

# O conceito de nível de maturidade logística: análise crítica de sua aplicação em aquisições de defesa

Leandro da Fonseca Assumpção<sup>1</sup>, Fernando Teixeira Mendes Abrahão<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), São José dos Campos/SP – Brasil

**Resumo** – O *Technology Readiness Level (TRL)* avalia o nível de maturidade de tecnologias em relação a capacidade de incorporação a um produto ou sistema em desenvolvimento, com a finalidade de minimizar os riscos de insucesso do projeto. O sucesso dessa Metodologia provocou a difusão do seu conceito para outros campos como a Engenharia de Sistemas e a Engenharia Logística. Considerando que a capacidade de suportar produtos de defesa ao longo de seu ciclo de vida é tão relevante quanto a presença de tecnologias impactantes no aspecto operacional, esse artigo discorre sobre o TRL, as abordagens relacionadas a suportabilidade e analisa o cenário de aquisições de defesa com ênfase no panorama brasileiro. Ao final será discutida a relevância de sua aplicação nos processos de aquisições de defesa no Brasil e como essas metodologias podem agregar melhorias nos processos de obtenção de Produtos de Defesa.

**Palavras-Chave** – Suportabilidade, logística, TRL

## I. INTRODUÇÃO

O produto de defesa (Prode), conforme definição da Estratégia Nacional de Defesa, é um dos itens que integram o conceito de Capacidade da Força Terrestre[1][2]. Combinado com Recursos Humanos treinados e Doutrina de Emprego eficiente, esses produtos compõem a tríade que permite o cumprimento das diversas missões da Força e, em especial, a Defesa e Soberania do Território Nacional. Em face disso, os processos de obtenção desses produtos se mostram peças-chave nesse contexto.

Em linhas gerais, existem duas formas mais praticadas de aquisição de Prodes. A primeira são as que envolvem o desenvolvimento do produto. A segunda se resume na compra do produto já desenvolvido, conhecido também como *Commercial off the shelf (COTS)* [3].

Independente de qual forma será adotada, o processo de aquisição acaba assumindo uma certa complexidade advinda da própria complexidade presente nos produtos de defesa [4].

Aliado a isso, a necessidade de constante evolução em busca de manter a capacidade operativa da Força Terrestre provoca uma corrida em busca de soluções tecnológicas mais modernas, resultando em custos mais elevados e complexidade ao processo.

Além disso, pode-se observar na Fig. 1 que os investimentos em defesa no mundo se tornam mais expressivos ao longo dos anos, alcançando a cifra de 1,8 Trilhões de Dólares. Desse montante, grande parte é atribuída a obtenção e suporte de seus produtos e sistemas de defesa[5].

Buscando melhorar o desempenho dos seus processos de aquisição, o Departamento de Defesa Americano (DoD) adotou o *Technology Readiness Assessment (TRA)*, baseado no TRL desenvolvido pela NASA, avaliando a maturidade das tecnologias utilizadas em seus projetos[6]. Isso minimizou riscos relacionados a prazos, custos e entrega do produto final.

L. F. Assumpção [assumpcao@ita.br](mailto:assumpcao@ita.br), F. T. M. Abrahão [abrahao@ita.br](mailto:abrahao@ita.br)

O sucesso dessa iniciativa nos programas da NASA, DoD e em diversos setores do governo americano provocou o surgimento de outras escalas baseadas em seu conceito como ligadas a manufatura, integração, Engenharia de Sistemas, logística, etc.

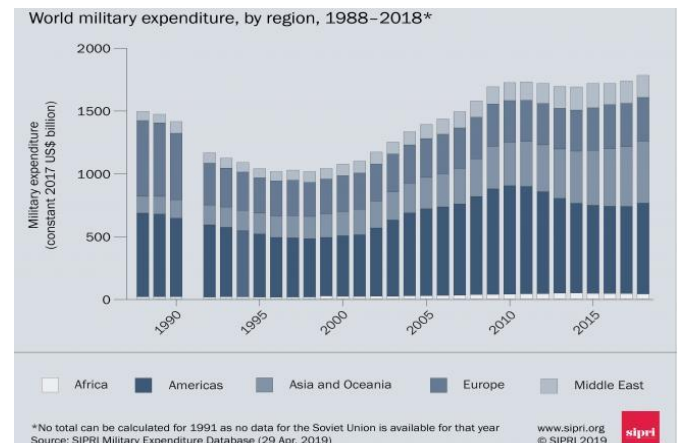


Fig. 1. Montante Mundial de gastos em Defesa [5].

Considerando a alta tecnologia presente nos Prodes, a utilização de metodologias de avaliação de sua maturidade podem agregar melhorias nos processos de aquisição de produtos de defesa no contexto brasileiro [7].

