A HISTÓRIA DO SISTEMA SOLAR PARA QUEM TEM PRESSA

Material com direitos autorais

Copyright © 2019 *by* Alberto Delerue

CAPA
Sérgio Campante

FOTO DO AUTOR
J. A. Queiroz

DIAGRAMAÇÃO
Kátia Regina Silva | editorîarte

E-BOOK
Marcelo Morais

CIP-BRASIL. CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO
SINDICATO NACIONAL DOS EDITORES DE LIVROS, RJ

D39h

Delerue, Alberto, 1940-
A história do sistema solar para quem tem pressa [recurso eletrônico] / Alberto Delerue. - 1. ed. - Rio de Janeiro: Valentina, 2020.
recurso digital

Formato: ePub
Requisitos do sistema: Adobe Digital Editions
Modo de acesso: World Wide Web
ISBN 978-85-5889-106-6 (recurso eletrônico)

1. Sistema solar. 2. Sistema solar - História. 3. Livros eletrônicos. I. Título.

20-64218 CDD: 523.2
CDU: 523

Todos os livros da Editora Valentina estão em conformidade com o novo Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa.

Todos os direitos desta edição reservados à

EDITORA VALENTINA
Rua Santa Clara 50/1107 – Copacabana
Rio de Janeiro – 22041-012
Tel/Fax: (21) 3208-8777
www.editoravalentina.com.br

Material com direitos autorais

Sumário

Apresentação

Introdução

CAPÍTULO UM • Estrela Solitária

Fornalha Nuclear

Fotosfera

Cromosfera

Coroa

CAPÍTULO DOIS • Planeta de Ferro

Planeta Anão, Núcleo Gigante

Mariner 10

Sósia da Lua?

CAPÍTULO TRÊS • Beleza Enganadora

Enigmas e Surpresas

Chuva Venenosa

Robôs Pioneiros

Relevo Estranho

CAPÍTULO QUATRO • Planeta Azul

Dança dos Continentes

Ar Respirável

Composição Química (Média) da Crosta

Material com direitos autorais

Oásis Solitário

CAPÍTULO CINCO • Planeta Irmão

Na Antiguidade

Origens Clássicas

Fissão

Captura

Acreção

Crateras e Mares

Mundo Morto?

Eterno Vaivém

Da Lenda à Realidade

Fases

O Homem na Lua

CAPÍTULO SEIS • Planeta Vermelho

Mito e Frustração

Disco Rosado

Pequeno e Leve

Frio e Seco

Ventos e Geadas

Deserto Gelado

Cânions e Vulcões

Vida em Marte?

Passeios Solitários

Duas Batatas

Bombardeio Adiado

Material com direitos autorais

CAPÍTULO SETE • Mundos Liliputianos

Cinturão de Pedras

Nome dos Asteroides

Lei de Titius-Bode

CAPÍTULO OITO • Rei dos Planetas

Caos Colorido

Satélites Clássicos

Io

Europa

Ganimedes

Calisto

CAPÍTULO NOVE • Senhor dos Anéis

Anéis Gelados

Luas Congeladas

Mistério Distante

Visita Indiscreta

Último Adeus

CAPÍTULO DEZ • Planeta Deitado

Mistérios

Oceano em Ebulição

Colares Escuros

Estranha Família

CAPÍTULO ONZE • Último Gigante

Cristais Gelados

Material com direitos autorais

Vulcões Gelados

CAPÍTULO DOZE • Planeta Anão

Caronte e seus Irmãos

Anões Distantes

CAPÍTULO TREZE • Eternos Vagabundos

Fim de um Enigma

O que São? De Onde Vêm?

Órbitas

Nuvem de Cometas

Um Nobre Chamado Halley

Bibliografia

Sobre o autor

Material com direitos autorais

APRESENTAÇÃO

O tema deste livro é o nosso Sol — uma certa estrela localizada na periferia distante de uma remota galáxia — e todos os membros que compõem seu vasto e variado séquito: os planetas e seus satélites, os cometas e os asteroides.

O Sistema Solar é um organismo complexo. E objeto de pesquisas científicas que há bastante tempo — durante todo o século 20, especialmente — vem sendo investigado de forma incansável e ininterrupta.

Apesar do tanto que se avançou, sobretudo nas últimas décadas, ainda nos resta de fato muito que aprender. Aprender e descobrir. Isto fica claro quando nos voltamos para a memória recente das diversas missões espaciais que foram e, felizmente, seguem sendo realizadas. O século que findou foi testemunha do lançamento de um sem-número de espaçonaves exploratórias para estudar uma centena de mundos. Uns mais próximos, outros muitíssimo afastados. Em um deles, o homem chegou a pisar.

Atualmente, inúmeros observatórios de pesquisa espacial encontram-se em órbita ao redor da Terra, flutuando bem longe dela. E algumas naves robóticas encontram-se em visita a outros mundos. Diariamente esses fantásticos engenhos reúnem uma imensa quantidade de novos dados científicos, os quais muitas vezes trazem também novas interrogações e outros tantos mistérios a serem desvendados. Para as próximas décadas, estão previstas mais missões, destinadas a tarefas cada vez mais ousadas. Algumas delas dirigidas, por exemplo, à coleta e à análise *in situ* de material extraído de cometas e asteroides.

Questões fascinantes e intrigantes permanecem em aberto. Como o Sistema Solar foi formado? Qual é a sua verdadeira história? Será que o processo da vida em nosso planeta foi iniciado a partir da nuvem que originou a nossa estrela? A princípio, acredita-se que o Sol nasceu de uma colossal nuvem molecular enriquecida com complexas moléculas orgânicas, precursoras da vida. As evidências serão obtidas, por exemplo, por meio da análise da composição química dos cometas. Sabe-se que, quando esses astros errantes se desprendem da região fria (espécie de imenso frigorífico, como descreve o autor da presente obra), eles são atraídos pelo Sol. À medida que se aproximam deste, vão-se evaporando, desprendendo uma grande quantidade de matéria portadora, ao que tudo indica, de informações da nuvem primordial.

Material com direitos autorais

Esses são apenas alguns dos inúmeros temas atuais tratados neste livro. *A História do Sistema Solar para Quem Tem Pressa* é uma obra de divulgação científica que reúne dados gerais e atualizados sobre toda a numerosa e diversificada família solar. O autor aborda o assunto de maneira leve e direta, o que resulta numa leitura fácil e agradável. Ao longo de todo o texto, fatos históricos e recentes são enxertados e associados às revelações científicas, tornando-o, assim, mais rico e excitante.

Heloísa M. Boechat Roberto
Observatório do Valongo — UFRJ

Material com direitos autorais

INTRODUÇÃO

O céu que nossos ancestrais viam há 2 milhões de anos não é muito diferente daquele que observamos hoje. O mesmo ciclo de um período claro, dominado pela radiação do Sol, e um período escuro, onde cintilam milhares de estrelas de diferentes intensidades, fixas no pano de fundo, formando o firmamento, e que, em certos tempos, a Lua domina o cenário. O que mudou foi o fato de observarmos esse céu com outros olhos.

