

Mensageiros do espaço

Os meteoritos representam material extraterrestre que percorreu o espaço cósmico em torno do Sol por 4,5 bilhões de anos antes de colidir com a Terra. O estudo desses viajantes espaciais tem contribuído enormemente na elucidação da origem e da evolução do Sistema Solar.

A Terra é constantemente atingida por objetos sólidos que circulam pelo espaço. São os chamados meteoróides. Quando esses corpos entram na atmosfera terrestre, passando agora a ser denominados meteoros, todos eles – inclusive os menores, com massas abaixo de uma fração de grama – são aquecidos por fricção até chegarem à fusão e à incandescência, o que produz traços luminosos. Já os fragmentos desses corpos que não se vaporizam completamente, chegando à superfície da Terra, recebem o nome de meteoritos (figura 1).

Embora hoje se compreenda que a queda de meteoritos seja consequência natural de processos do Sistema Solar, no passado ela foi atribuída à intervenção divina ou mesmo negadas (ver 'Físico alemão provou origem cósmica'). Atualmente, estudos científicos e análises sofisticadas de meteoritos revelam importantes informações sobre o Sistema Solar e seu entorno.

PEREGRINAÇÃO NO ESPAÇO. As teorias modernas baseiam-se em informações científicas fornecidas principalmente pela astronomia, astrofísica e meteorítica. Esses objetos extraterrestres são reconhecidamente os mais antigos e mais primitivos pedaços

de matéria planetária aos quais temos acesso atualmente – um bilhão de anos mais antigos que a mais antiga rocha terrestre conhecida. Há evidências de que alguns meteoritos sobreviveram praticamente inalterados desde a origem dos planetas.

Meteoritos têm sua origem em asteróides, bem como em cometas que liberam fragmentos no espaço atraídos pela gravidade terrestre. Há ainda meteoritos cuja origem está em outros corpos celestes, na Lua ou em Marte, por exemplo.

Esses corpos iniciam, então, uma vida de peregrinação, perambulando pelo espaço por milhões de anos, à mercê da ação de forças gravitacionais, magnéticas ou elétricas, antes de serem atraídos pela gravidade de um planeta, satélite ou mesmo pelo Sol.

FOGO NO CÉU. Os meteoritos são violentamente freados pela atmosfera terrestre, na qual entram com velocidades que variam de 15 km/s a 30km/s. Os atritos a que são submetidos provocam um aquecimento de sua superfície, fazendo com que a temperatura nela chegue a milhares de graus. Um fenômeno luminoso é então visível da Terra: a chamada estrela cadente, no caso de uma poeira; e uma bola de fogo muito brilhante, quando se trata de um meteorito.

>>>



Figura 2. Cratera causada pelo impacto de um meteorito no estado do Arizona (Estados Unidos). O local é conhecido por cratera de Barringer, que tem 1.300 metros de diâmetro e 175 metros de profundidade.

A travessia pela atmosfera modifica a superfície do meteorito, que, submetido a enorme 'estresse' mecânico e térmico produzido pela frenagem, perde matéria na forma de vapor e poeira. Freqüentemente, fragmenta-se em milhares de pedaços, cuja superfície se cobre de uma crosta (crosta de fusão) e, às vezes, com buracos característicos (regmaglitos), permanecendo intacto seu interior.

DUROS NA QUEDA. Os meteoritos gigantes, com mais de 10 mil toneladas, são muito pouco desacelerados quando atravessam a atmosfera terrestre. E assim chocam na Terra com extrema violência, formando as crateras de impacto (figura 2).

Índices geológicos e mineralógicos permitem identificar esse impactos, que, ao produzirem temperaturas e pressões muito elevadas, modificam as rochas. Esses choques, que cavam crateras de diâmetro superior a dez quilômetros, produzem níveis brutais de energia. Assim, ocorre uma violenta elevação de temperatura no material terrestre da zona de impacto, que se funde, vaporiza e projeta estilhaços de tamanhos variados a centenas e até milhares de quilômetros da cratera. Essas rochas fundidas e vitrificadas são chamadas tectitos.

Diversos indícios levam à hipótese segundo a qual, 65 milhões de anos atrás (ou 65 Ma, na linguagem da área), um desastre ecológico tenha sido provocado pela queda de um corpo celeste de muitos quilômetros de diâmetro. É atribuído a esse evento o desaparecimento de numerosas espécies vivas, em particular o dos dinossauros.

