

A decorative graphic on the left side of the slide, consisting of several parallel diagonal lines in dark gray, red, and white, suggesting a roller coaster track.

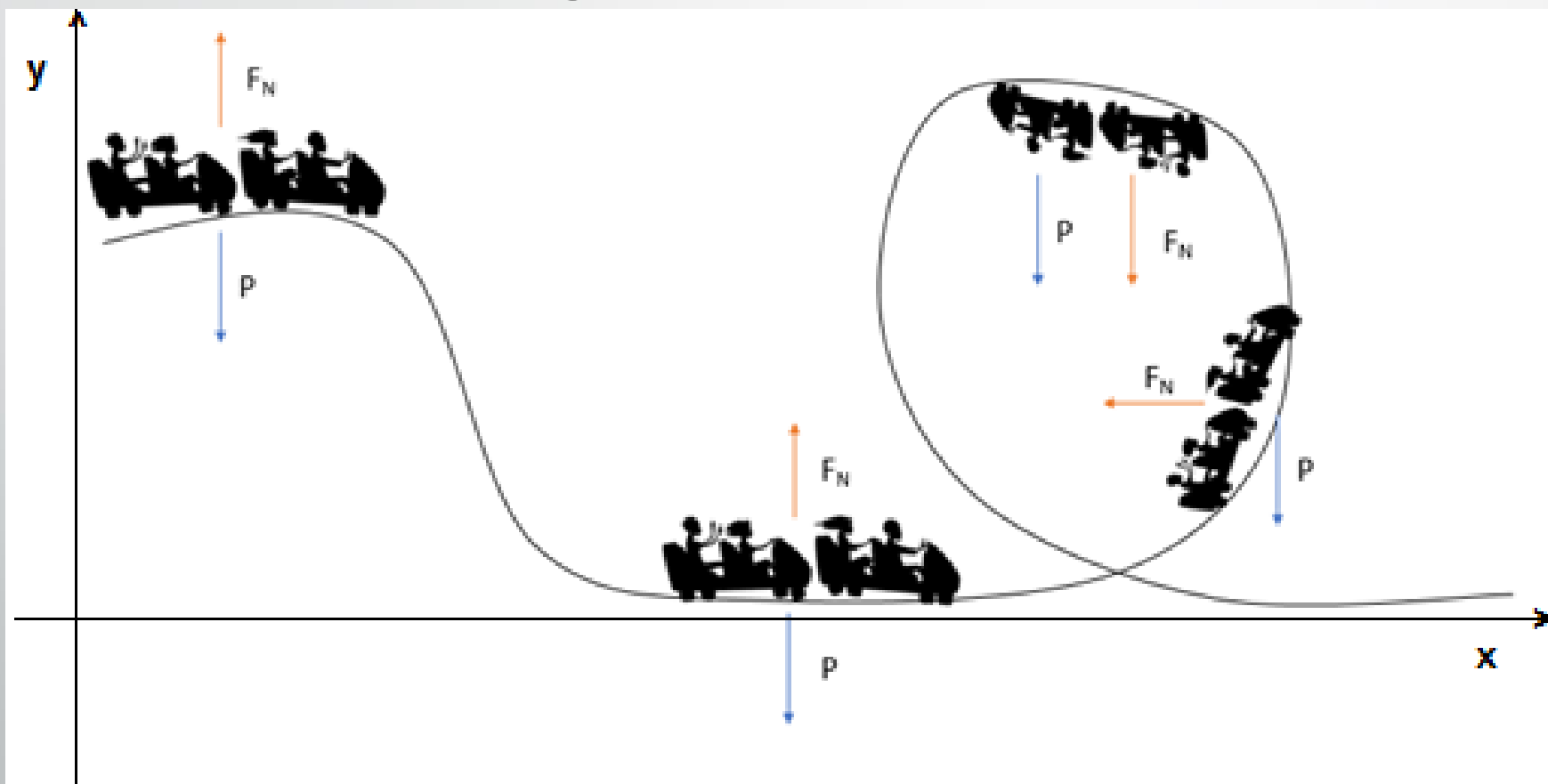
Montanha Russa

O que acontece com o carrinho ao variar a altura da descida e o raio do looping?

