

## ESTUDO HIPOTÉTICO DE ORBITAS DE SISTEMAS PLANETÁRIOS ATRAVÉS DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

FABIANA ESGALHA VIEIRA HONDA<sup>1</sup>, LUIZ FERNANDO DA COSTA ZONETTI<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Graduanda em Licenciatura em Física, IFSP – Campus Birigui, [fabianaevhonda@gmail.com](mailto:fabianaevhonda@gmail.com)

<sup>2</sup> Professor Doutor em Biofísica Molecular, IFSP – Campus Birigui, [luizfz@ifsp.edu.br](mailto:luizfz@ifsp.edu.br)

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 1.05.01.01-0 Métodos Matemáticos

**RESUMO:** Com o passar dos anos a ciência vem se transformando cada vez mais e com uma maior frequência proporcionando novos e melhores instrumentos que auxiliam nas descobertas e aprimoramentos de conceitos e estudos de diversas áreas já conhecidas. Essas transformações permitem que sejam criadas tecnologias cada vez mais avançadas e essas influenciam na criação de novas ferramentas que contribuem para o avanço do conhecimento científico. A Física Computacional é uma destas novas áreas de conhecimento, que vem aumentando significativamente devido ao avanço da tecnologia, tendo em vista isso, o presente trabalho trata-se da criação de códigos na linguagem C que resolvam algumas equações diferenciais de segunda ordem que descrevem o comportamento de um Sistema Solar hipotético utilizando conceitos e leis básicas da Gravitação Universal, a fim de conciliar a interação de diversas áreas da ciência, bem como realizar a divulgação científica da Física no âmbito Computacional. A mesma possui uma grande importância para os pesquisadores já que esta consegue realizar interações simultâneas entre a teoria e o experimento, mostrando através de um processo de sistemas ligados a um computador.

**PALAVRAS-CHAVE:** linguagem c; física computacional; programação; sistemas planetários; lei de gravitação universal.

### HYPOTHETICAL STUDY OF PLANETARY SYSTEMS ORBITS THROUGH COMPUTER SIMULATION

**ABSTRACT:** Over the years, science has been increasingly and more frequently providing new and better instruments that help in the discovery and improvement of concepts and studies of several areas already known. These transformations allow the creation of increasingly advanced technologies and these influence the creation of new tools that contribute to the advancement of scientific knowledge. Computational Physics is one of these new areas of knowledge, which has been increasing significantly due to the advancement of technology, in view of this, the present work is the creation of codes in the C language that solve some second-order differential equations that describe the behavior of a hypothetical Solar System using basic concepts and laws of Universal Gravitation, in order to reconcile the interaction of several areas of science, as well as to carry out the scientific dissemination of Physics in the computational scope. It has great importance for researchers since it can perform simultaneous interactions between theory and the experiment, showing through a process of systems connected to a computer.

**KEYWORDS:** c language; computational physics; programming; planetary systems; universal gravitation law.

### INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, com o desenvolvimento computacional e com o surgimento de novas tecnologias, a ciência está tomando um novo rumo, principalmente no estudo na área de simulação computacional. A simulação computacional é responsável por criar, gerar dados, armazenar e fornecer os valores próximos dos reais sobre os sistemas a serem estudados (BRODY, 1993). Através dos

mesmos podemos reproduzir sistemas de diversos tipos, desde os microscópicos até os macroscópicos, em escalas que facilitam a compreensão do estudo.

A Física é uma ciência que estuda as leis que regem o universo, sua composição e interação. Estas leis podem ser descritas matematicamente e essa linguagem matemática muitas vezes não consegue descrever por completo a realidade física e com o surgimento da Física Computacional ficou mais fácil realizar estes estudos. A FC é fundamental para realizar previsões de acontecimentos futuros, prever comportamento de sistemas que muitas das vezes não podemos realizar de forma manual (RIBEIRO, 2019), construir teorias através da observação, projetar sistemas reais em diferentes escalas.

A ideia da simulação computacional é bem simples: podemos calcular o comportamento de um sistema conhecendo o conjunto de condições iniciais, mais as forças de interação entre os constituintes do sistema, para observar como o sistema evolui com o tempo e com isso determinar as equações de movimento do sistema (FIOLHAIS; GIORDANI, 2006).