Graças a perfurações petrolíferas realizadas na península do Yucatan (México), bem como à observação de anomalias no campo gravitacional terrestre naquela região, a cratera foi localizada, no vilarejo de Chicxulub. A datação das rochas encontradas durante a perfuração permitiu datar o impacto em 65 Ma.

FÍSICO ALEMÃO PROVOU ORIGEM CÓSMICA

Da mais remota história à Renascença, os meteoritos foram interpretados como fenômenos místicos. Filósofos da Grécia Antiga buscaram explicações científicas, embora não acreditassem na origem cósmica desses fenômenos.

Em 1492, a queda testemunhada de um meteorito na Alsácia obteve grande repercussão e motivou, pela primeira vez, a elaboração de um documento relatando um impacto. Mesmo três séculos depois, numerosas publicações ainda faziam referência ao meteorito d'Ensisheim, trazendo ilustrações de sua queda.

No século 18, embora o conhecimento do fenômeno não tenha progredido, já se dispunha de elementos de estudo. A época foi marcada por

uma recusa unânime em aceitar uma origem celeste ou mesmo atmosférica para os meteoritos, pon-do-se em dúvida a veracidade das quedas já observadas.

Em 1777, a análise da pedra de Lucé pelo químico francês Antoine Lavoisier (1743-1794) não modificou as teorias vigentes. Ao final daquele século, uma série de fatos vão contribuir para o reconhecimento do fenômeno, como o testemunho de numerosas quedas, análises químicas e mineralógicas de meteoritos, bem como os trabalhos do físico alemão Ernst Chladni (1756-1827).



O físico alemão Ernst Chladni (1756-1827), considerado pai da meteorítica.

Chladni, considerado pai da meteorítica, analisou, sem idéias preconcebidas, o 'ferro de Pallas' (massa de 700 Kg encontrada na Sibéria), bem como os relatos de sua queda. Seus resultados demonstram que as massas de pedra ou de ferro não só podem cair do céu, com também provêm do espaço. Suas idéias, revolucionárias para a época, continuam muito próximas das teorias atuais.

Várias quedas espetaculares ocorreram em diversos países na passagem

ACHADOS E CAÍDOS. Os meteoritos são as mais antigas rochas conhecidas do Sistema Solar. A maior parte delas apresenta estruturas físicas muito diferentes das rochas terrestres. A análise de suas características químicas, mineralógicas e de sua textura permite classificá-los em diferentes tipos.

Apenas uma pequena proporção de meteoritos são coletados imediatamente após a queda – durante o século 20, foram seis meteoritos por ano. Estes são chamados ‘caídos’. Já os meteoritos recuperados muito tempo depois da queda ganham o nome de ‘achados’. No total, são conhecidos até o presente 3.620 meteoritos: 980 são quedas observadas (‘caídos’) e 2.640 são ‘achados’ – excluindo os encontrados na Antártica, cerca de 5 mil.

Os meteoritos mais primitivos, os condritos (87% das quedas), são contemporâneos da formação do Sistema Solar (4,56 Ma). Originaram-se de corpos celestes (asteróides ou planetas) não modificados. São agregados contendo pequenas esferas denominadas côndrulos, e sua composição qui-



Figura 3. Em a, lâmina fina polida de um meteorito do tipo condrito (LL3) observada ao microscópio óptico. As partes em coloração diferenciada são diferentes minerais presentes no meteorito, sendo que as formas arredondadas correspondem aos côndrulos. Em b, dois fragmentos de um meteorito do tipo condrito H3. Em c, condrito L6 parcialmente coberto pela crosta de fusão

mica, eliminando os elementos voláteis, é semelhante à do Sol. Testemunhas dos primeiros instantes da formação do Sistema Solar, representam uma fonte de informações única para a meteorítica (figura 3).

O restante dos meteoritos são denominados diferenciados e englobam tanto os chamados acondritos quanto os meteoritos de ferro. Ambos originam-se em asteróides ou planetas diferenciados quimicamente do Sol. Nos acondritos, o material primitivo, homogêneo, fundiu-se a temperaturas elevadas durante o processo térmico, fazendo com que os elementos químicos se separassem, formando camadas distintas, de-

do século 18 para o 19, quando foram estabelecidos e reconhecidos os fundamentos do conhecimento sobre os meteoritos e sua origem extraterrestre. Abriu-se, então, uma nova era para a pesquisa científica desses objetos.

