

Atmosferas Planetárias

Todos os planetas do Sistema Solar, assim como alguns de seus satélites, têm atmosfera. Os envoltórios gasosos que recobrem vários objetos do Sistema Solar apresentam uma notável diversidade entre si. Esta diversidade que observamos nas propriedades das distintas atmosferas de planetas e satélites naturais está relacionada tanto com as variações nas condições iniciais da formação desses corpos celestes quanto nas circunstâncias físicas sob as quais eles evoluíram posteriormente.

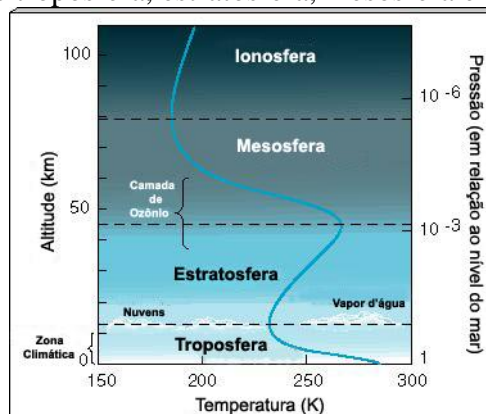
Primeiramente, as atmosferas planetárias se diferenciam em sua composição química. Na tabela 10 abaixo são dados, em percentagem, os principais elementos presentes nas atmosferas dos planetas terrestres e gigantes.

Tabela 10

Elemento	Símbolo	Vênus (%)	Terra (%)	Marte (%)
Dióxido de carbono	CO ₂	96	0,03	95,3
Nitrogênio	N ₂	3,5	78,1	2,7
Argônio	Ar	0,006	0,93	1,6
Oxigênio	O ₂	0,003	21,0	0,15
Neônio	Ne	0,001	0,002	0,0003

Elemento	Símbolo	Júpiter (%)	Saturno (%)	Urano (%)	Netuno (%)
Hidrogênio	H ₂	86,1	92,4	84	84?
Hélio	He	13,8	7,4	14	?
Metano	CH ₄	0,09	0,2	2	2--3
Amônio	NH ₃	0,02	0,02	-	-
Vapor de água	H ₂ O	0,008	-	-	-

Tradicionalmente, fazemos a descrição da estrutura de uma atmosfera, em primeiro lugar, em termos do perfil de sua temperatura média ao longo de uma vertical. A partir deste perfil definimos camadas distintas com origem nos pontos onde ocorre alguma inversão de temperatura. As principais camadas, começando na superfície do corpo e indo até o espaço, são denominadas de troposfera, estratosfera, mesosfera e ionosfera.



De forma bem geral podemos dizer que a temperatura, assim como a densidade, diminui à medida que vamos das camadas inferiores para as superiores. No caso da Terra, na troposfera a temperatura vai diminuindo, tendo cerca de 300 K na superfície do nosso planeta e caindo até cerca de 230 K a uma altitude de 12-14 km. Neste ponto a temperatura começa a aumentar lentamente até atingir uma altitude de cerca de 45 km. Novamente temos uma inversão de temperatura, a qual vai diminuindo até atingir valores menores do que 200 K a uma altitude de 80 km. Por fim temos uma última inversão, quando então a temperatura começa a aumentar muito lentamente atingindo cerca de 200 K a uma altitude de, aproximadamente, 200 km. As estruturas das atmosferas dos demais planetas são bem similares a essa.