Além do mais, o desdobramento do conceito do TRL para a logística pode trazer ganhos para o desempenho dos Prodes que, em geral, contam com um longo ciclo de vida.

Importante destacar que o maior volume recursos financeiros gastos com um Prode se encontra na fase de operação como fica evidente na Fig. 2, reforçando a relevância da aplicação do conceito de maturidade com a ótica da logística tanto na aquisição de produtos tipo COTS como no desenvolvimento de soluções para a defesa [8].

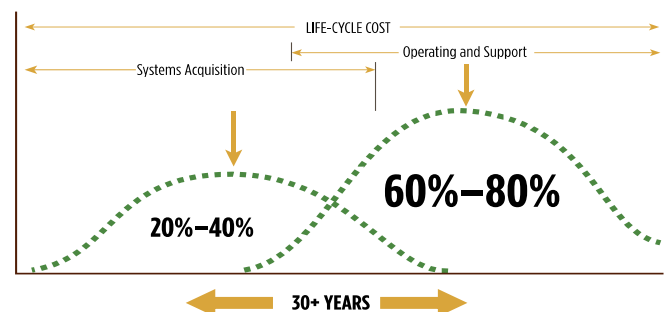


Fig. 2. Distribuição do custo investido em um Prode [8].

Sendo assim, o presente artigo se propõe a discorrer sobre a metodologia do TRL, as propostas de aplicação desse conceito na área da logística e uma breve análise do panorama de aquisições de defesa no Brasil, de forma a auxiliar na

discussão sobre a aplicabilidade desses conceitos no panorama brasileiro.

## II. REVISÃO DA LITERATURA

### A. Technology Readiness Level

Existe uma série de etapas entre o surgimento de uma tecnologia e sua aplicação por meio de um produto[9]. Em outras palavras, uma tecnologia não nasce pronta para ser aplicada. Esse caminho pode ser curto ou longo, variando de acordo com os desafios necessários para transformar muitas das vezes um conceito, um fenômeno em algo pronto para uso. Em resumo, existe um tempo de maturação da tecnologia até o seu uso na plenitude.

Essas características tornam a aplicação das tecnologias em desenvolvimento nos componentes de um produto, também em desenvolvimento, uma tarefa desafiadora. Podendo, inclusive, aumentar a complexidade do planejamento de pontos cruciais de um projeto como custos, prazos e até mesmo comprometendo a entrega do produto.

Baseado nesse paradigma, a NASA implementou em seus programas o TRL. Inicialmente com 7 níveis, essa escala foi proposta por Mankins em 1995, pesquisador da NASA, sendo aperfeiçoada para 9 níveis e formalizada nesses moldes por este órgão [10]. Cada nível descreve objetivamente o grau de maturidade através de conceitos explícitos que devem ser cumpridos, como pode ser observado na Fig. 3[11].

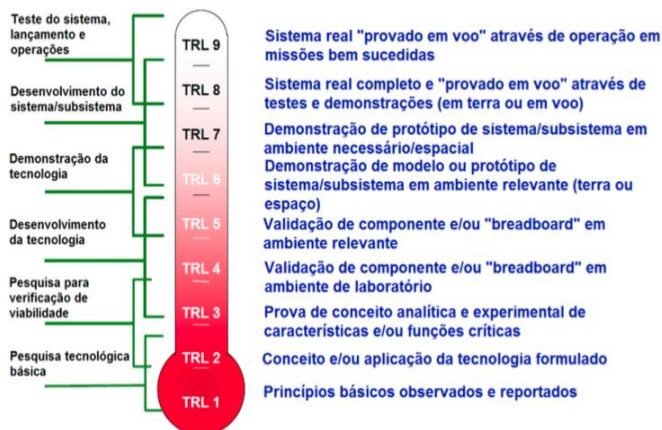


Fig. 3. Representação dos níveis de TRL aplicado na NASA [11].

Interessante ressaltar que a escala possui uma íntima relação com a aplicação da tecnologia. Uma mesma tecnologia pode possuir diferentes TRL dependendo de sua aplicação.

Segundo Freire, a aplicação do TRL trouxe um ganho significativo no desempenho dos projetos conforme relatado pelo *U.S. Government Accountability Office* (GAO), órgão responsável pelas auditorias dos outros órgãos governamentais americanos [12] Apud [11]. Os atrasos e quebras de orçamento eram superiores a 100% quando se utilizavam tecnologias imaturas em um projeto, o que não ocorria quando as tecnologias eram acima do TRL 6.

Também é interessante destacar que cada área de pesquisa tem peculiaridades em seu desenvolvimento e nas suas tecnologias. Em face desse aspecto, cada área pode demandar uma certa adaptação da escala para prover melhor aderência a sua estrutura.

