Projeto 5: Movimento Oscilatório

Alex Prestes, NºUSP: 10407962

Tarefa A - Problema da Energia aumentando

Analisando graficamente, vemos que uma "doença"aparece, mas é facilmente curada com uma simples modificação no código.

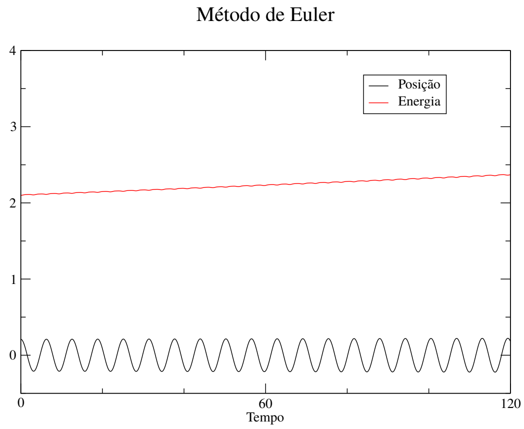
Método de Euler

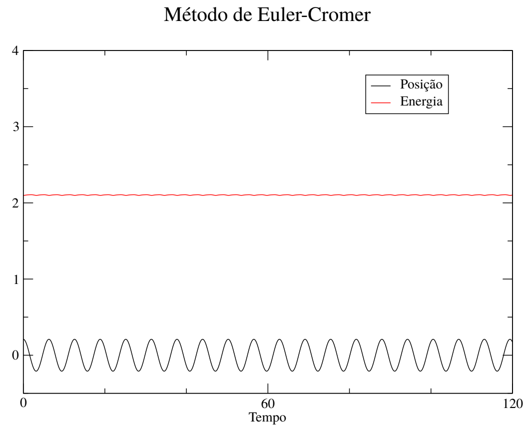
```
omega_j = omega_i - g*theta_i*dt/a_l
theta_j = theta_i + omega_i*dt

omega_i = omega_j
theta_i = theta_j
```

Método de Euler-Cromer

```
omega_i = omega_i - g*theta_i*dt/a_l
theta_i = theta_i + omega_i*dt
```

