

Classificação dos Instrumentos de Captação de Recursos para Apoio à Inovação do Governo Federal na Escala de Prontidão Tecnológica (TRL)

Classification of Innovation Support Instruments of the Federal Government in the Technological Readiness Level (TRL)

Adriana Regina Martin¹

Sônia Marise Salles Carvalho¹

Julieta Costa Cunha¹

Afonso Carvalho Costa Lopes¹

¹Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil

Resumo

A inovação é imprescindível para o desenvolvimento econômico e para o aumento da competitividade das nações. Inovar, porém, apresenta riscos. Como em diversos países que se destacam na inovação, o Brasil oferece benefícios variados para apoiar direta ou indiretamente as empresas, mas esses instrumentos atendem à demanda de todos os níveis de prontidão tecnológica? Dessa forma, o presente artigo tem como objetivo classificar os benefícios de apoio à inovação do governo federal na escala de prontidão tecnológica. Para isso, foram identificados os tipos e as categorias dos benefícios de apoio à inovação existentes e foi descrita a escala de prontidão tecnológica. Como resultado, observou-se que, entre as ferramentas de apoio à inovação escolhidas para a classificação, há apoio em todos os nove níveis da escala de prontidão tecnológica.

Palavras-chave: Financiamento à Inovação. Benefícios à Inovação. Nível de Prontidão Tecnológica. Inovação.

Abstract

Innovation is crucial for economic development and increasing the competitiveness of nations. Innovating, however, presents risks. As in several countries that excel in innovation, Brazil offers varied benefits to support companies directly or indirectly, but do these instruments meet the demand of all levels of technological readiness? Therefore, the objective of this article is to classify the innovation support benefits of the federal government in the technological readiness level (TRL). To this end, the types and categories of existing innovation support benefits have been identified, as described in the technological readiness level. As a result, it was observed that among the innovation support tools chosen for classification, there is support at all nine levels of the technology readiness level.

Keywords: Innovation Financing. Innovation Benefits. Technology Readiness Level. Innovation.

Área Tecnológica: Inovação Tecnológica. Sistema Nacional de Apoio à Inovação.



1 Introdução

A inovação é imprescindível para o desenvolvimento econômico e para o aumento da competitividade das nações. Inovar, porém, apresenta riscos. Como diversos países que se destacam na inovação, o Brasil, por meio de vários órgãos e entidades (ministérios, agências de fomento, atores paraestatais, universidades, representantes da sociedade), adota benefícios variados para apoiar direta ou indiretamente as empresas: incentivos fiscais, crédito, investimento direto, entre outros, alinhando suas políticas e a estrutura de fomento para a inovação ao que há de mais avançado no mundo (ARAÚJO, 2012). A última edição do MEI Tools (CNI, 2019) apresenta mais de 90 instrumentos de apoio à inovação vigentes em março de 2019. Porém, os benefícios investidos em inovação não se convertem em resultados de inovação no país. Araújo (2012), na análise da evolução das políticas de apoio à inovação no Brasil, afirma que, a respeito dos esforços governamentais, desde 2003 e do chamado “boom científico brasileiro”, os indicadores de inovação da década analisada não mudaram em relação à década anterior. Isso é corroborado pelo Índice Global de Inovação (IGI) (CORNELL UNIVERSITY; INSEAD; WIPO, 2018), relatório no qual o Brasil ocupa a 64ª posição no ranking global entre 126 países e 85º lugar no índice de eficiência da inovação (razão entre os pilares insumos e resultados de inovação). É importante ressaltar que, entre 2011 e 2018, o Brasil caiu da 47ª posição para a 64ª (CNI, 2018).

Segundo o *Manual de Oslo* (OECD; EUROSTAT, 2018), uma inovação é um produto ou processo novo ou melhorado, ou mesmo a combinação de ambos, que difere significativamente dos produtos ou processos anteriores da unidade, sendo esse produto novo ou melhorado disponibilizado a potenciais utilizadores, ou colocando o processo em uso. O desenvolvimento da inovação tem seu risco correlacionado ao estágio em que se encontra, sendo grande o risco de uma tecnologia, que se mostrava promissora em sua fase inicial, ter problemas tecnológicos e não chegar ao mercado (PROFNIT, 2019), não caracterizando, portanto, uma inovação. O risco é proporcional ao grau de maturidade da tecnologia, aumentando à medida que o projeto avança até à fase de comercialização. É utilizado, como metáfora, o conceito de “vale da morte” no ciclo de vida dos projetos de inovação, um momento crucial, representado pela lacuna entre a pesquisa científica e a comercialização do produto inovador (GULBRANDSEN, 2009).

Uma das formas de se identificar a maturidade de um projeto é por meio de escalas. A mensuração de níveis de maturidade é realizada por diversos instrumentos, a exemplo de prontidão de fabricação (MRL), preparação para integração (IRL), prontidão de projeto – *design* (DRL), prontidão de capacidade (CRL), prontidão de *software* (SRL), prontidão humana (HRL), prontidão de logística (LRL), prontidão operacional (ORL) e prontidão tecnológica (TRL), como apresentado na publicação *Prospecção Tecnológica* (PROFINIT, 2019).