Atualmente existem diversos documentos que regulam sua aplicação em diferentes órgãos sendo a ISO 16290:2015 a norma com maior amplitude devido a sua adesão mundial. Em adição, alguns órgãos usam o termo “assessment” ao invés “level” em sua terminologia, e “maturity” como substituição a “readiness”. [13][14]

### B. O conceito “Readiness Level” aplicado a logística

O sucesso da aplicação do TRL provocou a migração do conceito para outras áreas. Houve o surgimento de “Níveis de Maturidade” para Manufatura, Integração, Sistemas, dentre outros [15].

Seguindo esse movimento, os aspectos ligados a logística também foram abarcados nessa onda de proliferação de RL’s [16], sendo abordados em alguns trabalhos acadêmicos através da proposição de uma escala onde seria avaliada a maturidade logística do produto em questão.

Um exemplo é a pesquisa desenvolvida por Elizabeth Broadus, pela empresa BOOZ ALLEN HAMILTON INC., onde são estabelecidos níveis de cumprimento de metas baseados em assertivas. O nível de cumprimento da assertiva estabelece o nível de maturidade logística atingido conforme pode-se observar na Fig.4 [17].

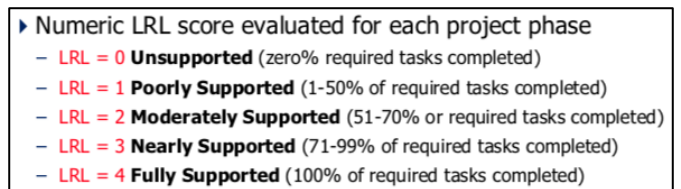


Fig. 4. Níveis do modelo LRL [17].

Observando as áreas abordadas pelo modelo relativas aos aspectos de suportabilidade, o enfoque da autora sugere uma proximidade das assertivas com a distribuição das áreas de atuação elencadas nas metodologias de Suporte Logístico Integrado, do inglês *Integrated Logistic Support* (ILS).



Fig. 05. Exemplo dos Elementos do ILS [18].

Entretanto não demonstra a profundidade e amplitude como é tratado cada elemento dentro das metodologias do ILS. Também é relevante o fato de que as assertivas variam de acordo com a fase do desenvolvimento do produto.

Existem abordagens que tratam o conceito com diferentes termos como, por exemplo, “Sustainment” no sentido de suportabilidade conforme o trabalho de Hanna [19].

Em seu trabalho, Hanna buscou se basear no princípio de que para ocorrer o estabelecimento de um nível de maturidade se faz necessário o estabelecimento de formas que viabilizem medir essa maturidade. Foram utilizadas então duas métricas de resultado estabelecidas pelo DoD, os Parâmetros Chaves de Desempenho (*Key Performance Parameters – KPP*) e o Atributos Chaves do Sistema (*Key System Attributes – KSA*).

Em 2007, através do Documento intitulado “*Life Cycle Sustainment Outcome Metrics*”, o DoD desdobrou as métricas acima em 4 parâmetros:

- **KPP – Disponibilidade do Material Militar:**  
Percentual de sistemas/produtos em funcionamento considerando todo o quantitativo da Organização;
- **KPP – Disponibilidade Operacional:**  
Percentual de tempo que um Sistema/Produto esta disponível para cumprir sua finalidade;
- **KSA – Confiabilidade do Material Militar:**  
Probabilidade de um sistema/produto cumprir sua finalidade de emprego sem falhas expressada em intervalo de tempo; e
- **KSA – Custo de Propriedade:**  
Garantia de que a maturidade e a disponibilidade não são a qualquer custo. É baseada em custos de operação, energia, manutenção, suporte, atualizações, etc.

Com a adoção desses parâmetros, sua combinação com o modelo do TRL e adoção de objetivos e limites, foi possível gerar o modelo de *Sustainment Readiness Levels* (SRL).

Como nos outros modelos, o SRL descreve objetivamente critérios que devem ser atendidos e em qual fase do desenvolvimento do produto/sistema como é descrito a seguir:

- **SRL 1, 2 e 3:** Devem ser executados antes da decisão de desenvolvimento de material, iniciando a fase de análise de solução de material (MSA).
- **SRL 4:** Precisa ser realizado durante a fase MSA e usado como critério de saída no Milestone A.
- **SRL 5 e 6:** Realizados entre os Marcos A e B e concluídos pela Milestone B.
- **SRL 7:** Executado durante a fase EMD e usado como critério de entrada para o Milestone C
- **SRLs 8 e 9:** Executados durante a fase de produção e implantação.

