



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

CENTRO SÓCIOECONÔMICO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PROPRIEDADE INTELECTUAL E  
TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA PARA A INOVAÇÃO - PROFNIT

Joel Eloi Belo Junior

**Desenvolvimento de indicadores de inovação e transferência de tecnologia em  
políticas de compensação:** um estudo aplicado ao comando da aeronáutica.

Florianópolis

2026

Joel Eloi Belo Junior

**Desenvolvimento de indicadores de inovação e transferência de tecnologia em políticas de compensação: um estudo aplicado ao comando da aeronáutica.**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação do Centro Socioeconômico da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Mestre em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Richartz.

Florianópolis

2026

Ficha catalográfica gerada por meio de sistema automatizado gerenciado pela BU/UFSC.  
Dados inseridos pelo próprio autor.

Belo Junior, Joel Eloi

Desenvolvimento de indicadores de inovação e transferência de tecnologia em políticas de compensação : um estudo aplicado ao comando da aeronáutica. / Joel Eloi Belo Junior ; orientador, Fernando Richartz, 2026.

134 p.

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Socioeconômico, Programa de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação, Florianópolis, 2026.

Inclui referências.

1. Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação. 2. Transferência de tecnologia. 3. Indicadores de Inovação. 4. Compensação Tecnológica (Offset). 5. Propriedade Intelectual. I. Richartz, Fernando. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação. III. Título.

Joel Eloi Belo Junior

**Desenvolvimento de indicadores de inovação e transferência de tecnologia em políticas de compensação: um estudo aplicado ao comando da aeronáutica.**

O presente trabalho em nível de Mestrado foi avaliado e aprovado, em vinte e quatro de fevereiro de 2026, pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Gilberto Mohr Corrêa, Dr.  
Instituto Tecnológico da Aeronáutica

Prof. Mauro Catharino Vieira da Luz, Dr.  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

Prof. Breno Ricardo de Araújo Leite, Dr.  
Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial

Certificamos que esta é a versão original e final do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de Mestre em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação.



Documento assinado digitalmente  
**Irineu Afonso Frey**  
Data: 02/03/2026 10:38:17-0300  
CPF: \*\*\*.206.200-\*\*  
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Irineu Afonso Frey, Dr.  
Coordenador do Programa de Pós-Graduação



Documento assinado digitalmente  
**Fernando Richartz**  
Data: 02/03/2026 12:31:27-0300  
CPF: \*\*\*.736.559-\*\*  
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Fernando Richartz, Dr.  
Orientador

Florianópolis, 2026.

Dedico este trabalho à minha esposa, Laura, pelo apoio constante, pela compreensão nos momentos de ausência e pelo incentivo incondicional ao longo de toda a trajetória acadêmica. Às minhas filhas, Isadora e Larissa, razão maior de cada esforço, fonte diária de inspiração e motivação para seguir adiante.

## **AGRADECIMENTOS**

Este mestrado representou um marco fundamental para o meu desenvolvimento pessoal e acadêmico, ampliando não apenas minhas competências científicas, mas também minha capacidade de reflexão crítica e de contribuição institucional. Mais do que uma etapa de formação, compreendo esta trajetória como uma oportunidade colocada por Deus em minha vida, que me permitiu, após ter saído de casa aos 14 anos para integrar as fileiras da Força Aérea Brasileira, voltar a conviver de perto com meus pais durante um período tão significativo. A proximidade cotidiana, o apoio constante e a partilha de cada desafio ao longo desses dois anos conferiram a este curso um significado que transcende o campo acadêmico. Nesse contexto, Florianópolis ocupa um lugar central e singular em minha história de vida, por ter sido o local que me deu uma base sólida para alçar o voo inicial na carreira militar e, também, o início efetivo de minha vida operacional, a partir de onde realizei a maior parte de minhas decolagens e pousos, aprofundando a Ilha do Campeche ou a Baía Sul, acumulando mais de mil horas de voo sobre o mar, em um ambiente que moldou não apenas minhas habilidades técnicas, mas também minha responsabilidade, disciplina e tomada de decisão. Florianópolis também me ensinou o amor pelas praias e pela natureza, foi o cenário onde conheci minha esposa e o local do nascimento de minhas filhas, consolidando-se como espaço de formação pessoal, familiar, profissional e operacional. Agradeço, primeiramente, ao Grande Arquiteto do Universo, por permitir e acompanhar cada passo da minha vida, concedendo discernimento, saúde e perseverança para a conclusão deste trabalho. Ao Coronel Breno, tutor, incentivador e amigo, pelo apoio permanente, pelas orientações firmes e pela confiança depositada ao longo de toda a trajetória acadêmica. Aos Coronéis Allan e Winckler, pelo comando exercido no CCAER, pela autorização para participação no processo seletivo e, sobretudo, pelo incentivo institucional e pessoal que tornaram viável esta etapa de formação. Ao Coronel Gabriel, pelo incentivo constante e por ser exemplo de vida, postura e dedicação profissional. Ao Professor Doutor Fernando Richartz, orientador deste trabalho, pela condução segura, pela postura ética e pela dedicação acadêmica, fundamentais para o amadurecimento científico desta pesquisa. Ao Professor Doutor Irineu, coordenador do PROFNIT/UFSC, pela exemplar condução do curso, pela disponibilidade e pela amizade, que tornaram esta trajetória mais sólida e significativa. Aos amigos Eduardo Duque, exemplo de superação e motivação; Rodrigo Romero,

incentivador permanente e referência de organização, comprometimento e disciplina; e André Moura, incentivador, colega acadêmico e apoio constante, atuando como olhos e ouvidos na Base Aérea de Florianópolis, cujas contribuições foram decisivas para o desenvolvimento das atividades relacionadas à pesquisa. Por fim, agradeço de forma especial aos meus pais, Belão e Ivone, que estiveram presentes em todos os momentos ao longo desses dois anos de curso, oferecendo apoio incondicional, incentivo diário e participação direta em cada etapa dessa caminhada, tornando possível a concretização deste trabalho.

## RESUMO

Esta dissertação tem como objetivo propor indicadores de inovação e de transferência de tecnologia aplicáveis a projetos de compensação tecnológica no âmbito do Comando da Aeronáutica. Trata-se de uma pesquisa aplicada, de abordagem qualitativa, com caráter exploratório e descritivo. O método adotado envolve estudo de caso, com análise documental baseada em dados provenientes de auditoria do Tribunal de Contas da União, regulamentos oficiais e acesso institucional ao Instituto de Fomento e Coordenação Industrial, no Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial, incluindo a participação de especialistas dessa organização na discussão, estruturação e refinamento dos indicadores propostos. Como estratégia metodológica para a seleção e organização dos indicadores, utiliza-se o método ProKnow-C, possibilitando a construção de um portfólio bibliográfico alinhado ao tema. A pesquisa identificou a ausência de critérios objetivos e de indicadores sistematizados para a avaliação de contratos de compensação tecnológica, o que dificulta a mensuração da efetividade da transferência de tecnologia e de seus desdobramentos em inovação e impacto. A partir dessa lacuna, foram desenvolvidos grupos de indicadores organizados nas categorias de esforço, resultado e impacto, permitindo análises integradas e aderentes à lógica de projetos de transferência de tecnologia e às políticas públicas de defesa. A proposta foi confrontada com os questionamentos apresentados pelo Tribunal de Contas da União no âmbito da auditoria do Acordo de Compensação 004/DCTA-COPAC/2014. Como principal produto, apresenta-se um modelo estruturado de indicadores voltado à avaliação e ao monitoramento das políticas de compensação tecnológica na área de defesa, com potencial de aplicação institucional e de apoio à governança, à tomada de decisão e ao alinhamento entre gestão pública e controle externo.

**Palavras-chave:** Transferência de tecnologia; Compensação Tecnológica (*Offset*); Indicadores de Inovação.

## ABSTRACT

This dissertation aims to propose innovation and technology transfer indicators applicable to technological compensation projects within the scope of the Brazilian Air Force. It is an applied research study, adopting a qualitative approach with an exploratory and descriptive design. The methodological strategy is based on a case study supported by documentary analysis, drawing on data from an audit conducted by the Brazilian Federal Court of Accounts, official regulatory documents, and institutional access to the Institute for Industrial Development and Coordination within the Department of Aerospace Science and Technology. This process included the participation of experts from that organization in the discussion, structuring, and refinement of the proposed indicators. For the selection and organization of indicators, the ProKnow-C method was employed, enabling the construction of a bibliographic portfolio aligned with the research theme. The study identified the absence of objective criteria and systematized indicators for the evaluation of technological compensation contracts, which hinders the measurement of the effectiveness of technology transfer and its subsequent outcomes in terms of innovation and impact. To address this gap, groups of indicators were developed and organized into effort, outcome, and impact categories, allowing for integrated analyses consistent with the logic of technology transfer projects and public defense policies. The proposed indicators were confronted with the issues raised by the Brazilian Federal Court of Accounts in the audit of Compensation Agreement 004/DCTA-COPAC/2014. As the main output, the study presents a structured indicator model aimed at evaluating and monitoring technological compensation policies in the defense sector, with potential for institutional application and support for governance, decision-making, and alignment between public management and external oversight.

**Keywords:** Technology transfer; Offset agreement; Innovation indicators.

## LISTA DE GRÁFICOS

|                                             |    |
|---------------------------------------------|----|
| Gráfico 1: Citações dos artigos .....       | 53 |
| Gráfico 2: periódicos mais relevantes ..... | 55 |

## LISTA DE QUADROS

|                                                                                                                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Quadro 1: Artigos selecionados após etapa de filtragem .....                                                                                                | 34 |
| Quadro 2: Indicadores de inovação propostos pela Comissão Europeia .....                                                                                    | 35 |
| Quadro 3: Principais indicadores de inovação discutidos no livro "The Springer Handbook of Science and Technology Indicators" .....                         | 36 |
| Quadro 4: Indicadores de potencial de inovação em micro, pequenas e médias empresas (MSMEs) .....                                                           | 37 |
| Quadro 5: Indicadores tecnológicos propostos no livro "The Palgrave Handbook of Economic Performance Analysis" .....                                        | 39 |
| Quadro 6: Indicadores de inovação para pequenas e médias empresas (PMEs).....                                                                               | 41 |
| Quadro 7: Indicadores-chave de desempenho (KPIs) para o processo de inovação                                                                                | 42 |
| Quadro 8: Principais indicadores de inovação em organizações .....                                                                                          | 45 |
| Quadro 9: Principais indicadores de inovação propostos no livro " <i>Indicators used to measure service innovation and manufacturing innovation</i> " ..... | 46 |
| Quadro 10: Principais indicadores de inovação propostos no artigo " <i>Towards a Multivariate Innovation Index</i> " .....                                  | 47 |
| Quadro 11: Lentes utilizadas para realização da análise sistêmica .....                                                                                     | 56 |
| Quadro 12: Indicadores identificados nos artigos analisados .....                                                                                           | 60 |
| Quadro 13: Proposta inicial de indicadores .....                                                                                                            | 69 |
| Quadro 14: E1 – Volume Total de Treinamento (H/m) .....                                                                                                     | 77 |
| Quadro 15: E2 – Percentual de Work Packages (WPs) Entregues vs. Previstos .....                                                                             | 78 |
| Quadro 16: E3 – Percentual de Projetos em Áreas Estratégicas .....                                                                                          | 79 |
| Quadro 17: E4 – Fator Multiplicador Médio Aplicado.....                                                                                                     | 80 |
| Quadro 18: E5 – Número de Pesquisadores Envolvidos em Projetos de TT .....                                                                                  | 82 |
| Quadro 19: R1 – Taxa de Progressão de Nível Tecnológico .....                                                                                               | 84 |
| Quadro 20: R2 – Percentual de Tecnologias Internalizadas .....                                                                                              | 85 |
| Quadro 21: R3 – Taxa de Retenção de Profissionais Capacitados .....                                                                                         | 86 |
| Quadro 22: R4 – Aplicação Prática dos Work Packages no Brasil .....                                                                                         | 88 |
| Quadro 23: R5 – Grau de Nacionalização de Componentes e Processos.....                                                                                      | 89 |
| Quadro 24: R6 – Evolução do Índice de Autonomia Operacional .....                                                                                           | 91 |
| Quadro 25: R7 – Produção de Propriedade Intelectual .....                                                                                                   | 92 |
| Quadro 26: R8 – Laboratórios e Infraestruturas de Pesquisa Estruturados .....                                                                               | 94 |
| Quadro 27: R9 – Montante de P&D Induzido no Brasil.....                                                                                                     | 95 |

|                                                                          |     |
|--------------------------------------------------------------------------|-----|
| Quadro 28: R10 – Redes de Cooperação em C&T Formadas .....               | 96  |
| Quadro 29: R11 – Adoção de Normas Técnicas e Padrões .....               | 99  |
| Quadro 30: I1 – Impacto em Exportações / Novos Contratos .....           | 100 |
| Quadro 31: I2 – Cooperação Nacional e Internacional Gerada .....         | 101 |
| Quadro 32: I3 – Sustentabilidade da Capacidade Tecnológica .....         | 103 |
| Quadro 33: I4 – Investimento Adicional Captado .....                     | 105 |
| Quadro 34: I5 – Inserção da BID em Cadeias Globais de Fornecimento ..... | 106 |
| Quadro 35: I6 – Crescimento de Empregos Qualificados na BID .....        | 108 |
| Quadro 36: Ajuste dos indicadores (comparativo) .....                    | 109 |
| Quadro 37: Indicadores ajustados.....                                    | 112 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|                |                                                                                                |
|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>BID</b>     | Base Industrial de Defesa                                                                      |
| <b>CAPES</b>   | Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior                                    |
| <b>COMAER</b>  | Comando da Aeronáutica                                                                         |
| <b>COPAC</b>   | Comissão Coordenadora do Programa Aeronave de Combate                                          |
| <b>DCA</b>     | Diretriz do Comando da Aeronáutica                                                             |
| <b>DCTA</b>    | Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial                                              |
| <b>ED</b>      | Estratégias de Defesa                                                                          |
| <b>END</b>     | Estratégia Nacional de Defesa                                                                  |
| <b>Ex-ante</b> | Antes da execução                                                                              |
| <b>Ex-post</b> | Após a execução (etapas de avaliação)                                                          |
| <b>FAB</b>     | Força Aérea Brasileira                                                                         |
| <b>FTE.</b>    | <i>Full-Time Equivalent</i> (Equivalente em Tempo Integral)                                    |
| <b>FX-2</b>    | Programa de Aquisição de Aeronaves de Caça da Força Aérea Brasileira                           |
| <b>GERD</b>    | <i>Gross Domestic Expenditure on Research and Development</i> (Dispêndio Interno Bruto em P&D) |
| <b>GM-MD</b>   | Gabinete do Ministro da Defesa                                                                 |
| <b>H/m</b>     | Homem-mês                                                                                      |
| <b>IBGE</b>    | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística                                                |
| <b>IBID</b>    | Iniciativa Brasileira para a Indústria de Defesa                                               |
| <b>ICA</b>     | Instrução do Comando da Aeronáutica                                                            |
| <b>ICT</b>     | Instituto de Ciência e Tecnologia                                                              |
| <b>IFI</b>     | Instituto de Fomento e Coordenação Industrial                                                  |
| <b>ISI</b>     | <i>Institute for Scientific Information</i>                                                    |
| <b>KPI</b>     | <i>Key Performance Indicator</i> (Indicador-Chave de Desempenho)                               |
| <b>LOA</b>     | Lei Orçamentária Anual                                                                         |
| <b>MD</b>      | Ministério da Defesa                                                                           |
| <b>NIT</b>     | Núcleo de Inovação Tecnológica                                                                 |
| <b>OCDE</b>    | Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico                                      |
| <b>OECD</b>    | <i>Organization for Economic Cooperation and Development</i>                                   |
| <b>OND</b>     | Objetivos Nacionais de Defesa                                                                  |
| <b>PAED</b>    | Plano de Articulação e de Equipamentos de Defesa                                               |

|                       |                                                                                                       |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>PB</b>             | Portfólio Bibliográfico                                                                               |
| <b>P,D&amp;I</b>      | Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação                                                                  |
| <b>PComTIC Defesa</b> | Política de Ciência, Tecnologia e Inovação de Interesse da Defesa                                     |
| <b>PECONTIC</b>       | Política Estratégica de Ciência, Tecnologia e Inovação de Interesse da Defesa                         |
| <b>PIB</b>            | Produto Interno Bruto                                                                                 |
| <b>PINTEC</b>         | Pesquisa de Inovação Tecnológica                                                                      |
| <b>PND</b>            | Política Nacional de Defesa                                                                           |
| <b>ProKnow-C</b>      | <i>Knowledge Development Process–Constructivist</i> (Método de construção de portfólio bibliográfico) |
| <b>RFP</b>            | <i>Request for Proposal</i> (Solicitação de Proposta)                                                 |
| <b>SDG</b>            | <i>Sustainable Development Goals</i> (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável)                       |
| <b>TCU</b>            | Tribunal de Contas da União                                                                           |
| <b>TT</b>             | Transferência de Tecnologia                                                                           |
| <b>UE</b>             | União Europeia                                                                                        |
| <b>WP</b>             | <i>Work Package</i> (Pacote de Trabalho)                                                              |

## SUMÁRIO

|          |                                                                                                                                                                               |           |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO.....</b>                                                                                                                                                        | <b>15</b> |
| 1.1      | OBJETIVOS.....                                                                                                                                                                | 18        |
| 1.1.1    | <b>Objetivo geral .....</b>                                                                                                                                                   | <b>18</b> |
| 1.1.2    | <b>Objetivos específicos .....</b>                                                                                                                                            | <b>18</b> |
| 1.2      | JUSTIFICATIVA.....                                                                                                                                                            | 18        |
| <b>2</b> | <b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>                                                                                                                                              | <b>20</b> |
| 2.1      | POLÍTICAS DE DEFESA COMO INSTRUMENTO DE DESENVOLVIMENTO NACIONAL – <i>OFFSET</i> TECNOLÓGICO.....                                                                             | 20        |
| 2.2      | INOVAÇÃO E TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA EM CONTRATOS DE COMPENSAÇÃO.....                                                                                                       | 24        |
| 2.3      | INDICADORES DE INOVAÇÃO .....                                                                                                                                                 | 28        |
| <b>3</b> | <b>METODOLOGIA.....</b>                                                                                                                                                       | <b>49</b> |
| 3.1      | ENQUADRAMENTO METODOLÓGICO.....                                                                                                                                               | 49        |
| 3.2      | PROCEDIMENTOS PARA COLETA E ANÁLISE DOS DADOS .....                                                                                                                           | 50        |
| <b>4</b> | <b>DESENVOLVIMENTO.....</b>                                                                                                                                                   | <b>51</b> |
| 4.1      | INDICADORES DE INOVAÇÃO EM POLÍTICAS PÚBLICAS .....                                                                                                                           | 52        |
| 4.1.1    | <b>Filtragem do banco de artigos brutos .....</b>                                                                                                                             | <b>52</b> |
| 4.1.2    | <b>Teste de representatividade do portfólio bibliográfico - PB.....</b>                                                                                                       | <b>53</b> |
| 4.1.3    | <b>Autores de destaque.....</b>                                                                                                                                               | <b>54</b> |
| 4.1.4    | <b>Periódicos mais relevantes .....</b>                                                                                                                                       | <b>54</b> |
| 4.1.5    | <b>Artigos de destaque.....</b>                                                                                                                                               | <b>55</b> |
| 4.1.6    | <b>Análise Sistêmica .....</b>                                                                                                                                                | <b>56</b> |
| 4.2      | ANÁLISE DA PERSPECTIVA DO TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO SOBRE INOVAÇÃO E TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA NO PROJETO FX-2: O CASO DO ACORDO DE COMPENSAÇÃO 004/DCTA-COPAC/2014 ..... | 62        |
| 4.2.1    | <b>Tipo de Contrato Analisado .....</b>                                                                                                                                       | <b>62</b> |
| 4.2.2    | <b>Objeto Analisado .....</b>                                                                                                                                                 | <b>62</b> |
| 4.2.3    | <b>Inconsistências Encontradas.....</b>                                                                                                                                       | <b>63</b> |
| 4.2.4    | <b>Conclusões do TCU.....</b>                                                                                                                                                 | <b>64</b> |
| 4.2.5    | <b>Aspectos que Necessitam de Aprimoramento .....</b>                                                                                                                         | <b>64</b> |
| 4.2.6    | <b>Aspectos Positivos Identificados .....</b>                                                                                                                                 | <b>65</b> |
| 4.2.7    | <b>Aspectos Negativos Identificados .....</b>                                                                                                                                 | <b>66</b> |

|            |                                                                               |            |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.3        | PROPOSTA DE MODELO DE INDICADORES .....                                       | 66         |
| 4.3.1      | <b>Proposição Inicial do Modelo.....</b>                                      | <b>66</b>  |
| 4.3.2      | <b>Análise Participativa com especialistas .....</b>                          | <b>73</b>  |
| 4.3.2.1    | <i>Indicadores de esforço (E) .....</i>                                       | <i>75</i>  |
| 4.3.2.1.1  | E1 – Volume Total de Treinamento (H/m).....                                   | 76         |
| 4.3.2.1.2  | E2 – Percentual de Work Packages (WPs) Entregues vs. Previstos                | 77         |
| 4.3.2.1.3  | E3 – Percentual de Projetos em Áreas Estratégicas .....                       | 78         |
| 4.3.2.1.4  | E4 – Fator Multiplicador Médio Aplicado .....                                 | 80         |
| 4.3.2.1.5  | E5 – Número de Pesquisadores Envolvidos em Projetos de TT81                   |            |
| 4.3.2.2    | <i>Indicadores de resultado (R) .....</i>                                     | <i>82</i>  |
| 4.3.2.2.1  | R1 – Taxa de Progressão de Nível Tecnológico .....                            | 83         |
| 4.3.2.2.2  | R2 – Percentual de Tecnologias Internalizadas .....                           | 84         |
| 4.3.2.2.3  | R3 – Taxa de Retenção de Profissionais Capacitados .....                      | 85         |
| 4.3.2.2.4  | R4 – Aplicação Prática dos <i>Work Packages</i> no Brasil .....               | 87         |
| 4.3.2.2.5  | R5 – Grau de Nacionalização de Componentes e Processos ...                    | 88         |
| 4.3.2.2.6  | R6 – Evolução do Índice de Autonomia Operacional .....                        | 90         |
| 4.3.2.2.7  | R7 – Produção de Propriedade Intelectual .....                                | 91         |
| 4.3.2.2.8  | R8 – Laboratórios e Infraestruturas de Pesquisa Estruturados .                | 93         |
| 4.3.2.2.9  | R9 – Montante de P&D Induzido no Brasil.....                                  | 94         |
| 4.3.2.2.10 | R10 – Redes de Cooperação em C&T Formadas.....                                | 96         |
| 4.3.2.2.11 | R11 – Adoção de Normas Técnicas e Padrões .....                               | 98         |
| 4.3.2.3    | <i>Indicadores de Impacto (I) .....</i>                                       | <i>99</i>  |
| 4.3.2.3.1  | I1 – Impacto em Exportações / Novos Contratos .....                           | 99         |
| 4.3.2.3.2  | I2 – Cooperação Nacional e Internacional Gerada .....                         | 101        |
| 4.3.2.3.3  | I3 – Sustentabilidade da Capacidade Tecnológica .....                         | 102        |
| 4.3.2.3.4  | I4 – Investimento Adicional Captado.....                                      | 104        |
| 4.3.2.3.5  | I5 – Inserção da BID em Cadeias Globais de Fornecimento...                    | 105        |
| 4.3.2.3.6  | I6 – Crescimento de Empregos Qualificados na BID .....                        | 107        |
| 4.3.2.4    | <i>Conclusão da análise e comparação de indicadores propostos x ajustados</i> | <i>108</i> |
| 4.3.3      | <b>Consolidação e Sistematização do Modelo de Indicadores Validados</b>       | <b>111</b> |

|       |                                                                                                                 |     |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.4   | ALINHAMENTO ENTRE OS INDICADORES PROPOSTOS E OS QUESTIONAMENTOS DO TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO NO PROGRAMA FX-2 | 116 |
| 4.4.1 | Efetividade da transferência de tecnologia e internalização de capacidades tecnológicas.....                    | 116 |
| 4.4.2 | Governança, monitoramento e uso de informações para tomada de decisão                                           | 117 |
| 4.4.3 | Formação, retenção de competências e aprendizagem organizacional                                                | 117 |
| 4.4.4 | Demonstração de valor público e impactos estruturantes da política de compensação .....                         | 118 |
| 4.4.5 | Síntese do alinhamento entre indicadores e controle externo .....                                               | 119 |
| 5     | CONCLUSÃO .....                                                                                                 | 119 |
| 5.1   | PERSPECTIVAS FUTURAS .....                                                                                      | 121 |
|       | REFERÊNCIAS .....                                                                                               | 123 |

## 1 INTRODUÇÃO

A integração entre políticas de compensação (*Offset*) e a transferência de tecnologia em contratos de defesa é um tema de crescente relevância tanto para a administração pública quanto para a estratégia de segurança nacional (Luzzi Jr, 2021). No Brasil, a implementação dessas políticas tem sido especialmente significativa em projetos de grande escala, como o projeto FX2, que envolve a aquisição de aeronaves de caça pela Força Aérea Brasileira (Giesteira *et al*, 2021).

Embora os acordos de compensação sejam projetados para fomentar a transferência de tecnologia e o desenvolvimento industrial, eles enfrentam críticas substanciais. Sem a devida fiscalização e critérios claros, os *offsets* podem não cumprir seus objetivos prometidos, resultando em custos inflados e benefícios limitados para a indústria nacional (Grande, 2020).

Nesse contexto, os indicadores de inovação emergem como ferramentas fundamentais para mensurar, monitorar e aperfeiçoar os resultados dessas políticas. Segundo Ozkaya *et al.* (2021), os indicadores de inovação fornecem métricas quantitativas e qualitativas que permitem aos gestores de políticas e partes interessadas medir o progresso em áreas chave, como desenvolvimento tecnológico, capacidade industrial e impacto econômico. Além disso, Carvalho *et al.* (2021) destaca que esses indicadores podem auxiliar a identificar gargalos e áreas que necessitam de melhorias, fornecendo uma base sólida para a formulação de políticas mais eficazes.

Tradicionalmente, a literatura classifica os indicadores de inovação em diferentes categorias, como indicadores de input (recursos aplicados), output (resultados diretos) e impacto (efeitos indiretos). De acordo com Oliveira e Rodil-Marzábal (2019), Ozkaya *et al.* (2021) e Blind (2019), os principais tipos incluem gastos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), recursos humanos dedicados à inovação, número de patentes, publicações científicas e novos produtos no mercado. Apesar de oferecerem uma visão ampla, tais indicadores enfrentam limitações: os de input nem sempre garantem resultados efetivos, os de output podem ter retardo temporal, e os de impacto são influenciados por fatores externos (Vasconcelos *et al.*, 2024; Almeida; Maricato, 2021).

Como forma de organizar essa diversidade e torná-la aplicável à análise de políticas públicas como os contratos de *offset*, este trabalho adota uma classificação

que divide os indicadores em duas grandes categorias, conforme discutido por Piovesani (2019) e Rangel *et al.* (2024): processo e resultado. Os indicadores de processo, também chamados de indicadores de esforço, são utilizados para mensurar a execução das políticas, os recursos mobilizados e os marcos alcançados ao longo de um projeto. Eles são particularmente relevantes para verificar se as ações previstas foram efetivamente realizadas, oferecendo uma visão operacional e de acompanhamento contínuo. No contexto de um contrato de transferência de tecnologia, esse tipo de indicador permite avaliar, por exemplo, se determinada etapa contratual foi cumprida dentro do prazo, com a entrega dos pacotes tecnológicos previstos, treinamentos realizados ou metas formais atingidas.

Por outro lado, os indicadores de resultado buscam aferir os efeitos concretos obtidos com a política ou projeto, tais como a inovação gerada, a capacitação tecnológica adquirida pelas instituições receptoras e os impactos mais amplos sobre a economia, a sociedade e a soberania tecnológica. Esses indicadores são importantes para avaliar a efetividade das ações executadas e, mais do que mensurar a conformidade contratual, buscando compreender se houve transformação significativa no sistema receptor, como novos produtos, processos, competências ou efeitos estruturantes. No caso dos contratos de *offset*, essa dimensão é decisiva para que a simples transferência formal de tecnologia não seja confundida com a geração efetiva de inovação ou impacto.

Essa distinção entre esforço e resultado é importante para orientar a construção dos indicadores propostos nesta pesquisa, sobretudo diante do risco de que compromissos contratuais formais sejam considerados cumpridos sem que se observe, de fato, progresso tecnológico ou industrial relevante. Assim, ao trabalhar simultaneamente com indicadores de processo e de resultado, busca-se oferecer um instrumento de avaliação mais completo, capaz de apoiar a formulação, implementação e fiscalização das políticas de compensação tecnológica no setor de defesa.

Dentro do amplo universo de políticas de compensação tecnológica, comercial e industrial, optou-se por delimitar o presente estudo a partir da análise do Projeto FX-2, que envolveu a aquisição das aeronaves de caça Gripen E/F pela Força Aérea Brasileira junto à empresa sueca SAAB. Este projeto foi escolhido por se tratar do caso mais emblemático e atual no âmbito da política de compensação da Aeronáutica, destacando-se não apenas pelo volume financeiro envolvido, mas também pela

complexidade tecnológica, pela visibilidade midiática e pelo grau de exigência contratual em termos de transferência de tecnologia.

Embora o Ministério da Defesa possua uma política mais ampla sobre compensações - materializada na Portaria MD nº 3.990, que institui a Política de Compensação Tecnológica, Industrial e Comercial de Defesa (PComTIC Defesa), e existam diversos outros casos de *offset* em andamento, a seleção do FX-2 como estudo de caso justifica-se por seu alto grau de representatividade. O projeto oferece um recorte concreto para explorar os desafios da medição de resultados e impactos da transferência de tecnologia, além de já ter sido objeto de uma auditoria operacional do Tribunal de Contas da União (TCU), o que confere relevância prática e institucional à sua análise.

No âmbito da Força Aérea Brasileira, há também diretrizes consolidadas que orientam a implementação e avaliação de políticas de compensação. Destacam-se, nesse sentido, a DCA 360-1 e a ICA 360-1, que definem a Estratégia e Preceitos para a Negociação de Acordos de Compensação Comercial, Industrial e Tecnológica da Aeronáutica, em vigor desde 2005. De forma complementar, a ICA 360-2, que trata da Gestão de Acordos de Compensação Tecnológica, Industrial e Comercial no Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA), estabelece os procedimentos de avaliação dos acordos firmados, sendo, portanto, um possível espaço institucional para aplicação futura dos indicadores propostos por esta pesquisa.

A recente auditoria operacional do Tribunal de Contas da União (TCU) no contrato de aquisição das aeronaves Gripen reforça essa necessidade, ao evidenciar falhas nos mecanismos de controle e monitoramento dos acordos de compensação. A auditoria ressaltou a importância de garantir que os objetivos de transferência de tecnologia e fortalecimento da base industrial de defesa sejam efetivamente alcançados, apontando a carência de instrumentos técnicos robustos para mensuração de tais metas (TCU, 2020).

Dessa forma, esta pesquisa é impulsionada pela necessidade de compreender e mensurar os resultados e impactos das políticas de compensação (*offset*), diante de desafios operacionais e institucionais identificados nas auditorias recentes. O objetivo central é propor indicadores de inovação e transferência de tecnologia voltados aos contratos de compensação do Comando da Aeronáutica

(COMAER), contribuindo para o fortalecimento dos mecanismos de avaliação e gestão dessas políticas no âmbito do Ministério da Defesa.

Diante desse cenário, esta pesquisa toma o caso FX-2 como objeto central de análise, buscando contribuir com instrumentos técnicos para enfrentar precisamente essas lacunas.

## 1.1 OBJETIVOS

Para garantir que o problema anunciado seja resolvido, esta pesquisa definiu os seguintes objetivos:

### 1.1.1 Objetivo geral

Elaborar indicadores de inovação e transferência de tecnologia que permitam monitorar e avaliar os resultados e impactos da Políticas de Compensação aplicada ao projeto FX-2 no Comando da Aeronáutica;

### 1.1.2 Objetivos específicos

Analisar modelos de indicadores de inovação em políticas públicas;

Analisar a perspectiva do Tribunal de Contas da União sobre inovação e transferência de tecnologia no projeto FX-2;

Propor modelo de indicadores de inovação e transferência de tecnologia aplicáveis ao projeto FX-2 no Comando da Aeronáutica; e

Confrontar os indicadores com as expectativas e questionamentos expressos pelo Tribunal de Contas da União no Relatório de Auditoria Operacional do Programa FX-2.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

A relevância deste estudo reside na avaliação das políticas de compensação em projetos de defesa brasileiros, como o FX2, buscando o alinhamento com os objetivos nacionais de inovação e fortalecimento tecnológico. No aspecto teórico, este estudo contribui para a compreensão das políticas de compensação e transferência de tecnologia, fornecendo uma análise detalhada dos indicadores de inovação. Embora a literatura existente sobre políticas de compensação e transferência de

tecnologia seja vasta, há uma lacuna no que diz respeito à avaliação contínua e sistemática desses indicadores no contexto brasileiro, especialmente no setor de defesa. Este trabalho pretende contribuir para diminuir essa lacuna, proporcionando uma base que permita a evolução das práticas de monitoramento e avaliação dessas políticas.

No aspecto prático, ao investigar as nuances dessas políticas e as avaliações críticas do Tribunal de Contas da União, o estudo propõe-se a oferecer indicadores de inovação e transferência de tecnologia que permitam monitorar e avaliar os resultados e impactos da Política de Compensação do Comando da Aeronáutica. Esses indicadores poderão ser úteis para os gestores de políticas públicas, permitindo acompanhamento dos benefícios prometidos pelos acordos de compensação. Além disso, ao identificar as fragilidades e propor melhorias, o estudo pode contribuir diretamente para a formulação de políticas eficazes, alinhadas aos objetivos estratégicos de desenvolvimento tecnológico e inovação no Brasil.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

A política de compensação (*Offset*), inserida na Política Nacional de Defesa (PND) e destacada na Estratégia Nacional de Defesa (END) de 2020, é uma iniciativa importante para a soberania nacional através do desenvolvimento tecnológico. Esta estratégia visa alcançar a autonomia em tecnologias críticas para a defesa, exigindo investimentos contínuos e ações de fomento que transcendem mandatos governamentais específicos. A integração entre as estratégias de defesa e desenvolvimento nacional sublinha a importância da independência tecnológica, alcançada por meio do domínio de tecnologias sensíveis, fundamental para o desenvolvimento autônomo e a defesa do país. A END de 2020 delineia Estratégias de Defesa (ED), entre elas a ED-8, que enfoca a sustentabilidade da cadeia produtiva da Base Industrial de Defesa (BID) por meio de financiamento, pesquisa, desenvolvimento e produção de produtos de defesa. Essas diretrizes estratégicas fortalecem a capacitação tecnológica e industrial da BID, destacando que a política de compensação do Ministério da Defesa e do Comando da Aeronáutica (COMAER) deve buscar o fortalecimento dessas capacidades como essenciais para os interesses de defesa nacional.

O referencial teórico deste trabalho será dividido em três seções principais. Primeiramente, serão discutidas as "Políticas de Defesa como Instrumento de Desenvolvimento Nacional – *Offset* Tecnológico", explorando como a política de compensação é utilizada para promover a soberania e o desenvolvimento tecnológico no setor de defesa. Em seguida, serão abordadas a "Inovação e Transferência de Tecnologia em Contratos de Compensação", onde será analisado como os contratos de *offset* facilitam a transferência de tecnologia e impulsionam a inovação nas indústrias de defesa nacionais. Por fim, a terceira seção focará nos "Indicadores de Inovação", examinando estudos e metodologias que permitem medir e avaliar o progresso em inovação tecnológica, com especial atenção aos indicadores relevantes para contratos de compensação.

### 2.1 POLÍTICAS DE DEFESA COMO INSTRUMENTO DE DESENVOLVIMENTO NACIONAL – *OFFSET* TECNOLÓGICO

As políticas de defesa no Brasil fazem parte não apenas na garantia da soberania e da segurança nacional, mas também da promoção do desenvolvimento

tecnológico e industrial do país. A Política Nacional de Defesa (PND) de 2020 e a Estratégia Nacional de Defesa (END) estabelecem diretrizes que norteiam as ações de defesa do Brasil, visando à integração dessas ações com os objetivos de desenvolvimento nacional. Esta seção do referencial teórico é baseada nas diretrizes estabelecidas pela PND e END, conforme delineado pela legislação em vigor (BRASIL, 2020).

De acordo com o documento, a concepção política de defesa brasileira se fundamenta em três pilares principais: Desenvolvimento, Diplomacia e Defesa. Esses pilares são interdependentes e devem ser explorados de maneira integrada para garantir a segurança e a defesa nacionais. A PND destaca que a defesa é uma atividade voltada principalmente contra ameaças externas e que deve ser concebida de acordo com os princípios constitucionais e as normas do direito internacional.

A PND estabelece os Objetivos Nacionais de Defesa (OND), que são condições permanentes a serem alcançadas pela nação brasileira. Os OND incluem a garantia da soberania, a proteção do patrimônio nacional e a integridade territorial. Além disso, a PND enfatiza a importância de assegurar a capacidade de defesa para o cumprimento das missões constitucionais das Forças Armadas, promover a autonomia tecnológica e produtiva na área de defesa, e fomentar a participação da mobilização nacional em prol da defesa (BRASIL, 2020).

A END, por sua vez, orienta as ações necessárias para alcançar os objetivos estabelecidos pela PND. Ela detalha as estratégias específicas que devem ser implementadas para fortalecer a Base Industrial de Defesa (BID) e promover a autonomia tecnológica do país (BRASIL, 2020). A END enfatiza a importância de investimentos contínuos em pesquisa, desenvolvimento e inovação, bem como a necessidade de cooperação internacional para a transferência de tecnologias críticas. A política de compensação (*offset*), neste contexto, é uma ferramenta importante para promover a transferência de tecnologia e fortalecer a BID. Esses contratos de *offset* visam não apenas modernizar as capacidades militares, mas também impulsionar o desenvolvimento industrial e tecnológico do Brasil (BRASIL, 2020).