O Universo dos gregos é hierarquizado: a Terra no centro, circundada por astros perfeitos que giram em torno dela. Para Aristóteles (384-322), o Cosmos é finito, limitado por uma esfera onde estão localizadas as estrelas. E não existe o vácuo. O Cosmos é dividido em dois: o mundo sublunar, feito de matéria corruptível, e o mundo supralunar, com esferas cristalinas onde se localizam os astros.

No século 2, Claudio Ptolomeu (90-168) escreveu seu grande tratado, o *Almagesto*. Nele, apresenta o sistema geocêntrico no qual a Terra está no centro do Universo, e em torno dela estão os planetas e as estrelas. A obra é a síntese de trabalhos de importantes pensadores gregos, como Aristóteles e Hiparco (190-120). Nela, os corpos celestes que giram em torno da Terra em trajetórias complexas estão afastados: a Lua, Mercúrio, Vênus, o Sol, Marte, Júpiter e Saturno no interior do firmamento de estrelas.

Essa concepção vai durar até a Idade Média.

Contudo, no século 16, com a obra de Nicolau Copérnico (1473-1543), a Terra perde seu lugar privilegiado e orbita em torno do Sol. Agora, o centro do Universo. O Sistema Solar, constituído pelo Sol e pelos astros errantes — os planetas —, passa a ser: Sol, no centro. Em torno dele giram: Mercúrio, o mensageiro Hermes; Vênus, a estrela da manhã, a Afrodite grega; Terra, a mãe terra Gaia; Marte, que com sua cor avermelhada é o deus da guerra, Ares; o gigante Júpiter, o deus grego Zeus, é brilhante no céu; Saturno, lento, é o deus do tempo, Cronos. Um mundo governado por deuses, que orbita Gaia.

Com um novo olhar para o céu, as coisas mudam: Tycho Brahe (1546-1601) e Johannes Kepler (1571-1630) medem as trajetórias. Os planetas têm órbita elíptica, não mais circular. Galileu Galilei (1564-1642) utiliza o telescópio e descobre um novo mundo com astros semelhantes à Terra: a Lua tem crateras; o Sol tem manchas; Júpiter tem satélites que giram em torno dele; Saturno tem anéis.

Material com direitos autorais

Isaac Newton (1643-1727) consegue sintetizar e descrever o movimento celeste a partir de três leis que explicam a mecânica, e da Lei da Gravitação Universal, que explica a atração dos corpos.

Em fins do século 19, o Sistema Solar já parece estar bem conhecido. William Hershel (1738-1822), ainda no século anterior, descobriu mais um planeta, Urano, e o Sistema Solar era composto por nove planetas que giravam em órbitas elípticas em torno do Sol, que era o centro do Universo.

Mas esse quadro muda drasticamente na virada do século 19. Com a descoberta da radioatividade e os estudos geológicos, a idade do Sistema Solar recua de algumas centenas de milhões de anos para mais de 4 bilhões. As observações realizadas por Edwin Hubble (1889-1953) mostravam que existem bilhões de galáxias, e que a nossa, a Via Láctea, é uma delas, mas não a maior. Além disto, as galáxias estão se afastando umas das outras.

Com novas formas de medida, descobriu-se uma enorme variedade de astros que fazem parte do Sistema Solar. O Universo não tem um centro. E o Sistema Solar não é o centro do Universo. Transformou-se enormemente durante os séculos, e hoje ele é algo substancialmente novo e complexo.

Alberto Delerue, jornalista, ex-editor de ciência do Museu de Astronomia, apresenta com uma leitura fluente e precisa esse pequeno lugar onde habitamos: diminuto na escala da Via Láctea, porém rico em sua diversidade e que está passando por novas descobertas e se alterando e nos ensinando a rever o Universo como um todo.

O céu que nossos ancestrais viam há 2 milhões de anos já não é aquele que hoje pesquisamos.

Henrique Lins de Barros
Pesquisador Titular do Centro de Pesquisas Físicas (CBPF/MCTI)

Material com direitos autorais

Estrela Solitária

A maioria das estrelas da Via Láctea, e possivelmente de todas as galáxias, forma um par ou um sistema triplo ou múltiplo. O Sol parece ser uma exceção: trata-se de uma estrela solitária, a mais próxima de nós, ao redor da qual gira tudo o que compõe o Sistema Solar — planetas, satélites, asteroides, cometas. Sua posição na Via Láctea não é das mais privilegiadas, mas tem importância crucial para todas as formas de vida na Terra. Assim é o nosso Sol, um corpo celeste dotado de uma incrível fonte interna que produz energia e que, generosamente, a distribui pelo espaço. Apesar de observado e estudado desde a Antiguidade, só a partir da primeira metade do século 20 é que começamos a conhecê-lo melhor. Mas essa nossa estrela ainda guarda inúmeros enigmas. Desvendá-los seria a chave para a compreensão de bilhões de outros sóis que também fazem parte da nossa galáxia.

Ao Sol devemos, obviamente, o fato de estarmos vivos. Sem o seu calor, luz e energia, a vida certamente não teria surgido e vingado no nosso planeta. Mas, como tudo no Universo parece obedecer a um ciclo de nascimento e morte, um dia o Sol não existirá mais. Será uma morte anunciada, é verdade, mas que ninguém estará aqui para assistir.

O Sol foi intuitivamente reconhecido e aceito como um verdadeiro deus por praticamente todas as grandes civilizações. Para os egípcios, por exemplo, o deus Sol era Rá, aquele que nascia a cada manhã e era transportado através do céu por uma barca, até morrer no lado oeste, a cada fim de tarde. E sempre renascer no lado leste, depois de uma viagem "por baixo do mundo". Para os antigos gregos, o Sol era Apolo, aquele que conduzia um carro de fogo no céu. Para os hindus, a magnífica esfera de luz era o olho de Varuna, o deus da ordem cósmica.

Mitologia à parte, na Grécia antiga já havia quem especulasse sobre a natureza física dessa fantástica esfera brilhante. Isso há cerca de 2.500 anos. Naquela época,

Material com direitos autorais

alguns homens de ciência tentaram até mesmo estimar o tamanho e a distância que nos separa. Destes, um número ainda mais reduzido chegou à ousadia de sugerir que os planetas, inclusive a própria Terra, se moviam em torno do astro rei.

Aristarco (310-250) foi um dos primeiros a sugerir que o Sol estava no centro do Universo e que todos os planetas giravam ao seu redor. Muito mais tarde, no início do século 17, Giordano Bruno pagou caro — foi queimado vivo pela Inquisição — por ter afirmado que as estrelas eram outros sóis e centros de mundos semelhantes ao nosso. Porém, desde a Antiguidade até os tempos modernos, foram necessários quase 20 séculos para que a ideia heliocêntrica fosse aceita por unanimidade. Durante todo esse tempo, muitas foram as resistências e inúmeros os avanços e recuos, até que viéssemos a colocar o Sol no seu devido lugar. Foi somente a partir de Nicolau Copérnico que a força da evidência científica finalmente prevaleceu.

