

# Uma Breve Comparação entre as Garantias de Missões Espaciais Clássica e Moderna

Cristiane Mariano Zavati Silva <sup>1</sup>, Marcelo Lopes O. Souza <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP, Brasil  
Aluna de Doutorado do Curso de Engenharia e Tecnologia Espaciais –ETE/Opção  
Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais-CSE.

<sup>2</sup>Instituto Tecnológico da Aeronáutica, São José dos Campos, SP, Brasil

cristiane.mzsilva@gmail.com

---

**Resumo.** Este artigo apresenta uma breve comparação entre as Garantias de Missões espaciais clássica (“old space”, utilizada pelas agências espaciais, enfatizando requisitos) e moderna (“new space”, utilizada pelas empresas espaciais, enfatizando restrições), visando satélites de pequeno e médio porte, sobretudo do INPE. Para isto, revisa a literatura a fim de comparar as duas abordagens, trazendo os prós e contras de cada uma. Esse estudo é importante em um cenário “new space”, onde a otimização de recursos é fundamental para a projeção na área espacial.

---

**Palavras-chave:** Garantia de Missão Espacial; Requisitos; Restrições; Otimização.

## 1. Introdução

Segundo Kim (2010), a garantia da missão é um processo de engenharia de ciclo de vida completo para identificar e mitigar as deficiências de projeto, produção, teste e suporte (infraestrutura) de solo que impactam o sucesso da missão.

Para Kim (2010), garantir a missão é o objetivo do Gerenciamento de Projetos e da Engenharia de Sistemas. Existem várias maneiras de abordar a Garantia da Missão. Segundo a *Crosslink Magazine* (Aerospace Corporation, 2007b), a *Aerospace Corporation* apresenta uma boa descrição de como a empresa se esforça para garantir a missão.

O estado da arte sobre esse tema será abordado de forma mais aprofundada no item resultados e discussões deste trabalho, pois será elemento de comparação. Porém seu breve resumo e os contextos desta comparação são:

1) Atualmente, a indústria espacial, bem como outras grandes indústrias, experimenta um rápido avanço nas tecnologias envolvidas e um aumento da complexidade em seus equipamentos e subsistemas. Conseqüentemente, as atividades de Garantia da Missão tornam-se cada vez mais difíceis de serem implantadas e gerenciadas.

2) Essa indústria, assim como outras, vivencia a preocupação quanto à integração das disciplinas envolvidas desde a concepção da missão até o descarte do produto. Dentre elas, destacam-se: a Engenharia de Sistemas, o Gerenciamento de Projetos e a Garantia da Qualidade.

3) Similarmente, a Garantia de Missão vem adquirindo importância no sucesso das missões, inicialmente na área militar; e, posteriormente, na área civil, uma vez que vivencia a preocupação quanto à integração das disciplinas envolvidas desde a concepção da missão até o encerramento e/ou o descarte do sistema que a suporta. Hoje, ela é bem estruturada e vivenciada pela NASA, ESA, JAXA, etc. Como a NASA, a ESA também apresenta tal preocupação; porém, a distribui em diferentes disciplinas, pois possui uma estrutura díspar da NASA. Corroborando:

Baseado em Jasper (2014), a Garantia de Missão é um campo maduro para iniciativas espaciais. A comunidade espacial que projeta e constrói satélites investiu pesadamente em compreender o que constitui garantir o sucesso da missão em órbita. Os padrões utilizados para produtos espaciais visando sua rastreabilidade, testes ambientais, outras práticas e processos foram pesquisados e incorporados na base da industrial aeroespacial (por exemplo: a classificação de sistemas A-D, da NASA, dentre outras). Em vários casos, isso resultou em sistemas que ficam ainda disponíveis além de sua vida útil de projetada.

4) Uma disciplina de suporte à Garantia de Missão que, de acordo com as publicações recentes, vem se destacando quanto à essa preocupação, é a Computação, com ênfase em Segurança Cibernética e suas derivações, como a memória dos projetos.