Gráfico A - Erro do método



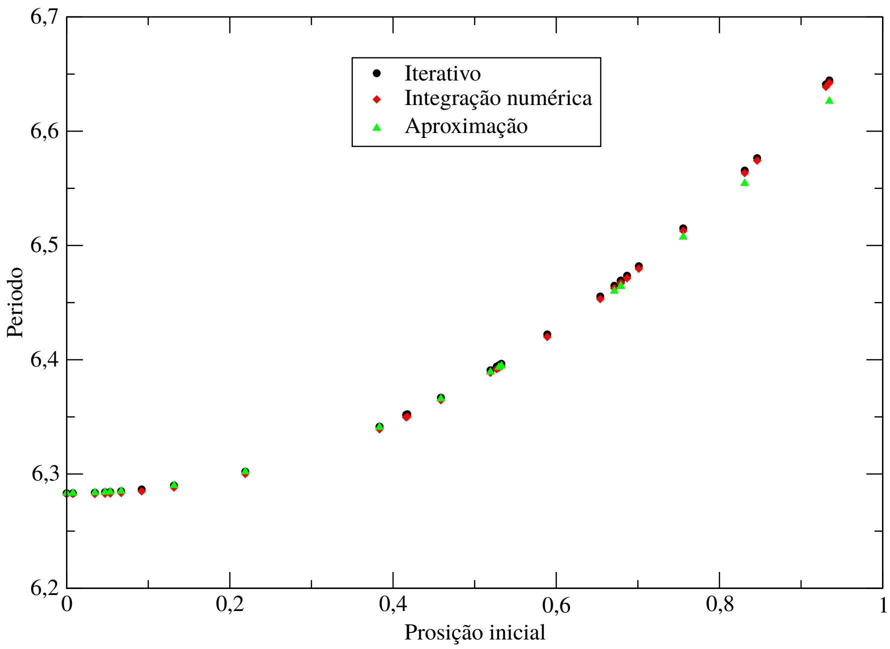


Tarefa B

B1/B2 - Calculando o Período

```
function f(theta, theta_0)
    implicit real(8) (a-h,o-z)
    g = 9.8d0
    a_l = 9.8d0
    f = sqrt(2*a_l/g)/sqrt(cos(theta)-cos(theta_0))
    return
end function

function analitico(theta_0, a_l, g, e)
    implicit real(8) (a-h,o-z)
    analitico = 2*sqrt(2*a_l/g)*sqrt(e)/sqrt(theta_0)
    return
end function

function simpson(f, a, b, n, y)
    implicit real(8) (a-h,o-z)
    h = (b-a)/n
    simpson = 0d0
    do i = 1, n-1, 2
        x = a + i*h
        simpson = simpson + ( f(x -h, y) +4*f(x, y) +f(x +h, y) ) * h/3
    end do

    return
end function simpson
```

Gráfico B1/B2 - Periodo



B3 - Amortecimento

$\gamma = \frac{1}{2}$, $\omega_0 = 1.0$
$\Delta = 4\left(\gamma^2 - \omega_0^2\right) = -3 < 0$
Pelo valor de Δ encontrado, temos um amortecimento subcrítico.

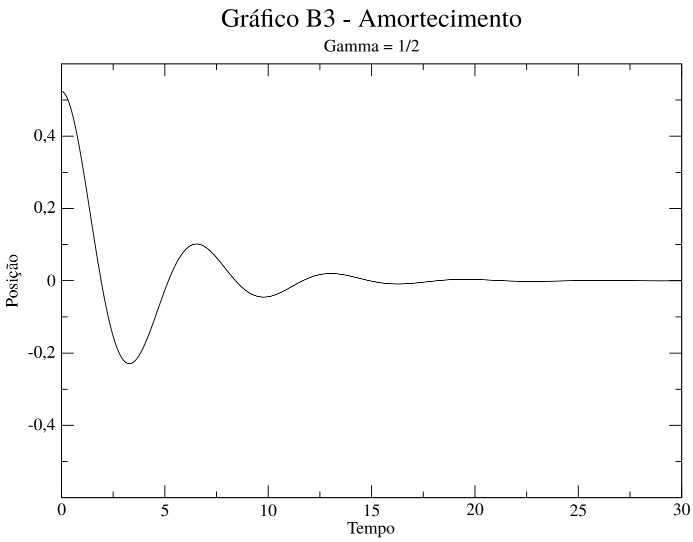
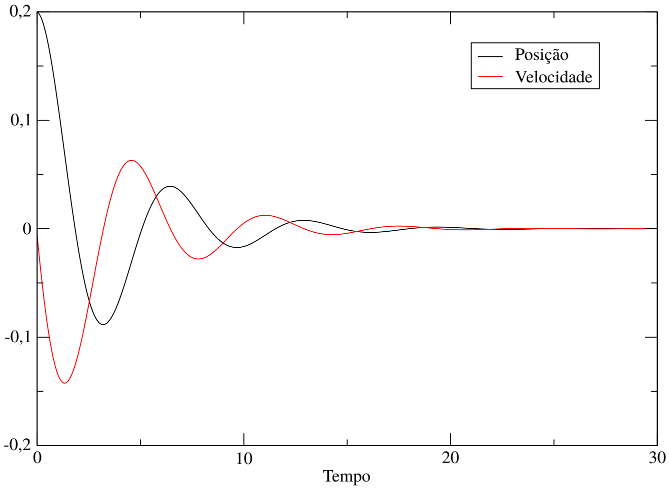
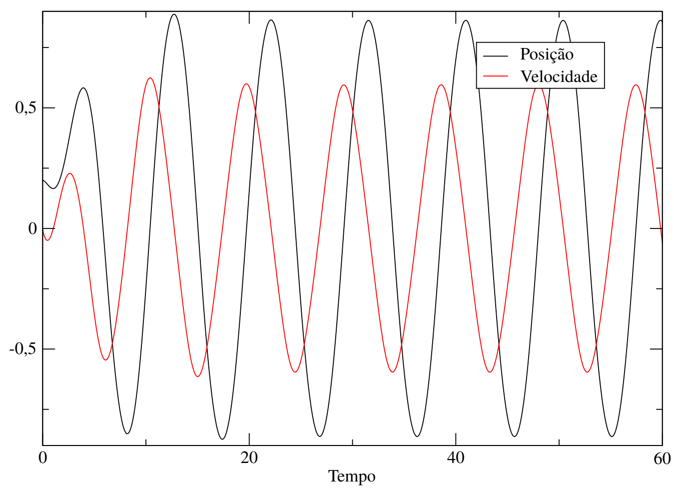


