



Ciências Exatas e Tecnologia

Ocorrências de meteoritos no Brasil

Celso de Barros Gomes

Meteoritos são objetos sólidos que alcançaram a Terra vindos do espaço. Seu corpo (ou corpos) parental parece ser parte integrante do nosso sistema solar, isto é, move-se ao redor do Sol. Provavelmente originaram-se a partir do cinturão de asteróides, cujas órbitas estão situadas entre os planetas Marte e Júpiter.

A ciência que se ocupa da investigação dos meteoritos é conhecida como meteorítica. O interesse em torno dessa área de conhecimento, diminuído ligeiramente após a Segunda Guerra Mundial, vem-se tornando cada vez mais crescente, em virtude sobretudo do aparecimento, ao início da década dos sessenta, de instrumentos analíticos sofisticados de aplicação no campo das ciências geológicas, como espectrômetro de massa, ativação de nêutrons, microsonda eletrônica, etc. A grande importância científica dos meteoritos decorre dos seguintes fatos: a) possuem idade muito antiga, 4,5 - 4,7 bilhões de anos, correspondendo, dessa forma, a um material extraterrestre formado num estágio primitivo de desenvolvimento do nosso sistema solar; b) a despeito dessa idade, foram pouco afetados por processos geológicos, com o seu estudo fornecendo informações valiosas quanto à composição e história primitiva do material sólido no sistema solar; c) percorrem o espaço há milhões de anos e, durante esse tempo, vêm sendo submetidos a intenso bombardeio por raios cósmicos e vento solar. Assim, constituem o material mais indicado para a investigação dos processos de interação dos raios cósmicos com a matéria; d) representam o único material extraterrestre disponível em quantidades razoáveis para investigações pormenorizadas de laboratório.

Aproximadamente 500 meteoritos caem anualmente sobre a superfície da terra, sendo, no entanto, o total recuperado extremamente baixo, da ordem de 1%, vista que a maior parte dessas quedas ocorre na água (oceanos e lagos) ou mesmo em outros lugares inacessíveis (florestas, regiões pouco povoadas, etc). Dados estatísticos demonstram que, por motivos relacionados à órbita descrita por esses corpos e sua velocidade de deslocamento, há uma maior incidência de quedas na parte da tarde, alcançando-se um valor máximo de 15,00 horas, bem como no período que se estende de abril a julho. Os dados evidenciam também a inexistência de qualquer controle quanto à distribuição geográfica, com as quedas se processando inteiramente ao acaso. Eventuais concentrações são explicadas por fatores aleatórios diversos, tais como: características físicas das regiões atingidas (planas ou montanhosas, com ou sem cobertura vegetal, aradas ou desérticas, etc), densidade populacional, nível cultural do povo, etc.

Em geral, a queda de um meteorito é acompanhada de fenômenos de luz e som. Ao cruzar os céus, o meteorito deixa um rastro luminoso (*meteoro*), que muitas vezes persiste como uma nuvem branca após o seu desaparecimento. Não raramente, as quedas diurnas se fazem também acompanhar por um rastro de fumaça de material meteorítico de granulação extremamente fina, como resultado da colisão do corpo com as moléculas do ar. No ponto onde o feixe luminoso desaparece, dando lugar à fragmentação do meteorito em pedaços, os efeitos sonoros começam a se fazer sentir, com os ruídos gerados assemelhando-se àqueles produzidos pela passagem de um trem expresso, pelo detonar de um canhão, pelo ribombar de um trovão, pelo crepitar do fogo de uma lareira, etc., ou mesmo a assobios.



1 — Meteorito Bendegó. Em exposição no Museu Nacional do Rio de Janeiro. Foi encontrado em 1784 no interior do Estado da Bahia e pesa aproximadamente 6,3 toneladas.

