

# XXI Colóquio Brasileiro de Dinâmica Orbital - CBDO 2022

## LIVRO DE RESUMOS



Satélite Amazônia 1

12 a 16 de dezembro de 2022

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE  
São José dos Campos, SP, Brasil

## Órbitas de satélites artificiais terrestres considerando a distribuição não uniforme de massa da Terra

Guilherme de Oliveira Paes<sup>1</sup>, Rodolpho Vilhena de Moraes<sup>2</sup>, Helio Koiti Kuga<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade Paulista, UNIP, Assis (SP), Brasil

<sup>2</sup> Instituto de Ciências e Tecnologia, ICT-Unifesp, São José dos Campos (SP), Brasil

<sup>3</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE, São José dos Campos (SP), Brasil

E-mail: oliveira.guilherme1643@gmail.com

Os satélites artificiais terrestres possuem diversas aplicações, entre elas a telecomunicação (internet, TV, GPS), observação da Terra, exploração espacial (telescópios espaciais), meteorologia (monitoramento do clima, queimadas, desmatamentos, níveis de poluição), realização de experiências em ambiente de micro gravidade, estudos geodinâmicos, aplicações militares, etc. Quando se estuda o movimento orbital de um satélite artificial terrestre, é imprescindível que os efeitos das forças perturbadoras sejam analisados. Devido as perturbações, a órbita de um satélite se afasta da órbita elíptica de dois corpos, e dessa forma, a órbita se deforma. O presente trabalho refere-se ao estudo do movimento orbital de satélites artificiais ao redor da Terra, utilizando as equações planetárias de Lagrange para analisar as variações (seculares e periódicas) dos elementos orbitais tendo em vista perturbações em virtude da distribuição não uniforme de sua massa. Foram quantificados os efeitos dos coeficientes zonais  $J_2$ ,  $J_3$ ,  $J_4$ ,  $J_2+J_3$  e  $J_2+J_3+J_4$  separadamente, sobre o semieixo maior da órbita de satélites artificiais da Terra em órbita inicial de 700 km de altura, fixando inclinações de  $30^\circ$ ,  $45^\circ$  e  $60^\circ$  e para excentricidades 0,01 e 0,02. Fora, também, quantificados os efeitos dos coeficientes zonais sobre o semieixo maior de 690 km de altura. Soluções analíticas aproximadas foram comparadas com soluções numéricas realizadas em Python para as simulações e análise dos resultados, utilizando a biblioteca SciPy, através da rotina `integrate.odeint`, que utiliza a função Isoda da biblioteca `odepack` de FORTRAN. Ao integrar as equações planetárias de Lagrange numericamente é possível observar que, considerando somente o termo  $J_2$  do geopotencial, os elementos métricos permanecem constantes e há variação secular nos elementos angulares. Considerando somente o termo  $J_3$ , nota-se que há variação periódica tanto nos elementos métricos quanto nos elementos angulares. Considerando somente o termo  $J_4$  do geopotencial, observa-se que há variação secular nos elementos angulares. Para os coeficientes  $J_2+J_3+J_4$ , é possível observar que o efeito perturbativo causado pelo  $J_2$  é predominante no modelo considerado. Isso se decorre do fato de  $J_2$  ser da ordem de 1000 vezes maior que os coeficientes  $J_3$  e  $J_4$ . Entretanto, apesar da influência do coeficiente  $J_2$  ser maior, os demais termos devem ser considerados de acordo com a proposta de cada missão.

### Referências

- VILHENA DE MORAES, R. Trajetória de Veículos Espaciais, São José dos Campos, Publicação Interna, ITA, 1978.  
CHOBOTOV, V.A. Orbital Mechanics, 3a. ed Virginia: AIAA Educational Series, 2002.  
PRADO, A. F. B. A. and KUGA, H. H. Fundamentos de Tecnologia Espacial. São José dos Campos: INPE, 2001.