desafio fundamental para a eficiência energética no setor de distribuição reside no fato de que o modelo tradicional de negócios do fornecedor de energia é baseado na recuperação de investimentos por meio da comercialização de unidades de energia. Esse modelo incentiva a venda de mais energia e obscurece a oportunidade de negócio que existe na implementação de medidas de eficiência energética. É necessária uma mudança de paradigma para incentivar os atores do mercado de energia a avaliarem a eficiência energética como recurso econômico e não como uma barreira ou desincentivo aos investidores.

Segundo IEA (2014), os países que adotam políticas com obrigações de eficiência energética tornaram-se propícios para melhor aproveitar toda a gama de benefícios da eficiência energética para todas as partes envolvidas no mercado de distribuição de eletricidade. Uma avaliação da diretiva da União Europeia (UE) – 2012/27/UE – estimou que o PIB poderia aumentar em 0,25% se as medidas de eficiência energética reduzirem em 15,4% a demanda de energia primária até 2020. Um estudo dos mercados da eletricidade na Alemanha demonstra que uma redução de 10% a 35% no consumo de eletricidade em 2035 diminuirá os custos de geração de eletricidade de US\$ 13,7 bilhões a US\$ 27,3 bilhões, respectivamente (Wünsch, 2014).

O Brasil possui dois grandes programas de incentivo à utilização eficiente de energia elétrica, o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel) e o Programa de Eficiência Energética (PEE), executados pelas concessionárias de distribuição de energia elétrica e regulado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), além de um histórico de políticas públicas envolvendo eficiência energética e conservação de energia (Brasil, 2008).

Ainda no contexto dos recursos energéticos distribuídos, tem-se a resposta da demanda, consistindo no gerenciamento e controle do consumo ou na demanda dos consumidores em função de necessidades sistêmicas. Nesse caso, a estrutura tarifária deve ser projetada de tal forma que envie sinais de preços apropriados, tais como tarifas dinâmicas e tarifas por tempo de utilização para prover adequada sinalização de preços aos consumidores finais de energia elétrica, permitindo que esses possam responder a variações no custo da energia.

Um exemplo de tarifa horária que estimula a resposta da demanda no Brasil é a tarifa branca, opção tarifária para as unidades consumidoras atendidas em baixa tensão (127V, 220V, 380V ou 440V), o denominado grupo B. A tarifa consiste em três postos horários, ponta com a tarifa mais elevada; intermediário com tarifa de valor intermediário; e fora ponta com tarifa de valor menor, mais baixo que a tarifa convencional. Como exemplo, uma unidade consumidora do grupo B, que opera no horário fora ponta atendida pela Equatorial Pará, pode alcançar uma economia de até 22,41%.

### 2.4 Veículos elétricos

No contexto das mudanças em curso no setor elétrico, a eletromobilidade tem-se destacado. Estudos inferem que na categoria de veículos leves no Brasil, considerando um cenário de referência com transição energética longa, em 2050, os veículos híbridos serão protagonistas, representando 61% dos licenciamentos, seguidos dos veículos à combustão interna, com 28% e 11% de veículos elétricos. Mesmo em um cenário mais otimista de transição energética curta, com mais eletromobilidade, os veículos híbridos em 2050 ocupariam 85%, enquanto os veículos elétricos, 15% (Brasil e EPE, 2018).

A inserção de veículos elétricos no cenário global foi modelada por Kapustin e Grushevenko (2020), e o horizonte simulado foi o de 2040. Os dados obtidos indicam um aumento na frota de veículos elétricos de passeio da ordem de 12% para um cenário de referência; e de 28% para um cenário favorável. Tal mudança refletirá no

consumo energético, resultando na participação de 82% de derivados do petróleo e 11% de eletricidade no cenário de referência; e de 59% de consumo de derivados de petróleo e 32% de eletricidade no cenário favorável. Com isso, os autores preveem um aumento global no consumo de eletricidade de 7% a 10% nos cenários de referência e favorável, respectivamente. Deve-se ressaltar que, nos países com mais apoio estatal aos veículos elétricos, o impacto será maior, como Estados Unidos, China, Japão e UE, e, em alguns casos, a demanda de energia elétrica apenas para veículos elétricos de passeio atingirá um terço do uso final de eletricidade do país. Segundo Deloitte e Enel Brasil (2022), a mobilidade elétrica é atualmente mais competitiva no transporte público e vem gerando economias significativas no transporte privado. No entanto, a partir de 2025, os carros elétricos passam a ser uma opção mais barata do que os carros tradicionais movidos a combustível fóssil.

Um exemplo de tecnologia que deve movimentar um mercado promissor são as estratégias de carga e descarga de baterias de veículos elétricos conhecidas como rede para veículo (*grid to vehicle* – G2V) e veículo para rede (*vehicle to grid* – V2G). Consistem em sistemas de carga, G2V; e descarga, V2G, de baterias, bem como o controle de quando fazê-los, tornando o veículo elétrico um elemento ativo nos sistemas de energia elétrica. Em um cenário com horizonte 2030 para o estado da Califórnia, Estados Unidos, projeta-se que a inserção de 3,3 milhões de veículos elétricos pode mitigar a geração excessiva em aproximadamente 4 TWh, potencialmente economizando para o estado cerca de US\$ 20 bilhões em custos de investimento de capital em tecnologias de armazenamento com baterias em escala de rede (Triel e Lipman, 2020).

No Brasil, segundo a RN nº 819/2018, os consumidores podem instalar estações de recarga em suas unidades consumidoras. Também “é permitida a exploração comercial por terceiros (não proprietários de veículos elétricos). Em relação à cobrança pela atividade de recarga quando realizada por demais interessados, o art. 9º da mesma resolução estabelece que “é permitida a recarga de veículos elétricos de propriedade distinta do titular da unidade consumidora, inclusive para fins de exploração comercial a preços livremente negociados” (Aneel, 2018).

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observa-se que o rápido avanço tecnológico, o aumento da produção e a redução de custo de aquisição dos diversos recursos energéticos distribuídos, que podem ser utilizados atrás do medidor, ou seja, no interior das unidades consumidoras, estão avançando antes de definições e regulamentos específicos. O acesso destes recursos ao sistema de distribuição de eletricidade no Brasil deve ocorrer em breve, a exemplo do que já ocorre em outros países. No Brasil, haverá um grande mercado de prestadores de serviço para atender esse setor, vendendo energia como serviço, em um cenário competitivo, com oportunidades de redução de custo ao usuário final. Há uma grande atratividade de mercado e devem ser priorizados os projetos por elevada taxa interna de retorno, além de ações que gerem impacto de políticas ambientais e *environmental, social and corporate governance* (ESG). Neste cenário provável, um novo mercado de energia elétrica surgirá no Brasil, com novas tecnologias e novos modelos negócios.

