

Quem já não viu, numa noite estrelada, um risco luminoso cruzando o céu? Quem já não fez três pedidos ao ver uma estrela cadente? Será que foram os meteoritos que trouxeram a semente da vida para o nosso planeta? Terão sido responsáveis pela extinção dos dinossauros, por tsunamis gigantes? Serão a causa do fim do mundo?

Trata-se de tema que nos fascina e, muitas vezes, até nos amedronta.

Os meteoritos – esses mensageiros do espaço, objetos cercados de mistério – são o nosso tema. Veremos que são mais comuns do que se imagina – milhares deles chegam à Terra a cada dia. Veremos também que são uma das fontes de informação mais preciosas sobre a origem do Sistema Solar.

Quem sabe uma pedra estranha encontrada no seu caminho não será um vestígio de tempos imemoriais, anteriores mesmo à formação de nosso planeta?

Com este folder, damos prosseguimento às atividades de divulgação científica realizadas pelo CBPF. Esta série destina-se ao público não especializado, que encontrará aqui uma iniciação aos meteoritos e também referências para leituras mais aprofundadas sobre esse tema fascinante. Mais uma vez, esperamos que esta iniciativa sirva para despertar vocações, mostrando a jovens estudantes como a ciência é interessante.

Divirta-se!

João dos Anjos

COORDENADOR DO PROJETO DESAFIOS DA FÍSICA

PRESIDENTA DA REPÚBLICA
Dilma Rousseff

MINISTRO DE ESTADO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
Aloizio Mercadante Oliva

SUBSECRETÁRIO DE COORDENAÇÃO DAS UNIDADES DE PESQUISA
Arquimedes Diógenes Ciloni

DIRETOR DO CBPF (interino)
Ivan dos Santos Oliveira Júnior

COORDENAÇÃO DO PROJETO DESAFIOS DA FÍSICA
João dos Anjos (Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas/MCTI)

REDAÇÃO E EDIÇÃO CIENTÍFICA
Rosa Bernstein Scorzelli (Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas/MCTI)
Maria Eugenia Varela (Instituto de Ciências Astronômicas, da Terra e do Espaço/
Conselho Nacional de Investigações Científicas e Técnicas)

EDIÇÃO DE TEXTO
Cássio Leite Vieira (Instituto Ciência Hoje)

PROJETO GRÁFICO, DIAGRAMAÇÃO, INFOGRÁFICOS E TRATAMENTO DE IMAGEM
Amperсанд Comunicação Gráfica
(www.amperdesign.com.br)

CENTRO BRASILEIRO DE PESQUISAS FÍSICAS
Rua Dr. Xavier Sigaud, 150
22290-180 - Rio de Janeiro - RJ
Tel: (0xx21) 2141-7100
Fax: (0xx21) 2141-7400
Internet: <http://www.cbpf.br>

Para receber gratuitamente pelo correio um exemplar deste folder, envie pedido pelo sítio do projeto Desafios da Física (<http://mesonpi.cat.cbpf.br/desafios/>), onde estão disponíveis, em formato PDF, todos os folders da série. No portal <http://www.cbpf.br/Publicacoes.html>, estão disponíveis outras iniciativas de divulgação científica do CBPF.



Ministério da
Ciência, Tecnologia
e Inovação



CBPF

Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas

2011

METEORITOS

Os mensageiros do espaço

**NATUREZA
DOS MENSAGEIROS**
Extraterrestre na terra
Janela para o passado
Os três tipos

**METEOROIDES,
METEOROS
E METEORITOS**
Objeto natural
Estrela cadente
Os sobreviventes

LOCAIS E NOMES
Milhares por ano
Achados e caídos
Nome de batismo
Zonas férteis

ELE É OU NÃO É?
Note os detalhes
Aonde levar?

ESTIMANDO IDADES
De pai para filho
Os mais comuns
Mais antigos que rochas

**FRAGMENTOS
DE ASTEROIDES**
Cinturão de rochas
Longa viagem

AMOSTRAS COMETÁRIAS
Matéria abundante
100 Toneladas/dia

PEDACINHOS DE ESTRELAS
Grãos de poeira
Antes de o sol nascer

CRATERAS DE IMPACTO
Grandes e hiperenergéticos
Pressão colossal
Como uma onda.
Há 50 mil anos...