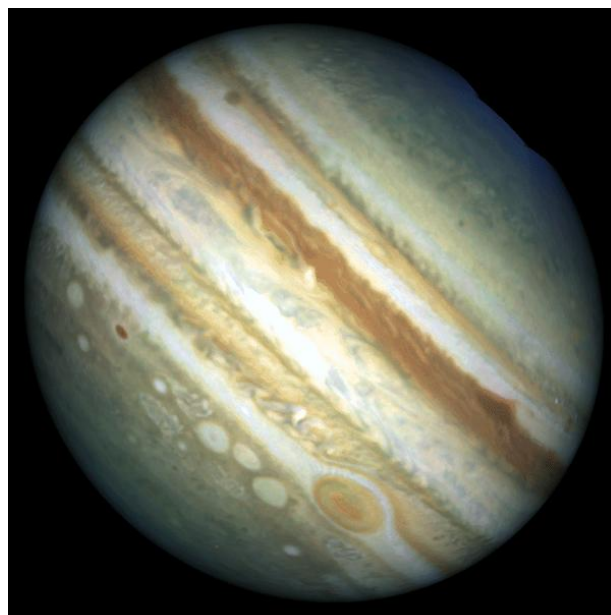
É importante ressaltar que as atmosferas interagem de forma distinta com a superfície do corpo dependendo da sua composição e sua estrutura. Vejamos, por exemplo, as atmosferas da Terra e de Vênus, planetas muito próximos e muito similares em tamanho. No caso da Terra a atmosfera atua protegendo a superfície do planeta do calor e do frio excessivos, de meteoros e também dos perigosos raios ultravioleta provenientes do Sol. Isto ocorre porque na troposfera da atmosfera da Terra existe uma camada de nuvens de vapor de água e uma pequena camada de dióxido de carbono. A luz proveniente do Sol atravessa estas camadas e chega na superfície do nosso planeta aquecendo-a. Este calor é então reemitido pela superfície na forma de radiação infravermelha, ou térmica. Entretanto a camada de dióxido de carbono existente na atmosfera reflete parte dessa radiação infravermelha de volta para o solo e apenas parte é perdida, dirigindo-se para o espaço. A radiação que incide novamente no solo o aquece de novo. Este processo, chamado de **efeito estufa**, aumenta a temperatura média na superfície da Terra em cerca de 23 °C. Sem este efeito estufa a temperatura na superfície do nosso planeta seria abaixo de zero e a Terra estaria presa numa era glacial.

Embora o efeito estufa que ocorre na Terra seja benéfico para a vida no planeta, o mesmo não pode ser dito do efeito estufa que ocorre em Vênus. Como vimos acima, 96% da atmosfera de Vênus é composta por dióxido de carbono. Isto implica na existência de uma espessa camada deste composto e é ela que impede, totalmente, que a **radiação infravermelha** proveniente do solo venusiano atravesse a atmosfera e escape para o espaço.

Esta radiação infravermelha é refletida para o solo o qual é aquecido novamente num processo que se repete várias vezes. No caso de Vênus, portanto, o efeito estufa faz com que a temperatura da superfície aumente sempre atingindo atualmente cerca de 730 K. A pesada atmosfera deste planeta também faz com que a pressão na superfície seja cerca de noventa vezes aquela que medimos na Terra.

Marte, por outro lado, tem uma atmosfera muito tenue, com uma pressão superficial cerca de 150 vezes menor do que a da Terra. Isto implica que, apesar da composição da atmosfera marciana ser 95% formada por dióxido de carbono, não temos efeito estufa. Assim, devido à falta de uma atmosfera espessa, a temperatura da superfície chega a ser da ordem de 50 K menor do que a da Terra.

No caso dos planetas gigantes Júpiter e Saturno estes têm uma atmosfera cuja aparência é caracterizada por bandas de nuvens de cores distintas, como podemos ver abaixo nessa belíssima imagem de Júpiter.



copyright : NASA / JPL

As nuvens que vemos nessa imagem são compostas, basicamente, por cristais de amônio que se condensam devido às baixas temperaturas. Essa camada de nuvens define a separação entre a troposfera e a estratosfera do planeta. As cores vermelho, marrom e amarelo das bandas são geradas por processos químicos complexos, basicamente entre compostos de sulfetos e de fosfatos.