#### REFERÊNCIAS

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Resolução Normativa nº 819, de 19 de junho de 2018. Estabelece os procedimentos e as condições para a realização de atividades de recarga de veículos elétricos. **Diário Oficial da União**, Brasília, n. 128, p. 70, 5 jul. 2018. Seção 1.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Plano nacional de eficiência energética**: premissas e diretrizes básicas. Brasília: SPE, 2008.

BRASIL; EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Potencial dos recursos energéticos no horizonte 2050**. Brasília: MME; Rio de Janeiro: EPE, set. 2018. (Série Recursos Energéticos, Nota Técnica PR, n. 4/18).

\_\_\_\_\_. **Plano decenal de expansão de energia 2029**. Brasília: MME; Rio de Janeiro: EPE, 2020.

- DELOITTE; ENEL BRASIL. Caminhos para a transição energética no Brasil. *In*: WORKSHOP RESULTADOS, 3., 26 set. 2022, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Deloitte; Enel Brasil, 2022. Disponível em: <<https://bit.ly/3CCQmNq>>.
- GREENER; NEWCHARGE. **Mercado de armazenamento**: aplicações, tecnologias e análises financeiras. Greener, 2021.
- IEA – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Capturing the multiple benefits of energy efficiency**. Paris: IEA, 2014.
- IRENA – INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY. **Innovation landscape brief: behind-the-meter batteries**. Abu Dhabi: Irena, 2019. Disponível em: <<https://bit.ly/34MUIZC>>.
- KAPUSTIN, N. O.; GRUSHEVENKO, D. A. Long-term electric vehicles outlook and their potential impact on electric grid. **Energy Policy**, v. 137, Feb. 2020.
- TRIEL, F. van; LIPMAN, T. E. Modeling the future California electricity grid and renewable energy integration with electric vehicles. **Energies**, v. 13, 12 Oct. 2020.
- WÜNSCH, M. (Coord.). **Benefits of energy efficiency on the German power sector**: final report of a study conducted by Prognos AG and IAEW. Berlin: Agora Energiewende, Apr. 2014.





# INTERNET DAS COISAS NO BRASIL: BREVE DESCRIÇÃO DE POLÍTICAS E CASOS DE SUCESSO<sup>1,2</sup>

Luis Claudio Kubota<sup>3</sup>

Mauricio Benedeti Rosa<sup>4</sup>

## SINOPSE

A internet das coisas (IoT) é composta por redes de comunicação entre dispositivos e a internet mais ampla. Entre potenciais ganhos de produtividade para a economia com a adoção da internet das coisas, pode-se citar a redução: de perdas por extravio de carga, do tempo de internação pós-operatória, de desperdício devido a vazamentos de água ou gases, de perdas no campo devido à infestação de pragas nas colheitas e criação de animais, entre inúmeras outras. O Brasil possui um sistema setorial de inovação desenvolvido, com capacidade para gerar e implementar as tecnologias necessárias. O país desenvolveu também um plano de IoT bem elaborado e com uma boa governança de acompanhamento. Finalmente, várias iniciativas mencionadas no texto anterior mostram o potencial de desenvolvimento da IoT no país.

**Palavras-chave:** internet das coisas; TIC; inovação.

## 1 INTRODUÇÃO

Ao contrário de tecnologias de informação e comunicação (TICs) de gerações anteriores, cuja implantação em grande parte era mais restrita ao ambiente corporativo, a tríade de tecnologias IoT, computação em nuvem e na borda e inteligência artificial é aplicável às mais variadas áreas da atividade humana. Pode, por exemplo, ser utilizada na segurança pública (monitoramento de imagens), saúde (monitoramento remoto de pacientes), infraestrutura (monitoramento de tubulações), entre outros.

Por conseguinte, os ganhos potenciais de produtividade e de bem-estar podem beneficiar todos os cidadãos, e não apenas empresas e consumidores. Entre potenciais ganhos de produtividade para a economia com a adoção da IoT, pode-se citar a redução de: perdas por extravio de carga; tempo de internação pós-operatória; desperdício devido a vazamentos de água ou gases; perdas no campo devido à infestação de pragas nas colheitas e criação de animais, entre inúmeras outras.

Na interface entre as telecomunicações e a produção, está em evolução o que se chama de internet das coisas (IoT), que é composta por redes de comunicação entre dispositivos e a internet mais ampla (Edquist, Goodridge e Haskel, 2021). Com a realização dos leilões da quinta geração de comunicação móvel (5G) – que se caracteriza pela alta velocidade e baixa latência –, observa-se a difusão da comunicação entre sensores e dispositivos.

1. DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/radar71art3>

2. Os autores agradecem as valiosas informações sobre internet das coisas (IoT) fornecidas por Guilherme Correa e Karina Vidal (Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações – MCTI), Alaercio Silva e Pedro Veillard (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – Mapa), Dario Thober (Wernher von Braun), Bruno Sousa (Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial de São Paulo – Senai-SP), Júlio Martorano (Trópico) e Luis Lucinger (Universidade de Brasília – UnB). Quaisquer erros e omissões são de responsabilidade dos autores.

3. Pesquisador na Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais, de Inovação, Regulação e Infraestrutura do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Diset/Ipea). *E-mail:* <luis.kubota@ipea.gov.br>.

4. Pesquisador do Subprograma de Pesquisa para o Desenvolvimento Nacional (PNPD) na Diset/Ipea. *E-mail:* <mb.rosa@unesp.br>.

É interessante notar como várias dessas tecnologias podem ser integradas. Phasinam *et al.* (2022) mostram um sistema de irrigação baseado em IoT e arquitetura de computação em nuvem, nas quais os dados são armazenados e analisados por meio de técnicas de aprendizado de máquina.

O artigo está organizado em três seções, além desta introdução. A seção 2 apresenta uma descrição do Plano Nacional de Internet das Coisas e das políticas de fomento à IoT; a seção 3 traz casos de sucesso de introdução da IoT no Brasil; e a seção 4 encerra com as considerações finais.

## 2 BREVE DESCRIÇÃO DO PLANO NACIONAL DE INTERNET DAS COISAS E DAS POLÍTICAS DE FOMENTO À IOT

A Lei nº 8.248, de 23 de outubro de 1991 (Lei de Informática), a Lei nº 13.969, de 26 de dezembro de 2019, e o Decreto nº 10.356, de 20 de maio de 2020, são os principais instrumentos legais que tratam de investimentos de empresas em pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) no setor de TICs no Brasil.<sup>5</sup> A primeira nasceu com uma proposta claramente protecionista, mas já foi adaptada para atender aos princípios da Organização Mundial do Comércio (OMC), após reclamações de países-membros àquele órgão.