NO BRASIL
Falta divulgação
Distribuição desigual
Poucos, mas raros

Fontes

SCORZELLI, R. B. 'Mensageiros do espaço'. Revista do CBPF (2002). Disponível em pdf em: <http://bit.ly/9eNvsq>

VARELA, M. E. 'A química do cosmo: segredo revelado pelos meteoritos'. Ciência Hoje v. 40, n. 237, pp. 18-23, 2007. Disponível em pdf em: <http://bit.ly/kWoERl>

VARELA, M. E. 'Nossas raízes no espaço'. Ciência Hoje v. 42, n. 251, pp. 10-11, 2007. Disponível em pdf em: <http://bit.ly/jfWXuL>

Meteoritos
Os mensageiros do espaço



NATUREZA DOS MENSAGEIROS

EXTRATERRESTRE NA TERRA • Meteoritos são objetos naturais compostos de rocha, metal ou uma mistura de ambos que sobreviveram à queda do espaço, caindo na Terra. Estima-se que, a cada ano, entre 40 mil e 60 mil toneladas de material extraterrestre aterrissam em nosso planeta, vindos de três fontes bem determinadas. A grande maioria dos meteoritos (cerca de 97%) é originária de asteroides. Poucos vêm da Lua ou do planeta Marte. Evidências sugerem que um tipo muito raro de meteorito pode ter vindo de cometas.

JANELA PARA O PASSADO • Meteoritos originários de asteroides são os mais antigos objetos disponíveis para estudo – são verdadeiros testemunhos dos primeiros estágios da formação do

Sistema Solar, formado há 4,57 bilhões de anos. Portanto, o estudo dos meteoritos abre uma janela para tempos passados, permitindo conhecer os processos que formaram e configuraram o Sistema Solar, os planetas, as luas, os asteroides e os cometas nele contidos, incluindo a Terra.

OS TRÊS TIPOS • Os meteoritos são divididos em três tipos principais, com base em sua composição: i) os rochosos são compostos principalmente de silicatos, semelhantes aos contidos em rochas terrestres; ii) os de ferro, cuja composição é uma liga ferro-níquel; iii) os mistos, que contêm uma mistura de ferro-níquel metálico e silicatos.



ELE É OU NÃO É?

NOTE OS DETALHES • Numerosos objetos podem ser confundidos com meteoritos. Portanto, é importante observar certas particularidades, como:

i) apresentam formas irregulares com bordas arredondadas pela entrada na atmosfera, mas até o presente nunca se encontrou um redondo (como uma bola). Muito poucos podem apresentar uma forma cônica; ii) têm uma fina camada preta por fora (crosta de fusão), relacionada à travessia pela atmosfera. A crosta de fusão pode se tornar marrom, no caso dos meteoritos alterados; iii) em geral, a superfície apresenta depressões ou sulcos chamados de regmaglitos; iv) a maioria dos meteoritos contém metal; por isso, são mais pesados que uma rocha terrestre. A presença de metal pode ser confirmada aproximando-se um ímã e verificando a atração.

AONDE LEVAR? • Se o objeto encontrado tem essas características, pode se tratar de um meteorito e, então, valeria a pena analisá-lo. Nesse caso, sugerimos que a amostra seja levada a uma universidade, um instituto de pesquisa ou ao museu mais próximo.

ESTIMANDO IDADES

DE PAI PARA FILHO • Idades de meteoritos – bem como de rochas antigas e peças arqueológicas, por exemplo – são medidas usando ‘relógios’ radioativos. Alguns elementos químicos apresentam-se com pequenas variações do número de nêutrons no núcleo. São os chamados isótopos. Alguns isótopos são estáveis e podem sobreviver intactos indefinidamente. Porém, outros são radioativos e se desintegram com o passar do tempo. Esses isótopos-pai dão origem aos isótopos-filho ou mesmo a elementos químicos diferentes. Podemos determinar com muita precisão o tempo que um isótopo radioativo leva para se desintegrar. Assim, dependendo da quantidade de isótopos-pai e isótopos-filho presentes no meteorito, podemos determinar sua idade.

OS MAIS COMUNS • Os isótopos mais comumente usados para datação de rochas antigas do Sistema Solar são: i) o rubídio 87, que se desintegra em estrôncio 87; ii) o samário 147, que se desintegra em neodímio 143; iii) dois isótopos de urânio que, ao se desintegrarem, dão origem ao chumbo.

MAIS ANTIGOS QUE ROCHAS • Como a maioria dos fragmentos meteoríticos de asteroides tem idade semelhante (em torno de 4,57 bilhões de anos, o que faz deles objetos mais antigos que qualquer rocha terrestre), estima-se que essa seja a idade do Sistema Solar e de seus planetas.



AMOSTRAS COMETÁRIAS

MATÉRIA ABUNDANTE • Outro tipo de matéria extraterrestre (talvez, a mais abundante), denominada IDPs (sigla, em inglês, para partículas de poeira interplanetária), é trazida por partículas muito pequenas, com dimensões entre 5 e 400 milésimos de milímetro (ou microns). As formas de recolher essa matéria são diferentes: as partículas menores (de 5 a 20 microns) são recolhidas na estratosfera, enquanto os micrometeoritos (entre 20 e 400 microns) são coletados nos gelos da Antártida e Groenlândia.