O fortalecimento da BID é um dos focos principais da END. A BID deve ser capaz de fornecer produtos de defesa de maneira autônoma, minimizando a dependência de fornecedores estrangeiros. Para isso, é necessária a integração dos setores governamental, industrial e acadêmico, voltados para a ciência, tecnologia e inovação. A END também destaca a necessidade de uma articulação sinérgica entre

esses setores para garantir que o Brasil possa desenvolver e dominar tecnologias críticas, tanto de uso militar quanto dual.

A Estratégia de Defesa 8 (ED-8) da Estratégia Nacional de Defesa (END) é fundamental para a promoção da sustentabilidade da cadeia produtiva da Base Industrial de Defesa (BID). Esta estratégia visa proporcionar condições de estabilidade às atividades de financiamento, pesquisa, desenvolvimento, produção e venda de produtos de defesa brasileiros, garantindo a sustentabilidade da cadeia produtiva mesmo quando submetida a regimes legais, regulatórios e tributários especiais.

Para alcançar essa sustentabilidade, a ED-8 destaca a importância de buscar a regularidade e a previsibilidade orçamentária para o setor de defesa. Isso envolve assegurar recursos financeiros adequados para atender às necessidades de articulação e equipamento das Forças Armadas, com destinação orçamentária que atinja o patamar de 2% do Produto Interno Bruto (PIB) por meio da Lei Orçamentária Anual (LOA). A regularidade orçamentária é crucial para o planejamento de longo prazo e para a execução contínua das atividades da BID (BRASIL, 2020).

Além disso, a ED-8 propõe estimular projetos de interesse da defesa que empreguem produtos e tecnologias duais, aprimorando os regimes legais, regulatórios e tributários especiais para a BID. A promoção de projetos que utilizem tecnologias de uso duplo (militar e civil) é essencial para maximizar os benefícios econômicos e tecnológicos, impulsionando tanto a defesa quanto outros setores industriais brasileiros (BRASIL, 2020). Essa estratégia visa garantir que as tecnologias desenvolvidas para a defesa possam ser aplicadas em outras áreas, promovendo a inovação e a competitividade da indústria nacional.

Outra ação estratégica dentro da ED-8 é o estabelecimento de um mecanismo legal de financiamento plurianual que garanta o atendimento do Plano de Articulação e de Equipamentos de Defesa (PAED). Esse mecanismo é vital para fornecer estabilidade financeira a longo prazo, permitindo o planejamento e a execução de projetos complexos de defesa sem interrupções devido a oscilações orçamentárias anuais. A sustentabilidade financeira é um pilar para o fortalecimento contínuo da BID.

A coordenação das aquisições governamentais conjuntas de interesse da defesa é também um ponto chave da ED-8. Esta ação visa consolidar as necessidades de diferentes setores governamentais para otimizar a aquisição de produtos e serviços de defesa, promovendo economias de escala e aumentando a eficiência dos gastos públicos. A coordenação das aquisições permite uma melhor utilização dos recursos

disponíveis, reduzindo custos e garantindo maior eficiência nas compras governamentais.

A promoção das exportações da BID é igualmente enfatizada na ED-8. Incentivar a exportação de produtos de defesa não só amplia os mercados para a indústria brasileira, mas também fortalece as relações diplomáticas e comerciais do Brasil com outros países. A exportação de produtos de defesa contribui para a balança comercial e para a geração de emprego e renda no setor industrial de defesa.

Adicionalmente, a ED-8 destaca a necessidade de aumentar o conteúdo local nos produtos da BID. Essa ação estratégica visa garantir que uma parcela significativa dos componentes e tecnologias utilizadas nos produtos de defesa seja desenvolvida e produzida internamente, reduzindo a dependência de fornecedores estrangeiros e fortalecendo a capacidade tecnológica nacional.

Por fim, a ED-8 propõe estimular a obtenção de compensação comercial, industrial e tecnológica nas aquisições do exterior. Os acordos de compensação (*offset*) são mecanismos importantes para garantir que as aquisições internacionais de produtos de defesa resultem em benefícios econômicos e tecnológicos para o Brasil. Esses acordos podem incluir transferência de tecnologia, desenvolvimento de capacidades industriais locais e outros benefícios que contribuem para o fortalecimento da BID e para o desenvolvimento tecnológico do país (BRASIL, 2020).

Uma análise mais aprofundada da Estratégia Nacional de Defesa (END) revela que a Ação Estratégica AED-47 está especificamente voltada para a promoção da obtenção de compensações comerciais, industriais e tecnológicas (*offset*) nas aquisições realizadas no exterior (BRASIL, 2020). Esta ação estratégica tem como objetivo central assegurar que as aquisições internacionais de produtos e serviços de defesa gerem benefícios adicionais para a Base Industrial de Defesa (BID), através da implementação de contrapartidas que incentivem o desenvolvimento local e a transferência de tecnologias.

Além de sua aplicação direta na AED-47, os acordos de compensação também desempenham um papel relevante em outras ações estratégicas da END. Eles podem contribuir para a AED-45, que visa à promoção das exportações da BID, ao facilitar o acesso a mercados internacionais e fortalecer a presença da indústria de defesa brasileira no cenário global. Da mesma forma, os *offsets* têm o potencial de apoiar a AED-46, que busca incrementar o conteúdo local nos produtos da BID,

permitindo que exigências relacionadas à utilização de tecnologia e componentes nacionais sejam incorporadas nos projetos de compensação (BRASIL, 2020).

Adicionalmente, a END 2020 contempla o fortalecimento da área de ciência e tecnologia de defesa através da Ação Estratégica ED-9. Esta ação visa promover a autonomia tecnológica e produtiva no setor de defesa, com o intuito de assegurar que o Brasil possa desenvolver e dominar tecnologias críticas de forma independente. A ED-9 busca garantir que o país não apenas mantenha uma capacidade de defesa robusta, mas também avance em termos de inovação e desenvolvimento tecnológico, sustentando o objetivo estratégico de autonomia na área de defesa (BRASIL, 2020).

De maneira geral, a PND e a END ressaltam a importância da elasticidade, ou seja, a capacidade do país de ampliar rapidamente seus recursos humanos e materiais em situações de conflito. Isso inclui a preparação das Forças Armadas para operar de maneira eficaz e coordenada, utilizando tecnologias modernas e eficientes.

Em resumo, a Política Nacional de Defesa e a Estratégia Nacional de Defesa do Brasil não apenas garantem a segurança e a soberania nacionais, mas também promovem o desenvolvimento tecnológico e industrial do país. A política de compensação tecnológica (*offset*) desempenha um papel crucial nesse processo, facilitando a transferência de tecnologia e fortalecendo a Base Industrial de Defesa (BRASIL, 2020). A eficácia dessas políticas depende de uma implementação rigorosa e de uma supervisão contínua para garantir que os benefícios prometidos sejam realmente alcançados, contribuindo para o desenvolvimento autônomo e sustentável do Brasil.

## 2.2 INOVAÇÃO E TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA EM CONTRATOS DE COMPENSAÇÃO

A inovação e a transferência de tecnologia são componentes importantes para o desenvolvimento tecnológico e a sustentabilidade das indústrias de defesa nacionais. No contexto dos contratos de compensação, esses elementos assumem uma importância estratégica ainda maior. De acordo com Carreño-Vargas, Morales-Rincón, Yaqueno e Rincón-Vargas (2023), contratos de *offset* são arranjos comerciais nos quais o fornecedor estrangeiro se compromete a compensar o país comprador através de benefícios econômicos, que podem incluir a transferência de tecnologia, o desenvolvimento de habilidades locais e a cooperação industrial. Esses contratos são particularmente valiosos para países que buscam não apenas adquirir capacidades

militares, mas também fortalecer suas indústrias locais e sua capacidade tecnológica (Bello; Figueiredo; Almeida, 2020).

De acordo com o *Bureau of Industry and Security (BIS)* do Departamento de Comércio dos EUA (2022), os acordos de compensação no comércio de defesa atingiram valores significativos nos últimos anos. Em 2020, os contratantes de defesa dos EUA relataram a celebração de 25 novos acordos de compensação com nove países, totalizando US\$ 5,7 bilhões. Esses acordos representaram 42,29% dos US\$ 13,5 bilhões em contratos de vendas de artigos e serviços de defesa para entidades estrangeiras. Além disso, em 2020, foram relatadas 320 transações de compensação para cumprir obrigações de acordos anteriores com 24 países, com um valor real de US\$ 2,9 bilhões e um valor de crédito de US\$ 4,2 bilhões.

Estima-se que as transações de compensação possam representar entre 5% e 30% do valor total das transações internacionais, destacando sua significativa relevância econômica. Globalmente, cerca de 130 países exigem compensações em contratos de defesa, o que evidencia a vasta aplicação desta prática em escala internacional (IPEA, 2019).

Os acordos de compensação são fundamentais na facilitação da transferência de tecnologia e no fomento da inovação nas indústrias nacionais de defesa. Esses acordos contribuem para inovações de processo e mostram tendências positivas em inovações de produtos (Carlos, 2013).

De acordo com Terziev, Madanski e Georgiev (2017), contratos de compensação em aquisições de defesa facilitam a transferência de tecnologia e a inovação em indústrias nacionais de defesa, criando oportunidades para investimentos, transferência de *know-how* e desenvolvimento da indústria local. Esses acordos visam obter benefícios econômicos, tecnológicos e financeiros para o país comprador. Embora as compensações sejam uma prática tradicionalmente associada ao setor de defesa, sua popularidade tem crescido também em setores civis. Os governos defendem que as compensações facilitam a transferência de tecnologia e conhecimento, podem desenvolver habilidades em setores de alta tecnologia e gerar empregos. Além disso, as compensações podem expandir as oportunidades de exportação ao promover a participação em cadeias de suprimentos de fabricantes de equipamentos. Para as empresas, essas compensações são uma ferramenta estratégica para obter vantagem competitiva e aumentar as vendas em negócios internacionais. Contudo, estudos de caso anteriores sobre o impacto das

compensações revelam resultados variados, tanto de sucessos quanto de fracassos (Balakrishnan, 2018).

O livro de Balakrishnan (2018) traz sugestões no sentido de gerenciar as compensações de maneira mais eficaz, promovendo um desenvolvimento sustentável e alinhado com os interesses tanto de governos quanto de empresas. O autor considera que, diante da má gestão da globalização, acordos comerciais injustos e o atual descontentamento político e econômico, há uma necessidade crescente de governos e empresas utilizarem veículos como as compensações para criar um relacionamento de confiança e compromisso com o desenvolvimento sustentável. Este enfoque é essencial para gerenciar eficazmente as compensações, abordando questões de estratégia, política, implementação, gestão de tecnologia, governança e risco.

Bezuidenhout e Bean (2021) abordam a transferência de tecnologia (TT) a partir da modelagem de processos, fornecendo uma descrição detalhada das operações que cobrem o processo de TT de ponta a ponta em projetos de participação industrial de defesa. De acordo com os autores, a transferência de tecnologia é essencial para a inovação dentro de contratos de compensação, pois facilita o desenvolvimento de competências locais e a integração de tecnologias avançadas em indústrias nacionais. A TT não apenas impulsiona a inovação, mas também promove a autossuficiência tecnológica ao reduzir a dependência de fornecedores estrangeiros e fortalecer a capacidade produtiva local.

As descobertas de Bezuidenhout e Bean (2021) sugerem que uma gestão eficiente do processo de TT depende de vários fatores cruciais. Entre eles, destacam-se a gestão eficaz do destinatário local, que envolve a preparação e capacitação das empresas nacionais para receber e implementar as novas tecnologias. Além disso, a disponibilidade de recursos financeiros adequados e um planejamento detalhado são fundamentais para assegurar que os objetivos tecnológicos e de produção sejam atingidos. Outro fator crítico, de acordo com os autores, é a gestão da cadeia de suprimentos, que deve ser bem estruturada para garantir a entrega pontual e eficiente de componentes e materiais necessários para a produção. Por fim, o planejamento da produção local, que inclui a coordenação das atividades de manufatura e a integração de novos processos tecnológicos, é vital para o sucesso da transferência de tecnologia e para o alcance de uma inovação sustentável (Bezuidenhout; Bean, 2021).

Matthews e Ansari (2015) discutem que a compensação de defesa representa uma demanda dos estados compradores de armas por benefícios recíprocos. Segundo os autores, a lógica subjacente é clara: se um país adquire sistemas de armas caros de um fornecedor estrangeiro, espera-se que, em troca, haja um retorno significativo em termos de benefícios adicionais. Embora a prática de compensação possa ser vista como uma forma de chantagem ou coerção, ela é legal e amplamente utilizada, pois o contrato principal é de natureza militar, colocando-o fora do escopo de acordos comerciais internacionais como aqueles da Organização Mundial do Comércio (OMC). Apesar disso, a compensação permanece um tema controverso. Críticos argumentam que o comércio recíproco facilita práticas corruptas e distorce o comércio, influenciando as decisões de compra mais pelo pacote de compensação do que pelo preço e qualidade do produto de defesa em si. Mesmo diante dessas críticas, a compensação é um fenômeno globalmente aceito, tornando-se quase impossível para os contratantes de defesa venderem equipamentos militares sem enfrentar demandas de compensação, especialmente a transferência de tecnologia do processo de produção subjacente (Matthews; Ansari, 2015).

A partir de 2009, houve tentativas de mudar essa dinâmica. A Comissão Europeia emitiu a Diretiva de Defesa e Segurança (União Europeia, 2009), com o objetivo de aumentar a eficiência econômica através de compras competitivas e reduzir o uso de compensações. A diretiva visava liberalizar os setores de defesa dos Estados-Membros da União Europeia (UE), favorecendo aquisições pan-europeias e tornando a compensação a exceção, exceto onde a segurança nacional estivesse em risco, uma condição que deveria ser comprovada pelo país solicitante. No entanto, a adesão a essa mudança tem sido limitada. Muitos Estados-Membros continuam a ver a aquisição de defesa como sinônimo de segurança nacional e utilizam a compensação como um mecanismo para fortalecer a capacidade soberana de defesa-industrial. Este pragmatismo de mercado, impulsionado pelo oportunismo político, corre o risco de levar a compensação para a clandestinidade, tornando-a menos transparente e mais difícil de gerenciar. Em face dessas sanções legais, há um perigo de que as compensações simplesmente reapareçam sob diferentes formas através de acordos vinculados e menos formais. Em última análise, os contratos de compensação continuam a facilitar a transferência de tecnologia e a impulsionar a inovação nas indústrias de defesa nacionais, apesar dos esforços da UE para limitar seu uso (Matthews; Ansari, 2015).

Os estudos indicam que os contratos de compensação não apenas facilitam a transferência de *know-how* e tecnologias avançadas, mas também promovem o fortalecimento das capacidades industriais locais e a autossuficiência tecnológica. Apesar das controvérsias e desafios associados, a prática de compensação é considerada uma ferramenta estratégica importante para impulsionar a inovação nas indústrias de defesa, contribuindo de forma significativa para o desenvolvimento econômico e tecnológico dos países compradores.

### 2.3 INDICADORES DE INOVAÇÃO

Indicadores de inovação são ferramentas para medir e gerenciar o processo de inovação dentro das organizações e regiões. Eles permitem verificar o desenvolvimento e comparar diferentes entidades, como empresas ou regiões, em termos de inovação. Existem várias classificações de indicadores de inovação, incluindo indicadores quantitativos e qualitativos, diretos e indiretos, relacionados a insumos, processos e resultados, bem como medidas simples e complexas. A escolha dos indicadores apropriados é importante para uma gestão eficaz da inovação (Dziurski, 2021).

De forma geral, a literatura especializada reconhece dois grandes blocos de indicadores: os indicadores de processo (ou esforço) e os indicadores de resultado. Segundo Piovesani (2019), os indicadores de processo referem-se aos insumos e atividades envolvidos na geração da inovação, como investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D), capacitação técnica e cooperação tecnológica. Esses indicadores mensuram o esforço empreendido ao longo de um projeto ou política, sendo particularmente úteis para o acompanhamento da execução e do cumprimento de metas e marcos estabelecidos (Leal & Figueiredo, 2021).

Já os indicadores de resultado visam capturar os efeitos concretos gerados pela inovação, seja em termos de novos produtos, processos ou serviços, seja em impactos econômicos, sociais ou estratégicos. Tais indicadores buscam avaliar se o esforço realizado se traduziu em inovação efetiva e em benefícios mensuráveis para a organização ou para a sociedade como um todo (Rangel *et al.*, 2024). Bernardo e colaboradores (2022) também destacam que os indicadores de resultado são importantes para verificar o desempenho do sistema de inovação em termos de eficácia e impacto.

Assim, para fins desta dissertação, será adotado um modelo dual de análise: de um lado, serão considerados os indicadores de processo, associados à execução do projeto de transferência de tecnologia (TT), entendido como um contrato com objetivos, prazos e entregas mensuráveis; de outro, serão analisados os indicadores de resultado, relacionados à inovação gerada e aos impactos derivados dessa transferência, abrangendo dimensões econômicas, sociais e estratégicas.

Essa estrutura considera busca ser relevante para o estudo de contratos de *offset* no setor de defesa, nos quais a simples transferência de tecnologia não implica automaticamente em inovação ou impacto. O que de fato importa - e que deve ser monitorado por meio de indicadores - é se houve desenvolvimento de capacidades, apropriação tecnológica e efeitos mensuráveis no ecossistema de defesa.

Com base nessa distinção entre indicadores de processo (ou esforço) e indicadores de resultado, é possível compreender a evolução histórica das métricas utilizadas para monitorar e avaliar a inovação.

A construção dos indicadores de inovação não é recente: ao longo das últimas décadas, diferentes iniciativas buscaram capturar tanto os investimentos realizados quanto os efeitos gerados pela atividade inovadora, especialmente no contexto de políticas públicas e sistemas nacionais de inovação.

A seguir, apresenta-se um breve histórico dos principais marcos e instrumentos de mensuração, com destaque para o surgimento dos indicadores clássicos de input e output e sua consolidação por meio de manuais internacionais de referência.

Os indicadores tradicionais de inovação têm suas raízes na década de 1960, quando surgiram os primeiros esforços sistemáticos para medir atividades científicas e tecnológicas através do "Manual Frascati" (OECD, 2010). Esses indicadores se dividem em dois grupos principais: indicadores de input, que medem os recursos financeiros e humanos investidos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), e indicadores de output, que quantificam os resultados dessas atividades, como patentes e publicações científicas (Freeman; Soete, 2009). O Manual Frascati, elaborado pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), padronizou a coleta de dados sobre P&D, permitindo uma comparação mais precisa entre países. As estatísticas sobre P&D são amplamente utilizadas para avaliar o esforço nacional e empresarial em inovação, fornecendo uma base para a formulação de políticas públicas e a análise de competitividade (OECD, 2010).

Dziurski (2021) destaca que os indicadores mais comumente utilizados na prática empresarial incluem despesas e intensidade de P&D, estatísticas de patentes, número de inovações implementadas, medidas relacionadas a lucros, receitas e custos, além de indicadores sintéticos de inovação. No entanto, apesar da variedade de indicadores disponíveis, os gestores tendem a usar um número limitado de indicadores simples, o que pode não ser suficiente para uma gestão abrangente da inovação. Assim, recomenda-se a utilização de uma variedade de métricas para obter uma visão mais completa do desempenho inovador.

As patentes são frequentemente consideradas um indicador da atividade inventiva; contudo, é importante reconhecer que nem todas as invenções são submetidas ao processo de patenteamento, e nem todas as patentes resultam em inovações que sejam comercialmente viáveis (Freeman; Soete, 2009). A superestimação da atividade inovativa em áreas com altas taxas de patentes e o uso estratégico de patentes por empresas para bloquear concorrentes são questões que complicam essa métrica (OECD, 2010). Assim, a utilização das patentes como um indicador isolado pode distorcer a percepção da verdadeira dinâmica da inovação em diferentes contextos (Freeman; Soete, 2009).

A análise bibliométrica e de patentes é frequentemente utilizada para identificar especialistas e instituições-chave a serem envolvidos em estudos de prospecção tecnológica, que são fundamentais para a formulação e implementação de políticas de ciência, tecnologia e inovação (Meissner; Sokolov, 2013). Esses estudos ajudam a definir prioridades estratégicas e a criar redes e interações cruciais entre os participantes do sistema nacional de inovação.

As publicações científicas, como importantes indicadores de output, também enfrentam críticas significativas. O *Institute for Scientific Information* (ISI), uma entidade amplamente utilizada para indexação e análise de publicações científicas, introduz um viés em favor de periódicos de língua inglesa e de países desenvolvidos, o que pode subestimar a produção científica de regiões menos representadas. Além disso, a relevância econômica e prática de muitas publicações é limitada, levantando questões sobre sua utilidade como medida de inovação. Freeman e Soete (2009) destacam que a abordagem linear tradicional, que considera a inovação como um processo sequencial de P&D seguido de patentes e publicações, é frequentemente criticada por não capturar a complexidade e as interações multifacetadas do processo inovativo. Essas críticas sublinham a necessidade de desenvolver indicadores mais

abrangentes e sistêmicos que reflitam melhor a realidade dos processos de inovação nos diferentes contextos nacionais e setoriais (Ganzer et al., 2013).

A evolução dos indicadores de inovação continuou com a publicação do Manual de Oslo, desenvolvido pela OCDE em 1992. Este manual complementa o Manual Frascati ao abordar não apenas as atividades de P&D, mas também o processo de inovação em si, incluindo inovações de produto, processo, marketing e organizacional. O Manual de Oslo introduziu a perspectiva de que a inovação não é um fenômeno exclusivamente tecnológico, mas também envolve mudanças organizacionais e de mercado, refletindo uma visão mais abrangente e dinâmica do processo inovativo. A aplicação desse manual permitiu a criação de indicadores que capturam uma gama mais ampla de atividades inovativas, proporcionando uma melhor compreensão das estratégias empresariais e dos fatores que impulsionam a inovação (OECD, 2010).

Os indicadores compostos, como o Índice Global de Inovação e o Índice de Inovação da Comissão Europeia, são amplamente utilizados para capturar tanto o processo quanto os resultados da inovação. A evolução contínua do ambiente econômico global, dos objetivos políticos e dos métodos estatísticos exige uma abordagem coevolutiva para garantir que esses indicadores permaneçam relevantes e precisos (Beneli; Carvalho; Furtado, 2016). Nesse contexto, a padronização e os padrões emergem como novos tipos de indicadores de inovação, refletindo a implementação do conhecimento em produtos e serviços inovadores (Blind, 2019). A padronização, como um processo de inovação aberta, e os padrões, como seu resultado, oferecem oportunidades para medir a difusão do conhecimento. No entanto, ainda existem lacunas significativas de dados em comparação com os dados de patentes, e é necessário desenvolver uma infraestrutura de qualidade abrangente para avaliar de forma eficaz as iniciativas de política de inovação.

A Pesquisa de Inovação Tecnológica (PINTEC), realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), exemplifica a aplicação dos princípios do Manual de Oslo no contexto brasileiro. A PINTEC coleta dados detalhados sobre as atividades de inovação nas empresas brasileiras, abrangendo despesas com P&D, aquisição de máquinas e equipamentos, formação de parcerias para inovação e fontes de financiamento. Essa pesquisa proporciona uma visão abrangente do panorama da inovação no Brasil, permitindo comparações internacionais e análises detalhadas

sobre os desafios e oportunidades enfrentados pelas empresas brasileiras no campo da inovação (Marchini; Pereira, 2022).

A inovação sustentável, que envolve o desenvolvimento de novos produtos, processos, serviços e tecnologias que contribuem para o bem-estar humano respeitando os recursos naturais, também exige indicadores adequados. Conforme as organizações contemporâneas amadurecem seus processos inovativos visando incorporar sustentabilidade, a demanda por indicadores apropriados para avaliar esses resultados aumenta. Bernardo *et al.* (2022) apresentam um roadmap tecnológico que fornece uma visão de futuro para apoiar tomadores de decisão. Esse estudo identifica indicadores de inovação sustentável e os agrupa em três campos de aplicação: público, privado e Institutos de Ciência e Tecnologia (ICTs), destacando a concentração dos estudos na União Europeia devido a uma estratégia de investimento em P&D e articulação entre governo e ICTs.

Além dos manuais da OCDE, outros métodos e manuais têm contribuído para a construção de indicadores de inovação. O Manual de Bogotá, por exemplo, foi desenvolvido para adaptar os indicadores de inovação às especificidades dos países da América Latina e Caribe, reconhecendo as diferenças estruturais e contextuais em relação aos países desenvolvidos. Este manual enfatiza a importância de considerar as características regionais e os sistemas de inovação locais ao construir indicadores, proporcionando uma abordagem mais contextualizada e relevante para as economias em desenvolvimento (Álvarez & García, 2012). Outros esforços, como o *Community Innovation Survey* (CIS) na União Europeia, têm gerado uma vasta base de dados que permite a análise comparativa das atividades inovativas entre diferentes países e regiões, contribuindo para o entendimento global dos processos de inovação (Sabadie & Kwiatkowski, 2017).

No entanto, a ausência de uma abordagem dominante para mensurar o grau de inovação sustentável resulta em poucas experiências práticas gerenciais de utilização de indicadores para essa finalidade (Almeida; Maricato, 2021).

No contexto público, o cenário europeu apresenta inúmeras abordagens promissoras que norteiam as políticas econômicas e industriais do bloco, visando à construção de um modelo de desenvolvimento mais sustentável. De acordo com Bernardo *et al.* (2022), os indicadores de inovação sustentável na área empresarial enfatizam o desempenho corporativo ou avaliam um produto ou processo inovador quanto ao seu grau de sustentabilidade, servindo como ferramenta de seleção de

projetos e suporte à tomada de decisão no desenvolvimento de produtos. No Brasil, surgiram abordagens de indicadores voltadas para apoiar a transferência tecnológica de ICTs para o setor produtivo (Mendonça *et al.*, 2018).

Segundo Faria *et al.* (2023), o processo de inovação e seus impactos no aumento de produtividade e agregação de valor à economia são reflexos da maneira como as empresas e os países acumulam capacidades tecnológicas. A Lei de Inovação no Brasil estabelece que a gestão da inovação nas Instituições Científicas e Tecnológicas (ICTs) públicas é de responsabilidade dos Núcleos de Inovação Tecnológica (NITs). Esses núcleos contam com apoio financeiro de instituições de amparo à pesquisa para o cumprimento de suas atribuições.

No cenário globalizado atual, a inovação está diretamente relacionada ao desenvolvimento econômico e ao progresso de um país. Para que as inovações tecnológicas cheguem ao setor produtivo, muitas vezes é necessário celebrar contratos de transferência de tecnologia e licenciamento. Agostinho e Garcia (2018) discutem que, apesar dos desafios na interação entre universidades e setor produtivo, a utilização do modelo Hélice Tríplice, que constitui a interação entre universidade, empresa e governo, e o processo de inovação aberta, podem beneficiar todos os atores envolvidos. A cooperação é essencial para superar a assimetria informacional, reduzir custos de transação e institucionalizar o processo de aprendizado, contribuindo para o crescimento da inovação e o desenvolvimento econômico e tecnológico.

Com o objetivo de identificar publicações relevantes sobre indicadores de inovação, foi realizada busca nas bases de dados *Web of Science* e *Scopus*. A pesquisa resultou inicialmente em 841 artigos. Para assegurar a relevância e a qualidade das obras a serem analisadas, foram estabelecidos critérios de seleção: os artigos selecionados deveriam conter os termos de busca “*innovation*” and “*indicators*” integralmente no título, palavras-chave ou resumo; ser artigos científicos revisados por pares; estar escritos em inglês, português ou espanhol; estar nas áreas de pesquisa definidas (Ciências Sociais, Negócios e Economia, Tecnologia e Engenharia, Ciências da Computação, Ciência da Informação); ter um corpo de documento com mais de uma página e ter o texto completo disponível na base de dados utilizada. Após a aplicação desses critérios, foram escolhidos 50 artigos para leitura mais detalhada, dos quais nove foram considerados os mais relevantes e serão listados e discutidos no **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

Quadro 1: Artigos selecionados após etapa de filtragem

| <b>Título</b>                                                                                            | <b>Autores</b>                                                                | <b>Ano</b> | <b>Periódico / livro</b>                                                             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| " <i>The EU 2020 Innovation Indicator: A Step Forward in Measuring Innovation Outputs and Outcomes</i> " | JANGER, Juergen;<br>SCHUBERT, Torben;<br>RAMMER, Christian.                   | 2016       | <i>Ssm Electronic Journal.</i>                                                       |
| " <i>The Springer Handbook of Science and Technology Indicators</i> "                                    | GLÄNZEL, Wolfgang;<br>MOED, Henk F.;<br>SCHMOCH, Ulrich;<br>THELWALL, Mike.   | 2019       | Livro                                                                                |
| " <i>Identifying and Ranking Novel Indicators of MSMEs Innovation Potential</i> "                        | MARKOVIĆ, Dušan;<br>JANAČKOVIĆ, Goran;<br>SIMEUNOVIĆ, Nenad;<br>LALIĆ, Bojan. | 2020       | <i>Technology Analysis &amp; Strategic Management</i>                                |
| " <i>The Palgrave Handbook of Economic Performance Analysis.</i> "                                       | MOHNEN, Pierre.                                                               | 2019       | Livro                                                                                |
| " <i>Development Innovative activity indicators.</i> "                                                   | LITVINOVA, A.G.                                                               | 2021       | <i>Euroasian Scientific and Industrial Chamber.</i>                                  |
| " <i>Key performance indicators and dimensions for the innovation process.</i> "                         | KELLY, Kevin; NAPPI, Vanessa.                                                 | 2018       | <i>Mechanical and Manufacturing Engineering Department. Trinity College, Dublin.</i> |
| " <i>Indicators used to measure service innovation and manufacturing innovation.</i> "                   | TAQUES, Fernando Henrique; LÓPEZ, Manuel G; BASSO, Leonardo F; AREAL, Nelson. | 2020       | <i>Journal of Innovation &amp; Knowledge.</i>                                        |
| " <i>Critical Perspectives on Innovation Management.</i> "                                               | DZIURSKI, Patryk.                                                             | 2021       | Livro                                                                                |
| " <i>Towards a Multivariate Innovation Index</i> "                                                       | HOLGERSSON, Thomas;<br>KEKEZI, Orsa.                                          | 2018       | <i>Economics of Innovation and New Technology.</i>                                   |

Fonte: elaborado pelo autor (2024)

O artigo escrito por Janger *et al.* (2016), intitulado "*The EU 2020 Innovation Indicator: A Step Forward in Measuring Innovation Outputs and Outcomes*", apresenta um conjunto de indicadores desenvolvidos pela Comissão Europeia para medir os resultados e impactos da inovação. Estes indicadores foram criados para apoiar os formuladores de políticas na criação de ações que eliminem obstáculos, permitindo que inovadores transformem ideias em produtos e serviços bem-sucedidos no mercado.

No quadro 2 podemos observar alguns dos indicadores de inovação propostos pela Comissão Europeia.

Quadro 2: Indicadores de inovação propostos pela Comissão Europeia

| <b>Indicador</b>                                                          | <b>Descrição</b>                                                                                                                                                                     |
|---------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Pedidos de Patentes (PCT)                                                 | Número de pedidos de patentes PCT por bilhão de PIB. Reflete a produção de conhecimento, mas pode superestimar a inovação por incluir patentes que não são implementadas.            |
| Importância Econômica dos Setores Intensivos em Conhecimento (KIA)        | Participação de empregados em setores intensivos em conhecimento no total de emprego do setor empresarial. Avalia a especialização em setores de alta intensidade de conhecimento.   |
| Desempenho Comercial de Bens e Serviços Intensivos em Conhecimento (COMP) | Composto pela participação de bens de alta tecnologia e serviços intensivos em conhecimento nas exportações totais. Reflete a competitividade em setores intensivos em conhecimento. |
| Emprego em Empresas de Rápido Crescimento em Setores Inovadores (DYN)     | Mede o dinamismo através do emprego em empresas de rápido crescimento em setores inovadores. Indica o potencial de crescimento em setores inovadores.                                |

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Janger *et al.* (2016)

A conclusão do artigo enfatiza que, embora o Indicador de Inovação da UE 2020 busque fornecer dados comparáveis internacionalmente sobre os resultados da inovação, ele apresenta limitações significativas. O indicador tende a favorecer países especializados em setores considerados intensivos em conhecimento, mesmo que as atividades realizadas nesses países não sejam tão intensivas em conhecimento. Além disso, não considera resultados de inovação em termos de aprimoramento estrutural, subestimando países que estão na vanguarda em setores menos intensivos em conhecimento. Assim, o autor destaca a necessidade de equilibrar a mudança estrutural com o aprimoramento estrutural para medir adequadamente os resultados da inovação (Janger *et al.*, 2020).

Glänzel *et al.* (2019), autor do livro *"The Springer Handbook of Science and Technology Indicators"* oferece uma coleção de contribuições sobre pesquisa quantitativa em ciência e tecnologia. Organizado em seis partes, cada capítulo foca em aspectos específicos do desenvolvimento e aplicação de indicadores derivados de dados sobre publicações acadêmicas, patentes e comunicação eletrônica. De acordo com os autores, o manual visa fornecer indicadores para o sistema de ciência e tecnologia derivados da produção documentada de pesquisas e atividades de patentes.

Os principais indicadores de inovação discutidos por Glänzel *et al.* (2019) incluem métricas destinadas a capturar diferentes aspectos da atividade inovadora, como pode-se observar no quadro 3.

Quadro 3: Principais indicadores de inovação discutidos no livro "The Springer Handbook of Science and Technology Indicators"

| Indicador                                        | Descrição                                                                                                                                   |
|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Indicadores de Patentes                          | Número de pedidos de patentes e patentes concedidas, refletindo a capacidade de inovar e proteger novas tecnologias.                        |
| Indicadores de Publicações Científicas           | Número de artigos publicados e citações recebidas, medindo a qualidade e influência da produção científica.                                 |
| Investimento em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) | Despesas em P&D como percentual do PIB, avaliando o compromisso com a inovação e o desenvolvimento tecnológico.                             |
| Impacto Social e Econômico                       | Participação de bens de alta tecnologia e serviços intensivos em conhecimento nas exportações, refletindo a adoção e impacto das inovações. |
| Indicadores de Colaboração e Redes de Pesquisa   | Análise de coautoria e participação em redes de pesquisa internacionais, avaliando a interconectividade e colaboração em pesquisa           |

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Glänzel *et al.* (2019).

Primeiramente, os indicadores de patentes são utilizados para medir a produção de inovação, incluindo o número de pedidos de patentes e patentes concedidas, que são vistos como *proxies* diretos da atividade inovadora. Segundo os autores, as patentes refletem a produção de conhecimento tecnológico novo e a capacidade de uma organização em proteger suas inovações. Além disso, os indicadores de publicações científicas são considerados fundamentais para avaliar a produção de conhecimento científico (incluindo o número de artigos publicados em revistas de alto impacto e o número de citações que esses artigos recebem). Esses indicadores são utilizados para medir a qualidade e a influência das pesquisas científicas conduzidas por uma organização ou país (Glänzel *et al.*, 2019).

Outro indicador considerado importante pelos autores é o investimento em pesquisa e desenvolvimento (P&D), que inclui despesas em atividades de P&D como uma porcentagem do PIB. Este indicador é visto como crucial para avaliar o compromisso de uma organização ou país com a inovação e o desenvolvimento de novas tecnologias (Glänzel *et al.*, 2019). O impacto social e econômico das inovações também é medido através de indicadores que capturam a adoção de novas tecnologias e o crescimento de setores intensivos em conhecimento. Isso inclui métricas como a participação de bens de alta tecnologia nas exportações totais e a participação de serviços intensivos em conhecimento nas exportações de serviços (Glänzel *et al.*, 2019).

Por fim, os indicadores de colaboração e redes de pesquisa são utilizados para avaliar a interconectividade e a colaboração entre pesquisadores e instituições. Estes indicadores incluem a análise de coautoria em publicações científicas e a participação em redes de pesquisa internacionais, refletindo a capacidade de uma organização em colaborar e trocar conhecimentos de forma eficaz (Glänzel *et al.*, 2019).

A conclusão destaca a importância de utilizar uma combinação de diferentes indicadores para obter uma visão abrangente da atividade inovadora. Segundo Glänzel e colaboradores (2019), o uso de múltiplos indicadores permite capturar diversos aspectos da inovação, desde a produção de novos conhecimentos até a adoção e impacto econômico das inovações.

O artigo *"Identifying and Ranking Novel Indicators of MSMEs Innovation Potential"*, de Dušan Marković *et al.* (2020), apresenta uma pesquisa sobre a identificação e classificação dos indicadores de potencial de inovação em micro, pequenas e médias empresas (MSMEs). O objetivo principal do estudo é reconhecer e medir fatores que possibilitam inovações nessas empresas.

Foram identificados seis critérios principais e 41 indicadores que descrevem o potencial de inovação das MSMEs, baseando-se em julgamento de especialistas e revisão de literatura selecionada nas áreas de inovação e empreendedorismo. A classificação de cada indicador foi determinada usando a abordagem Fuzzy AHP. Um estudo de caso foi conduzido para as MSMEs na Sérvia, destacando a aplicação holística na identificação dos critérios e indicadores de potencial de inovação.

Os principais indicadores de inovação propostos incluem fatores que abrangem diferentes aspectos da capacidade inovadora, como pode-se observar no quadro 4.

Quadro 4: Indicadores de potencial de inovação em micro, pequenas e médias empresas (MSMEs)

| <b>Indicador</b>                           | <b>Descrição</b>                                                                                  |
|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Número de Empregados com Educação Superior | Reflete a qualificação da força de trabalho, essencial para o desenvolvimento de inovações.       |
| Número Total de Especialistas              | Mede o envolvimento de especialistas altamente qualificados em atividades inovadoras.             |
| Número de Empregados Envolvidos em P&D     | Reflete o envolvimento direto em pesquisa e desenvolvimento, crucial para a criação de inovações. |

|                                  |                                                                                                                                                                                           |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Investimentos Financeiros em P&D | Inclui orçamento interno total para P&D, acesso a fundos para inovação, e nível de investimento em TIC.                                                                                   |
| Infraestrutura de Pesquisa       | Nível de equipamento técnico para pesquisa e infraestrutura de TI, fornecendo suporte necessário para o desenvolvimento tecnológico e inovador.                                           |
| Gestão Empresarial               | Capacidade de planejamento estratégico, monitoramento e controle, gestão da qualidade, gestão de risco e gestão de recursos humanos, essenciais para a implementação eficaz de inovações. |
| Ambiente Externo de Negócios     | Inclui cooperação com fornecedores, clientes, instituições acadêmicas, e ambiente tributário, influenciando a capacidade inovadora das MSMEs.                                             |

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Markovic *et al.* (2020).

