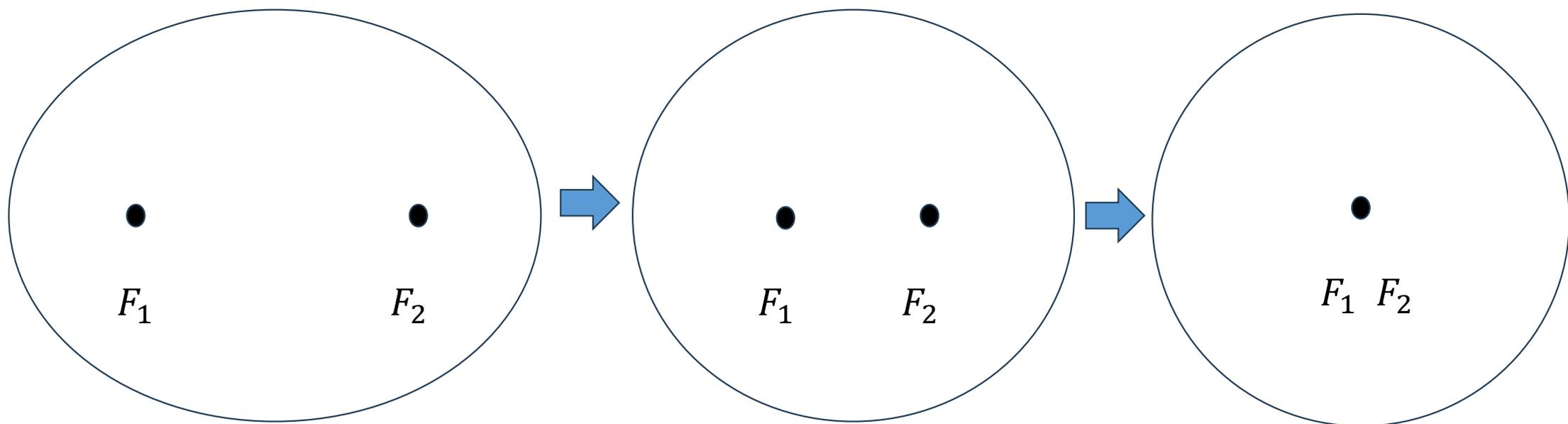


## **Dinâmica do MCU: órbita circular**

- Aula 37 / Caderno 5 / Pg. 245

Apresentação e demais documentos: [fisicasp.com.br](http://fisicasp.com.br)

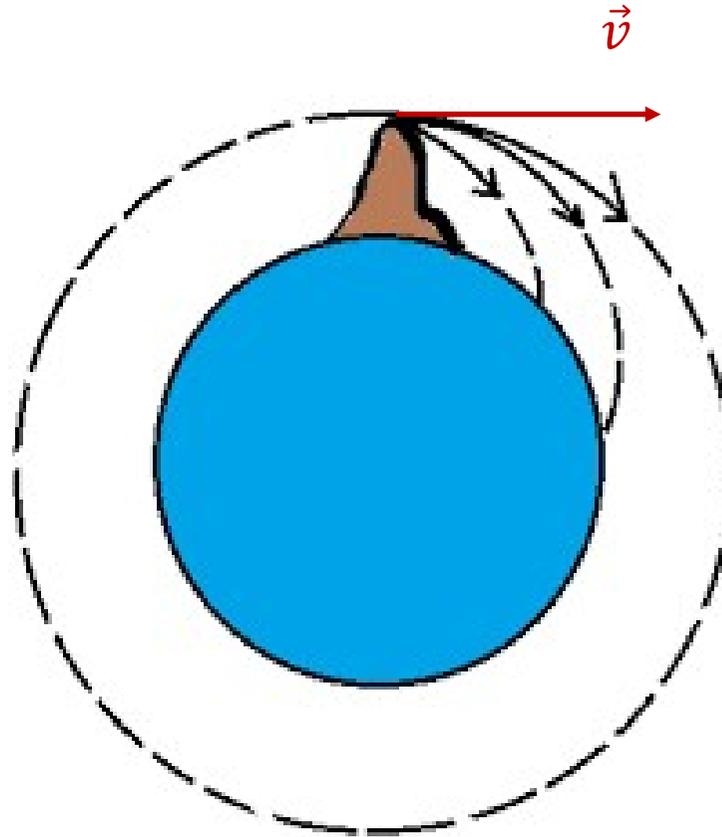
**Professor Caio**



## 1. introdução

Isaac Newton (1673 - 1627)

