

ESCOLA DE MATEMÁTICA APLICADA
FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS

LUCAS EMANUEL RESCK DOMINGUES
LUCAS MACHADO MOSCHEN

PROJETO MOLA DUPLA

Simulação no ambiente *Processing*

Rio de Janeiro

2018

1 INTRODUÇÃO

Este relatório apresenta e discute uma implementação de uma simulação física formada por duas molas acopladas no ambiente de desenvolvimento *Processing* e utiliza o módulo de *Python* como linguagem de programação. O *Processing* é um ambiente de programação que permite a construção de simulações físicas devido às suas capacidades gráficas. Ele tem compatibilidade com *Python*, linguagem de alto nível e de fácil entendimento.

O sistema de duas molas combina a força realizada por uma mola, a força gravitacional e uma força de retardo proporcional à velocidade do movimento, através de dois pesos presos a cada uma das molas. Esse movimento combina diversos efeitos físicos estudados em Mecânica Clássica e vistos no curso de Modelagem Matemática II do curso de Matemática Aplicada da Escola de Matemática Aplicada da Fundação Getulio Vargas.

Assim, é importante considerar a simulação como uma forma interativa, didática, e de fácil visualização das situações que podem ser encontradas no mundo físico. Desta maneira, a junção da programação com a física evidencia uma aproximação louvável que será transcorrida neste relatório.

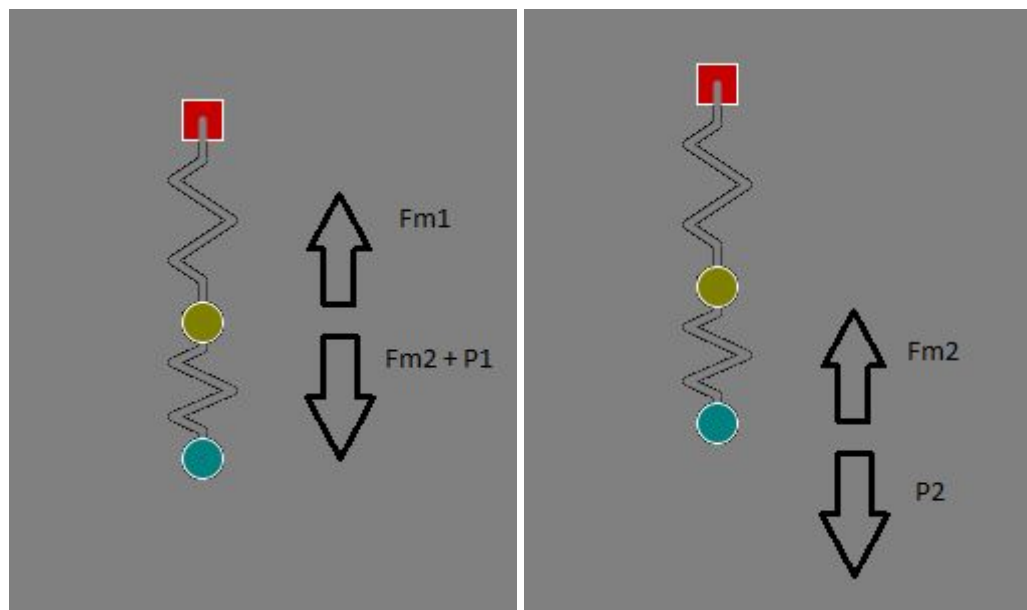
2 METODOLOGIA

Para obter os resultados acerca do sistema físico construído, será feita a simulação através de código computacional e representação gráfica no ambiente descrito na introdução. Todas as forças são codificadas como objetos vetores e com eles são realizados os cálculos.

Faz-se uma análise física das forças que atuam sobre cada peso. Considera-se a força gravitacional com direção para baixo, todavia com sinal positivo, já que *Processing* interpreta o eixo y do ponto superior ao ponto inferior esquerdo. A força proporcional à deformação é descrita pela Lei de Hooke. Além delas, uma força de retardo proporcional à velocidade é descrita. O cálculo vetorial sobre cada peso é descrito por essas equações, sendo P a força peso, F_m a força exercida pela mola, F_r a força de retardo, m a massa do peso e a sua aceleração:

$$\vec{P}_1 - \vec{F}_{r1} - \vec{F}_{m1} + \vec{F}_{m2} = m_1 a_1$$

$$\vec{P}_2 - \vec{F}_{r2} - \vec{F}_{m2} = m_2 a_2$$



A partir dessa análise, a fim de produzir graficamente esse experimento computacional, lança-se mão de um procedimento cálculo de primeira ordem para a resolução de equações diferenciais ordinárias, o Método de Euler.

Essas equações são do tipo:

$$x'(t) = f(t, x(t))$$

a partir de um valor inicial $x(t_0) = x_0$. Ele afirma que

$$x(t_{i+1}) = x(t_i) + x'(t_i) \cdot \Delta t$$

ou seja, o próximo valor da função é calculado somando-se o valor anterior à derivada multiplicada ao passo Δt .

3 RESULTADOS

Os resultados do evento físico simulado foram o esperado. Sabe-se que o comportamento da mola, todavia, ao longo do tempo começa a se comportar de forma não cíclica, visto que o Método de Euler tem um erro esperado. Isso é amenizado pelas forças de retardo que agem sobre os pesos.

O comportamento é demonstrado através do ambiente utilizado.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ambiente *Processing* cumpriu bem seu papel como ambiente de simulações físicas. Verifica-se sua praticidade e facilidade para esse tipo de tarefa, visto a sua facilidade de implementação com o módulo *Python* e sua capacidade gráfica.

Uma simulação nesse ambiente é uma forma prática e simples de se visualizar fenômenos físicos mais complexos na natureza. A implementação em *Python* facilita esse processo, devido à alta legibilidade de seu código.

Constata-se a eficiência do Método de Euler na soluções de equações diferenciais de primeira ordem dado um valor inicial, mesmo que o procedimento introduza um erro a cada iteração.