Primeiramente, o número de empregados com educação superior foi apontado como um indicador que reflete a qualificação da força de trabalho, essencial para o desenvolvimento de inovações. O documento destaca que a participação de funcionários altamente qualificados é vital para a capacidade inovadora das empresas. Além disso, o número total de especialistas e o número de empregados envolvidos em P&D são indicadores que medem o envolvimento direto da força de trabalho em atividades de pesquisa e desenvolvimento, essenciais para a criação de inovações (Markovic *et al.*, 2020).

Outro grupo de indicadores inclui investimentos financeiros em P&D, que englobam o orçamento interno total para P&D, o acesso a fundos nacionais e internacionais para inovação e P&D, e o nível de investimento em tecnologia da informação e comunicação (TIC). Segundo Markovic *et al.* (2020), estes indicadores são fundamentais para sustentar atividades contínuas de inovação dentro das empresas. Adicionalmente, infraestrutura de pesquisa, como o nível de equipamento técnico para pesquisa e a infraestrutura de TI, são críticos para fornecer o suporte necessário para o desenvolvimento tecnológico e inovador (Markovic *et al.*, 2020).

Os indicadores relacionados à gestão empresarial também são destacados, incluindo a capacidade de planejamento estratégico, monitoramento e controle, gestão da qualidade, gestão de risco e gestão de recursos humanos. O ambiente externo de negócios também é considerado, com indicadores como cooperação com fornecedores e clientes, cooperação com instituições acadêmicas e o ambiente tributário para negócios, todos influenciando a capacidade inovadora das MSMEs (Markovic *et al.*, 2020).

A conclusão do autor ressalta a importância de melhorar o potencial de inovação para o setor de MSMEs em países em desenvolvimento. Markovic *et al.* (2020) conclui que a identificação e classificação dos indicadores de potencial de inovação são essenciais para o desenvolvimento de uma estratégia de inovação eficaz. A metodologia *Fuzzy AHP* foi utilizada para classificar os critérios e indicadores de potencial de inovação. O procedimento apresentado pode ser usado como uma ferramenta de *benchmarking*, ajudando os gestores a melhorar a capacidade de inovação da organização e a definir ou reexaminar sua estratégia de inovação, obtendo assim vantagens competitivas no mercado (Markovic *et al.*, 2020).

Mohnen (2019), no capítulo intitulado “*R&D, innovation and productivity*”, publicado no livro “*The Palgrave Handbook of Economic Performance Analysis*” explora uma variedade de indicadores tecnológicos que vão desde entradas até saídas de inovação, destacando suas forças e fraquezas e as precauções necessárias ao usar esses dados para análise econômica. O objetivo principal do autor é entender como esses indicadores impactam a produtividade total dos fatores (TFP) e como eles se relacionam com o crescimento econômico.

Entre os principais indicadores de inovação apresentados no documento (quadro 5) estão os gastos com P&D, patentes, citações de patentes, despesas com inovação, participação das vendas inovadoras, contagem de inovações e várias medidas de tecnologias adquiridas.

Quadro 5: Indicadores tecnológicos propostos no livro “The Palgrave Handbook of Economic Performance Analysis”

| Indicador                          | Descrição                                                                                      |
|------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Gastos com P&D                     | Investimentos em pesquisa e desenvolvimento para aumentar o estoque de conhecimento.           |
| Patentes                           | Número de patentes registradas como medida de output tecnológico.                              |
| Citações de Patentes               | Referências em patentes subsequentes, indicando o impacto das inovações iniciais.              |
| Despesas com Inovação              | Gastos totais em atividades inovadoras além de P&D, como marketing e aquisição de tecnologias. |
| Participação das Vendas Inovadoras | Proporção das vendas totais atribuídas a novos produtos.                                       |
| Contagem de Inovações              | Número total de inovações introduzidas pela empresa.                                           |
| Medidas de Tecnologias Adquiridas  | Quantidade e qualidade das tecnologias adquiridas externamente.                                |

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Mohnen (2019).

Os gastos com P&D são considerados um dos indicadores mais importantes, representando investimentos em um estoque de conhecimento que pode se depreciar devido à obsolescência ou perda física. Além disso, a dualidade da P&D, tanto como uma medida de entrada de inovação quanto como um meio de absorver conhecimento externo, é ressaltada.

Outro indicador considerado foi a contagem de patentes e citações de patentes, por fornecerem uma medida do output tecnológico e do impacto das inovações. No entanto, Mohnen (2019) alerta que esses indicadores têm limitações, como a dificuldade em medir preços de novos produtos e mudanças de qualidade, além de possíveis vieses em dados de inovações coletados em pequenas empresas.

Segundo o autor, os gastos com inovação incluem despesas em várias atividades além da P&D, como marketing de novos produtos, treinamento e aquisição de tecnologias. A participação das vendas inovadoras também foi considerada, refletindo a capacidade de uma empresa de introduzir novos produtos no mercado.

Mohnen (2019) conclui que a melhoria do potencial de inovação é muito importante para o setor de micro, pequenas e médias empresas (MPMEs) em países em desenvolvimento. A identificação e a classificação dos indicadores de potencial de inovação podem ser extremamente úteis para o desenvolvimento de estratégias de inovação para essas empresas. A metodologia *Fuzzy AHP* utilizada no estudo para classificar os critérios e indicadores de potencial de inovação provou ser eficaz. A aplicação do procedimento de seleção de indicadores de potencial de inovação pode servir como uma ferramenta de *benchmarking*, ajudando os gestores a melhorar a capacidade de inovação da organização e a definir ou reexaminar suas estratégias de inovação para ganhar vantagens competitivas no mercado (Mohnen, 2019).

O artigo de Litvinova (2021), com o título “*Development Innovative activity indicators*” propõe indicadores de inovação para pequenas e médias empresas (PMEs), destacando a importância de identificar e classificar esses indicadores para melhorar a capacidade de inovação. A pesquisa utiliza uma abordagem holística, incorporando uma análise hierárquica *fuzzy* (*Fuzzy AHP*) para avaliar e ranquear 41 indicadores de inovação, divididos em cinco critérios principais: recursos humanos, investimento financeiro em pesquisa e desenvolvimento (P&D), infraestrutura de pesquisa, gestão da empresa e ambiente externo de negócios, como pode-se observar no quadro 6.

Quadro 6: Indicadores de inovação para pequenas e médias empresas (PMEs)

| <b>Indicador</b>               | <b>Descrição</b>                                                                                            |
|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Recursos humanos               | Número de funcionários com educação superior, número total de especialistas, funcionários em P&D            |
| Investimento financeiro em P&D | Orçamento total para P&D, acesso a fundos, investimento em TIC, capital humano, transferência de tecnologia |
| Infraestrutura de pesquisa     | Equipamentos técnicos, infraestrutura de TIC, laboratórios de pesquisa                                      |
| Gestão da empresa              | Planejamento estratégico, gestão de ideias                                                                  |
| Ambiente externo de negócios   | Cooperação com fornecedores, quadro institucional para parcerias público-privadas                           |

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Litvinova (2021).

Esses critérios foram selecionados com base em uma revisão da literatura e discussões com especialistas, e o estudo se foca nas PMEs da economia em desenvolvimento da Sérvia.

Recursos humanos são considerados um dos fatores mais influentes na criação de inovações. Segundo Litvinova (2021), a qualidade do capital humano, incluindo o número de funcionários com educação superior, o número total de especialistas, e a quantidade de funcionários envolvidos em atividades de P&D, são cruciais para o potencial de inovação. Além disso, o nível de educação e habilidades dos empreendedores também influencia significativamente o potencial de inovação das empresas.

O investimento financeiro em P&D é o terceiro critério mais importante para a criação de inovações. Isso inclui o orçamento interno total para P&D, acesso a fundos nacionais e internacionais, investimento em tecnologia da informação e comunicação (TIC), e investimento em capital humano. Litvinova (2021) destaca a importância de um financiamento adequado para atividades de inovação, incluindo a proteção de direitos de propriedade intelectual e a transferência de tecnologia.

A infraestrutura de pesquisa também desempenha um papel crucial. Os indicadores incluem o nível de equipamentos técnicos, infraestrutura de TIC, e laboratórios de pesquisa. Segundo Litvinova (2021), fornecer equipamentos de alta qualidade e infraestrutura é essencial para o desenvolvimento tecnológico e inovador.

A gestão da empresa é outro critério importante, onde a capacidade de planejamento estratégico e a gestão de ideias são fundamentais. Litvinova (2021) menciona que a gestão eficaz do conhecimento é vital para a criação de inovações em todas as organizações modernas.

O ambiente externo de negócios inclui a cooperação com fornecedores e o quadro institucional para parcerias público-privadas. Litvinova (2021) observa que a cooperação externa, embora importante, tem menor influência no setor de PMEs em comparação com os fatores internos.

A conclusão do autor enfatiza que a identificação e classificação dos indicadores de inovação são essenciais para o desenvolvimento de estratégias de inovação eficazes para PMEs, especialmente em economias em desenvolvimento. Litvinova (2021) conclui que a metodologia *Fuzzy AHP* é eficaz para ranquear critérios e indicadores de potencial de inovação, e pode ser utilizada como uma ferramenta de *benchmarking* para ajudar os gestores a melhorar a capacidade de inovação das organizações e, assim, obter vantagens competitivas no mercado.

A identificação dos indicadores que descrevem o potencial de inovação, bem como a classificação dos critérios e indicadores de potencial de inovação conduzida neste estudo, pode ser muito útil para o desenvolvimento de uma estratégia de inovação das PMEs. Litvinova (2021) afirma que a metodologia *Fuzzy AHP* é eficaz para ranquear critérios e indicadores de potencial de inovação, servindo como uma ferramenta de *benchmarking* para ajudar os gestores a melhorar a capacidade de inovação das organizações e obter vantagens competitivas no mercado.

A dissertação de Kelly e Nappi (2018), que tem como título “*Key performance indicators and dimensions for the innovation process*” apresenta um conjunto abrangente de indicadores-chave de desempenho (KPIs) para o processo de inovação, visando apoiar empresas, especialmente pequenas e médias empresas (PMEs) e *startups*, na gestão eficaz da inovação. O estudo identifica nove dimensões principais do processo de inovação, cada uma contendo KPIs específicos que foram sistematizados através de uma revisão sistemática da literatura (quadro 7).

Quadro 7: Indicadores-chave de desempenho (KPIs) para o processo de inovação

| <b>Critério</b>                 | <b>Indicador</b>                                                                  |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Estratégia de Inovação          | Clareza dos objetivos de inovação para todos os envolvidos                        |
| Gestão do Conhecimento          | Quantidade de ideias geradas                                                      |
| Organização e Cultura           | Clima da equipe e suporte para a inovação                                         |
| Gestão de Portfólio             | Existência de um processo formal de gestão de portfólio                           |
| Gestão de Projetos              | Compromisso de recursos para projetos de inovação                                 |
| Gestão de Tecnologia            | Análise do potencial tecnológico                                                  |
| Gestão de Equipes               | Colaboração entre equipes multifuncionais                                         |
| Comercialização                 | Uso de ferramentas de pesquisa de mercado                                         |
| Adoção de Vanguarda da Inovação | Incorporação de práticas de abertura, sustentabilidade e servitização na inovação |

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Kelly e Nappi (2018).

O objetivo principal é criar um framework de desempenho que permita às organizações monitorar, diagnosticar limitações e identificar áreas para ações de melhoria em seus processos de inovação.

Os principais indicadores de inovação incluem diversas dimensões, tais como estratégia de inovação, gestão do conhecimento, organização e cultura, gestão de portfólio, gestão de projetos, gestão de tecnologia, gestão de equipes, comercialização e adoção de vanguarda da inovação. Cada uma dessas dimensões é considerada vital para entender e melhorar os processos de inovação dentro das organizações.

Kelly e Nappi (2018) afirmam que "a estratégia de inovação representa a definição e planejamento de um foco coordenado para os esforços relacionados a novos produtos". Indicadores nesta dimensão incluem a clareza dos objetivos de inovação para todos os envolvidos e o alinhamento da estratégia com as metas organizacionais.

Na gestão do conhecimento, indicadores como a geração de ideias e a gestão de informações são citados como cruciais. Segundo os autores, a gestão do conhecimento envolve obter e comunicar ideias e informações que fundamentam as competências de inovação. Exemplos de KPIs incluem a quantidade de ideias geradas e a eficácia da comunicação de conhecimento dentro da organização.

A dimensão de organização e cultura abrange o ambiente de trabalho e a estrutura organizacional que suportam a inovação. São utilizados indicadores como o clima da equipe e o suporte para a inovação. Kelly e Nappi (2018) destacam que "a cultura organizacional e a estrutura de trabalho têm um impacto significativo no nível de inovação dentro das organizações".

A gestão de portfólio refere-se à revisão contínua e seleção de ideias de novos projetos, utilizando ferramentas de avaliação e alinhamento com a estratégia. Um indicador nesta dimensão é a existência de um processo formal de gestão de portfólio, essencial para garantir que os recursos sejam alocados eficientemente.

Na gestão de projetos, a alocação de recursos e o compromisso com a inovação são indicadores chave. Kelly e Nappi (2018) enfatizam que a excelência na gestão de projetos promove a entrega de inovações em produtos, sistemas e serviços.

Indicadores incluem o compromisso de recursos para projetos de inovação e a eficácia da gestão de projetos.

A gestão de tecnologia lida com a antecipação do potencial de novas tecnologias e a implementação de programas de longo prazo para desenvolver competências tecnológicas. Indicadores nesta dimensão incluem a análise do potencial tecnológico e a orientação para a tecnologia.

A gestão de equipes é considerada, com indicadores focados em equipes multifuncionais e a colaboração entre diferentes áreas da organização. Kelly e Nappi (2018) mencionam que "organizações líderes confiam significativamente em equipes multifuncionais ao longo do processo de desenvolvimento de novos produtos".

A dimensão de comercialização inclui atividades para entender clientes, concorrentes e forças macro ambientais no mercado. Indicadores como o uso de ferramentas de pesquisa de mercado são comuns, refletindo a sofisticação das organizações em envolver o cliente no processo de desenvolvimento de novos produtos.

Por fim, a adoção de vanguarda da inovação abrange novas tendências como abertura, sustentabilidade e servitização. Kelly e Nappi (2018) afirmam que a adoção de vanguarda da inovação se preocupa com novas tendências em práticas de inovação e desenvolvimento de novos produtos, incluindo abertura, sustentabilidade e servitização.

A conclusão dos autores destaca que a identificação e a classificação dos indicadores de inovação são essenciais para o desenvolvimento de uma estratégia de inovação eficaz. Kelly e Nappi (2018) concluem que o *framework* de desempenho proposto é uma ferramenta útil para gestores selecionarem indicadores adequados para monitorar seus processos de inovação, diagnosticar limitações e identificar áreas para ações de melhoria.

O estudo de Taques *et al.* (2020), que tem como título: "*Indicators used to measure service innovation and manufacturing innovation*" aborda os principais indicadores de inovação em organizações, discutindo as vantagens e desvantagens de cada um, bem como seu impacto na medição da inovação em diferentes contextos (quadro 8).

Quadro 8: Principais indicadores de inovação em organizações

| <b>Indicador</b>                                  | <b>Vantagens</b>                                                        | <b>Desvantagens</b>                                                          |
|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| Gastos em P&D                                     | Representa o esforço inovador, permite segmentação por tipo de pesquisa | Não mede a introdução real de inovações, subestima pequenas empresas         |
| Despesa não relacionada à P&D em inovação externa | Permite medir investimentos adicionais em inovação                      | Pode concentrar informações no setor financeiro, subestima pequenas empresas |
| Quantidade de mudanças não tecnológicas           | Reflete inovações incrementais e radicais em produtos e processos       | Subjetividade na medição da contribuição real                                |
| Proteção da inovação durante a pesquisa           | Mede iniciativas para proteger inovações em desenvolvimento             | Identifica apenas a iniciativa, não o resultado final                        |

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Taques *et al.* (2020).

O objetivo principal é avançar teoricamente ao melhorar os sistemas de medição sob diversas perspectivas, como produtos e processos, manufatura e serviços, além de indicadores de entrada, intermediários e de saída. A pesquisa destaca a importância de indicadores multidimensionais para fornecer uma visão mais precisa da inovação, ao contrário de indicadores unidimensionais, que podem limitar a compreensão dos efeitos reais no contexto organizacional, especialmente em serviços (Taques *et al.*, 2020).

Entre os principais indicadores de inovação identificados estão os gastos em P&D, que representam o esforço inovador da empresa, sendo que os gastos bem-sucedidos em um período geralmente resultam em novos gastos subsequentes. Contudo, este indicador não mede a introdução real de novos produtos, serviços ou processos, e tende a subestimar as pequenas empresas. Outro indicador importante destacado no estudo é a despesa não relacionada à P&D em inovação externa, que permite medir investimentos adicionais em inovação, como aquisição de patentes e licenças, mas pode concentrar informações no setor de intermediação financeira e subestimar pequenas empresas (Taques *et al.*, 2020).

A quantidade de mudanças não tecnológicas é considerada como outro indicador significativo, pois reflete a inovação incremental e radical tanto para produtos quanto para processos, abordando também inovações em marketing, estratégia, gestão e estrutura organizacional. No entanto, de acordo com os autores, a medição da contribuição real dessas mudanças pode ser subjetiva. A proteção da inovação durante o período de pesquisa é um indicador que mede as iniciativas da empresa para proteger inovações em desenvolvimento, abrangendo patentes, marcas

registradas e direitos autorais, mas apenas identifica a iniciativa, não o resultado final da aplicação (Taques *et al.*, 2020).

A conclusão do estudo ressalta que os sistemas de medição de inovação em serviços ainda enfrentam desafios significativos devido à natureza intangível e dinâmica desse setor. A integração de indicadores padronizados com técnicas estatísticas adequadas pode isolar os efeitos da inovação e facilitar a comparação entre diferentes contextos. Além disso, a construção de medições específicas com múltiplos indicadores pode proporcionar uma compreensão mais ampla do fenômeno da inovação, embora apresente complexidade estrutural e possíveis limitações de comparabilidade de dados (Taques *et al.*, 2020).

O livro *"Indicators used to measure service innovation and manufacturing innovation"*, de Patryk Dziurski (2021), aborda a importância de medir a inovação organizacional e discute os principais indicadores utilizados nesse processo. A pesquisa visa identificar e discutir os prós e contras de diferentes indicadores de inovação, propondo um sistema de aplicação eficaz em termos de setor, tamanho da empresa e restrições temporais. A análise detalha indicadores de entrada, intermediários e de saída, tanto para produtos quanto para processos, em setores de manufatura e serviços.

Os principais indicadores de inovação propostos pelo autor incluem despesas em P&D, publicações de patentes, citações de patentes, anúncios de produtos e indicadores baseados em questionários (entradas e saídas), como pode-se observar no quadro 9.

Quadro 9: Principais indicadores de inovação propostos no livro *"Indicators used to measure service innovation and manufacturing innovation"*

| <b>Indicador</b>                      | <b>Descrição</b>                                                                        |
|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| Despesas em P&D                       | Esforço financeiro em atividades de pesquisa e desenvolvimento                          |
| Publicações de Patentes               | Indicadores de novos desenvolvimentos tecnológicos                                      |
| Citações de Patentes                  | Medem a qualidade e o impacto das inovações                                             |
| Anúncios de Produtos                  | Sinalizam o lançamento de novos produtos no mercado                                     |
| Indicadores Baseados em Questionários | Capturam diferentes tipologias de inovação, como inovação incremental e inovação tácita |

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Dziurski (2021).

As despesas em P&D são ilustrativas do esforço inovador de uma empresa; as publicações de patentes representam os níveis alcançados na produção inovadora; as citações de patentes indicam a qualidade de um produto inovador; e os anúncios de produtos sinalizam objetivamente o nível de inovação de produtos (Dziurski, 2021). No setor de serviços, as empresas enfrentam desafios adicionais na medição de inovação devido à natureza intangível de suas atividades, o que exige o desenvolvimento de indicadores específicos e sensíveis ao contexto.

Concluindo, o autor afirma que medir a inovação em empresas, especialmente em setores de serviços, apresenta desafios significativos devido à natureza intangível das atividades inovadoras. É recomendado o uso de um conjunto de indicadores para aumentar a efetividade da inovação organizacional, destacando a importância de adaptar os indicadores ao contexto específico da pesquisa, ao período de análise e ao método de pesquisa empregado. A aplicabilidade desses indicadores permite uma avaliação mais precisa do desempenho inovador das empresas, facilitando comparações entre diferentes setores e países, o que é essencial para o monitoramento de políticas públicas e de financiamento (Dziurski, 2021).

Por fim, o artigo "*Towards a Multivariate Innovation Index*" de Holgersson e Kekezi (2018) propõe o desenvolvimento de um índice multidimensional de inovação que pode refletir os facilitadores e os resultados da inovação. O índice é definido em um espaço de quatro dimensões ortogonais e é demonstrado através de um estudo de caso empírico com 44 variáveis coletadas em todos os municípios da Suécia. As quatro dimensões de inovação (quadro 10) são tamanho, acessibilidade, desempenho das empresas e aglomeração. O objetivo do estudo é proporcionar uma nova forma de definir e analisar a inovação, com ampla aplicação em um mundo onde a inovação recebe grande reconhecimento.

Quadro 10: Principais indicadores de inovação propostos no artigo "*Towards a Multivariate Innovation Index*"

| Indicador               | Descrição                                                                                               |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Capital Humano          | Nível de educação e qualificação dos indivíduos na região.                                              |
| Externalidades          | Especialização, diversidade e competição que facilitam a troca de conhecimento.                         |
| Acessibilidade          | Medida da facilidade de interação espacial e oportunidades de troca de conhecimento.                    |
| Desempenho das Empresas | Variáveis de entrada e saída, como tamanho relativo das empresas, produtividade média, lucro ou vendas. |

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Holgersson e Kekezi (2018).

Os principais indicadores de inovação identificados por Holgersson e Kekezi (2018) incluem a capital humano, externalidades, acessibilidade e desempenho das empresas. A capital humano refere-se ao nível de educação e qualificação dos indivíduos, que é fundamental para o desenvolvimento regional. Externalidades incluem especialização, diversidade e competição, que facilitam a troca e difusão do conhecimento. A acessibilidade mede a facilidade de interação espacial e as oportunidades potenciais de interação, essencial para a troca de conhecimento através de contatos presenciais. O desempenho das empresas engloba variáveis de entrada e saída, como tamanho relativo das empresas, produtividade média, lucro ou vendas, que são cruciais para medir a capacidade inovadora de uma região (Holgersson; Kekezi, 2018).

Os dados expostos pelos autores mostram que a acessibilidade é um fator importante para a inovação, uma vez que facilita a interação e a troca de conhecimento entre regiões. Além disso, segundo os autores, as externalidades, como a diversidade de indústrias em uma região, são essenciais para criar retornos maiores de novo conhecimento econômico. O desempenho das empresas é considerado como importante, uma vez que empresas inovadoras tendem a aumentar a produtividade e a criar mais empregos (Holgersson; Kekezi, 2018).

Holgersson e Kekezi (2018) concluem que "o índice proposto permite identificar a heterogeneidade da inovação entre unidades regionais e também comparar diferentes eixos de inovação dentro de uma unidade específica".

Os documentos selecionados para a análise destacam a importância de uma abordagem multidimensional para a medição da inovação, combinando indicadores de entrada, processo e saída. Dziurski (2021) e Taques *et al.* (2020) enfatizam que os gastos com P&D são fundamentais para entender o esforço financeiro das empresas em inovação, enquanto Kelly e Nappi (2018) e Marković *et al.* (2020) destacam a relevância dos recursos humanos e da infraestrutura de pesquisa como pilares da capacidade inovadora. A importância de medir não apenas a quantidade, mas também a qualidade das inovações é reiterada por Litvinova (2021) através das citações de patentes, que refletem a influência das inovações no campo tecnológico. Além disso, Holgersson e Kekezi (2018) propõem um índice multidimensional de inovação que inclui dimensões como capital humano, externalidades, acessibilidade e desempenho das empresas, fornecendo uma análise mais completa do panorama inovador.

Os pontos em comum entre os documentos incluem a necessidade de indicadores financeiros (gastos em P&D), tecnológicos (patentes e citações de patentes) e organizacionais (gestão do conhecimento e mudanças estruturais). Taques *et al.* (2020) e Litvinova (2021) ressaltam que a inovação em serviços requer indicadores específicos devido à intangibilidade dos processos, diferindo das indústrias de manufatura, onde os indicadores tradicionais são mais aplicáveis. Kelly e Nappi (2018) também sugerem que uma cultura organizacional propícia à inovação é crucial para o sucesso das iniciativas inovadoras. Holgersson e Kekezi (2018) acrescentam que a acessibilidade e as externalidades, como a diversidade de indústrias em uma região, são essenciais para criar retornos maiores de novo conhecimento econômico.

### **3 METODOLOGIA**

A metodologia deste estudo está estruturada para a obtenção de dados e informações que possibilitem a análise crítica e a proposição de indicadores de inovação e transferência de tecnologia em políticas de compensação aplicadas ao Comando da Aeronáutica. A pesquisa é conduzida de forma sistemática, respeitando as diretrizes metodológicas apropriadas para o tema e os objetivos estabelecidos.

#### **3.1 ENQUADRAMENTO METODOLÓGICO**

Com base na definição de Gil (2018), esta pesquisa se classifica como aplicada, uma vez que visa gerar conhecimento prático para a solução de problemas específicos no contexto das políticas de compensação e transferência de tecnologia no Comando da Aeronáutica. A abordagem escolhida é qualitativa, focada na análise aprofundada dos fenômenos complexos, como os processos de inovação resultantes dos contratos estabelecidos, priorizando a qualidade dos dados e a profundidade da análise. Esta abordagem foi escolhida buscando compreender como as políticas de compensação impactam a inovação tecnológica dentro do contexto das operações da Força Aérea Brasileira.

Quanto aos objetivos, a pesquisa é tanto exploratória quanto descritiva. Conforme proposto por Gil (2018), a pesquisa exploratória visa proporcionar uma visão inicial sobre o tema, enquanto a descritiva busca detalhar e caracterizar os processos de inovação e transferência de tecnologia observados.

### 3.2 PROCEDIMENTOS PARA COLETA E ANÁLISE DOS DADOS

A coleta de dados é realizada em duas etapas principais. A primeira etapa envolve uma pesquisa documental, utilizando fontes primárias e secundárias disponíveis em bases de dados eletrônicas, documentos oficiais, relatórios de auditoria do Tribunal de Contas da União (TCU), e regulamentos do Comando da Aeronáutica e do Ministério da Defesa. A segunda etapa consiste na análise qualitativa dos dados coletados, com o objetivo de identificar padrões, temas e *insights* relevantes para a elaboração dos indicadores de inovação e transferência de tecnologia.

Para alcançar o primeiro objetivo específico, que é analisar modelos de indicadores de inovação em políticas públicas, realiza-se uma pesquisa descritiva e exploratória, visando descrever e gerar conhecimento a partir do portfólio bibliográfico sobre indicadores de inovação em políticas públicas, utilizando-se do método *Knowledge Development Process – Constructivist (ProKnow-C)*, desenvolvido na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), pelo LabMCDA (Ensslin; Ensslin; Pinto, 2013; Tasca et al., 2010). O *ProKnow-C* é composto por procedimentos sequenciais, que vão desde a busca de artigos científicos até a filtragem e seleção de um portfólio bibliográfico relevante (Afonso et al., 2012).

No que se refere ao segundo objetivo, que é analisar a perspectiva do Tribunal de Contas da União sobre inovação e transferência de tecnologia no projeto FX2, a análise documental da auditoria conduzida pelo órgão é a principal estratégia para compreender a visão do tribunal sobre a inovação e a transferência de tecnologia, permitindo a identificação de pontos críticos e áreas que necessitam de melhorias. É selecionado o Acordo de Compensação 004/DCTA-COPAC/2014, que faz parte do Programa FX-2, relacionado à aquisição das aeronaves Gripen NG pela Força Aérea Brasileira (FAB).

Os achados da auditoria são estruturados em categorias que refletem os principais pontos de análise do TCU, como a eficácia dos mecanismos de transferência de tecnologia, a conformidade com os objetivos estabelecidos no contrato e os impactos econômicos e industriais resultantes dessas políticas. Busca-se insumos que revelem tanto os êxitos quanto as deficiências na implementação das políticas de compensação, permitindo uma análise crítica e fundamentada sobre o processo.

Embora o portal do TCU disponibilize apenas informações gerais, sem restrição quanto à soberania nacional, o acesso aos relatórios completos foi obtido após visita ao Instituto de Fomento e Coordenação Industrial (IFI), no Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA). Esse acesso foi autorizado após a exposição de motivos e do trabalho ao comandante da unidade. Dessa forma, foi possível coletar dados para o desenvolvimento da pesquisa.

Em relação ao terceiro objetivo, que é propor um modelo de indicadores de inovação e transferência de tecnologia para projetos de *Offset* no Comando da Aeronáutica, a partir dos dados coletados, se desenvolve um modelo específico de indicadores, baseado em técnicas de análise qualitativa. Esse modelo é estruturado em grupos de indicadores, organizados conforme as principais dimensões identificadas na literatura, fundamentais para a avaliação das políticas de compensação.

A proposta é construir um sistema integrado de indicadores que permita não apenas a avaliação isolada de cada indicador, mas também a análise de sua interdependência e correlação, proporcionando uma visão holística do processo de inovação e transferência de tecnologia. Tal abordagem é apoiada por Holgersson e Kekezi (2018), que sublinham a necessidade de considerar externalidades e acessibilidade para maximizar o retorno do novo conhecimento gerado.

Para atingir o quarto objetivo, de confrontar os indicadores com as expectativas e questionamentos expressos pelo Tribunal de Contas da União no Relatório de Auditoria Operacional do Programa FX-2, contrasta-se os indicadores propostos com as expectativas e os questionamentos levantados pelo TCU, e utiliza-se uma análise para validar a relevância e a aplicabilidade desses indicadores no contexto do projeto FX2.

#### **4 DESENVOLVIMENTO**

Esta seção se inicia com uma revisão bibliográfica sobre indicadores em políticas públicas, prosseguindo com a análise da auditoria do Tribunal de Contas da União sobre o projeto FX2. Posteriormente, avalia e adapta esses indicadores baseando-se nas recomendações e críticas do TCU, visando desenvolver um modelo de indicadores que seja prático e aplicável. Finalmente, propõe-se o modelo de indicadores, submetido à avaliação participativa de especialistas, assegurando sua

contribuição efetiva para o fortalecimento da inovação tecnológica e da indústria de defesa nacional.

#### 4.1 INDICADORES DE INOVAÇÃO EM POLÍTICAS PÚBLICAS

Segundo Chaves *et al.* (2013), o método *ProKnow-C*, utilizado na revisão bibliográfica sobre o tema, segue quatro etapas: i) seleção de um portfólio bibliográfico (PB); ii) análise bibliométrica do PB; iii) análise sistêmica do PB; e iv) identificação de oportunidades de pesquisa. Na seleção do PB, define-se os eixos de pesquisa, palavras-chave, bases de dados e realiza-se a filtragem dos artigos.

##### 4.1.1 Filtragem do banco de artigos brutos

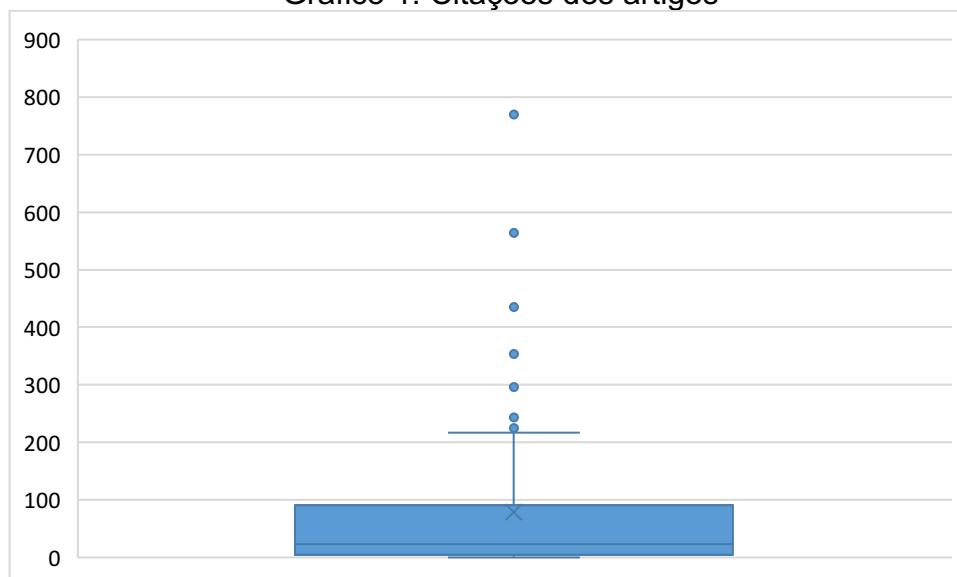
As palavras-chave são definidas em inglês para a pesquisa internacional, com base em conceitos principais: “*innovation*”, “*indicator*” e “*public policy*”. As bases de dados selecionadas, *Scopus* e *Web of Science*, atendem a critérios como alinhamento com o tema, disponibilidade no portal CAPES, suporte a expressões booleanas e pesquisa simultânea em título, resumo e palavras-chave.

A pesquisa é realizada em setembro de 2024, utilizando a expressão (innovation) AND (“public policy”) AND (indicat\*), permitindo buscar variações da palavra “*indicat*”. O resultado inclui 464 artigos: 358 da *Scopus* e 106 da *Web of Science*. A aderência das palavras-chave é testada em 5 artigos aleatórios, sem a necessidade de ajustar termos, mantendo-se os 464 artigos no Banco de Artigos Brutos.

Os artigos do Banco de Artigos Brutos são exportados para o gerenciador *Clarivate EndNote®* para filtragem. Excluem-se artigos duplicados, livros e congressos, resultando em 317 artigos. Após a leitura dos títulos, restam 81 artigos alinhados ao tema, excluindo-se 279. Quando o título não expressa claramente o conteúdo, lê-se o resumo antes de excluir o artigo.

Os 81 artigos passam por análise de reconhecimento científico, com base no número de citações no *Google Scholar*. Selecionam-se os artigos que representam 95% do total de citações, precedido de uma análise estatística (boxplot) para identificar citações discrepantes.

Gráfico 1: Citações dos artigos



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

O gráfico mostra que a maioria dos artigos tem poucas citações, com 5 “outliers” a partir de 200 citações. Esses “outliers” (770, 564, 435, 354 e 300 citações) estão 1,5 vezes além da diferença entre os quartis. Dos 81 artigos, 5 são discrepantes, e mais 33 artigos foram selecionados com base em 95% das citações, totalizando 38 artigos (repositório A).

Para a repescagem, foram incorporados 13 artigos publicados após 2021 ou escritos por autores renomados, somando 51 artigos (repositório A + B). Após leitura dos resumos, restaram 43 artigos (35 A + 8 B), dos quais 37 estavam disponíveis para download, e 6 foram eliminados. Após leitura completa, 4 artigos desalinhados foram excluídos, restando 33 artigos no banco de artigos primários.

#### 4.1.2 Teste de representatividade do portfólio bibliográfico - PB

O teste de representatividade do PB analisa as referências dos 33 artigos do banco primário para identificar artigos relevantes que podem ter sido excluídos pelos critérios iniciais. Das 1665 referências, 1402 são filtradas, resultando em 75 artigos alinhados ao tema. Estes passam por análise de reconhecimento científico, selecionando-se os 20% mais citados (ponto de corte de 50 citações) e os publicados nos últimos 20 anos, totalizando 13 artigos. Dois já estavam no banco primário, e dos 11 restantes, 4 foram considerados alinhados após a leitura dos resumos. Esses 4 artigos foram incorporados ao banco, que agora conta com 37 artigos, representando o portfólio final para análise.

#### **4.1.3 Autores de destaque**

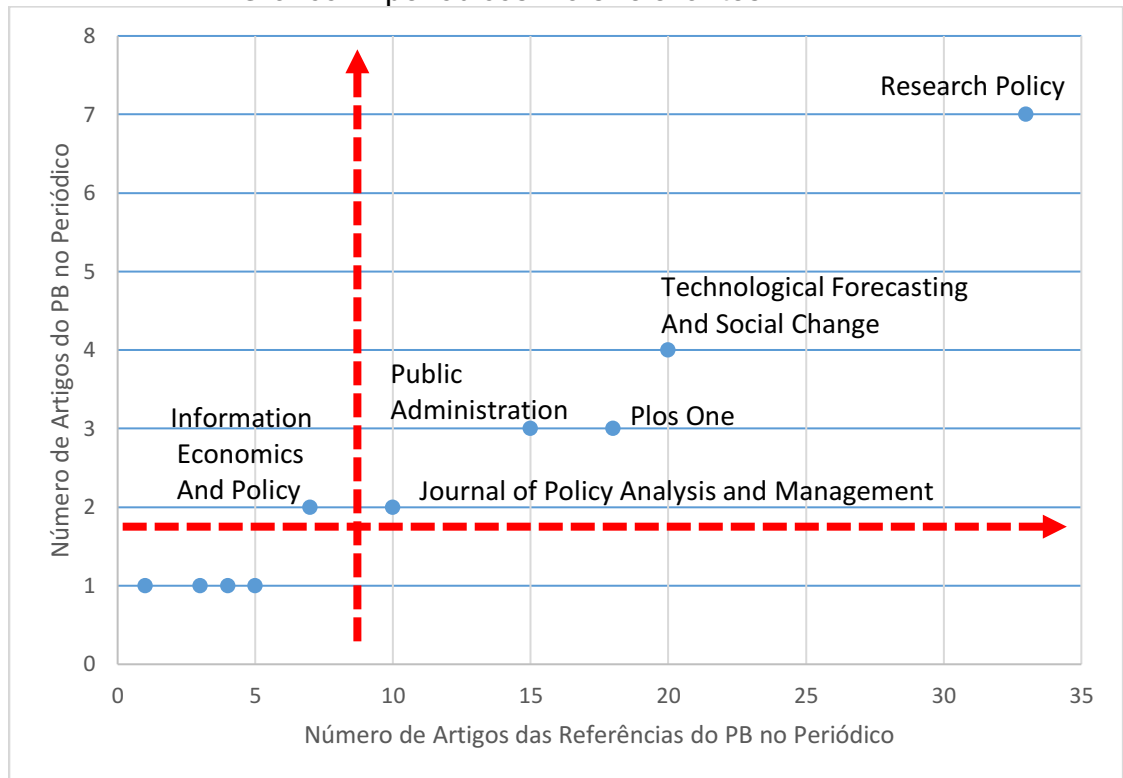
Os autores Walker, R. M. e Godin, B. são destaques no portfólio sobre indicadores de inovação e políticas públicas. Walker, da *Cardiff University* (Reino Unido), é reconhecido por estudos sobre inovação e governança no setor público, tendo escrito dois artigos do portfólio, amplamente referenciados por outros pesquisadores. Godin, pesquisador do *Institut National de la Recherche Scientifique* (INRS), no Canadá, é uma autoridade na análise de indicadores de ciência e tecnologia, com dois artigos no portfólio, também frequentemente citados. Ambos possuem extensa produção acadêmica, com publicações relevantes na base Scopus, justificando sua presença no portfólio.