Os meteoritos adentram à superfície terrestre a velocidades variáveis de 11 a 30 km/seg. Estas, no entanto, face à resistência do ar, são drasticamente reduzidas, chegando a valores finais da ordem de 100 a 300 m/seg. Durante o deslocamento dos meteoritos, a fricção resultante acarreta elevação de sua temperatura, volatilização e, finalmente, perda de massa. Esse processo de fricção (ablação) é, dessa maneira, o fator responsável pela grande diversidade morfológica e de tamanho exibida por esses corpos. Alguns meteoritos possuem formas poliédricas, onduladas, e cobertas de imperfeições topográficas à semelhança das impressões deixadas por um dedo polegar, enquanto que outros, onde a fragmentação foi mais atuante, mostram-se irregulares ou mesmo angulares. Por vezes, os meteoritos apresentam-se também cobertos por uma pequena crosta de fusão, com espessura de poucos milímetros e coloração preta a castanha, constituída de material vítreo, caso dos corpos rochosos, ou do mineral magnetita (quimicamente, um óxido de ferro), no caso dos metálicos. De uma maneira geral, os meteoritos metálicos tendem a exibir maiores dimensões, fato justificado pelo comportamento mais resistente das fases mineralógicas metálicas durante os processos de queda e de impacto. O maior meteorito conhecido mundialmente é o Hoba, achado no SW da África em 1920 e pesando 60 toneladas. Por outro lado, o maior meteorito brasileiro é o Bendegó, encontrado no Estado da Bahia em 1784, e com peso aproximado de 6,3 toneladas (fig. 1).

Em condições favoráveis, o impacto de um meteorito pode levar à formação de um buraco ou mesmo de uma autêntica cratera, cujas dimensões dependem essencialmente do tamanho, peso e velocidade do corpo. Já a sua profundidade é muita mais função da natureza e resistência do solo atingido. Como resultado de pressões aplicadas às porções frontais do meteorito, tem-se por vezes a sua fragmentação e a conseqüente formação de numerosos espécimes angulosos. Estes irão cair e espalhar-se sobre a terra (*chuva de meteoritos*), cobrindo uma área, por vezes bem extensa,

abrangida pela chamada elipse de dispersão do meteorito. Como exemplos no gênero junto à literatura nacional, cite-se o caso dos meteoritos Macau, Rio Grande do Norte (11 de novembro de 1836; a morte de algumas cabeças de gado nas proximidades das cabeceiras do rio Assu deveu-se à queda desses fragmentos) e Marília, Estado de São Paulo (5 de outubro de 1971).

Na literatura, costuma-se atribuir ao meteorito o nome da localidade geográfica (cidade, povoado, rio, serra, etc.) onde o mesmo caiu ou foi encontrado. Quando a data exata do evento é conhecida, bem como uma amostra recuperada, ele passa então a ser referido como uma queda. Ao contrário, reserva-se o termo *achado* para aquele meteorito em que, à exceção apenas do material coletado, não se dispõe de maiores informações relativas à queda.

Em função da concentração em minerais metálicos (kamacita e taenita), os meteoritos são classificados em três grupos principais: sideritos, siderolitos e aerolitos. Para o primeiro grupo, o teor de metal (ferro-níquel) é praticamente 100%, caindo, contudo, para 50% junto ao segundo grupo, e situando-se entre 0 e 30% nos aerolitos. Critérios adicionais permitem ainda a divisão dos dois primeiros grupos, igualmente referidos na literatura como meteoritos metálicos, em diversos subgrupos. Por outro lado, os aerolitos (também designados de péticos em face da semelhança com as rochas, e representando 93% das quedas observadas) são divididos em condritos (Fig. 2) e acondritos, com base na respectiva presença ou não de pequenas partículas esféricas conhecidas como condruolos. Ao lado dos minerais metálicos previamente referidos, os meteoritos compõem-se ainda de fases silicáticas (olivinas e piroxênios as mais comuns) e sulféticas (troilita).

