



## Planetas anões, asteroides e cometas

J. L. G. Sobrinho

sobrinho@uma.pt

Grupo de Astronomia da Universidade da Madeira

<http://www3.uma.pt/Investigacao/Astro/Grupo/index.htm>

Outubro de 2012

### Resumo

Para além do Sol e dos oito planetas principais (e respetivas luas) fazem parte do Sistema Solar uma série de outros corpos de menores dimensões: planetas anões, pequenos corpos gelados, cometas, asteroides, meteoroides e grãos de poeira. Estes corpos concentram-se essencialmente em três regiões distintas: cintura de asteroides, cintura de Kuiper e nuvem de Oort. Por vezes, como resultado da interação gravitacional destes corpos uns com os outros ou com um dos planetas principais, um deles pode ser enviado em direção ao Sistema Solar interior. É o caso de diversos asteroides, cometas e outros pequenos corpos que têm sido observados ao longo dos tempos.

## Conteúdo

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Planetas anões</b>	<b>3</b>
2.1	Plutão . . . . .	3
2.2	Cintura de Kuiper . . . . .	4
2.3	Outros planetas anões . . . . .	4
2.4	Sedna e outros corpos da cintura de Kuiper . . . . .	5
<b>3</b>	<b>Asteroides</b>	<b>5</b>
3.1	Cintura de Asteroides . . . . .	6
3.2	Ceres . . . . .	8
3.3	Asteroides troianos . . . . .	8
3.4	Asteroides que passam perto da Terra . . . . .	8
<b>4</b>	<b>Meteoroides, meteoros e meteoritos</b>	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>Cometas</b>	<b>10</b>

<b>6</b>	<b>Nuvem de Oort</b>	<b>11</b>
----------	----------------------	-----------

<b>Bibliografia</b>	<b>11</b>
---------------------	-----------

# 1 Introdução

Para além do Sol [1] e dos oito planetas principais (e respetivas luas) [2] fazem parte do Sistema Solar uma série de outros corpos de menores dimensões: planetas anões, pequenos corpos gelados, cometas, asteroides, meteoroides e grãos de poeira. Estes corpos concentram-se essencialmente em três regiões distintas:

- cintura de asteroides
- cintura de Kuiper
- nuvem de Oort

Por vezes, como resultado da interação gravitacional destes corpos entre si ou com um dos planetas principais, um deles pode ser enviado em direção ao Sistema Solar interior aproximando-se mais do Sol, podendo mesmo cruzar a órbita da Terra. Aqui fazemos uma descrição sumária deste tipo de corpos celestes. Como bibliografia principal foram utilizadas as obras *Universe* [3] e *Astronomy: A Physical Perspective* [4]. Outras referências utilizadas são indicadas ao longo do texto.

## 2 Planetas anões

### 2.1 Plutão

Plutão foi descoberto quase que acidentalmente em 1930. Procurava-se então um novo planeta no Sistema Solar capaz de justificar algumas perturbações registadas na órbita de Neptuno. No entanto, Plutão não tinha massa suficiente e logo se passou para a procura de um hipotético décimo planeta (o famoso *Planeta X*). Resultados mais recentes mostraram que essas perturbações na órbita de Neptuno na realidade não existem (com a amplitude que se pensava).

Embora a sua observação esteja muito dificultada pelo facto de ser tão pequeno e estar tão distante foi possível fazer um mapa rudimentar do planeta com os dados recolhidos pelo HST (ver Figura 1). Existem calotes polares e regiões com diferente albedo junto ao equador. Descobriu-se ainda que o planeta roda no sentido retrogrado.

Em 1978 foi descoberta uma lua a rodar em torno de Plutão. Esta lua, que foi batizada de Charon, está em rotação sincronizada com Plutão (cada um deles mostra sempre a mesma face ao outro). Por exemplo, vista de Plutão, a lua Charon está sempre suspensa no mesmo local acima do horizonte. Entre 1985 e 1990 o plano orbital do sistema estava perfeitamente alinhado com a Terra (só acontece a cada 124 anos) proporcionando uma série de eclipses que permitiram obter diversas informações sobre Plutão e Charon.