Órbita: queda livre infinita



<https://www.geogebra.org/m/gmg3ntrt>

## 2. Revisão: dinâmica do movimento circular uniforme (MCU)

Trajetória circular  $\leftarrow$   $\leftarrow$   $|\vec{v}|$  é constante  
 $\omega$  é constante

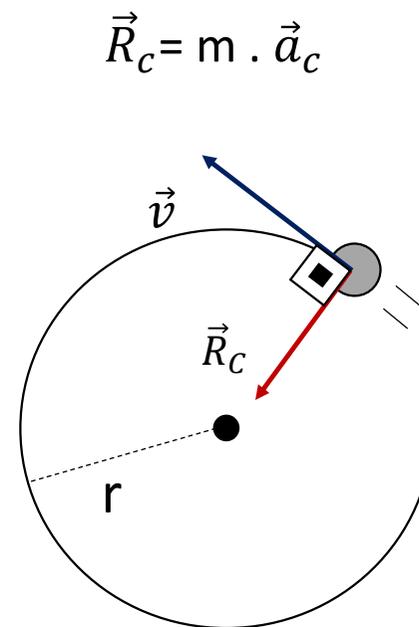
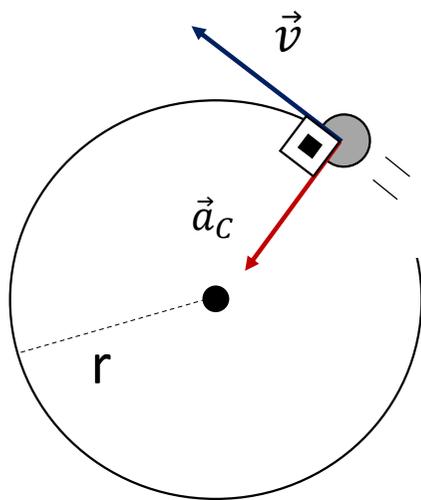
$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{2\pi r}{T}$$

$$\omega = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} = \frac{2\pi}{T}$$

$$v = \omega \cdot r$$

$\frac{m}{s}$        $\frac{rad}{s}$        $m$

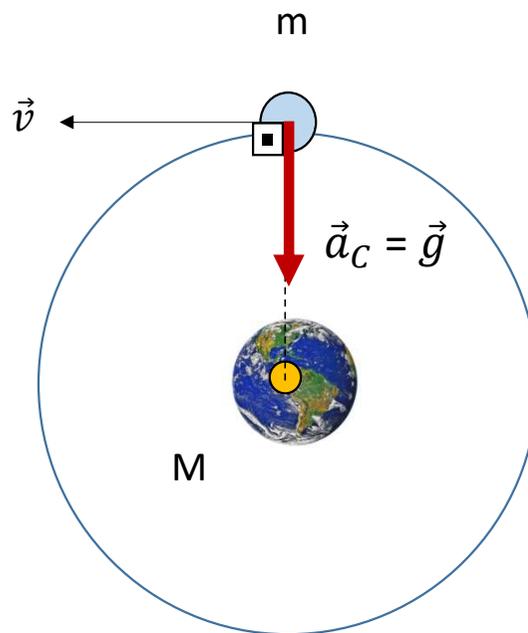
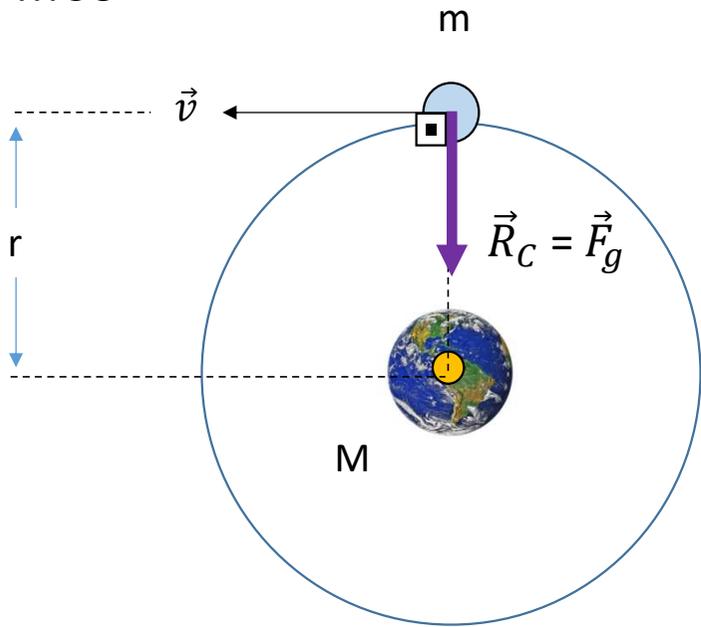
$$a_c = \frac{v^2}{r} \quad \text{ou} \quad a_c = \omega^2 \cdot r$$