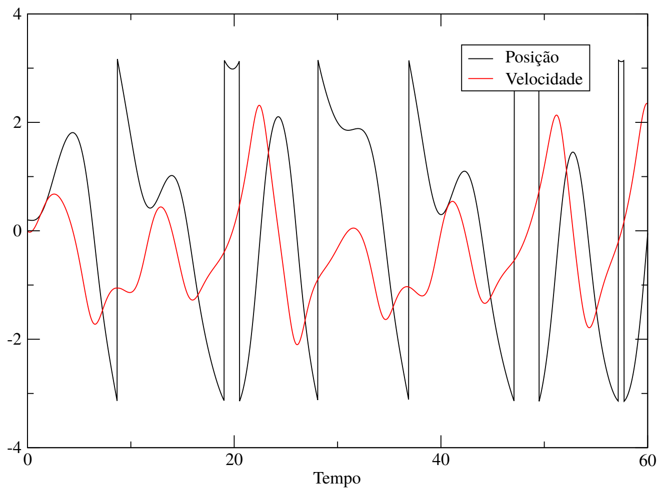
Gráfico B4 - Oscilações Forçadas



(a) $F_0 = 0.0$



(b) $F_0 = 0.5$

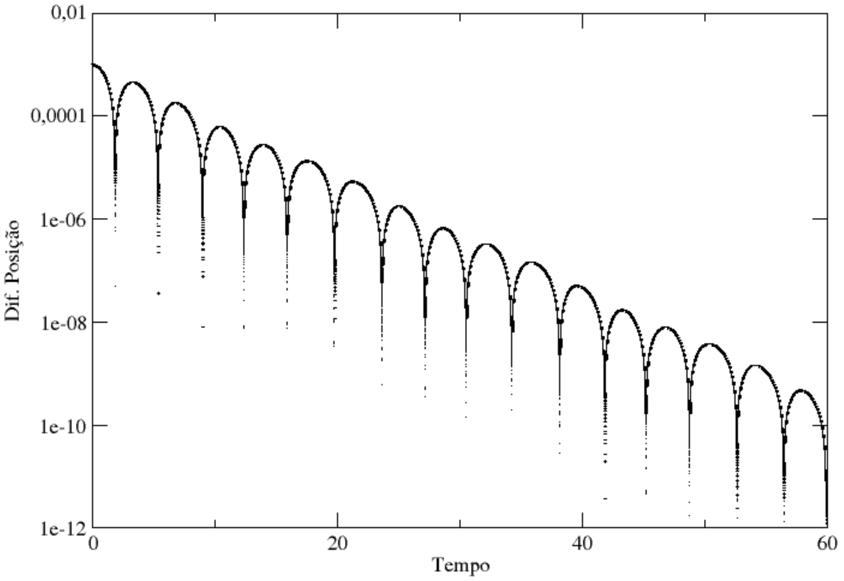


(c) $F_0 = 1.2$

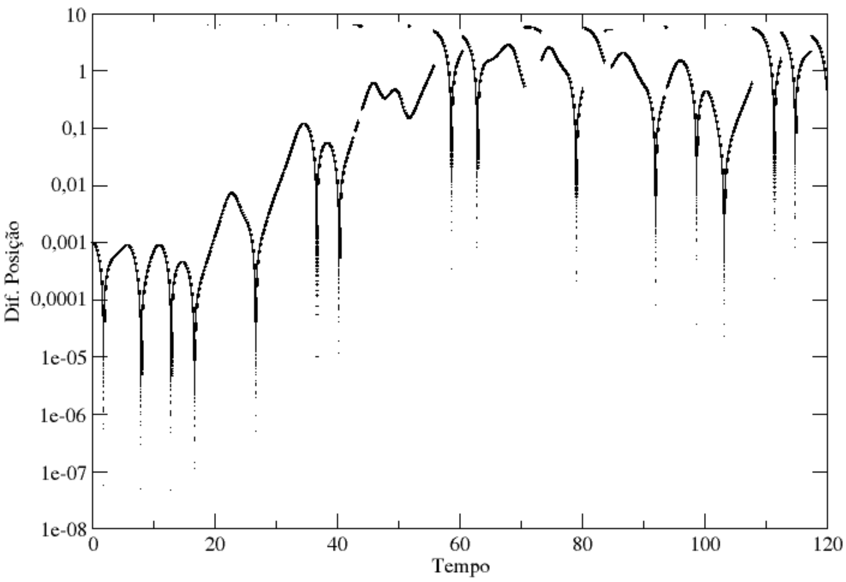
Tarefa C - Expoente de Lyapunov

Valor estimado para $F_0 = 0.5$ é de -0.336
Valor estimado para $F_0 = 1.2$ é de $0.5 \cdot 10^{-3}$