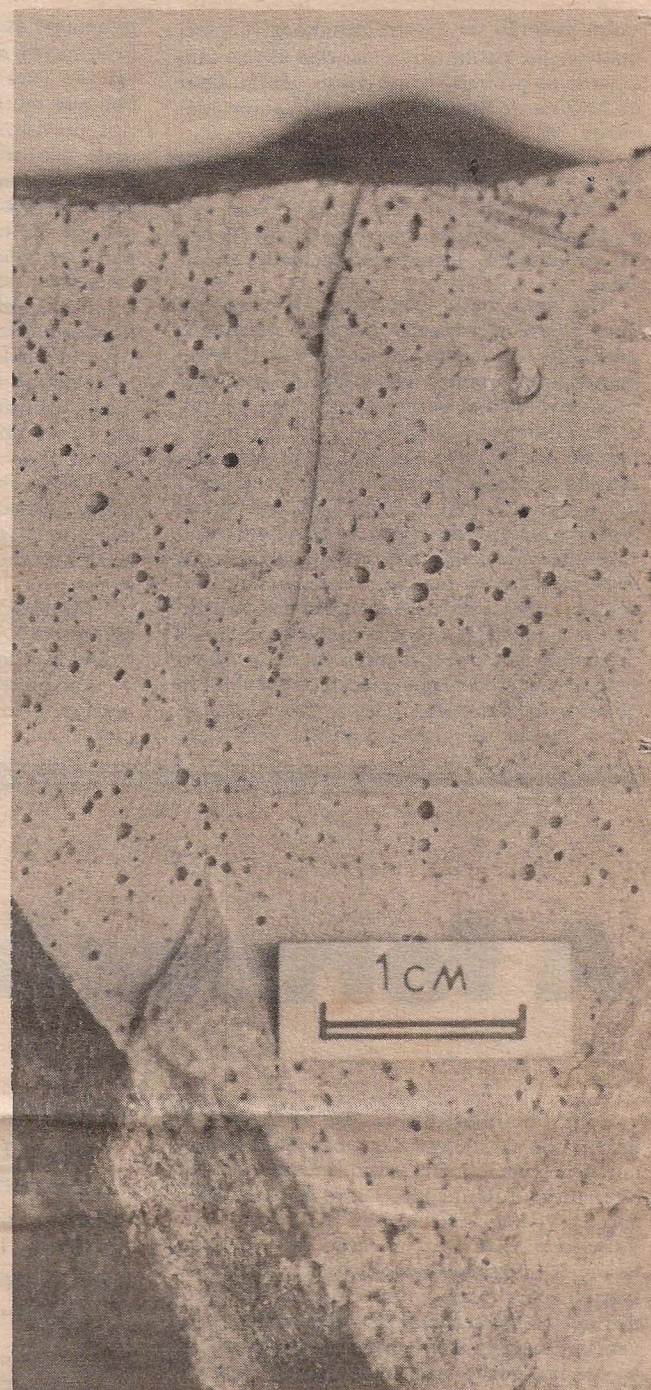
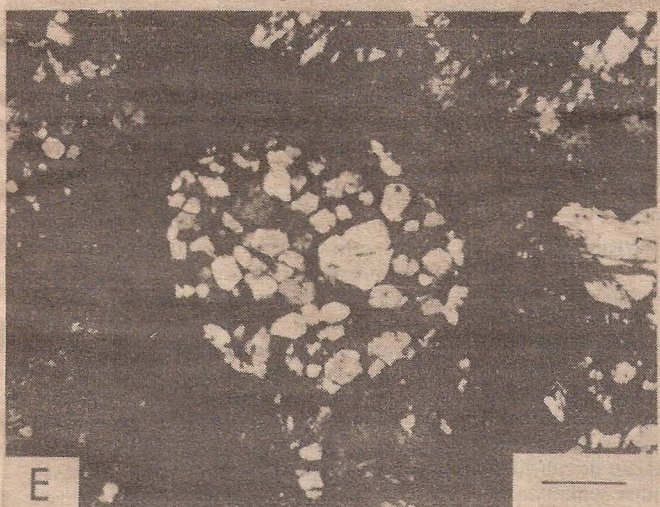
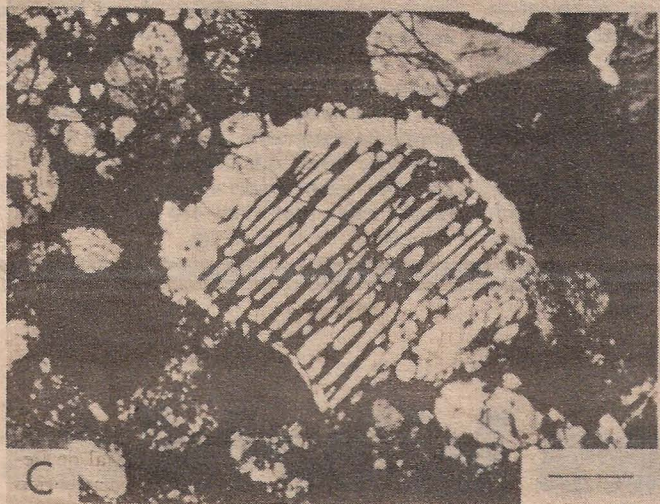
O interesse despertado pela meteorítica no meio científico brasileiro foi sempre muito pequeno e, à exceção de alguns trabalhos realizados por pesquisadores do Museu Nacional do Rio de Janeiro no período de 1940 a 1950, pouco tem sido feito. Disso resultou que o Brasil chegou a dispor de uma coleção de

