



ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 3/2022

GABRIELA ALENCAR PLEFFKEN, Cap Int

**Padronização de metodologia de maturidade tecnológica em projetos
aeroespaciais no COMAER**

Rio de Janeiro

2022

ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 3/2022

GABRIELA ALENCAR PLEFFKEN, Cap Int

**Padronização de metodologia de maturidade tecnológica em projetos
aeroespaciais no COMAER**

Trabalho de conclusão de curso apresentado no Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica como requisito parcial para aprovação no Curso de Pós-graduação *Lato Sensu* em Liderança com Ênfase em Gestão no COMAER.

Linha de Pesquisa: Gestão Institucional

Orientador: Eduardo Mendes Marcondes,
Maj Av

Rio de Janeiro

2022

GABRIELA ALENCAR PLEFFKEN, Cap Int

**Padronização de metodologia de maturidade tecnológica em projetos
aeroespaciais no COMAER**

Trabalho de conclusão de curso apresentado
no Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais da
Aeronáutica.

Aprovado por:

Eduardo Mendes **Marcondes**, Maj Av
EAOAR

Wellington Azevedo dos Santos, Maj Inf
EAOAR

Rio de Janeiro

2022

RESUMO

O COMAER investe no desenvolvimento de projetos aeroespaciais para cumprimento do objetivo de “fortalecer o controle e a defesa do espaço aéreo e a integração do território nacional”. Dentre as atividades de planejamento envolvidas no gerenciamento de projetos, a utilização dos modelos de maturidade auxilia no entendimento do *status* da tecnologia para apoiar a gestão de riscos e suportar as decisões de financiamento. Entretanto, existem inúmeros modelos de maturidade utilizados no mundo e, apesar de haver iniciativa de utilização da metodologia TRL nas Contratações por Encomenda Tecnológica, não há deliberação para padronização nos projetos aeroespaciais da FAB, impedindo que os tomadores de decisão tenham o mesmo entendimento quanto às tecnologias. Diante disto, este ensaio defende a padronização da utilização da TRL nos projetos aeroespaciais no COMAER visto que trará maior uniformidade sobre o *status* das tecnologias. A tese fundamenta-se no argumento de que a utilização da TRL propicia a redução dos riscos no orçamento e planejamento visto que esclarece os riscos específicos a serem enfrentados a cada nível. Ademais, se argumenta que a metodologia auxilia na captação de recursos financeiros junto às agências de fomento por haver uma tendência de utilização da metodologia para avaliar a relevância dos projetos. Portanto, a padronização de metodologia clarificará os tomadores de decisão quanto aos desafios tecnológicos envolvidos nos projetos. Ainda, a aplicação da tese defendida neste ensaio tornaria a FAB precursora no contexto do Ministério da Defesa na utilização de uma mesma métrica para mensuração de maturidade tecnológica conforme utilizada em ministérios correlatos.

Palavras-chave: *Technology Readiness Levels* (TRL). Agências de Fomento. Projetos Aeroespaciais. Riscos.

1 INTRODUÇÃO

A contribuição da Força Aérea para a nação brasileira, segundo o Planejamento Estratégico do Comando da Aeronáutica (COMAER), é traduzida pelo resultado de “fortalecer o controle e a defesa do espaço aéreo e a integração do território nacional” (BRASIL, 2018, p. 20).

Para atender este objetivo, o COMAER investe no desenvolvimento de projetos aeroespaciais que incluem a utilização de sistemas altamente integrados e tecnologias sofisticadas em diversos níveis de maturidade tecnológica.

Estes projetos, de elevada complexidade e vigência extensa, comumente sofrem pela mudança das circunstâncias em que foram originalmente concebidos, seja pela alteração do cenário orçamentário nacional, seja pela alteração das prioridades dentro do planejamento da FAB.

O simples fato de utilizar uma nova tecnologia no desenvolvimento de um projeto aeroespacial, naturalmente, já apresenta três grandes desafios: desempenho, cronograma e orçamento (MANKINS, 2009). Dessa forma, qualquer mudança no cenário em que o projeto está inserido impacta diretamente na gerência e na execução destes projetos, pois intensificam as dificuldades já enfrentadas.

Assim sendo, conseguir avaliar o status da tecnologia utilizada é essencial para garantir o sucesso do projeto e, para auxiliar nessa questão de gerenciamento, os modelos de maturidade foram desenvolvidos.