A escala de prontidão tecnológica, mais conhecida por sua sigla em inglês TRL (*Technology Readiness Level*), desenvolvida pela National Aeronautics and Space Administration (NASA), tem como usabilidade ordenar novas tecnologias e possibilitar a comparação com outras e, assim, facilitar o entendimento sobre o estágio de desenvolvimento de um portfólio e, dessa forma, subsidiar decisões de fomento de recursos para a inovação (VELHO *et al.*, 2017). Inicialmente produzida para a área aeroespacial, foi utilizada posteriormente pelo governo dos Estados Unidos da América (EUA) no setor de defesa, para regular os gastos do Estado após anos de superação orçamentária e para aplicar testes do lado do contratado e do lado do comprador (HÉDER, 2017).

A União Europeia (UE) utiliza a TRL como base para sua política de inovação, *Europe 2020 Strategy* (EARTO, 2014), e essa é base para a classificação de tecnologias para além do setor aeroespacial e de defesa, sendo utilizada na classificação das tecnologias chamadas de KET (*Key Enabling Technologies*, Principais Tecnologias Habilitadoras, em português) pela política da UE de nanotecnologia, materiais avançados, biotecnologia, micro e nanoeletrônica (incluindo semicondutores) e fotônica. Como apontado por Héder (2017), um grupo de trabalho criado pela Comunidade Europeia para assegurar a implementação das KET identificou o “vale da morte” como um problema particularmente prejudicial à EU, pois, apesar de a União Europeia ter resultados amplos em áreas teóricas (baixos níveis de TRL), esses resultados não se traduzem em tecnologias de TRL9 a uma taxa adequada. Uma das vantagens apresentadas pela Comissão Europeia na utilização da TRL como ferramenta de política é a facilidade para identificação do portfólio de tecnologias já apoiadas, o “vale da morte” das tecnologias e onde a política de fomento deverá colocar o maior número de recurso.

Porém, muitos produtos da KET dependem da disponibilidade de uma tecnologia habilitadora (chave), possibilitando o desenvolvimento da tecnologia com sua própria evolução da ideia até a maturidade. Às vezes, esses produtos são chamados multi-KETs ou cross-KET, sendo necessária uma abordagem multitecnológica para atendimento a essa situação (EARTO, 2014).

O Programa de Trabalho 2018-2020 do *Horizon 2020* busca certificar-se de que a TRL seja usada onde faz sentido, reforçando a necessidade de que os projetos financiados devem normalmente cobrir uma série de pesquisas e atividades de inovação em todo o seu ciclo, incluindo projetos com maiores níveis na TRL, definindo que, em princípio, as subvenções não serão concedidas para atividades acima de TRL8 (EUROPEAN COMMISSION, 2019).

No Brasil, a Embrapii (2016) é pioneira em indicar, em seu manual de operações das unidades, quais são os níveis de maturidade apoiados (TRL3 a TRL6), o que demonstra clareza sobre a missão institucional. Cabe destacar também que o Ministério da Ciência Tecnologia, Inovações e Comunicações, na gestão do ministro astronauta Marcos Pontes, estruturou sua pasta de acordo com os níveis de maturidade tecnológica, ou seja, existem algumas secretarias que cuidam de pesquisa básica, pesquisa aplicada, até a finalização como produto testado e colocado no mercado, abrangendo todos os níveis da escala.

Tendo em vista as vantagens da utilização da TRL para gestão de políticas públicas na União Europeia e a própria visão do ministério de sua importância, propõe-se classificar os instrumentos de apoio à inovação do governo federal, na forma de captação de recursos reembolsáveis e não reembolsáveis, utilizando essa escala, com a finalidade de mapear quais oportunidades de apoio estão disponíveis para cada nível da escala e, assim, identificar o estado da arte dos instrumentos utilizados no Brasil organizados nessa escala. Para isso, serão apresentados os tipos e as categorias de instrumentos de apoio à inovação existentes, serão localizados os instrumentos do governo federal brasileiro nas categorias identificadas e será descrita a escala TRL adotada no Brasil.

No que concerne à metodologia, a pesquisa adotada é do tipo descritiva dedutiva, utilizando as estratégias de abordagem qualitativas, como pesquisa bibliográfica, que é uma modalidade de análise de documentos científicos (artigos científicos, periódicos, *papers*), normativos, editais, das instituições de fomento entre outros, valendo-se do método dedutivo, tendo em vista a intenção de se buscar o estado da arte do apoio à inovação no Brasil na esfera federal.

2 Instrumentos de Apoio à Inovação, aos Tipos e às Categorias Existentes

Apoiar inovação significa dar suporte a estratégias competitivas das empresas (PACHECO; ALMEIDA, 2013), pois elas são os principais impulsionadores de inovações, devido à sua necessidade de se desenvolver para se posicionar de forma melhor que seus concorrentes, aumentar seus lucros e negócios (OCDE, 2014). Contudo, os entes privados, de acordo com a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE, 2014), tendem a subinvestir em pesquisa e desenvolvimento (P&D), devido aos custos e à incerteza da P&D.

Cabe destacar duas razões econômicas para justificar o apoio governamental à inovação nas empresas. A primeira razão é que apoiar P&D é gerar conhecimento, ou seja, é algo que dificilmente será utilizado somente pela empresa que recebeu o recurso e fez as pesquisas, pois conhecimento é um item não rival e não concorrente. O segundo ponto é que os retornos dos investimentos das empresas com P&D geram à sociedade externalidades positivas, como empregos e utilização do conhecimento (ARAÚJO, 2012).