O espectro de absorção de Plutão revela a presença de riscas de  $N_2$ ,  $CH_4$  e  $CO$ . A partir da observação de ocultações estelares sabemos que existe uma muito ténue atmosfera. Dado que a

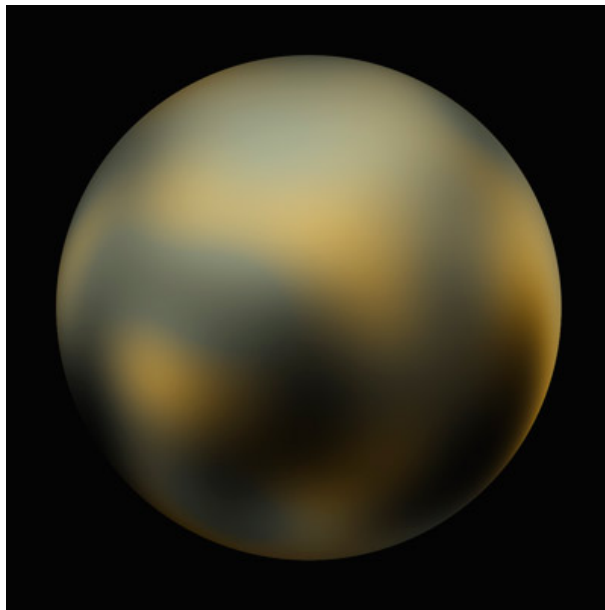


Figura 1: Imagem de Plutão obtida pelo HST [5].

temperatura ronda os 40 K essa atmosfera deve ser essencialmente composta por  $N_2$  e  $CO$  uma vez que a essa temperatura o metano permanece congelado.

O espectro de absorção de Charon revela a presença de água gelada na sua superfície. Outros elementos como sejam o  $N_2$ ,  $CH_4$  ou  $CO$  (presentes em Plutão) no caso de Charon não existem de forma abundante. Devem ter escapado para o espaço dada a menor gravidade desta lua.

Em 2005 descobriram-se mais duas pequenas luas, batizadas de Nix e Hydra e, mais recentemente, em 2011 e 2012, outras duas luas aparentemente ainda mais pequenas (Figura 2). De tudo isto nos dará conta a sonda *New Horizons* que vai a caminho de Plutão onde passará em 2015.

## 2.2 Cintura de Kuiper

Em 1991 foi descoberto um corpo gelado com cerca de 240 km de diâmetro a cerca de 40 UA do Sol. Esse objeto foi designado por 1992QB<sub>1</sub>. Em 2004 já tinham sido identificados cerca de 1000 desses pequenos corpos gelados numa região entre 30 UA a 500 UA. Essa zona foi então designada por Cintura de Kuiper. Plutão e Charon pertencem a essa cintura.

## 2.3 Outros planetas anões

Entre os objetos da Cintura de Kuiper encontra-se Eris e a sua lua Dysnomia (Figura 3). Eris tem massa superior a Plutão e é também maior do que Plutão. Assim, se Plutão é um planeta Eris também deveria ser considerado como tal. Como Eris foram descobertos, na Cintura de Kuiper, outros corpos semelhantes em massa e dimensão. A *União Astronómica Internacional* (IAU) na sua assembleia geral (em 2006) decidiu atribuir a classificação de *planeta anão* a Plutão, Eris, Makemake e Haumea (todos da cintura de Kuiper) – Figura 4. A estes quatro temos ainda a juntar Ceres, pertencente à cintura de asteroides uma vez que este reúne também