Atualmente, o Sol se encontra na meia-idade, o que significa dizer que ainda lhe resta uma outra metade de existência útil. Há cerca de 4,5 bilhões de anos que essa gigantesca usina termonuclear vem queimando ininterruptamente seu "combustível", ou seja, transformando sua descomunal reserva de hidrogênio em hélio. A cada segundo, 4 milhões de toneladas do primeiro são transformados no segundo. Eis aí o mistério de sua longevidade.

A posição periférica do Sol é evidente: sua distância do centro da Galáxia é de 33.000 anos-luz, ou seja, cerca de 2/3 do raio galáctico. Sua velocidade em torno desse eixo é de 250 km/s, o que significa que uma única volta ao redor do núcleo da Via Láctea é completada a cada 225 milhões de anos aproximadamente. Considerando sua idade atual e admitindo-se que sua velocidade orbital nunca tenha se modificado de maneira significativa, concluímos que a nossa estrela, desde que se formou, já completou 25 voltas no seu giro galáctico. Nesse constante deslocamento, arrasta consigo todo o sistema planetário na direção de um ponto — denominado ápex — situado na constelação da Lira.

Na primeira de suas famosas três leis, Johannes Kepler nos ensinou que a Terra gira ao redor do Sol numa órbita elíptica e que tem a nossa estrela num dos focos. A distância média Terra-Sol (também conhecida como Unidade Astronômica (UA)) é de 150 milhões de quilômetros. No afélio, ponto mais afastado do Sol, ao qual se chega em julho, a Terra se afasta a 152 milhões de quilômetros. No periélio, ponto de sua órbita em que mais nos avizinhamos do Sol, que ocorre em janeiro, o nosso planeta se aproxima a 147 milhões de quilômetros.

Observado da Terra, o disco solar abarca um ângulo de cerca de meio grau, ou seja, 32 segundos de arco. A magnitude* aparente do Sol (brilho que observamos, independentemente de seu fluxo radiante) supera de longe o de qualquer outra estrela: - 26,7. Isto se deve, é claro, à grande proximidade do astro, se comparada com as distâncias das demais estrelas. No entanto, sua magnitude absoluta — brilho

Material com direitos autorais

que o Sol apresentaria se fosse colocado a uma distância de 10 parsecs** — é realmente desprezível: + 4,8. Àquela distância, o deus Sol não passaria de uma estrelinha insignificante, praticamente invisível em qualquer céu noturno.

* A magnitude é caracterizada por um número — negativo ou positivo —, que é tanto maior quanto menor for o brilho do astro.

** Parsec: unidade astronômica de distância, equivalente a 3,26 anos-luz, ou cerca de 31 trilhões de quilômetros.

Uma vez que conhecemos a distância que nos separa do Sol, não fica difícil calcularmos o seu raio: cerca de 700.000 km, o que significa um tamanho 109 vezes maior que a Terra. Para os padrões terrestres, a massa solar não é nada desprezível: corresponde a 99,86% da massa de todo o Sistema Solar. Ou, em outras palavras, equivale a 330.000 vezes a do nosso mundo ou 1.000 vezes a do planeta Júpiter, o maior da família do Sol.

Quando comparamos o volume do Sol (no seu interior caberia mais de 1 milhão de Terras), fica igualmente fácil chegarmos à sua densidade média: 1,41 g/cm^3 — pouco superior, portanto, à da água (1 g/cm^3). Como o Sol não é constituído de matéria inteiramente homogênea, pois não se trata de um astro sólido, o valor de sua densidade média é apenas indicativo; no seu núcleo essa densidade é bem mais elevada: 160 g/cm^3.

O Sol gira devagar sobre o próprio eixo, e essa velocidade de rotação varia de acordo com as latitudes. Em outras palavras, as diferentes regiões de suas camadas externas giram a diferentes velocidades. Essa velocidade é mais lenta nos polos (34 dias) do que no equador (25 dias). A força da gravidade solar é 28 vezes maior que a terrestre. Um indivíduo que pesa 60 kg aqui, se pudesse aproximar-se da superfície do Sol, pesaria mais de uma tonelada e meia.

A temperatura superficial do Sol atinge 6.000 graus. Calcula-se que sua temperatura central alcance 15 milhões de graus, ou seja, aproximadamente 1.800 vezes superior à temperatura da sua atmosfera (fotosfera). A pressão naquele meio infernal cresce assustadoramente por causa da compressão constante e à medida que aumenta a densidade da matéria. Uma vez que os gases se aquecem ao serem comprimidos, não fica difícil imaginarmos que, em direção ao interior do Sol, a temperatura vai aumentando gradativamente.

Fornalha Nuclear

Material com direitos autorais

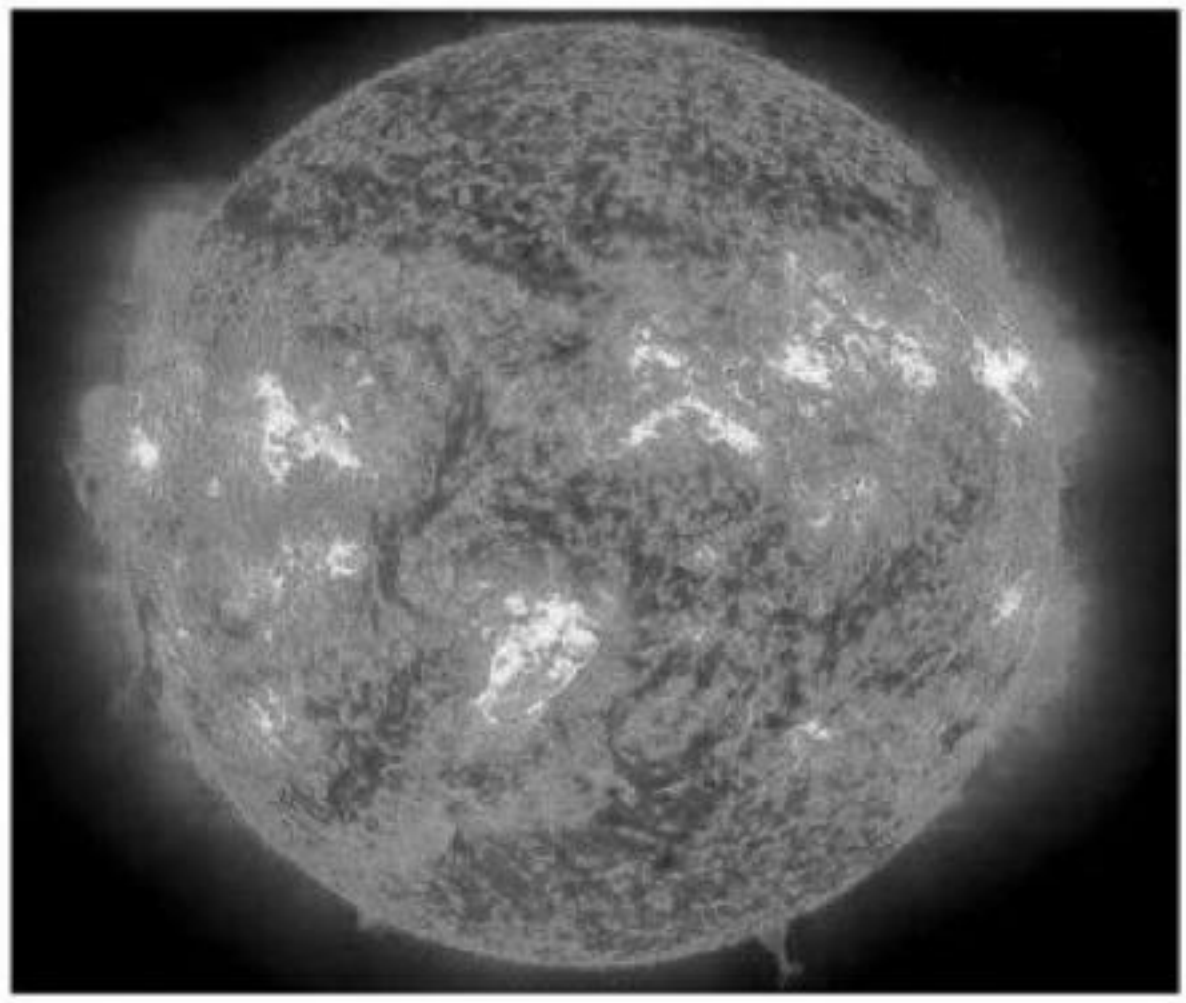
Quais seriam as reais condições do Sol, sob as temperaturas e pressões a que acabamos de nos referir? Como se comportaria a matéria que o compõe? Sabemos que, em tais condições extremas, todos os gases se encontram ionizados, ou seja, os elétrons escapam da atração do núcleo e passam ao estado livre. A esse estado da matéria denominamos plasma, um gás incrivelmente quente, formado de uma mistura de partículas elementares (elétrons e prótons).