100 TONELADAS/DIA • Até o presente, os estudos realizados indicam que os micrometeoritos são amostras cometárias, das quais a Terra recebe cerca de 100 toneladas por dia.

PEDACINHOS DE ESTRELAS

GRÃOS DE POEIRA • Hoje, sabemos que as diferentes estrelas produzem todos os elementos químicos que necessitamos, e que o Sistema Solar é uma mistura desse material, proveniente de várias fontes estelares. Quando as estrelas morrem aportam pequenos grãos de poeira ao meio interestelar.

ANTES DE O SOL NASCER • Uma nova fonte de informação sobre essa poeira interestelar foi identificada nos chamados meteoritos primitivos, formados há 4,57 bilhões de anos. Neles, foram encontrados grãos pré-solares. Isso significa que os meteoritos transportam e preservam pedacinhos de estrelas que viveram e morreram antes do nosso Sol.



CRATERAS DE IMPACTO

GRANDES E HIPERENERGÉTICOS • Crateras de impacto produzidas por objetos grandes e hiperenergéticos são encontradas na superfície da Terra. Mais de cem delas são atualmente reconhecidas, algumas chegando a centenas de quilômetros de diâmetro. As idades vão de milhares a cerca de 2 bilhões de anos. Fragmentos de meteoritos foram encontrados em aproximadamente uma dúzia dessas crateras.

PRESSÃO COLOSSAL • Pela velocidade com que chega ao solo, o meteorito tem uma energia considerável, que, em parte, se transforma em calor. Este, por sua vez, vaporiza uma pequena parte do meteorito e funde de 5% a 10% dos fragmentos gerados no impacto. Mas é a energia liberada na colisão que dá origem aos efeitos mais importantes. Pressões colossais são exercidas na zona de impacto, podendo atingir intensidade de milhões de vezes a pressão atmosférica.

COMO UMA ONDA • Em seguida, o excesso de pressão se propaga no solo, como uma onda que se amortiza muito lentamente. Nesse processo, certos minerais são vitrificados; outros, recristalizados – as rochas



transformadas são qualificadas de impactitos. Assim que a onda passa, a zona que foi comprimida relaxa brutalmente, provocando a ejeção de material e a formação de uma cratera.

HÁ 50 MIL ANOS... • A cratera de impacto mais bem estudada é a Cratera de Meteorito, no Arizona (EUA). Ela tem 1,1 km de diâmetro e 150 m de profundidade. A idade da cratera é de aproximadamente 50 mil anos. Estima-se que o meteorito que a formou tivesse cerca de 30 m de diâmetro e massa em torno de 100 mil toneladas.



METEOROIDES, METEOROS E METEORITOS

OBJETO NATURAL • Meteoróide é um objeto natural de aproximadamente 100 metros em diâmetro que está orbitando no espaço, podendo ou não aterrissar na Terra como um meteorito.

ESTRELA CADENTE • O fenômeno visual (rastros luminosos) associado à passagem de um meteoróide através da atmosfera terrestre – sendo completamente vaporizado por meio do aquecimento provocado pela fricção – é denominado meteoro ou “estrela cadente”.

OS SOBREVIVENTES • Meteoritos são fragmentos recolhidos de um meteoróide que sobreviveram à passagem através da atmosfera terrestre. São compostos de rocha, metal ou uma mistura de ambos.



LOCAIS E NOMES

MILHARES POR ANO • A cada ano, milhares de meteoritos aterrissam na Terra. Em todos os continentes, regiões onde a geografia e o meio ambiente favorecem a preservação e a concentração dos meteoritos milhares deles foram encontrados e recolhidos.

ACHADOS E CAÍDOS • Meteoritos encontrados depois da queda, por acaso, em missões de coleta, são denominados ‘achados’. Ganham o nome de ‘caídos’ aqueles cuja queda é testemunhada e que são subsequentemente recolhidos. Até janeiro de 2009, foram registrados em torno de 40 mil achados e mais de mil caídos.

NOME DE BATISMO • Os meteoritos são usualmente nomeados segundo a cidade ou a localização geográfica onde caíram ou foram encontrados. Em

regiões desérticas quentes (por exemplo, Saara) ou frias (Antártida), nas quais milhares de meteoritos podem ser encontrados em uma área relativamente pequena, sua nomeação está relacionada com a região geográfica onde foram encontrados, acrescida de um número (exemplos, Allan Hills 84001, Dhofar 342). Os nomes de novos meteoritos precisam ser aprovados pelo Comitê de Nomenclatura da Sociedade Meteorítica (Meteoritical Society), organização internacional de pesquisa nessa área.