Atualmente, existem inúmeros modelos propostos e utilizados no mundo, entretanto, este estudo estará baseado no modelo de maturidade criado pela NASA, a *Technology Readiness Levels* (TRL), uma vez que “está focado no segmento aeroespacial” (PATERNOSTRO; QUINTELLA; LEITE, 2020, p. 1090).

É importante ressaltar que, apesar de ter havido a iniciativa no sentido de abordar a importância da adoção da metodologia TRL com a aprovação do Manual de Contratações por Encomenda Tecnológica (ETEC) no âmbito do Comando da Aeronáutica, não existe uma deliberação quanto a padronização da metodologia nos projetos aeroespaciais da FAB.

Esta falta de padronização impede que os tomadores de decisão, seja no âmbito do Estado-Maior, ao direcionarem os créditos disponíveis, seja no âmbito dos

demais financiadores, ao avaliarem os projetos, tenham o mesmo entendimento quanto à condição das tecnologias críticas aplicadas e os riscos inerentes a elas, dificultando a correta priorização dos esforços para cumprir seus objetivos.

Com isso, este ensaio defende a tese de que se deve padronizar a utilização da metodologia TRL nos projetos aeroespaciais no COMAER visto que trará maior uniformidade sobre o status das tecnologias aos tomadores de decisão.

A tese se fundamenta no argumento de que utilizar a metodologia TRL propicia a redução dos riscos no orçamento e planejamento uma vez que esclarece quais são os riscos específicos a serem enfrentados a cada nível, permitindo uma análise mais realista do projeto. Isto é, a TRL gera informações seguras sobre os riscos envolvidos de forma clara e homogênea para todos os níveis envolvidos.

Além disso, a tese também se ampara na argumentação de que a metodologia auxilia na captação de recursos financeiros junto às agências de fomento à inovação por haver uma crescente tendência de utilização da metodologia para avaliar a relevância e o potencial dos projetos. Ou seja, a FAB passará a classificar seus projetos utilizando a mesma métrica que as agências de fomento para sustentar suas decisões de aplicação de recursos.

2 DESENVOLVIMENTO

Criada por Stan Sadin, pesquisador da NASA, em 1974, para “prover uma medida relativa ao estado de uma nova tecnologia em relação ao seu uso para futuros sistemas espaciais” (MORESI; BARBOSA; BRAGA FILHO, 2017, p. 78), a metodologia TRL mensura a maturidade da tecnologia pela demonstração da capacidade tecnológica (ALMEIDA, 2008). Sendo assim, é de pronta aplicação para o contexto de projetos aeroespaciais em desenvolvimento no COMAER.

Inicialmente concebida com 7 níveis de prontidão escaláveis, foi aprimorada, em 1995, para 9 níveis, de “TRL 1 (princípios básicos observados e relatados) até TRL 9 (sistema real comprovado em voo por meio de operações de missão bem-sucedidas)” (MANKINS, 1995). Ou seja, indica se a tecnologia acaba de ser concebida, estando ainda no plano das ideias, ou se já está pronta para ser efetivamente comercializada.

2.1 Redução de Riscos

Conseguir decidir acertadamente sobre a inclusão ou até mesmo sobre a manutenção de uma tecnologia durante o desenvolvimento de um projeto é fundamental para o sucesso, principalmente quando a tecnologia aplicada não é totalmente dominada. Dessa maneira, ter uma ferramenta que atenda aos gestores e aos tomadores de decisão por meio de uma métrica comum, através da qual o *status* da tecnologia seja visualizado e entendido por diversos níveis dentro e fora das organizações é um grande benefício.

Sobre as tecnologias aplicadas podemos afirmar que:

Resolver os problemas tecnológicos antes de o desenvolvimento ser iniciado pode reduzir em até dez vezes os prazos e custos do projeto, concluindo que o seu sucesso está intimamente relacionado ao nível de maturidade tecnológica das tecnologias empregadas. (ALMEIDA, 2008 apud ROCHA, 2016, p.26).

O desafio para o gestor é poder fazer avaliações claras e bem documentadas da prontidão e dos riscos da tecnologia, e fazê-la em pontos-chave do ciclo de vida do projeto (MANKINS, 2009). “Inúmeras abordagens foram desenvolvidas para auxiliar no cumprimento deste desafio de gestão, incluindo a utilização de uma variedade de ferramentas de apoio à decisão” (ESA, 2008), dentre as quais destaca-se a TRL, visto que possibilita uma consciência situacional mais realista acerca da tecnologia.