Estaria aí a chave do mistério do brilho do Sol e das demais estrelas? Tudo indica que sim. Hoje sabemos que as estrelas brilham porque são muito quentes, e são muito quentes por causa das reações de fusão nuclear que ocorrem em seu interior. Nessas reações, os núcleos simplesmente se aglutinam, formando-se núcleos mais complexos. Em outras palavras, os elementos leves (hidrogênio e hélio) se fundem para produzir elementos mais pesados (oxigênio, carbono, silício etc.). Nesse processo e a cada instante, pequena quantidade de massa é convertida em energia, de acordo com a famosa equação de Einstein ($E = mc^2$). A soma total de energia produzida por bilhões de reações de fusão é que dá origem ao calor e consequente brilho das estrelas.

Em 1938, o físico americano Hans Bethe demonstrou o mecanismo acima. Deduziu que as elevadíssimas temperaturas e pressões reinantes no coração do Sol fariam com que quatro núcleos de hidrogênio (quatro prótons) se fundissem para formar um único núcleo de hélio (dois prótons e dois nêutrons). Como a massa total dos quatro prótons equivale a 4,0325 unidades de massa atômica,* e a de um núcleo de hélio corresponde a 4,0039, a reação libera uma energia equivalente a 0,0286 — cerca de 0,7% da massa em questão. Estava, assim, desvendado o mecanismo de fusão nuclear do Sol e o porquê do seu brilho, do seu calor e da sua energia. É bom lembrar que essa reação acontece somente no núcleo central da estrela (apenas um décimo da sua massa total).

* Massa atômica: massa de um átomo medida numa escala convencional, em que a massa do isótopo carbono 12 é o padrão que vale 12 unidades de massa. Esta unidade corresponde a $1{,}66043 \times 10^{-27}$ kg.

Material com direitos autorais



Aqui, um flagrante da nossa estrela, obtido em 11 de fevereiro de 1996 pelo EIT (Extreme Ultraviolet Imaging Telescope), a bordo da sonda espacial não tripulada SOHO (Solar and Heliospheric Observatory). Uma gigantesca usina termonuclear, composta essencialmente de hidrogênio e hélio.

Mais tarde descobriu-se que essas reações dão origem ainda a dois pósitrons (elétrons positivos), dois neutrinos (dotados de massa desprezível), além da energia em forma de raios gama e energia cinética (energia do movimento) das partículas produzidas.

Os mecanismos de transporte de energia encontrados no Sol são a radiação e a convecção. O transporte radiativo acontece devido às sucessivas absorções e reemissões de fótons (pacotes de energia) por parte da matéria. Esse mecanismo radiativo somente é válido nas camadas onde há pouca diferença de temperatura. É interessante lembrar que esse processo (absorção/reemissão) é de tal forma demorado e tortuoso que a energia emitida, sob a forma de raios gama, leva cerca de 170.000 anos para sair do núcleo e atingir a superfície solar. O fato é curioso, se considerarmos que o tempo necessário para um raio de luz solar alcançar a Terra é de oito minutos. Por que, para percorrer uma distância 200 vezes maior, a radiação leva um tempo consideravelmente mais curto? A explicação parece simples: é que entre o Sol e o nosso planeta existe apenas o vazio, o que permite que a luz viaje sem obstáculos. No interior do Sol é diferente: um fóton sofre um fantástico número de colisões com a matéria densa, antes de chegar à superfície.

Material com direitos autorais

Um fenômeno espetacular, porém comum: uma gigantesca protuberância, em forma de labareda, proveniente das zonas mais ativas da cromosfera. Esses fantásticos jatos de gases incandescentes atingem alturas superiores a 400.000 km. Em 4 de junho de 1946, ocorreu a maior protuberância solar jamais observada.

O principal meio de transporte da energia solar é a convecção. Através dela, a energia produzida no núcleo se propaga até a superfície da estrela. Ou seja, o calor gerado no núcleo é transportado, num movimento turbilhonante, da zona mais quente para a mais fria (semelhante processo é o que acontece numa panela com água fervendo). Essas massas gasosas se expandem, criando assim um sistema de células convectivas, nas quais os gases incandescentes, oriundos das camadas mais profundas, sobem até os extratos mais externos do Sol. Nesse vaivém incessante, a matéria ali esfria e torna a descer.

A partir de dados transmitidos pela SOHO, lançada em 1995 e ainda em operação, descobriu-se recentemente um curioso mecanismo ligado ao transporte de energia do Sol: enquanto as camadas convectivas apresentam uma rotação diferencial (mais rápida no equador do que nos polos), a zona radiativa gira em bloco, como um corpo sólido, embora igualmente formada por gases. Uma surpresa a mais proporcionada por nossa estrela.

As únicas partículas que atravessam incólumes as densas camadas do interior do Sol são os neutrinos. Destituídas de carga elétrica e com massa quase nula, essas estranhas partículas viajam praticamente à velocidade da luz e simplesmente não interagem com a matéria. Em outras palavras, não há obstáculos para os neutrinos chegarem ao espaço exterior vindos das profundezas do Sol. Por quê? Ninguém

Material com direitos autorais

sabe. O tempo que levam nessa viagem até o topo da atmosfera solar é de apenas alguns segundos, o que, no entanto, não acontece com as radiações gama. Estas, muito energéticas e penetrantes, são absorvidas e reemitidas um sem-número de vezes. Nesse vaivém, os raios gama vão gradativamente perdendo energia e se transformando em raios X e radiação ultravioleta (UV).