#### **4.1.4 Periódicos mais relevantes**

O princípio de Pareto é utilizado para identificar os periódicos mais relevantes no portfólio bibliográfico (PB) e suas referências, seguindo a regra 80/20, onde uma pequena fração dos periódicos concentra a maioria das publicações. Essa análise classifica os periódicos de maior impacto para a pesquisa, destacando os principais veículos de disseminação do conhecimento na área.

O gráfico é construído com o número de artigos do PB no eixo Y e o número de referências publicadas nesses periódicos no eixo X, organizando visualmente os periódicos que concentram mais publicações, com linhas para dividir os mais relevantes, de acordo com o princípio de Pareto.

Gráfico 2: periódicos mais relevantes



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

O periódico *Research Policy* se destaca no PB e nas referências, com 7 e 33 artigos, sendo uma importante fonte sobre políticas de inovação. *Technological Forecasting And Social Change*, com 4 artigos no PB e 20 nas referências, é relevante em inovação tecnológica e políticas públicas. *Plos One* se destaca com 3 artigos no PB e 18 nas referências, amplamente citado em desenvolvimento tecnológico. *Public Administration* possui 3 artigos no PB e 15 nas referências, focando em administração pública e inovação governamental.

Aplicando o princípio de Pareto, esses cinco periódicos concentram mais de 80% das referências, sendo os principais veículos de publicação na área de inovação e políticas públicas.

#### 4.1.5 Artigos de destaque

Alguns artigos se destacam pelo número de citações e relevância no tema de inovação em políticas públicas. O mais citado é o de Leydesdorff e Meyer (2006), intitulado "*Triple Helix indicators of knowledge based innovation systems. Introduction to the special issue*", com 770 citações, cuja importância reside na centralidade das discussões sobre inovação em diversos setores, usando o modelo da Hélice Tríplice,

essencial para políticas públicas que incentivam a colaboração entre academia e indústria.

Freeman e Soete (2009), *"Developing science, technology and innovation indicators: What we can learn from the past"*, com 564 citações, contribuem influenciando políticas públicas por meio de indicadores de inovação amplamente usados por governos para estratégias tecnológicas.

Walker e Boyne (2006), *"Public management reform and organizational performance: An empirical assessment of the UK labour government's public service improvement strategy"*, com 354 citações, oferece evidências de como políticas públicas afetam a performance dos serviços, sendo relevante para a gestão e inovação no setor público.

Godin (2004), *"The New Economy: What the concept owes to the OECD"*, com 251 citações, analisa criticamente o conceito de nova economia e a influência da OECD nas políticas de ciência e tecnologia.

Por fim, Archibugi, Denni e Filippetti (2009), *"The technological capabilities of nations: The state of the art of synthetic indicators"*, com 296 citações, discutem as capacidades tecnológicas das nações por meio de indicadores sintéticos.

#### 4.1.6 Análise Sistêmica

As lentes analíticas seguem modelos conceituais adaptados de diversos autores. Bucci (2019) ressalta a importância da combinação entre teoria e dados empíricos (lente 1: natureza das pesquisas), enquanto Rossi (2020) destaca o alinhamento metodológico (lente 2) com o escopo das políticas de inovação. Silva e Furtado (2017) defendem o uso de técnicas (lente 3) robustas para medir o impacto dos indicadores. Salomón e Pinheiro (2013) apontam que fatores internos e externos (lente 4: variáveis e indicadores) são cruciais na análise das políticas de inovação. Almeida e Gomes (2019) discutem a importância dos feedbacks (lente 5) das pesquisas para a adaptação das políticas públicas.

Para a apresentação da análise sistêmica utilizam-se as lentes definidas no Quadro 11.

Quadro 11: Lentes utilizadas para realização da análise sistêmica

| Lente        | Caracterização e abrangência                                                                                                                             |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Natureza  | As pesquisas podem ser teóricas ou teórico-empíricas. Os artigos se baseiam em teorias já consolidadas ou se utilizam dados empíricos?                   |
| 2. Abordagem | Quantitativa (dados estatísticos sobre inovação) ou qualitativa (análise das práticas e políticas de inovação). Verifica-se se a abordagem utilizada nos |

|                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                            | estudos é coerente com a proposta de adaptação de políticas de compensação.                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 3. Técnicas                | As técnicas de análise podem ser estatísticas (quantitativas) para medir o impacto dos indicadores de inovação, ou discussões conceituais e teóricas (qualitativas). Quais são as técnicas mais utilizadas nos artigos analisados e quais delas oferecem conclusões mais robustas sobre a aplicação dos indicadores nas políticas públicas de inovação? |
| 4. Variáveis / Indicadores | Variáveis que afetam os indicadores de inovação. Podem ser internas (políticas governamentais) ou externas (fatores econômicos e sociais). O artigo traz indicadores? Primários ou secundários?                                                                                                                                                         |
| 5. Feedback                | As pesquisas sobre indicadores de inovação contribuem para a validação, evolução ou formulação de novos modelos teóricos? Os artigos testam teorias existentes, propõem novos indicadores ou avaliam políticas de inovação no contexto das políticas públicas?                                                                                          |

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Em cada uma destas lentes exploram-se os principais achados com intuito de geração de conhecimento que permita a evolução científica do tema.

Sob a ótica da lente 1: Natureza, a análise dos 37 artigos revela uma divisão entre estudos teórico-empíricos e teóricos. Dos artigos, 22 são teórico-empíricos, combinando teoria consolidada e dados empíricos para testar hipóteses ou validar conceitos, usando teorias como a Hélice Tríplice e sistemas nacionais de inovação, com dados de patentes, publicações e estudos de caso. Exemplos incluem *"Democracy's Limited Impact on Innovation"*, que avalia o impacto da democracia na inovação com dados quantitativos; *"Innovating in Digital Government in the American States"*, que examina a inovação digital nos governos estaduais dos EUA; e *"The Chinese Innovation System During Economic Transition"*, que analisa o sistema de inovação chinês.

Por outro lado, 15 artigos são teóricos, focando em discussões conceituais e revisões de literatura, sem coleta de dados empíricos. Exemplos incluem *"The New Economy: What the Concept Owes to the OECD"*, que analisa a evolução dos indicadores de inovação, e *"The Obsession for Competitiveness and Its Impact on Statistics"*, que critica a construção de indicadores de alta tecnologia no contexto da competitividade internacional.

A análise demonstra um equilíbrio entre abordagens teóricas e teórico-empíricas, com estudos teórico-empíricos fornecendo evidências práticas e os teóricos oferecendo uma base conceitual.

A lente 2: Abordagem, examina a metodologia dos artigos, classificando-a como quantitativa, qualitativa ou mista, e verifica se a abordagem é coerente com a adaptação de políticas de compensação. A abordagem quantitativa mensura o impacto por meio de dados estatísticos, enquanto a qualitativa analisa práticas e

políticas em contextos específicos. Alguns estudos combinam ambas, resultando em uma abordagem mista.

Entre os artigos analisados, 54% utilizam a abordagem quantitativa, focando em dados estatísticos, como investimentos em P&D, patentes e resultados financeiros. Um exemplo é *"Policy Incentives for Private Innovation and Maximising the Returns"*, que usa análises econométricas para avaliar o impacto de incentivos governamentais na inovação empresarial. *"Democracy's Limited Impact on Innovation"* também aplica modelos de regressão para explorar a relação entre democracia e inovação.

Outros 30% dos artigos utilizam uma abordagem qualitativa, concentrando-se na análise interpretativa de políticas. *"Developing Science, Technology and Innovation Indicators"* revisa historicamente indicadores de inovação, enquanto *"Innovating in Digital Government in the American States"* examina as inovações digitais no governo estadual americano.

Por fim, 16% dos artigos empregam uma abordagem mista, combinando métodos quantitativos e qualitativos. *"Inbound Open Innovation in SMEs"* analisa tanto os impactos mensuráveis quanto as percepções das PMEs sobre inovação aberta. *"Information Systems and Evidence-Based Policy in Multi-Agency Networks"* e *"Regional Innovation Systems"* também utilizam abordagens mistas para entender as dinâmicas de inovação.

A análise revela um predomínio das abordagens quantitativas, mas com uma tendência crescente de abordagens mistas para capturar tanto os impactos mensuráveis quanto as dinâmicas complexas das políticas de inovação.

A lente 3 foca nas técnicas de análise dos artigos, classificadas como quantitativas, que medem o impacto dos indicadores de inovação, ou qualitativas, que discutem a aplicação desses indicadores nas políticas públicas. O objetivo é identificar quais técnicas são mais utilizadas e oferecem conclusões robustas sobre a eficácia das políticas de inovação.

Cerca de 70% dos artigos utilizam técnicas quantitativas, como regressão, séries temporais e análise de painel. Exemplos incluem *"Policy Incentives for Private Innovation and Maximising the Returns"*, que usa econometria para examinar o impacto de incentivos públicos na inovação privada, e *"Democracy's Limited Impact on Innovation"*, que aplica modelos de regressão para investigar a relação entre democracia e inovação tecnológica. *"Mapping the Research and Development (R&D)*

*Landscape*" utiliza séries temporais para analisar 20 anos de dados de P&D na África do Sul, enquanto *"The Chinese Innovation System During Economic Transition"* usa correlações para estudar o sistema de inovação chinês.

Por outro lado, 20% dos artigos adotam técnicas qualitativas, como revisões teóricas e estudos de caso, focando nas dinâmicas sociais e institucionais. Exemplos incluem *"Institutional Support for Investment in Domestic Technologies"*, que examina como as políticas indianas influenciam o desenvolvimento tecnológico, e *"Innovating in Digital Government in the American States"*, que discute o impacto da digitalização na governança pública.

Já 10% utilizam abordagens mistas, combinando métodos quantitativos e qualitativos. Um exemplo é *"Inbound Open Innovation in SMEs"*, que analisa o impacto da inovação aberta em PMEs, usando dados empíricos e percepções qualitativas.

Os resultados mostram que 85% dos estudos quantitativos e mistos oferecem conclusões sólidas, com destaque para o uso de técnicas econométricas, enquanto 15% são parcialmente conclusivos devido a limitações metodológicas. A análise indica um alinhamento teórico consistente entre as técnicas aplicadas e as fundamentações teóricas, reforçando a confiabilidade dos resultados.

A análise da lente 4: Variáveis e Indicadores identifica variáveis internas, como políticas governamentais, e externas, como fatores econômicos e sociais, usadas nos artigos. Alguns estudos utilizam uma única variável explicativa, enquanto outros abordam múltiplas variáveis para analisar indicadores de inovação.

Cerca de 40% dos artigos utilizam poucas ou uma variável. Exemplos incluem *"Statistical Entrepreneurs: The Political Work of Infrastructuring the SDG Indicators"*, focado na aceitação dos indicadores pelos governos, e *"Innovating in Digital Government in the American States"*, que mede o impacto da inovação governamental pela eficiência dos serviços digitais. Já 60% empregam múltiplas variáveis, como o artigo *"The Chinese Innovation System During Economic Transition"*, que usa PIB, despesas em P&D e patentes para explicar indicadores de inovação.

Em termos de classificação, 70% dos artigos focam em variáveis internas, como políticas de P&D e gastos governamentais, enquanto 20% analisam variáveis externas, como a adesão aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Outros 10% combinam variáveis internas e externas, como *"Patterns of Innovating Complex Technologies"*, que integra colaboração entre atores e complexidade tecnológica.

A análise mostra que a escolha das variáveis reflete a importância dos fatores internos nas políticas de inovação, sem ignorar a influência de fatores externos. Variáveis como investimentos em P&D, incentivos fiscais e colaborações público-privadas são as mais citadas. Não há correlação direta entre a escolha das variáveis e as técnicas de análise utilizadas.

Sob as lentes 3 e 4, 70% dos artigos usam técnicas quantitativas, como regressões e séries temporais, para mensurar o impacto dos indicadores de inovação; 20% adotam abordagens qualitativas e 10% utilizam técnicas mistas. A maioria dos estudos quantitativos oferece conclusões sólidas, destacando a adequação de modelos estatísticos. Quanto às variáveis, 60% dos artigos analisam múltiplas variáveis, principalmente internas, enquanto 40% usam poucas variáveis. Além disso, 70% focam em variáveis internas e 20% em externas, com 10% combinando ambas. Isso reflete a importância dos fatores internos, sem ignorar a influência externa.

O quadro a seguir apresenta os principais indicadores de inovação identificados nos artigos analisados sob a lente 4, abrangendo tanto variáveis quantitativas quanto qualitativas, aplicadas em diferentes contextos e setores.

Quadro 12: Indicadores identificados nos artigos analisados

| Artigo                                        | Indicadores identificados                                                                             |
|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Kash e Rycraft (2000)                         | Alianças corporativas, cooperações interfirmas, complexidade tecnológica, inovação colaborativa.      |
| Ahmed <i>et al.</i> (2024)                    | Patentes, P&D, capital humano, índices de democracia (GII, Polity2).                                  |
| Arango <i>et al.</i> (2015)                   | Coeficiente “U” de inovação, barreiras financeiras, informacionais e culturais.                       |
| Archibugi, Denni e Filippetti (2009)          | Capacidades tecnológicas, patentes, P&D, exportação de alta tecnologia.                               |
| Autant-Bernard, Fadaïro e Massard (2013)      | Difusão de conhecimento, patentes, colaborações inter-regionais, publicações científicas.             |
| Bandola-Gill (2022)                           | Índice de Pobreza Multidimensional (MPI), indicadores SDG (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável). |
| Barkley, Henry e Nair (2006)                  | Patentes, P&D, infraestruturas de inovação, políticas regionais de inovação.                          |
| Barrichelo <i>et al.</i> (2020)               | Inovação tecnológica, capacidade de P&D, colaboração universidade-indústria, patentes PCT.            |
| Blind (2001)                                  | Patentes, normas técnicas, desempenho comercial (exportações e importações).                          |
| Debackere, Verbeek, Luwel e Zimmermann (2002) | Citações científicas, patentes, progresso tecnológico.                                                |
| Dlamini, Sithole e Chigwada (2024)            | Investimentos em P&D, patentes, publicações científicas.                                              |
| Freeman e Soete (2009)                        | Indicadores históricos de inovação, P&D, indicadores bibliométricos.                                  |

|                                                  |                                                                                                             |
|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Gao, Guo, Sylvan e Guan (2010)                   | PIB, GERD (P&D interno bruto), patentes, publicações científicas.                                           |
| Gerlich, Galoyan, Litvin e Salimova (2024)       | Taxa de adoção de tecnologias digitais, comportamento do consumidor, desempenho em e-commerce.              |
| Godin (2004)                                     | Investimentos em P&D, produtividade multifatorial, difusão de TIC (tecnologia da informação e comunicação). |
| Godin (2004)                                     | Indicadores de competitividade, P&D, patentes, produtos de alta tecnologia.                                 |
| Grupp e Mogee (2004)                             | Indicadores compostos, P&D, patentes, graduados em ciência e engenharia, colaboração internacional.         |
| Hamidi, Zandiatashbar e Bonakdar (2019)          | Capacidade de inovação regional, colaborações inter-regionais, patentes, P&D.                               |
| Hochleitner, Arbussà e Coenders (2016)           | Inovação aberta, cooperação externa, qualidade do produto, participação de mercado.                         |
| Katz (2006)                                      | Patentes, publicações científicas, colaborações público-privadas.                                           |
| Li, Arora, Youtie e Shapira (2018)               | Colaborações universidade-indústria-governo, mineração de dados, patentes.                                  |
| Mani (2004)                                      | Patentes, P&D, incentivos fiscais, subsídios governamentais.                                                |
| McNeal, Tolbert, Mossberger e Dotterweich (2003) | Eficiência dos serviços digitais, participação pública, governo eletrônico.                                 |
| Kash e Rycroft (2000)                            | Alianças corporativas, cooperações interfirmas, complexidade tecnológica, inovação colaborativa.            |

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

A análise dos artigos sob a lente 5: Feedback identifica três principais contribuições teóricas: validação de teorias existentes, ampliação de teorias com novas variáveis, e formulação de novas teorias.

Cerca de 55% dos artigos validam teorias preexistentes, testando modelos consolidados sobre inovação e políticas públicas. Exemplos incluem *"Policy Incentives for Private Innovation and maximising the returns"*, que valida o impacto dos incentivos fiscais sobre inovação, e *"Regional innovation systems: Implications for nonmetropolitan areas and workers in the South"*, que aplica teorias de inovação a contextos regionais.

Já 30% dos artigos expandem teorias, adicionando variáveis como digitalização e cooperação internacional. *"Developing Science, Technology and Innovation Indicators"* propõe revisões de indicadores de P&D, enquanto *"Empirical Analysis of Evidence-Based Policymaking"* amplia a análise ao incluir o impacto de políticas públicas de P&D sobre empresas.

Por fim, 15% dos artigos propõem novas teorias ou indicadores, como *"Statistical entrepreneurs: the political work of infrastructuring the SDG indicators"*, que sugere novos indicadores para medir o impacto das políticas de inovação, desafiando

abordagens convencionais. A análise mostra uma tendência crescente de validação e evolução das teorias, adaptando modelos consolidados a um cenário de digitalização e globalização.

#### 4.2 ANÁLISE DA PERSPECTIVA DO TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO SOBRE INOVAÇÃO E TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA NO PROJETO FX-2: O CASO DO ACORDO DE COMPENSAÇÃO 004/DCTA-COPAC/2014

No âmbito do Programa FX-2, que envolve a aquisição de 36 aeronaves *Gripen NG* pela Força Aérea Brasileira (FAB), um dos principais objetivos é promover a transferência de tecnologia com o intuito de fortalecer a indústria bélica nacional, conforme as diretrizes da Estratégia Nacional de Defesa. O Tribunal de Contas da União (TCU) conduziu uma auditoria detalhada sobre o Acordo de Compensação 004/DCTA-COPAC/2014, assinado como parte das contrapartidas pela aquisição dos caças. A análise documental dessa auditoria é fundamental para compreender a perspectiva do TCU acerca da inovação e da transferência de tecnologia no contexto do Programa FX-2, permitindo a identificação de pontos críticos e áreas que necessitam de aprimoramento.

##### 4.2.1 Tipo de Contrato Analisado

O contrato em análise pelo TCU foi o Acordo de Compensação 004/DCTA-COPAC/2014, classificado como um acordo de "Offset". Trata-se de um instrumento acessório ao contrato principal de aquisição dos caças *Gripen NG*, cujo objetivo é promover a transferência de tecnologia e a capacitação da indústria nacional, em conformidade com a Estratégia Nacional de Defesa. Esses acordos são utilizados para assegurar que as compras de alto valor em setores estratégicos resultem no desenvolvimento de capacidades locais, especialmente em termos de tecnologia e produção.

##### 4.2.2 Objeto Analisado

O objeto da auditoria foi a execução do Acordo de Compensação 004/DCTA-COPAC/2014, com foco na transferência de tecnologia prevista no âmbito do Programa FX-2. O TCU avaliou se as contrapartidas acordadas entre a empresa

fornecedora, a sueca SAAB AB, e as entidades beneficiárias brasileiras estavam sendo cumpridas e se as medidas implementadas contribuíam de fato para o fortalecimento da indústria de defesa nacional, conforme os objetivos estabelecidos. A auditoria também buscou verificar a eficácia das ações voltadas para a capacitação tecnológica e o desenvolvimento de produtos e serviços no setor aeroespacial.

#### **4.2.3 Inconsistências Encontradas**

Na execução do Acordo de Compensação 004/DCTA-COPAC/2014, o Tribunal de Contas da União (TCU) identificou uma série de inconsistências que podem comprometer a efetividade do processo de transferência de tecnologia e o fortalecimento da indústria de defesa brasileira. A primeira irregularidade apontada foi a ausência de indicadores claros e objetivos para mensurar o impacto da transferência de tecnologia. Segundo o TCU, a inexistência desses parâmetros impede uma verificação adequada do cumprimento das metas e dos objetivos estabelecidos no acordo, o que prejudica a capacidade de acompanhamento e avaliação dos resultados esperados. A ausência de mecanismos claros de mensuração limita, na visão do órgão, a transparência e a eficácia na gestão do processo.

Além disso, foram identificados problemas no reequilíbrio econômico-financeiro do acordo, especialmente relacionados à substituição de empresas beneficiárias. Um exemplo relevante foi a troca da empresa INBRA pela SAAB Aeronáutica Montagens S/A, que ocorreu sem a devida reavaliação dos custos e do equilíbrio econômico-financeiro do contrato. Essa omissão pode comprometer o princípio da economicidade, uma vez que alterações nas condições do acordo deveriam ter sido acompanhadas por ajustes financeiros adequados. Essa falha pode acarretar prejuízos para a União, uma vez que não há garantias de que os benefícios compensatórios estejam em conformidade com os custos envolvidos.

Outro ponto crítico identificado pelo TCU foi a falta de critérios claros e transparentes no processo de seleção das empresas beneficiárias. O tribunal constatou que os atos administrativos não apresentaram justificativas consistentes, sobretudo em relação à escolha de empresas com controle estrangeiro. A ausência de critérios definidos e devidamente motivados compromete a equidade no processo de seleção, além de prejudicar a eficácia da política de compensação tecnológica. Ao falhar em estabelecer diretrizes transparentes para a escolha dos beneficiários, o

processo fica suscetível a ineficiências e desvios em relação aos objetivos estratégicos da defesa nacional.

Por fim, a auditoria destacou o baixo aproveitamento dos conhecimentos transferidos em determinados projetos, como o Projeto 4.3.5, cujo desempenho ficou aquém do esperado. Este projeto refere-se à fabricação de partes e componentes para a fuselagem do caça *Gripen NG*, sendo uma das contrapartidas tecnológicas mais relevantes no âmbito do acordo. A intenção original era de que o Brasil adquirisse expertise na produção de peças para a aeronave, capacitando a indústria nacional e permitindo o desenvolvimento de novas tecnologias aeroespaciais. No entanto, o TCU apontou que os conhecimentos adquiridos durante a execução desse projeto não foram plenamente utilizados, o que representa uma oportunidade perdida para o desenvolvimento tecnológico da indústria de defesa nacional. A falha em maximizar o uso desses conhecimentos prejudica a capacitação da indústria brasileira e, conseqüentemente, o alcance de uma maior autonomia tecnológica, um dos principais objetivos do Programa FX-2.

#### **4.2.4 Conclusões do TCU**

O TCU concluiu que, apesar de algumas iniciativas terem sido implementadas, a execução do Acordo de Compensação 004/DCTA-COPAC/2014 apresentou falhas significativas que comprometem o alcance dos objetivos previstos, especialmente no que se refere ao fortalecimento da indústria de defesa brasileira. A falta de indicadores para mensurar o impacto da transferência de tecnologia, associada à insuficiência de critérios claros para a seleção de beneficiários, dificulta o acompanhamento e a avaliação dos benefícios decorrentes do acordo.

#### **4.2.5 Aspectos que Necessitam de Aprimoramento**

O Tribunal de Contas da União (TCU) apresentou recomendações com o objetivo de melhorar a execução do Acordo de Compensação 004/DCTA-COPAC/2014, especialmente no que se refere à transferência de tecnologia e ao fortalecimento da indústria de defesa. Em primeiro lugar, o TCU destacou a necessidade de estabelecer indicadores de desempenho específicos, que permitam mensurar com precisão o impacto da transferência de tecnologia. A definição desses indicadores é essencial para garantir um acompanhamento eficaz do cumprimento

das metas estabelecidas no acordo, além de assegurar que os objetivos de fortalecimento da indústria de defesa sejam atingidos de maneira clara e verificável.

Além disso, o tribunal ressaltou a importância de maior transparência no processo de seleção dos beneficiários das compensações tecnológicas. A motivação nos atos administrativos, principalmente em relação à participação de empresas estrangeiras, deve ser aprimorada, de modo a garantir que a escolha das empresas beneficiadas esteja em plena consonância com os objetivos estratégicos de autonomia tecnológica do país. Esse aprimoramento na transparência do processo seletivo contribuiria para assegurar que as políticas de compensação tecnológica realmente atendam às necessidades de desenvolvimento da indústria nacional de defesa.

Outro ponto abordado pelo TCU foi a necessidade de realizar análises periódicas do reequilíbrio econômico-financeiro dos contratos, especialmente nos casos em que ocorram alterações nos termos do acordo, como a substituição de beneficiários. O tribunal recomendou que, nessas situações, seja conduzida uma nova avaliação para garantir que a União esteja recebendo benefícios proporcionais aos custos envolvidos. Essa reavaliação é fundamental para assegurar que as contrapartidas tecnológicas sejam equilibradas em termos de custo-benefício, preservando os interesses da União e a eficácia do programa de compensação.

Por fim, o TCU reforçou a necessidade de aprimorar os mecanismos de acompanhamento e fiscalização das atividades relacionadas à transferência de tecnologia. O tribunal sublinhou a importância de garantir que os conhecimentos adquiridos por meio das contrapartidas sejam devidamente aproveitados e que os resultados esperados sejam efetivamente alcançados. A implementação de mecanismos mais robustos de fiscalização garantiria não apenas o uso eficiente dos recursos públicos, mas também a maximização dos benefícios decorrentes da transferência de tecnologia, contribuindo para o fortalecimento da indústria de defesa e para a autonomia tecnológica do Brasil.

#### **4.2.6 Aspectos Positivos Identificados**

Entre os pontos positivos observados, o TCU destacou que o Acordo de Compensação 004/DCTA-COPAC/2014 inclui uma ampla gama de programas de capacitação técnica e projetos de transferência de tecnologia, que, em alguns casos, têm sido implementados de acordo com o previsto. Além disso, o suporte técnico

fornecido à Força Aérea Brasileira e às empresas beneficiárias está sendo executado, permitindo o acesso a tecnologias de ponta e a capacitação de profissionais brasileiros no setor aeroespacial.

#### **4.2.7 Aspectos Negativos Identificados**

A ausência de indicadores claros, a falta de transparência no processo de seleção de beneficiários e a gestão inadequada dos custos foram os principais aspectos negativos que comprometeram a eficácia do programa de compensação tecnológica, de acordo como TCU. Segundo o tribunal, esses fatores impactam diretamente a capacidade do Brasil de alcançar a autonomia tecnológica desejada no setor de defesa e maximizam os riscos de que os objetivos estratégicos da política de compensação não sejam plenamente atingidos.

### **4.3 PROPOSTA DE MODELO DE INDICADORES**

A presente seção constitui o núcleo do trabalho, no qual se propõe um modelo de indicadores de inovação e transferência de tecnologia, com base em referenciais teóricos e alinhado às demandas práticas observadas no Projeto FX-2.

A metodologia adotada compreende três etapas principais. A primeira, denominada Proposição Inicial do Modelo, envolveu a elaboração de indicadores a partir da revisão bibliográfica. A segunda etapa refere-se à Análise Participativa, na qual o modelo foi submetido à apreciação de atores-chave envolvidos na execução e controle do projeto (Instituto de Fomento e Coordenação Industrial – IFI), em processo colaborativo que possibilitou ajustes, exclusões e inclusões, com base na experiência prática e nos critérios de avaliação em vigor. Por fim, a terceira etapa sintetiza o conjunto de indicadores validados, após aplicadas as considerações dos especialistas.

#### **4.3.1 Proposição Inicial do Modelo**

A política de compensação tecnológica, industrial e comercial no setor de defesa, no âmbito do Comando da Aeronáutica (COMAER), está alicerçada em um conjunto normativo que estabelece tanto diretrizes estratégicas quanto procedimentos operacionais para a sua implementação, execução e avaliação.

A Portaria GM-MD nº 3.990, de 3 de agosto de 2023, institui a Política de Compensação Tecnológica, Industrial e Comercial de Defesa (PComTIC Defesa), aplicável a aquisições e contratações de serviços e produtos de interesse da defesa que impliquem importação, realizadas pelos Comandos das Forças Singulares, órgãos do Ministério da Defesa e entidades vinculadas. Entre seus objetivos, destacam-se: fomentar a capacidade tecnológica, industrial e comercial nacional; reduzir a dependência externa; aumentar o valor agregado e a nacionalização; promover competências e domínio de tecnologias estratégicas; e consolidar a base tecnológica e industrial de defesa nas áreas prioritárias. A Portaria define conceitos fundamentais, como compensação direta e indireta, fatores multiplicadores, plano e projeto de compensação, e estabelece orientações estratégicas como o estímulo à cooperação entre a Base Industrial de Defesa (BID), instituições científicas e tecnológicas (ICTs) e parceiros internacionais. Também detalha benefícios esperados, incluindo a capacitação tecnológica da BID, integração na cadeia produtiva e especialização de recursos humanos.

A DCA 360-1/2005 complementa este marco ao fixar a política e diretrizes específicas do COMAER para compensações comerciais, industriais e tecnológicas, enfatizando a utilização do poder de compra como instrumento de promoção do crescimento tecnológico e fortalecimento do parque industrial aeroespacial. Define como objetivos a criação de oportunidades de exportação, a ampliação do mercado de trabalho, a captação de recursos externos para capacitação industrial e tecnológica, e o incremento da nacionalização, entre outros.

Já a ICA 360-2/2020 regulamenta a gestão dos acordos de compensação no âmbito do Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA), dispondo sobre as etapas de planejamento, execução e acompanhamento, além de prever mecanismos como a atribuição de fatores multiplicadores conforme a relevância estratégica, a associação de projetos a *Work Packages (WP)*, e a classificação do nível de capacidade tecnológica em estágios (Básico, Intermediário, Avançado e Liderança/Domínio Máximo). Estabelece, ainda, a obrigatoriedade de evidências documentais para comprovação das entregas e a vinculação de projetos a áreas estratégicas de defesa.

No plano empírico, a análise do Projeto FX-2 revela variáveis operacionais que podem ser diretamente traduzidas em métricas: volume de treinamento (homem-mês), fator multiplicador aplicado, associação a WP, área estratégica atendida, taxa

de progressão de nível tecnológico, retenção de profissionais capacitados (*secondees*) e aplicação prática dos resultados em produtos, processos ou manutenção. Esses dados permitem medir esforços (atividades e recursos mobilizados) e resultados (capacidades adquiridas, tecnologias absorvidas e impactos na autonomia tecnológica).

Além dessas variáveis empíricas, foram também incorporados ao modelo indicadores identificados na revisão de literatura realizada nesta pesquisa, selecionados por sua relevância para mensuração da inovação e da transferência de tecnologia. Alguns desses indicadores foram diretamente aproveitados, enquanto outros precisaram ser adaptados à realidade do Projeto FX-2, de forma a manter coerência com os regulamentos internos da Força Aérea Brasileira e com a Portaria GM-MD nº 3.990/2023. Essa adaptação visa assegurar que o sistema proposto esteja simultaneamente alinhado às práticas reconhecidas internacionalmente e às exigências normativas nacionais, fortalecendo a validade científica e a aplicabilidade prática do modelo de avaliação.

A convergência entre os marcos normativos analisados e a experiência prática obtida no estudo de caso do Projeto FX-2 evidencia que o sistema de indicadores a ser proposto deve contemplar três dimensões complementares.

A primeira dimensão refere-se ao alinhamento estratégico, voltado a aferir o grau de conformidade dos projetos com as áreas prioritárias e os objetivos definidos pela Política de Compensação Tecnológica, Industrial e Comercial de Defesa (PComTIC Defesa) e pelas diretrizes específicas do Comando da Aeronáutica. A segunda dimensão diz respeito ao monitoramento de esforço e resultado, abrangendo variáveis de entrada (*inputs*), como treinamentos realizados, investimentos efetuados e execução de *Work Packages* (WP), bem como variáveis de saída (*outputs*), a exemplo de tecnologias efetivamente internalizadas, evolução do nível de capacidade tecnológica e grau de nacionalização alcançado. Por fim, a terceira dimensão corresponde à avaliação de impacto, destinada a mensurar os efeitos de médio e longo prazo sobre a autonomia tecnológica nacional, a inserção internacional da Base Industrial de Defesa (BID) e a sustentabilidade das capacidades adquiridas.

Importante destacar que, durante o período da presente pesquisa, o Projeto FX-2 ainda se encontra em execução. Este fato precisa ser considerado em análises baseadas nos indicadores ex-post, voltados à mensuração de impactos finais.

A seguir, o quadro 13 expõe a proposta inicial submetida à apreciação dos especialistas.

Quadro 13: Proposta inicial de indicadores

| Código | Indicador                                            | Tipo      | Aplicação          | Referência                                                                                          | Descrição                                                                                                      |
|--------|------------------------------------------------------|-----------|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| E1     | Volume Total de Treinamento (H/m)                    | Esforço   | In curso           | ICA 360-2/2020; FX-2                                                                                | Soma do total de homem-mês executados nas capacitações previstas no acordo.                                    |
| E2     | Percentual de WP Entregues vs. Previstos             | Esforço   | In curso           | ICA 360-2/2020; FX-2                                                                                | Relação entre pacotes de trabalho efetivamente concluídos e o total acordado.                                  |
| E3     | Percentual de Projetos em Áreas Estratégicas         | Esforço   | Ex-ante / In curso | Portaria GM-MD nº 3.990/2023; DCA 360-1/2005                                                        | Mede a proporção de projetos alinhados às áreas prioritárias definidas pela defesa.                            |
| E4     | Fator Multiplicador Médio Aplicado                   | Esforço   | In curso           | ICA 360-2/2020; FX-2                                                                                | Média ponderada dos fatores multiplicadores atribuídos aos projetos.                                           |
| E5     | Número de Pesquisadores Envolvidos em Projetos de TT | Esforço   | In curso           | ICA 360-2/2020; Marković et al. (2020); Litvinova (2021); Ahmed et al. (2024); Grupp & Mogee (2004) | Mede a quantidade de profissionais brasileiros diretamente engajados em atividades de P&D no âmbito do acordo. |
| R1     | Taxa de Progressão de Nível Tecnológico              | Resultado | In curso / Ex-post | ICA 360-2/2020; FX-2                                                                                | Percentual de projetos que evoluíram pelo menos um nível (BAS→INT→AVA→LDM).                                    |
| R2     | Percentual de Tecnologias Internalizadas             | Resultado | In curso / Ex-post | Portaria GM-MD nº 3.990/2023; FX-2                                                                  | Proporção das tecnologias transferidas que foram efetivamente absorvidas pela BID.                             |
| R3     | Taxa de Retenção de Profissionais Capacitados        | Resultado | Ex-post            | DCA 360-1/2005; FX-2                                                                                | Percentual de <i>secondees</i> que permanecem ativos na empresa 12 meses após o treinamento.                   |
| R4     | Aplicação Prática dos WP no Brasil                   | Resultado | In curso / Ex-post | ICA 360-2/2020; FX-2                                                                                | Percentual de WP cuja execução e utilização ocorreram no território nacional.                                  |
| R5     | Grau de Nacionalização de Componentese Processos     | Resultado | Ex-post            | DCA 360-1/2005; Portaria GM-MD nº 3.990/2023                                                        | Percentual de insumos, componentes ou processos incorporados à produção nacional.                              |
| R6     | Evolução do Índice de Atonomia peracional            | Resultado | Ex-post            | DCA 360-1/2005; Portaria GM-MD nº 3.990/2023                                                        | Medida composta que reflete a redução da dependência externa em operação e manutenção.                         |

|     |                                                           |           |                    |                                                                                                                                    |                                                                                                                                            |
|-----|-----------------------------------------------------------|-----------|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| R7  | Produção de Propriedade Intelectual (Patentes, Registros) | Resultado | Ex-post            | Portaria GM-MD nº 3.990/2023; FX-2; Archibugi et al. (2009); Katz (2006); Blind (2001); Mani (2004); Godin (2004)                  | Número de patentes e registros decorrentes das atividades do acordo.                                                                       |
| R8  | Laboratórios e Infraestruturas de Pesquisa Estruturados   | Resultado | Ex-post            | ICA 360-2/2020; Litvinova (2021); Barkley et al. (2006); Barrichelo et al. (2020)                                                  | Quantifica os centros de teste, simulação ou laboratórios criados ou modernizados em decorrência do projeto.                               |
| R9  | Montante de P&D Induzido no Brasil                        | Resultado | In curso / Ex-post | Portaria GM-MD nº 3.990/2023; Mohnen (2019); Taques et al. (2020)                                                                  | Volume de investimento em P&D adicional no Brasil resultante das compensações.                                                             |
| R10 | Redes de Cooperação em C&T Formadas                       | Resultado | In curso / Ex-post | ICA 360-2/2020; Glänzel et al. (2019); Kash & Rycroft (2000); Autant-Bernard et al. (2013); Hamidi et al. (2019); Li et al. (2018) | Quantidade de parcerias com ICTs, universidades e centros de pesquisa nacionais ou internacionais estabelecidas durante ou após o projeto. |
| R11 | Adoção de Normas Técnicas e Padrões                       | Resultado | Ex-post            | Portaria GM-MD nº 3.990/2023; Blind (2019); Hochleitner et al. (2016)                                                              | Mede a incorporação de padrões técnicos internacionais no desenvolvimento ou manutenção de produtos no Brasil.                             |
| I1  | Impacto em Exportações / Novos Contratos                  | Impacto   | Ex-post            | DCA 360-1/2005; Portaria GM-MD nº 3.990/2023; Archibugi et al. (2009);                                                             | Valor e volume de negócios internacionais decorrentes da capacitação adquirida.                                                            |

|    |                                                    |         |         |                                                                                           |                                                                                                                                  |
|----|----------------------------------------------------|---------|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                                    |         |         | Blind (2001)                                                                              |                                                                                                                                  |
| I2 | Cooperação Nacional e Internacional Gerada         | Impacto | Ex-post | Portaria GM-MD nº 3.990/2023; FX-2; Grupp & Mogee (2004); Autant-Bernard et al. (2013)    | Quantidade de parcerias e acordos firmados após a execução do projeto.                                                           |
| I3 | Sustentabilidade da Capacidade Tecnológica         | Impacto | Ex-post | Portaria GM-MD nº 3.990/2023                                                              | Avaliação da permanência das competências adquiridas após o encerramento do contrato.                                            |
| I4 | Investimento Adicional Captado                     | Impacto | Ex-post | DCA 360-1/2005; Portaria GM-MD nº 3.990/2023                                              | Montante de recursos adicionais (públicos ou privados) aportados em decorrência da compensação.                                  |
| I5 | Inserção da BID em Cadeias Globais de Fornecimento | Impacto | Ex-post | END 2020; DCA 360-1/2005; Holgersson & Kekezi (2018); Godin (2004); Gerlich et al. (2024) | Avalia o número de contratos ou exportações firmados por empresas nacionais junto a cadeias globais, após capacitação pelo FX-2. |
| I6 | Crescimento de Empregos Qualificados na BID        | Impacto | Ex-post | DCA 360-1/2005; Janger et al. (2016); Ahmed et al. (2024); Grupp & Mogee (2004)           | Percentual de aumento de empregos de alta qualificação nas empresas beneficiárias após execução do offset.                       |

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Os indicadores foram organizados em três categorias centrais: os Indicadores de Esforço destinam-se a mensurar os insumos mobilizados e as atividades executadas ao longo do acordo, como o volume de treinamentos realizados, a execução de *Work Packages* e a aplicação de fatores multiplicadores. Já os Indicadores de Resultado permitem avaliar os efeitos concretos da política de compensação, medindo as capacidades efetivamente adquiridas pela Base Industrial de Defesa, a evolução do nível tecnológico, o grau de nacionalização alcançado e a geração de propriedade intelectual. Os Indicadores de Impacto buscam identificar transformações mais amplas e estruturantes na Base Industrial de Defesa (BID).