Um dos aspectos para o qual a determinação da TRL de uma tecnologia contribui na tomada decisão é que esta metodologia “gera informações seguras sobre os riscos envolvidos em cada etapa do processo de criação e promoção de um novo produto” (BERGAMINI, 2020, p. 3). Ou seja, a metodologia esclarece quais os riscos inerentes a cada nível de maturidade da tecnologia dentro da escala TRL.

Assim, a avaliação da maturidade das tecnologias permite que riscos no orçamento e planejamento de importantes projetos seja reduzido. Essa constatação foi o ponto de partida para o desenvolvimento e aprimoramento da escala TRL e é um dos direcionadores para seu uso contínuo na comercialização de tecnologias e no planejamento de pesquisa e desenvolvimento (EARTO, 2014).

A partir do momento em que os gestores conseguem ter uma visão clara a respeito das tecnologias aplicadas e passam a ter um entendimento comum sobre o

status da tecnologia, torna-se mais fácil manter os projetos, mesmo os complexos e de longa vigência, dentro de um determinado custo, prazo e esforço planejados, uma vez que a comunicação entre todos os envolvidos passa a ser a mesma, auxiliando nas decisões a serem tomadas.

Desta maneira, percebe-se que as avaliações de maturidade são muito importantes na análise do custo-benefício envolvido na gestão dos projetos e das tecnologias que o compõem, seja no nível do gerente do projeto, seja para os tomadores de decisão relativas ao orçamento a ser disponibilizado ao projeto.

Compreende-se, então, a importância da padronizar de utilização da metodologia TRL nos projetos aeroespaciais em desenvolvimento no COMAER uma vez que a sua utilização propicia a redução dos riscos no orçamento e planejamento.

2.2 Financiamento por Agências de Fomento

As indústrias do setor aeroespacial são, por natureza, estratégicas para um país, visto que são fabricantes de produtos de alto valor agregado, contribuem significativamente para o Produto Interno Bruto do País, alimentam e demandam uma complexa cadeia logística e costumam gerar milhares de empregos onde se instalam (MORAES, 2014).

Tendo em vista a relevância deste setor para o país, as agências de fomento foram criadas como forma de incentivo e de apoio ao desenvolvimento de tecnologias aeroespaciais. Essas agências são instituições cujo objetivo principal é “financiar capital fixo e de giro para empreendimentos previstos em programas de desenvolvimento na unidade da Federação onde estiver sediada” (BCB,2022).

No universo da Ciência e Tecnologia, temos que a missão da agência de fomento é “promover o desenvolvimento econômico e social do Brasil por meio do fomento público à Ciência, Tecnologia e Inovação em empresas, universidades, institutos tecnológicos e outras instituições públicas ou privadas” (FINEP, 2022).

E, para que as agências possam cumprir sua missão, é necessária a adoção de critérios objetivos para a aplicação dos recursos econômicos, dos quais a mensuração de maturidade tecnológica, como a TRL, tem se tornado comumente utilizada.

Nesse sentido, destaca-se que a metodologia TRL tem como praticidade “ordenar as novas tecnologias, com os objetivos fundamentais de possibilitar a comparação com outras e facilitar o entendimento sobre o estágio atual de desenvolvimento, além de sustentar decisões de fomento de recursos” (VELHO *et al.*, 2017, p. 119-120), reforçando a importância da padronização da TRL nos projetos aeroespaciais do COMAER, visto que auxiliarão na análise realizada pelas agências de fomento acerca do financiamento dos projetos.

Por este motivo, segundo Martin (2020, p. 89) “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”.

Atualmente, importantes agências de fomento do setor aeroespacial, como FINEP, EMBRAPII e CNPq, passaram a utilizar a TRL como premissa de enquadramento mínimo para que os projetos sejam submetidos em seus editais (BEZERRA, 2021).

Confirmando a importância destas agências para o financiamento dos projetos do COMAER, anualmente ocorre a Reunião de Projetos de Ciência, Tecnologia e Inovação de Interesse da Defesa (REPID). Nesta reunião as Forças tem a possibilidade de, além de discutir seus projetos, obter fontes de financiamento junto aos órgãos de fomento de pesquisa e desenvolvimento, como FNDCT/FINEP e EMBRAPII (FAB, 2022).