Nada menos de 10 milhões de anos é o tempo necessário para que as radiações gama, geradas no núcleo do Sol, sejam lançadas ao espaço, na forma de luz visível. Um tempo de fato incrivelmente longo, sobretudo se nos lembrarmos de que essa mesma luz visível leva, como vimos, alguns poucos minutos para alcançar a Terra. Resumindo: o que atualmente vemos como sendo o Sol — sua imagem presente — nada mais é que o resultado de reações nucleares produzidas no coração da nossa estrela há milhões de anos!

Qual seria o tempo necessário para o esgotamento das reservas de hidrogênio existentes no interior do Sol? Cálculos mais recentes falam em 10 bilhões de anos. Admitindo-se que a formação se deu há cerca de 4,5 bilhões de anos, é válido considerar que atualmente nossa estrela se encontra, como já dissemos, na metade da sua vida ativa. O modelo atual nos indica também que uma considerável quantidade de hidrogênio já se transformou em hélio, o que implica que a composição química do núcleo já variou de forma significativa em relação à das camadas superficiais. Estima-se que, atualmente, a percentagem de hidrogênio tenha passado de 75% para 35%; a de hélio, de 23% para 63%. Os demais elementos continuam representando um percentual desprezível: somente 2% da massa solar total.

Como se comportará o Sol na sua velhice? Depois da transformação do hidrogênio em hélio, os elementos mais pesados que ele pode sintetizar são o carbono e o oxigênio. Isso, nas etapas derradeiras de sua evolução. À medida que vai envelhecendo, o Sol vai acumulando um núcleo inerte contendo alguns elementos. Tal núcleo é envolvido por uma camada onde acontece a "queima" do hélio, formando-se mais carbono e oxigênio. Essa camada, por sua vez, é envolvida por outra, onde os núcleos de hidrogênio se fundem para formar mais núcleos de hélio. Essa quantidade de matéria sobreposta vai se afastando do centro do Sol à medida que seu núcleo aumenta de tamanho. Quando se esgotarem as reservas do combustível para a fusão nuclear, nossa estrela estará ingressando no derradeiro estágio de sua vida. Devido à sua pouca massa — há estrelas bem mais maciças que o Sol —, seu destino final não deixará de ser melancólico. Uma vez tendo perdido suas camadas superficiais — fase de gigante vermelha e o adeus à sequência principal —, sucederá o colapso gravitacional, ou seja, o início da agonia e morte do Sol. A pressão de radiação (responsável pelo equilíbrio global de qualquer estrela),

Material com direitos autorais

que até então contrabalançava a gravidade, dará lugar a um desequilíbrio sem volta. A matéria começará a se condensar e o núcleo a se contrair de forma irreversível. O estágio final de todo o processo é o surgimento de uma anã branca, um corpo celeste mais ou menos do tamanho da Terra, mas de incrível densidade, formado de matéria "degenerada", constituída quase exclusivamente de núcleos atômicos. O que outrora foi o nosso resplandecente Sol acabará se transformando num verdadeiro cadáver estelar, destinado a vagar indefinidamente pelos céus.

Embora considerada uma estrela estável, equilibrada, o Sol é sede de fenômenos extremamente violentos, resultado, em parte, de seu intenso campo magnético — cerca de 5.000 gauss —, 10.000 vezes mais forte que o da Terra. A exemplo do terrestre, o campo magnético solar é bipolar, isto é, dirigido de norte para sul. Além dele, entretanto, existem outras regiões com campos magnéticos realmente intensos, dispostos geralmente no sentido leste-oeste e paralelos ao equador. Talvez, quem sabe, seja essa a razão da maior concentração de manchas solares na altura do seu equador. Não se sabe ao certo como são gerados esses intensos campos magnéticos. E a inversão de polaridade, a cada 11 anos, ainda permanece um mistério.

Fotosfera

A "superfície" do Sol é a sua fotosfera (esfera de luz), a camada que vemos da Terra, de cerca de 500 km de espessura e temperatura média de 6.000 graus. Como se trata de um corpo gasoso, esse manto externo — responsável pela emissão da luz visível — é um tanto transparente, ou seja, pode ser visto até alguns quilômetros de profundidade. A partir daí a fotosfera se torna muito mais densa e opaca.

Ao contrário do que observamos à vista desarmada, o disco solar não apresenta um aspecto uniforme e liso. Toda a fotosfera é pontilhada por uma miríade de estruturas individuais, denominadas grânulos ou "grãos de arroz". Cada "grão" encontra-se isolado por zonas mais escuras e mais frias, e suas dimensões variam de 30 a 1.000 km de diâmetro. O que seriam os grânulos? Colunas de gases a se elevarem das camadas profundas do Sol, como bolhas de mingau em ebulição? Mais ou menos isso.

Em permanente agitação, os grânulos resultam do processo de convecção, que mistura o gás nas camadas subjacentes à fotosfera. Esses gases sobem e descem aos borbotões, num constante vaivém e à incrível velocidade de 1.800 km/h. Os grânulos individuais têm vida curta, de apenas oito minutos, em média, e um diâmetro de uns 1.000 km. As zonas mais escuras que os cercam são espaços por onde os gases frios tornam a descer e medem aproximadamente 300 km. Dada a constante turbulência da atmosfera solar, só podemos distingui-los com instrumentos muito potentes. Em dezembro de 2006, um novo telescópio de acompanhamento do Sol (Rede de

Material com direitos autorais

Patrulha Óptica do Sol) detectou uma onda de choque semelhante a um tsunami atravessando a superfície da estrela. O fenômeno ocorreu após uma grande explosão e destruiu ou comprimiu dois filamentos de gás frio em lados opostos do hemisfério visível. As imagens mostraram claramente uma região grande e brilhante ao redor de uma mancha solar.

Do ponto de vista meramente visual, os fenômenos mais curiosos que surgem na fotosfera são de fato as manchas solares. Sua descoberta data do ano 4 a.C. e é atribuída a Teofrasto de Atenas, discípulo de Aristóteles. Até um passado recente, as manchas estavam associadas a objetos que se interpunham entre a Terra e o Sol — como um dos dois planetas interiores, Mercúrio ou Vênus. Inclusive, o genial Johannes Kleper deixou-se convencer do caráter imaculado da nossa estrela. Em 1607, interpretou uma mancha solar observada a olho nu como sendo o trânsito do planeta Mercúrio. Pouco tempo depois, as manchas solares seriam redescobertas por Galileu durante suas observações, em 1611. Mas somente a partir de meados do século 18 é que elas passaram a ser sistematicamente observadas.

Como o próprio nome indica, trata-se de acidentes que se apresentam mais escuros do que as áreas que os circundam. Bem mais escuros porque são mais frios — uma diferença média de 2.000 graus —, e são mais frios porque emitem pouca radiação, se comparados com o restante daquela superfície.

Ainda que algumas sejam circulares, a maioria das manchas são irregulares e, em geral, se apresentam agrupadas ou em pares. A duração do fenômeno varia entre algumas horas e vários meses. Levam 13 dias para desaparecer completamente da superfície do Sol, de um extremo ao outro, e permanecem ocultas durante o mesmo período. Isso porque a nossa estrela, a exemplo da Terra, também gira em torno do próprio eixo. Desse modo, uma mancha solar volta a ser observada, na mesma posição, a cada 27 dias aproximadamente.