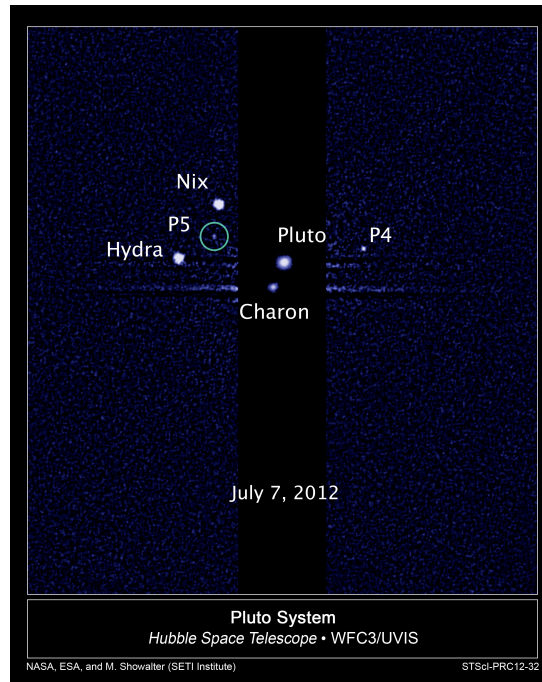


Figura 2: Plutão e as suas luas [6].

as condições para ser integrado na categoria de planeta anão (ver Secção 3.2).

## 2.4 Sedna e outros corpos da cintura de Kuiper

Sedna descoberto a 14 de novembro de 2003 chegou a ser apontado como o décimo planeta do Sistema Solar. Atualmente, aguarda (ainda) a sua possível classificação como planeta anão. Uma das particularidades de Sedna é a sua órbita bastante alongada: 75 a 950 UA. Sedna encabeça um grupo de pequenos corpos gelados, pertencentes à Cintura de Kuiper, do qual também fazem parte Orcus, 2007  $OR_{10}$  e Quaoar (Figura 4).

## 3 Asteroides

Um asteroide é um pequeno corpo geralmente rochoso que orbita em torno do Sol. A maioria dos asteroides faz parte da chamada *Cintura de Asteroides* situada entre Marte e Júpiter (2.1 UA – 3.5 UA). Existem, no entanto, alguns asteroides que descrevem trajetórias que os levam para fora desta região. A dimensão média dos asteroides situa-se entre  $\sim 100$  m e  $\sim 500$  km. Corpos mais pequenos são usualmente designados por meteoroides.

A sonda Galileu, na sua viagem para Júpiter, passou perto dos asteroides Gaspra (em 1991) e Ida (em 1993). Mais recentemente, em 2005, a sonda Hayabusa pousou no asteroide Itokawa onde recolheu uma amostra que transportou com sucesso para a Terra onde chegou em 2010.

Os dados recolhidos por estas e outras missões revelam que nem todos os asteroides são rochosos. Alguns têm densidades mais baixas e parecem ser compostos por gelo. Existem crateras de impacto, nalguns casos, com diâmetro comparável ao do próprio asteroide. Existem diversos

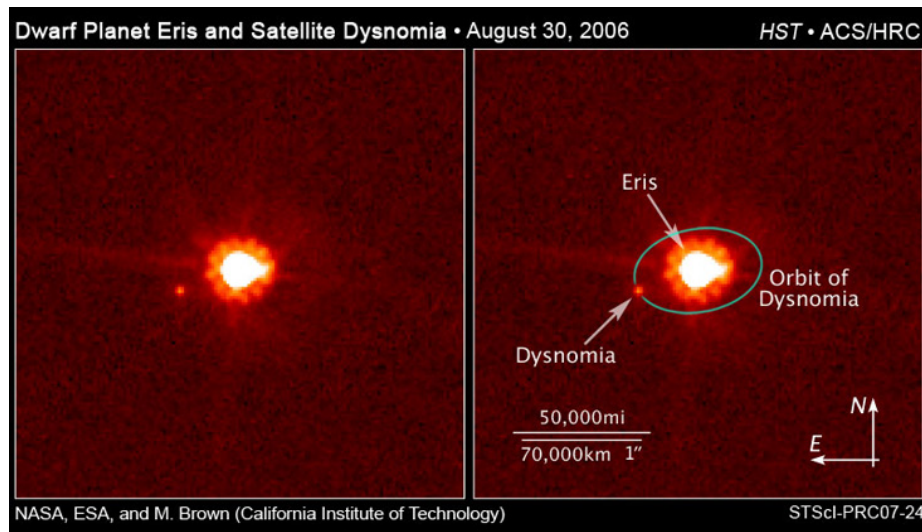


Figura 3: O planeta anão Eris e a sua lua Dysnomia [7].

asteroides com luas. Ida, por exemplo, tem uma lua chamada Dactyl.

