



Projeto 3: **A Montanha Russa**

Modelagem e Simulação do Mundo Físico
Engenharia Insper

Marcelo Lisboa de Castro Reis

e Rogério Ferrari – 1C

O objetivo do nosso estudo:

Como o ângulo de inclinação da rampa, o número de integrantes no carrinho e o tamanho do raio do looping interferem na velocidade e no tempo para o carrinho percorrer a montanha russa?



O Modelo:

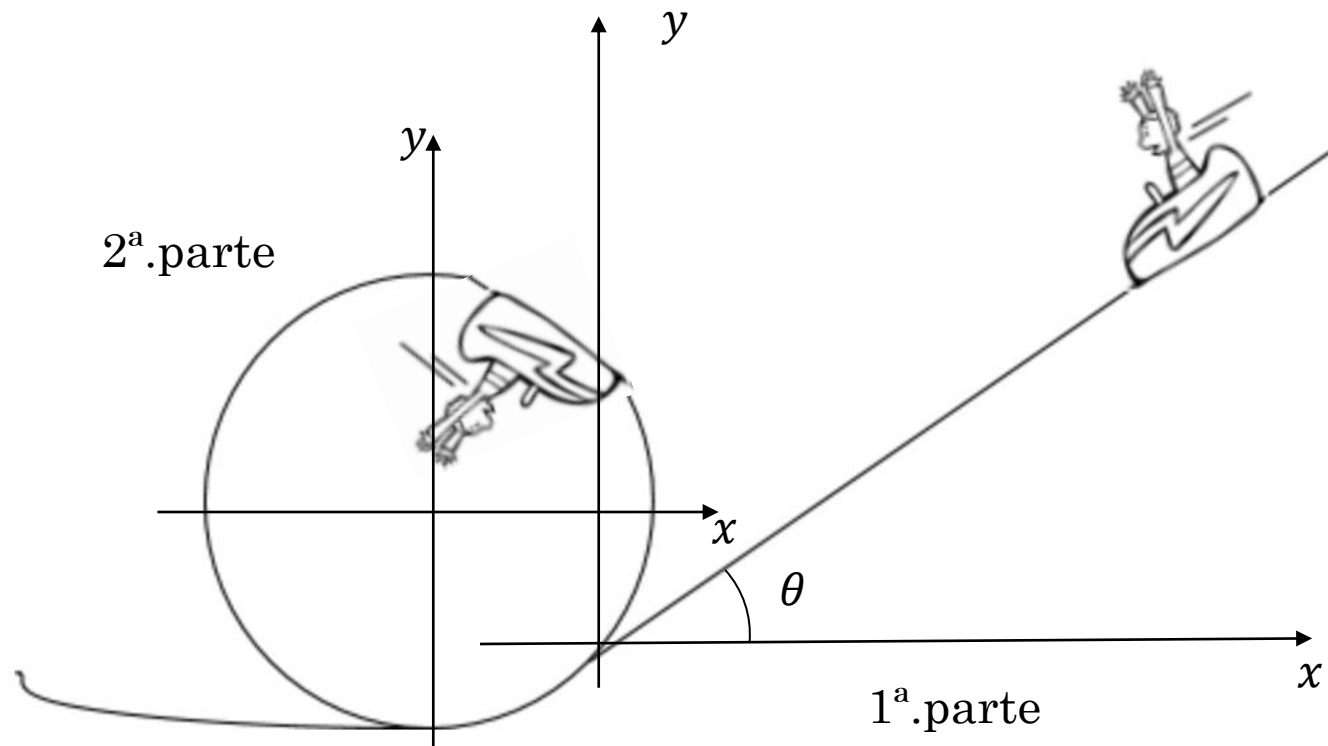


Figura 1: Sistema Físico e Eixo de Coordenadas