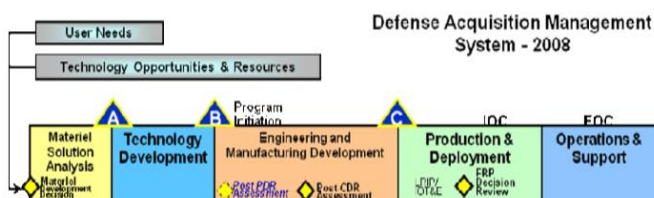


Fig. 6. Fases do Desenvolvimento do produto/sistema segundo o IPS Element Guidebook [14].

Os critérios objetivos de cada Nível do Modelo são os seguintes:

**SRL 1 - Princípios:** As características essenciais e os comportamentos da missão do usuário foram identificados para determinar:

(a) as características de disponibilidade do sistema necessárias para o sucesso da missão; e

(b) comportamentos de sustentação exigidos para o sistema de apoio, para cada uma das tecnologias;

**SRL 2 - Conceito:** conceito de sistema de suporte básico foi desenvolvido. Pesquisa e análise foram realizadas sobre os comportamentos de sustentação relevantes para o cenário de missão, indicando a disponibilidade de desempenho e missão durante o sistema operacional, degradado e com falha. Os principais requisitos de Design para Suportabilidade (DFS) foram identificados para cada uma das tecnologias;

**SLR 3- Critérios de análise:** O conceito de sistema de suporte foi desenvolvido. Limites e objetivos para o sistema de apoio relacionados a missões críticas durante a degradação do sistema e do subsistema foram identificados. Determinações de limites e objetivos avaliadas através de simulações operacionais com foco em recursos logísticos. Identificação de itens reparáveis (LRUs). Os KPPs para disponibilidade de material e disponibilidade operacional foram identificados para cada uma das tecnologias;

**SLR 4 - Conceito de Suporte para Equipamentos de Missão Crítica:** A identificação crítica de LRU foi concluída e correlacionada a tecnologias de mudança rápida. Os métodos de reparo de campo do subsistema foram demonstrados em um ambiente quase real para todos os sistemas e subsistemas de missão crítica. KSAs para confiabilidade de materiais e custos de propriedade de Operação e Suporte foram calculados. A primeira avaliação dos Tempos Médios de Manutenção foi concluída;

**SLR 5 - Validar o conceito de suporte:** Vários elementos de sustentação foram testados em um ambiente relevante. Os limites e objetivos para KPPs e KSAs foram atualizados e alinhados com a capacidade do cenário de missão. A documentação dos recursos logísticos foi iniciada;

**SLR 6 - Viabilidade do sistema de suporte:** Prototipagem concluída em um problema realista em grande escala. O sistema primário e de suporte foi integrado aos sistemas existentes; identificou recursos logísticos compartilhados e pontos fracos nas características de suporte. Documentação de recursos de suporte logístico, atualização técnica, operador e mantenedor foi iniciada;

**SLR 7 - Demonstração Operacional de Sistemas Primários e de Suporte:** Demonstração concluída no sistema primário e de suporte funcionando em conjunto com o ambiente operacional real. Todos os cenários de missão crítica testados com estados operacionais, degradados e com falha de sistemas críticos. Integração comprovada com outros sistemas envolvidos nas missões (sistemas colaterais e auxiliares). Requisitos do design focado em suportabilidade documentados e correlacionados às características de suporte com recursos logísticos associados. Todas as quatro métricas de resultados de sustentação (KPPs e KSAs) foram recalculadas;

**SLR 8 - Missão Qualificar Sistema de Suporte Real:** Sistema de suporte totalmente integrado ao ambiente operacional e sistema de sistemas. Toda a documentação preenchida (bases de dados logísticas, manuais de operador e manutenção, doutrina de treinamento, inventários PBL e SCM para o primeiro período de campo, etc.); e

**SRL 9 - Operação & melhoria contínua:** sistema primário e suporte real totalmente operacional; dados sendo coletados em reparos / falhas relevantes para a missão, KPPs e KSA. Medições de tempos médios de manutenção, etc.



A autora sugere em seu trabalho que é recomendável que os SRLs e os TRLs estejam no mesmo nível ao longo do desenvolvimento. Além disso, destaca-se que a aplicação dessa métrica tem íntima relação com o cenário de aplicação do produto/sistema e que o SRL atribuído a um componente em um projeto possivelmente não será o mesmo em outro.

### C. A obtenção de Produtos de Defesa no Brasil

O processo de obtenção de Prodes no Brasil segue o rito definido nas regulamentações do Estado para gastos públicos. Pautado nas leis e regulamentos, o processo necessita de uma série de etapas que garantam a Legalidade, impessoalidade, moralidade, publicidade e eficiência conforme preconiza o Art.37 da Constituição Federal Brasileira de 1988.