5) Além disso, podem-se citar ainda alguns fatores gerenciados pela Garantia de Missão e vivenciados pela área aeroespacial. São eles: o tempo de desenvolvimento de um determinado projeto ou missão, a exigência na disponibilidade, a segurança envolvida, o alto custo associado tanto do produto quanto das instalações de teste e armazenamento. Todos esses fatores contribuem para aumentar a preocupação de se garantir e estruturar o projeto/a missão/as informações de forma robusta, durante todo o ciclo de vida do produto. Assim:

Baseado em Jasper (2014), o desafio emergente dos últimos 10 anos tem sido a tensão entre obter melhor desempenho da tecnologia, a custos reduzidos, agravada pelo atendimento a cronogramas apertados. Para Jasper (2014), “este é um fenômeno bem compreendido manifestado em lançamentos de produtos cíclicos/efêmeros, como os cronogramas de lançamento de *smartphones*”. No espaço, esses efeitos são diferenciados por causa de fatores como desafios técnicos (exemplo: radiação), desafios programáticos (exemplo: o custo de lançamento) ou desafios culturais (ou seja, os sistemas espaciais têm como escopo grandes plataformas).

O objetivo deste trabalho é apresentar uma breve comparação entre as garantias de missões (GMs) espaciais clássica (*old space*, utilizada pelas agências espaciais, enfatizando requisitos) e moderna (*new space*, utilizada pelas empresas espaciais, enfatizando restrições), visando satélites de pequeno e médio porte, sobretudo do INPE.

## 2. Metodologia

Segundo Souza (2022), há três abordagens tradicionais para buscar soluções de problemas de engenharia:

A primeira abordagem utiliza Teoria e Análise. Aqui ela será usada para: 1) revisar a literatura e referenciar teoricamente as filosofias existentes da Garantia de Missão, no âmbito nacional e internacional; e ainda, 2) analisar as práticas e processos utilizados e na certificação aeroespacial, por meio de documentos e entrevistas.

A segunda abordagem utiliza Caracterização (por Modelagem e/ou Identificação) e Simulação. Aqui ela será usada para: para descrever e comparar os processos existentes.

A terceira abordagem utiliza Observação e Experimentação. Aqui ela será usada para colher dados e informações sobre o processo da Garantia de Missão para satélites de pequeno e médio porte, sobretudo no INPE.

A metodologia deste trabalho incluiu os seguintes passos:

- identificar a filosofia de garantia de missão no cenário nacional e internacional;
- estudar artigos científicos recentes publicados sobre o assunto;
- verificar as lacunas existentes na forma de abordar e executar a garantia de missão; e
- comparar as abordagens visando melhoria em sua aplicação.

Passos futuros:

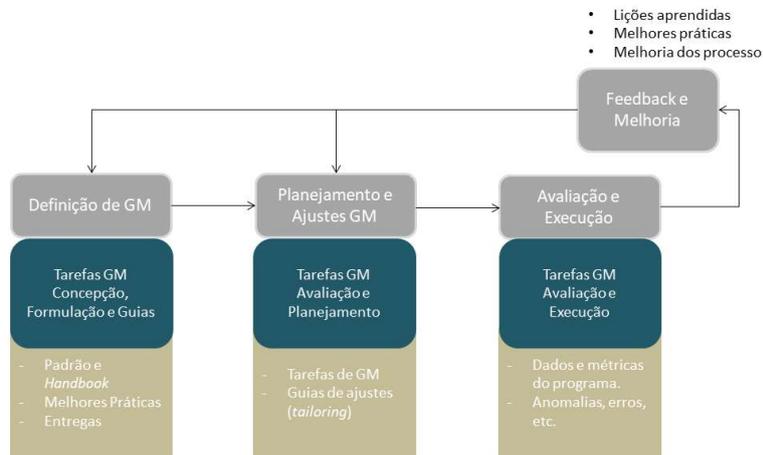
- montar uma proposta com as possibilidades de adequação da garantia de missão para satélites de pequeno e médio porte; e
- aplicar em estudos de caso.

## 3. Resultados e Discussão

### 3.1. Garantia de Missão Espacial Clássica/*Old Space*

#### Garantia de Missão segundo a *Aerospace Corporation*

A seguir, mostra-se um exemplo de modelo da Garantia de Missões Espaciais segundo a *Aerospace Corporation* (2011), que pode ser citada como um padrão utilizado na indústria espacial. A Figura 1 apresenta o modelo de Garantia de Missão Espacial adotada pela *Aerospace Corporation*. Nesse modelo pode-se observar que a Garantia de Missão passa pelas fases de definição; planejamento e ajuste; e execução. Também existe uma preocupação com a utilização das lições aprendidas, padrões, guias e melhores práticas.