Cabe destacar que parte desses indicadores foi extraída da revisão de literatura realizada nesta pesquisa, de forma a alinhar o modelo proposto às boas práticas de avaliação de inovação e transferência de tecnologia descritas em estudos internacionais. Contudo, sua aplicação ao caso do Projeto FX-2 exige processos de adaptação, de modo a garantir coerência com os regulamentos específicos da Força Aérea Brasileira — em especial a DCA 360-1/2005, a ICA 360-2/2020 — e com a Portaria GM-MD nº 3.990/2023.

Nesse processo, os indicadores de investimentos em P&D, amplamente utilizados em métricas internacionais (Mohnen, 2019; Godin, 2004; Gao *et al.*, 2010), foram adaptados para o contexto brasileiro como “Montante de P&D Induzido no Brasil”, mensurando especificamente os recursos adicionais gerados pelas compensações no território nacional. De forma semelhante, os indicadores de alianças corporativas e cooperações interfirmas (Kash & Rycroft, 2000; Autant-Bernard *et al.*, 2013; Li *et al.*, 2018) foram traduzidos em “Redes de Cooperação em C&T Formadas”, em consonância com a ICA 360-2/2020, que estimula parcerias entre a BID, ICTs e universidades.

A dimensão do capital humano também foi ajustada. Enquanto a literatura sugere medir graduados e força de trabalho qualificada em ciência e tecnologia (Grupp & Moge, 2004; Ahmed *et al.*, 2024), no caso do FX-2 esse aspecto foi operacionalizado pelo indicador “Número de Pesquisadores Envolvidos em Projetos de TT”, refletindo a prática dos *secondees* brasileiros alocados em projetos de absorção tecnológica.

Outro exemplo relevante está no campo das infraestruturas de inovação (Barkley *et al.*, 2006; Barrichelo *et al.*, 2020), que foram incorporadas sob a forma do indicador “Laboratórios e Infraestruturas de Pesquisa Estruturados”, permitindo quantificar a criação ou modernização de ambientes tecnológicos no Brasil. Já os clássicos indicadores de patentes e propriedade intelectual (Archibugi *et al.*, 2009; Katz, 2006; Blind, 2001) foram consolidados como “Produção de Propriedade Intelectual (Patentes e Registros)”, em aderência à Portaria GM-MD nº 3.990/2023, que reconhece a proteção de ativos intangíveis como um dos resultados esperados da compensação.

No campo da regulação e qualidade, as contribuições de Blind (2001) e Hochleitner *et al.* (2016) fundamentaram a adaptação para o indicador “Adoção de Normas Técnicas e Padrões”, vinculando a adoção de padrões internacionais ao

fortalecimento da competitividade da BID. Da mesma forma, os indicadores de exportação de alta tecnologia e desempenho comercial (Archibugi et al., 2009; Blind, 2001) foram ajustados para o contexto do FX-2 como “Impacto em Exportações / Novos Contratos”, associando a capacitação adquirida ao fortalecimento da inserção internacional da indústria nacional. Por fim, a literatura que aborda empregos qualificados em setores de inovação (Ahmed et al., 2024; Grupp & Mogege, 2004) foi traduzida para o indicador “Crescimento de Empregos Qualificados na BID”, compatível com as diretrizes da DCA 360-1/2005 que incentivam a expansão do mercado de trabalho especializado.

Cada métrica foi vinculada a um momento de aplicação no ciclo de gestão: ex-ante, para diagnóstico inicial e definição de metas; in curso, para acompanhamento contínuo da execução; ou ex-post, para avaliação de resultados e impactos de médio e longo prazo. Além disso, a coluna de fundamentação normativa/empírica indica o dispositivo legal, a evidência prática ou a referência bibliográfica que justifica a inclusão de cada indicador, reforçando a rastreabilidade e a validade do sistema proposto.

#### **4.3.2 Análise Participativa com especialistas**

A segunda etapa da proposta de modelo de indicadores correspondeu à análise participativa, fase em que o conjunto preliminar de indicadores foi submetido à apreciação de atores-chave diretamente envolvidos na execução, acompanhamento e controle dos projetos de compensação (*Offset*). Essa dinâmica teve como objetivo promover uma avaliação crítica do modelo, assegurando sua aderência às condições operacionais e institucionais vigentes.

O processo foi conduzido no âmbito do Instituto de Fomento e Coordenação Industrial (IFI), unidade da Força Aérea Brasileira responsável pela coordenação e fiscalização dos projetos de *offset*. A participação dos especialistas ocorreu em caráter colaborativo, de forma a explorar suas experiências acumuladas e o conhecimento técnico consolidado no trato cotidiano com as compensações tecnológicas.

Compuseram o grupo consultado o chefe da Subdivisão de Compensação Comercial, Tecnologia e Industrial, e os chefes das seções de Análise de Projetos e controle do IFI, cujas contribuições permitiram examinar em detalhe cada indicador proposto. Esse trabalho participativo resultou em ajustes de formulação, exclusões de indicadores considerados de baixa aplicabilidade e inclusão de novos parâmetros

julgados relevantes à luz da prática institucional e dos critérios de avaliação atualmente em vigor.

A análise participativa, portanto, representou um momento importante para conferir consistência ao modelo, uma vez que possibilitou alinhar a proposta teórica aos desafios reais enfrentados no monitoramento dos projetos de *offset*. O diálogo com os especialistas do IFI permitiu que os indicadores fossem refinados, um por um, segundo critérios de objetividade, mensurabilidade e aderência à realidade operacional da Base Industrial de Defesa.

As considerações iniciais apresentadas pelos especialistas do Instituto de Fomento e Coordenação Industrial (IFI/DCTA) ofereceram um panorama realista sobre os avanços e limitações atuais relacionados à mensuração de indicadores nos projetos de *offset*. Foi destacado que houve progressos, especialmente na aplicação piloto de indicadores de eficácia, em consonância com a ICA 360-2/2020, que estabelece parâmetros de eficiência, eficácia e efetividade. Contudo, ressaltou-se como limitação relevante a escassez de recursos humanos disponíveis para sistematizar avaliações mais robustas de resultados e impactos, uma vez que a maior parte da equipe está concentrada no acompanhamento contratual cotidiano.

Outro ponto enfatizado pelos especialistas refere-se ao problema da isenção e dos vieses avaliativos. Embora o IFI detenha os dados e o conhecimento técnico sobre a execução dos projetos, sua proximidade com os processos — incluindo o reconhecimento de créditos e a assessoria na gestão — pode gerar conflitos de interesse e vieses cognitivos. Nesse sentido, foi mencionada a recomendação do professor Paulo Figueiredo (FGV), segundo a qual a avaliação de resultados não deveria ser conduzida pelo próprio IFI, mas preferencialmente por outra unidade da Força Aérea mais distante da execução ou mesmo por instituições externas independentes.

Nas discussões gerais sobre os indicadores, destacou-se como principal dificuldade a definição da unidade de análise e da temporalidade adequada da avaliação. O caso do Programa FX-2, com 62 projetos previstos até 2035, ilustra bem o desafio: deve-se medir resultados em cada projeto individual, em pacotes de projetos interdependentes, ou apenas no programa como um todo?

A solução proposta foi adotar uma abordagem multinível, que permita avaliações ex post imediatas (logo após o término de projetos individuais), avaliações intermediárias por pacotes (agrupando projetos que compartilham beneficiários e

objetivos, como no caso da AKAER) e uma avaliação final consolidada ao término do programa, quando será possível medir impactos sistêmicos sobre a BID e sobre a autonomia tecnológica nacional.

Ainda nesse contexto, ressaltou-se a importância de considerar a interdependência entre projetos, uma vez que os impactos de determinadas iniciativas só se materializam quando avaliados em conjunto com outros projetos correlatos. Assim, reforçou-se a necessidade de conceber um modelo de análise estruturado em três níveis: projeto individual, pacote de projetos interdependentes e programa como um todo. Cada nível teria seus próprios indicadores, aplicados em momentos distintos do ciclo avaliativo (ex-ante, em curso e ex-post), assegurando maior precisão e abrangência na análise dos efeitos do *offset*.

#### 4.3.2.1 Indicadores de esforço (E)

Antes de iniciarem a análise específica dos indicadores de esforço, os especialistas do IFI apresentaram alguns apontamentos gerais que ajudam a compreender as limitações e potenciais melhorias no processo de avaliação dos projetos de *offset*. Um dos principais desafios identificados diz respeito à dificuldade de verificar, de forma objetiva, se determinado projeto está sendo eficiente durante sua execução. Embora indicadores como volume de treinamentos, execução de pacotes de trabalho ou número de pesquisadores envolvidos permitam medir insumos e atividades, eles não oferecem ao gestor elementos suficientes para intervir tempestivamente, restringindo-se muitas vezes a avaliações ex post.

Nesse sentido, destacou-se a importância de se dispor de instrumentos capazes de indicar, ainda durante a execução, se o projeto mantém a trajetória esperada ou apresenta sinais de desvio de rota. A ausência desses mecanismos evidencia uma lacuna na mensuração, uma vez que os indicadores atuais não fornecem uma diretriz clara para o acompanhamento qualitativo do desempenho.

Como alternativa, foi sugerida a adoção de indicadores qualitativos, capturados diretamente junto aos beneficiários por meio de pesquisas estruturadas em parâmetros definidos previamente. Esses instrumentos funcionariam como uma espécie de “termômetro de gestão”, permitindo acompanhar a percepção do receptor da tecnologia sobre o andamento do projeto. Ainda que não possuam a precisão

numérica dos indicadores tradicionais, poderiam sinalizar problemas em tempo hábil, apoiando a tomada de decisão e a adoção de medidas corretivas.

Assim, os especialistas recomendaram que, além dos indicadores de esforço já consolidados, sejam incorporados instrumentos de natureza qualitativa ou híbrida, voltados ao acompanhamento contínuo. Combinados, esses dois tipos de indicadores poderiam ampliar a capacidade de monitoramento, assegurando que os resultados esperados sejam alcançados de forma mais efetiva.

#### 4.3.2.1.1 E1 – Volume Total de Treinamento (H/m)

O indicador E1 – Volume Total de Treinamento (H/m) foi considerado pelos especialistas do IFI como direto, objetivo e baseado em esforço, uma vez que corresponde à soma de homem-mês executados em capacitações previstas nos acordos. Trata-se de um dado disponível em todos os projetos voltados à transferência de tecnologia, já que a carga horária de treinamento costuma estar prevista contratualmente.

Destacou-se, entretanto, a necessidade de desenvolver uma tipologia de projetos para calibrar a aplicação do indicador: nos projetos de transferência de tecnologia, o E1 é central e altamente relevante; nos projetos de carga de trabalho, sua aplicação tende a ser indireta; nos projetos industriais, assume papel secundário; e, nos projetos de natureza mista ou interdependente, a análise deve considerar blocos de iniciativas correlatas.

Foi ressaltada ainda a importância de lidar com a interdependência entre projetos. Muitas vezes, um projeto fornece capacitação e outro utiliza a mão de obra treinada, o que significa que, se avaliados isoladamente, podem apresentar resultados distorcidos. A recomendação, portanto, é agrupar projetos com beneficiários em comum, de forma a capturar adequadamente os efeitos integrados.

Outro ponto fundamental refere-se à distinção entre o treinamento previsto e o executado. O contrato define metas de carga horária, mas o indicador, em sua forma tradicional, tende a medir apenas o executado. Para maior robustez metodológica, os especialistas sugeriram que a análise seja feita em dupla perspectiva: (i) absoluta, registrando o total de homem-mês executados, e (ii) relativa, medindo o percentual do executado em relação ao previsto contratualmente. Essa abordagem garante não apenas a mensuração do esforço mobilizado, mas também o grau de cumprimento das metas estabelecidas.

Quadro 14: E1 – Volume Total de Treinamento (H/m)

| Aspecto analisado      | Contribuições dos especialistas do IFI                                                                         |
|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Natureza do indicador  | Objetivo, direto, baseado em esforço (homem-mês executados).                                                   |
| Tipologia dos projetos | Central em TT; indireto em carga de trabalho; secundário em industriais; mistos devem ser avaliados em blocos. |
| Interdependência       | Recomenda-se avaliar grupos de projetos com beneficiários em comum para capturar efeitos integrados.           |
| Previsto x Executado   | Utilizar duas métricas: (i) absoluta (homem-mês executados) e (ii) relativa (% executado ÷ previsto).          |

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

#### 4.3.2.1.2 E2 – Percentual de Work Packages (WPs) Entregues vs. Previstos

O indicador E2 – Percentual de Work Packages (WPs) Entregues vs. Previstos foi considerado de fácil compreensão, uma vez que expressa em percentual a execução do escopo frente ao acordado. Sua principal contribuição é permitir ao gestor acompanhar, de forma objetiva, se o conjunto de pacotes de trabalho contratados está sendo cumprido.

No entanto, os especialistas do IFI observaram que a aplicabilidade do E2 depende da tipologia do projeto. Em iniciativas voltadas à transferência de tecnologia, a medição tende a ser mais direta, pois os pacotes estão claramente definidos. Já em projetos industriais ou de carga de trabalho, a lógica de aferição pode variar, demandando ajustes metodológicos para refletir adequadamente a realidade.

Outro aspecto enfatizado foi a questão temporal. Embora seja passível de acompanhamentos intermediários, o E2 tem caráter essencialmente ex post, pois depende da comparação entre o previsto e o efetivamente entregue. Isso implica que sua utilidade como instrumento de monitoramento em curso é limitada, ainda que relatórios parciais possam oferecer indícios do cumprimento progressivo.

Na prática do Programa FX-2, verificou-se que a execução dos WPs envolve três fatores de controle simultâneos: (i) o escopo contratado, (ii) o volume de homem-horas previstas e executadas, e (iii) os créditos financeiros reconhecidos. Cada um desses elementos pode servir como base de mensuração, sendo que as horas de trabalho constituem o parâmetro mais objetivo. Entretanto, avaliar apenas esse critério poderia ocultar falhas no cumprimento integral do escopo ou no reconhecimento dos créditos financeiros.

Por esse motivo, os especialistas recomendam que o E2 seja tratado como um indicador flexível e adaptável, cuja ênfase pode recair sobre os pacotes concluídos, as horas de trabalho ou os créditos reconhecidos, conforme a natureza e os objetivos específicos de cada projeto.

Quadro 15: E2 – Percentual de Work Packages (WPs) Entregues vs. Previstos

| Aspecto analisado      | Contribuições dos especialistas do IFI                                             |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| Natureza do indicador  | Percentual de WPs entregues em relação ao previsto.                                |
| Tipologia dos projetos | Direto em TT; adaptável em industriais e de carga de trabalho.                     |
| Temporalidade          | Predominantemente ex post, com possibilidade de acompanhamentos intermediários.    |
| Fatores de mensuração  | Escopo contratado, horas previstas/executadas e créditos financeiros reconhecidos. |
| Recomendação           | Tratar como métrica flexível, escolhendo o critério mais adequado ao projeto.      |

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

#### 4.3.2.1.3 E3 – Percentual de Projetos em Áreas Estratégicas

O indicador E3 – Percentual de Projetos em Áreas Estratégicas foi considerado relevante por buscar mensurar o grau de alinhamento dos projetos de *offset* às áreas prioritárias definidas para a Defesa Nacional. Esse alinhamento é fundamental, pois garante que os investimentos decorrentes de acordos de compensação tecnológica sejam direcionados para fortalecer capacidades de interesse estratégico do país.

Contudo, os especialistas do IFI apontaram alguns desafios práticos em sua aplicação. Em primeiro lugar, há uma questão de referencial normativo: documentos como a PComTIC (Política de Compensação Tecnológica, Industrial e Comercial de Defesa) e a DCA 360-1/2005 estabelecem diretrizes amplas, o que permite que praticamente todos os projetos possam ser enquadrados, reduzindo o poder discriminatório do indicador. Por outro lado, normativos mais recentes, como a Portaria GM-MD nº 3.990/2023 (PComTIC Defesa) e a Portaria que estabelece Áreas Críticas da Defesa (GM-MD Nº 1.112/2024), apresentam maior especificidade, possibilitando aferições mais precisas. Entretanto, tais instrumentos foram publicados após a assinatura do Acordo FX-2, criando um descompasso temporal se aplicados retroativamente. Como alternativa, sugeriu-se utilizar a Estratégia Nacional de Defesa (END, 2008) como referência mais apropriada ao período da negociação.

Além disso, destacou-se que o processo de seleção já contava com definições claras no RFP (Solicitação de proposta ou Request for Proposal), documento que estabeleceu as áreas e tecnologias demandadas pelo Estado-Maior da Aeronáutica. Por essa razão, o acordo final deve ser interpretado como uma convergência entre as demandas apresentadas e os resultados efetivamente negociados com a contratada.

Nesse sentido, os especialistas recomendaram que o E3 seja aferido em duas perspectivas complementares: Ex-ante (negociação), para medir o quanto os projetos acordados refletem o atendimento às áreas e tecnologias previstas no RFP; e Ex-post (execução), para verificar se os projetos previstos foram efetivamente implementados e concluídos, assegurando a concretização dos objetivos originais.

Outro ponto enfatizado foi a possibilidade de ampliar o escopo do E3 para considerar não apenas a categorização dos projetos por área estratégica, mas também a análise do volume de créditos e recursos destinados a cada objetivo, de modo a identificar quais metas receberam maior prioridade.

Por fim, os especialistas alertaram que a execução desse indicador precisa levar em conta as restrições impostas pelo mercado internacional de defesa, uma vez que tecnologias críticas dificilmente são objeto de transferência plena. Assim, o E3 deve ser interpretado com cautela, ponderando a análise normativa, o contexto histórico da negociação e as limitações práticas do processo de *offset*.

Quadro 16: E3 – Percentual de Projetos em Áreas Estratégicas

| Aspecto analisado            | Contribuições dos especialistas do IFI                                                                                                                                 |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Natureza do indicador</b> | Mede o alinhamento de projetos às áreas estratégicas da Defesa.                                                                                                        |
| <b>Referencial normativo</b> | PCOMTIC/DCA 360-1/2005 (genéricos); END 2008 (contexto FX-2); Portarias 2023/2024 (mais específicas).                                                                  |
| <b>Temporalidade</b>         | Ex-ante: análise da negociação (RFP).Ex-post: implementação efetiva dos projetos.                                                                                      |
| <b>Pontos críticos</b>       | Risco de enquadramento excessivamente amplo; necessidade de considerar créditos por objetivo.                                                                          |
| <b>Recomendações</b>         | Usar dupla perspectiva (ex-ante e ex-post); ampliar análise para créditos e recursos; interpretar com cautela diante das limitações de acesso a tecnologias sensíveis. |

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

#### 4.3.2.1.4 E4 – Fator Multiplicador Médio Aplicado

O indicador E4 – Fator Multiplicador Médio Aplicado busca mensurar a média ponderada dos fatores multiplicadores atribuídos aos projetos de *offset*, permitindo avaliar a eficiência da negociação no uso dos créditos. Em linhas gerais, quanto maior o fator multiplicador médio, menor tende a ser a quantidade de projetos contratados com o mesmo montante de créditos, o que pode indicar maior poder de alavancagem obtido pelo país.

No entanto, os especialistas do IFI alertaram que sua interpretação não deve ser puramente quantitativa. Projetos com multiplicadores mais elevados podem ainda possuir alta relevância tecnológica e impacto estratégico, de modo que não se pode concluir, de forma automática, que multiplicadores altos significam menor benefício. A análise precisa sempre considerar a qualidade e o valor estratégico do conteúdo tecnológico transferido.

Outro aspecto essencial é a comparabilidade. Para que esse indicador tenha maior poder analítico, recomenda-se contextualizá-lo em relação a outros acordos de *offset* já firmados pelo Brasil, como os 18 contratos registrados no IFI. Esse exercício permitiria verificar se o Projeto FX-2 apresentou multiplicadores superiores, inferiores ou equivalentes à média histórica. Além disso, dentro do próprio acordo, é possível realizar comparações entre projetos, tanto em sua fase de previsão quanto, de forma mais significativa, no *ex-post*, quando se observa o que foi efetivamente entregue.

Assim, o E4 deve ser tratado como um indicador de caráter comparativo e interpretativo, cuja utilidade reside em avaliar não apenas a média numérica, mas também os resultados concretos obtidos em cada projeto e no conjunto do acordo. Sua análise ganha robustez ao ser cruzada com critérios de qualidade, relevância tecnológica e aderência estratégica, evitando conclusões simplistas baseadas unicamente no valor dos multiplicadores.

Quadro 17: E4 – Fator Multiplicador Médio Aplicado

| Aspecto analisado       | Contribuições dos especialistas do IFI                                                    |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| Natureza do indicador   | Média ponderada dos fatores multiplicadores atribuídos aos projetos.                      |
| Interpretação           | Não deve ser apenas quantitativa: considerar qualidade, relevância e impacto estratégico. |
| Comparabilidade externa | Analisar em relação à base histórica de acordos (ex.: 18 registrados no IFI).             |

| Aspecto analisado              | Contribuições dos especialistas do IFI                                                                       |
|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Comparabilidade interna</b> | Comparar entre projetos do mesmo acordo, sobretudo no ex-post.                                               |
| <b>Recomendação</b>            | Usar como indicador comparativo e interpretativo, sempre ponderando resultados efetivos e valor estratégico. |

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

#### 4.3.2.1.5 E5 – Número de Pesquisadores Envolvidos em Projetos de TT

O indicador E5 – Número de Pesquisadores Envolvidos em Projetos de TT tem como objetivo mensurar a quantidade de profissionais brasileiros diretamente engajados em atividades de P&D vinculadas aos projetos de offset. Em teoria, esse indicador poderia revelar a densidade científica mobilizada em torno da transferência de tecnologia.

Na prática, entretanto, os especialistas do IFI apontaram que sua aplicabilidade é restrita, especialmente no caso do FX-2. Isso ocorre porque nem todos os projetos de transferência de tecnologia envolvem pesquisadores acadêmicos. A maioria das iniciativas concentrou-se na atuação de engenheiros e técnicos, voltados à absorção e aplicação imediata de conhecimentos em processos produtivos. Do total de 62 projetos do acordo, apenas 6 tiveram caráter voltado para Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (P,D&I), o que delimita o campo efetivo de mensuração do E5.

Apesar dessas limitações, o indicador é relevante em contextos nos quais a transferência de tecnologia está fortemente vinculada a instituições de ensino e pesquisa, pois permite aferir a dimensão acadêmico-científica do esforço. Além disso, mesmo em projetos predominantemente técnicos, a presença de engenheiros pode gerar efeitos indiretos: após a capacitação em atividades aplicadas, esses profissionais podem vir a integrar iniciativas de P&D dentro das empresas, ampliando os impactos em médio e longo prazo.

Complementarmente, foi sugerido que o indicador considere também o número de publicações científicas resultantes dos projetos, especialmente quando há parcerias com universidades. Embora deva ser analisado com cautela — já que nem toda publicação representa impacto estratégico —, esse dado pode enriquecer a avaliação dos resultados em P&D.

Em síntese, o E5 deve ser utilizado de forma seletiva e contextualizada, aplicado principalmente a projetos de P,D&I, podendo ser irrelevante em iniciativas de caráter mais técnico-industrial. Para maior robustez, recomenda-se que seja utilizado em conjunto com outros indicadores, de modo a captar tanto a participação de pesquisadores quanto os outputs científicos gerados no processo.

Quadro 18: E5 – Número de Pesquisadores Envolvidos em Projetos de TT

| Aspecto analisado            | Contribuições dos especialistas do IFI                                                        |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Natureza do indicador</b> | Quantifica pesquisadores brasileiros envolvidos em P&D no acordo.                             |
| <b>Limitação prática</b>     | Aplicável apenas a parte dos projetos (6 de 62 do FX-2 eram de P,D&I).                        |
| <b>Participação real</b>     | Maioria dos envolvidos eram engenheiros e técnicos, focados em absorção tecnológica imediata. |
| <b>Impacto indireto</b>      | Engenheiros capacitados podem migrar para iniciativas de P&D no médio prazo.                  |
| <b>Complementaridade</b>     | Pode incluir número de publicações científicas, sobretudo em parcerias com universidades.     |
| <b>Recomendação</b>          | Usar de forma seletiva, contextualizada e combinado com outros indicadores.                   |

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

#### 4.3.2.2 Indicadores de resultado (R)

Os indicadores de resultado representam a segunda dimensão do modelo proposto e buscam captar os efeitos concretos da execução dos projetos de *offset* sobre a Base Industrial de Defesa (BID) e demais atores envolvidos. Diferentemente dos indicadores de esforço, que medem insumos e atividades durante a implementação, os indicadores de resultado estão voltados à verificação do que foi efetivamente alcançado em termos de capacitação, internalização tecnológica e benefícios tangíveis decorrentes das ações. Seu propósito é avaliar a eficácia do acordo, identificando em que medida os objetivos de transferência de tecnologia foram materializados e incorporados pelas empresas e instituições beneficiárias. Trata-se, portanto, de instrumentos para aferir o grau de consolidação das competências adquiridas e para fornecer subsídios à análise de médio prazo sobre a efetividade das compensações.

#### 4.3.2.2.1 R1 – Taxa de Progressão de Nível Tecnológico

O indicador R1 – Taxa de Progressão de Nível Tecnológico busca medir o percentual de projetos que resultaram em evolução de pelo menos um nível de maturidade, definido pela escala BAS (básico, domínio inicial e atividades simples) → INT (intermediário, capacidade de replicar processos e aplicar conhecimentos) → AVA (avançado, competência para adaptar e inovar incrementalmente) → LDM (liderança/domínio, plena autonomia, inovação de ponta e inserção em cadeias globais). Sua lógica central é avaliar não a evolução do projeto em si, mas sim a capacidade tecnológica das organizações beneficiárias, que pode ser adquirida a partir do zero ou ampliada em relação a competências já existentes.

Os especialistas do IFI destacaram que esse é um dos indicadores mais relevantes para avaliar a eficácia dos projetos de offset, por permitir verificar se as transferências de tecnologia se traduziram em fortalecimento real da Base Industrial de Defesa.

O principal desafio metodológico, entretanto, está na definição do momento de mensuração. Por sua natureza, trata-se de um indicador eminentemente ex post, já que depende do tempo necessário para assimilação e incorporação da tecnologia. Ainda assim, há divergências sobre o marco temporal adequado: alguns defendem que a avaliação ocorra imediatamente após a execução do projeto, considerando apenas o conteúdo transferido, enquanto outros defendem prazos mais longos — como 1, 3 ou 5 anos — para aferir de forma mais robusta a consolidação das competências adquiridas.

Essa questão temporal evidencia a necessidade de um horizonte de referência que equilibre evidências objetivas com a realidade prática da absorção tecnológica. Trabalhos acadêmicos, como o mestrado de Correa (2017) e Figueiredo (2023), oferecem subsídios conceituais relevantes para esse tipo de análise. Além disso, experiências práticas, como o projeto-piloto E-99 (modernização da aeronave E-99 da FAB, um avião de Controle e Alarme em Voo - Airborne Early Warning and Control - que atua como um sistema radar aéreo, capaz de monitorar o espaço aéreo, detectar tráfegos ilícitos e fornecer informações de inteligência em tempo real), já demonstraram a utilidade desse enfoque ao mapear níveis tecnológicos iniciais, comparar com a situação pós-projeto e identificar o papel desempenhado pelo offset na evolução das capacidades.

Em síntese, o R1 constitui um parâmetro de alta relevância para verificar se os projetos de *offset* cumprem sua finalidade principal: fortalecer a capacidade inovativa e tecnológica da BID, indo além da mensuração de insumos e esforços.

Quadro 19: R1 – Taxa de Progressão de Nível Tecnológico

| Aspecto analisado               | Contribuições dos especialistas do IFI                                                                    |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Natureza do indicador</b>    | Percentual de projetos com evolução de pelo menos um nível tecnológico (BAS → INT → AVA → LDM).           |
| <b>Foco de análise</b>          | Não é o projeto que evolui, mas a capacidade tecnológica da empresa beneficiária.                         |
| <b>Temporalidade</b>            | Predominantemente ex post; debate sobre aferição imediata vs. após 1–5 anos de maturação.                 |
| <b>Referenciais conceituais</b> | Trabalhos acadêmicos (ex.: Gilberto, Figueiredo) e experiências práticas (ex.: projeto E-99).             |
| <b>Relevância estratégica</b>   | Considerado um dos principais indicadores de eficácia do <i>offset</i> ; mede fortalecimento real da BID. |

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

#### 4.3.2.2.2 R2 – Percentual de Tecnologias Internalizadas

O indicador R2 – Percentual de Tecnologias Internalizadas procura medir a proporção das tecnologias transferidas que foram de fato absorvidas pela Base Industrial de Defesa (BID). Trata-se de um dos parâmetros mais desafiadores de mensurar, pois a execução formal de um projeto não equivale necessariamente à incorporação tecnológica efetiva.

Os especialistas do IFI destacaram que, em muitos casos, um projeto pode ser concluído administrativamente, com créditos reconhecidos e relatórios aprovados, sem que a empresa beneficiária tenha internalizado o conhecimento na intensidade contratualmente prevista. A natureza ou a profundidade da participação em atividades de desenvolvimento pode não garantir a absorção esperada. Essa dificuldade remete a análises já presentes na literatura sobre barreiras à absorção tecnológica, que evidenciam a complexidade de definir objetivamente quando uma transferência pode ser considerada bem-sucedida.

Diante disso, o R2 demanda critérios claros e mensuráveis para caracterizar a absorção efetiva. Esses critérios devem ir além da execução formal e contemplar evidências práticas, como a replicação da tecnologia em novos processos, a

participação da empresa em etapas críticas de desenvolvimento ou mesmo a geração de produtos derivados a partir do conhecimento transferido.

Como alternativa ou complemento, os especialistas sugeriram adotar um parâmetro adicional mais simples e objetivo: o Percentual de Créditos Reconhecidos em Relação ao Previsto. Este indicador, aplicado no FX-2, apresenta fácil implementação, pois mede o grau de cumprimento formal dos entregáveis. Se o índice for de 100%, indica que todos os itens foram oficialmente aceitos; percentuais inferiores evidenciam falhas ou desvios na execução contratual. Embora não capture a essência da absorção tecnológica, esse dado pode atuar como sinalização preliminar, fornecendo insumos para o monitoramento e para o ajuste de políticas futuras.

Em síntese, o R2 é um indicador que deve ser interpretado com cautela e complementado por métricas adicionais. Sua aplicação só se torna robusta quando fundamentada em critérios previamente acordados, observáveis e verificáveis na prática das empresas beneficiárias, permitindo distinguir a simples execução contratual da efetiva internalização tecnológica.

Quadro 20: R2 – Percentual de Tecnologias Internalizadas

| Aspecto analisado             | Contribuições dos especialistas do IFI                                                                   |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Natureza do indicador</b>  | Proporção das tecnologias transferidas que foram efetivamente absorvidas pela BID.                       |
| <b>Desafio metodológico</b>   | Execução formal $\neq$ absorção real; projetos podem ser concluídos sem internalização efetiva.          |
| <b>Critérios necessários</b>  | Definir parâmetros claros: replicação em processos, participação em etapas críticas, produtos derivados. |
| <b>Indicador complementar</b> | Percentual de Créditos Reconhecidos em Relação ao Previsto (objetivo, mas limitado).                     |
| <b>Relevância</b>             | Indica se a TT foi incorporada de fato, mas requer métricas adicionais para robustez.                    |

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

#### 4.3.2.2.3 R3 – Taxa de Retenção de Profissionais Capacitados

O indicador R3 – Taxa de Retenção de Profissionais Capacitados mede o percentual de secondees que permanecem ativos nas empresas beneficiárias 12 meses após a realização do treinamento. Sua relevância decorre da estreita relação

com a gestão do conhecimento, pois a retenção de profissionais treinados é um fator crítico para assegurar a continuidade e a consolidação das competências adquiridas por meio dos projetos de *offset*.

Apesar de sua pertinência, o R3 enfrenta desafios práticos para ser aplicado. O IFI não realiza atualmente o acompanhamento sistemático da permanência desses profissionais, o que torna o indicador ainda um exercício propositivo. A experiência prática, contudo, confirma que a retenção é uma variável sensível: embora a “fuga de cérebros” não ocorra em larga escala, há casos pontuais em que profissionais capacitados, especialmente aqueles que participaram de on-the-job-training no exterior, são atraídos por empresas estrangeiras, que oferecem salários mais competitivos.

Isso se deve ao fato de que esses profissionais retornam com alta visibilidade no mercado internacional, além de habilidades adicionais como fluência em inglês, experiência intercultural e capacidade comprovada de atuar em ambientes tecnológicos de ponta.

Esse cenário reforça a utilidade do indicador, mas também impõe uma reflexão conceitual: retenção não deve ser entendida apenas como permanência física do profissional, mas também como a capacidade da organização de internalizar e institucionalizar o conhecimento adquirido. Dessa forma, mesmo que alguns profissionais se desliguem, a empresa não deve perder integralmente o capital intelectual gerado, desde que existam mecanismos de gestão do conhecimento, como programas de multiplicação interna, documentação de processos e incorporação de novas rotinas produtivas.

Portanto, para tornar o R3 operacional, recomenda-se delimitar claramente seu escopo: se medirá apenas a permanência dos indivíduos na empresa, ou também a efetiva disseminação do conhecimento adquirido. Essa definição é crucial para que o indicador seja aplicado de maneira consistente, fornecendo informações realmente úteis sobre a eficácia das compensações tecnológicas e a capacidade de absorção da Base Industrial de Defesa.

Quadro 21: R3 – Taxa de Retenção de Profissionais Capacitados

| Aspecto analisado     | Contribuições dos especialistas do IFI                                                |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Natureza do indicador | Percentual de <i>secondees</i> que permanecem na empresa 12 meses após o treinamento. |

| Aspecto analisado           | Contribuições dos especialistas do IFI                                                                              |
|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Desafio metodológico</b> | IFI não acompanha sistematicamente a permanência; falta metodologia consolidada.                                    |
| <b>Fenômeno observado</b>   | Casos pontuais de “fuga de cérebros” após OJT no exterior, motivados por salários e oportunidades internacionais.   |
| <b>Tensão conceitual</b>    | Retenção ≠ apenas permanência física; deve incluir internalização e institucionalização do conhecimento.            |
| <b>Relevância</b>           | Fundamental para medir eficácia de offsets e sustentabilidade da gestão do conhecimento nas empresas beneficiárias. |

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

#### 4.3.2.2.4 R4 – Aplicação Prática dos *Work Packages* no Brasil

O indicador R4 – Aplicação Prática dos *Work Packages* no Brasil tem como objetivo medir o percentual de pacotes de trabalho executados e utilizados em território nacional. Apesar de sua aparente simplicidade, a análise dos especialistas destacou que essa métrica, em sua formulação inicial, carece de maior precisão conceitual. Isso porque a execução de WPs por empresas brasileiras já tende a ocorrer naturalmente no âmbito dos contratos de *offset*, limitando o potencial do indicador como medida diferenciada de eficácia.

O ponto central da discussão reside, portanto, no efeito pós-projeto. A execução em si, embora importante, não é suficiente para demonstrar aplicação prática da tecnologia. O verdadeiro diferencial ocorre quando a empresa brasileira, após absorver conhecimento e experiência durante a execução dos WPs, é capaz de converter essa capacitação em novos contratos. Tais contratos podem se manifestar de três formas principais: fornecimento direto às Forças Armadas nacionais; integração a cadeias de produção de empresas nacionais líderes, como a Embraer; ou inserção em cadeias globais de valor, a partir da exportação de bens e serviços especializados.

Nesse sentido, o indicador deveria ir além da aferição da execução física no Brasil, passando a captar a continuidade do uso das competências adquiridas. Em outras palavras, a relevância do R4 está em verificar se as empresas beneficiárias, ao final do acordo, conseguem transformar a experiência em oportunidades concretas de mercado, assegurando a sustentabilidade da transferência de tecnologia.

Por fim, os especialistas sugerem que o R4 seja articulado com outros indicadores de resultado, como exportações e inserção em cadeias produtivas, para ampliar sua capacidade analítica. Essa abordagem combinada permite avaliar não apenas o cumprimento contratual, mas também a projeção das empresas brasileiras no cenário nacional e internacional, consolidando efeitos mais duradouros sobre a Base Industrial de Defesa.