Contudo o cenário também representa um definidor dos caminhos que delimitaram as possibilidades viáveis. Brick descreve condicionantes que refletem os vários aspectos influenciadores dos processos de aquisição de defesa, sendo eles [20]:

- Restrições Orçamentárias que obrigam a uma melhor eficiência na alocação dos recursos financeiros disponíveis;

- Necessidade de adequação da Estrutura de Defesa à postura estratégica do país, definida pelo poder político;

- Inovação no campo das ciências da administração, resultando em maior eficácia e eficiência na gestão das empresas e órgãos públicos;

- Aceleração do desenvolvimento tecnológico, causando, por um lado, a obsolescência precoce de sistemas de defesa

- Restrições orçamentárias obrigam a uma busca permanente por uma maior eficiência na alocação dos recursos financeiros;

- Necessidade de adequação da estrutura de defesa à postura estratégica do país, definida pelo poder político;

- Inovação no campo das ciências da administração, resultando em maior eficácia e eficiência na gestão das empresas e órgãos públicos;

- Aceleração do desenvolvimento tecnológico, causando, por um lado, a obsolescência precoce de sistemas de defesa e, por outro lado, propiciando o aparecimento de tecnologias de defesa capazes de influir decisivamente nos conflitos; e

- Aumento contínuo do custo dos sistemas de defesa.

Essas condicionantes delimitam o cenário de atuação dos Órgãos envolvidos na obtenção dos Prodes, fornecendo condições de contorno que acabam estreitando as possibilidades de manobra. Entretanto, mesmo dentro desse contexto, o Ministério da Defesa do Brasil (MD) tem enviado esforços no sentido de reequipar as Forças Armadas [20].

O Decreto Presidencial nº6.703/2008 é um exemplo dessas ações. Ele regula regimes especiais de contratação dentro da Estratégia Nacional de Defesa(END), com a finalidade de estimular a Pesquisa e o Desenvolvimento de tecnologias Nacionais, bem como a transferência de tecnologia estrangeira, para aplicação em Produtos e Sistemas de Defesa[21].

É importante destacar que um dos objetivos da END é a reorganização da Base Industrial de Defesa (BID) com o objetivo de assegurar o atendimento das necessidades de Prodes sejam baseadas em tecnologias de domínio nacional. Isso é corroborado pela denominação de um dos eixos

estruturantes da END exclusivamente para a Indústria de Defesa Brasileira.

As compras internacionais adotam a prática do *offset* que, basicamente, preconiza compensações por produção sob licença, coprodução, produção sob subcontrato, investimento, transferência de tecnologia e contrapartida. Essas linhas viabilizam o fortalecimento da Base Industrial de Defesa.

Para os processos de aquisição, existem legislações específicas como a Lei nº8.666/1993 que estabelece normas gerais sobre licitações e contratos administrativos, bem como a Lei nº12.349/2010 que estabelece uma margem de preferência para aquisição de produtos nacionais até 25% acima de produtos importados, dentre outras. O principal é que todas elas exigem que se cumpram os princípios constitucionais citados. Para possibilitar isso, se faz necessário a criação de parâmetros de controle para medir, comparar e avaliar tanto produtos prontos como o desenvolvimento, ou seja, nas duas modalidades de obtenção são necessárias métricas que garantam a Legalidade, impessoalidade, moralidade, publicidade e eficiência.

Os gastos com Defesa no Brasil atingiram a marca de 102 Bilhões de Reais em 2018, representando um grande volume de recursos investidos no fomento da economia do país[22].

Aliado a isso, para minimizar o risco da BID em face da incerteza do potencial de exportação do Prode, o Estado Brasileiro se compromete a manter um fluxo de compras do Prode caso não ocorra a venda para o mercado externo sob o regime de CUSTO+MARGEM viabilizando a continuidade da Indústria de Defesa.

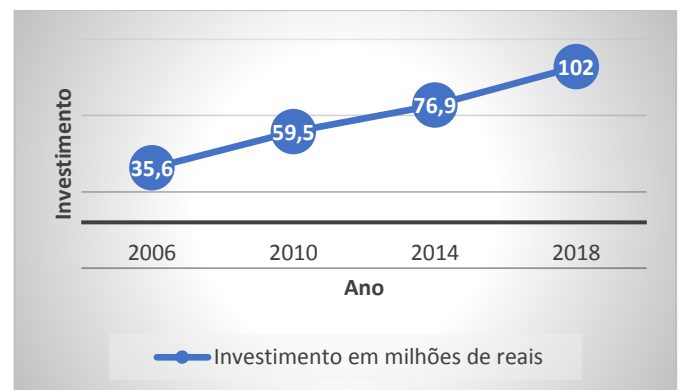


Fig. 7. Os fluxos de investimento em Defesa no Brasil [22].