Hoje em dia, sabemos que as manchas solares estão relacionadas a violentas modificações do campo magnético do Sol. A descoberta deveu-se ao astrônomo americano George Hale, em 1908, na época diretor do Observatório de Monte Wilson (Califórnia) e inventor do espectro-heliógrafo.

Embora pouco se saiba a respeito da origem do campo magnético solar, já vimos que é fortíssimo. Pois bem, nas manchas — justamente associadas a esses campos magnéticos — as linhas de força são praticamente perpendiculares à superfície da estrela, e é através dessas linhas que a matéria incandescente tende a se mover. Nas manchas solares, existe, pois, uma espécie de bloqueio dos movimentos convectivos — de propagação de energia —, o que significa dizer que os gases ionizados (plasma) podem se deslocar para cima, acompanhando as linhas de força, embora não possam se esparramar pela superfície. Como vimos, a área ocupada por uma mancha resulta ser mais escura, mais fria e emitir pouca radiação.

Material com direitos autorais

1645 e 1715, houve praticamente uma absoluta ausência de manchas. Durante esse intervalo, podemos concluir que o Sol se manteve de fato menos ativo e mais quieto.

Descoberta em 1843 pelo astrônomo alemão Heinrich Schwabe, tal periodicidade provou mais tarde ser realmente verdadeira. Hoje dizemos que a atividade global da fotosfera pode ser reconhecida por meio da existência desses ciclos solares undecimais. A causa e a explicação do fenômeno ainda são obscuras. Uma coisa, porém, é certa: algo deve estar palpitando no coração do Sol.

O resultado desse pronunciado "batimento cardíaco" se revela por intermédio de oscilações na sua superfície. A recente confirmação de tais vibrações nos permite especular a respeito do que se esconde sob a máscara visível do Sol. Uma nova técnica, a heliossismologia — o estudo das vibrações solares —, busca recolher informações que nos possibilite compreender melhor o dínamo interior da nossa estrela.

Uma das descobertas mais recentes — e curiosas — é que o Sol emite uma espécie de canto, ou melhor, vibrações sonoras que não conseguem atravessar o espaço interplanetário. O que seriam? Como são produzidas essas ondas acústicas? Em 1995, a Agência Espacial Europeia (ESA), em colaboração com a NASA, colocou no espaço a sonda SOHO. Trata-se de um engenho espacial automático, destinado, entre outras tarefas, ao estudo da estrutura interna da nossa estrela, à sua extensa atmosfera e também à origem do vento solar. Programado inicialmente para um período de seis anos de atividade, o intrépido robô vem observando o Sol, sem interferências meteorológicas ou atmosféricas, há mais de 20 anos. Colocado em um ponto a 1,5 milhão de quilômetros da Terra, continua registrando as permanentes oscilações superficiais da estrela. Um dos resultados foi a confirmação da intensa e inquietante atividade solar registrada nos últimos tempos — em setembro de 2017, por exemplo, aconteceu uma das maiores neste século. O fenômeno vem colocando em xeque o mesmo ciclo de 11 anos, registrado e aceito pelos cientistas há quase um século. O que estaria se passando com o Sol se, teoricamente, ele deveria estar atravessando um período bem mais calmo? Uma indagação que intriga os astrônomos, porém permanece sem resposta.

Cromosfera

De coloração rósea viva, a cromosfera fica localizada logo acima da fotosfera e somente é visível durante os raros eclipses totais do Sol. Trata-se de uma tênue franja de gás, de 10.000 km de espessura, onde a temperatura varia entre cerca de 4.500 graus, na parte interior, e 100.000 graus na região exterior. O intenso brilho da fotosfera prejudica a observação da cromosfera, daí porque sua análise somente pode ser realizada (normalmente) utilizando-se instrumentos, como o espectro-heliógrafo e o coronógrafo. A primeira fotografia da cromosfera data de 1860, e

Material com direitos autorais

image not available

basicamente de prótons, elétrons e núcleos de hélio, recebeu o nome de vento solar e varre praticamente todo o sistema planetário. Sua densidade é muito baixa e decresce à medida que se expande. Ao nível da órbita terrestre, são cerca de uma dezena de partículas por centímetro cúbico. Nas proximidades de Júpiter, por exemplo, tal proporção é 10 vezes menor. A velocidade dessas partículas, no entanto, não é desprezível: 300 a 400 km/s.

Nesse seu sopro, o Sol perde, a cada segundo, 1 milhão de toneladas de hidrogênio. Algo irrisório, pois certamente seriam necessários bilhões de anos para que, nesse ritmo, nossa estrela viesse a dispersar toda a sua massa. O fato nos autoriza a afirmar, portanto, que o Sol perde consideravelmente mais massa na dispersão da sua energia luminosa.

Até onde alcança o vento solar? Quais os limites da "esfera de influência" do Sol? Estimativas mais recentes consideram que a mesma se estende bem além da órbita de Plutão, nos confins do Sistema Solar. Claro que o vento solar não poderia se estender infinitamente pelo espaço. Em algum momento, suas partículas acabam colidindo com as partículas do meio interestelar, mesmo considerando-se que estas últimas sejam extremamente tênues. A zona onde o vento solar desaparece é chamada heliopausa, situada, segundo dados enviados pelas Voyager 1 e 2, entre 11 e 13 bilhões de quilômetros da sua fonte.

Em 6 de outubro de 1990, a NASA e a ESA enviaram para o espaço a sonda automática Ulysses. A missão de prospecção solar desta nave espacial — de cerca de 370 kg — foi a de estudar, de todos os ângulos possíveis, a heliosfera, a enorme bolha criada pelos ventos solares. Ao longo de uma viagem de 8,6 bilhões de quilômetros (até o gradativo esgotamento de suas baterias), a Ulysses pesquisou a nossa estrela, desde seu equador até os polos. Durante cerca de 17 anos, obteve uma enorme quantidade de dados sobre a estrutura global do Sol e do meio ambiente ocupado pela sua atmosfera e dominado pelo fluxo do vento solar. As descobertas foram superinteressantes. Uma delas: a composição no espaço interplanetário contém uma mistura de gás e poeira, sendo que o gás é formado, em sua maioria, de hidrogênio e hélio, com 0,06% de elementos pesados, tais como o oxigênio, o carbono, o neônio, o nitrogênio... Esse gás se espalha por todo o Sistema Solar. Outra descoberta da Ulysses foi a revelação de que o campo magnético que surge dos polos da nossa estrela é muito mais frágil do que se achava. E que existe uma reversão de polaridade magnética — um processo, no caso, bastante complexo — que se processa em um período de alguns meses. A Ulysses sobrevoou o polo sul solar em fevereiro de 2008 (era a terceira vez que fazia isto) e constatou que nas fronteiras de ação do vento solar é criada uma onda de choque, cujas partículas ganham carga elétrica e são responsáveis pelas tempestades magnéticas e auroras que são vistas nas vizinhanças da Terra.

Material com direitos autorais

image not available

tornarem mais lentos quando dele se afastam. Aliás, essa lei também é válida para os asteroides, os cometas e os satélites.