meteoritos, alguns inclusive caídos no século passado, que nem sequer haviam sido objeto de investigações preliminares. Por outro lado, a implantação no país, há quatro anos, de técnicas analíticas mais sofisticadas (microsonda eletrônica, por exemplo) abriu amplas e ilimitadas perspectivas de pesquisa ligadas ao tema. A conjugação desses dois fatos levou ao estabelecimento de um programa internacional de pesquisa, que já conta com dois anos e meio de duração, visando ao estudo mineralógico, petrológico e químico desses meteoritos. Esse programa, no momento voltado apenas para o estudo dos meteoritos péticos ou rochosos (aerolitos), reúne cientistas de oito instituições de pesquisa dos Estados Unidos da América, do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo e do Museu Nacional do Rio de Janeiro. Pelo lado nacional, essas pesquisas vêm sendo patrocinadas pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), enquanto pelo lado americano a National Aeronautics and Space Administration (NASA) é a principal colaboradora.

Presentemente são conhecidos 39 meteoritos brasileiros (para um total mundial de quase 2.000), com 21 representando o grupo dos aerolitos e 18 o dos sideritos. Esse número, realmente insignificante face à grande extensão territorial do País, reflete bem o desinteresse até então dispensado ao assunto. A maior densidade populacional da região Centro-Sul, aliada ao grande incentivo que vem, há muitos anos, sendo oferecido às atividades de mineração no Estado de Minas Gerais, constituem os fatores responsáveis pela maior concentração de meteoritos nessa área.

Por uma feliz coincidência, os quatro aerolitos brasileiros do grupo dos acondritos apresentam grande interesse científico, constituindo-se mesmo um deles, o Angra dos Reis, no único representante do subgrupo Angrito. Para o estudo desses meteoritos foram instituídos consórcios científicos (no caso de Angra dos Reis, esse foi encerrado em 1977, com os dados publicados no número de junho da revista internacional Earth Planetary Science Letters) visando à investigação minuciosa dos seus aspectos mineralógicos, petrológicos, químicos e geocronológicos. Presentemente, atenção especial vem sendo dispensada ao acondrito Ibitira, o único meteorito conhecido na literatura como portador de estrutura vesicular (Fig. 3). Esta feição, comum às lavas vulcânicas, é devida ao escape de bolhas de gás como resultado da ascensão do material magmático à superfície do corpo. Por outro lado, o estudo sistemático dos condritos vem proporcionando surpresas agradáveis, como o reconhecimento, em pelo menos quatro deles (Mafra, Parambu, Paranaíba e Putinga) da presença de feições indicativas de metamorfismo de choque (fenômeno provocado pela colisão cósmica do meteorito). Esses meteoritos possuem uma evolução complexa em virtude da superposição, no transcurso da sua história geológica, de processos genéticos diversos envolvendo diferenciação magmática, brechação, fusão, etc.

A maior dificuldade encontrada à execução do programa de estudo "Meteoritos Brasileiros" vem sendo a falta de maiores dados e a carência de material para fins analíticos. Informações preliminares dão conta de que o total de espécimes nacionais é bem superior ao número 39 previamente referido. Nesse sentido, é feito aqui um apelo aos prezados leitores para que nos encaminhem qualquer notícia referente ao tema.



2 — Textura condrítica (Foto A) no meteorito Conquista, Minas Gerais, caído em 1965 no início do mês de dezembro. Fotos B-F evidenciam a complexidade da textura interna dos cõndrulos. Para as fotos A e B, a escala corresponde a 0,3mm, enquanto que para as demais 0,1 mm.

3 — Estrutura vesicular no meteorito Ibitira, Minas Gerais, caído em 30 de junho de 1957. Por vezes, as cavidades acham-se revestidas de minerais.