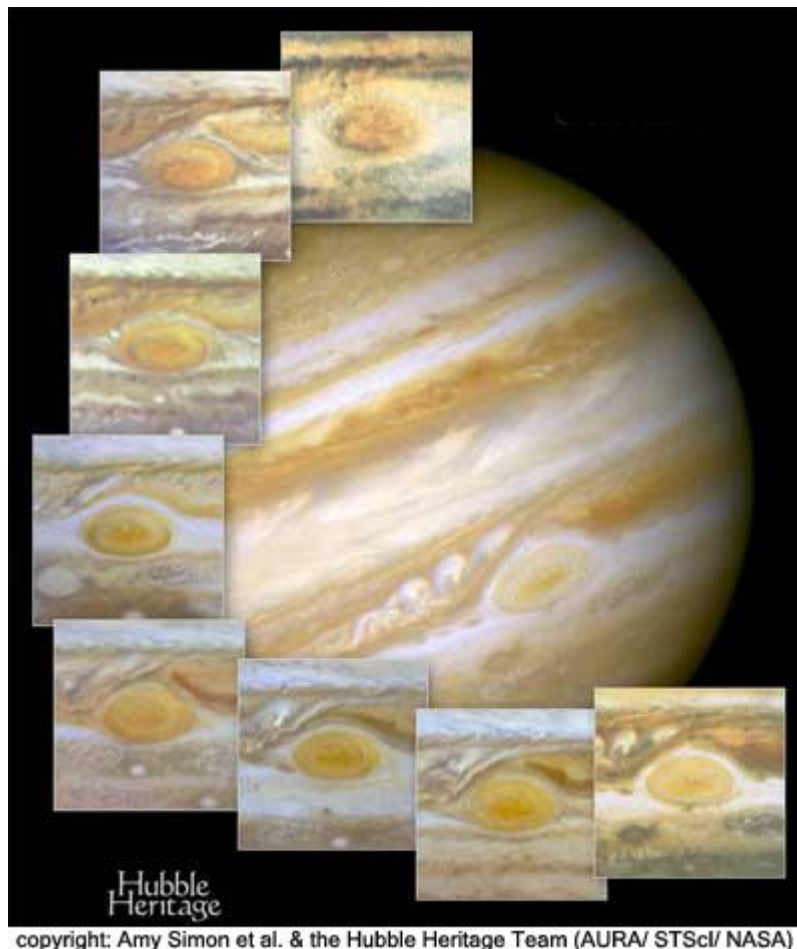
As bandas, na realidade, são regiões de alta pressão criadas pela subida de material quente alternadas por regiões de baixa pressão devidas à descida de material frio. A estrutura das bandas, por outro lado, é muito dependente do fluxo zonal, que é um vento estável que se propaga na direção leste-oeste. Este vento tem velocidade máxima da ordem de 500 km/h em Júpiter e de 1300 km/h em Saturno. Essas velocidades são relativas a medidas realizadas na região do equador desses planetas pois os ventos desaparecem completamente nas regiões dos polos.

No caso de Urano e Netuno, devido às temperaturas muito baixas que ocorrem nesses planetas, não existe amônio nas camadas superiores de sua atmosfera. Essas camadas são formadas apenas por metano. Uma vez que o metano absorve **comprimentos de onda** longos (ou seja, o vermelho) a cor da atmosfera destes planetas é azulada.

O que é comprimento de onda?

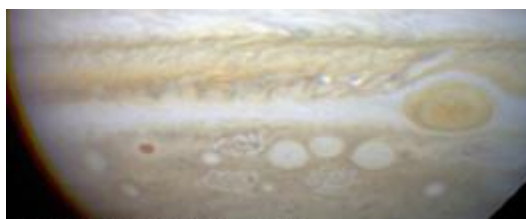
No caso de Urano a sonda Voyager mostrou a existência de algumas nuvens claras, provavelmente da baixa atmosfera, e que se moviam com uma velocidade da ordem de 200 a 400 km/h. Em Netuno a Voyager também observou algumas nuvens claras mas com velocidades muito maiores, da ordem de 2000 km/h.

Superpostas à circulação atmosférica descrita acima existem muitas estruturas locais, as mais proeminentes sendo grandes regiões de alta pressão que possuem a forma ovalada. A mais conhecida, sem dúvida, é a "Grande Mancha Vermelha" de Júpiter que se situa no hemisfério sul desse planeta e tem uma forma ovalada com diâmetro de cerca de 30000 km.