Araújo (2012) classifica que o apoio à inovação é feito, basicamente, de três formas: i) infraestrutura de ciência e tecnologia; ii) apoio direto, por meio de empréstimos em condições mais favoráveis ou mesmo subvenções; ou iii) apoio indireto, na forma de incentivos fiscais, sendo possível, ainda, combinações entre esses instrumentos. O investimento em P&D em empresas feito pelo governo é realizado por uma combinação de instrumentos diretos e indiretos. O financiamento direto é feito a partir de aquisições públicas, subvenções, subsídios, empréstimos ou financiamento de capital (OCDE, 2014). Pode-se ver a combinação de instrumentos disponíveis ao apoio à inovação no Quadro 1.

Quadro 1 – Principais instrumentos de política para o financiamento de PD&I das empresas e alguns exemplos de países

Instrumentos de financiamento		Principais características	Alguns exemplos de países	
Financiamento Público Direto	Subvenções, subsídios		Instrumentos de financiamento mais comuns. Usados como financiamento inicial para start-ups e PMEs inovadoras. Concedido numa base competitiva e, em alguns casos, baseado em co-financiamento privado. Nenhum reembolso é necessário normalmente. Instrumentos discricionários ao lado da oferta.	Subsídios ANR (Argentina), Programa Central de Inovação para PMEs (Alemanha), Fundo de P & D (Israel), Programa de Pesquisa em Inovação para Pequenas Empresas (SBIR) (EUA)
	Financiamento de dívida	Empréstimos de crédito	Empréstimos subsidiados pelo governo. Exigem tipos de caução ou garantia. Obrigação de pagamento como dívida. O investidor / credor não recebe uma participação acionária.	Novallia (Bélgica), High-Tech Gründerfonds (Alemanha), Pública Banco de investimento (França), Microfinanças Irlanda, Fundo empresarial esloveno, Banco britânico de negócios
		Subvenções / adiantamentos reembolsáveis	Reembolso exigido, parcial ou total, às vezes na forma de royalties. Pode ser concedido com base no co-financiamento privado.	Subsídios Reembolsáveis para Start-Ups (Nova Zelândia)
		Garantias de empréstimos e mecanismos de compartilhamento de riscos	Usados amplamente como ferramentas importantes para diminuir as restrições financeiras para as PME e <i>start-ups</i> . No caso de avaliação individual de empréstimos, podem sinalizar ex ante a credibilidade da empresa ao banco. Muitas vezes combinados com a prestação de serviços complementares (por exemplo, assistência, treinamento).	Programa de Financiamento para Pequenas Empresas (Canadá), Esquemas de garantia mútua (Confidi) (Itália), Programa de Empréstimo (EUA), Serviços de Empréstimos de P & I (Comissão Europeia)
	Financiamento de dívida / patrimônio	Dívida não bancária / financiamento de capital	Novos canais de financiamento. Plataformas de empréstimo inovadoras e dívida não bancária ou fundos de ações.	Parceria de Financiamento Empresarial (UK)
		Financiamento intermediário	Combinação de vários instrumentos de financiamento de diferentes graus de risco e retorno, que incorporam elementos de dívida e patrimônio em um único veículo de investimento. Usado na fase posterior do desenvolvimento das empresas. Mais adequado para PMEs com uma forte posição de caixa e um perfil de crescimento moderado.	Garantias para investimentos em mezanino (Áustria), Programa PROGRESS (República Checa), Industrifonden e Transformada de Fourier (Suécia), Pequena Empresa de investimentos em negócios (EUA)
	Financiamento capital próprio	Fundos de capital de risco e fundos de fundos	Fundos de investidores institucionais (bancos, fundos de pensão, etc.) para investimento em empresas nos estágios iniciais de expansão. Tende a aumentar investir no estágio de risco mais tarde. Referido como capital do paciente, devido ao longo período de tempo para sair (10-12 anos). O	Innpulsa (Colômbia), Seed Fund Vera (Finlândia), France Investment 2020, Fundo Yozma (Israel), O Scottish Co-Investment Fund (UK)
		Investidor-anjo	Fornece financiamento, experiência, mentoring e instalações de rede. Tende a investir na forma de grupos e redes. Financiamento em start-up e estágio	Fundo Seraphim (Reino Unido), Tech Coast Angels ANJOS comuns (EUA)
	Contratação pública de P, D & I		Cria demanda por tecnologias ou serviços que não existem ou a compra de serviços de P & D (aquisição pré-comercial de P & D). Fornece suporte financeiro em estágio inicial para pequenas empresas inovadoras de alto risco baseadas em tecnologia com promessa comercial.	Pesquisa de Inovação em Pequenas Empresas (SBIR) Programa (EUA) e tipo SBIR de programas (UK)
	Serviços de consultoria tecnológica, programas de extensão		Expande a difusão e adoção de tecnologia já existente, e contribui para aumentar a capacidade de absorção das empresas visadas (especialmente PME). Fornece informações, assistência técnica, consultoria e treinamento, etc. De particular importância em países de baixa renda.	Parcerias de Extensão de Fabricação (EUA)
Vouchers de Inovação		Pequenas linhas de crédito fornecidas às PMEs para a compra de serviços de provedores de conhecimento público, para introduzir inovações em suas operações comerciais.	Innovation vouchers (Áustria, Chile, China, Dinamarca, etc.)	
Financiamento público indireto	Incentivos fiscais	Incentivos fiscais sobre impostos corporativos	Usado na maioria dos países. Ampla gama de acordos fiscais nos impostos empresariais sobre o rendimento, incluindo incentivos fiscais em despesas de P & D e freqüentemente, incentivos fiscais sobre ganhos relacionados a PI. Indireta, não discriminatória	Créditos fiscais SR & ED (Canadá), Imposto de P & D Crédito (França), isenção na folha de pagamento imposto retido na fonte (Holanda), Caixa de patente (UK)
		Incentivos fiscais sobre renda pessoal imposto e outros impostos	Disponível em muitos países. Ampla gama de incentivos fiscais em P & D e investimentos e receitas empresariais que se aplicam ao pessoal imposto sobre o rendimento, imposto sobre o valor acrescentado ou outros impostos (consumo, terra, propriedade, etc.). Indireta, não discriminatória.	Redução do imposto sobre o salário pessoal para estrangeiros investigadores e pessoal-chave (Dinamarca), isenção de imposto sobre a riqueza para empresas anjos (França), Expansão do Negócio e esquemas de capital semente (Irlanda)