**Figura 1. Modelo de Garantia de Missão Espacial.**

**Fonte: Adaptada de Aerospace Corporation (2011).**

Um fator importante que guia as atividades da Garantia de Missão é a definição da classe de **risco da missão** (Aerospace Corporation, 2011).

O Guia de Garantia de Missão da *Aerospace Corporation* (Aerospace Corporation, 2008a) apresenta seis processos principais de Garantia de Missão:

1. **A análise e validação de requisitos:** que é uma revisão dos requisitos declarados formalmente pelo usuário, e a verificação de sua consistência com as necessidades e expectativas declaradas formal ou informalmente;
2. **A garantia do projeto:** que é um conjunto de atividades de planejamento, análise e inspeção para avaliar se os projetos em evolução podem produzir um sistema que funcionará conforme as condições operacionais gerais pretendidas ao longo de sua vida útil;
3. **A garantia de fabricação:** que garante que os processos de fabricação planejados são repetíveis, confiáveis e vão produzir o sistema conforme projetado;
4. **A Integração, testes e avaliação:** que verifica se os componentes montados atendem aos requisitos individuais e como parte do sistema integrado;
5. **A prontidão operacional:** que abrange todas as atividades necessárias para transportar, receber, aceitar, armazenar, manusear, implantar, configurar, testar em campo e operar veículos de lançamento e espaciais e sistemas terrestres de apoio;
6. **As revisões e auditorias de garantia da missão:** que são formas de análise técnica independentes que facilitam a compreensão das interfaces e do desempenho composto de um sistema. Os três tipos são: revisões técnicas, auditorias, e revisões de prontidão.

### **3.2. Garantia de Missão Moderna/*New Space***

Para Jasper (2014), “com o advento de pequenos satélites, as missões tem tido uma abordagem que visa dinamizar as práticas de garantia e definição de sucesso da missão (muitas vezes, tendo uma comunicação como sucesso)”. Muitas vezes, existe a premissa questionável que a utilização de práticas de garantia superior gera taxas de sucesso de missão mais altas.

Segundo Jasper (2014), “pequenos satélites impulsionaram o desenvolvimento da filosofia e implementação da Garantia da Missão. Originalmente, o foco na garantia de pequenos satélites estava em ignorar a utilização integral dos padrões ou em adaptar padrões básicos tradicionais (como ECSS, *Aerospace Corporation*, etc.)”. Para desenvolver missões de pequenos satélites, de forma a obter resultados relevantes e úteis, torna-se necessário encontrar o ponto de equilíbrio entre a utilização das exigências aquém do necessário e padrões tradicionais e aplicar as ferramentas tradicionais.

Cf. Jasper (2014), “o cerne da definição de um novo paradigma de garantia de missão está em compreender a forma de como diminuir as exigências da garantia da missão tradicional”. Custo e cronograma são, frequentemente, os principais fatores; no entanto, é importante compreender quais práticas e processos técnicos devem ter/possuir um nível mais elevado de exigências, além da implementação de uma estrutura de autoridade de aprovação (AA) com o nível de envolvimento adequado/ aceitável dada a classificação da missão. Para Jasper (2014), “ter critérios para direcionar os programas de forma a entender os riscos associados, permite que os gerentes de programa definam as expectativas adequadas tanto dos líderes quanto das partes interessadas”. Isso é fundamental para ajudar a evitar que os líderes vislumbrem um programa de baixo risco com um perfil de financiamento mais baixo para uma missão de alto risco.

### **3.3. Lacuna existente para pequenos satélites: missões que não atendem às classes A-D**

Nos EUA existem importantes definições e literatura sobre a classificação de missões: pela NASA (O’Connor, 2018), pelo DOD (Jasper, 2014) e pela indústria espacial, como a *Aerospace Corporation* (*Aerospace Corporation*, 2011). Conforme descrito em NPR 8705.4 (O’Connor, 2018), o nível de classificação de risco deve ser definido e acordado pelas partes interessadas.

Comumente, a classe D tem sido a classificação na qual os pequenos satélites são alocados (Jasper, 2014). Isto ocorre porque a Classe D possui elementos que têm riscos técnicos de nível médio para o projeto, e admite que alguns mecanismos de falha da missão podem existir.