$$\vec{R}_c = m \cdot \vec{a}_c$$

### 3. Órbita circular

MCU



$$R_c = F_g$$

~~$$m \cdot a_c = m \cdot g$$~~

$$a_c = g$$

$$\frac{v^2}{r} = g$$

$$v = \sqrt{g \cdot r}$$

~~$$v = \sqrt{\frac{GM}{r^2} \cdot r}$$~~

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

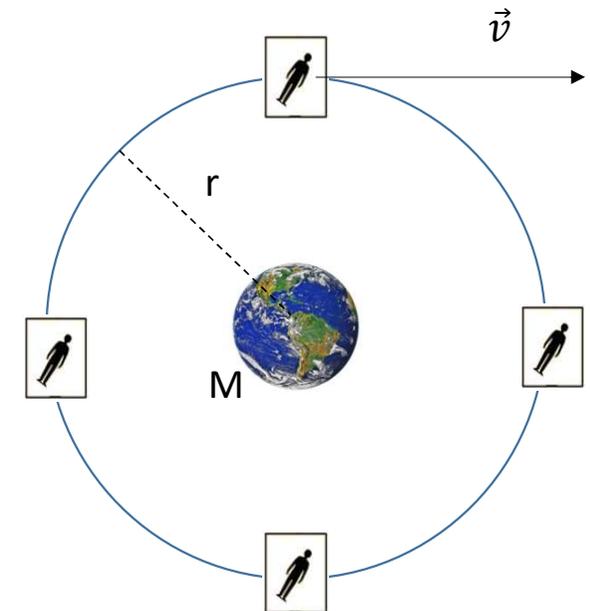
$$\omega^2 \cdot r = g$$

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{r}}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{1}{r} \cdot G \cdot \frac{M}{r^2}}$$

$$\omega = \sqrt{G \cdot \frac{M}{r^3}}$$

...



$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

Tripulante e estação apresentam  
mesma velocidade ( $v$ )