Fonte: OCDE (2014, tradução nossa)

Cabe destacar a importância do apoio direto à inovação pelo governo em atividades específicas de P&D, as quais trazem grande retorno social, mas expectativas de lucros reduzidos, como em inovações de impacto social e tecnologias de baixo carbono. Já os incentivos fiscais são um tipo de auxílio mais neutro, eles apoiam uma gama maior de empresas sem distinção, podendo ser diferentes, maiores ou menores, de acordo com o tamanho da empresa (OCDE, 2014). No Brasil, o principal incentivo fiscal existente é a Lei n. 11.196/2005, mais conhecida como Lei do Bem (CNI, 2018).

Periodicamente, a CNI disponibiliza a publicação *MEI Tools*: ferramentas para promover a inovação nas empresas, apresentando instrumentos de apoio à inovação vigentes. Essa é uma iniciativa da Mobilização Empresarial pela Inovação (MEI), que tem como objetivo a “[...] construção de um ecossistema de inovação mais eficiente e próspero no Brasil” (CNI, 2019, p. 11). A CNI (2019) relata que o sistema nacional de financiamento deve ser fortalecido para mitigar o efeito da crise econômica atual e o aumento da competitividade do Brasil.

A publicação classifica os instrumentos de forma a orientar os usuários dos instrumentos quanto à adequação de sua demanda. Os instrumentos são classificados em cinco tipos: i) captação de recursos; ii) incentivos fiscais; iii) apoio técnico, tecnológico e articulação institucional; iv) apoio à inserção global via inovação; e v) premiações. Na edição de março de 2019, a publicação apresenta mais de 90 instrumentos.

Para este trabalho, definiu-se como corte a análise dos instrumentos apresentados pela publicação *MEI Tools* que oferece recursos não reembolsáveis para empresas ou para a interação entre empresas e Institutos de Ciência e Tecnologia (ICTs) e os que oferecem recursos reembolsáveis, descritos no Quadro 2.

Quadro 2 – Instrumentos de apoio à inovação do governo federal – recursos não reembolsáveis e reembolsáveis

INSTRUMENTO	OBJETIVO	INSTRUMENTOS DE APOIO
Embrapii	Fomentar projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) na indústria brasileira.	Recursos não reembolsáveis no valor máximo de 1/3 do valor dos projetos das Unidades Embrapii. Interação entre Unidades Embrapii e polos Embrapii IF e empresas para realização de projetos de inovação das empresas.
Fomento a Projetos de Inovação (Embrapii e Sebrae)	Promover inovação e diferenciação dos pequenos negócios no mercado por meio do acesso das MPEs à infraestrutura e ao conhecimento científico e tecnológico dos principais centros de excelência do país.	Recursos não reembolsáveis.
Programa Nacional Conexão Startup Indústria (ABDI)	Promover a conexão entre startups e indústrias, com foco em ações de integração digital das etapas da cadeia de valor dos produtos industriais.	Edital de concurso: cadastro e seleção, match making, prova de conceito, rodadas de negócios, piloto, agendas de novas estratégias.
Programa Conexão Startup Brasil (ABDI/MCTIC)	Apoiar equipes empreendedoras e startups na oferta de soluções para demandas reais da indústria, em especial para projetos em fase de pesquisa aplicada ou desenvolvimento experimental.	Financiamento não reembolsável de: a) até R\$ 100.000,00 (cem mil reais) pelo programa, em bolsas do CNPq; b) até 25 startups de alto impacto investidas na pré-aceleração, podendo receber, no mínimo, R\$ 100.000,00 (cem mil reais) de entidades investidoras após o processo.
Sebraetec (Sebrae)	Viabilizar aos pequenos negócios o acesso a serviços tecnológicos e de inovação, visando à melhoria de seus processos, produtos e serviços, bem como a introdução de inovações nas empresas e mercados.	<ul style="list-style-type: none"> • Consultoria tecnológica com avaliação, diagnóstico e direcionamento de ações, em acordo com o cliente, para a melhor solução de tecnologia e inovação nas áreas de atuação do programa. • Serviços coletivos de orientação para melhoria de processo produtivo ou para tratamento de gargalos tecnológicos comuns. • Mais de 2.500 prestadores de serviços altamente qualificados para atender às necessidades identificadas e solicitadas pelo cliente.
BNDES Garagem (BNDES)	Conectar os agentes do ecossistema de inovação para auxiliar as startups.	Apoio não reembolsável.