“Tem sido constantemente demonstrado que vários requisitos da classe D não atendem às necessidades de muitos pequenos satélites porque aqueles são muito restritivos e não permitem a variabilidade da missão destes. Muitas vezes, pequenos satélites ignoram a maioria das atividades definidas nas Classes A-D, pois as restrições competem com os objetivos da missão. Para as indústrias de pequenos satélites e com os financiamentos que essas missões recebem, os desenvolvedores criam perfis de garantia personalizados. Os perfis personalizados não atendem

à intenção da Classe D, nem a Classe D é suficiente para as realidades da maioria das missões de satélite de pequeno porte, (Jasper, 2014)”.

Existem **dois conceitos-chave** que são essenciais para a nova proposta, a saber:

De acordo com (Jasper, 2014), “dois conceitos importantes sobre Garantia de Missão para a comunidade de satélites de pequeno porte **“missões baseada em restrições” x “missões baseadas em requisitos”**”.

Para Jasper (2014), as “missões baseadas em requisitos” têm como abordagem manter seus requisitos congelados (linha de base), projetando e refinando a tecnologia até que seus objetivos sejam cumpridos. Já as “missões baseadas em restrições” são mais fluidas e precisam se adequar à medida que a capacidade real e as restrições do sistema são compreendidas.

Para Jasper (2014), “em essência: 1) uma missão “baseada em requisitos” tem uma “caixa” feita para ela; já 2) uma missão “baseada em restrições” se encaixa na capacidade da “caixa”. Sendo assim, ou 1) a “caixa” tem que se adequar à missão, ou 2) a missão tem que adequar a “caixa”. Então, 3) uma solução de compromisso deve ser atingida entre as partes interessadas que utilizam a abordagem 1) “baseada em requisitos” e os engenheiros que utilizam 2) a abordagem “baseada em restrições”; e 3) o compromisso que foi estabelecido deve ser mantido durante toda a missão. Sem isso, o sucesso pode ser impactado e o alargamento do escopo pode aumentar a utilização de recursos sem retorno para a missão”.

Um exemplo citado por (Jasper, 2014) e pela experiência da autora, é o caso de espaçonaves que levam algum tempo para entender as restrições e, às vezes, reavaliar /reduzir os objetivos da missão. Isto é necessário para assim produzir uma missão mais tangível e adequada.

Para Jasper (2014), “**o segundo conceito-chave** é que uma boa engenharia não é substituída pela Garantia da Missão (GM). Frequentemente, boas práticas de engenharia estão contidas em práticas de GM, mas aqui a **GM é vista como uma verificação e equilíbrio para o processo de engenharia**”.

Além disso, as missões são projetadas para o sucesso total da missão; as exigências da Garantia da Missão podem fornecer o nível adequado de confiança no sucesso da missão. Se uma missão não foi projetada para o sucesso total, ou o projeto é “defeituoso” ou o escopo está mal definido, isso não é escopo da GM. Por outro lado, uma missão pode ter um projeto de alta fidelidade e seguir por processos de engenharia bem aceitos, no entanto, o perfil de Garantia de Missão ainda pode oferecer baixa garantia. Deve-se enfatizar que isso não significa que a missão será mal sucedida, mas que a confiança no desempenho para alcançar o sucesso é menos garantida, baseado em Jasper (2014) e experienciado pela autora.

A Figura 2 mostra a nova abordagem da Garantia de Missão.



**Figura 2. Nova Abordagem da Garantia Missão “Baseada em Restrições”.**

**Fonte: Adaptada de Jasper (2014).**

### 3.4. Limitações Programáticas

Como dito antes, um dos conceitos-chave essenciais para a nova proposta não possui dependência direta da Garantia de Missão (GM), sendo esse, definir o escopo adequado das missões de pequenos de satélite. Juntamente com essa definição é necessário ter clareza das restrições impostas à missão, baseado em Jasper (2014).

Segundo Branco (2016), nesse início cabe definir as informações importantes para a concepção da missão, como: definição do escopo da missão, critérios de aceitação, entregas, restrições, exclusões, premissas, benefícios esperados, metas, riscos de alto nível, Estrutura Analítica do Projeto (EAP), dentre outras.

Para poder elaborar requisitos bem aderentes à missão, é importante se ter o conhecimento dos aspectos que compõem a missão como um todo e suas definições. Portanto, essa etapa inicial de concepção é de extrema importância e requer dedicação.

Segundo Branco (2016), o primeiro passo para se definir o escopo tem relação com o critério de sucesso da missão, sendo esse o atendimento das demandas/necessidades dos *stakeholders*. Essas demandas/necessidades posteriormente serão desdobradas em requisitos. Isso levará a especificação de uma missão que tenha características e funcionalidades que atendem esses requisitos.

