

Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics

Estudo otimizado sobre *Rendezvous* com Detritos Espaciais Brasileiros em LEO

Gyslla D. Bento da Silva¹

Universidade Federal do ABC, Santo André, SP

Claudia Celeste Celestino de Paula Santos²

Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais, UFABC, Santo André, SP

David Barnhart³

Space Engineering Research Center, University of Southern California, Los Angeles, CA

1 Introdução

Objetos inoperantes em órbita são grandes ameaças para satélites ativos e têm sido de grande preocupação para a comunidade científica no mundo. O síndrome de Kessler explica que a alta densidade de detritos espaciais em baixa órbita (*low-Earth Orbit*, LEO) aumenta o risco de colisões com objetos no espaço, os quais são difíceis de serem evitados e podem potencialmente gerar outros milhares de detritos em cada colisão, criando um fenômeno de cascata. Esse problema tem sido estudado a fundo e acredita-se que a população de detritos pode ter alcançado, ou pode até estar acima, do limite previsto pelo síndrome de Kessler. [1, 2]

Baseado nesse cenário, trabalhos recentes mostram que métodos de mitigação devem ser aplicados, a fim de manter um ambiente espacial sustentável. Entretanto, dados numéricos atualizados revelam que, no futuro, mesmo com medidas de mitigação, a região LEO se encontra em uma situação em que a população de detritos espaciais irá continuar crescendo, mesmo se todos os futuros lançamentos forem suspensos. Nesse caso, métodos de remoção ativa de detritos (*Active Debris Removal*, ADR) devem ser aplicados para controlar o aumento dessa população.

2 Resumo

A intenção deste trabalho é analisar um determinado grupo de detritos espaciais brasileiros e selecioná-los como alvos para uma possível missão que venha a removê-los ativamente da região LEO. A intenção é de minimizar o impulso necessário para mudança de trajetória a ser estimado para uma futura missão com tal propósito, principalmente

¹gbento@aluno.ufabc.edu.br

²claudia.celeste@ufabc.edu.br

³barnhart@isi.edu

para mudança de plano orbital, a qual pode consumir muito combustível. Portanto, este trabalho baseia-se em um estudo relacionado à população de objetos inoperantes em LEO, analisando altitudes de perigeo e apogeo, inclinação, RCS (*Radar Cross Section*, referente ao tamanho do detrito) para cada objeto do grupo alvo a ser selecionado.

A partir de uma análise para altitude em função da inclinação orbital da população de detritos brasileiros em LEO, é possível encontrar objetos com grande potencial para compor o grupo de detritos alvo, já que possuem mesma inclinação orbital, fazendo-se desnecessária a realização de manobras para mudança de plano. Porém, com o auxílio do software de simulação STK (*System Tool Kit*), observa-se que a diferença angular da ascensão reta do nodo ascendente entre os detritos com mesma inclinação orbital pode resultar em diferentes planos orbitais para cada objeto, podendo exigir que o interceptor, que viria a ser o veículo espacial para remoção ativa dos detritos, realize manobras para mudança de plano. Com essas simulações realizadas, observou-se que é possível haver o alinhamento dos nodos ascendentes das órbitas de cada alvo através da ação natural de perturbações, acrescentando uma alternativa para a missão, na qual o interceptor esperaria em uma órbita de estacionamento até que o alinhamento fosse alcançado, sem gasto de combustível com manobras. Além disso, também foi possível observar nas simulações que, dos alvos que possuem órbitas com inclinações próximas à 90° , como por exemplo, os satélites CBERS (*China-Brazil Earth Resources Satellite*), esses necessitam de um tempo menor de espera para que ocorra o alinhamento dos nodos ascendentes. Já para objetos com inclinações menores, em torno de 25° , como os satélites SDC (Satélites de Coletas de Dados), o tempo de espera para tal evento seria maior.

Referências

- [1] M. Jankovic, F. Kirchner, F. Topputo, and M. Vasile. *Robotic System for Active Debris Removal: Requirements, State-of-the-art and Concept Architecture of the Rendezvous and Capture (RVC) Control System*. 5th CEAS Air and Space Conference, Milan, Italy, 2015.
- [2] H. G. Lewis and A. E. White. *The many futures of active debris removal*, Acta Astronautica, volume 95, pages 189-197, 2013.
- [3] J.-C. Liou, N. L. Johnson, and N. M. Hill. *Controlling the growth of future LEO debris population with active debris removal*, Acta Astronaut, volume 66, pages 648-653, 2009.
- [4] K. T. Nock, K. L. Gates, K. M. Aaron, and A. D. McDonald. *Gossamer Orbit Lowering Device (GOLD) for Safe and Efficient De-orbit*, 2010.
- [5] K. T. Nock, K. M. Aaron, and D. McKnight. *Removing Orbital Debris with Less Risk*, Journal of Spacecraft and Rockets, volume 50, 2013.
- [6] NASA. *U.S. Government Orbital Debris Mitigation Standard Practices*.
- [7] W. Pulliam. *Catchers Mitt Final Report*, DARPA Study, 2011.