Em síntese, empresas que exerçam atividades de desenvolvimento ou produção de bens de TICs que atendem à Lei de Informática e ao Decreto nº 10.356/2020 fazem jus a créditos financeiros. Esse arcabouço jurídico propiciou o desenvolvimento de diversos institutos de pesquisa de TICs, notadamente na região de Campinas-SP,<sup>6</sup> mas também em outras regiões, como Santa Rita do Sapucaí-MG,<sup>7</sup> Florianópolis-SC<sup>8</sup> e Recife-PE.<sup>9</sup>

O desenvolvimento das bases para o plano nacional de IoT teve início no final de 2016 com a assinatura de um acordo de cooperação entre o então Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) e o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), os quais avaliaram um conjunto de iniciativas em parceria com o consórcio formado pela consultoria McKinsey, pela Fundação Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações (CPQD) e pelo escritório Pereira Neto & Macedo Advogados, este que conduziu um amplo estudo para realizar diagnóstico detalhado e propor políticas públicas no âmbito da IoT.<sup>10</sup>

O estudo foi desenvolvido em quatro fases, entre 2017 e 2018, e gerou 28 documentos. Na primeira fase, foram elaborados *benchmark* (ponto de referência) internacional e *roadmap* (roteiro) tecnológico, além de aspirações do Brasil para IoT, análises de oferta e demanda para delimitação de verticais de aplicação de IoT e análise de horizontais como forma de diagnosticar “os principais elementos estruturais do país que influenciam na complexidade e no impacto do desenvolvimento de IoT” (BNDES e Brasil, 2017, p. 2). Na segunda fase, detalhou-se a metodologia para priorização das verticais – cidades; saúde; rural; e indústria – e horizontais selecionadas – capital humano; inovação e inserção internacional; infraestrutura de conectividade e interoperabilidade; e regulatório, segurança e privacidade.

Na terceira fase, cada um dos ambientes priorizados teve suas ações detalhadas conforme: i) identificar desafios do ambiente e definir metas e objetivos; ii) priorizar e detalhar casos de uso; iii) realizar análise de focos

5. Para maiores detalhes, ver: <<https://bit.ly/3B4Ajx0>>. Acesso em: 16 out. 2022.

6. Ver, por exemplo: <<https://www.cpqd.com.br/>>; <<https://www.eldorado.org.br/>>; e <<https://wvblabs.com.br/>>. Acesso em: 10 nov. 2022.

7. Ver, por exemplo: <<https://inatel.br/home/>>. Acesso em: 10 nov. 2022.

8. Ver, por exemplo: <<https://certi.org.br/>>. Acesso em: 10 nov. 2022.

9. Ver, por exemplo: <<https://www.sidi.org.br/>>; e <<https://www.cesar.org.br/>>. Acesso em: 10 nov. 2022.

10. Disponível em: <<https://bit.ly/3gRl1bQ>>. Acesso em: 3 out. 2022.

tecnológicos por caso de uso priorizado; e iv) elaborar plano de ação.<sup>11</sup> Ainda, entre os documentos, tem-se o relatório final do estudo, o qual traz tanto os projetos mobilizadores quanto a estrutura e as iniciativas do plano de ação. A quarta e última fase discorreu sobre seções já dispostas no relatório final, incluindo o modelo de governança e detalhes quanto aos projetos mobilizadores: plataformas de inovação e centros de competência; observatório de IoT; e cartilha das cidades. Por fim, o último documento foi referente ao desenho da estrutura de monitoramento do plano.

O Decreto nº 9.854, de 25 de junho de 2019, instituiu o Plano Nacional de Internet das Coisas reforçando, em seu art. 1º, “a finalidade de implementar e desenvolver a internet das coisas no país e, com base na livre concorrência e na livre circulação de dados, observadas as diretrizes de segurança da informação e de proteção de dados pessoais” (Brasil, 2019).

Como forma de incentivar o desenvolvimento e a adoção da IoT no cenário nacional, diversas instituições oferecem linhas de financiamento, suporte técnico, entre outros. Esta seção abordará, em mais detalhes, algumas dessas oportunidades.

## 2.1 Políticas de fomento do lado da demanda

O BNDES Crédito Serviços 4.0<sup>12</sup> é um financiamento para contratação de serviços tecnológicos, credenciados pelo BNDES, associados à otimização da produção, à viabilização de projetos de manufatura avançada e à implantação de soluções de cidades inteligentes e outros similares. A IoT representa uma das categorias definidas como serviços tecnológicos, ao lado de, por exemplo, digitalização e manufatura avançada. Esse crédito do BNDES pode ser solicitado por empresas sediadas no país, administração pública e produtores rurais, e o banco pode ter participação de até 100% do investimento, com prazo total de dez anos, incluindo carência de até dois anos.

Uma parceria entre Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (Fiesp), Centro das Indústrias do Estado de São Paulo (Ciesp), Senai-SP e Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas de São Paulo (Sebrae-SP) lançou, em maio de 2022, a Jornada de Transformação Digital,<sup>13</sup> um programa com capacidade para atender, em quatro anos, a 40 mil micro, pequenas e médias indústrias de todos os segmentos industriais no estado de São Paulo, com diferentes níveis de maturidade tecnológica. O atendimento pode envolver até oito etapas de consultoria e treinamento:

- diagnóstico – identificação de oportunidades para melhorias nos processos de negócios;
- estratégia – (re)definição do modelo de negócios;
- otimização de processos – por meio de estudos envolvendo os conceitos de manufatura enxuta e eficiência energética;
- mapeamento – *roadmap* tecnológico rumo à indústria inteligente;
- automação – soluções em *hardware* e *software*;
- digitalização – implantação de tecnologias habilitadoras da indústria 4.0;
- integração – integrações verticais e horizontais da cadeia produtiva; e
- indústria inteligente – desenvolvimento de soluções inteligentes possibilitando predição e adaptação dos processos industriais.

11. Disponível em: <<https://bit.ly/3UpSCx5>>. Acesso em: 3 out. 2022.

12. Disponível em: <<https://bit.ly/3ukFNty>>. Acesso em: 6 out. 2022.

13. Disponível em: <<https://bit.ly/3H2m60T>>. Acesso em: 7 out. 2022.

## 2.2 Políticas de fomento do lado da oferta

A Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) e o MCTI lançaram, em 2020, o primeiro edital<sup>14</sup> visando ao fomento e à seleção de projetos de inovação nas temáticas agro 4.0, cidades inteligentes, indústria 4.0 e saúde 4.0 por meio da concessão de recursos de subvenção econômica para o desenvolvimento de produtos, processos e/ou serviços inovadores no escopo das respectivas linhas temáticas e tecnologias habilitadoras. O montante disponibilizado de recursos não reembolsáveis do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT) totalizou R\$ 50 milhões, sendo R\$ 45 milhões divididos igualmente entre as áreas de agro 4.0, indústria 4.0 e saúde 4.0, e R\$ 5 milhões para a área de cidades inteligentes. Em setembro de 2022, o MCTI e a Finep divulgaram nova seleção pública de subvenção econômica à inovação com foco em empresas *startups* em tecnologias habilitadoras,<sup>15</sup> nas linhas temáticas de nanotecnologia, fotônica, acústica, materiais avançados e robótica.

A Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (EMBRAPII) oferece o Programa Prioritário (PPI) em IoT/Manufatura 4.0,<sup>16</sup> aprovado pelo MCTIC, um mecanismo adicional para que as empresas beneficiadas pela Lei da Informática (nº 8.248/1991) cumpram com as responsabilidades de PD&I. Nesse caso, os percentuais de gastos externos e internos em P&D podem ser depositados no PPI, cumprindo assim com a obrigação para obter o benefício fiscal previsto na lei. A EMBRAPII conta com uma rede de unidades credenciadas – centros de pesquisas de excelência com profissionais altamente qualificados, com atuação em todo o Brasil – para desenvolver projetos com os recursos do PPI em IoT/Manufatura 4.0.

## 3 CASOS DE SUCESSO

### 3.1 Mineração

A Vale utiliza caminhões autônomos de mineração na mina de Brucutu, em São Gonçalo do Rio Abaixo-MG, desde 2016. Desde 2019, todos os 13 caminhões em operação são autônomos. A Vale já implementou, no total, 27 caminhões fora da estrada, 20 perfuratrizes e 34 máquinas de pátio (FIEMG, 2022).

Os caminhões são controlados por sistemas informatizados, GPS, radares e inteligência artificial. Sensores mapeiam de forma contínua o relevo, objetos e pessoas, evitando atropelamento e colisões. O maior ganho com a introdução da tecnologia é o incremento da segurança. Desde o início do projeto, não houve acidentes causados pelos caminhões autônomos (FIEMG, 2022).

Em Itabira-MG, as perfuratrizes autônomas apresentaram redução de 7,3% no consumo de combustível (aproximadamente 1,2 mil litros/ano), na comparação com as tripuladas. A redução equivalente de carbono (2.966 tCO<sub>2</sub>) necessitaria de uma área equivalente a 22 mil metros quadrados de florestas (FIEMG, 2022).

Em Brucutu, os pneus tiveram acréscimo de 25% na vida útil, mesmo percentual correspondente ao aumento da vida útil dos motores. Dado que a troca de cada motor custa R\$ 2,5 milhões (FIEMG, 2022), trata-se de um interessante exemplo de contribuição da IoT para a produtividade da firma e da economia.

14. Disponível em: <<https://bit.ly/3ulcGGd>>. Acesso em: 6 out. 2022.

15. Disponível em: <<https://bit.ly/3uimKzJ>>. Acesso em: 7 out. 2022.

16. Disponível em: <<https://bit.ly/3Fjcl0v>>. Acesso em: 7 out. 2022.



## 3.2 Agricultura

O Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações (CPqD), com apoio da Finep e do BNDES, elaborou o projeto AgroTICs, que desenvolveu uma rede móvel privada e de banda larga, específica para áreas remotas, e participou do desenvolvimento de uma rede móvel privada para o grupo São Martinho. A solução desenvolvida pelo CPqD é composta de uma estação rádio base e de terminais veiculares adaptados aos requisitos operacionais das usinas de cana.

A empresa possui um centro de operações agrícolas, onde todos dados do campo são controlados em tempo real. Por meio da utilização de inteligência artificial, processos e o desempenho dos equipamentos são otimizados, e potenciais pragas, detectadas (São Martinho, 2020).

## 3.3 Monitoramento de cargas<sup>17</sup>

Outro exemplo foi o desenvolvimento – pelo Centro de Pesquisas Avançadas Wernher von Braun – da *tag* de ultra-alta frequência utilizada por milhões de veículos nos pedágios brasileiros, bem como dos sensores para identificar, rastrear e autenticar bens produzidos no Brasil (The Technology Headlines, 2019).

A solução do instituto foi a primeira do mundo a utilizar criptografia avançada, e a instituição participou de modo decisivo na redação da norma internacional sobre o assunto (ISO 29167/10).

Um modelo de negócios de mobilidade como serviço permite o comissionamento de equipamentos de rede já disponíveis e viabiliza o rastreamento de ativos e cargas em veículos em rodovias no centro-sul e litoral do país, de modo já compatível com a Lei Geral de Proteção de Dados. Esse tipo de tecnologia tem potencial de reduzir o elevado sobrepreço no valor dos produtos, em função do alto risco do roubo de carga no país, que representam valores superiores a R\$ 1 bilhão em 2021, de acordo com levantamentos do setor.<sup>18</sup>

## 3.4 Cidades inteligentes

O município de São José dos Campos foi o primeiro do Brasil a ser certificado como cidade inteligente. Para atingir esse feito, foram investidos recursos tecnológicos, inclusive tecnologia de IoT. Com a implantação do serviço Sigpark, que utiliza mais de 4 mil dispositivos, os motoristas recebem a informação de onde há maior concentração de vagas livres para estacionar nas ruas da cidade (Com o título..., 2021).

17. Para maiores detalhes, ver Palestra... (2022).

18. Para maiores detalhes, ver NTC&Logística... (2022).

FIGURA 1

Serviço Sigpark em São José dos Campos



Fonte: Foto de Claudio Vieira, Prefeitura Municipal de São José dos Campos.

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Se o Brasil perdeu oportunidades em décadas anteriores no setor de eletroeletrônicos, existem notícias alvissareiras que permitem um maior otimismo no que diz respeito à IoT. Em primeiro lugar, o país possui um sistema setorial de inovação com capacidade para gerar e implementar as tecnologias necessárias. O Brasil desenvolveu também um plano de IoT bem elaborado e com uma boa governança de acompanhamento. Finalmente, várias iniciativas mencionadas na seção 3 mostram o potencial de desenvolvimento da IoT no país. Em suma, o Brasil está bem servido do lado da oferta, mas precisa ser capaz de escalar os casos de sucesso, bem como fomentar a adoção pelas pequenas e médias empresas e pelos empreendimentos agrícolas.