As métricas mais utilizadas são estabelecidas por meio de especificações técnicas, definições de requisitos de operação ou ligados aos aspectos técnicos, logísticos e industriais, dentre outros. Eles estabelecem a “regra do jogo” para o momento da concorrência. Nesse caso é importante citar que, após a definição do ganhador, as oportunidades de mudança são muito pequenas e o estado se torna refém dos critérios definidos por ele mesmo.

### III. ANÁLISE E DISCUSSÃO

A aplicação dos modelos baseados em maturidade, quer seja de tecnologia, manufatura ou suportabilidade, aumentam a consciência situacional durante o desenvolvimento de um produto. Eles alertam sobre possíveis problemas tanto no projeto como até na sua suportabilidade durante a fase de operação e suporte conforme a aplicação e escolha do modelo.

O fato do TRL retratar o estado da tecnologia naquele momento não quer dizer que outros aspectos importantes para a maturidade de um produto estejam satisfeitos. Questões ligadas a Manufatura, integração de sistemas inclusive com o legado existente, bem como singularidades do projeto vão definir a maturidade da solução como um todo e tem íntima ligação com uma análise mais holística tanto do produto com de seu cenário de emprego[23]. Essa visão mais abrangente sobre o produto é abordada por modelos que buscam uma visão sistêmica como a da Engenharia de Sistemas[15]. Esses modelos congregam os aspectos da tecnologia e da integração dos elementos que possuem essa tecnologia embarcada através do TRL e o *Integration Readiness Levels* (IRL), originando o *Systems Readiness Levels* (SRL)[24].

SRL	Name	Definition
5	<i>Operations &amp; Support</i>	Execute a support program that meets operational support performance requirements and sustains the system in the most cost-effective manner over its total life cycle.
4	<i>Production &amp; Development</i>	Achieve operational capability that satisfies mission needs.
3	<i>System Development &amp; Demonstration</i>	Develop a system or increment of capability; reduce integration and manufacturing risk; ensure operational supportability; reduce logistics footprint; implement human systems integration; design for producibility; ensure affordability and protection of critical program information; and demonstrate system integration, interoperability, safety, and utility.
2	<i>Technology Development</i>	Reduce technology risks and determine appropriate set of technologies to integrate into a full system.
1	<i>Concept Refinement</i>	Refine initial concept. Develop system/technology development strategy

Fig. 8: Níveis do modelo SRL sugerido por Sauser [24].

Na Fig. 9 pode ser observada a estrutura proposta por Sauser et al. (2006) ligando os três modelos sendo um o ponto início do próximo, sugerindo uma relação de precedência.

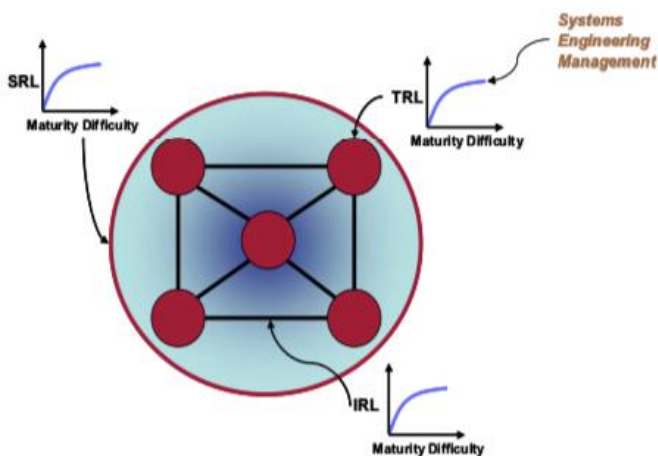


Fig. 9. Concepção da integração dos três modelos de níveis de maturidade conforme Sauser et al. (2006).

A estruturação de projetos utilizando o arcabouço da Engenharia de Sistemas confere maior robustez ao seu desenvolvimento e diminui o nível de incertezas em face da metodologia estimular o planejamento baseado em análise prospectiva[25]. A aplicação de uma metodologia de mensuração do nível de maturidade melhora o processo de desenvolvimento e auxilia a harmonização de expectativas entre as partes envolvidas.

Em consonância com a análise anterior, a utilização de modelos que avaliem a maturidade logística de um produto traz uma segurança maior ao projeto no tocante a aplicação dos conceitos de Suporte Logístico Integrado (ILS) que agregam

ao projeto a capacidade de torna-lo melhor suportável ao longo do seu ciclo de vida.