Gráfico C - Estimando o expoente de Lyapunov



(a) $F_0 = 0.5$

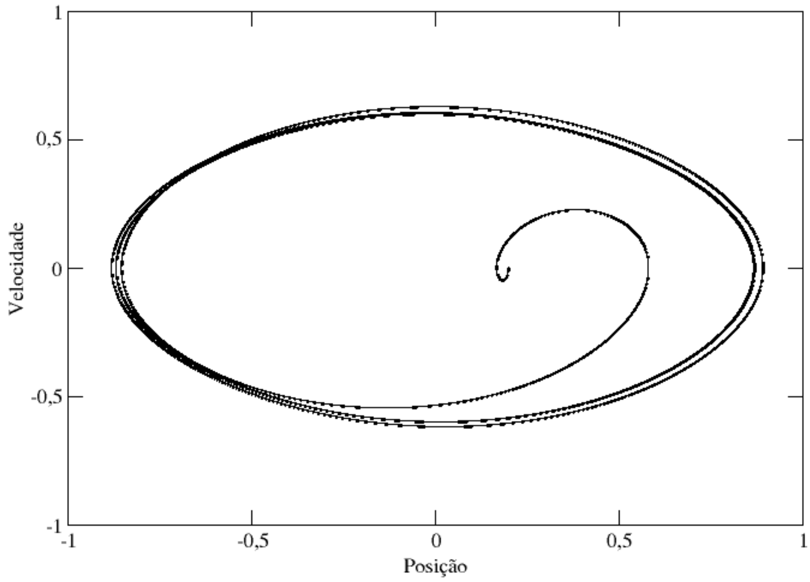


(b) $F_0 = 1.2$

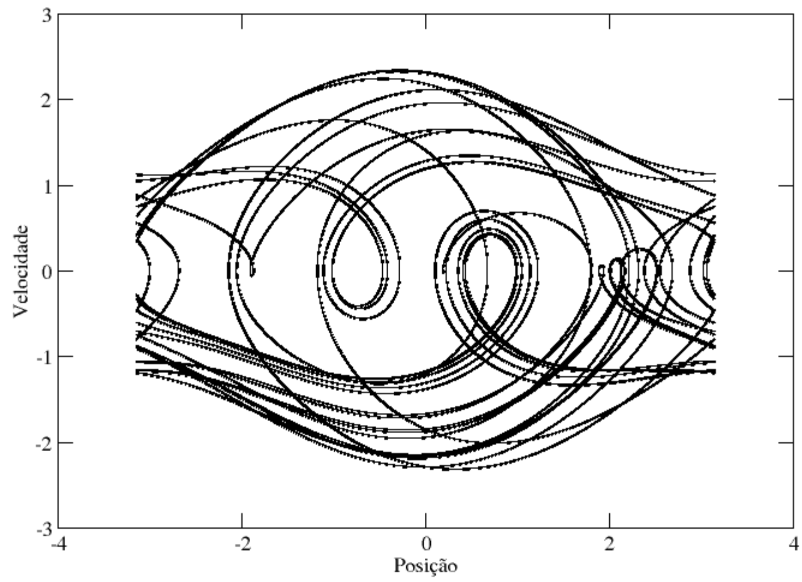
Tarefa D - Secção de Poincaré

A secção de Poincaré mostra os "caminhos"possíveis, se o caminho se fecha em si (encontrar uma estabilidade), então temos movimentos periódicos. Outra possibilidade é nunca estabilizar, ai o movimento será caótico, porém determinístico, já que ainda segue um caminho.

Gráfico D - Visualizando Secção de Poincaré



(a) $F_0 = 0.5$



(b) $F_0 = 1.2$