

Mitigação de Detritos Espaciais

Denilson P. S. Santos¹

FESJ/UNESP, Departamento de Engenharia Aeronáutica, São João da Boa Vista, SP,

Jorge K. S. Formiga²

ICT/UNESP, São José dos Campos - SP

Os detritos orbitais são definidos como objetos feitos pelo homem e colocados em ambiente espacial que não servem mais a uma finalidade útil. Fazendo uma analogia aos impactos ambientais convencionais, a potencial liberação de detritos orbitais ou a geração de fragmentos em ambientes espaciais podem ser consideradas como uma emissão de um estressor ambiental que danifica os recursos naturais orbitais que suportam as atividades espaciais. A sustentabilidade espacial é um tema cada vez mais importante à medida que a exploração e uso do espaço se expande, como consequência desta expansão, a comunidade internacional está trabalhando para desenvolver soluções para garantir uma exploração do espaço segura e responsável [1, 2]. Sustentabilidade espacial se refere ao desenvolvimento e uso responsáveis do espaço, garantindo que as atividades espaciais possam continuar no futuro sem prejudicar o meio ambiente ou a segurança dos objetos no espaço. Isso inclui a gestão de detritos espaciais, o uso de tecnologias limpas e eficientes, e a cooperação internacional. Por definição mitigar significa a ação de minimizar ou de limitar danos ou efeitos negativos. Existem várias maneiras de mitigar os detritos espaciais [3]:

- Redução de lançamentos futuros: implementação de práticas mais seguras para o lançamento de foguetes e satélites, como o uso de sistemas de desmantelamento controlado após o fim de sua vida útil;
- Redução de lançamentos futuros: implementação de práticas mais seguras para o lançamento de foguetes e satélites, como o uso de sistemas de desmantelamento controlado após o fim de sua vida útil;
- Limpeza da órbita: utilização de robôs para capturar e remover detritos, ou o uso de lasers para empurrar os objetos para órbitas mais baixas onde eles podem eventualmente reentrar na atmosfera;
- Mitigação de colisão: mitigar as colisões entre detritos espaciais e satélites operacionais, movendo satélites para órbitas diferentes ou alterando suas trajetórias;
- Projetos de engenharia: a construção de satélites e foguetes com materiais mais resistentes e projetos mais avançados, pode ajudar a reduzir a quantidade de detritos gerados;
- Monitoramento: melhorando a capacidade de rastrear e monitorar os detritos espaciais, as agências espaciais podem tomar medidas para evitar colisões.
- Normas e regulamentos internacionais: desenvolver normas e regulamentos para lidar com os detritos espaciais, incluindo a responsabilidade dos lançadores por seus objetos.

¹denilson.santos@unesp.br

²jorge.formiga@unesp.br

- Desenvolvimento de tecnologias avançadas: novas tecnologias, como material de construção mais resistente ou sistemas de propulsão que possam ser usados para remover detritos espaciais.

Essas são algumas das principais maneiras de mitigar os detritos espaciais, mas é importante notar que ainda há muito a ser feito para resolver este problema e ainda é um desafio para a comunidade internacional [3–7].

Este trabalho propõe a simulação de nuvens de detritos espaciais gerados como consequência de explosões aleatórias, cada partícula analisada individualmente, no problema restrito de três corpos (PRTC), onde a massa de cada partícula é desprezável quando comparada com a massa dos primários (Terra-Lua); propõe-se também a análise computacional utilizando integradores numéricos para propagação temporal de órbita e reentrada (MATLAB), avaliação de risco de detrito e análise de mitigação (DRAMA/ESA) e propagação de órbita e colisões (STK/AGI).

Agradecimentos

FAPESP 2022/15075 – 5, 2023/01391 – 5, 2016/024561 – 0, Projeto FINEP: 0527/18.

Referências

- [1] Camilla Colombo, Francesca Letizia, Mirko Trisolini, Hugh G. Lewis, Augustin Chanoine, Duvernois Pierre-Alexis, Julian Austin e Stijn Lemmens. “Life Cycle Assessment Indicator for Space Debris”. Em: 2017.
- [2] Letícia Camargo De Moraes, Jorge Kennety Silva Formiga, Fabiana Alves Fiore Pinto, Denilson Paulo Souza dos Santos e Vivian Silveira dos Santos Bardini. “Mapeamento de detritos Espaciais: Consequência ao Meio Ambiente e ao Programa Espacial / Mapping of Space Debris: Consequences to the Environment and the Space Program”. Em: **Brazilian Journal of Development** 7.8 (ago. de 2021), pp. 81362–81376. ISSN: 2525-8761. DOI: 10.34117/bjdv7n8-379. URL: <https://brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/34550>.
- [3] Martha Mejía-Kaiser. **IADC Space Debris Mitigation Guidelines**. 2020. DOI: 10.1163/9789004411029_014.
- [4] Jorge Kennety Silva Formiga, Denilson Paulo Souza dos Santos, Fabiana A. Fiore, Rodolpho Vilhena de Moraes e Antonio Fernando Bertachini A. Prado. “Study of collision probability considering a non-uniform cloud of space debris”. Em: **Computational and Applied Mathematics** 39 (1 mar. de 2020), p. 21. ISSN: 2238-3603. DOI: 10.1007/s40314-019-0997-z. URL: <http://link.springer.com/10.1007/s40314-019-0997-z>.
- [5] Jorge K S Formiga, Denilson P S Santos e Antonio F B A Prado. “Resonant Orbits for the Space Debris”. Em: **International Journal Of Theoretical And Applied Mechanics** 4 (2019), pp. 1–7.
- [6] Francesca Letizia. “Extension of the Density Approach for Debris Cloud Propagation”. Em: **Journal of Guidance, Control, and Dynamics** 41.12 (2018), pp. 2651–2657. DOI: 10.2514/1.G003675. eprint: <https://doi.org/10.2514/1.G003675>. URL: <https://doi.org/10.2514/1.G003675>.
- [7] Thibaut Maury, Jonathan Ouziel, Philippe Loubet, Maud Saint-Amand e Guido Sonnemann. “How to integrate Space Debris into the Environmental Assessment of Space Missions?” Em: 2017.