- **Imponderabilidade:** aparente ausência de peso



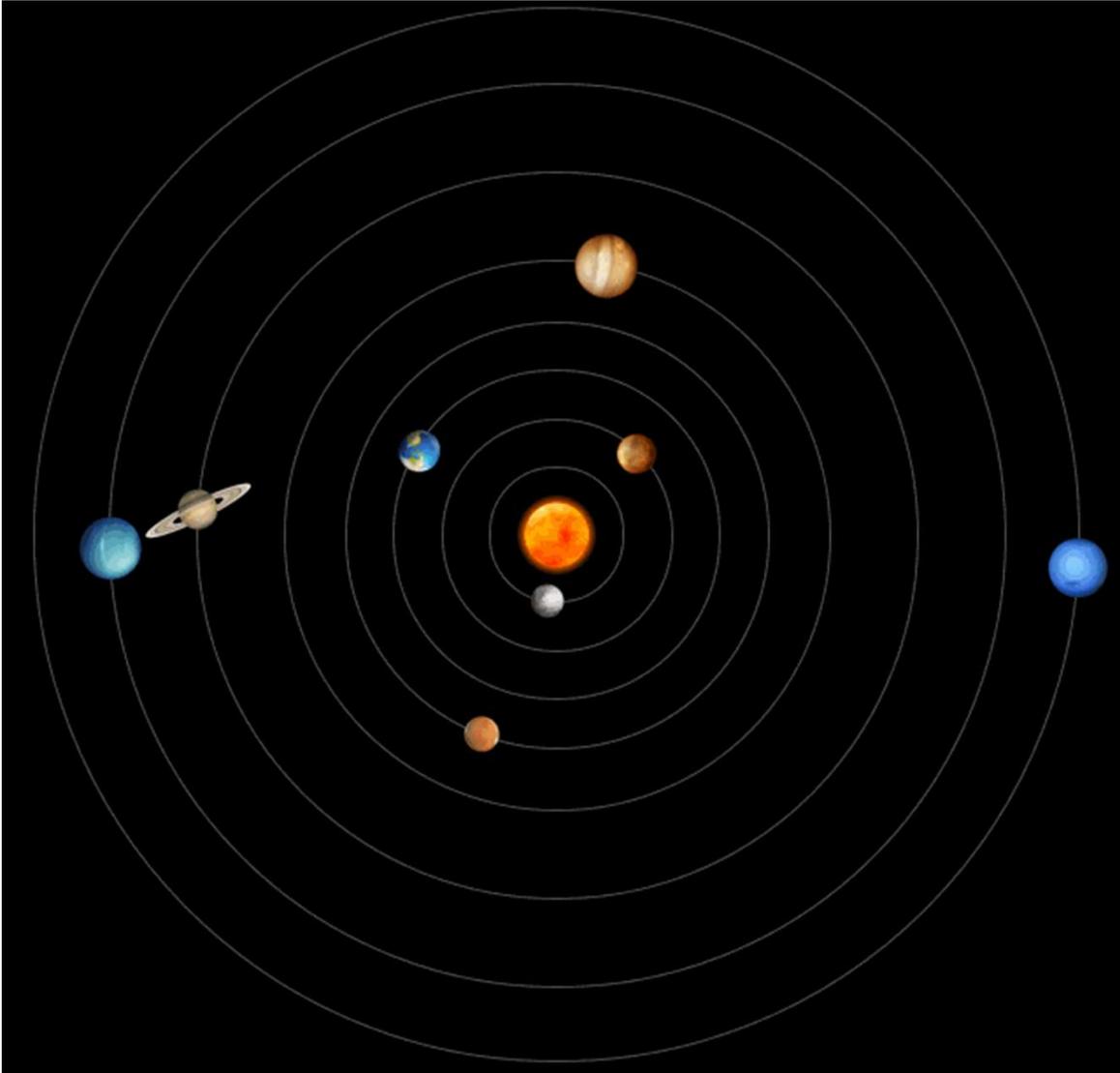
### Queda livre



### Lançamento horizontal

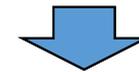


- **Imponderabilidade:** aparente ausência de peso

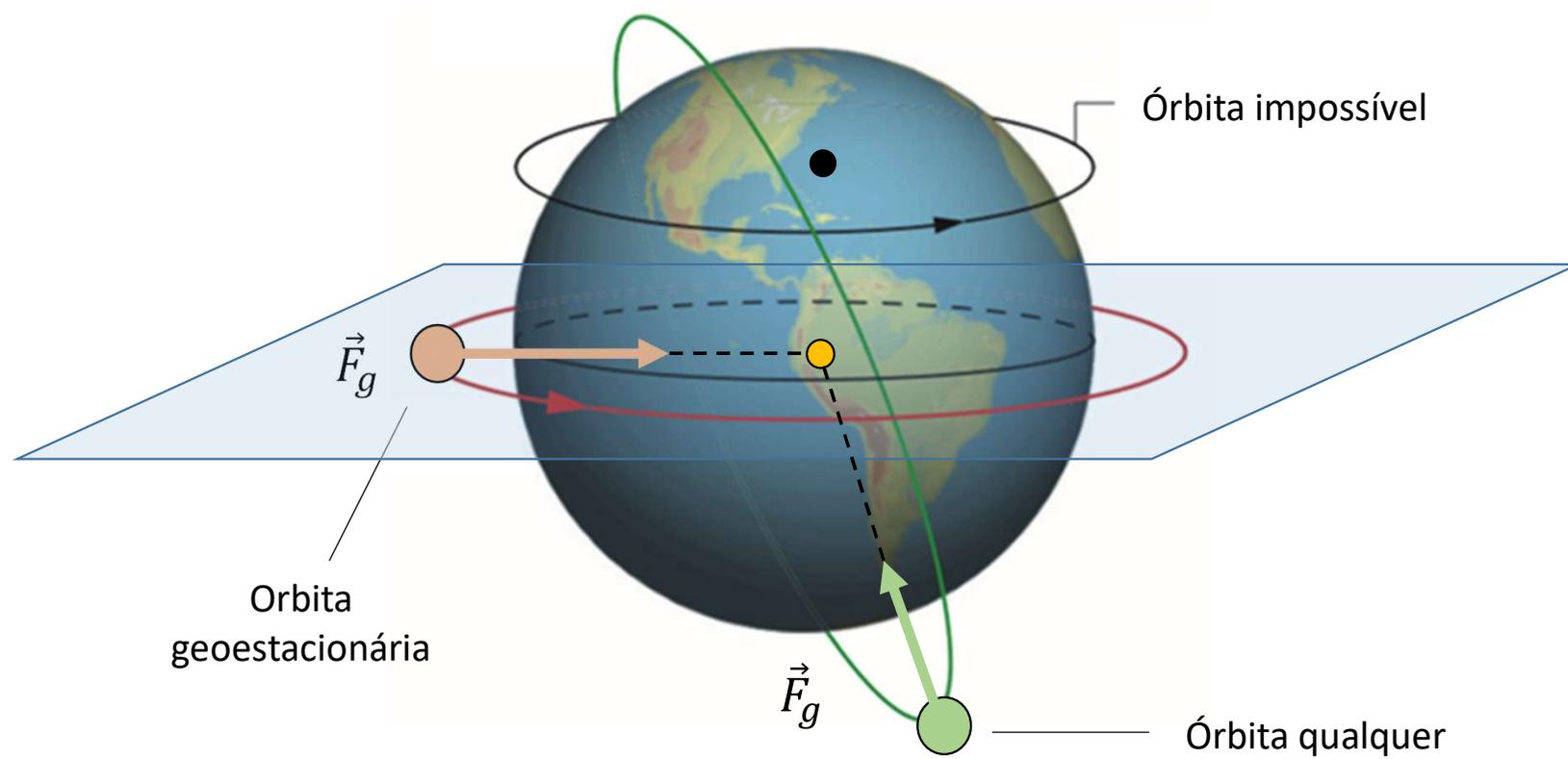


$$\downarrow v = \sqrt{\frac{GM}{r}} \uparrow$$