Observada pela primeira vez há cerca de 300 anos a Grande Mancha tem mudado de tamanho mas nunca desapareceu. Sua rotação, em direção anti-horária (para um observador colocado nela olhando para o equador do planeta), tem um período de cerca de 6 dias, se assemelhando a um grande tufão.

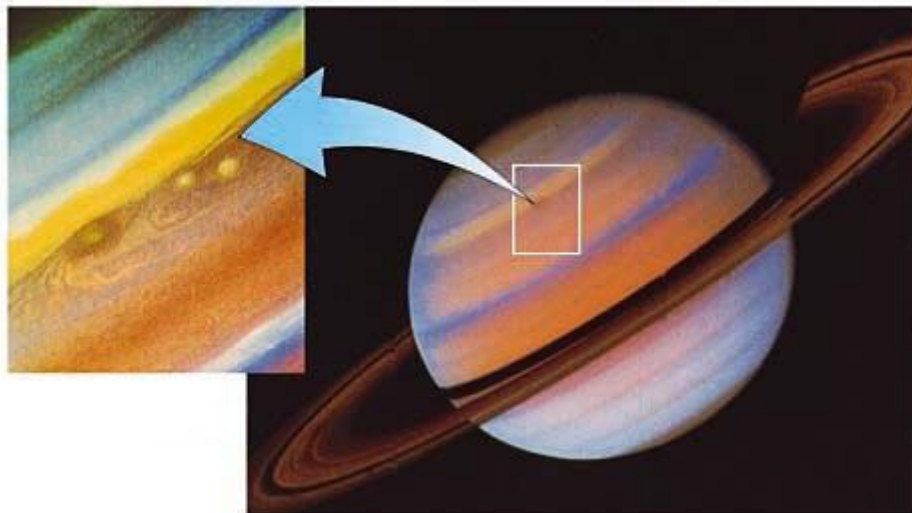
Três estruturas parecidas com a Grande Mancha Vermelha, ovais claros com diâmetro de cerca de 10000 km, foram observadas desde 1940 bem próximas a ela.



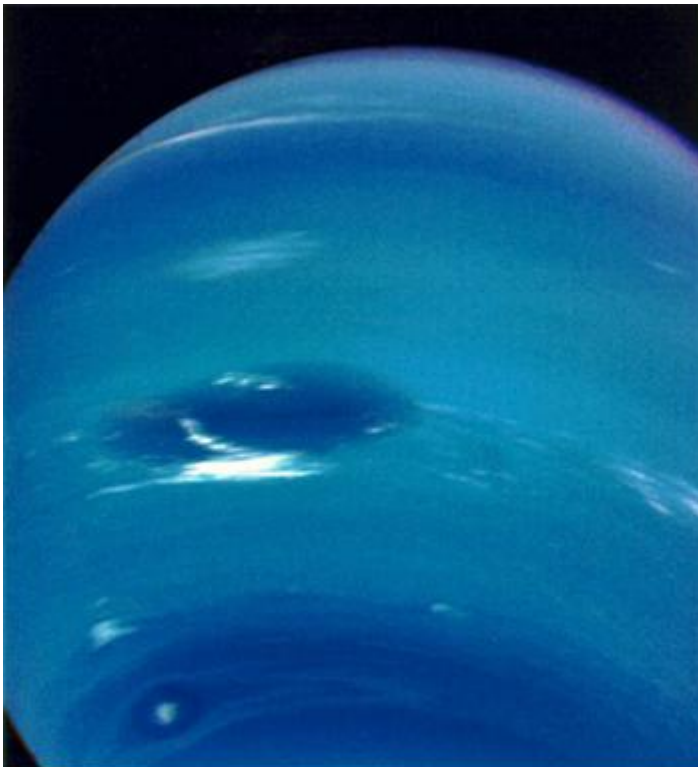
copyright: NASA / JPL

Embora pouco se saiba sobre como se formam estes tipos de estruturas é muito fácil entender como podem durar tanto tempo. Na Terra os tufões duram algumas semanas ou até menos, isto devido à fricção com o solo que dissipa sua energia. Como em Júpiter não existe superfície sólida não ocorre dissipação e uma estrutura do tamanho da Grande Mancha pode durar muitas centenas de anos.