Entretanto é importante alertar que modelos de Nível de Maturidade Logístico (ou de Suportabilidade), tem uma profunda dependência da aplicação de modelos que avaliem outras dimensões que acabam se tornando pré-requisitos dessa área, conforme a relação de precedência citada na Fig. 5. Aspectos como a maturidade da cadeia de suprimentos, da manutenibilidade, da infraestrutura planejada, etc, dependem de definições de projeto, manufatura, dentre outros. Tal contexto sugere uma certa complexidade por talvez existir a necessidade de se integrar o modelo de abordagem logístico aos modelos que abordam a maturidade de tecnologias, integração e sistemas.

Além disso, cabe ressaltar que o sucesso alcançado pelo TRL foi amplificado por exemplo, com a obrigatoriedade de sua aplicação em órgãos públicos americanos que lidam com aquisições de produtos de elevado valor[26]. Esses dois fatos estimularam uma proliferação de ramificações do modelo gerando uma dificuldade de aplicação sistêmica em órgãos com uma gama considerável de processos de obtenção de produtos e sistemas. Foi necessário uma reavaliação como retrata Nolte do *Air Force Research Laboratory*, em seu trabalho de pesquisa para redefinir quais os modelos de mensuração deveriam ser aplicados em projetos [16].

Olhando para o cenário de obtenção de Prodes, as características das compras públicas exigem que se tenham regras claras para se manter os princípios constitucionais necessários e a melhor destinação possível dos Recursos Públicos. Como a END está impulsionando diversos setores tanto da economia quanto da pesquisa, é apreciável a proposição de métricas que auxiliem tanto órgãos governamentais como entidades interessadas a entender de forma clara os níveis de exigência para o desenvolvimento e fornecimento de Prodes. Não obstante, as métricas facilitam a composição de especificações para aquisições e compras.

As novas políticas adotam incentivos que podem impulsionar a indústria pois os aspectos peculiares da Indústria de Defesa já representam uma fragilidade. O fato de que a tecnologia é rapidamente suplantada tornando o Prode obsoleto, as restrições de acesso a alguns insumos, como também a característica de cliente único caso não ocorra exportação, são condicionantes que impactam diretamente na capacidade de sobrevivência desse setor.

Um fato muito relevante nesse cenário de aquisições também é a prática de aquisição de Prodes já com parte de seu ciclo de vida consumido. Conhecida como “compra de oportunidade”, é uma prática muito comum e demanda uma minuciosa avaliação considerando seu envelhecimento [3].

Com a devida adaptação do enfoque do modelo de avaliação de Maturidade seria possível quantificar a capacidade de sobrevida desse produto. Problemas clássicos nessa situação como dificuldades com a Cadeia de Suprimento, disponibilidade, obsolescência de componentes, dentre outros, poderiam ser identificadas, evidenciando o limiar entre a maturidade e o envelhecimento do Prode sob o enfoque da suportabilidade.

#### IV. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente artigo se propôs a discorrer sobre os modelos de mensuração de Níveis de Maturidade, em especial os

ligados a tecnologia e Suportabilidade e discutir sobre a sua aplicação no panorama da obtenção de produtos de defesa.

A especificidade da aplicação dos produtos de defesa restringe, em alguns aspectos, a utilização de tecnologias, componentes ou subsistemas em outros produtos que não sejam de defesa. Tal fato dificulta o ganho em escala por parte da Indústria e diminui a atratividade do setor. Para minimizar isso, pode ocorrer um alinhamento de requisitos que atendam aos dois objetivos e isso pode ser um risco caso ocorra a degradação de características funcionais que impactem na capacidade final desejada pela Defesa.

Os modelos de mensuração podem auxiliar na redução desse risco. Também é importante destacar que o GAO emitiu recentemente um parecer que reforça a aplicação dos modelos de Níveis de maturidade para melhorar a previsibilidade dos gastos com Defesa cancelando a sua relevância.

Além a afirmação de Hanna onde se estabelece uma diferença entre funcionalidade e confiabilidade aponta a importância de se investir em modelos que permitam uma avaliação objetiva de produtos no tocante ao seu desempenho funcional ao longo de seu ciclo de vida.

Sendo assim, arrisca-se inferir ser de elevada importância a utilização de métricas de Mensuração de Níveis de maturidade Logística em Prodes durante o processo de sua obtenção. A maturidade logística de um Prode sugere ganhos em termos de redução de custos de suportabilidade e melhoras na sua disponibilidade que podem ser significativos para um cenário cada vez mais exigente.