Desta forma, tendo em vista as vantagens da utilização da TRL e a sua crescente utilização pelas agências de fomento como forma de classificar os instrumentos de apoio à inovação do governo federal, resta claro a importância da padronização da metodologia TRL nos projetos aeroespaciais no COMAER uma vez que a metodologia auxilia na captação de recursos financeiros junto às agências de fomento à inovação.

3 CONCLUSÃO

Foi possível perceber a importância da padronização da TRL pelo COMAER para o cumprimento do objetivo do planejamento estratégico de “fortalecer o controle e a defesa do espaço aéreo e a integração do território nacional” realizado através

do desenvolvimento de projetos aeroespaciais com o correto domínio e compreensão quanto ao *status* das tecnologias envolvidas.

A falta de padronização impede que os tomadores de decisão tenham o mesmo entendimento quanto à condição das tecnologias críticas aplicadas e os riscos inerentes a elas, dificultando a acertada priorização dos esforços para cumprir seus objetivos. Diante do exposto, este ensaio defendeu a tese de padronização da utilização da metodologia TRL nos projetos aeroespaciais no COMAER visto que trará maior uniformidade sobre o *status* das tecnologias aos tomadores de decisão.

A tese fundamenta-se na redução dos riscos no orçamento e planejamento através da utilização da TRL pelo COMAER, uma vez que esclarece quais são os riscos específicos a serem enfrentados a cada nível, permitindo uma análise mais realista do projeto. Ou seja, a TRL gera informações seguras sobre os riscos envolvidos de forma homogênea para todos os níveis envolvidos.

Argumenta-se, ainda, que a metodologia TRL serve como suporte ao processo decisório para a captação de recursos financeiros junto às agências de fomento por haver uma crescente tendência de utilização da metodologia para avaliar a relevância e o potencial dos projetos. Isto é, a FAB passará a classificar seus projetos da mesma forma que as agências de fomento.

Com o intuito de impulsionar a manutenção do COMAER na vanguarda do desenvolvimento de projetos aeroespaciais militares no cenário nacional, faz-se mister que o COMAER delibere sobre a padronização da metodologia TRL em projetos aeroespaciais na FAB, pois além dos ganhos já mencionados nesse trabalho, uma vez implantada tal padronização, a FAB será a precursora dentro do contexto do Ministério da Defesa no alinhamento e uniformização de uma mesma métrica para mensuração de maturidade tecnológica com relação a outros ministérios correlatos como, por exemplo, o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, trazendo assim uma maior aderência com esses outros órgãos facilitando a comunicação e a entrada de recursos necessários para o desenvolvimento de projetos que são imprescindíveis para a manutenção da soberania do espaço aéreo.

REFERÊNCIAS

ABGI BRASIL. **TRL: Recursos financeiros por níveis de maturidade tecnológica.** [S.l.]. 2022. Disponível em: <https://brasil.abgi-group.com/radar-inovacao/artigos-estudos/trl-recursos-financeiros-por-niveis-dematuridade-tecnologica/>. Acesso em: 19 set. 2022.

ALMEIDA, V. R. **Sensores inerciais fotônicos para aplicações aeroespaciais: nível de maturidade tecnológica.** 2008. Monografia (Curso de Comando e Estado-Maior da Aeronáutica) – Divisão de Ensino, Escola de Comando e Estado-Maior da Aeronáutica, Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <https://docplayer.com.br/37876244-Sensores-inerciais-fotonicos-para-aplicacoes-aeroespaciais-nivel-de-maturidade-tecnologica-titulo-do-trabalho-1202rp01-codigo-do-trabalho.html>. Acesso em: 19 set. 2022.

BCB, Banco Central do Brasil. **O que é agência de fomento?** [S.l.], 2022. Disponível em: https://www.bcb.gov.br/pre/composicao/agencia_fomento.asp?frame=1. Acesso em: 07 out. 2022.

BERGAMINI, R. L. Avaliação do Nível de Maturidade de Tecnologia (TRL) nas Instituições de Ciência e Tecnologia (ICTs) com o modelo adaptado da AFRL–Air Force Research Laboratory. **Revista de Administração de Roraima-RARR**, [S. l.], v. 10, 2020. Disponível em: <http://revista.ufrr.br/adminrr/article/view/5738>. Acesso em: 28 set. 2022.

