



LANÇAMENTO E LOCALIZAÇÃO DE SATÉLITES

Quaisquer dois corpos com massa interagem entre si de acordo com a Lei da Gravitação Universal

$$F_g = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

A história da maçã de Newton parece ter servido de inspiração a Newton para chegar a esta lei. Se a maçã está na macieira e o pedúnculo que a segura à árvore se parte, a maçã acelera para o solo, a partir do repouso, devido à força gravítica e, de acordo com a segunda lei de Newton, tem-se:

$$F_g = m g$$

Se a macieira for mais alta e o pedúnculo da maçã se partir acontece algo semelhante. Apesar de a altura ser maior, a força gravítica continua a fazer-se sentir.

Se a ação da gravidade da Terra chega ao topo da árvore mais alta, porque é que a gravidade não se pode fazer sentir à distância a que a Lua está? Provavelmente Newton fez a si próprio esta questão e esta subtilidade pode ter dado origem à Lei da Gravitação Universal. A órbita da Lua em torno da Terra pode ser uma consequência da ação da gravidade da Terra sobre a Lua.

Numa obra póstuma de Isaac Newton, intitulada *A Treatise of the System of the World* e publicada em 1728, aparece a figura 1 e que traduz uma experiência pensada. Se uma pedra for atirada horizontalmente de uma montanha suficientemente alta:

- acabará por cair na superfície da Terra, de acordo com uma trajetória parabólica, devido à força de atração gravítica;
- se a velocidade de lançamento for maior, acabará por cair mais longe, mas também de acordo com uma trajetória parabólica;
- se a velocidade inicial for adequada, poderá orbitar a Terra (figura 1), estando «sempre a cair, mas sem chegar a cair na superfície da Terra».

Então, a Lua deverá ter uma velocidade tal que, apesar de estar sempre a ser atraída para a Terra, nunca chega a cair, ficando em órbita.

Todos os objetos que orbitam em torno da Terra movem-se em trajetórias que resultam da combinação entre a força de atração gravítica que a Terra exerce no objeto e da velocidade com que o satélite orbita em torno da Terra.

Quando um satélite é colocado em órbita, se não estiver animado com uma velocidade adequada à altitude em que orbita, podem acontecer duas situações:

- se o módulo da velocidade for inferior ao valor adequado, o satélite acaba por cair na Terra;
- se o módulo da velocidade for maior do que o valor adequado, o satélite acabará por escapar-se para o espaço.

Hoje sabe-se bastante mais, no entanto, é com base nos conhecimentos de Newton que os satélites são colocados em órbitas em torno da Terra.

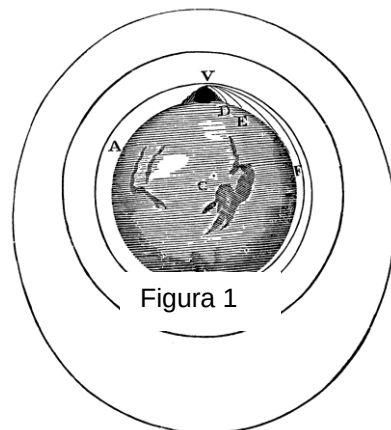


Figura 1

Os satélites são lançados utilizando veículos de lançamento, que transportam os satélites, até às altitudes onde vão orbitar. No caso europeu há três tipos de lançadores: Ariane 5, Soyuz (cooperação entre Agência Espacial Europeia (ESA) e Russa) e Vega. A base de lançamento dos Ariane encontra-se em Kouru, na Guiana Francesa (figura 2).



Figura 2 – Lançamento da base de Kouru, na Guiana Francesa.

Dependendo da função a que são destinados, há várias órbitas possíveis. Alguns satélites e respetivas órbitas estão identificados na tabela seguinte:

Tipo	Missão	Altitude / km	Período	Inclinação	Tipo de órbita
LEO	Meteorologia	~150 -900	98 -104 min	~98°	Circular
	ISS	~340	91 min	~51,6°	Circular
	Científicos	~450 -600	90 -101 min	~80° -94°	Circular
MEO	Navegação (GPS) Comunicações	~20100	~12 h	~55°	Circular
GEO	Comunicações Meteorologia Deteção nuclear	~35786	~24 h	~0°	Circular
HEO	Comunicações	De 495 kma 39 587 km	12 h	63,4°	Elítica (bastante excêntrica)

Legenda: LEO – *Low Earth Orbit* (órbita a Terra a baixa altitude); MEO – *Medium Earth Orbit* (órbita a Terra a média altitude); GEO – *Geosynchronous Earth Orbit* (órbita geo-síncrona da Terra); HEO – *Highly Elliptical Orbit* (órbita altamente elítica); ISS – *International Space Station* (estação orbital internacional).