Anna Beathriz Cipriano de Mauro

Bruno Arthur Cesconetto

Diagrama de corpo-livre



Equações durante a queda:

- $\frac{dS_x}{dt} = V_x$

- $\frac{dV_x}{dt} = \frac{\frac{(m \cdot g \cdot \sin(2 \cdot \theta))}{2} - \left(\frac{C_d A \cdot \text{densidade} \cdot V_x^2}{2} \cdot \sin(\text{angulo}) \right)}{m}$

- $\frac{dS_y}{dt} = V_y$

- $\frac{dV_y}{dt} = \frac{\frac{(-m \cdot g \cdot (\sin \theta)^2)}{2} + \left(\frac{C_d A \cdot \text{densidade} \cdot V_x^2}{2} \cdot \cos(\text{angulo}) \right)}{m}$

Equações durante o reto:

- $\frac{dS}{dt} = V$

- $\frac{dV}{dt} = \frac{(-C_d A \cdot \text{densidade} \cdot V^2)}{m \cdot 2}$

Equações durante o looping:

- $\frac{d\theta}{dt} = w$

- $$\frac{dw}{dt} = \frac{(-m \cdot g \cdot \cos \theta) - \frac{(C_d A \cdot \text{densidade} \cdot (w \cdot r)^2)}{2}}{r \cdot m}$$

Parâmetros:

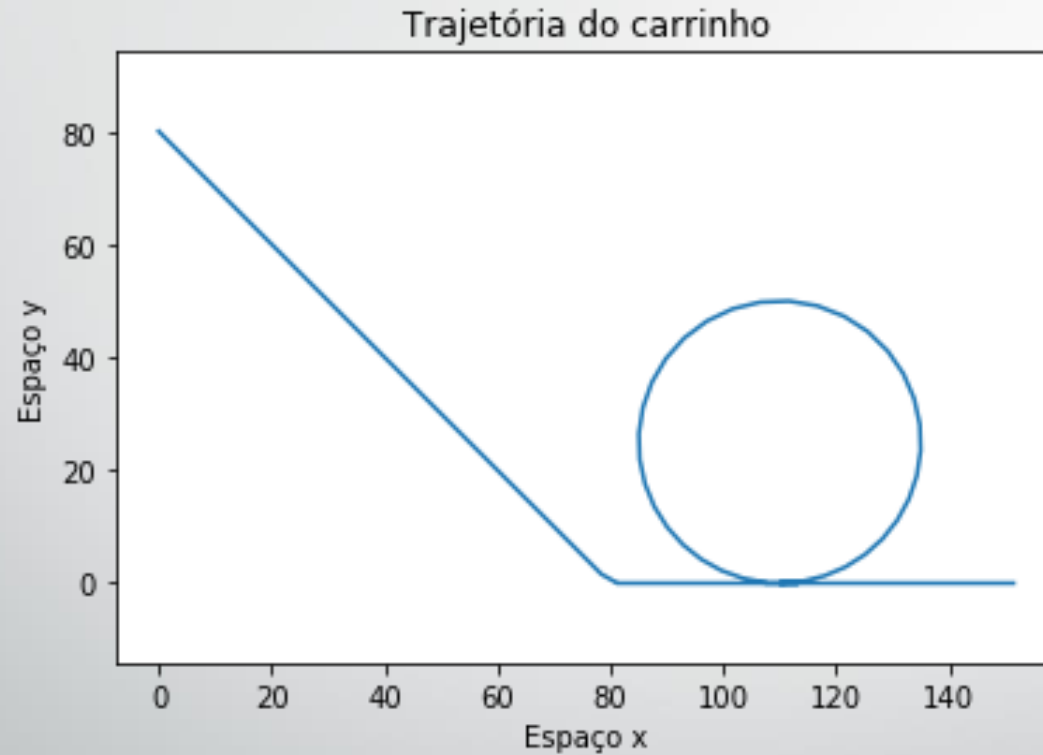
- $\theta = \text{angulo}$ [rad]
- $w_0 = 0$ [rad/s]
- $V_{r_0} = V_{reto}$ [m/s]
- $S_{r_0} = -r$ [m]
- $\Delta S_{x_{queda}} = 80$ [m]
- $m = 800$ [kg]
- $altura = \tan \theta \cdot \Delta S_{x_{queda}}$ [m]
- $\text{densidade} = 1.1839$
- $S_{x_0} = 0$ [m]
- $S_{y_0} = h$ [m]
- $V_{x_0} = 0$ [m/s]
- $V_{y_0} = 0$ [m/s]
- $r = \text{raio}$ [m]
- $h = \text{altura}$ [m]
- $g = 10$ [m/s²]
- $C_D A = 2.46 \text{ m}^2$
- $V_{reto} = \sqrt{(V_{x_{queda}})^2 + (V_{y_{queda}})^2}$

Simplificações:

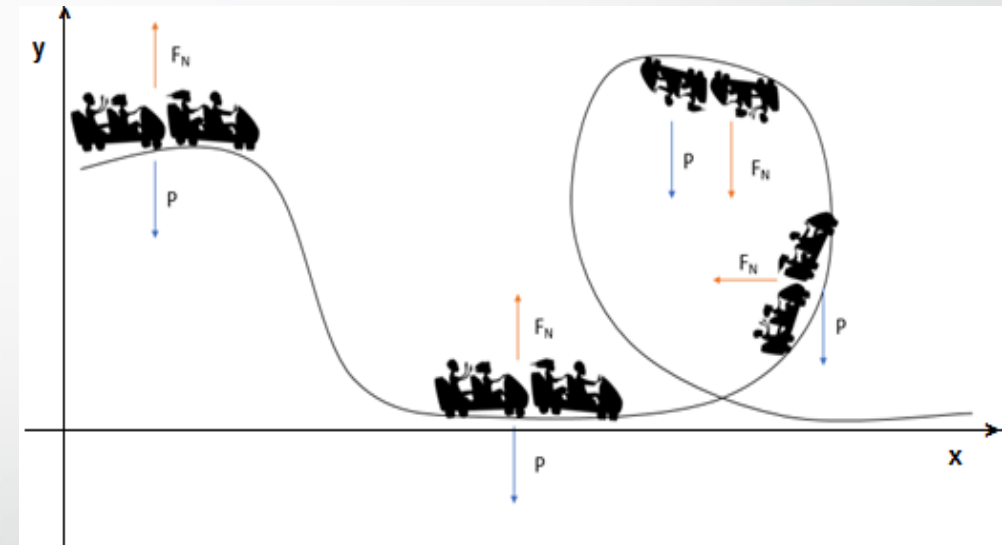
- O looping foi considerado como uma circunferência
- Considerou-se a queda como uma reta, sem curva ao final
- O coeficiente de arrasto considerado foi de um carro

Validação I:

Simulado:



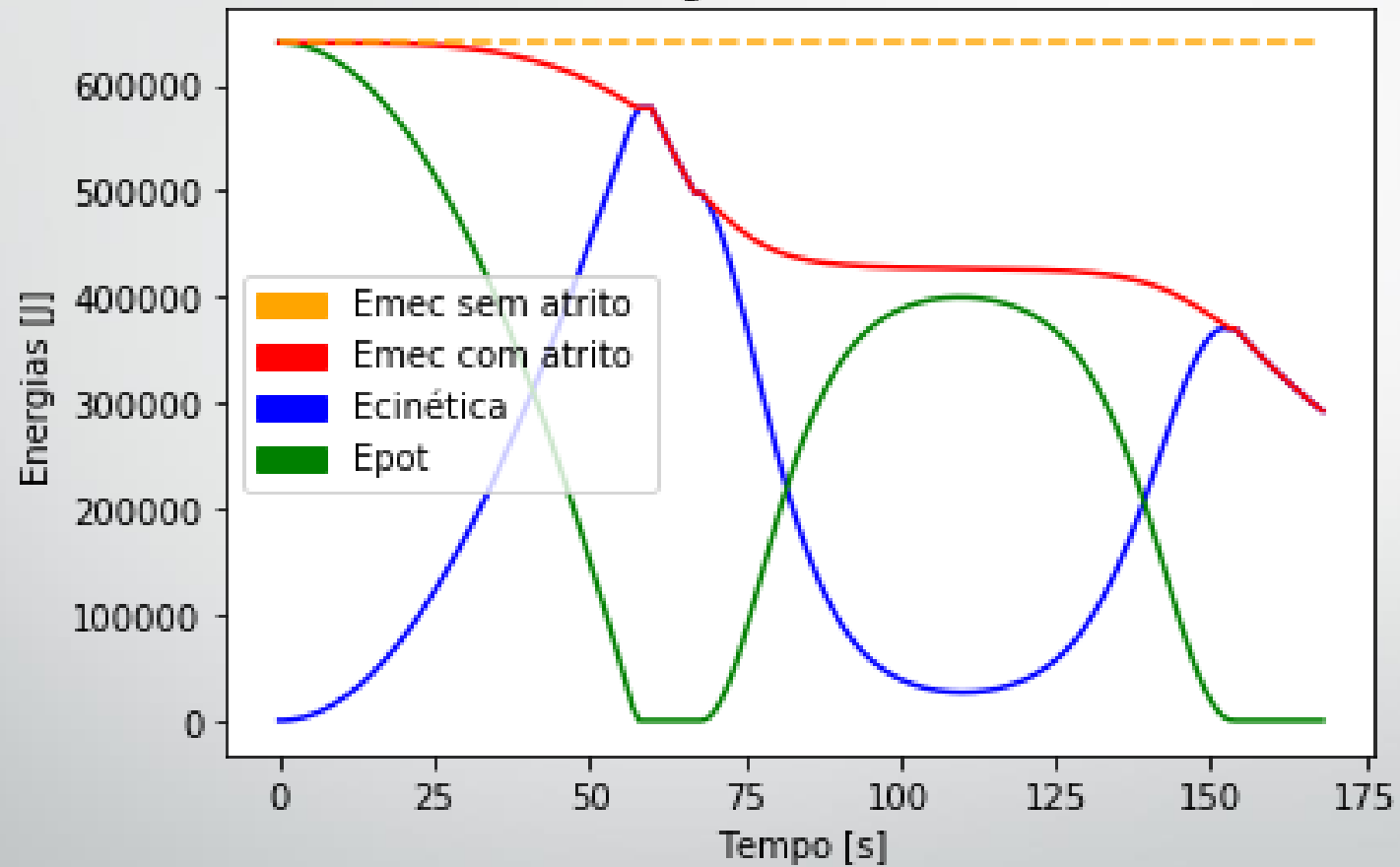
Esperado:



Trajetória simulada pelo modelo semelhante com o esperado

Validação II

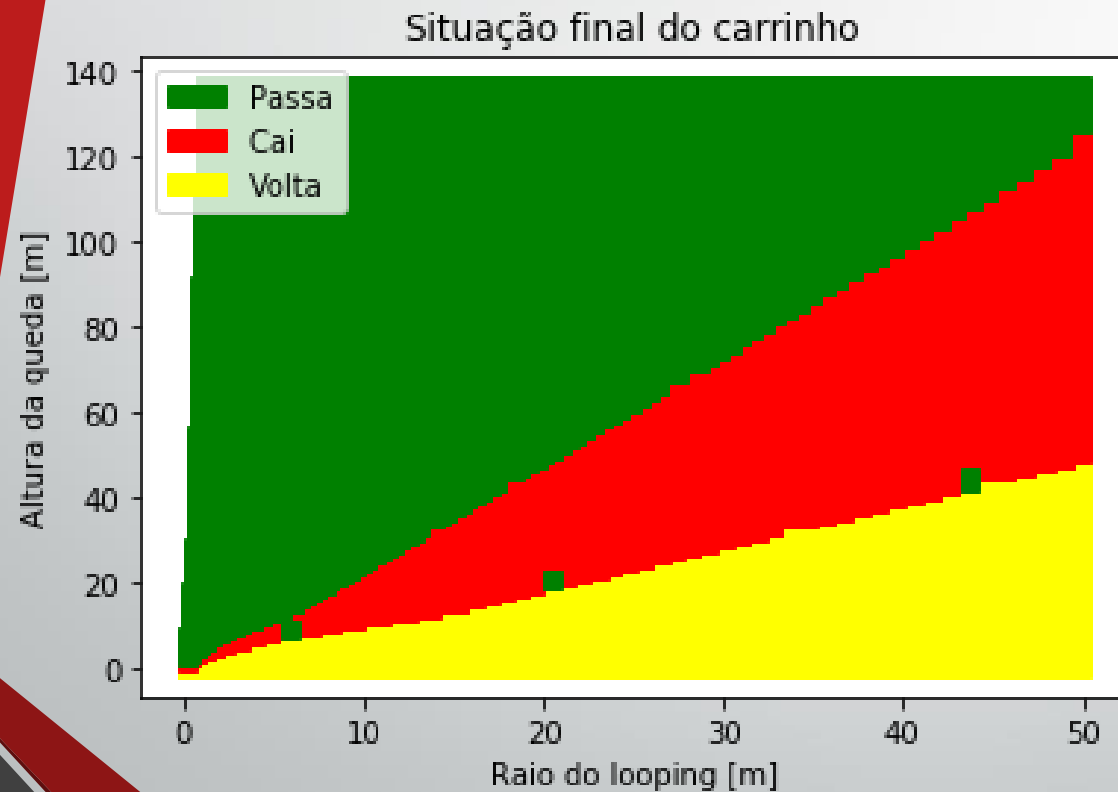
Energias do carrinho



Há variação de energia mecânica

Resultado:

- Sem atrito



- Com atrito