### 3.1 Cintura de Asteroides

O primeiro corpo da cintura de asteroides a ser descoberto foi Ceres (em 1801). Seguiram-se Pallas (1802), Juno (1804) e Vesta (1807). Hoje em dia estão catalogados mais de 50 000 asteroides (Figura 5). Pouco mais de 200 deles têm diâmetro superior a 100 km. A maioria tem forma irregular e mede menos de 1 km. Ceres foi recentemente promovido a planeta anão.

Embora existam bastantes asteroides estes estão dispersos por uma vasta região pelo que a distância média entre eles ronda os  $10^6$  km. Assim, a probabilidade de uma sonda espacial colidir com um deles é reduzida.

Não sabemos ao certo a razão pela qual se formou nesta zona do Sistema Solar uma cintura de asteroides e não um planeta. De acordo com simulações feitas por computador a resposta parece estar relacionada, em parte, com a gravidade de Júpiter. Quando este planeta gigante não é incluído nas simulações ocorre a formação de um planeta em substituição da cintura de asteroides. Tendo Júpiter em conta mesmo que se forme um planeta com dimensão semelhante à Terra, este acaba por ser rapidamente catapultado para outras paragens (mais para o interior ou para o exterior do Sistema Solar). Processos conturbados como este explicariam a atual configuração da cintura de asteroides.

A gravidade de Júpiter continua a influenciar a cintura de asteroides no presente. Regra geral, os períodos orbitais dos asteroides não estão em ressonância com o período orbital de Júpiter. Um asteroide com um período orbital igual a 5.93 anos, por exemplo, estaria alinhado com Júpiter a cada duas voltas em torno do Sol (ressonância 2:1). A gravidade de Júpiter acabaria por alterar a órbita do asteroide podendo mesmo afastá-lo da cintura de asteroides. O mesmo se diz para asteroides com outros níveis de ressonância (3:1, 4:1, ...). Assim, a influência de Júpiter acabou por produzir uma espécie de sistema de anéis na cintura de asteroides. As zonas vazias entre anéis designam-se por *falhas de Kirkwood*.

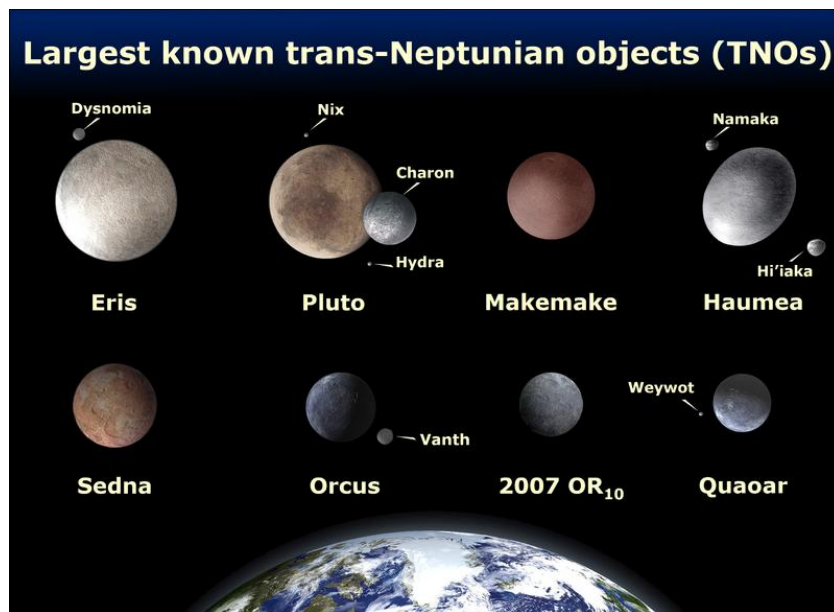


Figura 4: Imagem de artista mostrando os maiores objetos conhecidos com órbitas para além de Neptuno. Destes constam quatro planetas anões (Eris, Plutão, Makemake e Haumea) e uma série de pequenos corpos gelados como Sedna, Orcus e Quaoar [8].