O objetivo deste trabalho é criar códigos, na linguagem C de programação, que resolvam as equações diferenciais de segunda ordem que descrevem o comportamento de um Sistema Solar hipotético utilizando o método de Euler-Cromer, de modo a facilitar a previsão de algumas interações que ocorrerão neste sistema, sendo submetidas somente a Lei de Newton da Gravitação Universal.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizada ampla pesquisa bibliográfica em *sites*, livros físicos, *e-books*, que falam sobre a Física Computacional (funcionamento, importância, utilização, características, etc.); equações diferenciais; a Lei da Gravitação Universal; estudos na área de Astronomia (informações sobre o Sistema Solar, seus componentes e informações específicas dos mesmos, etc.); estudos na área das linguagens de programação e em outros seguimentos.

Neste contexto, existe uma equação que nos mostra a força exercida num determinado planeta quando este interage com o Sol, esta equação é dada pela Lei da Gravitação Universal, equação (1):

$$F_G = \frac{G \cdot M_1 \cdot M_2}{r^2} \quad (1)$$

Onde,

$F_G$  = força gravitacional;

$G$  = constante de gravitação universal;

$M_1$  e  $M_2$  = são as massas dos corpos que estão interagindo entre si;

$r$  = distância entre os corpos.

Para determinar a posição da Terra em função do tempo, temos que para isso utilizar a Segunda Lei de Newton do movimento que é dada pelas equações (2) e (3):

$$\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{F_{G,x}}{M_T} \quad (2)$$

$$\frac{d^2y}{dt^2} = \frac{F_{G,y}}{M_T} \quad (3)$$

Onde,

$F_{G,x}$  e  $F_{G,y}$  são respectivamente os componentes  $x$  e  $y$  da força gravitacional;

$M_T$  = massa da Terra.

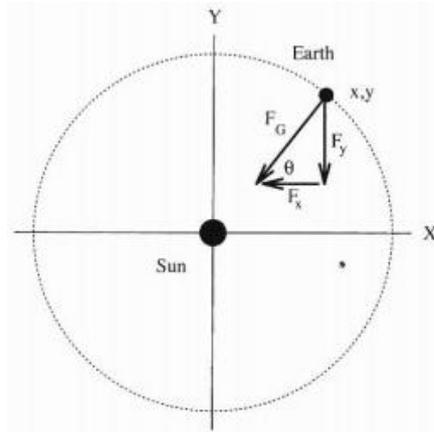


Figura 1. Representação do movimento da Terra em órbita ao redor do Sol, localizada em algum ponto x e y. O Sol encontra-se na origem do sistema de coordenadas. Fonte: GIORDANO, 2006.

A partir da equação (1) temos que a força gravitacional, na direção de x e y, será dada pelas equações (4) e (5).

$$F_{G,x} = - \frac{G \cdot M_S \cdot M_T}{r^2} \cdot \cos\theta = - \frac{G \cdot M_S \cdot M_T \cdot x}{r^3} \quad (4)$$

$$F_{G,y} = - \frac{G \cdot M_S \cdot M_T}{r^2} \cdot \sin\theta = - \frac{G \cdot M_S \cdot M_T \cdot y}{r^3} \quad (5)$$

Onde,

$F_{G,x}$  e  $F_{G,y}$  = força gravitacional no eixo x e y, respectivamente;

$G$  = constante de gravitação universal;

$M_S$  = massa do Sol;

$M_T$  = massa da Terra;

$r$  = distância entre os corpos.

O sinal negativo destas equações é dado para mostrar a direção da força que está apontada para o centro das coordenadas, neste caso, o Sol.

Assim, escrevendo as equações de movimento, equações (6) e (7), a partir das equações diferenciais de segunda ordem (equações 2 e 3).

$$\frac{dv_x}{dt} = - \frac{G \cdot M_S \cdot x}{r^3} \quad , \quad \frac{dx}{dt} = v_x \quad (6)$$

$$\frac{dv_y}{dt} = - \frac{G \cdot M_S \cdot y}{r^3} \quad , \quad \frac{dy}{dt} = v_y \quad (7)$$

Se considerarmos a órbita da Terra aproximadamente como sendo circular, podemos a partir da força centrípeta escrever o movimento, equação (8).

$$\frac{M_T \cdot v^2}{r} = F_G = \frac{G \cdot M_S \cdot M_T}{r^2} \quad (8)$$

Onde,

$M_T$  = massa da Terra;

$v$  = velocidade da Terra;

$G$  = constante de gravitação universal;

$M_S$  = massa do Sol;

$F_G$  = força gravitacional;

$r =$  distância entre os corpos.