Entalhe feito em madeira representando a queda do meteorito d'Ensisheim, que ocorreu em 1492 na Alsácia.

REPRODUÇÃO



APRENDA A RECONHECER UM METEORITO

Numerosos objetos podem ser confundidos com meteoritos. Portanto, é importante observar certas particularidades, tais como:

- >>> O objeto está recoberto por uma superfície negra ou marrom (crosta de fusão)?
- >>> É sólido, sem poros ou vesículas ocas?
- >>> Pesa muito proporcionalmente ao tamanho? (os meteoritos metálicos são mais densos se comparados com a maioria das rochas terrestres)
- >>> Se houver uma rachadura, observe o interior. Ele é metálico, prateado?
- >>> É diferente das demais rochas da região?
- >>> É magnética, isto é, atrai um ímã ou desvia uma agulha de bússola?

Se você respondeu ‘sim’ à maioria destas perguntas, pode ser que tenha achado um meteorito e então valeria a pena analisá-lo. Nesse caso, sugerimos que a amostra seja levada a uma universidade, instituto de pesquisa ou museu mais próximo.

>>>

nominadas núcleo, manto e crosta (esta a mais superficial delas)

Os meteoritos de ferro (5,2% das quedas) consistem quase essencialmente de ligas metálicas de ferro-níquel, e a maioria provém do núcleo dos corpos que deram origem a eles (figura 4).

VIDA EM MARTE. Recentemente, um meteorito foi responsável por uma das notícias de maior impacto público das últimas décadas. Achado na Antártica e tendo sua origem atribuída a Marte, a diminuta rocha foi a base para que cientistas americanos anunciassem fortes evidências de que tenha existido vida primitiva naquele planeta 3,6 bilhões de anos atrás. Além de moléculas orgânicas, foram encontrados nele vestígios minerais típicos de atividade biológica e, possivelmente, fósseis microscópicos de organismos semelhantes a bactérias.

Ao estudar as informações transportadas pelos meteoroi-

tos, a ciência tem respostas não só para a origem e a evolução do Sistema Solar, mas também para questões como as extinções em massa das espécies e a composição e natureza dos asteróides. E quem sabe não será um desses mensageiros do espaço que nos trará a resposta para uma de nossas dúvidas mais inquietantes: estamos sozinhos no universo? ■



Figura 4. Em a, meteorito de ferro (ALH-762) com uma parte erodida por fricção e outra parcialmente coberta pela crosta de fusão. Em b, o mesmo meteorito com a superfície cortada e polida, revelando o aspecto metálico devido à presença das ligas ferro-níquel.

PESQUISAS COMEÇARAM AINDA NA DÉCADA DE 70

O estudo de meteoritos no CBPF foi introduzido pelo químico brasileiro Jacques Danon (1924-1989) ainda na década de 1970, dando início a um trabalho eminentemente interdisciplinar, envolvendo intensa colaboração entre físicos, químicos, geólogos e astrônomos nacionais e estrangeiros.

Desde então, nosso grupo tem contribuído na elucidação de questões importantes relacionadas a esses objetos, que representam as rochas conhecidas mais antigas do sistema solar. Estes corpos extra-terrestres constituem um laboratório único para o estudo de minerais e ligas ferro-níquel, dando acesso a taxas de resfriamento da ordem de 1 grau por

5 bilhões de anos, o que permite explorar as fases metaestáveis e de equilíbrio a baixas temperaturas.

Investigamos suas propriedades físicas, químicas e mineralógicas, visando conhecer efeitos térmicos e de choque, processos ordem-desordem, taxas de resfriamento, comportamento invar do sistema ferro-níquel, propriedades magnéticas etc., através de várias técnicas como espectroscopia Mössbauer, microscopia óptica e eletrônica, difração de

raios x, magnetização, entre outras.

A solução de alguns dos problemas abordados só foi possível graças à utilização da infra-estrutura e das técnicas existentes no CBPF.

O Grupo de Meteoritos, Minerais e Ligas Metálicas mantém colaboração com a PUC do Rio de Janeiro, o Museu Nacional (Universidade Federal do Rio de Janeiro), o Instituto Militar de Engenharia e com várias instituições internacionais.



Izabel de Souza Azevedo (esq.) e Rosa Bernstein Scorzelli