Quadro 22: R4 – Aplicação Prática dos *Work Packages* no Brasil

| Aspecto analisado                       | Contribuições dos especialistas do IFI                                                                                                                  |
|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Natureza do indicador</b>            | Percentual de WPs executados/utilizados no Brasil.                                                                                                      |
| <b>Limitação inicial</b>                | Execução no território nacional já ocorre naturalmente nos contratos de offset.                                                                         |
| <b>Enfoque sugerido</b>                 | Avaliar efeitos pós-projeto: novos contratos obtidos após a capacitação.                                                                                |
| <b>Modalidades de aplicação prática</b> | (i) Fornecimento direto às Forças Armadas; (ii) Inserção em cadeias de empresas nacionais (ex.: Embraer); (iii) Integração em cadeias globais de valor. |
| <b>Ajuste recomendado</b>               | Articular o R4 com indicadores de exportação e de inserção em cadeias produtivas.                                                                       |
| <b>Relevância final</b>                 | Medir não apenas a execução contratual, mas a sustentabilidade da aplicação prática das tecnologias transferidas.                                       |

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

#### 4.3.2.2.5 R5 – Grau de Nacionalização de Componentes e Processos

O indicador R5 – Grau de Nacionalização de Componentes e Processos foi considerado um indicador de alta relevância estratégica, pois busca mensurar o percentual de insumos, componentes ou processos efetivamente incorporados à produção nacional. A lógica central é que a nacionalização reflete a internalização tecnológica e produtiva, demonstrando se o offset contribuiu para reduzir a dependência externa.

A discussão com os especialistas ressaltou, porém, a necessidade de maior precisão conceitual. Em uma primeira perspectiva, a simples transferência de um pacote de trabalho para execução no Brasil já pode ser vista como um avanço em termos de nacionalização, uma vez que itens antes fabricados exclusivamente no

exterior passam a ser produzidos no país. Esse movimento gera evidências concretas de internalização, tanto em termos de conhecimento quanto de experiência prática.

Contudo, delimitou-se que o indicador pode assumir duas abordagens distintas. A primeira, mais restrita, é avaliar apenas a empresa beneficiária direta do *offset*, verificando o quanto ela absorveu de insumos e incorporou processos localmente. Essa delimitação tornaria a mensuração mais objetiva e operacional. A segunda, mais ampla, reconhece que o impacto dos projetos frequentemente extrapola os limites da beneficiária, atingindo outras empresas nacionais por meio de subcontratações e parcerias, ampliando o efeito multiplicador sobre a Base Industrial de Defesa.

Exemplos práticos do FX-2 ilustram essa questão. O HUD (Head-Up Display), originalmente fabricado em Israel, passou a ser produzido parcialmente no Brasil pela empresa AEL Sistemas, representando um caso de nacionalização direta. Já empresas subcontratadas para o desenvolvimento de ferramentais de montagem do Gripen, embora não estivessem listadas como projetos formais de *offset*, foram alavancadas pela demanda nacional, adquirindo novas competências tecnológicas – configurando efeitos indiretos igualmente relevantes.

Diante disso, os especialistas sugeriram que a avaliação do grau de nacionalização poderia ser desdobrada em duas dimensões: (i) nacionalização direta, limitada à absorção da beneficiária principal, e (ii) nacionalização indireta, refletindo o impacto sobre fornecedores e parceiros nacionais. Essa separação metodológica conferiria maior clareza e permitiria capturar não apenas os resultados imediatos, mas também os efeitos multiplicadores sobre a cadeia produtiva.

Em síntese, o R5 é um indicador viável e estratégico, mas cuja utilidade depende da definição clara de seus objetivos. A escolha entre avaliar somente a absorção direta ou também os efeitos indiretos da nacionalização é fundamental para garantir que os resultados obtidos representem, de forma consistente, o impacto real dos projetos de *offset* sobre a capacidade tecnológica nacional.

Quadro 23: R5 – Grau de Nacionalização de Componentes e Processos

| Aspecto analisado      | Contribuições dos especialistas do IFI                                            |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Natureza do indicador  | Percentual de insumos, componentes ou processos incorporados à produção nacional. |
| Relevância estratégica | Reflete a capacidade de internalização tecnológica e produtiva no Brasil.         |

| Aspecto analisado           | Contribuições dos especialistas do IFI                                                                                                       |
|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Delimitação sugerida</b> | (i) Nacionalização direta: absorção pela empresa beneficiária; (ii) Nacionalização indireta: impactos em fornecedores e parceiros nacionais. |
| <b>Exemplos FX-2</b>        | HUD fabricado parcialmente no Brasil pela Elna (direto); ferramentais desenvolvidos por empresas subcontratadas (indireto).                  |
| <b>Ajuste metodológico</b>  | Avaliar se o indicador deve captar apenas a absorção direta ou também os efeitos multiplicadores.                                            |
| <b>Relevância final</b>     | Indicador viável e estratégico, desde que haja clareza sobre o objetivo da mensuração.                                                       |

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

#### 4.3.2.2.6 R6 – Evolução do Índice de Autonomia Operacional

O indicador R6 – Evolução do Índice de Autonomia Operacional busca medir a redução da dependência externa em atividades de operação e manutenção, sendo um dos indicadores mais diretamente ligados à sustentabilidade da capacidade operacional das Forças Armadas. A ideia central é verificar se os projetos de *offset* contribuem para diminuir vulnerabilidades no suporte e no ciclo de vida dos sistemas adquiridos.

Na análise dos especialistas, destacou-se que os impactos na operação tendem a ser mais limitados. Isso porque grande parte das necessidades operacionais já é suprida pelo contrato principal de aquisição, que contempla treinamentos básicos, intercâmbios e *workshops* com outras forças armadas usuárias do mesmo equipamento. Projetos de *offset* podem até contribuir em aspectos específicos da doutrina, mas de forma pontual e difícil de mensurar, dadas as diferentes realidades de emprego (como o contraste entre operações em ambiente ártico e na Amazônia).

Por outro lado, os efeitos na manutenção foram considerados mais concretos e significativos. Projetos que internalizam capacidades de suporte logístico, como o caso da capacitação da empresa AEL na manutenção de aviônicos no FX-2, representam avanços claros na direção da autonomia. A dificuldade metodológica, contudo, está em dimensionar esses ganhos parciais frente ao conjunto de necessidades de manutenção da frota. Enquanto é possível identificar quantos e quais aviônicos passam a ser mantidos no país, permanece o desafio de estabelecer como essa absorção se relaciona com a totalidade do sistema aeronáutico.

Nesse sentido, os especialistas enfatizaram a necessidade de criar referências claras que permitam a mensuração do indicador. Seria necessário mapear quais parcelas do suporte logístico já estão contempladas no contrato principal e quais parcelas adicionais foram efetivamente internalizadas por meio do *offset*. Sem essa base comparativa, o indicador corre o risco de não oferecer parâmetros consistentes para avaliação.

Em síntese, o R6 apresenta um quadro em que o *offset* tem maior potencial de impacto na manutenção do que na operação, sendo esta última mais influenciada por acordos e cooperações externas ao escopo contratual. O desafio central é metodológico: definir métricas objetivas e referências sólidas que permitam traduzir a evolução da autonomia operacional em números comparáveis e aplicáveis à gestão estratégica da defesa.

Quadro 24: R6 – Evolução do Índice de Autonomia Operacional

| Aspecto analisado                | Contribuições dos especialistas do IFI                                                                                                |
|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Natureza do indicador</b>     | Medida composta que reflete a redução da dependência externa em operação e manutenção.                                                |
| <b>Relevância na operação</b>    | Impactos mais difusos; grande parte já suprida pelo contrato principal e por cooperação internacional.                                |
| <b>Relevância na manutenção</b>  | Impactos mais claros; internalização de capacidades logísticas (ex.: manutenção de aviônicos pela AEL).                               |
| <b>Desafio metodológico</b>      | Definir como ganhos parciais (ex.: manutenção de aviônicos) se relacionam com o sistema aeronáutico como um todo.                     |
| <b>Necessidade de referência</b> | Mapear parcelas já previstas no contrato principal e aquelas efetivamente absorvidas via <i>offset</i> .                              |
| <b>Síntese final</b>             | <i>Offset</i> tem maior impacto na manutenção; indicador exige métricas e referências sólidas para ser aplicado de forma consistente. |

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

#### 4.3.2.2.7 R7 – Produção de Propriedade Intelectual

O indicador R7 – Produção de Propriedade Intelectual (Patentes, Registros) representa uma métrica relevante, mas de aplicação restrita no contexto dos projetos de *offset*. A análise dos especialistas apontou que, pela própria natureza desses acordos, raramente há geração de patentes de forma imediata. Isso ocorre porque os projetos de *offset* estão orientados predominantemente à transferência e absorção de

tecnologias já existentes, e não ao desenvolvimento original de inovações que tipicamente resultam em depósitos de propriedade intelectual.

Por essa razão, sugeriu-se que o indicador seja aplicado de maneira seletiva, priorizando projetos de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (P,D&I) ou iniciativas que envolvam explicitamente atividades de desenvolvimento tecnológico. Nesses casos, ainda que a incidência de patentes seja baixa, cada resultado positivo representa um marco relevante da capacidade de transformação do conhecimento transferido em inovação registrada.

Além disso, enfatizou-se a importância de considerar uma perspectiva temporal ampliada, de médio e longo prazo (cinco a dez anos após a execução do projeto). Nesse intervalo, as empresas receptoras tendem a combinar os conhecimentos absorvidos via *offset* com outros esforços próprios de P&D, o que pode culminar na geração de patentes, modelos de utilidade ou *spin-offs* tecnológicos. O nexos causal direto entre *offset* e patente, portanto, é mais frágil no curto prazo, mas pode ser observado de forma mais clara com a maturação das capacidades adquiridas.

Os especialistas também chamaram atenção para a necessidade de não superdimensionar esse indicador. O fato de poucos projetos resultarem em patentes não deve ser interpretado como falha do *offset*, mas sim como reflexo de sua vocação voltada à capacitação e nacionalização de processos. O exemplo mencionado foi o do Wide Area Display (FX-2), que teria resultado em um depósito de patente pela empresa beneficiária. No entanto, mesmo esse caso específico permanece incerto, possivelmente em razão do período de sigilo do pedido.

Em síntese, o R7 pode ser mantido como indicador de referência, mas sua aplicação deve ser restrita, contextualizada e interpretada com cautela. Ele se mostra útil para capturar resultados de P,D&I em horizontes mais longos, servindo como sinalizador de impacto futuro da transferência de tecnologia, desde que acompanhado de uma metodologia que leve em conta as limitações intrínsecas do *offset* para gerar inovação patenteável de forma direta.

Quadro 25: R7 – Produção de Propriedade Intelectual

| Aspecto analisado     | Contribuições dos especialistas do IFI                                                   |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| Natureza do indicador | Número de patentes e registros decorrentes das atividades do acordo.                     |
| Limitação principal   | Offset raramente gera patentes imediatas; foca em absorção de tecnologias já existentes. |

| Aspecto analisado                | Contribuições dos especialistas do IFI                                                             |
|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Aplicação recomendada</b>     | Projetos de P,D&I ou com atividades explícitas de desenvolvimento tecnológico.                     |
| <b>Horizonte temporal</b>        | Perspectiva de 5–10 anos após execução, considerando maturação e <i>spin-offs</i> .                |
| <b>Risco de superdimensionar</b> | Baixa incidência de casos não deve ser interpretada como falha do offset.                          |
| <b>Exemplo citado</b>            | <i>Wide Area Display</i> (FX-2), possível patente ainda sob sigilo.                                |
| <b>Síntese final</b>             | Indicador válido como sinalizador de impacto futuro, aplicado de forma seletiva e contextualizada. |

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

#### 4.3.2.2.8 R8 – Laboratórios e Infraestruturas de Pesquisa Estruturados

O indicador R8 – Laboratórios e Infraestruturas de Pesquisa Estruturados foi considerado um dos indicadores mais relevantes, por traduzir de forma objetiva e verificável os resultados concretos de projetos de *offset*. Diferentemente de métricas mais abstratas, esse indicador permite identificar legados materiais e tecnológicos que permanecem no país após a execução dos acordos, sob a forma de centros de teste, rigs de ensaio, softwares, hardwares e demais equipamentos de apoio à P&D.

Os especialistas destacaram a importância de definir critérios claros para o conceito de modernização. Em alguns casos, trata-se de investimentos robustos, como a construção ou adaptação de laboratórios completos. Em outros, a modernização pode se dar pela aquisição de softwares ou hardwares que, ainda que de menor porte, ampliam de forma significativa a capacidade de simulação e experimentação da empresa ou instituição beneficiária. Ambos os casos foram considerados pertinentes ao escopo do indicador, desde que representem avanço tecnológico mensurável.

Outro ponto positivo é a facilidade de aferição. O indicador pode ser aplicado prospectivamente, observando as previsões registradas nos acordos, e ex post, avaliando o que foi efetivamente entregue e instalado. Essa dupla possibilidade confere robustez metodológica, pois permite comparar compromissos assumidos com entregas concretizadas, fortalecendo a confiabilidade da avaliação.

Em síntese, o R8 cumpre papel estratégico na mensuração da transferência de tecnologia, pois evidencia não apenas a capacitação de recursos humanos ou a

execução de atividades pontuais, mas a consolidação de meios permanentes de inovação. Laboratórios e centros de pesquisa estruturados ou modernizados a partir dos projetos de *offset* tornam-se ativos críticos para a BID, ampliando a capacidade de inovação e reduzindo a dependência externa em áreas sensíveis de ciência e tecnologia.

Quadro 26: R8 – Laboratórios e Infraestruturas de Pesquisa Estruturados

| Aspecto analisado             | Contribuições dos especialistas do IFI                                                                                             |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Natureza do indicador</b>  | Quantifica centros de teste, simulação ou laboratórios criados ou modernizados.                                                    |
| <b>Relevância estratégica</b> | Evidência material e duradoura da transferência de tecnologia; fortalece a infraestrutura nacional de P&D.                         |
| <b>Critério metodológico</b>  | Diferenciar modernização robusta (laboratórios/rigs) de melhorias incrementais (softwares/hardwares), mas incluir ambos no escopo. |
| <b>Facilidade de aferição</b> | Pode ser medido prospectivamente (projetos previstos) e ex post (entregas realizadas).                                             |
| <b>Impacto esperado</b>       | Consolidação de capacidades permanentes de inovação, teste e desenvolvimento.                                                      |
| <b>Síntese final</b>          | Indicador objetivo e robusto, fundamental para avaliar o legado estrutural dos projetos de <i>offset</i> .                         |

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

#### 4.3.2.2.9 R9 – Montante de P&D Induzido no Brasil

O indicador R9 – Montante de P&D Induzido no Brasil foi avaliado como um indicador relevante, mas metodologicamente complexo. Seu objetivo é mensurar o volume de investimentos em pesquisa e desenvolvimento realizados no país como resultado direto dos acordos de *offset*. A principal dificuldade identificada está em definir parâmetros consistentes de mensuração e diferenciar os valores atribuídos ao *offset* dos investimentos efetivamente aplicados em atividades de P&D.

Nos projetos de compensação tecnológica, os registros costumam envolver três camadas de valores: nominal, indicador e crédito *offset*. Esses valores podem incluir desde custos objetivos — como deslocamento de instrutores, hospedagem, alimentação e homem-hora de especialistas — até elementos intangíveis, como a aplicação de conhecimentos previamente acumulados pela empresa estrangeira. Enquanto os gastos tangíveis no Brasil são passíveis de mensuração objetiva, a

valoração do conhecimento incorporado tende a ser subjetiva e dependente de critérios variáveis, o que dificulta a comparabilidade.

Outro ponto crítico é que os valores reportados no âmbito do offset podem se mostrar supervalorizados quando comparados a investimentos tradicionais em P&D fora desse contexto. Isso ocorre devido à lógica própria do sistema de créditos e multiplicadores, que atribui pesos diferenciados a determinadas ações, podendo inflar artificialmente o montante contabilizado. Assim, é essencial estabelecer metodologias transparentes, capazes de isolar os recursos efetivamente aplicados em território nacional.

Apesar desses desafios, o indicador R9 permanece válido, pois sinaliza o esforço financeiro e material direcionado ao fortalecimento da capacidade de P&D no Brasil. Para que produza resultados consistentes, entretanto, é necessário delimitar claramente o que será considerado como P&D induzido, distinguindo gastos tangíveis (como laboratórios, equipamentos e bolsas de pesquisa) de valores intangíveis de difícil verificação. Dessa forma, o indicador pode oferecer informações úteis tanto para a avaliação dos acordos quanto para a formulação de políticas públicas que estimulem maior investimento em inovação no setor de defesa.

Quadro 27: R9 – Montante de P&D Induzido no Brasil

| Aspecto analisado             | Contribuições dos especialistas do IFI                                                                           |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Natureza do indicador</b>  | Mensurar o volume de investimentos em P&D realizados no Brasil a partir dos projetos de offset.                  |
| <b>Desafio metodológico</b>   | Distinguir valores tangíveis (gastos diretos) de intangíveis (conhecimento acumulado).                           |
| <b>Risco identificado</b>     | Possibilidade de supervalorização devido à lógica de créditos e multiplicadores do <i>offset</i> .               |
| <b>Critério sugerido</b>      | Isolar investimentos efetivamente aplicados no Brasil (ex.: envio de pesquisadores, cursos, hardwares/software). |
| <b>Relevância estratégica</b> | Evidencia o esforço financeiro canalizado para fortalecer capacidades de P&D nacionais.                          |
| <b>Síntese final</b>          | Indicador válido, mas dependente de metodologias transparentes e critérios claros de mensuração.                 |

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

#### 4.3.2.2.10 R10 – Redes de Cooperação em C&T Formadas

O indicador R10 – Redes de Cooperação em C&T Formadas foi considerado relevante para mensurar resultados organizacionais e relacionais decorrentes dos projetos de *offset*, especialmente naqueles com maior componente de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (P, D&I). Sua lógica central reside na identificação de vínculos cooperativos estabelecidos entre empresas beneficiárias, universidades, Instituições Científicas e Tecnológicas (ICTs) e centros de pesquisa nacionais ou internacionais, cuja formação decorre diretamente da execução dos projetos. Nessa perspectiva, o R10 permite verificar se as ações de compensação tecnológica resultaram na criação de relações estruturadas de cooperação, ainda que seus efeitos mais amplos se manifestem em horizontes temporais posteriores.

Apesar de sua relevância analítica, reconheceu-se que esse indicador não integra o escopo atual de monitoramento sistemático realizado pelo Instituto de Fomento e Coordenação Industrial (IFI) e por outros órgãos de controle. A prática institucional concentra-se prioritariamente no acompanhamento formal da execução contratual, na validação de entregas e na análise de resultados mais tangíveis e imediatamente verificáveis. A aferição do R10 demandaria metodologias adicionais de coleta de dados, como questionários periódicos, interações estruturadas com as empresas beneficiárias e análise da continuidade das parcerias após o encerramento dos acordos.

Nesse sentido, embora as empresas estrangeiras geralmente cooperem no fornecimento de informações, a mensuração do R10 implica maior esforço institucional e não produz respostas diretas e imediatas a questionamentos de auditoria operacional, como aqueles conduzidos pelo Tribunal de Contas da União (TCU). Tal característica reforça seu caráter complementar, voltado mais à análise de resultados organizacionais e à compreensão dos desdobramentos relacionais dos projetos do que ao controle operacional de curto prazo.

Ainda assim, os especialistas destacaram que, quando evidenciado, o fortalecimento de redes de cooperação constitui um sinal relevante de que o *offset* extrapolou a mera transferência pontual de tecnologia, contribuindo para a consolidação de parcerias entre atores da Base Industrial de Defesa e do sistema científico nacional. Assim, o R10 deve ser interpretado como um indicador de valor agregado no nível de resultados, cuja função é evidenciar a capacidade dos projetos

de induzir relações cooperativas estruturadas, articulando-se de forma complementar ao indicador I2, que capta impactos sistêmicos e normativos de longo prazo.

Quadro 28: R10 – Redes de Cooperação em C&T Formadas

| Aspecto analisado                     | Contribuições dos especialistas do IFI                                                                                                                                               |
|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Natureza do indicador</b>          | Indicador de resultado organizacional e relacional, mensurando a formação de vínculos cooperativos decorrentes da execução dos projetos de offset.                                   |
| <b>Relevância estratégica</b>         | Indica a capacidade dos projetos de induzir cooperação entre empresas, ICTs, universidades e centros de pesquisa, fortalecendo o ecossistema de inovação no nível organizacional.    |
| <b>Situação atual</b>                 | Não integra o monitoramento sistemático; o foco institucional permanece na execução contratual e em resultados imediatamente verificáveis.                                           |
| <b>Desafio metodológico</b>           | Exige metodologias adicionais de coleta, como questionários, interações estruturadas e análise da continuidade das parcerias após o encerramento dos projetos.                       |
| <b>Relação com outros indicadores</b> | Articula-se de forma complementar ao I2, distinguindo-se por avaliar resultados organizacionais de cooperação, enquanto o I2 capta impactos estruturais e normativos de longo prazo. |
| <b>Síntese final</b>                  | Indicador complementar de resultado, útil para evidenciar a formação de redes cooperativas induzidas pelo offset, sem se confundir com indicadores de impacto sistêmico.             |

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Observa-se que o indicador R10 apresenta interface conceitual com o indicador I2, este último alocado na dimensão de impacto e voltado à cooperação nacional e internacional associada ao alinhamento a padrões globais. Durante a análise participativa, os especialistas do Instituto de Fomento e Coordenação Industrial (IFI) chegaram a considerar a possibilidade de fusão desses indicadores, em razão da interseção temática entre redes de cooperação e convergência normativa. Contudo, optou-se por mantê-los metodologicamente distintos, uma vez que capturam níveis analíticos complementares: o R10 mensura resultados organizacionais e relacionais diretamente associados à execução dos projetos de *offset*, enquanto o I2 busca aferir impactos sistêmicos e estruturais de longo prazo relacionados à inserção da Base Industrial de Defesa em práticas e padrões internacionais. Essa separação preserva a lógica multinível do modelo (resultado versus impacto) e amplia sua capacidade analítica, evitando redundâncias e

assegurando maior clareza na interpretação dos efeitos das políticas de compensação tecnológica.

#### 4.3.2.2.11 R11 – Adoção de Normas Técnicas e Padrões

O indicador R11 – Adoção de Normas Técnicas e Padrões foi considerado um indicador viável, ainda que não faça parte do monitoramento atualmente realizado nos projetos de offset. Sua proposta é avaliar em que medida os projetos induzem a incorporação de normas e padrões técnicos internacionais que não eram previamente dominados pelas empresas nacionais, representando avanço na aderência a requisitos de classe mundial e favorecendo a inserção em cadeias globais de produção.

Os especialistas apontaram duas possíveis metodologias para sua mensuração. A primeira, de caráter mais simples e genérico, seria incluir nos questionários enviados às empresas beneficiárias uma pergunta direta sobre a adoção de novas normas técnicas a partir do projeto. Essa abordagem, ainda que pouco detalhada, forneceria indícios objetivos de avanço normativo. A segunda, de caráter mais específico e detalhado, consistiria em mapear as normas aplicáveis a cada área tecnológica contemplada pelo projeto e verificar individualmente se foram incorporadas nos processos produtivos. Embora metodologicamente mais robusta, essa opção exigiria esforço analítico maior e conhecimento especializado em diferentes domínios normativos.

Ainda que não esteja no radar prioritário de acompanhamento, reconheceu-se que esse indicador pode agregar valor às análises, pois a adoção de normas técnicas internacionais é um sinal de amadurecimento tecnológico. Representa não apenas a absorção da tecnologia transferida, mas também a capacidade de alinhar processos nacionais às melhores práticas internacionais, ampliando a competitividade das empresas beneficiárias e fortalecendo a Base Industrial de Defesa.

Em síntese, o R11 pode ser considerado um indicador complementar, útil tanto em abordagens genéricas (via questionários) quanto em análises setoriais mais aprofundadas, dependendo da disponibilidade de dados e do nível de precisão desejado.

Quadro 29: R11 – Adoção de Normas Técnicas e Padrões

| Aspecto analisado             | Contribuições dos especialistas do IFI                                                                                                        |
|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Natureza do indicador</b>  | Mede a incorporação de padrões técnicos internacionais no desenvolvimento ou manutenção de produtos no Brasil.                                |
| <b>Relevância estratégica</b> | Indica amadurecimento tecnológico, alinhamento a boas práticas internacionais e maior competitividade.                                        |
| <b>Metodologia simples</b>    | Questionário genérico às empresas sobre adoção de novas normas.                                                                               |
| <b>Metodologia detalhada</b>  | Análise individual das normas aplicáveis a cada área tecnológica.                                                                             |
| <b>Situação atual</b>         | Não integra o monitoramento sistemático; seria indicador complementar.                                                                        |
| <b>Síntese final</b>          | Indicador viável e útil, aplicável em diferentes níveis (genérico ou específico), embora demande esforço adicional para mensuração detalhada. |

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

#### 4.3.2.3 Indicadores de Impacto (I)

A análise dos Indicadores de Impacto tem como propósito avaliar os efeitos de médio e longo prazo decorrentes dos projetos de *offset*, ultrapassando a mensuração imediata de esforços e resultados. Enquanto os indicadores de esforço e de resultado concentram-se no acompanhamento da execução contratual e na verificação da absorção de capacidades específicas, os indicadores de impacto buscam identificar transformações mais amplas e estruturantes na Base Industrial de Defesa (BID). Esses parâmetros permitem aferir se os projetos contribuíram para a consolidação de competências duradouras, para o fortalecimento da autonomia tecnológica e para a inserção competitiva do país em cadeias produtivas nacionais e internacionais. Dessa forma, constituem instrumentos analíticos capazes de revelar a sustentabilidade dos ganhos obtidos, fornecendo evidências sobre a efetividade de longo prazo da política de compensações tecnológicas.

##### 4.3.2.3.1 I1 – Impacto em Exportações / Novos Contratos

O indicador I1 – Impacto em Exportações / Novos Contratos foi avaliado como um indicador de impacto relevante, voltado a mensurar a sustentabilidade e os desdobramentos comerciais advindos dos projetos de *offset*. Sua lógica central é

verificar em que medida as empresas beneficiárias, após absorverem capacitações e tecnologias, conseguem expandir sua atuação no mercado, seja por meio de novos contratos com as Forças Armadas brasileiras, seja pela conquista de clientes internacionais.

Os especialistas destacaram a relação direta deste indicador com o conceito de carga de trabalho nacionalizada. A diferença, contudo, reside no enfoque: enquanto a carga de trabalho mede a internalização de atividades produtivas dentro do país, o I1 busca capturar os efeitos subsequentes dessa internalização, traduzidos em novos negócios e no fortalecimento da presença da empresa no mercado.

A mensuração prática desse indicador pode ser estruturada em duas vertentes complementares: de um lado, o atendimento ao mercado doméstico, representado por contratos firmados diretamente com as Forças Armadas brasileiras, os quais evidenciam maior autonomia operacional e o fortalecimento da Base Industrial de Defesa (BID); de outro, a expansão internacional, caracterizada pela celebração de contratos de exportação com clientes estrangeiros, que demonstram a competitividade tecnológica nacional e a inserção das empresas brasileiras em mercados globais.

Foi ressaltado que em determinados setores, como o aeroespacial, a expansão tende a ocorrer predominantemente na vertente internacional, em função da natureza globalizada da indústria. Nesse caso, o indicador deve ser suficientemente flexível para se adaptar às especificidades setoriais, distinguindo entre impactos domésticos e externos.

Por fim, debateu-se se este indicador deveria ser mantido separado daquele que mede a carga de trabalho nacionalizada ou se ambos poderiam ser unificados em uma métrica única e mais abrangente. A manutenção de indicadores distintos oferece maior granularidade analítica, permitindo distinguir claramente os impactos internos e externos. Já a unificação poderia simplificar o modelo, desde que garantida a clareza conceitual sobre as duas dimensões do impacto comercial dos projetos de *offset*.

Quadro 30: I1 – Impacto em Exportações / Novos Contratos

| Aspecto analisado              | Contribuições dos especialistas do IFI                                                      |
|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| Natureza do indicador          | Valor e volume de negócios nacionais e internacionais decorrentes da capacitação adquirida. |
| Relação com outros indicadores | Conectado à carga de trabalho nacionalizada, mas com foco nos desdobramentos comerciais.    |

| Aspecto analisado             | Contribuições dos especialistas do IFI                                                               |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Vertente doméstica</b>     | Novos contratos com as Forças Armadas brasileiras → maior autonomia e fortalecimento da BID.         |
| <b>Vertente internacional</b> | Contratos de exportação → inserção competitiva em mercados globais.                                  |
| <b>Flexibilidade setorial</b> | Deve considerar especificidades (ex.: aeroespacial com foco em exportações).                         |
| <b>Discussão metodológica</b> | Pode ser mantido separado (mais granularidade) ou unificado com a carga de trabalho (simplificação). |
| <b>Síntese final</b>          | Indicador relevante para avaliar sustentabilidade comercial e competitividade da BID no pós-offset.  |

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

#### 4.3.2.3.2 I2 – Cooperação Nacional e Internacional Gerada

O indicador I2, referente à cooperação nacional e internacional gerada, dialoga conceitualmente com o indicador R10, porém desloca a análise do nível organizacional para o nível sistêmico, permitindo avaliar impactos estruturantes e de longo prazo associados à convergência técnica e normativa da Base Industrial de Defesa. Ainda assim, foi considerado relevante, mas apresentou forte proximidade com o R10, o que levanta risco de redundância metodológica.

Na formulação atual, o I2 busca avaliar em que medida os projetos de offset induzem a formação de parcerias e acordos que resultam na adoção de práticas ou padrões universais, permitindo comparações entre a situação inicial e os resultados alcançados. O desafio identificado reside em delimitar a fronteira entre ambos: enquanto o R10 foca nos resultados organizacionais relacionados à formação e consolidação de redes de cooperação, o I2 enfatiza o alinhamento técnico-normativo e a evolução das empresas em direção a padrões globais.

Diante dessa sobreposição parcial, os especialistas do Instituto de Fomento e Coordenação Industrial (IFI) sugeriram a possibilidade de fusão dos indicadores em um único constructo mais abrangente. Contudo, optou-se por manter ambos no modelo validado, em razão de sua atuação em níveis analíticos distintos e complementares. O indicador R10 permanece associado à dimensão de resultado, voltado à formação e à consolidação de vínculos cooperativos decorrentes diretamente da execução dos projetos de offset. Já o indicador I2 foi alocado na dimensão de impacto, com o objetivo de captar efeitos sistêmicos e estruturais de

médio e longo prazo, relacionados ao grau de alinhamento técnico-normativo e institucional da Base Industrial de Defesa a padrões, práticas e referências internacionais. Nesse sentido, o I2 avalia evidências de convergência às melhores práticas globais, observáveis por meio da adoção de normas técnicas internacionais, padrões produtivos ou práticas institucionais, identificadas a partir de questionários, análises documentais ou auditorias técnicas, em comparação entre a situação inicial e os resultados alcançados. Sua aferição é recomendada exclusivamente em horizonte ex post de longo prazo, reforçando seu caráter de indicador de impacto sistêmico, complementar ao R10, ao deslocar a análise do nível organizacional das redes de cooperação para o nível estrutural e normativo da inserção internacional da Base Industrial de Defesa.

Quadro 31: I2 – Cooperação Nacional e Internacional Gerada

| Aspecto analisado                     | Contribuições dos especialistas do IFI                                                                                                                                                                                                                                    |
|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Natureza do indicador</b>          | Indicador de impacto sistêmico, voltado ao alinhamento técnico-normativo e institucional da Base Industrial de Defesa a padrões, práticas e referências internacionais.                                                                                                   |
| <b>Relação com outros indicadores</b> | Apresenta interface conceitual com o R10 (Redes de Cooperação em C&T Formadas), porém com recorte analítico distinto: enquanto o R10 avalia a formação de redes e vínculos cooperativos, o I2 capta efeitos estruturais e normativos de longo prazo.                      |
| <b>Dimensão normativa</b>             | Avalia a convergência das empresas nacionais às melhores práticas internacionais, por meio da adoção de normas técnicas, padrões produtivos ou práticas institucionais globais, permitindo comparações entre a situação inicial e os resultados alcançados.               |
| <b>Desafio metodológico</b>           | Necessidade de delimitar claramente o escopo do indicador para evitar sobreposição com métricas de cooperação organizacional, concentrando a análise no nível estrutural e normativo.                                                                                     |
| <b>Proposta de ajuste</b>             | Manutenção do indicador no modelo validado, com redefinição de escopo e alocação explícita na dimensão de impacto, atuando de forma complementar ao R10.                                                                                                                  |
| <b>Síntese final</b>                  | Indicador relevante para capturar impactos sistêmicos e de longo prazo dos projetos de offset, reforçando a análise da inserção da Base Industrial de Defesa em redes globais e no alinhamento a padrões internacionais, sem redundância com os indicadores de resultado. |

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

#### 4.3.2.3.3 I3 – Sustentabilidade da Capacidade Tecnológica

O indicador de sustentabilidade da capacidade tecnológica foi apontado pelos especialistas como um dos mais relevantes para compreender os efeitos estruturantes dos projetos de *offset*. Ele busca identificar se as competências adquiridas pelas

empresas beneficiárias permanecem ativas e produtivas após a finalização dos acordos, ou se tendem a se dissipar com o término das contrapartidas contratuais.

Durante a análise, foi ressaltado que a sustentabilidade não deve ser entendida apenas como a absorção inicial de *know-how*, mas sim como a capacidade de manter, no longo prazo, os recursos humanos treinados, os processos produtivos incorporados e as infraestruturas tecnológicas desenvolvidas. Para isso, torna-se fundamental a continuidade de investimentos, a manutenção de contratos, a inserção das empresas em cadeias produtivas regulares e a existência de políticas industriais que assegurem demanda para as capacidades adquiridas.

Nesse ponto, foi citada a pesquisa conduzida por DE MELLO LIMA (2022), que evidenciou em estudos de caso que a transferência de tecnologia só se consolida efetivamente quando acompanhada por mecanismos que assegurem a sustentabilidade ao longo do tempo, seja pelo atendimento a novas demandas internas, seja pela conquista de mercados externos.

Apesar de sua relevância, o indicador apresenta desafios metodológicos importantes, pois sua aferição exige monitorar a trajetória das empresas mesmo após o encerramento formal dos contratos. Isso implica necessidade de coleta de dados adicional, maior articulação institucional e metodologias consistentes para distinguir entre resultados passageiros e impactos duradouros. Ainda assim, trata-se de um parâmetro estratégico para avaliar se os offsets geraram impactos estruturantes sobre a Base Industrial de Defesa.

Quadro 32: I3 – Sustentabilidade da Capacidade Tecnológica

| Aspecto analisado                    | Contribuições dos especialistas do IFI                                                                                                      |
|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Natureza do indicador</b>         | Verifica a permanência das competências adquiridas após o término dos projetos de offset.                                                   |
| <b>Relevância estratégica</b>        | Considerado central para avaliar impactos de médio e longo prazo sobre a BID.                                                               |
| <b>Elementos de sustentabilidade</b> | Manutenção de recursos humanos capacitados, continuidade de investimentos, inserção em cadeias produtivas e apoio de políticas industriais. |
| <b>Referência teórica</b>            | DE MELLO LIMA (2022) demonstra que a transferência só se consolida se houver condições de sustentabilidade no tempo.                        |
| <b>Dificuldade metodológica</b>      | Exige acompanhamento das empresas após o contrato, coleta adicional de dados e maior articulação institucional.                             |

| Aspecto analisado | Contribuições dos especialistas do IFI                                                                                             |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Síntese final     | Indicador estratégico para diferenciar resultados passageiros de impactos estruturantes na BID, apesar dos desafios de mensuração. |

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

#### 4.3.2.3.4 I4 – Investimento Adicional Captado

O indicador I4, relativo ao montante de recursos adicionais mobilizados em decorrência da execução dos projetos de *offset*, foi avaliado como conceitualmente válido e com potencial para captar uma dimensão relevante dos impactos, mas ainda pouco consolidado metodologicamente. Seu objetivo é identificar investimentos complementares — públicos ou privados — realizados para viabilizar, sustentar ou expandir as capacidades adquiridas no âmbito dos acordos de compensação tecnológica.

Entre as possibilidades de aplicação, foram destacadas três principais vertentes: a primeira diz respeito a custos adicionais assumidos pela Força Aérea, como o envio de militares para treinamentos prolongados no exterior. Esses dispêndios não estão incluídos formalmente no valor do *offset*, mas representam aportes públicos importantes para potencializar a absorção tecnológica. A segunda refere-se às empresas beneficiárias nacionais, que frequentemente precisam adaptar fábricas, investir em infraestrutura ou capacitar equipes além do previsto contratualmente. Tais esforços adicionais, quando não incorporados aos contratos comerciais, configuram aportes diretos do setor privado. A terceira vertente envolve a continuidade de investimentos após o encerramento formal do acordo, como ocorre em centros de P&D ou laboratórios estruturados no FX-2, a exemplo do Centro de Desenvolvimento do Gripen (GDDM), que segue recebendo aportes públicos e privados para manter sua atuação.

Além disso, destacou-se que os investimentos adicionais podem ser potencializados por meio da articulação com agências nacionais de fomento, como FINEP e FAPESP. De acordo com os especialistas, foram registrados casos no projeto FX-2 em que empresas e pesquisadores, após absorverem conhecimento durante o *offset*, conseguiram aprovar projetos nessas linhas de fomento, ampliando a sustentabilidade e o alcance dos resultados.

Apesar de seu valor analítico, o indicador enfrenta desafios metodológicos, sobretudo no que se refere a distinguir os aportes efetivamente induzidos pelo *offset*

daqueles que ocorreriam independentemente. Ainda assim, o I4 pode ser considerado uma métrica de impacto ampliado, ao captar esforços complementares que reforçam a perenidade das capacidades adquiridas e ampliam o retorno estratégico dos projetos de compensação tecnológica.