INSTRUMENTO	OBJETIVO	INSTRUMENTOS DE APOIO
BNDES Inovação (BNDES)	Apoiar o aumento da competitividade por meio de investimentos em inovação compreendidos na estratégia de negócios da empresa.	Linha de financiamento reembolsável.
MPME Inovadora (BNDES)	Aumentar a competitividade das micros, pequenas e médias empresas (MPMEs).	Programa de financiamento reembolsável.
Financiamento Reembolsável (Finep)	Apoiar planos de investimentos estratégicos em inovação das empresas brasileiras.	Financiamento reembolsável direto com taxa de juros equalizada e prazos compatíveis com o esforço de inovação da empresa.
Finep Conecta	Promover maior interação entre ICTs e empresas no desenvolvimento de tecnologias.	Financiamento reembolsável em condições de apoio favorecidas.
THAI (BNDES)	Programa BNDES de Títulos Híbridos de Apoio à Inovação.	Programa de financiamento reembolsável.
INOVACRED (Finep)	Oferecer financiamento às empresas para o desenvolvimento ou aprimoramento de novos produtos, processos e serviços, para inovação em marketing ou inovação organizacional.	Financiamento reembolsável, operado de forma descentralizada, pela Finep, por meio de agentes regionais credenciados, que incluem bancos de desenvolvimento, agências estaduais de fomento e bancos comerciais com carteira de desenvolvimento.
Programa Finep de Apoio à Aquisição Inovadora em Empresas de Telecomunicações	Apoiar a aquisição inovadora em empresas de telecomunicações e auxiliar a retomada do crescimento do setor no período 2017-2020.	Financiamento reembolsável em condições de apoio favorecidas.

Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo

3 A Escala de Prontidão Tecnológica

Para Héder (2017), o objetivo inicial da utilização da TRL é oportunizar projetos de impulso tecnológico, possibilitando o desenvolvimento de tecnologias sem a clara necessidade dessa tecnologia em um programa. Considerando que o custo de desenvolvimento de uma tecnologia cresce exponencialmente em direção aos níveis mais altos de TRL, a escala foi originalmente planejada como uma ferramenta dentro da organização para comunicação e minimização de riscos de transferências internas de tecnologia; análogo à prontidão de voo, a TRL pode ajudar na decisão de continuidade ou não de um projeto de inovação.

No Brasil, foi adotada a ABNT NBR ISO 16290: 2015 para a definição dos níveis de maturidade tecnológica. Assim como a escala da Nasa dispõe de critérios para avaliação de sistemas espaciais e operações, mas há a possibilidade de uso das definições em domínios mais abrangentes. A escala é apresentada no Quadro 3.

Quadro 3 – Resumo da TRL: marcos e resultados alcançados

NÍVEL DE MATURIDADE DA TECNOLOGIA	MARCO ALCANÇADO PELO ELEMENTO	TRABALHO REALIZADO (DOCUMENTADO)
TRL 1: Princípios de base observados e relatados	Aplicações potenciais são identificadas após observações de base, mas o conceito do elemento ainda não está formulado.	Expressão dos princípios de base previstos para uso. Identificação de potenciais aplicações.
TRL 2: Conceito e/ou aplicação da tecnologia formulados	Formulação de potenciais aplicações e conceito preliminar do elemento. Nenhuma prova de conceito ainda.	Formulação de aplicações em potencial. Projeto conceitual preliminar do elemento, fornecendo entendimento de como os princípios básicos podem ser usados.
TRL 3: Prova de conceito analítica e experimental da função crítica e/ou da característica	O conceito do elemento é elaborado e o desempenho esperado é demonstrado por meio de modelos analíticos suportados por dados experimentais/características.	Requisitos de desempenho preliminares (podem objetivar diversas missões), incluindo definição de requisitos de desempenho funcionais. Projeto conceitual do elemento. Entrada de dados experimentais, definição e resultados de experimentos laboratoriais. Modelos analíticos do elemento para a prova de conceito.
TRL 4: Verificação funcional em ambiente laboratorial do componente e/ou maquete	O desempenho funcional do elemento é demonstrado por ensaios com maquete em ambiente laboratorial.	Requisitos de desempenho preliminares (podem objetivar várias missões) com definição de requisitos de desempenho funcionais. Projeto conceitual do elemento. Plano de ensaios de desempenho funcional. Definição da maquete para verificação de desempenho funcional. Relatórios de ensaios com a maquete.
TRL 5: Verificação em ambiente relevante da função crítica do componente e/ou maquete	As funções críticas do elemento são identificadas e o ambiente relevante associado é definido. Maquetes, não necessariamente em escala real, são construídas para verificar o desempenho por meio de ensaios em ambiente relevante, sujeitos a efeitos de escala.	Definição preliminar dos requisitos de desempenho e do ambiente relevante. Identificação e análise das funções críticas do elemento. Projeto preliminar do elemento, sustentado por modelos apropriados para a verificação das funções críticas. Plano de ensaios das funções críticas. Análise de efeitos de escala. Definição da maquete para a verificação da função crítica. Relatórios de ensaios com a maquete.