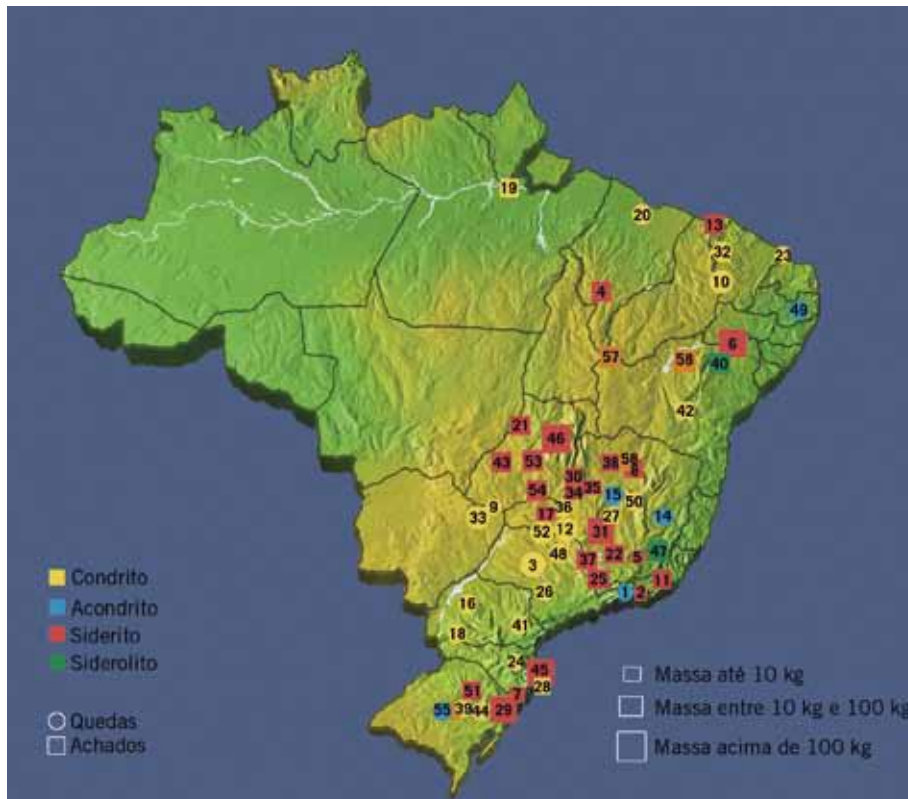
ZONAS FÉRTEIS • O maior número de meteoritos encontrados nas últimas décadas resulta do conhecimento que se tem atualmente de que certas regiões desérticas do planeta são lugares muito férteis para encontrar esses objetos. Anualmente, instituições científicas organizam excursões para desertos quentes e frios.



FRAGMENTOS DE ASTEROIDES

CINTURÃO DE ROCHAS • Asteroides são pequenos corpos de rocha e metal, restos dos primeiros materiais que formaram nosso Sistema Solar, há aproximadamente 4,6 bilhões de anos. A maioria deles orbita o Sol, em um cinturão entre as órbitas de Marte e Júpiter, formando um limite entre os planetas internos, rochosos (conhecidos como planetas terrestres), e os planetas externos (ricos em gás e gelo).

LONGA VIAGEM • Os meteoritos, em sua grande maioria, são fragmentos de asteroides. A medida de suas idades de exposição à radiação cósmica mostra que a duração da viagem, entre o asteroide-pai e a Terra, varia de 1 a 100 milhões de anos para os meteoritos rochosos. Para os meteoritos de ferro, esse tempo pode chegar a 2 bilhões de anos, refletindo provavelmente sua maior resistência à erosão causada pela radiação espacial.



NO BRASIL

FALTA DIVULGAÇÃO • Até 2010, havia, no Brasil, 58 meteoritos reconhecidos pela Sociedade Meteorítica. Temos cerca de 50% da área da América do Sul, mas nossa amostragem é inferior à do Chile e da Argentina. Chegamos a apenas 5% da quantidade de meteoritos dos Estados Unidos, cuja área é pouco maior que a nossa. Isso se deve, em parte, à falta de divulgação científica sobre o assunto – não incentivamos a população a contribuir com descobertas nesse campo.

DISTRIBUIÇÃO DESIGUAL • A distribuição dos meteoritos no Brasil se dá de forma bem desigual. Por exemplo, em Minas Gerais, foram encontrados 20 meteoritos (34,5% do total), mas eles nunca foram achados em pelo menos 14 estados (mapa). Entre os fatores que dificultam a ‘caça’ no Brasil, está o clima quente e úmido, que faz com que os meteoritos logo ganhem aspectos das rochas da região. Devemos também lembrar que grande parte de nosso país é coberta por matas e florestas, impossibilitando a busca.

POUCOS, MAS RAROS • Apesar dos poucos meteoritos achados no Brasil, estão entre eles alguns dos mais raros do mundo: Angra dos Reis, Itibira, Governador Valadares, Santa Catarina e o Bocaiuva, que, juntos, correspondem a cerca de 10% do total.