Quadro 33: I4 – Investimento Adicional Captado

| Aspecto analisado                 | Contribuições dos especialistas do IFI                                                                                             |
|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Natureza do indicador</b>      | Montante de recursos adicionais mobilizados em decorrência do offset, além do previsto contratualmente.                            |
| <b>Vertente pública</b>           | Custos adicionais da Força Aérea, como envio de militares para capacitações prolongadas no exterior.                               |
| <b>Vertente privada</b>           | Adaptação de fábricas, investimentos em infraestrutura e capacitação de equipes pelas empresas beneficiárias.                      |
| <b>Continuidade pós-offset</b>    | Recursos aplicados para manter centros, laboratórios ou capacidades estruturadas após o término contratual (ex.: GDDM).            |
| <b>Integração com fomento</b>     | Aportes adicionais obtidos via FINEP, FAPESP e outras agências de apoio à inovação.                                                |
| <b>Dificuldades metodológicas</b> | Distinguir investimentos induzidos pelo offset daqueles que ocorreriam de forma independente.                                      |
| <b>Síntese final</b>              | Indicador válido para captar a perenidade e expansão das capacidades nacionais, ainda que demande maior amadurecimento conceitual. |

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

#### 4.3.2.3.5 I5 – Inserção da BID em Cadeias Globais de Fornecimento

O indicador I5, voltado à inserção da Base Industrial de Defesa (BID) em cadeias globais de fornecimento, foi avaliado como estratégico para mensurar os impactos de longo prazo dos projetos de *offset*, pois vai além da simples aferição do volume de exportações. A exportação pontual, embora positiva, não equivale à integração estrutural de uma empresa brasileira em cadeias produtivas internacionais. A efetiva inserção ocorre quando a empresa se torna fornecedora regular, estável e recorrente de componentes ou sistemas críticos, vinculados permanentemente à produção de plataformas globais.

O caso do FX-2 ilustra essa distinção: empresas brasileiras, como a AEL Sistemas, tornaram-se fornecedoras do *Wide Area Display* e do capacete inteligente (HMD) do Gripen. Nesse contexto, qualquer aeronave vendida pela Saab internacionalmente depende desses sistemas produzidos no Brasil, o que caracteriza

a integração da BID em uma cadeia global. Em contraste, exportações ocasionais de produtos ou serviços, sem continuidade ou exclusividade, não configuram inserção nesse nível.

Assim, os especialistas destacaram a necessidade de adotar critérios claros para diferenciar exportações pontuais da inserção efetiva em cadeias globais. O parâmetro sugerido é considerar como inserção os casos em que a empresa nacional se torna fornecedora única ou principal de determinado componente, cujo fornecimento esteja associado a todas as unidades futuras da plataforma exportada pela integradora estrangeira.

Foi lembrado, ainda, que mecanismos formais como a catalogação OTAN (*NATO Codification System*) podem apoiar a identificação de fornecedores registrados, mas a catalogação por si só não garante a inserção global. O elemento decisivo é a integração contratual e produtiva recorrente.

Em síntese, o I5 se distingue do indicador de exportações por introduzir um critério mais refinado, focado na permanência, continuidade e relevância estratégica do fornecimento internacional. Dessa forma, contribui para avaliar a real competitividade e a internacionalização da BID no longo prazo, representando um dos parâmetros mais robustos de impacto estrutural da política de *offset*.

Quadro 34: I5 – Inserção da BID em Cadeias Globais de Fornecimento

| Aspecto analisado                 | Contribuições dos especialistas do IFI                                                                         |
|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Natureza do indicador</b>      | Avalia a integração estrutural da BID em cadeias globais de fornecimento, além de exportações pontuais.        |
| <b>Distinção necessária</b>       | Diferenciar exportações ocasionais de inserção efetiva e recorrente em plataformas internacionais.             |
| <b>Exemplo prático</b>            | Caso da AEL Sistemas (Wide Area Display e HMD do Gripen), fornecendo globalmente para todas as aeronaves Saab. |
| <b>Critério proposto</b>          | Considerar inserção global quando a empresa se torna fornecedora única ou principal de componente crítico.     |
| <b>Instrumentos de apoio</b>      | Catalogação OTAN ( <i>NATO Codification System</i> ) pode apoiar, mas não garante inserção.                    |
| <b>Dificuldades metodológicas</b> | Evitar superestimação: nem toda exportação equivale à integração estrutural em cadeias globais.                |
| <b>Síntese final</b>              | Indicador estratégico, que permite mensurar impactos de longo prazo e a internacionalização efetiva da BID.    |

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

#### 4.3.2.3.6 I6 – Crescimento de Empregos Qualificados na BID

O indicador I6, voltado ao crescimento de empregos qualificados na Base Industrial de Defesa (BID), foi considerado relevante por refletir diretamente a contribuição dos projetos de *offset* para o fortalecimento da mão de obra especializada no país. Entretanto, sua aplicação prática apresenta desafios metodológicos, sobretudo na definição da relação de causalidade entre o *offset* e a geração de empregos.

Inicialmente, a proposta de mensuração no pós-projeto foi vista como limitada, pois dificultaria a atribuição direta do aumento de postos de trabalho ao *offset*. Por isso, os especialistas sugeriram que a aferição ocorra também durante a execução dos projetos, permitindo capturar de forma mais objetiva o impacto imediato da transferência de tecnologia na criação e manutenção de empregos qualificados.

Outro ponto relevante é que a métrica não deve considerar apenas a geração de novos postos de trabalho, mas também a preservação de equipes técnicas já existentes, cuja continuidade depende diretamente da execução dos projetos de *offset*. Assim, o indicador abrange tanto a criação quanto a manutenção de empregos de alta qualificação, assegurando a perenidade da competência instalada nas empresas beneficiárias.

Foi ressaltada, ainda, a importância de definir de forma objetiva o que caracteriza um “emprego qualificado”, com base em critérios como escolaridade, capacitação técnica específica e vínculo com atividades de P&D, engenharia ou funções de alta complexidade industrial. Essa padronização é fundamental para evitar ambiguidades na interpretação dos resultados.

Por fim, destacou-se que, embora os empregos indiretos representem um efeito positivo, a contabilização do indicador deve priorizar os impactos diretos sobre a força de trabalho qualificada das empresas beneficiárias, garantindo foco e consistência metodológica. Em síntese, o I6 deve ser compreendido como um indicador de impacto direto e imediato dos *offsets* sobre a força de trabalho estratégica da BID, com potencial para capturar tanto a criação quanto a manutenção de empregos altamente especializados.

Quadro 35: I6 – Crescimento de Empregos Qualificados na BID

| Aspecto analisado               | Contribuições dos especialistas do IFI                                                                                                       |
|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Natureza do indicador</b>    | Percentual de aumento de empregos qualificados em decorrência dos projetos de offset.                                                        |
| <b>Momento de aferição</b>      | Deve ser medido não apenas ex post, mas também durante a execução, para capturar impactos imediatos.                                         |
| <b>Criação x manutenção</b>     | Inclui tanto a geração de novos empregos quanto a preservação de postos estratégicos já existentes.                                          |
| <b>Critério de qualificação</b> | Definir parâmetros claros: nível de escolaridade, capacitação técnica, funções de P&D/engenharia.                                            |
| <b>Empregos indiretos</b>       | Não devem compor o indicador principal; foco nos impactos diretos sobre beneficiárias.                                                       |
| <b>Desafio metodológico</b>     | Estabelecer causalidade clara entre offset e geração/manutenção de empregos.                                                                 |
| <b>Síntese final</b>            | Indicador relevante para avaliar o impacto direto dos offsets sobre a força de trabalho qualificada, desde que bem delimitado e padronizado. |

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

#### 4.3.2.4 Conclusão da análise e comparação de indicadores propostos x ajustados

A partir da análise participativa realizada com os especialistas do Instituto de Fomento e Coordenação Industrial (IFI), foi possível revisar a formulação inicial dos indicadores de esforço, resultado e impacto. O processo contribuiu para identificar pontos de aprimoramento conceitual e metodológico, bem como para ajustar a aplicabilidade prática de cada métrica. As contribuições dos especialistas envolvidos trouxeram elementos valiosos, como a necessidade de distinguir entre diferentes tipologias de projetos, a importância de considerar dimensões absolutas e relativas de mensuração, além da recomendação de integrar indicadores com sobreposição conceitual.

O quadro a seguir sintetiza essa evolução, apresentando lado a lado a versão original dos indicadores, as sugestões de ajuste oferecidas pelos especialistas e a formulação final consolidada. Dessa forma, o material evidencia o caráter colaborativo do processo e confere maior robustez metodológica ao modelo proposto, alinhando-o

tanto às práticas observadas no âmbito do IFI quanto às recomendações de órgãos de controle e de políticas públicas vigentes.

Quadro 36: Ajuste dos indicadores (comparativo)

| Código | Indicador original                                   | Sugestão dos Especialistas                                                                                                                                          | Indicador final ajustado                                                                                        |
|--------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| E1     | Volume Total de Treinamento (H/m)                    | Manter indicador absoluto (homem-mês executados) e incluir versão relativa (executado ÷ previsto). Desenvolver tipologia de projetos para aplicação mais adequada.  | E1-Volume de Treinamento Previsto vs. Executado (absoluto e relativo), aplicado conforme tipologia de projetos. |
| E2     | Percentual de WP Entregues vs. Previstos             | Adaptar conforme a tipologia do projeto; medir pacotes concluídos, horas de trabalho ou créditos financeiros reconhecidos. Indicador essencialmente ex post.        | E2-Percentual de WPs Executados vs. Previstos, adaptado ao tipo de projeto (pacotes, horas, créditos).          |
| E3     | Percentual de Projetos em Áreas Estratégicas         | Medir em duas perspectivas: ex-ante (alinhamento com RFP e END) e ex-post (execução efetiva). Considerar portarias mais recentes, mas com cautela histórica.        | E3-Projetos em Áreas Estratégicas (Ex-ante e Ex-post), alinhados a END 2008/RFP e portarias recentes.           |
| E4     | Fator Multiplicador Médio Aplicado                   | Comparar fatores multiplicadores internamente e com acordos anteriores. Interpretar também qualidade e relevância tecnológica, não apenas o valor numérico.         | E4-Fator Multiplicador Médio, comparado interna e historicamente, considerando qualidade e relevância.          |
| E5     | Número de Pesquisadores Envolvidos em Projetos de TT | Aplicável apenas a projetos de P&D. Considerar também número de publicações científicas resultantes. Maior relevância em parcerias com universidades.               | E5-Número de Pesquisadores/Engenheiros em Projetos de P&D + Produção Científica.                                |
| R1     | Taxa de Progressão de Nível Tecnológico              | Definir momento adequado (ex post imediato ou após 1-5 anos). Medir evolução da capacidade tecnológica da empresa beneficiária, não do projeto em si.               | R1-Progressão de Nível Tecnológico das empresas beneficiárias (mensurado ex post, curto e médio prazo).         |
| R2     | Percentual de Tecnologias Internalizadas             | Exigir critérios claros para definir absorção tecnológica. Complementar com percentual de créditos reconhecidos em relação ao previsto.                             | R2-Percentual de Tecnologias Internalizadas + Percentual de Créditos Reconhecidos.                              |
| R3     | Taxa de Retenção de Profissionais Capacitados        | Medir permanência 12 meses após o retorno. Definir se retenção é apenas física ou também incorporação institucional do conhecimento adquirido.                      | R3-Retenção de Profissionais Capacitados (12 meses), com possibilidade de medir institucionalização.            |
| R4     | Aplicação Prática dos WP no Brasil                   | Medir além da execução física no Brasil: verificar novos contratos no pós-acordo. Considerar junção com indicadores de exportação e inserção em cadeias produtivas. | R4-Aplicação Prática dos WPs no Brasil e Pós-acordo (novos contratos e inserção em cadeias).                    |
| R5     | Grau de Nacionalização de Componentes e Processos    | Decidir se foca apenas na beneficiária ou se cria outro indicador para captar subcontratações indiretas. Ex.: HUD da Elna e ferramentais de montagem.               | R5-Grau de Nacionalização Direta (beneficiária) + indicador complementar de nacionalização indireta.            |

|     |                                                           |                                                                                                                                                                         |                                                                                                           |
|-----|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| R6  | Evolução do Índice de Autonomia Operacional               | Offset tem maior impacto em manutenção do que em operação. Dificuldade em definir referência clara para medir autonomia operacional.                                    | R6-Evolução da Autonomia Operacional (ênfase em manutenção, com referências claras).                      |
| R7  | Produção de Propriedade Intelectual (Patentes, Registros) | Baixa aplicabilidade imediata. Relevante apenas para projetos de P&D. Analisar impactos em longo prazo (5-10 anos). Caso raro: Wide Area Display no FX-2.               | R7-Produção de Propriedade Intelectual em Projetos de P&D, avaliada no longo prazo.                       |
| R8  | Laboratórios e Infraestruturas de Pesquisa Estruturados   | Estabelecer critérios para definir modernização. Considerar desde rigs até softwares/hardwares de simulação. Avaliação prospectiva e ex post.                           | R8-Criação e Modernização de Laboratórios/Infraestruturas de Pesquisa.                                    |
| R9  | Montante de P&D Induzido no Brasil                        | Separar valor tangível (custos de treinamentos, missões, hardware/software) do intangível (know-how). Risco de sobrevalorização. Necessidade de critérios consistentes. | R9-Montante de P&D Induzido (tangível vs. intangível), com critérios transparentes.                       |
| R10 | Redes de Cooperação em C&T Formadas                       | Não está no radar atual. Depende de questionários e dados fornecidos pelas empresas. Indica impactos adicionais e reforça narrativa de sucesso.                         | R10/I2-Redes de Cooperação e Alinhamento Normativo (fusão em indicador único).                            |
| R11 | Adoção de Normas Técnicas e Padrões                       | Aplicar por questionário genérico ou análise de normas específicas. Pode ser útil para verificar alinhamento a padrões internacionais.                                  | R11-Adoção de Normas Técnicas Internacionais (via questionários e análise específica).                    |
| I1  | Impacto em Exportações / Novos Contratos                  | Mensurar tanto contratos internos (Forças Armadas) quanto exportações. Decidir se mantém separado da carga de trabalho nacionalizada.                                   | I1-Impacto em Novos Contratos (mercado interno e externo), avaliado separadamente da carga nacionalizada. |
| I2  | Cooperação Nacional Internacional Gerada                  | Muito próximo de R10. Sugestão de fusão para evitar redundância e criar indicador único sobre adoção e alinhamento a normas internacionais.                             | I2-Fundido ao R10: Cooperação e Adoção de Padrões Internacionais.                                         |
| I3  | Sustentabilidade da Capacidade Tecnológica                | Medir permanência das capacidades após offset. Relacionado a continuidade de investimentos, contratos e redes de cooperação. Exige monitoramento pós-acordo.            | I3-Sustentabilidade da Capacidade Tecnológica (monitoramento de médio e longo prazo).                     |
| I4  | Investimento Adicional Captado                            | Difícil de aplicar. Pode captar custos adicionais da Força Aérea, investimentos privados das empresas e aportes após o offset (ex.: GDDM, FINEP, FAPESP).               | I4-Investimento Adicional Captado (público/privado, durante e após offset).                               |
| I5  | Inserção da BID em Cadeias Globais de Fornecimento        | Definir critérios claros para diferenciar exportações pontuais de inserção efetiva em cadeias globais. Exemplo: AEL com Wide Area Display no Gripen.                    | I5-Inserção da BID em Cadeias Globais (critério: fornecimento recorrente/único).                          |
| I6  | Crescimento de Empregos Qualificados na BID               | Medir impacto imediato durante a execução e manutenção de empregos. Definir critérios de qualificação claros. Evitar incluir empregos indiretos.                        | I6-Crescimento e Manutenção de Empregos Qualificados (execução e pós-acordo).                             |

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

### **4.3.3 Consolidação e Sistematização do Modelo de Indicadores Validados**

Esta seção apresenta a consolidação e a sistematização do modelo de indicadores validados, resultante da incorporação das contribuições dos especialistas do Instituto de Fomento e Coordenação Industrial (IFI) e do refinamento metodológico realizado ao longo da análise participativa, culminando em uma estrutura coerente, exequível e aderente às demandas de avaliação dos projetos de compensação tecnológica.

No processo de consolidação, observou-se a necessidade de analisar interfaces e eventuais sobreposições entre alguns indicadores, à luz das contribuições dos especialistas do IFI. Nesse contexto, destacou-se a proximidade conceitual entre o indicador R10 – Redes de Cooperação em C&T Formadas e o indicador I2, originalmente proposto para mensurar a cooperação nacional e internacional associada à adoção de práticas e padrões globais. Embora ambos tenham sido considerados relevantes, os especialistas apontaram risco de redundância metodológica, uma vez que captam dimensões correlatas do alinhamento da Base Industrial de Defesa às redes, normas e padrões internacionais. Enquanto o R10 enfatiza a formação e a perenidade das redes de cooperação, o I2 concentra-se no alinhamento técnico-normativo e na convergência às melhores práticas internacionais. Diante dessa sobreposição, a análise participativa indicou a conveniência de tratar esses indicadores de forma articulada no âmbito do modelo, seja por meio de sua integração conceitual, seja pela explicitação clara de seus recortes analíticos, preservando a coerência interna do sistema de indicadores e evitando duplicidades na mensuração dos impactos estruturantes dos projetos de compensação tecnológica.

O quadro a seguir reflete a sistematização final da proposta de indicadores, contemplando, para cada métrica, sua definição operacional, a fórmula de cálculo e a periodicidade recomendada de aplicação. Esse detalhamento busca assegurar clareza metodológica e transparência analítica, permitindo que os indicadores sejam operacionalizados de forma padronizada, comparável e replicável em diferentes projetos e programas de compensação tecnológica. As fórmulas foram elaboradas a partir das contribuições dos especialistas do IFI, bem como de referências normativas

e acadêmicas, privilegiando a objetividade, a mensurabilidade e a viabilidade prática de coleta dos dados.

No que se refere à periodicidade, foram definidos diferentes marcos de aferição — ex ante, durante a execução e ex post — em consonância com a natureza de cada indicador, o ciclo de vida dos projetos de offset e a disponibilidade efetiva das informações. Dessa forma, o modelo busca conciliar rigor metodológico com aplicabilidade institucional, permitindo que os indicadores sejam utilizados tanto como instrumentos de acompanhamento da execução quanto como subsídios para avaliações posteriores de resultados e impactos de médio e longo prazo, em consonância com as demandas de governança e controle das políticas públicas de defesa.

Quadro 37: Indicadores ajustados

| Código | Indicador                                                                                                    | Fórmula                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Periodicidade                 |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| E1     | Volume de Treinamento Previsto vs. Executado (absoluto e relativo), aplicado conforme tipologia de projetos. | <p>Seja <math>i</math> cada ação de capacitação;<br/> <math>p_i</math> participantes;<br/> <math>h_i</math> horas;<br/> <math>160h \approx 1</math> homem-mês (H/m).</p> <p><b>Absoluto:</b><br/> <math>E1_A = \sum_i \frac{p_i \cdot h_i}{160} (\text{H/m executados}).</math></p> <p><b>Relativo:</b><br/> <math>E1_R = \frac{E1_{A,exec}}{E1_{A,prev}} \times 100.</math></p> <p><b>Aplicação:</b> reportar por <b>tipologia</b> (TT/carga de trabalho/industrial/mista) e total.</p> | Trimestral (durante execução) |
| E2     | Percentual de WPs Executados vs. Previstos, adaptado ao tipo de projeto (pacotes, horas, créditos).          | <p><b>Escopo (pacotes):</b><br/> <math>E2_S = \frac{WP_{concl}}{WP_{prev}} \times 100.</math></p> <p><b>Horas:</b><br/> <math>E2_H = \frac{HH_{exec}}{HH_{prev}} \times 100.</math></p> <p><b>Créditos:</b><br/> <math>E2_C = \frac{Cr_{recon}}{Cr_{prev}} \times 100.</math></p> <p><b>Aplicação:</b> publicar a(s) base(s) pertinente(s) e, quando possível, a <b>média simples</b><br/> <math>E2^* = \frac{E2_S + E2_H + E2_C}{n}.</math></p>                                         | Semestral + ex post           |
| E3     | Projetos em Áreas Estratégicas (Ex-ante e Ex-post), alinhados a END                                          | <p><b>Ex-ante (RFP/END 2008):</b><br/> <math>E3_{XA} = \frac{N_{alinh.RFP/END}}{N_{total}} \times 100.</math></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Ex-ante + Revisão anual       |

|    |                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                             |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
|    | 2008/RFP e portarias recentes.                                                                       | <b>Ex-post (portarias recentes):</b><br><br>$E3_{XP} = \frac{N_{exec \text{ áreas critic}}}{N_{total}} \times 100$<br><br><b>Aplicação:</b> sempre apresentar <b>ambas</b> as perspectivas, com nota sobre a base normativa usada.                                                                                                                                                     |                             |
| E4 | Fator Multiplicador Médio, comparado interna e historicamente, considerando qualidade e relevância.  | Sejam projetos $j$ , créditos executados $Cr_j$ e fator multiplicador $F_j$ .<br><br>$E4 = \frac{\sum_j Cr_j \cdot F_j}{\sum_j Cr_j}.$<br><br><b>Comparativos:</b><br><br>razão interna $E4/E4_{FX2,prev}$<br><br>e razão histórica<br><br>$\frac{E4}{\bar{F}_{hist}}$ (média de acordos IFI).<br><br><b>Aplicação:</b> interpretar junto de qualidade e relevância (texto analítico). | Ex-ante + ex post           |
| E5 | Número de Pesquisadores/Engenheiros em Projetos de P&D + Produção Científica.                        | Restringe-se a projetos de P,D&I.<br><br>$E5_p = N_{\frac{pesq}{eng}};$<br><br>$E5_{pub} = \frac{N_{publicações}}{N_{pesq/eng}}.$<br><br><b>Aplicação:</b> reportar $E5_p$ e o índice de publicações por FTE $E5_{pub}$ .                                                                                                                                                              | Anual + ex post             |
| R1 | Progressão de Nível Tecnológico das empresas beneficiárias (mensurado ex post, curto e médio prazo). | Atribuir níveis $L \in \{0,1,2,3\}$ . Para cada beneficiária $k$ :<br><br>$\Delta L_k = \max(0, L_{pos,k} - L_{pre,k}).$<br><br>$R1_t = \frac{ [k: \Delta L_k \geq 1] }{N_{benef}} \times 100, \text{ em}$<br><br>$t_1$ (ex-post imediato) e<br><br>$t_2$ (1–3 anos).                                                                                                                  | Ex post (1–3 anos)          |
| R2 | Percentual de Tecnologias Internalizadas + Percentual de Créditos Reconhecidos.                      | Definir um checklist de $m$ critérios (p.ex., replicação, uso em projeto novo, documentação, pessoal treinado, testes aceitos). Para cada tecnologia $u$ :<br><br>$Score_u = \frac{\text{Critérios atendidos}}{m}.$<br><br>Considere “internalizada” se $Score_u \geq \theta$ (p.ex., 0,6).                                                                                            | Ex post (imediato + 3 anos) |

|    |                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                     |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
|    |                                                                                                   | $R2 = \frac{N_{internalizadas}}{N_{transferidas}} \times 100$ $R2Cr = \frac{Cr_{recon}}{Cr_{prev}} \times 100$                                                                                                                                                                                                                 |                                     |
| R3 | Retenção de Profissionais Capacitados (12 meses), com possibilidade de medir institucionalização. | $R3 = \frac{N_{retidos\ 12m}}{N_{capacitados}} \times 100$ <p>Optional (se houver dado):<br/> <b>R3_Inst</b> = presença (1/0) de procedimentos, trilhas de treinamento e multiplicação interna; reporte como percentual de beneficiárias com institucionalização <math>\geq</math> limiar.</p>                                 | Anual (até 2 anos)                  |
| R4 | Aplicação Prática dos WPs no Brasil e Pós-acordo (novos contratos e inserção em cadeias).         | $R4 = \frac{N_{wp\ que\ geram\ contrato\ pós\ 0-24m}}{N_{wp\ executados}} \times 100$ <p><b>Aplicação:</b> classificar contratos por destino (FA nacionais, integradoras nacionais, estrangeiras).</p>                                                                                                                         | Ex post (até 5 anos)                |
| R5 | Grau de Nacionalização Direta (beneficiária) + indicador complementar de nacionalização indireta. | <p><b>Direta (beneficiária):</b></p> $R5_D = \frac{\sum v_{dom}}{\sum v_{total}} \times 100$ <p>(valor de componentes/processos feitos no Brasil no item alvo).</p> <p><b>Indireta (cadeia):</b></p> $R5_i = total \times 100$ <p>(gasto com fornecedores nacionais ligados ao item).</p> <p>Reportar ambas separadamente.</p> | Ex post (consolidação)              |
| R6 | Evolução da Autonomia Operacional (ênfase em manutenção, com referências claras).                 | <p>Listar capacidades de manutenção e pesos <math>w_c</math> (criticidade/nível).</p> $R6 = \frac{\sum_c w_c \cdot I_c}{\sum_c w_c} \times 100,$ <p>onde <math>I_c = 1</math> se internalizada; 0,5 se parcial; 0 se externa.</p> <p><b>Aplicação:</b> explicitar a matriz de capacidades e pesos.</p>                         | Ex post (após ciclos de manutenção) |
| R7 | Produção de Propriedade Intelectual em Projetos de P&D, avaliada no longo prazo.                  | $R7 = \text{Nº de patentes e registros decorrentes do projeto}$                                                                                                                                                                                                                                                                | Ex post (5–10 anos)                 |

|     |                                                                                                        |                                                                                                                              |                                  |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| R8  | Criação e Modernização de Laboratórios/Infraestruturas de Pesquisa.                                    | $R8 = \text{N}^\circ \text{ de laboratórios/infraestruturas criadas ou modernizadas}$                                        | Ex post                          |
| R9  | Montante de P&D Induzido (tangível vs. intangível), com critérios transparentes.                       | $R9Tang = \sum (\text{gastos diretos})$<br>$R9Intang = \sum \text{valoração do know-how aplicado}$                           | Ex post + Revisões anuais        |
| R10 | Redes de Cooperação em C&T Formadas                                                                    | $R10 = \text{N}^\circ \text{ de parcerias formais e ativas (acordos, convênios, projetos conjuntos) estabelecidas}$          | Ex post (até 3 anos)             |
| R11 | Adoção de Normas Técnicas Internacionais (via questionários e análise específica).                     | $R11 = (\text{Normas/padrões adotados} \div \text{Total relevantes}) \times 100$                                             | Ex post                          |
| I1  | Impacto em Novos Contratos (mercado interno e externo), avaliado separadamente da carga nacionalizada. | $I1 = \text{Valor e n}^\circ \text{ de novos contratos (domésticos + exportações)}$                                          | Ex post (até 5 anos)             |
| I2  | Cooperação Nacional e Internacional Gerada (Alinhamento a Padrões Globais)                             | $I2 = \text{Evidências de adoção de normas técnicas internacionais, padrões produtivos ou práticas institucionais globais.}$ | Ex post (até 5 anos)             |
| I3  | Sustentabilidade da Capacidade Tecnológica (monitoramento de médio e longo prazo).                     | $I3 = (\text{Capacidades mantidas} \div \text{Capacidades adquiridas}) \times 100$                                           | Ex post (3–5 anos)               |
| I4  | Investimento Adicional Captado (público/privado, durante e após offset).                               | $I4 = \sum \text{Recursos públicos + privados mobilizados pós-offset}$                                                       | Ex post (anual + final)          |
| I5  | Inserção da BID em Cadeias Globais (critério: fornecimento recorrente/único).                          | $I5 = \text{N}^\circ \text{ de contratos recorrentes em cadeias globais}$                                                    | Ex post (até 10 anos)            |
| I6  | Crescimento e Manutenção de Empregos Qualificados (execução e pós-acordo).                             | $I6 = ((\text{Empregos pós-offset} - \text{Empregos iniciais}) \div \text{Empregos iniciais}) \times 100$                    | Durante execução + Anual ex post |

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

O detalhamento das fórmulas e da periodicidade visam fortalecer a proposta metodológica, ao oferecer um roteiro para a aplicação prática dos indicadores. Essa sistematização busca consistência na coleta e análise dos dados, ao mesmo tempo em que tem objetivo de permitir a comparabilidade entre diferentes projetos e acordos de *offset*. Além disso, ao estabelecer marcos de mensuração em curto, médio e longo prazo, o modelo procura captar tanto os efeitos imediatos da execução quanto os impactos estruturantes sobre a Base Industrial de Defesa, visando uma avaliação mais abrangente e robusta dos resultados obtidos.

#### 4.4 ALINHAMENTO ENTRE OS INDICADORES PROPOSTOS E OS QUESTIONAMENTOS DO TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO NO PROGRAMA FX-2

Esta seção tem como objetivo confrontar os indicadores de inovação e de transferência de tecnologia propostos nesta pesquisa com os principais questionamentos e expectativas expressos pelo Tribunal de Contas da União no Relatório de Auditoria Operacional do Programa FX-2. O confronto busca demonstrar em que medida o modelo de indicadores desenvolvido responde às fragilidades identificadas pelo órgão de controle externo, especialmente no que se refere à mensuração de resultados, à governança da política de compensação tecnológica e à demonstração de valor público.

##### **4.4.1 Efetividade da transferência de tecnologia e internalização de capacidades tecnológicas**

Um dos eixos centrais do Relatório de Auditoria Operacional do TCU refere-se à dificuldade de comprovar a efetividade da transferência de tecnologia no âmbito do Programa FX-2. O Tribunal questiona se as ações de offset resultaram, de fato, na internalização de capacidades tecnológicas estratégicas, ou se permaneceram restritas ao cumprimento formal de obrigações contratuais, sem geração de autonomia tecnológica.

Esse questionamento é diretamente enfrentado pelo indicador R6 – Evolução da Autonomia Operacional, que tem como finalidade mensurar o grau de internalização de capacidades críticas, com ênfase em atividades de manutenção, diagnóstico, suporte técnico e operação independente. O indicador permite avaliar se a transferência de tecnologia possibilitou não apenas a execução assistida de atividades, mas também a apropriação técnica suficiente para sustentar ciclos operacionais completos, respondendo à crítica do TCU quanto à ausência de evidências objetivas de domínio tecnológico efetivo.

De forma complementar, o indicador R2 – Percentual de Tecnologias Internalizadas relaciona-se à preocupação expressa pelo Tribunal quanto à efetiva apropriação do conhecimento transferido. Ao avaliar se as tecnologias transferidas atendem a critérios objetivos de internalização, como replicação, aplicação em novos projetos, disponibilidade de documentação técnica, pessoal capacitado e testes

aceitos, o R2 contribui para diferenciar a mera recepção formal de pacotes tecnológicos da internalização efetiva do conhecimento, aspecto reiteradamente problematizado na auditoria do FX-2.

#### **4.4.2 Governança, monitoramento e uso de informações para tomada de decisão**

Outro ponto recorrente no Relatório de Auditoria Operacional refere-se às fragilidades de governança da política de compensação tecnológica. O TCU destaca a inexistência de mecanismos consolidados de monitoramento e avaliação, bem como a dificuldade de acompanhar, ao longo do tempo, os resultados das ações de inovação e transferência de tecnologia associadas ao FX-2.

Nesse contexto, o indicador I2 – Cooperação Nacional e Internacional Gerada (Alinhamento a Padrões Globais) responde às recomendações do Tribunal quanto à necessidade de institucionalização e integração sistêmica das ações de inovação e transferência de tecnologia. Esse indicador permite verificar se os projetos de compensação promoveram a adoção de normas técnicas internacionais, padrões produtivos ou práticas institucionais globais, contribuindo para reduzir a fragmentação de informações e ampliar a coerência da política, conforme apontado na auditoria.

Associado a esse aspecto, o indicador R4 – Aplicação Prática dos WPs no Brasil e Pós-acordo dialoga com os trechos do relatório em que o TCU questiona se os resultados da política de compensação são efetivamente utilizados após a execução contratual. Ao mensurar a proporção de pacotes de trabalho que geraram contratos posteriores ou inserção produtiva em cadeias nacionais e internacionais, o R4 possibilita avaliar se os resultados da transferência de tecnologia subsidiam decisões estratégicas e produzem efeitos econômicos e tecnológicos verificáveis.

#### **4.4.3 Formação, retenção de competências e aprendizagem organizacional**

O Tribunal de Contas da União também manifesta preocupação quanto à dificuldade de demonstrar benefícios organizacionais concretos decorrentes do Programa FX-2, especialmente no que se refere à formação e à retenção de competências estratégicas. O relatório aponta que, embora haja investimentos significativos em capacitação, nem sempre estão evidenciados os resultados desses esforços em termos de fortalecimento institucional.

Esse questionamento pode ser analisado pela articulação entre indicadores de Esforço e de Resultado. O indicador E1 – Volume de Treinamento Previsto vs. Executado permite mensurar a magnitude dos esforços de capacitação realizados no âmbito do Programa FX-2, enquanto o indicador R3 – Retenção de Profissionais Capacitados avalia a permanência, ao longo do tempo, dos profissionais qualificados pelas ações de transferência de tecnologia. Essa combinação desloca o foco da avaliação do número de treinamentos realizados para a sustentabilidade das competências desenvolvidas, respondendo à exigência do TCU de maior clareza na demonstração de benefícios institucionais duradouros.

De forma complementar, o acompanhamento da produção de propriedade intelectual em projetos de P&D, por meio do indicador R7 – Produção de Propriedade Intelectual em Projetos de P&D, permite examinar se os esforços de capacitação e aprendizagem organizacional resultaram em outputs tecnológicos de maior complexidade ao longo do tempo, reforçando a análise da efetividade da transferência de tecnologia.

#### **4.4.4 Demonstração de valor público e impactos estruturantes da política de compensação**

O Relatório de Auditoria Operacional do TCU enfatiza a necessidade de demonstrar o valor público gerado pela política de compensação tecnológica, questionando em que medida os elevados investimentos associados ao Programa FX-2 resultaram em benefícios estratégicos para o País, como o fortalecimento da Base Industrial de Defesa e a redução de dependências tecnológicas externas.

Em resposta a essa pauta, os indicadores da dimensão Impacto permitem avaliar efeitos estruturantes de médio e longo prazo. O indicador I1 – Impacto em Novos Contratos possibilita mensurar a geração de contratos no mercado interno e externo decorrentes das capacidades adquiridas, enquanto o indicador I3 – Sustentabilidade da Capacidade Tecnológica permite acompanhar a manutenção das capacidades ao longo do tempo, respondendo à preocupação do Tribunal com a durabilidade dos resultados obtidos.

De forma associada, o indicador I5 – Inserção da Base Industrial de Defesa em Cadeias Globais possibilita avaliar se a transferência de tecnologia contribuiu para a integração recorrente das empresas nacionais em cadeias produtivas internacionais,

indo além da análise restrita ao cumprimento de cláusulas contratuais e conectando a política de compensação a objetivos estratégicos de longo prazo.

#### **4.4.5 Síntese do alinhamento entre indicadores e controle externo**

O confronto realizado evidencia que os indicadores propostos nesta pesquisa estabelecem correspondência direta com os principais questionamentos levantados pelo Tribunal de Contas da União no Relatório de Auditoria Operacional do Programa FX-2. Ao explicitar a relação entre indicadores específicos, seus títulos e as pautas do controle externo, o modelo desenvolvido contribui para reduzir assimetrias informacionais, fortalecer a governança e ampliar a capacidade de avaliação da política de compensação tecnológica no setor de defesa.

Dessa forma, os indicadores não apenas atendem às expectativas do controle externo, mas também oferecem instrumentos para o aprimoramento da gestão pública, promovendo maior transparência, mensurabilidade e alinhamento entre inovação, transferência de tecnologia e geração de valor público.

### **5 CONCLUSÃO**

O presente estudo teve como propósito desenvolver um conjunto estruturado de indicadores de inovação e de transferência de tecnologia no contexto das políticas de compensação tecnológica, com foco no âmbito do Comando da Aeronáutica, contribuindo para o aprimoramento da governança, da transparência e da capacidade de avaliação dos resultados decorrentes de contratos estratégicos de defesa. A pesquisa considerou as diretrizes nacionais de inovação, as políticas públicas de ciência, tecnologia e inovação e aos instrumentos normativos que regem as compensações tecnológicas na Força Aérea e no setor de defesa como um todo.

O primeiro objetivo específico, que consistia em analisar modelos de indicadores de inovação aplicados a políticas públicas, foi alcançado por meio de revisão sistemática da literatura e de análise de referenciais nacionais e internacionais. Essa etapa possibilitou identificar abordagens consolidadas para mensuração de inovação, bem como suas limitações quando aplicadas a políticas complexas, de longo prazo e fortemente reguladas, como aquelas relacionadas à defesa. Verificou-se que grande parte dos modelos existentes privilegia indicadores de insumo e de resultado imediato, apresentando fragilidades na captura de efeitos

estruturantes, de aprendizagem organizacional e de acumulação de capacidades tecnológicas, aspectos centrais no contexto das políticas de compensação.

O segundo objetivo, voltado à análise da perspectiva do Tribunal de Contas da União sobre inovação e transferência de tecnologia no Projeto FX-2, foi atingido por meio do exame detalhado do Relatório de Auditoria Operacional do Programa. A análise evidenciou que o TCU adota uma abordagem orientada à governança, à mensuração de resultados e à demonstração de benefícios concretos decorrentes das políticas de compensação, destacando recorrentes questionamentos quanto à ausência de indicadores claros, à dificuldade de monitoramento dos resultados e à limitação de instrumentos que permitam avaliar a efetividade da transferência de tecnologia. Essa etapa foi importante para compreender as expectativas do órgão de controle e para orientar a construção do modelo proposto.

O terceiro objetivo específico, que consistia em propor um modelo de indicadores de inovação e transferência de tecnologia aplicáveis ao Projeto FX-2 no Comando da Aeronáutica, foi alcançado a partir da integração dos referenciais teóricos analisados, das diretrizes normativas e das evidências empíricas do caso estudado. O modelo proposto foi estruturado de forma a contemplar múltiplas dimensões analíticas, permitindo a avaliação não apenas do cumprimento contratual, mas também da geração de capacidades institucionais, da absorção tecnológica, da formação de recursos humanos e dos impactos organizacionais decorrentes da política de compensação. Dessa forma, o conjunto de indicadores busca superar abordagens meramente descritivas, oferecendo subsídios para uma avaliação mais robusta e orientada a resultados.