BEZERRA, W. R. P. **Desenvolvimento de aplicativo de suporte a tomada de decisão na gestão da inovação resultante da combinação dos métodos Technology Readiness Level (TRL) e Demand Readiness Level (DRL): o estudo de caso Chesf.** 2021. Dissertação (Mestrado em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2021. Disponível em: <https://attena.ufpe.br/bitstream/123456789/40184/1/DISSERTA%c3%87%c3%83O%20Willian%20Ramires%20Pires%20Bezerra.pdf>. Acesso em: 28 set. 2022.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Portaria nº 2.102/GC3, de 18 de dezembro de 2018. Aprova a reedição do "Plano Estratégico Militar da Aeronáutica" - PCA 11-47. **Boletim do Comando da Aeronáutica**. Brasília, DF, 20 dez. 2018.

EARTO, European Association of Research & Technology Organisations. **The TRL Scale as a Research & Innovation Policy Tool**, EARTO Recommendations. Abr. 2014. Disponível em: https://www.earto.eu/wp-content/uploads/The_TRL_Scale_as_a_R_I_Policy_Tool_-_EARTO_Recommendations_-_Final.pdf. Acesso em: 28 set. 2022.

ESA, European Space Agency. **Technology Readiness Levels Handbook for Space Applications**, [S. l.], issue 1, rev. 6. 2008. Disponível em: https://artes.esa.int/sites/default/files/TRL_Handbook.pdf. Acesso em: 19 set. 2022.

FAB, Força Aérea Brasileira. **FAB participa da 20ª REPID no Centro Tecnológico do Exército**. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://www.fab.mil.br/noticias/mostra/39465/EVENTO%20-%20FAB%20participa%20da%2020%C2%AA%20REPID%20no%20Centro%20Tecnol%C3%B3gico%20do%20Ex%C3%A9rcito>. Acesso em: 01 nov. 2022.

FINEP, Financiadora de Estudos e Projetos. **Sobre a FINEP**. [S. l.], 2022. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/a-finep-externo/sobre-a-finep>. Acesso em: 07 out. 2022.

MANKINS, J. C. **Technology Readiness Levels**. A White Paper. Advanced Concepts Office. Office of Space Access and Technology – NASA, Washington, 1995. Disponível em: http://www.artemisinnovation.com/images/TRL_White_Paper_2004-Edited.pdf. Acesso em: 19 set. 2022.

MANKINS, J. C. Technology readiness and risk assessments: A new approach. **Acta Astronautica**, [S. l.], v. 65, n. 9-10, p. 1208-1215, 2009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S009457650900201X>. Acesso em: 19 set. 2022.

MARTIN, A. R. *et al.* Classificação dos Instrumentos de Captação de Recursos para Apoio à Inovação do Governo Federal na Escala de Prontidão Tecnológica (TRL). **Cadernos de Prospecção**, [S. l.], v. 13, n. 1, p. 78, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/nit/article/view/32726>. Acesso em: 19 set. 2022.

MORAES, M. B. **Empreendedorismo estratégico em pequenas e médias empresas do setor aeronáutico brasileiro e canadense**. 2014. Tese (Doutorado em Administração) – Universidade Nove de Julho, São Paulo, 2014. Disponível em: <http://repositorio.uninove.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/682/Marcela%20Barbosa%20de%20Moraes.pdf?sequence=1>. Acesso em: set. 2022.

MORESI, E. A. D.; BARBOSA, J. A.; BRAGA FILHO, M. O. Modelos para analisar níveis de prontidão de inovação. *In*: **SÉPTIMA CONFERENCIA IBEROAMERICANA DE COMPLEJIDAD, INFORMÁTICA Y CIBERNÉTICA-CICIC**. 2017. p. 78-81. Disponível em: <https://www.iiis.org/CDs2017/CD2017Spring/papers/CB417CP.pdf>. Acesso em: 28 set. 2022.

PATERNOSTRO, A. G.; QUINTELLA, C. M.; LEITE, H. J. D. Pesquisa Exploratória Comparativa entre Artigos e Patentes Sobre Maturidade (Prontidão) Tecnológica. **Cadernos de Prospecção**, [S. l.], v. 13, n. 4, p. 1088-1088, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/nit/article/view/33176/21566>. Acesso em: 28 set. 2022.