## REFERÊNCIAS

- [1] Brasil, “Decreto Nº 12.598, de 22 de março de 2012.” Ministério da Defesa, Brasília, p. 45, 2012.
- [2] Estado-Maior do Exército, “Catálogo de Capacidades do Exército.” p. 28, 2014.
- [3] E. C. Bohn, “Indústria de Defesa e Processos de Aquisição de Defesa no Brasil: Uma sugestão de debate baseado em modelos para países em desenvolvimento,” UFRGS, 2014.
- [4] M. Hobday, “Product complexity, innovation and industrial organisation,” *Res. Policy*, vol. 26, no. 6, pp. 689–710, 1998.
- [5] S. I. P. R. Institute/SIPRI, “World Military Expenditure 2018,” 2019. .
- [6] US-DoE, “DOE G 413.3-4A - Technology Readiness Assessment Guide,” p. 74, 2015.
- [7] fernando T. M. Abrahão, H. Marques, J. Filho, and D. Mota, “Amadurecimento da Confiabilidade de Sistemas em Desenvolvimento : Análise de Impacto nos Custos de Aquisição pelas Forças Armadas Brasileiras,” 2017, pp. 12–17.
- [8] C. Gary Jones, E. White, L. T. Col Erin Ryan, and L. D. Col Jonathan Ritschel, “Investigation Into the Ratio of Operating and Support Costs to Life-Cycle Costs for DoD Weapon Systems,” *Def. ARJ*, vol. 21, no. 1, pp. 442–464, 2014.
- [9] Sérgio Roberto Knorr Velho, Marcos Leandro Simonetti, Carlos Roberto Pinto de Souza, and Márcio Yoshiro Ikegami, “Nível de Maturidade Tecnológica: uma sistemática para ordenar tecnologias,” *Parc. Estrat. v. 22, n. 45, p. 119-140*, p. 21, 2017.
- [10] J. C. Mankins, “Technology Readiness Levels,” 1995.
- [11] D. Rocha, F. Cristóvão, L. De Melo, and J. Ribeiro, “Uma adaptação da metodologia TRL,” *Cge Rev. Gestão Em Eng.*, pp. 45–56, 2017.
- [12] A. P. B. B. Freire, “Metodologia de Avaliação de Nível de Maturidade Tecnológica para o Ciclo de Vida dos Materiais.” Rio de Janeiro, 2006.
- [13] Government Accountability Office - GAO, “GAO Technology Readiness Assessment Guide: Best Practices for Evaluating the Readiness of Technology for Use in Acquisition Programs and Projects -Exposure Draft,” no. GAO-16-410G, p. 147, 2016.
- [14] University Defense Acquisition, “Integrated Product Support Element Guidebook,” no. December, pp. 1–606, 2011.
- [15] A. Pyster, D. Olwell, S. Enck, A. Squires, N. Hutchison, and J. Anthony, “The Guide to the Systems Engineering Body of Knowledge ( SEBoK ),” no. September, 2011.
- [16] W. Nolte, A. Xpp, and R. Kruse, “Readiness level proliferation is the tendency to add,” *Distribution*, no. October, 2011.
- [17] E. Boadus, “Update on the Process for Evaluating Logistics Readiness Levels ( LRLs ).” p. 12, 2006.
- [18] AeroSpace and Defense Industries Association of Europe (ASD), *International guide for the use of the S-Series Integrated Logistic Support ( ILS ) specifications*. 2015.
- [19] M. L. Hanna and L. Martin, “Establishing Sustainment Readiness Levels ( SRLs ) for Systems Design,” 2012.
- [20] E. S. Brick *et al.*, “Cadernos de Estudos Estratégicos,” 2018.
- [21] L. N. Prado and D. Gamell, “Regime Especial de Contratações de Produtos e Sistemas de Defesa Militares no Brasil: Oportunidade para desenvolvimento de uma Indústria Nacional de Defesa e Parcerias Público-Privadas,” *Revista de Contratos Públicos: RCP. Belo Horizonte ano 3, N. 4, Set2013/Fev2014*, 2014.
- [22] M. da Defesa, “Orçamento do Ministério da Defesa do Brasil em 2018,” 2018. [Online]. Available: <https://www.defesa.gov.br/orcamento>. [Accessed: 29-Jun-2019].
- [23] B. Atwater and J. Uzdziński, “Wholistic Sustainment Maturity: The Extension of System Readiness Methodology across all Phases of the lifecycle of a complex system,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 28, pp. 601–609, 2014.
- [24] B. Sausser, J. Ramirez-marquez, D. Verma, and R. Gove, “From TRL to SRL: The Concept of Systems Readiness Levels,” *Conf. Syst. Eng. Res.*, no. May, pp. 1–10, 2006.
- [25] H. Rozenfeld *et al.*, *Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo*, vol. 542. 2006.
- [26] U. States and G. Accountability, “WEAPON SYSTEM SUSTAINMENT Selected Air Force and Navy Aircraft Generally Have Not Met Availability Goals, and DOD and Navy Guidance Need to Be Clarified Report to Congressional Committees United States Government Accountability Office,” no. September, pp. 1–21, 2018.