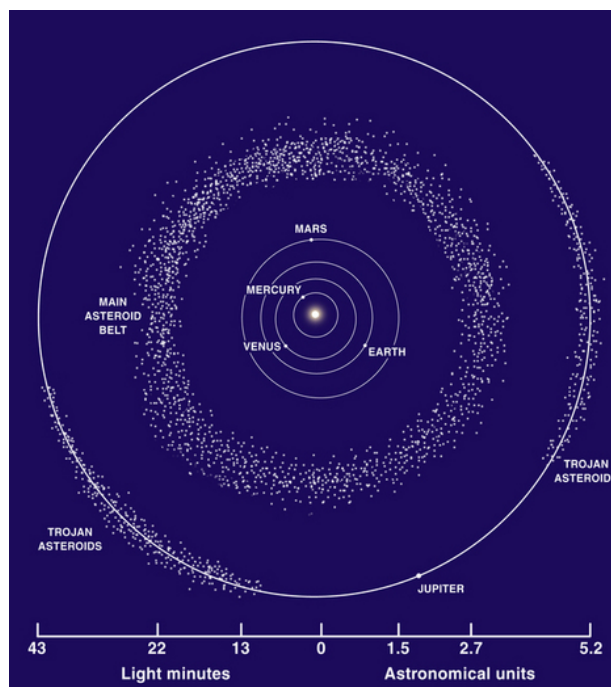


Figura 5: Esquema mostrando a cintura de asteroides existente entre Marte e Júpiter. São também apresentados os asteroides troianos (ver texto para mais detalhes) [9].

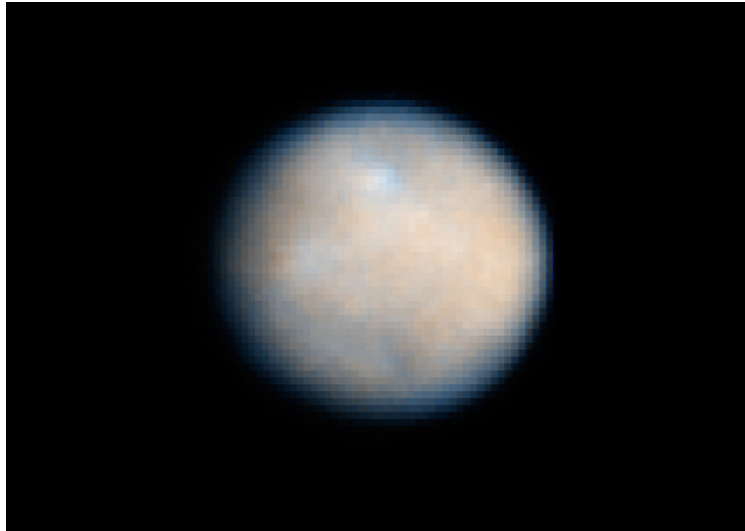


Figura 6: O planeta anão Ceres fotografado pelo HST [10].

### 3.2 Ceres

Ceres situa-se na região da Cintura de Asteroides. Foi inicialmente considerado um planeta, depois passou a ser considerado asteroide (durante cerca de 150 anos) para, mais recentemente, subir ao estatuto de planeta anão (Figura 6). Ceres dá uma volta ao Sol a cada 4.6 anos a uma distância média de 2.77 UA. O seu raio é de 934 km. Ceres é de longe o corpo com maior massa presente na Cintura de Asteroides. De facto, a sua massa ascende a cerca de 30% da massa dos restantes asteroides todos juntos.

