

# MODELAMENTO DE SATÉLITES ARTIFICIAIS RÍGIDO/FLEXÍVEIS

**Alexandre Bizarro Fernandes**

**Aluno da Escola de Engenharia Industrial de São José dos Campos**

**Bolsa PIBIC**

**Orientador: Dr. Luiz Carlos Gadelha de Souza, Pesquisador da Divisão de Mecânica Espacial e Controle**

**Avenida dos Astronautas, 1.758 - Caixa Postal 515**

Em geral um satélite precisa apontar, através de uma manobra de atitude, ou ficar apontado para uma determinada região do espaço. Como exemplo, muitos satélites precisam ficar apontados para a Terra. Outros satélites apontam uma face na direção do sol ou certas estrelas de interesse, outros ainda são projetados para apontar primeiro para um objeto e depois para algum outro. Frequentemente parte do satélite (uma antena de comunicação) deve apontar para a região da Terra, enquanto outra parte (um painel solar) deve apontar para o sol. Para se atingir os objetivos da missão, a estabilização da atitude e o sistema de controle são partes importantes do projeto do satélite.

A definição de satélite rígido/flexível está associada às diferentes partes móveis que constituem o satélite. Por exemplo, um painel solar, uma roda de reação ou mesmo um amortecedor de natação.

A maioria dos veículos espaciais exige a execução de movimentos de atitude que ajustam o vetor do momento angular durante pelo menos uma fase de sua missão. Muitos desses veículos estarão rodando durante parte ou todo o seu tempo de vida no espaço.

Para satélites estabilizados por rotação é praticamente mandatório a inclusão de um amortecedor de natação passivo ou ativo. Os amortecedores passivos são muito eficientes e confiáveis além de requerer pouca massa e espaço. Os amortecedores de natação têm a função de alinhar o eixo de "spin" com o vetor quantidade de movimento angular, amortecendo assintoticamente movimentos de cone originados por perturbações ambientais ou torques de manobra e/ou controle de atitude.

Deseja-se sempre obter um mínimo tempo de amortecimento. Isto pode ser atingido ajustando o amortecedor, variando-se certos parâmetros. Entretanto, não é aconselhável regular o amortecedor muito precisamente, conforme as tolerâncias de fabricação, mudanças da taxa de rotação e variações de temperatura aumentariam demais uma variação na constante de tempo de amortecimento e podem algumas vezes tornar os amortecedores instáveis e, portanto, inúteis.

Um dos amortecedores de natação mais utilizados é o tipo massa-mola, o qual contém uma fonte e uma massa deslizadora, com uma caixa fixada rigidamente no corpo do satélite. A aceleração linear ao longo do tubo é usada como uma função forçada para o amortecedor.

A dissipação de energia vem de uma fricção estática ou dinâmica resultando um amortecimento da natação. Na determinação do projeto desse tipo de amortecedor deve-se levar em conta a velocidade de "spin" e as propriedades de inércia do veículo.

Neste trabalho determina-se as equações de movimento de um satélite rígido/flexível, considerando em particular um amortecedor de natação, para isso utilizamos primeiramente o "software" MATCAD para obtenção das equações do movimento do amortecedor, considerando fatores como a posição de sua massa deslizante em função do tempo, os momentos de inércia do satélite e a dissipação de energia proveniente desse movimento.

Através destas equações estabelecemos algumas restrições para os parâmetros desse amortecedor, as quais foram utilizadas na simulação realizada posteriormente, utilizando a linguagem FORTRAN.

Os resultados dessa simulação puderam ser observados utilizando o aplicativo "GRAPHER FOR WINDOWS".

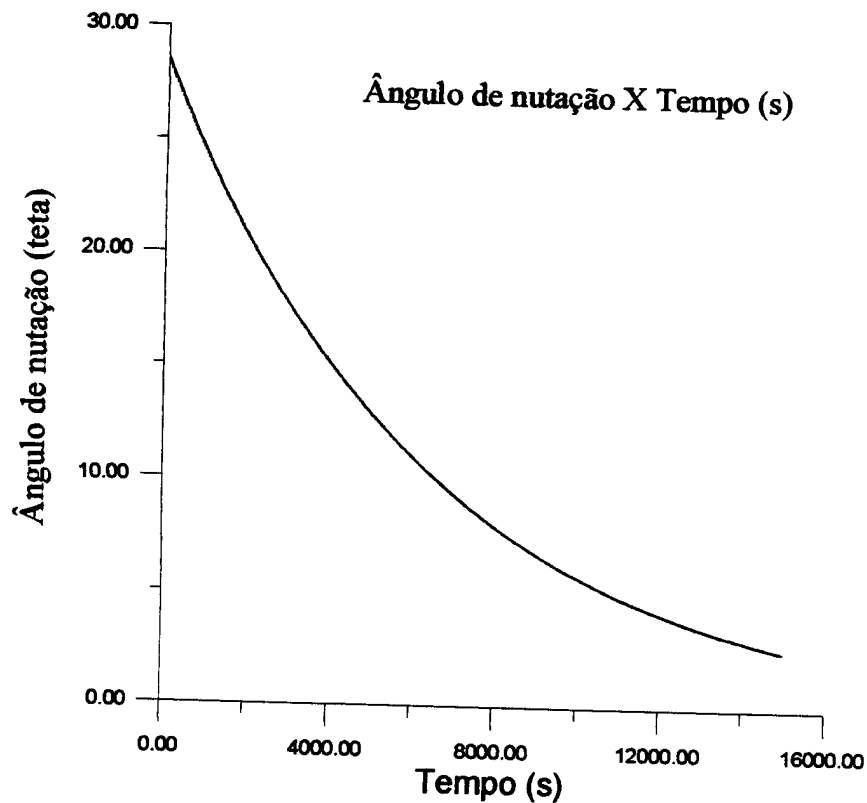
Observamos que com certos parâmetros o amortecedor de nutação não conseguia impor seu papel preestabelecido, assim, o satélite mantinha seu movimento indesejado.

Tivemos então que variar os parâmetros do amortecedor, tais como: constante elástica da mola, coeficiente de atrito viscoso, velocidade de "spin" e massa deslizante.

Alguns parâmetros conseguiam fazer com que o movimento indesejado fosse eliminado, porém o tempo gasto para realização de tal objetivo era muito além do que se esperava.

Com as restrições anteriormente citadas, estabelecidas a partir da análise das equações do movimento, pudemos enfim encontrar os parâmetros os quais se encaixam melhor nesse tipo de amortecedor, considerando evidentemente os parâmetros do satélite utilizado.

O amortecimento do ângulo de nutação com a utilização desses parâmetros é apresentado a seguir:



**Figura 01** - Amortecimento do ângulo de nutação em função do tempo.

- 1- Malik, N.K.. ISRO-ISAC-TN-06-77.
- 2- Junkis, J. L. e Kim, Y, Introduction to dynamics and control of flexible structures, AIAA - Education Series, USA, 1.993. ISBN 1-56347-054-3
- 3- Inman, D. J.; Vibration with control measurement and stability, Prentice Hall Ed., USA, 1.989. ISBN 0-13-941642-0.