A exemplo dos outros planetas, a órbita mercuriana é elíptica e, no caso em particular, bastante excêntrica. No periélio, Mercúrio se afasta meros 46 milhões de quilômetros do Sol; no afélio, alcança 70 milhões. Trata-se, portanto, juntamente com o longínquo e injustiçado Plutão, da órbita mais excêntrica do Sistema Solar, excetuando-se, é claro, os asteroides, cujas órbitas podem ser ainda mais irregulares.

Uma volta de Mercúrio ao redor do Sol leva 88 dias terrestres, e seu giro sobre si mesmo é feito em cerca de 59 dias. Em outras palavras, no tempo necessário para completar uma órbita, dá uma volta e meia sobre o próprio eixo. Devido a esse lento movimento, um dia solar em Mercúrio (intervalo entre o amanhecer e o crepúsculo) equivale a 176 dias terrestres. O mais longo, portanto, de todo o Sistema Solar. No passado, ele deve ter girado bem mais depressa, mas as forças de maré (atrito) exercidas pelo Sol desaceleraram o planeta, reduzindo consideravelmente suas velocidades de translação e rotação. Essa forte atração gravitacional também é responsável por outro efeito: faz com que a superfície de Mercúrio sofra significativa deformação, ou seja, tende sempre a intumescer quando voltada diretamente para o Sol.

O movimento de translação dos planetas apresenta anomalias, é verdade. Em 1845, o astrônomo e matemático francês Urbain le Verrier, ao examinar as perturbações orbitais de Mercúrio, observou um inexplicável avanço do seu periélio: 43 segundos de arco por século. Uma diferença pequena, sem dúvida, que apenas significava o diâmetro da Lua cheia, em quatro séculos. O fato, entretanto, intrigou Le Verrier e o levou a admitir que tal desvio podia ser causado por um pequeno planeta a girar entre Mercúrio e o Sol. O hipotético astro chegou a ser batizado: Vulcano, o deus do fogo. A busca levou várias décadas, e alguns astrônomos chegaram a anunciar sua descoberta. Até hoje, no entanto, o misterioso planeta jamais foi encontrado.

Anos mais tarde, o físico alemão Albert Einstein viria fornecer a resposta às perturbações orbitais de Mercúrio. Por meio da sua Teoria Geral da Relatividade, demonstrou que o periélio de qualquer corpo em translação deveria ter um movimento para além do previsto na Lei da Gravitação de Newton. Na época, os cálculos aplicados levaram a uma descoberta: os planetas mais afastados do Sol que Mercúrio também deveriam apresentar um desvio do periélio, embora progressivamente menor. Atualmente, sabemos que o periélio de Vênus, por exemplo, avança cerca de oito segundos de arco a cada século.

Material com direitos autorais

image not available

equador, a temperatura pode alcançar 430 graus. Em compensação, as noites por lá são incrivelmente gélidas, ocasião em que os termômetros despencam para os 170 graus negativos. Em Mercúrio, a amplitude térmica (diferença entre a temperatura mais alta e a mais baixa) chega a 600 graus! Nenhum outro corpo do Sistema Solar se encontra submetido a uma tão fantástica variação de temperatura.

* Medida que representa o afastamento da órbita circular (excentricidade zero). Uma órbita perfeitamente circular tem uma medida de raio igual em qualquer ponto de sua circunferência. Números maiores que zero indicam três tipos de órbitas: elípticas, parabólicas e hiperbólicas.

Mariner 10

No dia 3 de novembro de 1973, do Cabo Canaveral, na Flórida, foi lançada pela NASA a sonda automática Mariner 10. Era o sétimo lançamento bem-sucedido da série de espaçonaves de mesmo nome. Naquela data, inaugurava-se uma nova etapa na história da exploração do espaço. O robô pesava cerca de meia tonelada e estava equipado com instrumentos destinados a realizar, pela primeira vez, uma série de pesquisas sobre Mercúrio e o agressivo meio interplanetário nas vizinhanças do Sol. Sua missão, na época, foi considerada um verdadeiro desafio, e seu êxito encarado com reservas até mesmo entre os responsáveis diretos pelo projeto.

Utilizando o campo gravitacional de Vênus — técnica até então jamais empregada —, a Mariner 10 estava programada para "varrer" Mercúrio três vezes consecutivas. O primeiro sobrevoo foi em março de 1974, a uma distância de 232.000 km da superfície. Era a primeira vez que um artefato fabricado pelo homem mergulhava num ambiente interplanetário tão inóspito e infernal.

Dentre as experiências científicas realizadas no tórrido planeta, duas mereceram destaque especial: a transmissão direta de imagens daquela superfície e a medição precisa de suas emissões em infravermelho. Havia ainda uma outra expectativa, ou seja, a possível identificação de algum tipo de atmosfera em Mercúrio, caso existisse, é claro. Até a época, não havia qualquer ideia precisa a respeito.

O pessoal da NASA havia planejado a trajetória da sonda no sentido de sua máxima aproximação do lado não iluminado de Mercúrio. Isto, logo a partir do primeiro sobrevoo. A apreensão dos técnicos e cientistas só começou a se dissipar quando surgiram, nos monitores, as primeiras imagens do planeta. Essas tomadas, de razoável qualidade, revelaram imediatamente um mundo muito estranho e de aspecto desolador. As imagens da topografia de Mercúrio levaram a uma comparação óbvia: sua superfície, crivada de crateras, era espantosamente semelhante à do lado oculto da Lua.

Material com direitos autorais

image not available

Mercúrio é um planeta tão árido que, a princípio, dificilmente seria encontrado por lá qualquer vestígio de água. Entretanto, em agosto de 1991, o radiotelescópio de Goldstone, na Califórnia, detectou um estranho brilho nas imediações do polo norte do planeta. As surpreendentes imagens, captadas através do radar, apontavam para a possível existência de uma calota de gelo naquelas latitudes. A notícia causou sensação entre os cientistas e especialistas planetários. Gelo naquele mundo infernal, como seria possível? A inusitada descoberta, porém, veio a ser confirmada dois anos mais tarde: no fundo das crateras polares de Mercúrio — atingidas apenas obliquamente pelos raios do Sol —, existem de fato depósitos de gelo de água! Esse material, ao que tudo indica, encontra-se enterrado sob uma espécie de manto rochoso e muito fragmentado. Recentes tomadas de temperatura dos polos puderam justificar tal novidade: no fundo daquelas crateras, eternamente à sombra, os termômetros chegam a registrar 130 graus negativos. A existência de gelo em Mercúrio, um planeta tão próximo do Sol, foi apenas mais uma das surpresas que ultimamente vêm se multiplicando no seio da família do Sol.

Dados posteriores, enviados pela Messenger a partir de 2012, não deixaram de causar mais espanto a respeito desse planeta ainda repleto de mistérios: a indicação de que lá, naquele mundo árido, existe uma atmosfera — extremamente tênue, é verdade — formada de silicatos, sódio, enxofre e até íons de água. Constatou-se igualmente que os níveis de enxofre e potássio na superfície estavam bastante acima do esperado. Algo intrigante, sem dúvida, uma vez que se trata de elementos que vaporizam em temperaturas baixas e o calor em Mercúrio passa dos 400 graus durante o dia!