Cf. Branco (2016), outro aspecto importante para a definição do escopo, de acordo com PMI (2017), é levantar “todo o trabalho necessário e somente o trabalho necessário”, com isso se definem os limites da missão. Estabelecendo de forma clara até onde o trabalho irá e de onde não passará. Um exemplo de ferramenta para esse momento é o uso das exclusões (Branco, 2016). O escopo da missão será o trabalho que deve ser realizado para entregar os benefícios, com as características específicas.

### 3.5. Autoridade de Aprovação

As restrições programáticas costumam ser as mais motivadoras para missões de satélites de pequeno porte, pois se espera que estas sejam relativamente rápidas e mais baratas que as demais. Independentemente das expectativas, a realidade é que custos mais baixos e programas de cronograma mais curtos muitas vezes reduzem o perfil/envolvimento da Garantia de Missão.

Para Jasper (2014), “a Autoridade de Aprovação de um programa (AA) é considerada o órgão responsável que aceita /rejeita riscos, aprova/reprova itens em um programa nas revisões, etc. Ao contrário das restrições programáticas, conforme o envolvimento da AA de um programa na estrutura de uma organização, isso muitas vezes aumenta a garantia da missão. Mesmo que as práticas e técnicas não sejam inovadoras, a supervisão e a quantidade de revisões aumentam”.

## 4. Conclusão

Este artigo apresentou uma breve comparação entre as Garantias de Missões (GMs) espaciais clássica (*old space*, utilizada pelas agências espaciais, enfatizando requisitos) e moderna (*new space*, utilizada pelas empresas espaciais, enfatizando restrições), visando satélites de pequeno e médio porte, sobretudo do INPE.

Pode-se verificar os focos das abordagens apresentadas, sendo possível concluir que as duas possuem seus ganhos quando aplicadas dentro dos escopos a que se propõem, sendo talvez possível fazer uma combinação entre ela.

A abordagem da Garantia de Missão clássica (*old space*) objetiva missões com tempos de duração, valores financeiros, e complexidades altas, portanto tendo um grau elevado na escala de classificação. Já a abordagem moderna (*new space*) concentra-se em missões onde existe uma maior flexibilidade e um grau mais baixo na escala de classificação, sendo mais interessante para satélites de pequeno e médio porte, sobretudo do INPE.

Tal comparação visa estabelecer uma nova abordagem objetivando otimizar recursos com a Garantia de Missão, visando o cumprimento dos requisitos e restrições estabelecidos pela missão do sistema que a suporta, dado o envolvimento dos seus atores. Isto é especialmente verdadeiro e útil para os satélites de pequeno e médio porte ou de complexidade semelhante, por terem limitações mais severas e se forem usados para testar novas tecnologias, possibilitando também o estabelecimento alternativas de métodos e práticas para a execução e implementação da Garantia de Missão.

## Referências

AEROSPACE CORPORATION. Mission assurance guide: Technical Operating Report TOR-2007(8546)-6018 Rev. B, 2007a.

AEROSPACE CORPORATION. Mission assurance - a back-to basics approach to success. Crosslink – The Aerospace Corporation Magazine of Advances in Aerospace Technology, vol. 8, nº 2, 2007b.

AEROSPACE CORPORATION. Mission assurance guidelines for A-D mission risk classes. Technical Operating Report TOR-2011(8591-21), 2011.

BRANCO, R. H. F., JUNIOR, R. V., LEITE, D. E. S. Gestão colaborativa de projetos. Saraiva, 2016. ISBN: 978-85-472007-86-1.

JASPER, L. Defining a new mission assurance philosophy for small satellites. In: 32nd Annual AIAA/ USU, Conference on Small Satellites. Proceeding, 2014.

KIM, F. Mission-critical and safety critical systems - best practices. In: Mission assured, mission critical and safety critical systems handbook. Chapter 1, 2010. ISBN: 978-0-7506-8567-2.

O'CONNOR, B., Risk classification for NASA payloads. NASA Procedural Requirement 8705.4, June 14 2018.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE (PMI). Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos (guia PMOK). 6. ed. Newton Square: PMI, 2017.

SOUZA, M. L. O. Abordagens Tradicionais para Buscar Soluções de Problemas de Engenharia. S. J. Campos, SP: INPE, Comunicação Oral e Notas de Aulas, 2022.