NÍVEL DE MATURIDADE DA TECNOLOGIA	MARCO ALCANÇADO PELO ELEMENTO	TRABALHO REALIZADO (DOCUMENTADO)
TRL 6: Modelo demonstrando as funções críticas do elemento em um ambiente relevante	As funções críticas do elemento são verificadas e o desempenho é demonstrado em ambiente relevante com modelos representativos em formato, configuração e função.	Definição de requisitos de desempenho e do ambiente relevante. Identificação e análise das funções críticas do elemento. Projeto do elemento, sustentado por modelos apropriados para a verificação das funções críticas. Plano de ensaios da função crítica. Definição do modelo para as verificações das funções críticas. Relatórios dos ensaios com o modelo.
TRL 7: Modelo demonstrando o desempenho do elemento para o ambiente operacional	O desempenho é demonstrado para o ambiente operacional no solo ou, se necessário, no espaço. Um modelo representativo, refletindo totalmente todos os aspectos do projeto do modelo de voo, é construído e ensaiado com margens de segurança adequadas para demonstrar o desempenho em ambiente operacional.	Definição de requisitos de desempenho, incluindo definição do ambiente operacional. Definição e realização do modelo. Plano de ensaios do modelo. Resultados de ensaios com o modelo.
TRL 8: Sistema real completo e aceito para voo ("qualificado para voo")	O modelo de voo é qualificado e integrado ao sistema final pronto para voo.	Modelo de voo é construído e integrado no sistema final. Aceitação para voo do sistema final.
TRL 9: Sistema real "demonstrado em voo" por meio de operações em missão bem-sucedida	A tecnologia está madura. O elemento está em serviço com sucesso, para a missão designada, no ambiente operacional real.	Comissionamento em fase inicial de operação. Relatório de operação em órbita.

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (2015)

Uma das formas de identificar a TRL é por meio de calculadoras, como as disponibilizadas na internet pelo Departamento de Defesa dos EUA (DOD); porém, é importante reforçar que uma única calculadora TRL não atende a todas as peculiaridades das áreas tecnológicas, sendo necessárias diversas calculadoras TRL específicas (PROFNIT, 2019).

Héder (2017) argumenta que nunca foi estabelecido se a escala original de TRL específica para tecnologia espacial e de armamentos pode ser usada de forma proveitosa em todas as áreas de inovação. O autor aponta que muitos aspectos da escala da TRL foram perdidos, esquecidos ou abstraídos na transposição para a União Europeia, enquanto novos significados e associações foram formados. Na ausência de guias específicas da disciplina, as TRLs podem se tornar uma fonte de confusão e de abuso nos esforços para obter financiamento da UE.

Uma escala TRL com uma abordagem integrativa, combinando diferentes tecnologias e abordando questões organizacionais e de mercado, incorporando manufacturabilidade e aspectos não tecnológicos em uma adaptação multitecnológica foi proposta pela EARTO, para alinhamento às várias maneiras pelas quais os governos podem apoiar as atividades de PD&I (EARTO, 2014).

Outras deficiências apontadas no uso de TRL estão na não apresentação das dificuldades que a tecnologia terá para avançar rumo à maturidade, uma vez que é estática e mostrar o status da tecnologia em determinado momento. Ainda, como a escala de TRL é autodeclarada e as definições dos vários estágios são bastante gerais, as transições entre eles podem ser um pouco ilusórias e tênues.

Para Araújo (2012), a avaliação das políticas de inovação no Brasil é praticamente inexistente, não havendo um acompanhamento sistemático dos projetos de inovação e dos seus resultados previstos depois de aprovados; o foco de controle, quando há, é na aplicação dos recursos. Assim, outra possibilidade de uso da TRL é a análise do nível de maturidade de projetos de inovação, comparando o ponto de entrada, em que houve a aplicação de recursos, e a TRL após o projeto, demonstrando o avanço (ou não) tecnológico.

4 Localização das Categorias dos Instrumentos de Apoio à Inovação na Escala de Prontidão Tecnológica

Outro aspecto para o qual a determinação da TRL de uma tecnologia contribui na tomada de decisão está relacionado à fonte de financiamento mais adequada para custear o próximo nível de maturidade. Cada fonte arca com um tipo de risco que está incorporado ao plano de negócio da organização.

O nível de maturidade tecnológica é uma ferramenta consolidada por vários órgãos e instituições para classificar o estágio de maturação da evolução da tecnologia no país, comparando tecnologias de determinada aplicação, ou no apoio a projetos inovadores já em sua fase pré-competitiva, por órgãos de fomento, diminuindo os riscos de os projetos não chegarem à maturidade de aplicação (nível de maturidade 8 da TRL). Para uma tecnologia com maturidade entre TRL4 e TRL7, de alto risco, é crucial a obtenção de financiamento para prosseguir o seu desenvolvimento, o já citado “vale da morte”, pela inexistência de financiamento ou mesmo pelo não avanço das tecnologias, por motivos técnicos, em níveis de TRL (PROFNIT, 2019).