### 3.3 Asteroides troianos

A atuação conjunta da gravidade do Sol com a de Júpiter conduziu alguns asteroides para os chamados pontos estáveis de Lagrange. Em 1906 foram descobertos os primeiros asteroides nesses pontos do sistema Júpiter-Sol (a existência destes pontos foi prevista por Joseph Lagrange em 1772). Existem cerca de 1600 destes asteroides, designados por *asteroides troianos*, já catalogados (ver Figura 5).

### 3.4 Asteroides que passam perto da Terra

Alguns asteroides afastam-se bastante da região da cintura de asteroides. Estão neste caso os chamados NEOs (Near Earth Objects) cujas trajetórias se podem aproximar bastante da Terra. Por exemplo em 1994 o *1994 XM1* passou a cerca de 105 000 km da Terra (mais perto do que a Lua). Tratou-se de um corpo com cerca de 10 m (meteoróide) e caso colidisse com a Terra provavelmente arderia por completo na atmosfera sem chegar ao solo. Em 1989 o asteroide *Asclepius* com cerca de 300 m passou a  $\approx 700000$  km da Terra.

São atualmente conhecidos milhares de NEOs e quase todos os dias se descobrem novos. Regra geral, são de pequenas dimensões (meteoróides). Os asteroides que passam perto da Terra podem ser de um de três tipos:

- Amor – situam-se entre as órbitas da Terra e de Marte. Embora possam cruzar ocasionalmente a órbita de Marte, nunca cruzam a órbita da Terra embora se possam aproximar bastante desta. Exemplo: 1036 Ganymed.
- Apollo – diferenciam-se dos asteroides do tipo Amor pelo facto do seu periélio (ponto em que estão mais próximos do Sol) ser inferior ao afélio da Terra (ponto em que a Terra está mais afastada do Sol). Exemplo: 4581 Asclepius.
- Atenas – têm órbitas cujo afélio (ponto em que estão mais afastados do Sol) é superior ao periélio da Terra (ponto em que a Terra está mais próxima do Sol). Exemplo: 99942 Apophis.

Os asteroides e meteoroides são em geral ricos em ferro. O irídio é um elemento comum em rochas ricas em ferro e raro noutros tipos de rochas. Assim, um estudo da distribuição de irídio sobre a superfície terrestre pode dar a ideia dos impactos ocorridos no passado.

## 4 Meteoroides, meteoros e meteoritos

Não existe uma linha clara de separação entre asteroides e meteoroides. Em geral consideram-se meteoroides aqueles que têm menos de uma centena de metros.

Um *meteoro* consiste no fenómeno luminoso que ocorre quando um meteoróide entra na atmosfera e é vaporizado total ou parcialmente devido ao atrito. Estes fenómenos são popularmente designados por *estrelas cadentes*. Grande parte dos meteoros resulta da combustão de pequenos grãos de poeira, com dimensão da ordem de 1 mm, deixados por cometas. Se a Terra atravessar uma região rica nesses grãos de poeira podemos ter aquilo a que chamamos uma *chuva de meteoros*.

Muitos meteoroides ardem completamente ao penetrarem na nossa atmosfera. Se parte do meteoróide sobreviver e conseguir chegar ao solo então passa a ser designado por *meteorito*. Em geral o meteorito tem uma dimensão muito inferior à do meteoróide inicial.

Todos os dias cerca de 300 toneladas de meteoritos caem sobre a Terra (grande parte na forma de poeira). No Arizona, por exemplo, existe uma cratera de impacto provocada pela colisão de um meteorito com cerca de 50 m há aproximadamente 50000 anos.