Planetas mais distantes do Sol



menores velocidades escalares



## Satélites: satélite geoestacionário

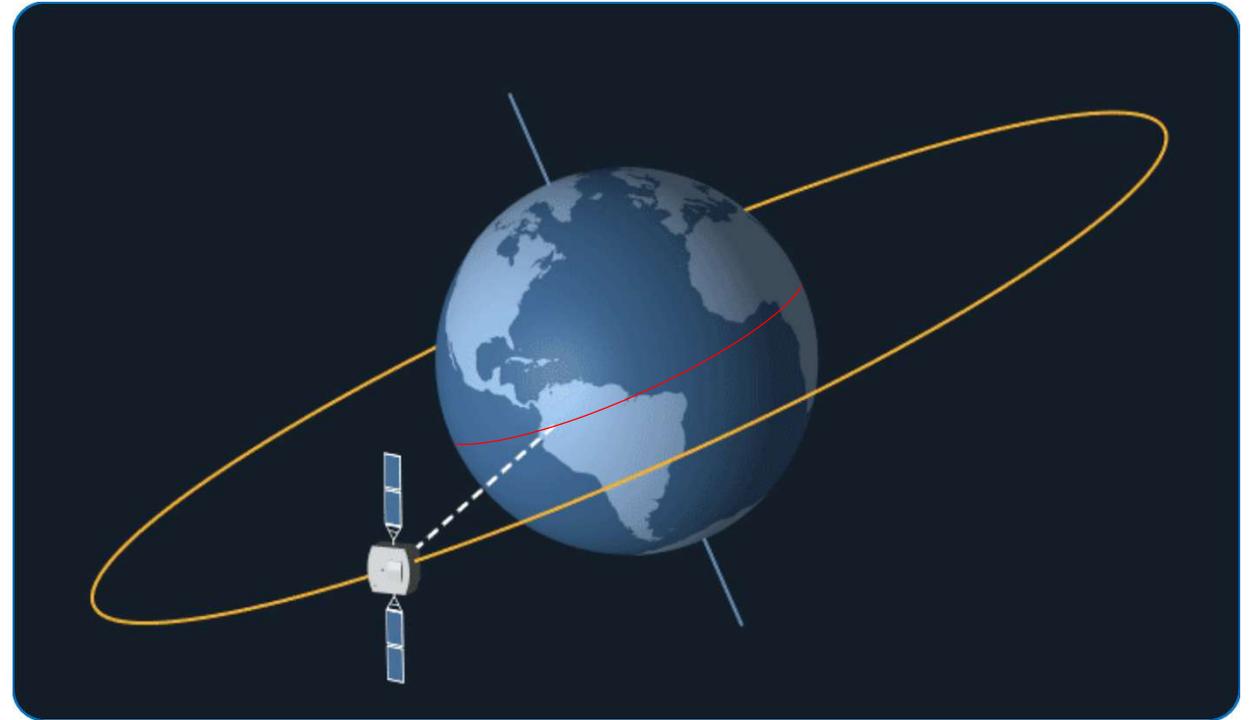
Para todo satélite geoestacionário

- $T_{satélite} = T_{Terra} = 24h$

$$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} \Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{T}$$