O problema da poluição do ar

Celso M. Q. Orsini

Grande parte das discussões de que temos participado ultimamente a respeito de problemas de poluições ambientais tem-se ocupado do atual relacionamento inconveniente do homem com seu meio ambiente, contestando, geralmente, as modernas estruturas sociais vigentes onde a tônica é a perseguição da melhoria do "padrão de vida" dos homens, através do aumento do consumo de energia per capita.

A despeito do amplo aspecto de opiniões que temos notado nessas discussões, variando desde a preconização da volta do homem ao primitivismo (à vida nas cavernas!), até, no outro extremo, deixar tudo exatamente como está (para ver como fica!), parece certo que um consenso vai lentamente amadurecendo no sentido de buscar-se novas concepções, mais ecológicas, para a estrutura das sociedades futuras.

Como conceituar precisamente essa nova estrutura, bem como torná-la viável, serão provavelmente os temas de muitos debates neste final de século.

Quanto a nós, habitantes de um país cujo mecanismo de desenvolvimento baseia-se no uso intensivo da ciência e tecnologia importa-

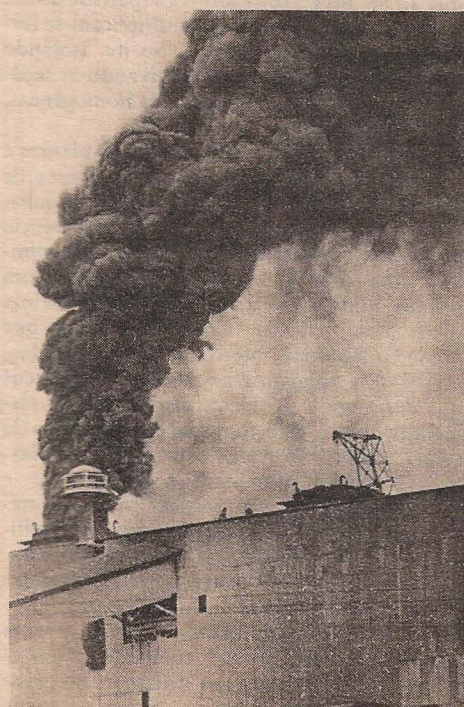
da, pouca participação nos estará reservada nessas discussões, e muito menos ainda nas decisões que delas advirão, se não desenvolvermos esforços relativamente grandes a fim de ampliarmos o nosso ainda paupérrimo "pano de fundo" (background) no assunto.

Antes, porém, de nos estendermos em considerações sobre o que entendemos por ampliação do nosso pano de fundo no assunto, passemos as discussões sobre problemas mais concretos para depois, com base no que concluirmos, voltar ao tema.

Tratemos do chamado PPA, (Problema da Poluição do Ar) sobretudo com vistas ao caso, específico da nossa cidade.

Mas antes, no que consiste o PPA? É difícil responder com poucas palavras: é melhor tentar caracterizá-lo por meio dos seus principais elementos e aspectos; e podemos mesmo, antes disso, adiantar com uma frase um tanto abstrata qual é a solução desejada: otimizar o abatimento da poluição do ar.

Os três componentes básicos do PPA são: as fontes poluidoras, a atmosfera e os receptores. A ligação entre esses componentes é estabelecida pelos poluentes: são emitidos pelas fontes poluidoras (primários), sofrem



misturas e transformações físicas e químicas na atmosfera (produzindo os poluentes secundários), e são, finalmente, retirados de circulação pelos receptores (dentre os quais nos incluímos).

O objetivo principal do estudo do PPA é estabelecer o controle das fontes poluidoras de modo que as concentrações dos poluentes na atmosfera sejam reduzidas a níveis considerados satisfatórios do ponto de vista dos seus efeitos indesejáveis.

Mas, como quantificar esse objetivo é um problema específico com que cada comunidade se defronta.

Em tese, cada comunidade tem que formular a sua estratégia de controle: uma combinação de medidas que visem a conseguir as reduções necessárias das emissões das fontes poluidoras de modo a que se atinjam os Padrões de Qualidade do Ar (abreviemos PQA) previamente fixados.

A estratégia de controle deverá ser tanto mais eficiente quanto melhor forem compreendidas as relações existentes entre as emissões das fontes poluidoras e as concentrações dos poluentes na atmosfera; somente