### Classificação dos meteoritos:

- Rochas – parecem rochas vulgares embora apresentem uma crosta queimada (durante a sua descida na fase de meteoro). Cerca de 95% de todos os meteoritos pertencem a esta classe. Existe uma subclasse de meteoritos rochosos nos quais existem quantidades relevantes de carbono e compostos de carbono incluindo moléculas orgânicas complexas como os aminoácidos. Para além disso cerca de 20% da massa destes consiste em água incrustada nos minerais. A origem deste tipo de meteoritos pode remontar às origens do Sistema Solar.
- Rochas ferrosas – são compostos por rocha e ferro (50% de cada). Constituem 1% de todos os meteoritos.
- Ferros – são essencialmente compostos por ferro embora possam ter também níquel na sua composição (entre 10 a 20%). Constituem 4% de todos os meteoritos.



## 5 Cometas

Os cometas são corpos em dimensão comparáveis aos asteroides. Diferem radicalmente no que respeita à sua composição. Ao passo que os asteroides são essencialmente rochosos os cometas são, por seu turno, essencialmente compostos por gelo.

As trajetórias dos cometas são elipses com grande excentricidade. Isto significa que os cometas orbitam em torno do Sol. Os períodos orbitais são muito variáveis e vão-se alterando à medida que o cometa perde massa em cada passagem. O cometa Encke, por exemplo, dá uma volta ao Sol em 3.3 anos ao passo que o Kohoutek, que passou por cá em 1973, só voltará daqui por cerca de 80 000 anos.

Os cometas com período orbital mais curto devem ter passado perto de Júpiter o suficiente para que a sua órbita fosse alterada. Estes designam-se geralmente por *cometas da família de Júpiter*. Muitos destes cometas acabam mesmo por colidir com Júpiter ou com o Sol. Trata-se de cometas com período inferior a 20 anos, provavelmente originários da cintura de Kuiper. A influência gravítica de Neptuno ou a interação de corpos da cintura de Kuiper entre si podem lançar ocasionalmente um deles em direção ao Sistema Solar interior onde acabará, eventualmente, por se tornar num cometa.

Os cometas de período intermédio ou longo são os mais comuns. As suas órbitas podem ir até as  $10^5$  UA (1/5 da distância para a estrela mais próxima). Estes cometas são originários da nuvem de Oort (Secção 6).

**Estrutura de um cometa** (ver Figura 7):

- Núcleo – com uma extensão da ordem das dezenas de km o núcleo de um cometa é composto por uma mistura de gelo ( $H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $NH_3$ ,  $CH_4$ ) e poeiras.
- Cabeleira – zona que envolve o núcleo estendendo-se até aos  $10^5$  ou  $10^6$  km. A cabeleira é uma espécie de atmosfera do cometa sendo composta pelo material libertado do núcleo quando este é aquecido.
- Envelope de hidrogénio – esta zona consiste numa esfera de hidrogénio que se estende por cerca de  $10^7$  km. O hidrogénio resulta da separação de moléculas de água pela radiação UV do Sol.

- Cauda – quando o cometa se aproxima muito do Sol (menos de 3 UA) pode desenvolver uma grande cauda. Note-se que a 3 UA do Sol a temperatura atinge cerca de 215 K o que corresponde à temperatura de sublimação da água gelada. A cauda tem uma densidade muito baixa em relação à do cometa em si. A cauda do cometa apresenta duas ramificações:

**Cauda de gás** – aponta na mesma direção do movimento do cometa. Consiste em material deixado para trás pelo cometa. Esta cauda acompanha o movimento do cometa descrevendo uma curva suave. Pode atingir cerca de  $10^7$  km. O material da cauda acaba por escapar ao cometa ficando em órbita em torno do Sol.

**Cauda de iões** – aponta na direção oposta ao Sol pois resulta do arrastamento de iões, provenientes do cometa, pelo vento solar. Esta cauda pode atingir até  $10^8$  km. O seu tom azulado resulta da presença de iões moleculares de compostos de carbono.