## REFERÊNCIAS

- BNDES – BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL; BRASIL. **Produto 3**: análise de oferta e demanda. Brasília: BNDES; MPDG; MCTIC, 2017. (Relatório Diagnóstico das Horizontais). Disponível em: <<https://bit.ly/3BsrbfF>>. Acesso em: 3 out. 2022.
- BRASIL. Decreto nº 9.854, de 25 de junho de 2019. Institui o Plano Nacional de Internet das Coisas e dispõe sobre a Câmara de Gestão e Acompanhamento do Desenvolvimento de Sistemas de Comunicação Máquina a Máquina e Internet das Coisas. **Diário Oficial da União**, Brasília, p. 10, 26 jun. 2019.
- COM O TÍTULO de cidade inteligente, São José dos Campos investe em IoT. **TI Inside**, 29 abr. 2021. Disponível em: <<https://bit.ly/3iuThjx>>. Acesso em: 26 out. 2022.
- EDQUIST, H.; GOODRIDGE, P.; HASKEL, J. The internet of things and economic growth in a panel of countries. **Economics of Innovation and New Technology**, v. 30, n. 3, p. 262-283, 3 Apr. 2021.
- FIEMG – FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Uso de caminhões autônomos na mineração aumenta segurança e reduz emissões de carbono. **Valor Econômico**, 30 ago. 2022. Disponível em: <<https://bit.ly/3EWcF0j>>.
- NTC&LOGÍSTICA divulga pesquisa do roubo de cargas 2021. **NTC&Logística Notícias**, 18 abr. 2022. Disponível em: <<https://bit.ly/3VJlKaz>>. Acesso em: 17 out. 2022.
- PALESTRA Dario Sassi Thober - Centro Wernher Von Braun. [S.l.]: [s.n.], 2022. 1 vídeo (30 min). Disponível em: <<https://bit.ly/3Foio0E>>. Acesso em: 16 out. 2022.
- PHASINAM, K. *et al.* Application of IoT and cloud computing in automation of agriculture irrigation. **Journal of Food Quality**, v. 2022, p. 1-8, 18 Jan. 2022.
- SÃO MARTINHO. **Relatório anual e de sustentabilidade**: safra 2019/2020. São Martinho, 2020. Disponível em: <<https://bit.ly/3UqEZOm>>. Acesso em: 16 out. 2020.
- THE TECHNOLOGY HEADLINES. Von Braun Labs: an advanced institute dedicated to science and innovation. **The Technology Headlines**, v. 5, n. 2, ago. 2019.



# NÍVEL E TENDÊNCIA RECENTE DA P&D DE DEFESA ESTATAL BRASILEIRA: RUMO À AUTONOMIA TECNOLÓGICA?<sup>1</sup>

Luís Felipe Giesteira<sup>2</sup>

## SINOPSE

Políticas para a indústria de defesa se baseiam fundamentalmente em dois instrumentos: uso do poder de compra e pesquisa e desenvolvimento (P&D) estatal. O segundo é indispensável porque o risco tecnológico envolvido é insuportável para as empresas contratadas. A partir da Estratégia Nacional de Defesa de 2008, o Brasil passou a perseguir a autonomia tecnológica no setor, a qual se baseia na realização de projetos estratégicos voltados para o desenvolvimento e produção nacional de itens como radares, míssil manobrável, cargueiro militar, submarinos, entre outros. A Classificação por Funções de Governo (Classification of the Functions of Government – Cofog) permite comparar os gastos diretos com P&D de defesa brasileiros com os dos países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) desde 2010. Observa-se um patamar expressivo e maior que o de algumas economias avançadas, mas dificilmente suficiente para promover autonomia tecnológica em sentido mais amplo. Em contrapartida, o possível crescimento ocorrido no final dos anos 2000 cessou e a trajetória recente é de estagnação.

**Palavras-chave:** defesa; base industrial de defesa; P&D de defesa.

O debate acadêmico sobre o papel da P&D militar está profundamente imbricado com o caso dos Estados Unidos e dos países do *tier 2* – Reino Unido e França – da indústria aeroespacial e de defesa ocidental. De forma geral, considera-se que esse tipo de atividade cumpre dois papéis essenciais: redução do risco tecnológico e da assimetria de informação entre contratantes e contratados. A P&D militar seria, assim, um ingrediente essencial do sistema da aquisição militar – ao menos nas principais potências (Rogerson, 1995; Williamson, 1967). Países periféricos típicos não fazem ou fazem apenas marginalmente, em caráter adaptativo, P&D militar.

A partir dos anos 1980, um subgrupo entre esses países passou a ser objeto de atenção dos especialistas (Wulf, 1983; Maldifassi e Abetti, 1994). No entanto, considerava-se que as capacidades tecnológicas envolvidas seriam superficiais, e os desenvolvimentos existentes se restringiriam basicamente a cópia e produção sob licença. Nos últimos quinze anos, a ascensão dos BRICS e de outros países “não tradicionais” no mercado global fomentou a retomada desse debate, amiúde destacando mais a importância da busca de capacidade tecnológica própria, algumas vezes referida como *self-reliance*.

A base industrial de defesa brasileira foi considerada, até o final dos anos 1980, um caso de sucesso paradigmático entre países do “terceiro mundo”. Não apenas se destacava por seu porte e capacidade de abastecimento das Forças Armadas (doravante FAs) brasileiras como por sua competitividade, inclusive em equipamentos anteriormente restritos a poucos países avançados (Wulf, 1983; Franko-Jones, 1986;

1. DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/radar71art4>

2. Especialista em políticas públicas e gestão governamental lotado na Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais, de Inovação, Regulação e Infraestrutura do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Diset/Ipea). E-mail: <felipe.giesteira@ipea.gov.br>.



Maldifassi e Abetti, 1994). Franko-Jones (1986) destaca a confiabilidade e o baixo custo da oferta brasileira como decisivos para a competitividade. Kapstein (1991) e Maldifassi e Abetti (1994), outrossim, avaliam como destacada a posição competitiva brasileira. Wulf (1983) assinala como diferencial a existência de uma base industrial diversificada e a capacidade de projeto autóctone. Dagnino (1989) apresenta interessante hipótese, segundo a qual há esforço e desenvolvimento tecnológico significativos, mas pouco articulados com os principais equipamentos almejados pelo país. Para ele, boa parte desse esforço é realizado nos institutos tecnológicos das FAs, com as firmas trabalhando em relativo isolamento.

Mais recentemente, Squeff (2016), como parte de um amplo projeto de mapeamento e catalogação da infraestrutura de instituições científicas, tecnológicas e de inovação (ICTs) brasileiras liderado pelo Ipea, avaliou um conjunto de 44 estabelecimentos operados diretamente pelas FAs.<sup>3</sup> Entre outros pontos, a autora destaca:

- a pequena escala das entidades consideradas, com apenas seis delas com receitas superiores a R\$ 1 milhão anuais, em linha com o padrão dos demais setores avaliados no estudo no Brasil, mas em contraste com o padrão internacional do setor;
- a autoavaliação (realizadas pelos coordenadores de cada laboratório) negativa – neste caso, abaixo da média nacional – da adequação da estrutura disponível para o tipo de pesquisa realizada;
- em contraste com o anterior, a impressão de 82% dos entrevistados de que os recursos humanos disponíveis são apropriados – bastante acima da média geral; e
- o alto nível de interação externa, em particular com empresas, superior ao de todos demais setores pesquisados (61%).

