

**EXATAS E DA TERRA**

# A APROXIMAÇÃO QUASE-NEWTONIANA E O PROBLEMA DE 3 CORPOS

**PENAGOS, Joyce Andrea**

Estudante do Curso de Biotecnologia - ILACVN – UNILA;

E-mail: [Joyce.mendez@aluno.unila.edu.br](mailto:Joyce.mendez@aluno.unila.edu.br);

**Capistrano, Abraão J.de Souza**

Programa Mestrado em Física Aplicada. – ILACVN – UNILA.

E-mail: [abraao.capistrano@unila.edu.br](mailto:abraao.capistrano@unila.edu.br).

## 1 Introdução

El problema de los tres cuerpos en la gravedad de Newton pertenece entre clásica problemas en la astronomía y la física;

La aproximación cuasi-newtoniana es obtenida cuando se utiliza la no linealidad de las ecuaciones de Einstein en el vacío, junto a una condición de movimiento lento solamente en la ecuación geodésica. La teoría de la relatividad general es actualmente la teoría gravitacional de mayor éxito en la descripción de la naturaleza del espacio y el tiempo, siendo así así confirmado por las observaciones. Vale la pena examinar el problema de los tres cuerpos (o más generalmente N-cuerpo) en la relatividad general.

Un punto de Lagrange es un lugar en el espacio donde las fuerzas gravitatorias combinadas de dos cuerpos grandes, como la Tierra y el Sol o la Tierra y la Luna, son iguales a la fuerza centrífuga que siente un tercer cuerpo mucho más pequeño. Hay cinco puntos de Lagrange alrededor de los órganos más importantes, como un planeta o una estrella . Tres de ellos están ubicados a lo largo de la línea que conecta los dos cuerpos grandes. Estos puntos son de gran interés debido a que poseen el mismo periodo orbital como los cuerpos en un sistema de dos cuerpos; esto permite la utilización de estos puntos Lagrange como sistemas de posicionamiento de telescopios espaciales, y sus aplicaciones se extienden desde el diseño de trayectorias de naves espaciales hasta una posible ubicación de colonias espaciales.

El planteamiento inicial de este proyecto es hacer una descripción del problema de los 3 cuerpos usando una aproximación cuasi newtoniana de la relatividad general y la determinación de los puntos de Lagrange.

De esta forma uno de los enfoques principales de este proyecto es la aplicación de un sistema real del problema de los 3 cuerpos y los puntos Lagrange en los sistemas satelitales.

## 2 Metodologia

Cursos online como “Relativity and Astrophysics” creado por la Cornell University.

Estudio previo

Fazer revisão de principais tópicos da física-matemática, tais como análise tensorial e geometria riemanniana;

- Estudar fundamentos da Relatividade Geral focados na aproximação ao limite Newtoniano, aproximação paramétrica pós-newtoniana;

- Estudar o problema de 3 corpos e pontos de Lagrange;

- Estudar a aproximação quase-newtoniana da relatividade Geral;

## 3 Fundamentação teórica

Dado que los cuerpos del sistema solar son aproximadamente esférica y su dimensiones extremadamente pequeñas en comparación con las distancias entre ellos, pueden ser considerados como masas puntuales . De ahí el origen del problema puede ser considerado como sinónimo de la fundación Moderno de la astronomía dinámica .

Los puntos de Lagrange son nombrados en honor del matemático italiano - francés Joseph - Louis Lagrange . Hay cinco puntos especiales en los que una pequeña masa puede orbitar en un patrón constante con dos masas más grandes. Los puntos de Lagrange son las posiciones donde la atracción gravitatoria de dos grandes masas equivale precisamente la fuerza centrípeta requerida para un pequeño objeto se mueva con ellos . Este problema matemático, conocido como el "General tres cuerpos Problema " fue considerado por Lagrange en su papel ganador del premio ( Ensayo sobre el Problème des Trois Cuerpo , 1772) .

La forma más fácil de comprender los puntos de Lagrange es la adopción de un marco de referencia que gira con el sistema . Las fuerzas ejercidas sobre un cuerpo en reposo en este marco puede ser derivado de un potencial efectivo de la misma manera que las velocidades del viento pueden ser inferidas a partir de un mapa del tiempo . Las fuerzas son más fuertes cuando los contornos de la potencial efectivo son los más cercanos juntos y más débil cuando los contornos están muy separados .

En el gráfico de contorno anterior vemos que L4 y L5 corresponden a las colinas y L1 , L2 y L3 corresponden a las sillas de montar ( es decir, los puntos donde el potencial se curva hacia arriba en una dirección y en la otra) . Esto sugiere que los satélites colocados en los puntos de Lagrange tendrán una tendencia a alejarse ( intenta que se sienta una canica en la parte superior de una sandía o encima de una silla de montar real y se entiende la idea ) . Pero cuando un satélite estacionado en L4 o L5 comienza a rodar fuera de la colina que aumenta su velocidad . En este punto, la fuerza de Coriolis entra en juego - la misma fuerza que hace que los huracanes giren en la tierra - y envía el satélite en una órbita estable alrededor del punto de Lagrange .

En el sistema Tierra - Sol, por ejemplo , el primer punto , L1 , se encuentra entre la Tierra y el Sol en aproximadamente 1 millón de millas de la Tierra . L1 obtiene una vista ininterrumpida del sol , y en la actualidad está ocupado por el Observatorio Solar y Heliosférico ( SOHO ) y el Observatorio del Clima del espacio profundo. Con las recientes iniciativas de exploración espacial, los destinos potenciales en el sistema solar se convierten en proyectos factibles; los puntos Lagrange, Podrían ser utilizados con propósitos amplios como la ubicación de una plataforma espacial para misiones a la Luna o al planeta Marte (punto L1), además debido a la estabilidad de los puntos L4 y L5, podrían ser utilizados como puntos posibles para colonias espaciales.

#### **4 Resultados**

Simulación de líneas equipotenciales para hallar puntos lagrangianos, representación por medio del software MATLAB

Descrição do problema de 3 corpos no contexto da relatividade Geral usando a aproximação quase-newtoniana e submissão de artigo em revista especializada ao final do programa.

desarrollo del trabajo está en la acceptance de artículo científico en el periodico Monthly Notice of Royal Society, y su version esta disponible en reservatorio publico: <http://arxiv.org/abs/1606.05263v2>

#### **6 Principais referências bibliográficas**

CAPISTRANO, A.J.S. ; Roque, W. L. ; Valada, R. S.. Monthly notices of the Royal astronomical society (print), v. 444, p. 1639-1646, 2014.

CORNISH, Neil J. **The Lagrange Points**. WMAP Education and Research. 1998

GRÜTZELIUS, Joakim. **The Three Body Problem**. Department of Engineering sciences, Physics and Mathematics. Karlstad University. December 26, 2004. Pág 2-9.

KOON, Wang Sang; et al. **Dynamical Systems, the Three-Body Problem and Space Mission Design**. April 25, 2011. Pág 1 –11

YAMADA, kei; et al. **Collinear solution to the general relativistic three-body problem**. Faculty of Science and Technology, Hirosaki University, Japan. October 13, 2010