- $\omega_{satélites} = \omega_{Terra}$

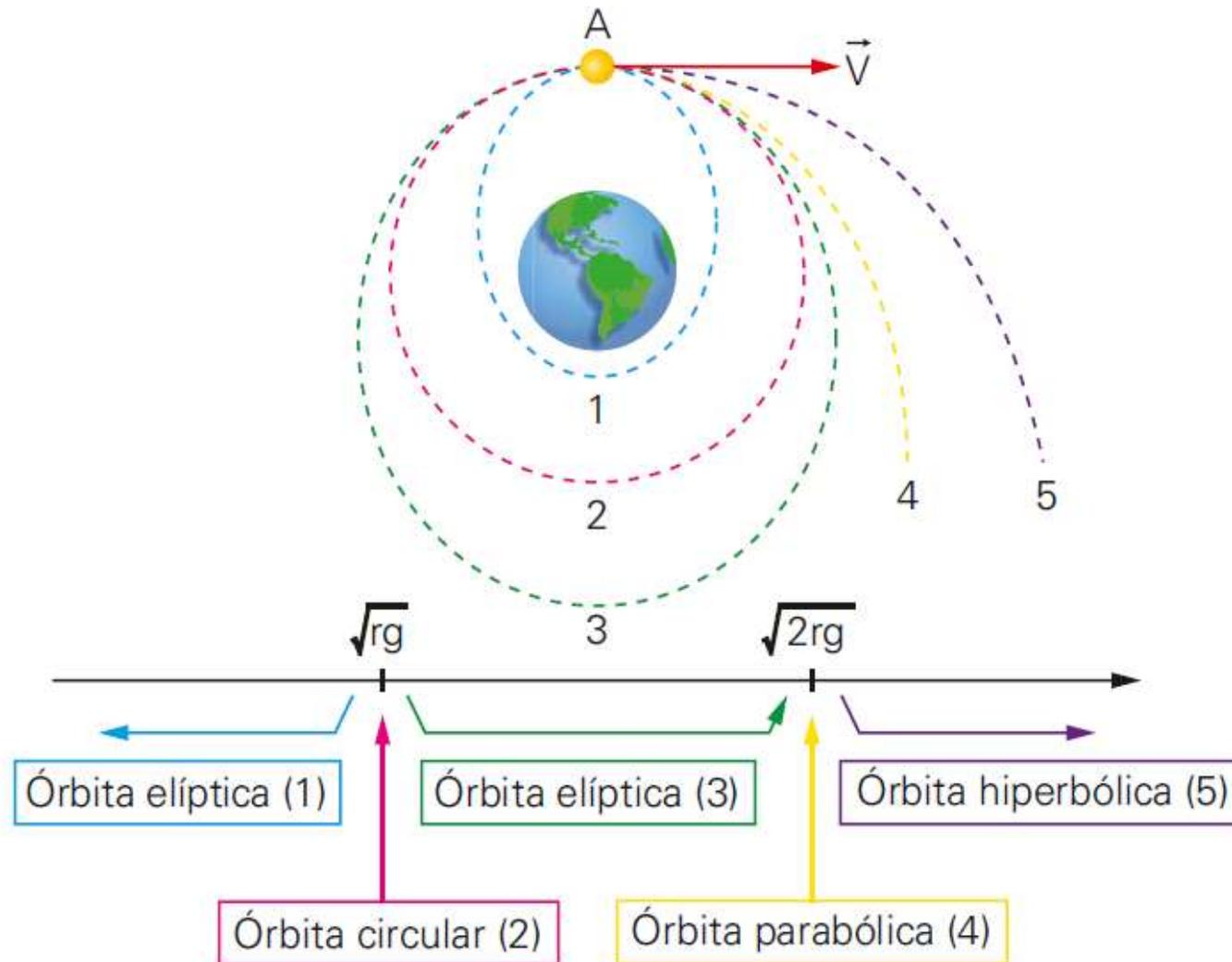
- $r \cong 42\,000\text{ km}$



- O plano de sua órbita coincide com o plano que contém a linha do equador

- Está sempre sobre o mesmo ponto da linha do equador

## 5. Outras órbitas



## 6. Energia potencial gravitacional

$$E_{p\ grav} = - \frac{G \cdot M \cdot m}{r}$$

## Exercícios da apostila

**1** (Unicamp-SP) Plutão é considerado um planeta anão, com massa  $M_p = 1 \cdot 10^{22}$  kg, bem menor que a massa da Terra. O módulo da força gravitacional entre duas massas  $m_1$  e  $m_2$  é dado por  $F_g = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$ , em que  $r$  é a distância entre as massas e  $G$  é a constante gravitacional. Em situações que envolvem distâncias astronômicas, a unidade de comprimento comumente utilizada é a Unidade Astronômica (UA).

- a) Considere que, durante a sua aproximação a Plutão, a sonda se encontra em uma posição que está  $d_p = 0,15$  UA distante do centro de Plutão e  $d_T = 30$  UA distante do centro da Terra. Calcule a razão  $\left(\frac{F_{gT}}{F_{gP}}\right)$  entre o módulo da força gravitacional com que a Terra atrai a sonda e o módulo da força gravitacional com que Plutão atrai a sonda. Caso necessário, use a massa da Terra  $M_T = 6 \cdot 10^{24}$  kg.