Um outro aspecto notável é que grande parte das infraestruturas pesquisadas foi fundada após 1990 – portanto, após o período áureo das exportações de equipamento de defesa pelo Brasil. Com efeito, apesar de a busca por autonomia tecnológica em defesa – referida como *technological self-reliance* em alguns países – poder ser datada de meados dos anos 1970, apenas recentemente os documentos oficiais passaram a explicitá-la e a indicar como será atingida.<sup>4</sup>

Nunes e Svartman (2019) localizam, no debate sobre a redefinição do papel das FAs diante das mudanças estruturais ocorridas nos anos 1990, a percepção da questão tecnológica como aspecto crucial da “grande estratégia” brasileira. No entanto, praticamente todos os autores brasileiros situam, na Política de Defesa Nacional, de 2005, e, mais claramente, na Estratégia Nacional de Defesa, de 2008, a efetiva elevação da capacidade tecnológica ao patamar de objetivo relevante da política de defesa brasileira.

3. A autora destaca haver outros núcleos com atividades de pesquisa, desenvolvimento e emprego (PD&E) nas FAs brasileiras, mas que esses, via de regra, não constituem estruturas separadas.

4. A expressão *autonomia tecnológica* é de uso comum nos documentos de defesa brasileiros desde 2008, mas apenas na versão de 2020 da Política Nacional de Defesa há uma definição aproximada ao se considerar que sua promoção “significa manter e estimular a pesquisa e buscar o desenvolvimento de tecnologias autóctones, sobretudo as mais críticas na área de Defesa” (Brasil, 2022). No livro branco de defesa, a expressão é outrossim associada a um conjunto de “tecnologias indispensáveis”. Na literatura internacional sobre política de defesa, o conceito de *self-reliance* é comumente relacionado à capacidade de um país tomar decisões na área sem depender do apoio ou consentimento de outros. A Austrália e a Índia o empregam desde os anos 1970 como próximo de *self-sufficiency* –, portanto no sentido de capacidade de produzir os meios necessários à defesa nacional. Desde o final dos anos 1990, essa acepção foi alterada para a capacidade de projetar e desenvolver tais meios, assumindo-se implicitamente que essa capacidade dispensa sua produção corriqueira, a qual pode ser realizada em caso de crises, dada a capacidade tecnológica. Nenhum desses países divulga metas para a aferição desse objetivo, mas se aceita como métrica nacional o progresso nos grandes projetos de defesa liderados por empresas ou por ICTs nacionais. No caso brasileiro, são eles o KC-390, o FX-2, o Sistema Astros, o sistema de vigilância Sisfron, o programa de blindados modulares Guarani e o programa de submarinos, embora haja outros programas e subprogramas relevantes e tecnologicamente desafiadores em andamento.

Embora haja fontes fidedignas de gastos militares agregados para praticamente todos os principais países há décadas, indicadores de capacidade industrial e/ou tecnológica na área seguem, quarenta anos após o fim da Guerra Fria, pouco publicizados e ambíguos (Brzoska, 2019; Silva, 2019; Giesteira e Mattos, 2022). O EU Industrial R&D Investment Scoreboard<sup>5</sup> exhibe dados por empresas, sendo o “setor” de *aerospace and defense* (A&D) um dos listados. Naturalmente, outras fontes como o Community Innovation Survey<sup>6</sup> permitem observar dados de acordo com classificações de atividades econômicas internacionalmente comparáveis, mas a defesa adere muito imperfeitamente a esta, haja vista que parte significativa de suas compras advém de setores cuja produção é total ou majoritariamente de emprego militar (como a CNAE 25.5). Conforme Giesteira e Mattos (2022), mesmo no Brasil, predominam aquisições oriundas das indústrias aeronáutica, automotiva, naval e, mais que todos e crescentemente, de tecnologia da informação e comunicação (TIC).

Existem estudos acadêmicos diversos sobre a P&D militar, mas apenas nos Estados Unidos, na França e no Reino Unido é comum o debate aberto sobre prioridades em grandes projetos que envolvem P&D (Guichard, 2005; Mowery, 2009; Liechtenberg, 1995). Essa preocupação não é surpreendente: além de envolverem recursos de dezenas de bilhões, depende do seu sucesso a proeminência e a manutenção da capacidade de influenciar e o prestígio internacional desses países. Nos Estados Unidos, em particular, é possível acessar informações detalhadas sobre projeções, execução, objetivos etc. da grande parte dos projetos que envolvem esforço de P&D significativo no Congressional Research Service (Sargent Junior, 2022).

No Brasil, o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) compila dados de execução de P&D federal por órgão graças ao esforço notável da Coordenação de Indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação (COICT).<sup>7</sup> Os dados do Sistema Integrado de Planejamento e Orçamento (Siop) também permitem estimativas a partir da execução das ações orçamentárias, mas, quando estas descrevem programas ou atividades de um órgão que envolvem outras atividades, é impossível separar dispêndios com P&D. Outro limitador dessas informações e das compiladas pela MCTI é sua incomparabilidade internacional.

A adesão do Brasil ao sistema Cofog utilizado pela OCDE e pelo Fundo Monetário Internacional (FMI) alterou fundamentalmente essa situação.<sup>8</sup> É possível observar os dispêndios do setor *defesa* em cinco funções distintas, das quais uma é P&D – no Brasil e na maior parte dos países da OCDE. Os dados brasileiros são acessíveis pelo sítio do Tesouro<sup>9</sup> e os internacionais (às vezes assistemáticos) pelo do FMI,<sup>10</sup> da OCDE<sup>11</sup> e do Eurostat.<sup>12</sup> Ao todo, é possível encontrar informações para 37 economias, das quais as maiores estão destacadas no gráfico 1, no qual os gastos anuais estão expressos em escala logarítmica.

5. Disponível em: <<https://bit.ly/3H9pDKY>>.

6. Disponível em: <<https://bit.ly/3VPQiAv>>.

7. Dados disponíveis em: <<https://bit.ly/3B9MoKU>>.

8. A metodologia Cofog não é totalmente compatível com a utilizada nas pesquisas de inovação como a Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica (Pintec) e a Community Innovation Survey (European Union, 2019). No entanto, é a primeira a permitir efetiva comparação dessa variável para um rol expressivo de países, sendo exceções entre as potências militares apenas a China, a Rússia, a Índia e o Irã.