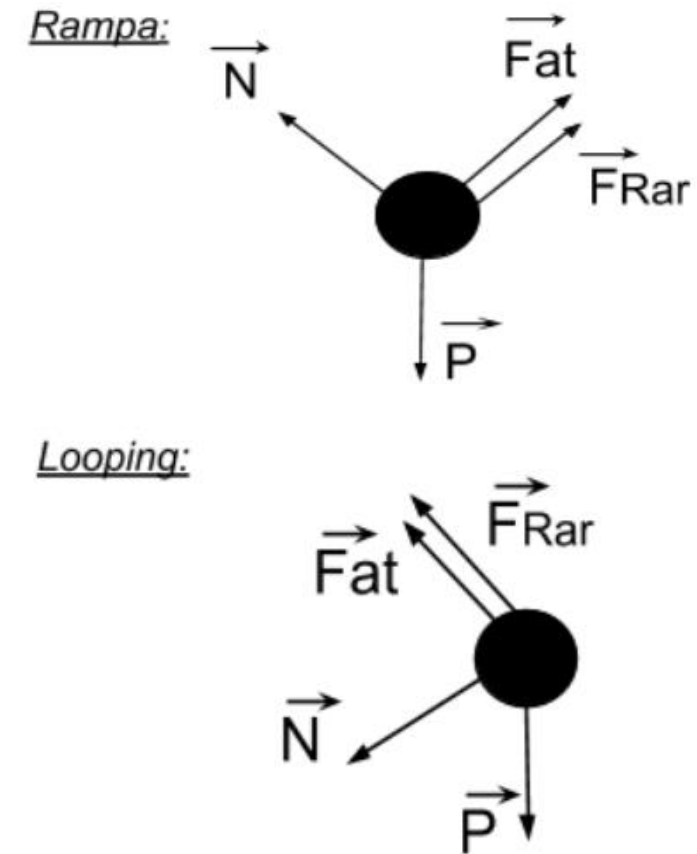


Figura 2: Diagramas de Corpo Livre

Equações diferenciais e

1) Rampa:

$$\frac{d_2 X_r}{dt_2} = \frac{1}{m} \cdot [F_{at^x} + F_{Rar^x} - N_x]$$

$$\frac{d_2 Y_r}{dt_2} = \frac{1}{m} \cdot [F_{at^y} + F_{Rar^y} + N_y] - g$$

2) Looping:

$$\frac{d_2 X_l}{dt_2} = \frac{1}{m} \cdot [-F_{at^x} - F_{Rar^x} - N_x]$$

$$\frac{d_2 Y_l}{dt_2} = \frac{1}{m} \cdot [F_{at^y} + F_{Rar^y} - N_y] - g$$



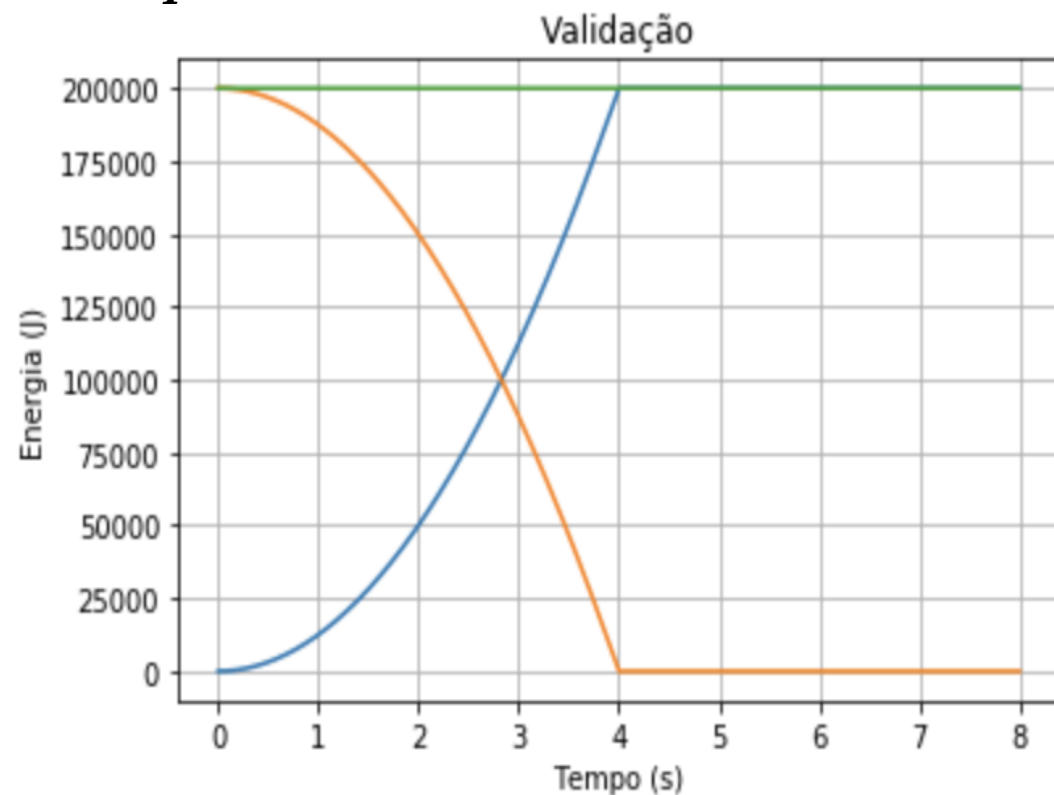
Simplificações:

- Nosso sistema considera apenas o μ (coeficiente de arrasto) dinâmico, desconsideramos situações em que carrinho não se desloca por causa do μ estático.
- No looping desconsideramos a força de atrito e a força de resistência do ar

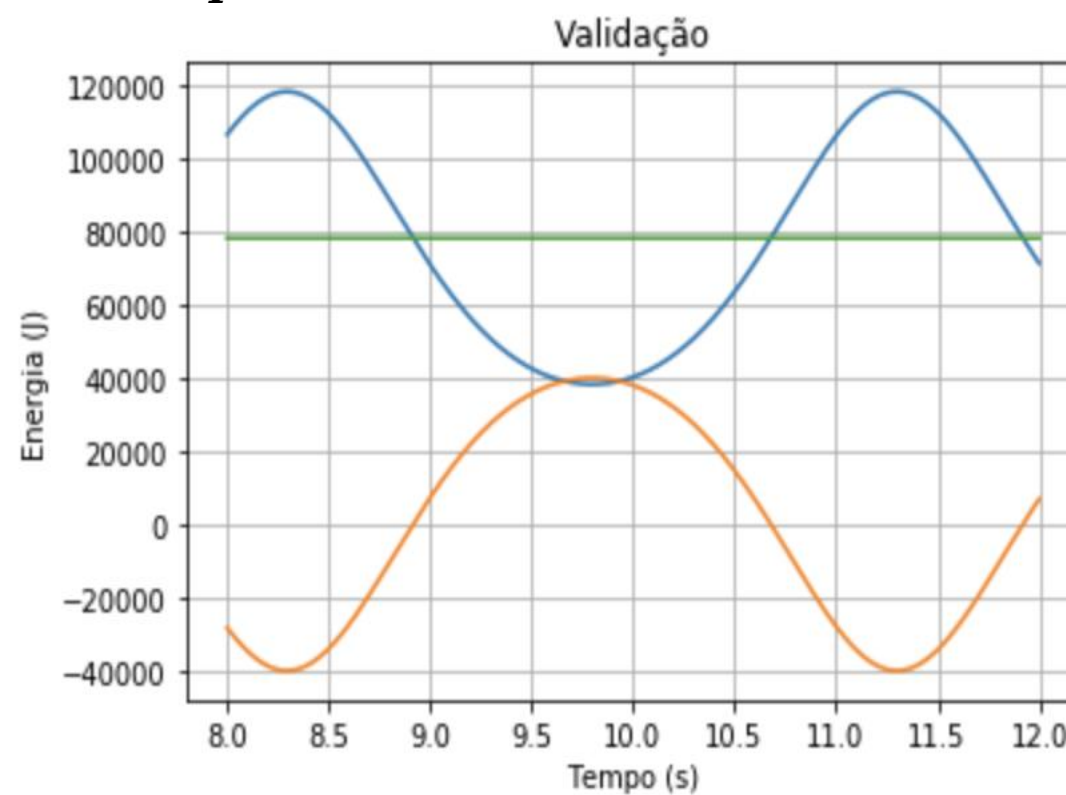


Validações:

Rampa:



Loop:



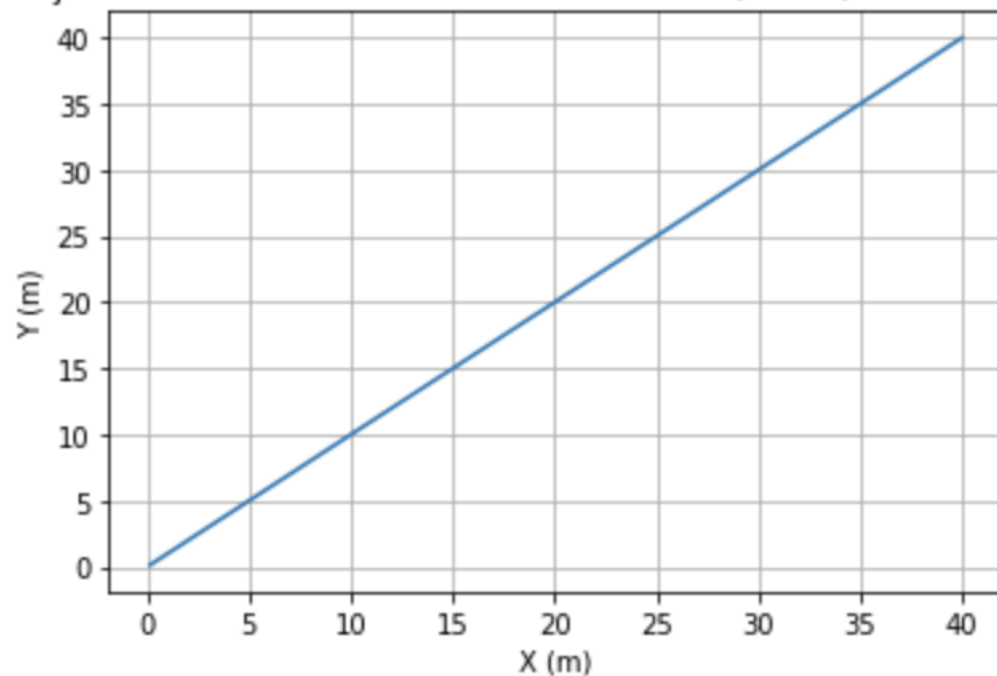
Legenda:

- Energia Cinética
- Energia Potencial Gravitacional
- Energia Mecânica

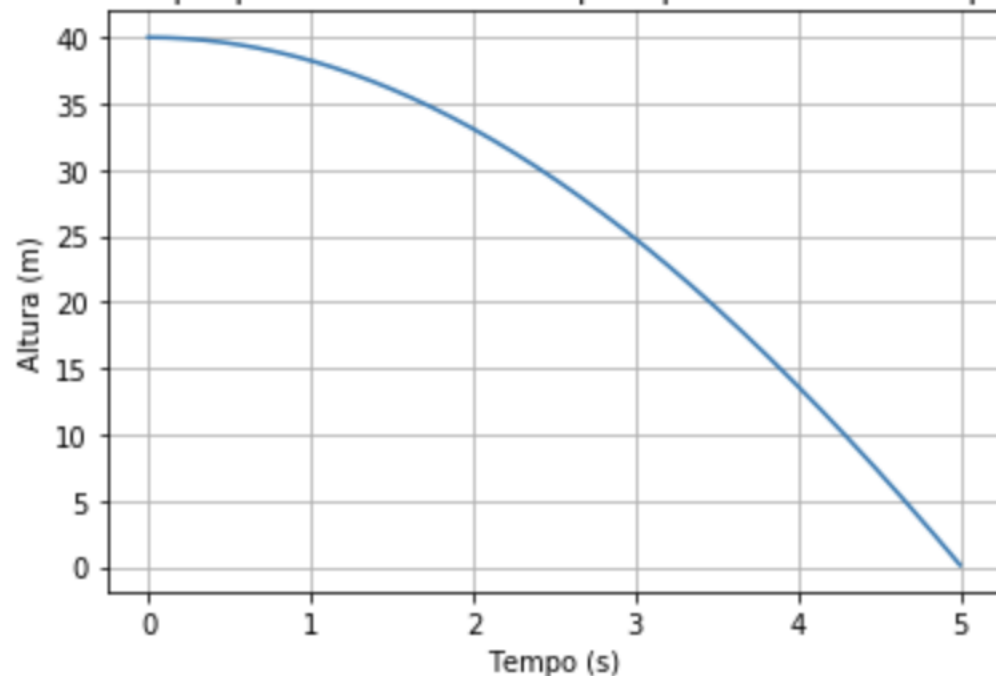


1ª Parte: Rampa

Trajétória de um carrinho de montanha russa, vazio, em uma rampa



Tempo que um carrinho leva para percorrer uma rampa



Iterando sobre o número de pessoas no carrinho:

Análise de sensibilidade:

Variação na massa do carrinho de montanha russa em uma rampa de 45° de inclinação

