

## REMOÇÃO DE DETRITOS ESPACIAIS COM USO DE DISPAROS DE LASER

André Martins Tsuji<sup>1</sup> (FEG – UNESP, Bolsista PIBIC/CNPq)  
Vivian Martins Gomes<sup>2</sup> (FEG – UNESP/INPE, Orientadora)  
Antonio Fernando Bertachini de Almeida Prado (INPE, Orientador)

### RESUMO

Neste trabalho estuda-se a possibilidade da remoção de detritos espaciais presentes em órbitas terrestres, diminuindo assim o risco de eventuais acidentes com satélites em atividade. A trajetória desse detrito foi, inicialmente, prevista seguindo as três leis de Kepler em um problema de dois corpos, para depois inserir a perturbação gerada pelo efeito gravitacional da Lua em um problema de três corpos. Posteriormente, os efeitos gravitacionais do Sol também foram inseridos na simulação. Os efeitos gravitacionais da Lua e do Sol foram aplicados sobre o detrito e sobre a Terra, com a finalidade de aumentar a fidelidade da simulação comparada com os efeitos reais. O segundo tipo de perturbação adicionada à simulação foi a deformação geopotencial do campo gravitacional da Terra. Utilizando o coeficiente de achatamento da Terra  $J_2$  foi possível aproximar mais a simulação dos efeitos reais. Em etapas posteriores desse trabalho pretende-se utilizar um número maior de termos para o potencial da Terra, visando uma melhoria de precisão nas integrações numéricas. A participação do arrasto atmosférico é fundamental na remoção do detrito, e foi modelado de uma forma bastante simplificada. Assume-se que quando o veículo atinge a altitude de 200 km em relação a superfície da Terra a reentrada ocorrerá e o detrito será destruído. Sendo assim, não é feita uma integração numérica levando em conta a densidade da atmosfera. Essa etapa será a próxima a ser efetuada na continuação dessa pesquisa. A forma de derrubar o detrito será a aplicação de um impulso vindo de um canhão laser. Esse impulso será aplicado pelo canhão, que estará localizado na superfície terrestre. A direção do impulso será a mesma que o canhão aponta para o detrito. Para isso é necessário considerar a localização do canhão em determinado instante, levando em conta a rotação da Terra e verificando se o detrito está visível para o canhão nesse instante. Havendo visibilidade, é elaborado um algoritmo que varia a magnitude do impulso a partir do zero, com o objetivo de encontrar qual o menor valor de impulso que consegue fazer com que o detrito tenha uma órbita cujo perigeu esteja abaixo de 200 km, indicando assim que haverá a reentrada atmosférica e o detrito será destruído. Assume-se que o menor valor de impulso represente uma situação aonde haja economia de energia no disparo do canhão. Como muitos disparos serão efetuados, essa economia é relevante durante o processo. Para cada instante simulado, é obtida a direção que o canhão deve apontar, junto com o menor impulso necessário para alterar a velocidade do detrito o suficiente para que mude sua trajetória, entre na atmosfera e sofra combustão. Visando minimizar o gasto de energia para a remoção do detrito, para cada instante simulado, são desconsideradas as situações aonde são necessárias um impulso igual ou maior que o dobro do módulo da velocidade que o detrito possuía antes da aplicação do impulso.

<sup>1</sup>Aluno do Curso de Engenharia Elétrica - Email: tsuji.martins@gmail.com

<sup>2</sup> Profª Pesquisadora do Depto de Matemática - Email: vivian.gomes@feg.unesp.br

<sup>3</sup> Pesquisador da Divisão de Mecânica Espacial e Controle - Email: antonio.prado@inpe.br