9. Disponível em: <<https://bit.ly/3VOZkhl>>.

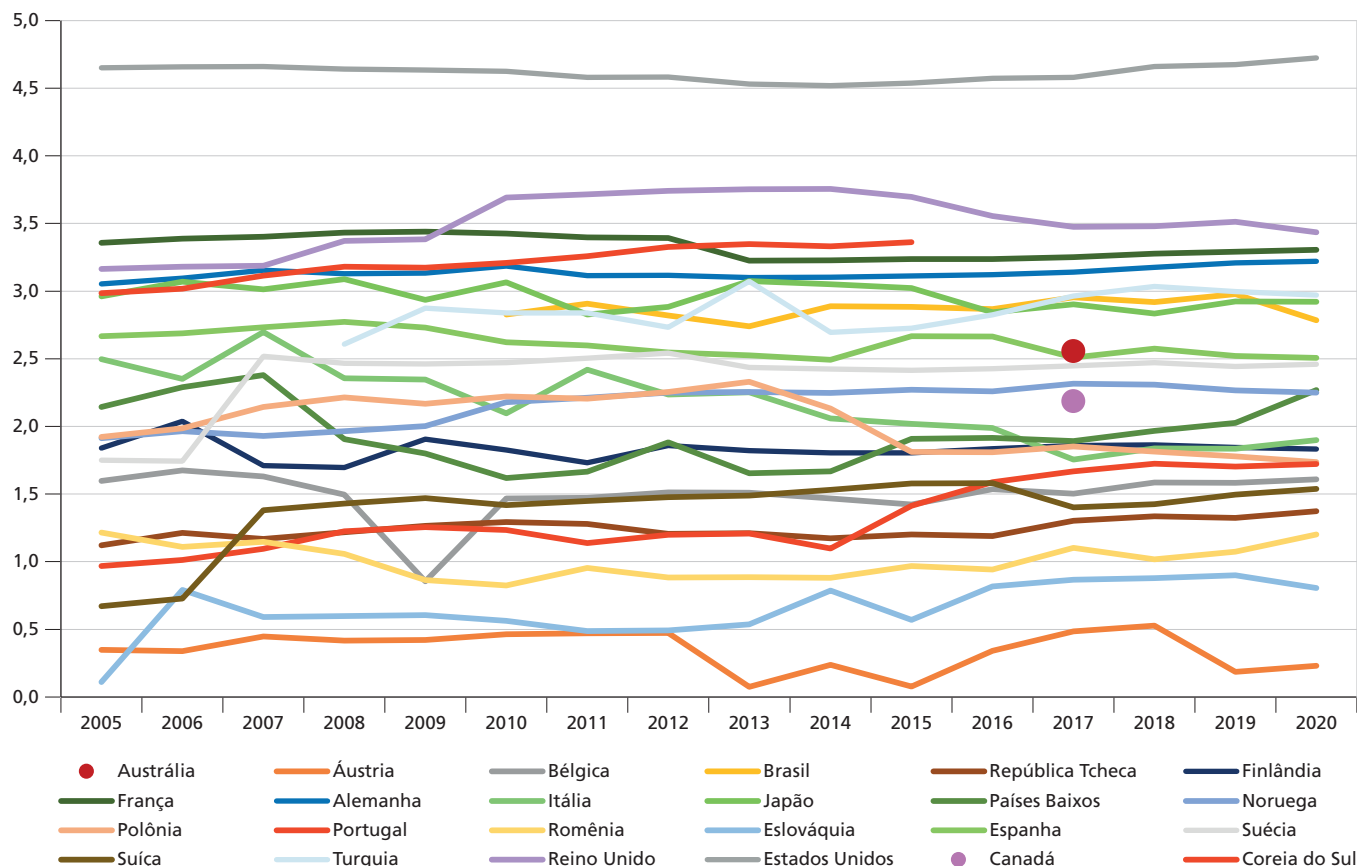
10. Disponível em: <<https://bit.ly/3ulWNQ5>>.

11. Disponível em: <<https://bit.ly/3XV7Kpg>>.

12. Disponível em: <<https://bit.ly/3FapZi2>>.

**GRÁFICO 1**

Dispêndios oficiais em P&D de defesa em países selecionados da União Europeia, da OCDE e do Brasil (2005-2020)  
(Em logaritmo – base 10 – do valor em US\$ 1 milhão de PPP correntes)



Fontes: Tesouro (disponível em: <<https://bit.ly/3VOZkhl>>); OECD Stat (disponível em: <<https://bit.ly/3XV7Kpg>>); Eurostat (disponível em: <<https://bit.ly/3FapZi2>>); e IMF World Economic Outlook Database (disponível em: <<https://bit.ly/3ulWNQ5>>). Acesso em: 15 set. 2022.

O volume de dispêndios desse grupo (todos 37 países), como salientado na literatura especializada, é muito expressivo, tendo ultrapassado US\$ 62 bilhões de PPP em 2020. Possivelmente, a peculiaridade do ano final afetou de forma negativa esse volume em alguns países, como o Reino Unido, o Brasil, a Eslováquia e a Turquia, mas aparentemente teve pouco efeito de forma geral.

Ainda quanto ao movimento geral, destaca-se a participação dos Estados Unidos, que perfazem mais de cinco sextos do total reportado pelos países da amostra. Mesmo em escala logarítmica, seu patamar – acima de US\$ 50 bilhões de PPP nos últimos anos – se destaca, evidenciando outrossim expressivo crescimento a partir de 2013.

Além desse país, diversos outros apontaram claro crescimento, mas quase todos são pequenos. Entre os países relevantes, a Alemanha, a Turquia e a Coreia do Sul também expandiram esse dispêndio, sendo notável o caso desta última, que, segundo Sargent Junior (2020), superou o Reino Unido e passou a ser o país com o segundo maior P&D militar entre os membros da OCDE. Em sentido oposto, a Itália e a Espanha apresentam queda notável, sobretudo a primeira.

É expressivo o patamar de gastos brasileiro, e surpreendente ao se considerar o desinteresse nacional pelo tema *defesa* e a posição relativamente modesta do país como inovador. Os dados utilizando a metodologia Cofog indicam que o país é o oitavo maior investidor em P&D de defesa no âmbito global (11º se considerarmos que

a China, a Rússia e, possivelmente, a Índia e Israel<sup>13</sup> também estão em patamar superior). Em contrapartida, o desempenho parece coerente com a insistente menção ao tema da autonomia tecnológica nos documentos da área a partir de 2008.