O quarto objetivo, que consistia em confrontar os indicadores propostos com as expectativas e os questionamentos expressos pelo Tribunal de Contas da União no Relatório de Auditoria Operacional do Programa FX-2, foi atingido por meio da análise comparativa entre os indicadores desenvolvidos e os pontos críticos levantados pelo órgão de controle. Esse confronto demonstrou que o modelo proposto responde às principais demandas do TCU, ao oferecer instrumentos capazes de apoiar o monitoramento, a avaliação e a prestação de contas das ações de inovação e transferência de tecnologia. Evidenciou-se, assim, que os indicadores podem funcionar como mecanismos de alinhamento entre a gestão interna do programa e as exigências do controle externo.

## 5.1 PERSPECTIVAS FUTURAS

Como perspectiva futura imediata, destaca-se a possibilidade de implementação progressiva do modelo de indicadores de inovação e de transferência de tecnologia no âmbito do Programa FX-2, conforme apontado pelos especialistas do IFI, integrando-o aos instrumentos já existentes de gestão e acompanhamento contratual do Comando da Aeronáutica. A incorporação dos indicadores às rotinas institucionais permitiria o monitoramento sistemático dos resultados da política de compensação tecnológica, superando avaliações pontuais e retrospectivas. Essa implementação favorecerá uma gestão orientada por evidências, contribuindo para maior transparência, previsibilidade e capacidade de resposta frente a questionamentos internos e externos, em especial aqueles provenientes dos órgãos de controle.

Em um horizonte de médio prazo, o modelo proposto pode subsidiar o acompanhamento contínuo dos contratos associados ao FX-2, ampliando o foco da fiscalização para além do cumprimento físico e financeiro das obrigações contratuais. A utilização dos indicadores permitiria avaliar a evolução da absorção tecnológica, da formação e retenção de competências e dos impactos organizacionais ao longo do ciclo de vida do programa, fortalecendo os mecanismos de governança e aprendizagem institucional. Nesse contexto, os indicadores podem atuar como instrumentos de retroalimentação da gestão, apoiando ajustes estratégicos, redefinições de prioridades e o aprimoramento das práticas de inovação e transferência de tecnologia.

Em uma perspectiva de longo prazo, os resultados desta pesquisa abrem caminho para a replicação e institucionalização do modelo de indicadores em outros programas estratégicos de defesa e em políticas públicas que envolvam compensações industriais e tecnológicas. A consolidação de uma cultura de monitoramento e avaliação baseada em indicadores pode contribuir para o fortalecimento da relação entre gestão pública e controle externo, reduzindo assimetrias informacionais e promovendo maior alinhamento entre planejamento, execução e prestação de contas. Além disso, estudos futuros poderão avaliar empiricamente os efeitos da aplicação continuada dos indicadores, investigando sua contribuição para a efetividade das políticas de inovação, para a autonomia

tecnológica nacional e para o aprimoramento da governança pública no setor de defesa.

## REFERÊNCIAS

AFONSO, Michele Hartmann Feyh; SOUZA, Juliane Vieira de; ENSSLIN, Sandra Rolim; ENSSLIN, Leonardo. Como construir conhecimento sobre o tema de pesquisa? aplicação do processo proknow-c na busca de literatura sobre avaliação do desenvolvimento sustentável. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, [S.L.], v. 5, n. 2, p. 42-47, 27 fev. 2012. RGSA- Revista de Gestao Social e Ambiental. <http://dx.doi.org/10.5773/rgsa.v5i2.424>.

AGUSTINHO, Eduardo Oliveira; GARCIA, Evelin Naiara. Inovação, transferência de tecnologia e cooperação. *Direito e Desenvolvimento*, [S.L.], v. 9, n. 1, p. 223-239, 11 jul. 2018. Cruzeiro do Sul Educacional. <http://dx.doi.org/10.25246/direitoedesenvolvimento.v9i1.525>

ALMEIDA, Robson Lopes de; MARICATO, João de Melo. Explorando conceitos e métricas de inovação no contexto das universidades. *Informação & Informação*, [S.L.], v. 26, n. 2, p. 646, 8 jul. 2021. Universidade Estadual de Londrina. <http://dx.doi.org/10.5433/1981-8920.2021v26n2p646>.

ÁLVAREZ, Esteban; GARCÍA, William. Determinantes de la innovación: evidencia en el sector manufacturero de bogotá. **Semestre Económico**, [S.L.], v. 15, n. 32, p. 129-160, 2012. Universidad de Medellin. <http://dx.doi.org/10.22395/seec.v15n32a5>.

AHMED, Masood; KHAN, Muhammad Atif; ATTIQUE, Anam; KHAN, Muhammad Asif; HADDAD, Hossam; AL-RAMAHI, Nidal Mahmoud. Democracy's limited impact on innovation: panel data evidence from developing countries. **Plos One**, [S.L.], v. 19, n. 3, p. 423-564, 15 mar. 2024. Public Library of Science (PLOS). <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0297915>.

ALAVI, Maryam; CARLSON, Patricia. A Review of MIS Research and Disciplinary Development. **Journal Of Management Information Systems**, [s. l.], v. 8, n. 4, p. 45-62, nov. 1992.

ALMEIDA, Lia de Azevedo; GOMES, Ricardo Corrêa. Perspectivas teóricas para a análise de políticas públicas: como lidam com a complexidade? **Administração Pública e Gestão Social**, [S.L.], v. 11, n. 1, p. 16-27, 1 jan. 2019. Administracao Publica e Gestao Social. <http://dx.doi.org/10.21118/apgs.v11i1.1557>.

ÁLVAREZ, Esteban; GARCÍA, William. Determinantes de la innovación: evidencia en el sector manufacturero de Bogotá. **Semestre Económico**, [S.L.], v. 15, n. 32, p. 129-160, 2012. Universidad de Medellin. <http://dx.doi.org/10.22395/seec.v15n32a5>.

ARANGO-ALZATE, Bibiana; ZARTHA-SOSSA, Jhon Wilder; MEDINA-HENAO, José Gamaliel; AVALOS-PATÍÑO, Andrés Felipe; VELEZ-SALAZAR, Fabian Mauricio. Barriers for innovation detected in 400 colombian businesses, based on the innovation “U” coefficient. **Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia**, [S.L.], v. 2, n. 77, p. 231-452, dez. 2015. Universidad de Antioquia. <http://dx.doi.org/10.17533/udea.redin.n77a02>.

ARCHIBUGI, Daniele; DENNI, Mario; FILIPPETTI, Andrea. The technological capabilities of nations: the state of the art of synthetic indicators. **Technological Forecasting And Social Change**, [S.L.], v. 76, n. 7, p. 917-931, set. 2009. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2009.01.002>.

AUTANT-BERNARD, Corinne; FADAIRO, Muriel; MASSARD, Nadine. Knowledge diffusion and innovation policies within the European regions: challenges based on recent empirical evidence. **Research Policy**, [S.L.], v. 42, n. 1, p. 196-210, fev. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2012.07.009>.

AZEVEDO, Rogério Cabral; ENSSLIN, Leonardo; LACERDA, Rogério Tadeu de Oliveira; FRANÇA, Lisiane Anderson; GONZÁLEZ, Cindy Johanna Ibarra; JUNGLES, Antônio Edésio; ENSSLIN, Sandra Rolim. Avaliação de desempenho do processo de orçamento: estudo de caso em uma obra de construção civil. **Ambiente Construído**, [S.L.], v. 11, n. 1, p. 85-104, mar. 2011. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212011000100007>.

BALAKRISHNAN, Kogila. **Technology Offsets in International Defence Procurement**: economics, finance, business & industry, engineering & technology. London: Routledge, 2018. 194 p. Disponível em: <https://doi.org/10.4324/9781351258005>. Acesso em: 24 jul. 2024.

BANDOLA-GILL, Justyna. Statistical entrepreneurs: the political work of infrastructuring the sdg indicators. **Policy And Society**, [S.L.], v. 41, n. 4, p. 498-512, 22 mar. 2022. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/polsoc/puac013>.

BARKLEY, David L.; HENRY, Ark S.; NAIR, Santosh. Regional Innovation Systems: implications for nonmetropolitan areas and workers in the south. **Growth And Change**, [S.L.], v. 37, n. 2, p. 278-306, jun. 2006. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1468-2257.2006.00318.x>.

BARRICHELLO, Alcides; SANTOS, Emerson Gomes dos; MORANO, Rogerio Scabim. Determinant and priority factors of innovation for the development of nations. **Innovation & Management Review**, [S.L.], v. 17, n. 3, p. 307-320, 17 abr. 2020. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/inmr-04-2019-0040>

BELLO, Luiz Henrique Abreu dal; FIGUEIREDO, Paulo N.; ALMEIDA, Thainá Ballero dos Anjos de. Acumulação de capacidades tecnológicas inovadoras na indústria de defesa em economias emergentes: a experiência dos projetos remax e torc30 no exército brasileiro. **Cadernos Ebape.Br**, [S.L.], v. 18, n. 3, p. 431-458, 20 set. 2020. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1679-395177563>.

BENELI, Daniela Scarpa; CARVALHO, Sílvia Angélica Domingues de; FURTADO, André Tosi. Indicador composto estadual de inovação (ICEI): uma metodologia para avaliação de sistemas regionais de inovação. **Nova Economia**, [S.L.], v. 32, n. 2, p. 359-395, maio 2022. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0103-6351/6982>.

BENELI, Daniela Scarpa; CARVALHO, Silvia Angélica D.; FURTADO, André Tosi. UMA DISCUSSÃO SOBRE O PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DE INDICADORES COMPOSTOS DE INOVAÇÃO: o caso da união europeia. **Qualitas Revista Eletrônica**, [S.L.], v. 17, n. 2, p. 82, 12 out. 2016. Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). <http://dx.doi.org/10.18391/req.v17i2.3098>.

BERNARDO, Mirian Gonçalves; SILVA, Suelen Falcão da; HATTORI, Adrio Acacio; NOBRE, Andrielly Conceição; MAFRA, Rosana Zau; MEDEIROS, Rafael Lima. Roadmap tecnológico dos indicadores de inovação sustentável. **Brazilian Journal Of Development**, [S.L.], v. 8, n. 12, p. 77636-77657, 7 dez. 2022. South Florida Publishing LLC. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv8n12-059>.

BEZUIDENHOUT, Saija; BEAN, Wilna L. A case study on inter-organisational technology transfer in the defence industry. **Journal of Global Operations And Strategic Sourcing**, [S.L.], v. 15, n. 1, p. 48-78, 15 out. 2021. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/jgoss-10-2020-0058>.

BLIND, Knut. The impacts of innovations and standards on trade of measurement and testing products: empirical results of switzerland?s bilateral trade flows with germany, france and the uk. **Information Economics And Policy**, [S.L.], v. 13, n. 4, p. 439-460, dez. 2001. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0167-6245\(01\)00047-6](http://dx.doi.org/10.1016/s0167-6245(01)00047-6).

BLIND, Knut. Standardization and Standards as Science and Innovation Indicators. **Springer Handbook Of Science And Technology Indicators**, [S.L.], p. 1057-1068, 2019. Springer International Publishing. [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-02511-3\\_44](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-02511-3_44).

BORGES, Diogo Bezerra; HOFFMANN, Micheline Gaia. A SUBVENÇÃO ECONÔMICA COMO INSTRUMENTO DE FOMENTO À INOVAÇÃO: análise sob a perspectiva de empresas de TIC da grande Florianópolis. **Revista Brasileira de Gestão e Inovação**, [S.L.], v. 5, n. 1, p. 143-165, 1 maio 2017. Universidade Caixias do Sul. <http://dx.doi.org/10.18226/23190639.v5n1.03>.

BORTOLUZZI, Sandro César; ENSSLIN, Sandra Rolim; ENSSLIN, Leonardo; VALMORBIDA, Sandra Mara Iesbik. Avaliação de Desempenho em Redes de Pequenas e Médias Empresas: estado da arte para as delimitações postas pelo pesquisador. **Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios**, [S.L.], v. 4, n. 2, p. 202, 3 dez. 2011. Anima Educação. <http://dx.doi.org/10.19177/reen.v4e22011202-222>.

BRASIL. **Estratégia Nacional de Defesa**. 2020. Brasília, DF: Ministério da Defesa, Disponível em: [https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/copy\\_of\\_arquivos-pnd/estrategia-nacional-de-defesa-end](https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/copy_of_arquivos-pnd/estrategia-nacional-de-defesa-end). Acesso em: 15 jul. 2024.

BUCCI, Maria Paula Dallari. MÉTODO E APLICAÇÕES DA ABORDAGEM DIREITO E POLÍTICAS PÚBLICAS (DPP). **Rei - Revista Estudos Institucionais**, [S.L.], v. 5, n. 3, p. 791-832, 18 dez. 2019. Revista Estudos Institucionais. <http://dx.doi.org/10.21783/rei.v5i3.430>.

CARLOS, Alex Lôbo. **Os offsets e a sua contribuição para a inovação tecnológica: um estudo empírico na Base Industrial de Defesa brasileira**. 2013. 119 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Curso de Gestão, Escola de Economia e Gestão, Universidade do Minho, Braga, 2013.

CARREÑO-VARGAS, Melanie Daniela; MORALES-RINCÓN, Laura Sofía; YAQUENO, Tania Camila Maya; RINCÓN-VARGAS, Linda Cristiam. Los acuerdos offset en la cooperación Colombia-Brasil, 2014-2020. **Brújula Semilleros de Investigación**, [S.L.], v. 11, n. 22, p. 16-28, 1 dez. 2023. Escuela Militar de Cadetes Jose Maria Cordova. <http://dx.doi.org/10.21830/23460628.145>.

CARVALHO, Rogério Galvão de; LEAL, Cícero Pereira. A Importância Da Escolha De Indicadores Para Avaliação Eficiente De Políticas Públicas. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**: Ano 06, Ed. 04, Vol. 09, pp. 213-221., [s. l], v. 9, n. 4, p. 213-221, abr. 2021. ISSN: 2448-0959. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/administracao/indicadores-para-avaliacao>. Acesso em: 17 jul. 2024.

CASTRO, Claudio de Moura. **A prática da pesquisa**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1977.

CHAVES, Leonardo Corrêa; ENSSLIN, Leonardo; ENSSLIN, Sandra Rolim; VALMORBIDA, Sandra Mara Iesbik; ROSA, Fabrícia Silva da. Sistemas de apoio à decisão: mapeamento e análise de conteúdo. **Revista Eletrônica de Ciência Administrativa**, [S.L.], v. 12, n. 1, p. 6-22, 30 abr. 2013. IBEPES (Instituto Brasileiro de Estudos e Pesquisas Sociais). <http://dx.doi.org/10.5329/recadm.2013002>.

CORREA, Gilberto Mohr; URBINA, Ligia Maria Soto. Padrões de transferência de tecnologia em aquisições de defesa no Brasil. **Revista Brasileira de Estudos de Defesa**, [S.L.], v. 8, n. 1, p. 1-13, 24 dez. 2021. Associação Brasileira de Estudos de Defesa - ABED. <http://dx.doi.org/10.26792/rbed.v8n1.2021.75215>.

CORREA, Gilberto Mohr; URBINA, Ligia Maria Soto. Projetos de defesa e spin-offs no Brasil: uma análise dos efeitos do projeto f-x2. **Revista Brasileira de Estudos de Defesa**, [S.L.], v. 10, n. 2, p. 1-24, 6 mar. 2024. Associação Brasileira de Estudos de Defesa - ABED. <http://dx.doi.org/10.26792/rbed.v10i2.75377>.

CORREA, Gilberto Mohr. **Resultados da política de offset da aeronáutica: incremento nas capacidades tecnológicas das organizações do setor aeroespacial brasileiro**. 2017. 152 f. 2017. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado)-Curso de Ciências e Tecnologias Espaciais, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

DE MELLO LIMA, Alexander. **Avaliação da sustentação das Capacidades Tecnológicas transferidas por meio de Compensação Industrial e Tecnológica (Offset) no Comando da Aeronáutica**. 2022. Tese de Doutorado. UNIFA.

DEBACKERE, Koenraad; VERBEEK, Arnold; LUWEL, Marc; ZIMMERMANN, Edwin. Measuring progress and evolution in science and technology – II: the multiple uses of

technometric indicators. **International Journal Of Management Reviews**, [S.L.], v. 4, n. 3, p. 213-231, set. 2002. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/1468-2370.00085>.

DLAMINI, Qinisile Pearl; SITHOLE, Moses Mefika; CHIGWADA, Josiline. Mapping the research and development (R&D) landscape using a data series: a 20-year reflection on measuring r&d capacity in south africa. **Data In Brief**, [S.L.], v. 54, p. 110515, jun. 2024. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dib.2024.110515>.

DZIURSKI, Patryk. Measuring Innovation. **Critical Perspectives On Innovation Management**, [S.L.], p. 61-70, 4 nov. 2021. Routledge. <http://dx.doi.org/10.4324/9781003203841-5>.

ENSSLIN, Leonardo; ENSSLIN, Sandra Rolim; PACHECO, Giovanni Cardoso. Um estudo sobre segurança em estádios de futebol baseado na análise bibliométrica da literatura internacional. **Perspectivas em Ciência da Informação**, [S.L.], v. 17, n. 2, p. 71-91, jun. 2012. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-99362012000200006>.

ENSSLIN, Leonardo; GIFFHORN, Edilson; ENSSLIN, Sandra Rolim; PETRI, Sérgio Murilo; VIANNA, William Barbosa. Avaliação do desempenho de empresas terceirizadas com o uso da metodologia multicritério de apoio à decisão - construtivista. **Pesquisa Operacional**, [S.L.], v. 30, n. 1, p. 125-152, abr. 2010. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0101-74382010000100007>.

FARIA, Luiz Henrique Lima; LEAL, Érika de Andrade Silva; GUILHERMINO NETO, Guilherme; FAÉ, Bruno. Indicadores de performance para núcleos de inovação tecnológica: uma análise comparativa entre exigências de editais de fundações de amparo a pesquisa e recomendações a literatura científica. **Observatório de La Economía Latinoamericana**, [S.L.], v. 21, n. 6, p. 4838-4860, 27 jun. 2023. South Florida Publishing LLC. <http://dx.doi.org/10.55905/oelv21n6-089>.

FIGUEIREDO, Paulo. N. Estratégia nacional de inovação: uma breve contribuição para sua efetividade sob a perspectiva de acumulação de capacidade tecnológica. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 57, n. 5, p. e2022-0418, 2023. DOI: 10.1590/0034-761220220418. Disponível em: <https://periodicos.fgv.br/rap/article/view/90255>. Acesso em: 1 out. 2025.

FREEMAN, Christopher; SOETE, Luc. Developing science, technology and innovation indicators: what we can learn from the past. **Research Policy**, [S.L.], v. 38, n. 4, p. 583-589, maio 2009. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2009.01.018>.

GAO, Xia; GUO, Xiaochuan; SYLVAN, Katz J.; GUAN, Jiancheng. The Chinese innovation system during economic transition: a scale-independent view. **Journal Of Informetrics**, [S.L.], v. 4, n. 4, p. 618-628, out. 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.joi.2010.07.001>.

GANZER, Paula Patricia; BIEGELMEYER, Uiliam Hahn; CRACO, Tânia; CAMARGO, Maria Emilia; OLEA, Pelayo Munhoz; DORION, Eric Charles Henri. Modelo de Processo Tecnológico: uma descrição de evolução histórica de modelo

linear para modelo interativo. **XIII Mostra de Iniciação Científica, Pós-Graduação, Pesquisa e Extensão**, [S.L.], p. 1-13, 8 nov. 2013. Educus.  
<http://dx.doi.org/10.18226/610001/mostraxiii.2013.54>.

GERLICH, Michael; GALOYAN, Diana; LITVIN, Irina; SALIMOVA, Svetlana. The Effectiveness of Public Policy in the Field of Digitalization and Consumption: how does macroeconomics influence behavioral patterns in eastern europe?. **Journal Of The Knowledge Economy**, [S.L.], v. 1, n. 2, p. 241-376, 15 ago. 2024. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s13132-024-02260-w>.

GIESTEIRA, Luís Felipe; MATOS, Patrícia de Oliveira; FERREIRA, Thiago Borne. TD 2672 - A Defesa Nacional e os Programas Estratégicos de Defesa no PPA 2016 - 2019. **Texto Para Discussão**, [S.L.], p. 1-63, 30 ago. 2021. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA. <http://dx.doi.org/10.38116/td2672>.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas S/A, 2018.

GLÄNZEL, Wolfgang; MOED, Henk F.; SCHMOCH, Ulrich; THELWALL, Mike. Springer Handbook of Science and Technology Indicators. **Springer Handbooks**, [S.L.], v. 5, n. 1, p. 2-267, out. 2019. Springer International Publishing.  
<http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-02511-3>.

GODIN, Benoit. The New Economy: what the concept owes to the oecd. **Research Policy**, [S.L.], v. 33, n. 5, p. 679-690, jul. 2004. Elsevier BV.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2003.10.006>.

GODIN, Benoît. The obsession for competitiveness and its impact on statistics: the construction of high-technology indicators. **Research Policy**, [S.L.], v. 33, n. 8, p. 1217-1229, out. 2004. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2004.07.005>.

GRANDE, Renato. **Transferência de tecnologia por meio do offset na indústria aeroespacial brasileira**: avaliação dos fatores de sucesso. 2020. 102 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Profissional Interdisciplinar em Inovação Tecnológica, Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal de São Paulo, São José dos Campos, 2020. Disponível em: <https://hdl.handle.net/11600/64256>. Acesso em: 12 jul. 2024.

GRUPP, Hariolf; MOGEE, Mary Ellen. Indicators for national science and technology policy: how robust are composite indicators?. **Research Policy**, [S.L.], v. 33, n. 9, p. 1373-1384, nov. 2004. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2004.09.007>.

GRUPP, Hariolf; SCHUBERT, Torben. Review and new evidence on composite innovation indicators for evaluating national performance. **Research Policy**, [S.L.], v. 39, n. 1, p. 67-78, fev. 2010. Elsevier BV.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2009.10.002>.

HALL, Bronwyn; VAN REENEN, John. How effective are fiscal incentives for R&D? A review of the evidence. **Research Policy**, [S.L.], v. 29, n. 4-5, p. 449-469, abr. 2000. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/S0048-7333\(99\)00085-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0048-7333(99)00085-2).

HAMIDI, Shima; ZANDIATASHBAR, Ahoura; BONAKDAR, Ahmad. The relationship between regional compactness and regional innovation capacity (RIC): empirical evidence from a national study. **Technological Forecasting And Social Change**, [S.L.], v. 142, p. 394-402, maio 2019. Elsevier BV.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2018.07.026>.

HOCHLEITNER, Franciane Paz; ARBUSSÀ, Anna; COENDERS, Germà. Inbound open innovation in SMEs: indicators, non-financial outcomes and entry-timing. **Technology Analysis & Strategic Management**, [S.L.], v. 29, n. 2, p. 204-218, 26 jul. 2016. Informa UK Limited.

<http://dx.doi.org/10.1080/09537325.2016.1211264>.

HOLGERSSON, Thomas; KEKEZI, Orsa. Towards a multivariate innovation index. **Economics of Innovation And New Technology**, [S.L.], v. 27, n. 3, p. 254-272, 6 jun. 2017. Informa UK Limited.

<http://dx.doi.org/10.1080/10438599.2017.1331788>.

JANGER, Juergen; SCHUBERT, Torben; RAMMER, Christian. The EU 2020 Innovation Indicator: a step forward in measuring innovation outputs and outcomes? **Ssrn Electronic Journal**, [S.L.], v. 3, n. 1, p. 45-319, fev. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2869760>.

KASH, Don E.; RYCOFT, Robert W.. Patterns of innovating complex technologies: a framework for adaptive network strategies. **Research Policy**, [S.L.], v. 29, n. 7-8, p. 819-831, ago. 2000. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0048-7333\(00\)00107-4](http://dx.doi.org/10.1016/s0048-7333(00)00107-4).

KATZ, J. Sylvan. Indicators for complex innovation systems. **Research Policy**, [S.L.], v. 35, n. 7, p. 893-909, set. 2006. Elsevier BV.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2006.03.007>.

KELLY, Kevin; NAPPI, Vanessa. **Key performance indicators and dimensions for the innovation process**. 2018. 128 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mechanical and Manufacturing Engineering Department, Trinity College, Dublin, 2018.

LACERDA, Rogério Tadeu de Oliveira; ENSSLIN, Leonardo; ENSSLIN, Sandra Rolim. A performance measurement framework in portfolio management. **Management Decision**, [S.L.], v. 49, n. 4, p. 648-668, 3 maio 2011. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/00251741111126530>.

LACERDA, Rogério Tadeu de Oliveira; ENSSLIN, Leonardo; ENSSLIN, Sandra Rolim. Uma análise bibliométrica da literatura sobre estratégia e avaliação de desempenho. **Gestão & Produção**, [S.L.], v. 19, n. 1, p. 59-78, 2012. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0104-530x2012000100005>.

LEAL, Carlos Ivan Simonsen; FIGUEIREDO, Paulo N. Inovação tecnológica no Brasil: desafios e insumos para políticas públicas. **Revista de Administração Pública**, [S.L.], v. 55, n. 3, p. 512-537, maio 2021. FapUNIFESP (SciELO).

<http://dx.doi.org/10.1590/0034-761220200583>.

LEYDESDORFF, Loet; MEYER, Martin. Triple Helix indicators of knowledge-based innovation systems. **Research Policy**, [S.L.], v. 35, n. 10, p. 1441-1449, dez. 2006. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2006.09.016>.

LI, Yin; ARORA, Sanjay; YOUTIE, Jan; SHAPIRA, Philip. Using web mining to explore Triple Helix influences on growth in small and mid-size firms. **Technovation**, [S.L.], v. 76-77, p. 3-14, ago. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.technovation.2016.01.002>.

LITVINOVA, A.G. DEVELOPMENT OF INNOVATIVE ACTIVITY INDICATORS. **Вестник Алтайской Академии Экономики И Права**, [S.L.], v. 2, n. 112021, p. 244-250, 2021. Euroasian Scientific and Industrial Chamber, Ltd.. <http://dx.doi.org/10.17513/vaael.1942>.

LUNDVALL, Bengt-Åke; JOHNSON, Björn; ANDERSEN, Esben Sloth; DALUM, Bent. National systems of production, innovation and competence building. **Research Policy**, [S.L.], v. 31, n. 2, p. 213-231, fev. 2002. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0048-7333\(01\)00137-8](http://dx.doi.org/10.1016/s0048-7333(01)00137-8).

LUZZI JUNIOR, Mário Augusto de A. **Os acordos de compensação tecnológica, industrial e comercial como instrumentos de políticas públicas: o projeto "Gripen"**. São Paulo: Dialética, 2021. 176 p.

MANI, Sunil. Institutional support for investment in domestic technologies: an analysis of the role of government in india. **Technological Forecasting And Social Change**, [S.L.], v. 71, n. 8, p. 855-863, out. 2004. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2004.01.011>.

MCNEAL, Ramona S.; TOLBERT, Caroline J.; MOSSBERGER, Karen; DOTTERWEICH, Lisa J.. Innovating in Digital Government in the American States. **Social Science Quarterly**, [S.L.], v. 84, n. 1, p. 52-70, mar. 2003. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/1540-6237.00140>.

MARCHINI, Edson Lauro; PEREIRA, José Roberto Dias. Uma abordagem sobre os recursos e incentivos para inovação. **Research, Society and Development**, [S.L.], v. 11, n. 3, p. 1-18, 19 fev. 2022. Research, Society and Development. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i3.26399>.

MARKOVIĆ, Dušan; JANAČKOVIĆ, Goran; SIMEUNOVIĆ, Nenad; LALIĆ, Bojan. Identifying and ranking novel indicators of MSMEs innovation potential. **Technology Analysis & Strategic Management**, [S.L.], v. 32, n. 5, p. 529-541, 10 out. 2019. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/09537325.2019.1675871>.

MATTHEWS, Ron; ANSARI, Irfan. Economic Orthodoxy v Market Pragmatism: a case study of europe's :abandonment:: of defense offset. **Public Finance and Management**, [S.L.], v. 15, n. 4, p. 378-404, dez. 2015. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1177/152397211501500405>.

MEISSNER, Dirk; SOKOLOV, Alexander. Foresight and science, technology and innovation indicators. **Handbook Of Innovation Indicators And Measurement**,

[S.L.], v. 1, p. 1-24, 28 jun. 2013. Edward Elgar Publishing.  
<http://dx.doi.org/10.4337/9780857933652.00028>.

MENDONÇA, Valéria Melo; SANTOS, Mário Jorge Campos dos; SILVA-MANN, Renata; RIBEIRO, Marta Jeidjane Borges; SILVA, Patrícia Brandão Barbosa da. INDICADORES NACIONAIS E INTERNACIONAIS DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA & INOVAÇÃO. **Cadernos de Prospecção**, [S.L.], v. 11, n. 5, p. 1293, 10 dez. 2018. Universidade Federal da Bahia. <http://dx.doi.org/10.9771/cp.v12i5.27178>.

MOHNEN, Pierre. R&D, Innovation and Productivity. **The Palgrave Handbook Of Economic Performance Analysis**, [S.L.], p. 97-122, 2019. Springer International Publishing. [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-23727-1\\_4](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-23727-1_4).

OECD. Measuring Innovation. **A New Perspective**, [S.L.], v. 1, p. 1-128, 25 maio 2010. OECD. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264059474-en>.

OLIVEIRA, Fernando de; RODIL-MARZÁBAL, Óscar. Structural characteristics and organizational determinants as obstacles to innovation in small developing countries. **Technological Forecasting and Social Change**, [S.L.], v. 140, p. 306-314, mar. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2018.12.021>.

OZKAYA, Gokhan; TIMOR, Mehpare; ERDIN, Ceren. Science, Technology and Innovation Policy Indicators and Comparisons of Countries through a Hybrid Model of Data Mining and MCDM Methods. **Sustainability**, [S.L.], v. 13, n. 2, p. 694, 12 jan. 2021. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/su13020694>.

PADILLA-PÉREZ, Ramón; GAUDIN, Yannick. Science, technology and innovation policies in small and developing economies: the case of central america. **Research Policy**, [S.L.], v. 43, n. 4, p. 749-759, maio 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2013.10.011>.

PANISSON, César; WILLERDING, Inara Antunes Vieira; LAPOLLI, Édís Mafrá. POLÍTICAS PÚBLICAS QUE SUBSIDIAM A INOVAÇÃO NO BRASIL. **Revista Brasileira de Tecnologias Sociais**, [S.L.], v. 5, n. 2, p. 178-192, 26 nov. 2018. Editora UNIVALI. <http://dx.doi.org/10.14210/rbts.v5n2.p178-192>.

PEDRO, Samara de Carvalho; SOUZA, Fernanda Edileuza Riccomini de; GARZARO, Daniela Menezes; CIRANI, Claudia Brito da Silva; SOUZA, Maria Tereza Saraiva de. Innovation in public policies: a bibliometric study for new research. **International Journal Of Innovation**, [S.L.], v. 9, n. 3, p. 496-521, 17 dez. 2021. University Nove de Julho. <http://dx.doi.org/10.5585/iji.v9i3.19676>.

PIOVESANI, Viviane. PROPOSTA DE INDICADORES PARA A GESTÃO DE P&D EM PROJETOS DE PESQUISAS DE UNIVERSIDADES. **Produto & Produção**, [S.L.], v. 19, n. 1, p. 421-439, 27 mar. 2019. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. <http://dx.doi.org/10.22456/1983-8026.68660>.

RANGEL, Ronaldo Raemy; ROSINI, Alessandro Marco Rosini; ROBLE, Gilmará Lima de Elua; PALMISANO, Angelo. GESTÃO ESTRATÉGICA DA INOVAÇÃO: indicadores, métricas e avaliação de portfólio para maximização da

rentabilidade. **Repae - Revista de Ensino e Pesquisa em Administração e Engenharia**, [S.L.], v. 10, n. 2, p. 54-63, 31 ago. 2024. REPAE - Revista de Ensino e Pesquisa em Administração e Engenharia.  
<http://dx.doi.org/10.51923/repae.v10i2.380>.

RIBEIRO, Cássio Garcia; INÁCIO JÚNIOR, Edmundo. **Política de offset em compras governamentais: uma análise exploratória**: texto para discussão. Brasília: IPEA, 2019. p. 2473.

RICHARDSON, Roberto Jarry. **Pesquisa Social: Métodos e Técnicas**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1999. 168 p.

ROSA, Fabrícia Silva da; ENSSLIN, Sandra Rolim; ENSSLIN, Leonardo. Evidenciação ambiental: processo estruturado de revisão de literatura sobre avaliação de desempenho da evidenciação ambiental. **Sociedade, Contabilidade e Gestão**, [s. l.], v. 2, n. 4, p. 24-37, nov. 2009.

ROSSI, Juliano Scherner. **Gestão de risco jurídico: uma proposta para o design de acordos de compensação do Ministério da Defesa com objetivo de transmissão de know-how**. 2020. 238 f. Tese (Doutorado) - Curso de Direito, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/216248>. Acesso em: 18 set. 2024.

RYCROFT, Robert W. Time and technological innovation: implications for public policy. **Technology In Society**, [S.L.], v. 28, n. 3, p. 281-301, ago. 2006. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.techsoc.2006.06.001>.

SALOMÓN, Mónica; PINHEIRO, Letícia. Análise de Política Externa e Política Externa Brasileira: trajetória, desafios e possibilidades de um campo de estudos. **Revista Brasileira de Política Internacional**, [S.L.], v. 56, n. 1, p. 40-59, 2013. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0034-73292013000100003>.

SHIM, Hyensup; SHIN, Kiyoon. Empirical Analysis of Evidence-Based Policymaking in R&D Programmes. **Sustainability**, [S.L.], v. 14, n. 1, p. 311, 28 dez. 2021. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/su14010311>.

SILVA, Diego Rafael de Moraes; FURTADO, André Tosi. Modelos teóricos e interesses de mensuração no surgimento da pesquisa de inovação brasileira: PINTEC. **Revista Brasileira de Inovação**, Campinas, v. 1, n. 16, p. 97-128, 25 nov. 2017.

SABADIE, Jesús Alquézar; KWIATKOWSKI, Claire. The Community Innovation Survey and the innovation performance of enterprises funded by EU's Framework Programmes. **Fteval Journal For Research And Technology Policy Evaluation**, [S.L.], v. 44, p. 12-46, set. 2017. Austrian Platform for Research and Technology Policy Evaluation (FTEVAL). <http://dx.doi.org/10.22163/fteval.2017.272>.

TAQUES, Fernando Henrique; LÓPEZ, Manuel G; BASSO, Leonardo F; AREAL, Nelson. Indicators used to measure service innovation and manufacturing

innovation. **Journal Of Innovatiullon & Knowledge**, [S.L.], v. 6, n. 1, p. 11-26, jan. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jik.2019.12.001>.

TASCA, Jorge Eduardo; ENSSLIN, Leonardo; ENSSLIN, Sandra Rolim; ALVES, Maria Bernardete Martins. An approach for selecting a theoretical framework for the evaluation of training programs. **Journal Of European Industrial Training**, [S.L.], v. 34, n. 7, p. 631-655, 31 ago. 2010. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/03090591011070761>.

TEIXEIRA, Sérgio Torres; NETTO, Milton Pereira de França. "INOVAR É PRECISO!": a delimitação adequada do papel do estado no processo de inovação sob as perspectivas nacional e glo. **Revista de Direito, Inovação, Propriedade Intelectual e Concorrência**, [S.L.], v. 9, n. 2, p. 314-436, 15 fev. 2024. Conselho Nacional de Pesquisa e Pos-Graduacao em Direito - CONPEDI. <http://dx.doi.org/10.26668/indexlawjournals/2526-0014/2023.v9i2.10008>.

TERZIEV, Venelin; MADANSKI, Veselin; GEORGIEV, Marin. OFFSET IMPLEMENTATION IMPACT ON TECHNOLOGY TRANSFER IN BULGARIA. **Ijasos- International E-Journal Of Advances In Social Sciences**, [S.L.], p. 923-927, 25 dez. 2017. International Organization Center of Academic Research. <http://dx.doi.org/10.18769/ijasos.367301>.

TICHENOR, Marlee; MERRY, Sally e; GREK, Sotiria; BANDOLA-GILL, Justyna. Global public policy in a quantified world: sustainable development goals as epistemic infrastructures. **Policy And Society**, [S.L.], v. 41, n. 4, p. 431-444, 27 abr. 2022. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/polsoc/puac015>.

UNIÃO EUROPEIA. 2009. Altera as Directivas 2004/17/CE e 2004/18/CE. **Directiva 2009/81/Ce do Parlamento Europeu e do Conselho**: Constituição. n. 81.

UNITED STATES. Public 2022 BIS Final. **Bureau of Industry and Security**: 26th Annual Report on Defense Offsets. Washington, D.C.: Department of Commerce, 10 ago. 2022. Disponível em: <https://www.bis.doc.gov/index.php/documents/sies/3115-public-2022-bis-final-26th-annual-report-on-de>. Acesso em: 26 jul. 2024.

VASCONCELOS, Jandira; LIMA, Francisco Valdivino Rocha; SANTOS, João Antonio Belmino dos. INDICADORES PARA AVALIAÇÃO DA VISIBILIDADE DAS PATENTES EM UNIVERSIDADES FEDERAIS. **P2P e Inovação**, [S.L.], v. 10, n. 2, p. 6707-6708, 2 maio 2024. Contínua. Logeion Filosofia da Informação. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21728/p2p.2024v10n2e-6707>. Acesso em: 15 jul. 2024.

VASYLTSIV, Taras; IRTYSHCHEVA, Inna; LUPAK, Ruslan; POPADYNETS, Nazariy; SHYSHKOVA, Yulia; BOIKO, Yevheniia; ISHCHEENKO, Olena. Economy's innovative technological competitiveness: decomposition, methodic of analysis and priorities of public policy. **Management Science Letters**, [S.L.], p. 3173-3182, 2020. Growing Science. <http://dx.doi.org/10.5267/j.msl.2020.5.004>.

WALKER, Richard M.; BOYNE, George A. Public management reform and organizational performance: an empirical assessment of the u.k. labour government's public service improvement strategy. **Journal Of Policy Analysis And**

**Management**, [S.L.], v. 25, n. 2, p. 371-393, mar. 2006. Wiley.  
<http://dx.doi.org/10.1002/pam.20177>.

YIN, Robert Kuo Zuir. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015. 129 p.

ZHANG, Hao; WANG, Mingyue; CHENG, Zhixuan; WAN, Ling. Technology-sharing strategy and incentive mechanism for R&D teams of manufacturing enterprises. **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications**, [S.L.], v. 555, p. 124546, out. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.physa.2020.1>