Ferrari (*apud* PROFNIT, 2019) propõe um esquema genérico de fontes de recursos de acordo com o aumento da TRL. Para baixas TRLs, usualmente atividades de pesquisa de cunho predominantemente acadêmico, o financiamento geralmente é feito por agências governamentais e até de familiares. Em uma TRL um pouco mais avançada, há o apoio de empresas incubadas ou pré-incubadas. Na sequência, uma TRL ainda mais avançada pode conseguir capital-anjo para seu desenvolvimento. Nas TRLs mais maduras, geralmente há aplicação de *venture capital*, depois os *private equities* (partilha acionária da empresa com os agentes financiadores) e, finalmente, quando a tecnologia já está disponível no mercado, surgem os negócios na bolsa de valores.

Analisando os instrumentos de captação de recursos reembolsáveis e não reembolsáveis, apresentados no Quadro 2, e os marcos da TRL, indicados no Quadro 3, elaborou-se a Figura 1, localizando os instrumentos selecionados nos níveis de TRL.

Figura 1 – Análise de instrumentos de apoio à inovação do governo federal na escala de prontidão tecnológica

TRL1	TRL2	TRL3	TRL4	TRL5	TRL6	TRL7	TRL8	TRL9
		EMBRAPII/EMBRAPII SEBRAE						
		EMBRAPII-SEBRAE / FOM. PROJ. INOV.						
		ABDI / PROG. NACIONAL CONEXÃO STARTUP IND.						
		SEBRAE / SEBRAETEC						
		BNDES / BNDES GARAGEM CRIAÇÃO						
		BNDES / BNDES GARAGEM ACELERAÇÃO						
		BNDES / BNDES INOVAÇÃO						
		BNDES / MPME INOVADORA						
		FINEP / FINANCIAMENTO REEMBOLSÁVEL						
		FINEP / FINEP CONECTA						
		BNDES / THAI						
		FINEP / INOVACRED						
						FINEP / AP. AQ. INOV. TELEC.		

Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo

5 Resultados e Discussão

Para alcançar os objetivos do presente artigo, foram apresentados os tipos e as categorias de instrumentos de apoio à inovação existentes, além dos instrumentos para captação de recursos reembolsáveis e não reembolsáveis citados no MEI *Tools* (CNI, 2019), descreveu-se a escala de prontidão tecnológica TRL adotada no Brasil para, então, localizar os instrumentos selecionados nos níveis de maturidade.

A análise da Figura 1 mostra que a participação do governo no financiamento de projetos teoricamente abrange todos os níveis de maturidade tecnológica. O “vale da morte” é coberto por todos os instrumentos, à exceção do Programa Finep de Apoio à Aquisição Inovadora em Empresas de Telecomunicações. Instrumentos com financiamento da Embrapii e ABDI focam exclusivamente o “vale da morte”. Isso demonstra a importância desses apoios para que as tecnologias tenham a possibilidade de avanço e se convertam em inovação.

Também é possível notar que a maioria dos instrumentos de financiamento público selecionados é diluída quanto ao nível de maturidade tecnológica, e que não há foco estratégico nacional nesse tipo de investimento. Há atendimento de diversos níveis de prontidão tecnológica pelos mesmos instrumentos, considerando sua descrição, mas que, em teoria, não são adequados. Há exemplos de possibilidade de captação de recursos para TRLs baixas, de 1 a 3, como nos casos da maioria dos instrumentos do BNDES e um da Finep, o que não é o comum, na análise de Ferrari (*apud* PROFNIT, 2019).

Dessa forma, identificou-se que, mesmo com impactos positivos sobre o esforço de inovação observados na literatura, a escala dos instrumentos de apoio à inovação no Brasil é muito reduzida em comparação ao público potencial, assim como não há direcionamento dos instrumentos às empresas com potencial inovador.

Sabendo que a maioria dos financiamentos não estão atrelados a indicadores de desempenho e impacto do projeto inovador, vislumbra-se, ainda, a possibilidade de uso da TRL para a avaliação dos projetos, desde a solicitação do financiamento até a finalização da aplicação dos recursos no projeto, a fim de se confirmar o aumento no nível de maturidade tecnológica e, por consequência, a efetividade dos investimentos. Isso se faz necessário, em especial, devido aos projetos de inovação que estão no chamado “vale da morte”.

6 Considerações Finais

O presente trabalho se propôs a classificar os instrumentos de apoio à inovação do governo federal utilizando a escala de prontidão tecnológica, tendo em vista as vantagens de utilização desta para a gestão de políticas públicas de incentivo à inovação tecnológica. Dessa forma, com o intuito de chegar a esse resultado, foram também apresentados os tipos de apoio feitos indireta e diretamente no mundo e o estado da arte dos instrumentos de apoio à inovação no Brasil. Como resultado, foi apresentado um esquema que dá o panorama de incentivos federais de captação de recursos reembolsáveis e não reembolsáveis à inovação traduzidos na escala de prontidão tecnológica.