Ovais menores também são observados em Saturno como nos mostra a imagem abaixo.



As imagens de Netuno obtidas pela nave espacial Voyager 2 em 1989 também mostraram uma grande mancha escura, muito similar aos ovais de Júpiter e Saturno. Esta estrutura, com um diâmetro de cerca de 10000 km, foi denominada de "Grande Mancha Escura" (imagem ao lado) em contraposição à Grande Mancha Vermelha de Júpiter.



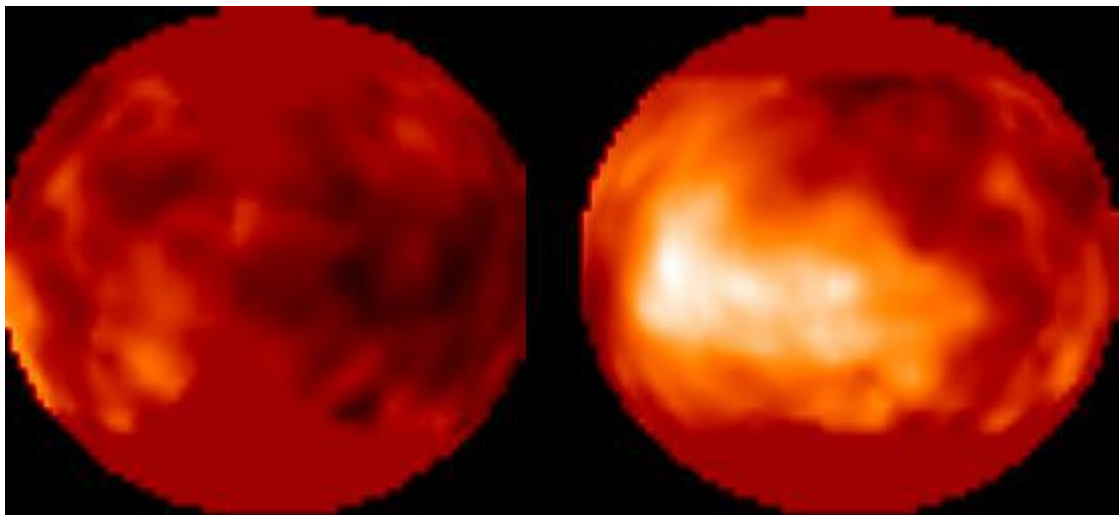
copyright: NASA / JPL

Entretanto, e para surpresa dos pesquisadores, imagens obtidas pelo Hubble Space Telescope em 1999 mostraram que a "grande mancha escura" havia desaparecido da superfície de Netuno. Até hoje os astrônomos têm dúvidas sobre o que seria a mancha escura presente nas várias imagens de Netuno obtidas pela sonda Voyager.

Foram detectadas atmosferas também em Plutão e em dois satélites, Titã e Tritão, satélites respectivamente de Saturno e de Netuno. Nos três casos a atmosfera é quase que totalmente composta por nitrogênio, assim como a da Terra. Entretanto, na Terra a atmosfera tem sido profundamente afetada ao longo do tempo pela presença dos organismos vivos que controlam cerca de 20% da presença de O_2 e mantém a atmosfera longe do equilíbrio termoquímico.

Isto não ocorre nesses outros corpos. No caso de Plutão e Tritão a atmosfera é muito tenue o que não é o caso de

Titã. Este último possui uma espessa atmosfera que se acredita ser muito similar àquela que a Terra deve ter tido antes da vida surgir. A imagem abaixo mostra a densa atmosfera de Titã.



copyright: NASA / JPL

A combinação com o metano presente na superfície do satélite Titã, provavelmente em forma líquida, pode levar à formação de longas cadeias de hidrocarbonos, moléculas orgânicas e nitratos. Por esta atmosfera ser tão interessante do ponto de vista de formação de compostos orgânicos os quais poderiam, ou não, levar à existência de formas de vida, uma missão espacial, a Cassini, estará equipada com um pequeno módulo de pouso que deverá atravessar a densa atmosfera deste satélite e enviar dados importantíssimos para a Terra.