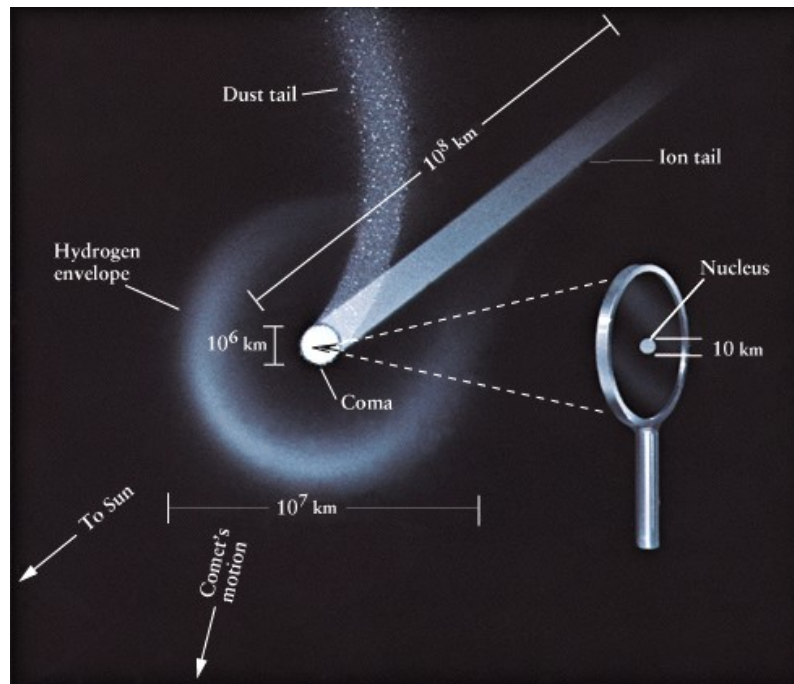


Figura 7: A estrutura de um cometa [11].

## 6 Nuvem de Oort

A grande maioria dos cometas de período intermédio ou longo parece ser originária de uma região situada a cerca de 50000 UA do Sol. Como surgem com a mesma frequência de todas as direções essa região, que se designa por *Nuvem de Oort*, deve ter forma esférica. A nuvem de Oort é composta pelos restos da nebulosa que deu origem ao Sistema Solar. Assim, o estudo da composição dos cometas pode revelar muito sobre a origem do nosso sistema planetário.

## Referências

- [1] Sobrinho, J. L. G., 2012, *O Sol e o seu interior*, Formação Contínua de docentes: Introdução à Astronomia (texto de apoio ao módulo 1), 18 pp, Universidade da Madeira (2012).
- [2] Sobrinho, J. L. G., 2012, *Os planetas do Sistema Solar*, Formação Contínua de docentes: Introdução à Astronomia (texto de apoio ao módulo 1), 38 pp, Universidade da Madeira (2012).
- [3] Freedman R. A. & Kaufmann III, W. J., 2005, *Universe*, seventh edition, W. H. Freeman and Company, New York.
- [4] Kutner, M. L., 2003, *Astronomy: A Physical Perspective*, 2nd edition, Cambridge University Press, United Kingdom.
- [5] NASA, ESA, and M. Buie (Southwest Research Institute), <http://hubblesite.org/gallery/album/pr2010006b/>
- [6] NASA, ESA, and M. Showalter (Seti Institute), [http://www.nasa.gov/mission\\_pages/hubble/science/new-pluto-moon.html](http://www.nasa.gov/mission_pages/hubble/science/new-pluto-moon.html)
- [7] NASA, ESA and M. Brown, [http://solarsystem.nasa.gov/multimedia/display.cfm?IM\\_ID=10803](http://solarsystem.nasa.gov/multimedia/display.cfm?IM_ID=10803)
- [8] <http://discovery.nasa.gov/SmallWorlds/mars6.cfm>

[9] Lunar and Planetary Institute, [http://solarsystem.nasa.gov/multimedia/display.cfm?IM\\_ID=850](http://solarsystem.nasa.gov/multimedia/display.cfm?IM_ID=850)

[10] <http://solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Dwa-Ceres>

[11] <http://www.physics.unc.edu/~evans/pub/A31/Lecture14-Satellites/> (material de apoio a [3]).