- a) Considere que, durante a sua aproximação a Plutão, a sonda se encontra em uma posição que está  $d_p = 0,15$  UA distante do centro de Plutão e  $d_T = 30$  UA distante do centro da Terra. Calcule a razão  $\left(\frac{F_{gT}}{F_{gP}}\right)$  entre o módulo da força gravitacional com que a Terra atrai a sonda e o módulo da força gravitacional com que Plutão atrai a sonda. Caso necessário, use a massa da Terra  $M_T = 6 \cdot 10^{24}$  kg.
- b) Suponha que a sonda New Horizons estabeleça uma órbita circular com velocidade escalar orbital constante em torno de Plutão com um raio de  $r_p = 1 \cdot 10^{-4}$  UA. Obtenha o módulo da velocidade orbital nesse caso. Se necessário, use a constante gravitacional  $G = 6 \cdot 10^{-11}$  N  $\cdot$  m<sup>2</sup>/kg<sup>2</sup>. Caso necessário, use 1 UA (Unidade astronômica) =  $1,5 \cdot 10^8$  km.

**2** Segundo a revista *Superinteressante* do dia 4 de julho de 2018, cerca de 2 783 satélites orbitam a Terra. Sabe-se que essas órbitas ocorrem em diferentes altitudes. Muitos desses satélites estão em órbita circular, ou seja, executam movimento circular e uniforme (MCU). O campo gravitacional na superfície da Terra é  $10 \text{ N/kg}$  e o raio da Terra (distância entre a superfície da Terra e seu centro admitindo que seu formato seja esférico) é  $6\,400 \text{ km}$ . Considerando a situação descrita, qual esboço gráfico representa a intensidade da velocidade  $v$  desenvolvida por satélites em órbita circular em relação aos seus raios  $r$  de órbita?