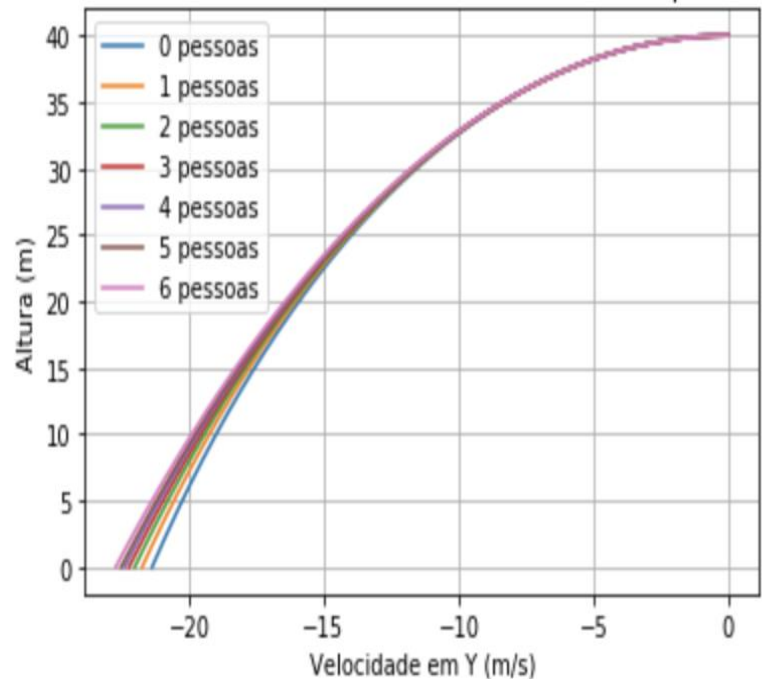
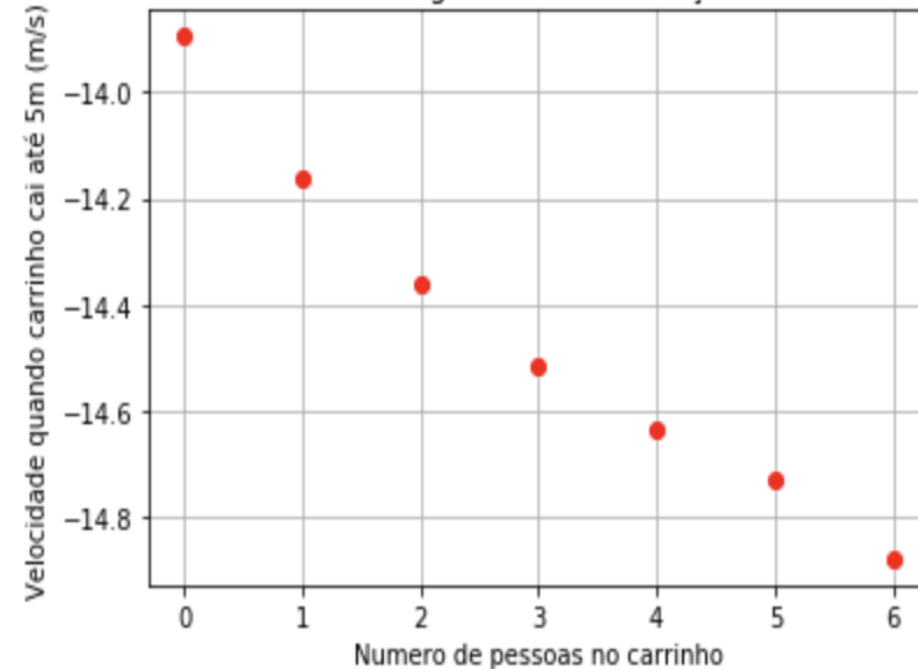


Gráfico conclusivo:

Velocidade do carrinho ao atingir 5m com inclinação inicial da rampa de 45°



Iterando sobre o ângulo inicial de inclinação:

Análise de sensibilidade:

Trajetória em diferentes ângulos de inclinação da rampa da montanha russa Tempo que carrinho leva pra percorrer rampa com diferentes ângulos de inclinação Velocidade que o carrinho atinge na rampa com diferentes ângulos de inclinação