A inclinação referida na tabela corresponde ao ângulo que o plano da órbita faz relativamente ao plano do equador, o que corresponde à latitude máxima a que o satélite passa (figura 3).

As órbitas podem ser **prógradas**, se a componente da velocidade orbital paralela à rotação da Terra tiver o mesmo sentido de rotação da Terra, ou **retrógrada**, se tiver sentido oposto. No primeiro caso, a inclinação é superior a 0°, mas inferior a 90° e no caso da órbita retrógrada, a inclinação é maior do que 90° e menor ou igual a 180°.

As órbitas dos satélites com inclinações próximas de 0° (prógrada)) designam-se por equatoriais. Um satélite que tenha uma órbita circular prógrada, a uma altitude de 35 786 km e inclinação nula, tem um período orbital igual ao período de rotação da Terra.

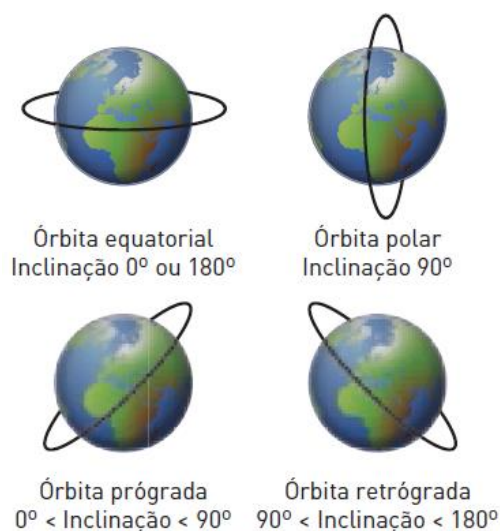


Figura 3 – Tipos de órbitas.

Devido a este facto, estes satélites são geoestacionários (localizam-se sobre o mesmo ponto da superfície da Terra) e geossíncronos (têm períodos de 24 h) e, por isso, usados para comunicações.

As órbitas dos satélites com inclinações próximas de 90° designam-se por órbitas polares.

Geralmente, os termos geoestacionário e geossíncrono usam-se indistintamente, mas de facto têm significados diferentes. Um satélite geoestacionário tem um período de 24 h, tem uma órbita aproximadamente circular e inclinação nula (ou quase). Um satélite geossíncrono tem um período orbital de 24 h, independentemente da inclinação. Todos os satélites geoestacionários são geossíncronos, mas nem todos os satélites geossíncronos são geoestacionários.

Considerando satélites com órbitas circulares, de acordo com as leis de Newton:

$$F_g = F_c \Leftrightarrow G \frac{m_s m_T}{r^2} = m_s \times \frac{v^2}{r} \Leftrightarrow v = \sqrt{\frac{G m_T}{r}}$$

A velocidade necessária, para que um satélite se mantenha em órbita, depende da massa do corpo central e do raio da trajetória (raio do corpo central adicionado à altitude).

Esta velocidade do satélite pode relacionar-se com o seu período orbital (T): $v = \frac{2\pi r}{T}$

$$\sqrt{\frac{G m_T}{r}} = \frac{2\pi r}{T} \Leftrightarrow \frac{G m_T}{r} = \frac{4\pi^2 r^2}{T^2} \Leftrightarrow \frac{r^3}{T^2} = \frac{G m_T}{4\pi^2}$$

Ou seja, para um determinado planeta, o quociente entre o cubo do raio da órbita do satélite sobre o quadrado do período orbital é constante. Esta relação traduz a Terceira Lei de Kepler.

Partindo desta relação, pode ter-se uma ideia das velocidades de alguns satélites artificiais da Terra:

Satélite	Altitude média / km	Período orbital	Inclinação	Velocidade orbital / m s ⁻¹
Telescópio <i>Hubble</i>	553,5	95,6 min	28,5°	7,160
ISS	412,5	92,7 min	51,6°	7,66

O primeiro satélite artificial colocado em órbita foi o Sputnik 1 (figura 4), em 4 de outubro de 1957. A missão fazia parte do programa espacial da antiga União Soviética (URSS) e o lançamento foi efetuado no Cosmódromo de Baikonur (Cazaquistão). Permaneceu em órbita cerca de 3 meses.

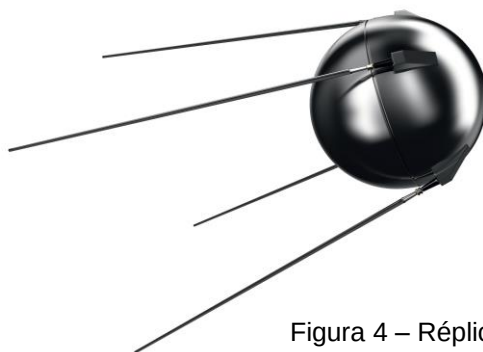


Figura 4 – Réplica do Sputnik 1.