Rearranjando os termos, temos:

$$G \cdot M_s = v^2 \cdot r \quad (9)$$

Onde,

$G =$  constante de gravitação universal;

$M_s =$  massa do Sol;

$v =$  velocidade da Terra

$r =$  distância entre os corpos;

Para que a construção computacional seja feita é necessário converter as equações de movimento (6) e (7) em equações diferenciais utilizando o método de Euler-Cromer, considerando que o planeta descreve uma órbita circular a velocidade pode ser dada por  $2 \cdot \pi \cdot r / \Delta t$ , temos as equações (10) à (13):

$$v_{x,i+1} = v_{x,i} - \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot x_i}{r_i^3} \cdot \Delta t \quad (10)$$

$$x_{i+1} = x_i + v_{x,i+1} \cdot \Delta t \quad (11)$$

$$v_{y,i+1} = v_{y,i} - \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot y_i}{r_i^3} \cdot \Delta t \quad (12)$$

$$y_{i+1} = y_i + v_{y,i+1} \cdot \Delta t \quad (13)$$

Onde,

$v_{x,i+1}$  e  $v_{y,i+1} =$  novas velocidades encontradas em  $x$  e  $y$ , respectivamente;

$v_{x,i}$  e  $v_{y,i} =$  velocidades iniciais em  $x$  e  $y$ , respectivamente;

$\Delta t =$  intervalo de tempo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O trabalho ainda se encontra em desenvolvimento, num processo de finalização/adaptações de códigos e estudos das previsões do sistema hipotético. Há códigos já desenvolvidos que estão passando por correções.

Por possuírem uma grande extensão e conseqüentemente não ser possível descrever neste resumo, abaixo mostramos uma pequena parte de um dos códigos, na linguagem C, para resolver as equações de movimento descrita acima nos Materiais e Métodos.

```
#include <stdio.h>
#include <math.h>
#include <locale.h>

int main()
{
    [...]

    /*Le parametros de entrada*/
    printf ("Digite o tempo máximo:");
    scanf ("%f",&tmax);
    printf ("Digite o número de divisões:");
    scanf ("%d",&divs);
    printf ("Digite x inicial:");
```

```

scanf ("%f",&xold);
printf ("Digite a velocidade x inicial:");
scanf ("%f",&vxold);

[...]

/*Calcula o dt*/
dt = tmax/divs;

[...]

{
    /*Calcula o r*/
    r = sqrt(xold*xold + yold*yold);

    /*Calcula os novos valores corrigido*/
    vxnew = vxold - (4*M_PI*M_PI*xold*dt)/(r*r*r);
    xnew = xold + vxold*dt;

    vynew = vyold - (4*M_PI*M_PI*yold*dt)/(r*r*r);
    ynew = yold + vyold*dt;

    [...]
}

[...]
}

```

## CONCLUSÕES

Pelo fato do trabalho ainda estar no início, até o momento foi implementado um código em linguagem C no qual apresenta a resolução de equações diferenciais de segunda ordem que descrevem o comportamento de um sistema solar hipotético utilizando o método de Euler-Cromer com as interações da Lei de Newton da Gravitação Universal. A próxima etapa será realizar a simulação das órbitas e verificar seu comportamento através das órbitas e da velocidade dos planetas.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - Campus Birigui por nos proporcionar os recursos necessários para a execução deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

BRODY, T. A. La física computacional. **Revista Mexicana de Física**, v. 30, n. 3, p. 513-536, 1983.

FIOLHAIS, Carlos. **O gênio de Euler na matemática e na física**. Centro de Física Computacional e Departamento de Física. Universidade de Coimbra. Coimbra. Disponível em: [https://estudogeral.sib.uc.pt/bitstream/10316/12378/1/O%20gênio%20de%20Euler%20na%20Matemática%20e%20na%20Física\\_2.pdf](https://estudogeral.sib.uc.pt/bitstream/10316/12378/1/O%20gênio%20de%20Euler%20na%20Matemática%20e%20na%20Física_2.pdf). Acesso em: 10 abr. 2020.

GIORDANO, Nicholas J.; NAKANISHI, Hisao. **Computational Physics**. 2. ed. Pearson Education, 2006.

MEDINA, Marco; FERTIG, Cristina. **Algoritmos e Programação: Teoria e Prática**. São Paulo: Novatec Editora, 2006.

RIBEIRO, Lohana. **Física Computacional: Estudo que envolve a Física e a Ciência da Computação**. 2019. Disponível em: <https://www.guiaestudo.com.br/fisica-computacional>. Acesso em: 2 abr. 2020.