Novas informações sobre esse nosso vizinho do espaço ficaram por conta de duas outras aproximações daquela sonda automática — em outubro de 2008, e uma outra em setembro de 2009 — antes de sua definitiva entrada em órbita, em 2011. Durante aquele período, a Messenger voou a apenas 240 km do planeta e o mapeou por inteiro: um mundo realmente desolador e inóspito, recoberto por uma espessa camada de lava seca. Boa parte da superfície está riscada por grandes raios claros: são as esteiras de detritos certamente projetados por ocasião dos violentos choques de asteroides e núcleos cometários. A posterior análise das imagens — que mostravam rachaduras na superfície de até 25 km de profundidade — permitiu uma confirmação: as falhas e crateras observadas no solo de Mercúrio foram geradas por uma enorme quantidade de lava vulcânica.

No dia 30 de abril de 2015, depois de quatro anos sobrevoando Mercúrio, a Messenger, já sem combustível, encerrou sua missão. A queda já era planejada pelos técnicos e responsáveis, contudo, uma despedida que deixaria inegável tristeza entre eles. O pequeno robô espatifou-se sobre o solo mercuriano, formando certamente uma nova cratera, que ele não pôde fotografar.

Material com direitos autorais

image not available

Enigmas e Surpresas

Além de misterioso e desafiador, Vênus sempre foi um planeta pra lá de polêmico. Diversos aspectos de sua natureza permaneceram praticamente desconhecidos durante três séculos de observações telescópicas. A impossibilidade da observação direta daquela superfície — sempre inacessível aos nossos instrumentos ópticos — gerou as mais variadas controvérsias. E, é claro, inúmeras especulações: o que realmente poderia estar escondido atrás daquelas nuvens eternas? Qual seria o período de rotação do planeta propriamente dito? A primeira tentativa de resposta a essa pergunta data de 1666, e foi dada por Jean-Dominique Cassini, o astrônomo dileto de Luís XVI. Famoso por ter descoberto quatro satélites de Saturno, Cassini sugeriu que Vênus pudesse girar em torno do seu eixo em apenas 23 horas e 15 minutos — um valor, portanto, muito próximo da rotação terrestre.

Até o início do século 19, ninguém arriscou estimativas muito diferentes. Em 1890, o astrônomo italiano Giovanni Schiaparelli chegava a uma conclusão inteiramente revolucionária: para ele, um incansável observador do céu, o período de rotação de Vênus seria de 225 dias terrestres. Para muitos astrônomos da época, um verdadeiro exagero. Mais tarde, porém, esse número foi ampliado. Hoje sabemos que a parte sólida do planeta leva 243 dias terrestres para girar uma única vez em torno de seu eixo. Em outras palavras: um único dia venusiano equivale a oito meses aqui na Terra!

Vênus nos reservou outra surpresa até há pouco tempo insuspeitada: a existência de um campo magnético. Muitíssimo fraco, é verdade, talvez devido à rotação extremamente lenta do planeta. O fato aponta no sentido da existência de um núcleo quente e fundido, possivelmente formado por elementos como o ferro e o níquel. Outra descoberta relativamente recente e desconcertante: Vênus gira ao contrário, ou seja, em sentido retrógrado. É o único planeta do Sistema Solar com mais essa estranha particularidade.* Até hoje não foi encontrada uma explicação para tal enigma, tampouco por que a atmosfera de Vênus circula 60 vezes mais rápida que o próprio planeta.

* Urano também gira em sentido contrário, de leste para oeste, mas por uma razão explicável: o planeta tem uma inclinação axial tão grande que se apresenta literalmente "deitado".

De maneira geral, as características físicas de Vênus realmente se assemelham às da Terra. Existe ainda uma suspeita de que possua uma estrutura interna semelhante, apenas com duas diferenças: o núcleo de Vênus parece proporcionalmente menor que o terrestre, algo em torno de 20% da massa total. Aliás, um núcleo tão modesto explica por que a densidade média é menor lá do que

Material com direitos autorais

image not available

superfície — cerca de 70% — não alcança mais de 1.000 metros acima ou abaixo do valor médio do raio do planeta (não podemos, evidentemente, falar de nível do mar em Vênus).

Nessas regiões de maior altitude é que se localizam os principais maciços montanhosos de Vênus: Terra de Ishtar (designação de Vênus, entre os assírios e babilônios) e Terra de Afrodite. O primeiro possui uma extensão semelhante à da Austrália e é menor que o segundo. Em Terra de Ishtar, um alto platô situado próximo ao polo norte, elevam-se as maiores montanhas do planeta. A principal delas, o Monte Maxwell, mede 11.000 metros de altura e é provavelmente o topo de um vulcão já extinto.

Terra de Afrodite tem as dimensões do continente africano e situa-se bem próximo ao equador. Trata-se de uma região bastante extensa — cerca de 10.000 km de comprimento por 3.200 km de largura — e muito mais acidentada que o altiplano setentrional. As montanhas de Terra de Afrodite são geralmente mais baixas, mas, em compensação, bem mais escarpadas. A parte oriental desemboca num amplo vale de 2.000 km de comprimento e 280 km de largura. Nessa região, localizam-se as maiores depressões do planeta — verdadeiros vales em forma de gigantescas fendas. Algumas dessas depressões alcançam cerca de 3.000 metros abaixo do nível de referência. Ao sul de Terra de Afrodite, as indiscretas câmeras da Magalhães nos revelaram a presença de um vulcão até então desconhecido. Sua caldeira apresenta uma forma espiralada, resultado talvez dos sucessivos desmoronamentos de suas bordas, e mede cerca de 370 km de diâmetro.

Será que num passado longínquo a crosta venusiana se deslocava? A existência de um bom número de falhas e fraturas parece apontar nessa direção. No entanto, os dados transmitidos pela Magalhães ainda não nos levam à certeza sobre uma tectônica de placas em Vênus. Alguns especialistas admitem que ela possa ter existido, mas num remoto passado geológico, há cerca de 1 bilhão de anos.

A superfície de Vênus apresenta ainda um bom número de crateras de impacto, mas em quantidade bem menor que em Mercúrio e Marte. A última recontagem da Magalhães aponta um total de 963 crateras distribuídas ao acaso. A exemplo do que aconteceu com aqueles planetas e seus satélites, Vênus também foi alvo de intenso bombardeio meteorítico, no início de sua formação. Mas, ao contrário do que ocorreu na Lua e em Mercúrio, a espessa atmosfera de Vênus talvez seja a responsável pela inexistência de crateras muito pequenas. É que os meteoritos menores certamente se desintegraram devido ao atrito com as nuvens densas e corrosivas. Os maiores, no entanto, provocaram grandes traumas e muitos estragos na superfície venusiana.

A maioria das crateras em Vênus parece recente, e a dúvida permanece a respeito do destino final de suas congêneres mais antigas. Teriam sido riscadas do mapa devido a algum evento cataclísmico? Ou simplesmente apagadas por algum tipo de

Material com direitos autorais