Ademais, desse resultado, pode-se notar que o financiamento é diluído, sem foco estratégico nacional, e que a utilização da escala de prontidão tecnológica (TRL) pode ser útil para definição dos focos de financiamento público e análise dos projetos quando de sua submissão e finalização.

A utilização da TRL em projetos de inovação tem crescido no mundo e deve ganhar espaço junto às agências brasileiras de fomento à inovação nos próximos anos. Como proposição, sugere-se que a publicação *MEI Tools* classifique os instrumentos apresentados utilizando a escala TRL, facilitando a visualização da alocação de recursos para inovação.

Referências

ARAÚJO, B. **Políticas de apoio à inovação no Brasil**: uma análise de sua evolução recente. Brasília: Ipea, 2012.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 16290 Sistemas espaciais**: definição dos níveis de maturidade da tecnologia (TRL) e de seus critérios de avaliação. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

CNI – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Desempenho do Brasil no Índice Global de Inovação 2011-2018**. Brasília: CNI, 2018.

CNI – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **MEI Tools**: Ferramentas para Promover a Inovação nas Empresas. Brasília: CNI, 2019.

CORNELL UNIVERSITY; INSEAD; WIPO. **The Global Innovation Index 2018**: Energizing the World with Innovation. Genebra: [s.n.], 2018.

EARTO. **EARTO Recommendations**: the TRL Scale as a Research & Innovation Policy Tool. Bruxelas: EARTO, 2014.

EMBRAPPII. **Manual de operação das unidades Embrapii**. Brasília: Embrapii, 2016. Disponível em: https://embrapii.org.br/wp-content/images/2019/02/Manual_EMBRAPPII_UE_Versao_5.0.pdf. Acesso em: 25 maio 2019.

EUROPEAN COMMISSION. **Horizon 2020**: Work Programme 2018-2020. Bruxelas: European Commission, 2019. Disponível em: https://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/wp/2018-2020/main/h2020-wp1820-intro_en.pdf. Acesso em: 29 ago. 2019.

GULBRANDSEN, K. E. **Bridging the valley of death**: the rhetoric of technology transfer. Iowa: Iowa State University, 2009.

HÉDER, M. From NASA to EU: the evolution of the TRL scale in Public Sector Innovation. In: HUNGRIA – HUNGARIAN ACADEMY OF SCIENCES INSTITUTE FOR COMPUTER SCIENCE AND CONTROL. **The Innovation Journal**: the Public Sector Innovation Journal, Volume 22. Budapeste: Hungarian Academy of Sciences Institute for Computer Science and Control, 2017.

OECD. **Science Technology and Industry Outlook**. Paris: OCDE, 2014.

OECD; EUROSTAT. **Oslo Manual**: Guidelines for collecting, Reporting and Using Data on Innovation. 4. ed. Paris: OECD, 2018.

PACHECO, C. A.; ALMEIDA, J. G. **A Política de Inovação**. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2013.

PROFNIT. **Prospecção tecnológica**. Organizadora Núbia Moura Ribeiro. Salvador: IFBA, 2019.

VELHO, S. R. K. *et al.* Nível de Maturidade Tecnológica: uma sistemática para ordenar tecnologias. **Parc. Estrat.**, Brasília, CGEE, v. 22, n. 45, p. 119-140, 2017.

Sobre os Autores

Adriana Regina Martin

E-mail: drimartin88@gmail.com

Pós-Doutora em Inovação Tecnológica pela UFSCar. Mestre e Doutora em Ciência e Engenharia de Materiais pela UFSCar. Pós-Graduada em Política e Estratégia pela ADESG. Doutorado Sandwich na Universidade de Wisconsin – Madison/USA com Bolsa Fulbright e Bacharel e Licenciada em Química pela UFSCar.

Endereço profissional: Universidade de Brasília, Campus Universitário Darcy Ribeiro, Edifício CDT, Brasília, DF. CEP: 70904-970.

Sônia Marise Salles Carvalho

E-mail: smarises1960@gmail.com

Doutora em Sociologia pela Universidade de Brasília (2008). Mestre em Sociologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (1991). É Professora Associada da Universidade Federal do Amazonas e atualmente em exercício provisório na Universidade de Brasília com atuação no Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico – CDT/UnB.

Endereço profissional: Universidade de Brasília, Campus Universitário Darcy Ribeiro, Edifício CDT, Brasília, DF. CEP: 70904-970.

Julieta Costa Cunha

E-mail: julietacostacunha@gmail.com

Mestre em Administração pela UnB, com MBA em Gestão de Negócios pelo Ibmec. MBA em Administração de Recursos Humanos pela FGV, especialização em Educação a Distância pelo SENAC e graduação em Psicologia pelo UniCEUB.

Endereço profissional: SBN Quadra 01, Bloco C, 5º andar, Edifício Roberto Simonsen, Brasília, DF. CEP: 70040-903.

Afonso Carvalho Costa Lopes

E-mail: afonso.lopes89@hotmail.com

Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência Tecnológica no ponto focal UnB. Especialista em Relações Internacionais pela UnB. Bacharel em Relações Internacionais pelo Centro Universitário Instituto de Ensino Superior de Brasília (IESB) e Bacharel em Ciência Política pela UnB.

Endereço profissional: SBN Quadra 01, Bloco C, 5º andar, Edifício Roberto Simonsen, Brasília, DF. CEP: 70040-903.