O fato de o país só dispor de estatísticas por esse padrão após 2010 limita a verificação dessa hipótese. Esse lapso pode em parte ser compensado com as estimativas de gastos com ciência e tecnologia (C&T) por ministério elaboradas pela COICT/MCTI. Os gastos com P&D são, como se sabe, parte, geralmente significativa, dos gastos com C&T. No entanto, os dados do MCTI apresentam-se significativamente inferiores aos de P&D estimados pelo método Cofog para o período em que ambas as séries existem, de 2010 a 2019, mas mostram evolução semelhante, exceto em 2018 e 2019. As informações referentes ao intervalo 2005 a 2010 apontam expressivo crescimento, em média de 29% ao ano, em valores reais (deflacionados pelo IPCA). Essa tendência é aderente aos dispêndios com as ações orçamentárias referentes aos projetos estratégicos mencionados neste texto,<sup>14</sup> conforme apontado por Borne, Giesteira e Couto (2022), segundo os quais esses dispêndios saem de um patamar de aproximadamente 20% do total do investimento em defesa para mais de 70% entre 2005 e 2010, correspondentes a uma expansão de 93% reais na média do período.

É importante ressaltar que os dados de 2021 pelo método Cofog já disponíveis aprofundam a queda real na passagem de 2019 para 2020. Embora pareça prematuro deduzir uma tendência descendente, os dados sugerem que um possível emparelhamento do gasto em P&D da defesa brasileira com o de países como França e Reino Unido – uma possível medida de efetivo aumento da autonomia tecnológica – mantém-se distante.

## REFERÊNCIAS

- BRASIL. **Política Nacional de Defesa e Estratégia Nacional de Defesa**. Brasília, 22 jul. 2022. Disponível em: <<https://bit.ly/3PrqV6l>>. Acesso em: 14 set. 2022.
- BRZOSKA, M. Combining data on military demand and supply for arms production estimates. **The Economics of Peace and Security Journal**, v. 14, n. 2, p. 42-54, 2019.
- COUTO, L.; GIESTEIRA, L. F.; BORNE, T. Regras orçamentárias e programas estratégicos: decifrando a lógica do orçamento do Ministério da Defesa. *In*: COUTO, L.; RODRIGUES, J. M. (Org.). **Governança orçamentária no Brasil**. Brasília: Ipea, 2022. No prelo.
- DAGNINO, R. **A indústria de armamentos brasileira: uma tentativa de avaliação**. 1989. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1989.
- EUROPEAN UNION. **Manual on sources and methods for the compilation of COFOG statistics** – 2019 edition. Luxembourg: Publications Office, 2019.
- FRANKO-JONES, P. M. **The Brazilian defense industry**. 1986. Doutorado (Tese) – University of Notre Dame, Notre Dame, 1986.
- GIESTEIRA, L. F.; MATOS, P. de O. Compras públicas em defesa. *In*: RAUEN, A. T. (Org.). **Compras públicas para inovação no Brasil: novas possibilidades legais**. Brasília: Ipea, 2022. No prelo.
- GUICHARD, R. Suggested repositioning of defence R&D within the French system of innovation. **Technovation**, v. 25, n. 3, p. 195-201, 2005.
- KAPSTEIN, E. B. The Brazilian defense industry and the international system. **Political Science Quarterly**, v. 105, n. 4, p. 579-596, 1991.

13. Rússia 2017 = US\$ 17,33 bilhões de PPP; China 2011 = US\$ 17,21 bilhões de PPP; Índia 2020 = US\$ 2,10 bilhões de PPP.

14. Ver nota de rodapé número 3.

- LIECHTENBERG, F. Economics of defense R&D. *In*: HARTLEY, K.; SANDLER, T. (Ed.). **Handbook of defense economics**. Amsterdam: Elsevier, 1995. v. 1, p. 431-457.
- MALDIFASSI, J. O.; ABETTI, P. A. **Defense industries in Latin American countries: Argentina, Brazil, and Chile**. Westport: Praeger, 1994.
- MOWERY, D. National security and national innovation systems. **The Journal of Technology Transfer**, v. 34, n. 5, p. 455-473, Oct. 2009.
- NUNES, R. C.; SVARTMAN, E. M. Dilemas da grande estratégia das Forças Armadas do Brasil nos anos 1980 e 1990: o debate interno em um sistema internacional em transição. **Revista Debates**, Porto Alegre, v. 13, n. 2, p. 171-194, maio-ago. 2019.
- ROGERSON, W. P. Incentive models of the defense procurement process. *In*: HARTLEY, K.; SANDLER, T. (Ed.). **Handbook of defense economics**. Amsterdam: Elsevier, 1995. v. 1, p. 309-346.
- SARGENT JUNIOR, J. F. **Government expenditures on defense research and development by the United States and other OECD countries**: fact sheet. Washington: Congressional Research Service, 28 Jan. 2020. (CRS Report, n. R45441). Disponível em: <<https://bit.ly/3Y1RFOI>>.
- \_\_\_\_\_. (Coord.). **Federal Research and Development (R&D) – funding: FY2022**. Washington: Congressional Research Service, 19 Jan. 2022. (CRS Report, n. R46869). Disponível em: <<https://bit.ly/3P3AjwB>>.
- SILVA, D. L. Brazil: reassessing Brazil's arms industry. *In*: HARTLEY, K.; BELIN, J. (Ed.). **The economics of the global defence industry**. London: Routledge, 2019. p. 482-505.
- SQUEFF, F. H. S. Sistema setorial de inovação em defesa: análise do caso do Brasil. *In*: DE NEGRI, F.; SQUEFF, F. de H. S. (Org.). **Sistemas setoriais de inovação e infraestrutura de pesquisa no Brasil**. Brasília: Ipea; Finep; CNPq, 2016. v. 1, p. 63-114.
- WILLIAMSON, O. E. The economics of defense contracting: incentives and performance. *In*: MCKEAN, R. N. (Ed.). **Issues in defense economics**. New York: National Bureau of Economic Research, 1967. p. 217-278.
- WULF, H. Developing countries. *In*: BALL, N.; LEITENBERG, M. **The structure of the defense industry: an international survey**. London; Canberra: Croom Helm, 1983. p. 332-366.

#### BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

- HARTLEY, K. The arms industry, procurement and industrial policies. *In*: HARTLEY, K.; SANDLER, T. (Ed.). **Handbook of defense economics**. Amsterdam: Elsevier, 2007. v. 2, p. 1139-1176.
- PAARLBERG, R. L. Knowledge as power: science, military dominance, and US security. **International Security**, v. 29, n. 1, p. 122-151, 2004.



## **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

Ana Clara Escórcio Xavier

Barbara de Castro

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

Correio eletrônico: [livraria@ipea.gov.br](mailto:livraria@ipea.gov.br)



## Missão do Ipea

Aprimorar as políticas públicas essenciais ao desenvolvimento brasileiro por meio da produção e disseminação de conhecimentos e da assessoria ao Estado nas suas decisões estratégicas.



ISSN 2177-1855