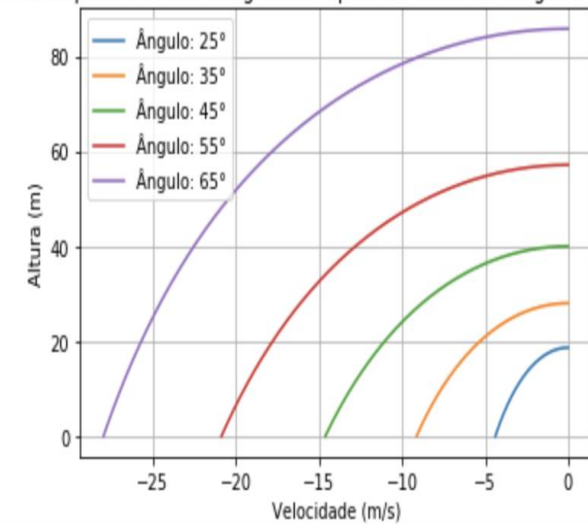
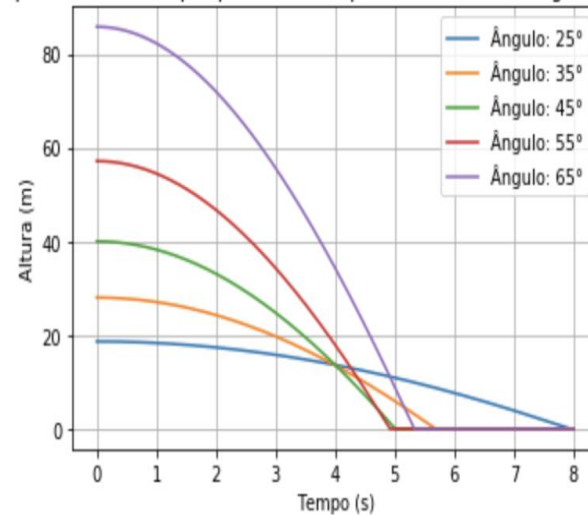
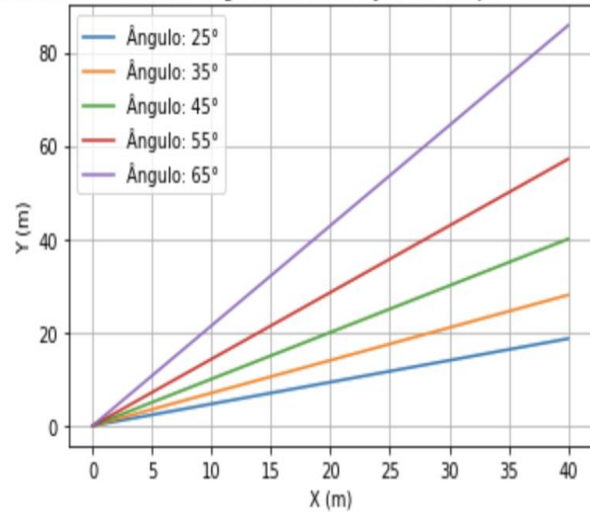
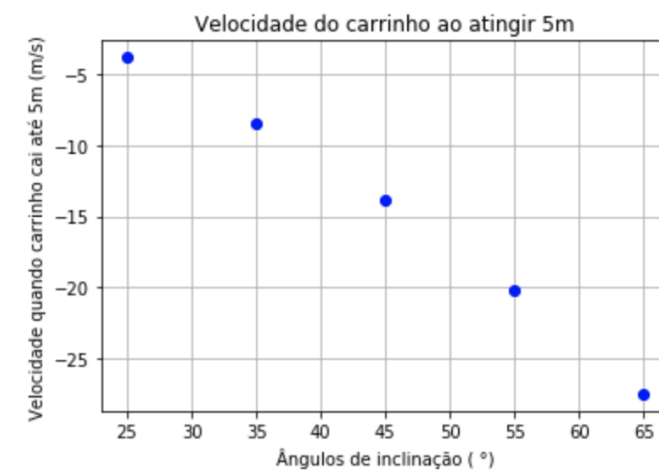
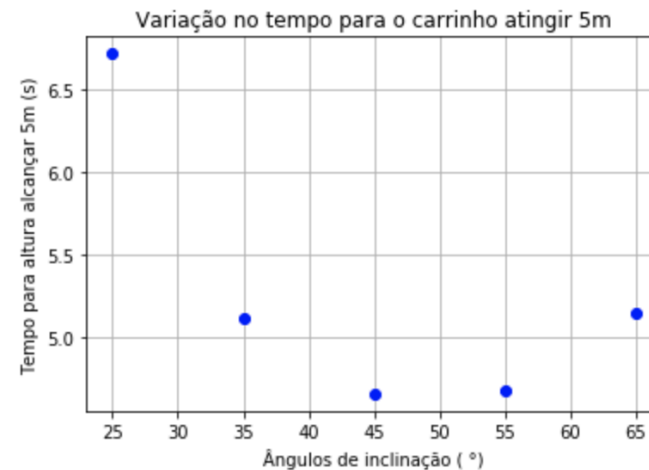


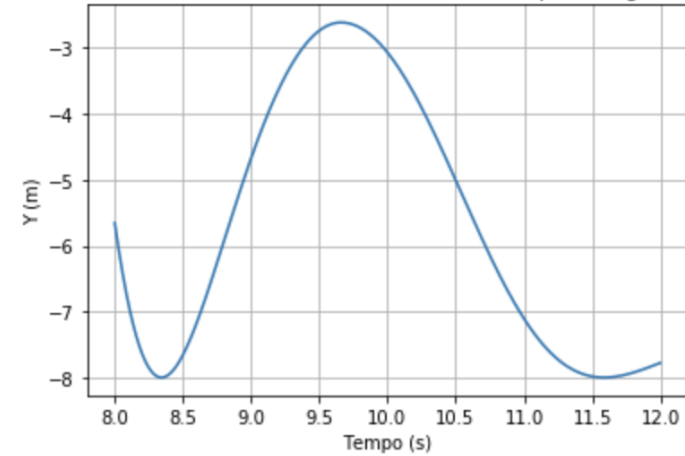
Gráfico conclusivo:



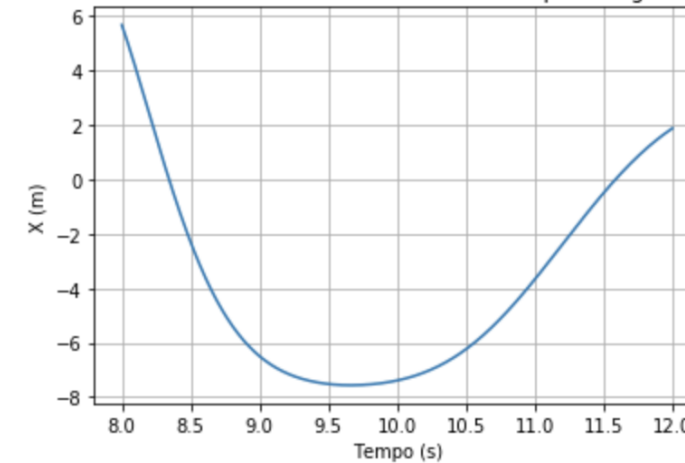
2ª Parte: Looping



Ordenada do carrinho de montanha russa no loop ao longo do tempo

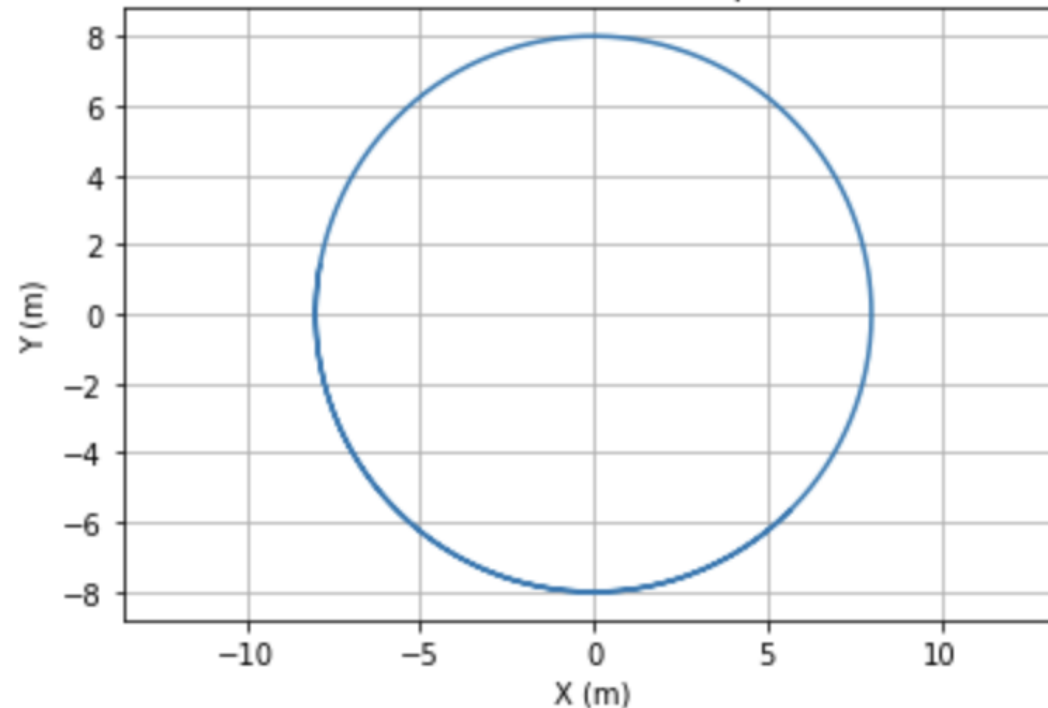


Abscissa do carrinho de montanha russa no loop ao longo do tempo



Mesmo looping sem atrito e sem resistência do ar:

Trajetória do carrinho de montanha russa no loop, sem atrito e resistência do ar



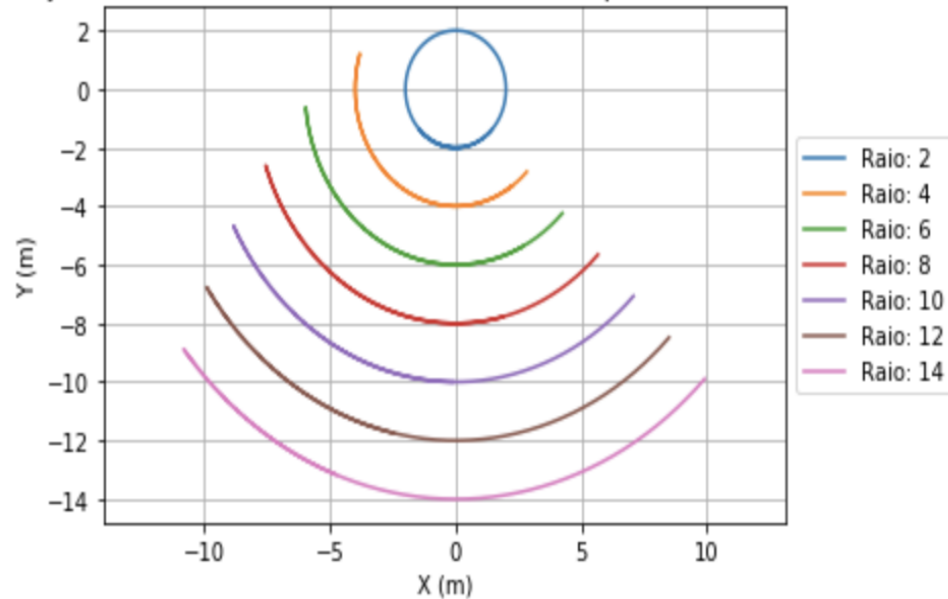
**Pelo nosso modelo podemos prever se o carrinho irá cair ou não, no loop, dependendo se a normal for negativa ou não.



Iterações variando o raio do loop:

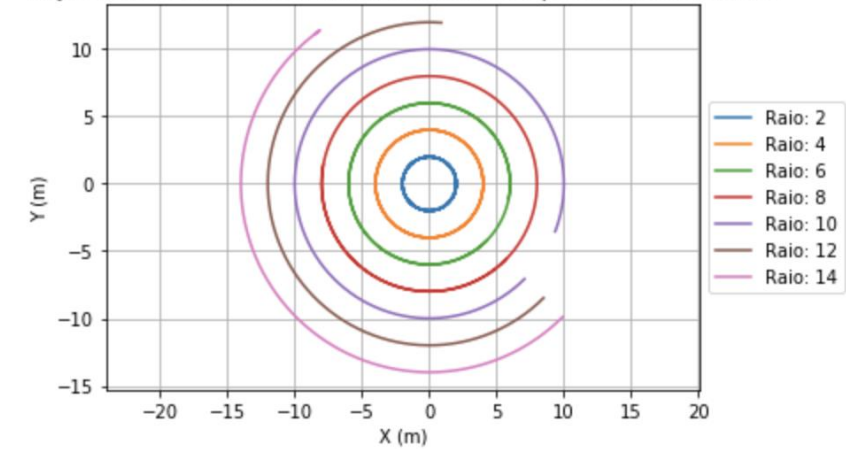
COM atrito e COM resistência do ar:

Trajетória do carrinho de montanha russa no loop com raios diferentes

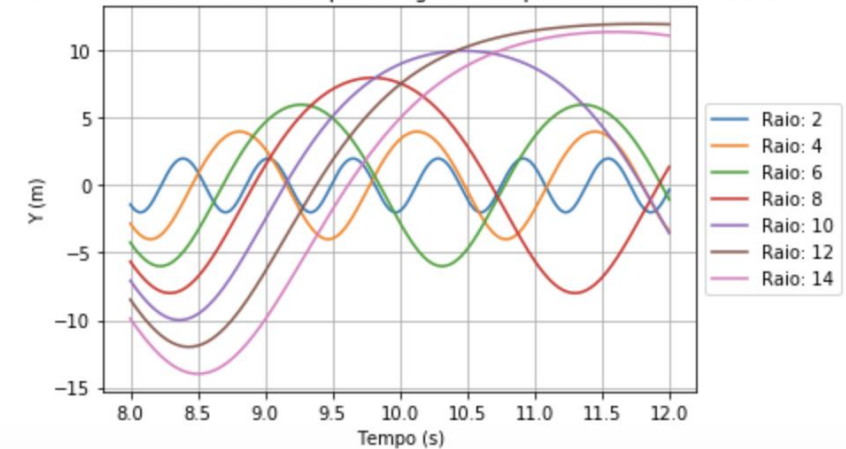


SEM atrito e SEM resistência do ar:

Trajетória do carrinho de montanha russa no loop com raios diferentes



Ordenada do carrinho no loop ao longo do tempo com raios diferentes



Conclusões do Looping:

Variação no tempo para o carrinho atingir a altura zero do raio do loop, SEM Fat e SEM Rar

