

METEORITOS: FRAGMENTOS DA HISTÓRIA DO SISTEMA SOLAR

A COLEÇÃO DO MUSEU DE CIÊNCIAS DA TERRA

Luciano Faria

Especialista em Pesquisa no MM GerdaU - Museu das Minas e do Metal

INTRODUÇÃO

O ano de 2022 é um novo marco na história do MM GerdaU - Museu das Minas e do Metal que, assim como demais Instituições de Divulgação Científica, passou pelo desafio de se reinventar durante os períodos de isolamento social advindos da pandemia Sars-CoV-12. Ao longo do ano, com o retorno de visitas presenciais, os espaços do Museu foram aos poucos se adaptando ao retorno das visitas públicas e por demandas de escolas. E em um momento de comemoração, a Sala de Exposições Temporárias recebe uma importante exposição, que conta com a parceria do Serviço Geológico Brasileiro/CPRM e o Museu de Ciências da Terra.

Este texto tem por objetivo informar e instigar os leitores a conhecer um pouco mais sobre o tema da Exposição, bem como buscar novos conhecimentos a partir de palavras-chave destacadas no texto. Vale lembrar que os responsáveis pela Exposição encaminharam ainda, como sugestão de leitura, materiais que compõem a mostra, bem como imagens que ilustram um pouco do incrível acervo que esteve sob os cuidados do Museu entre 20 de outubro de 2022 até 29 de janeiro de 2023.

SINOPSE: O Museu de Ciências da Terra, MCTer, do Serviço Geológico do Brasil/CPRM, sediado no Rio de Janeiro/RJ, tem tradição na conservação e na pesquisa de meteoritos, que remonta ao início do século XX, com os estudos realizados pelos primeiros diretores do Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil. Parte desta coleção, uma das maiores do país, vem agora em forma de exposição para o GEO Museu, em Gramado, através do Museu em Movimento, projeto de itinerância do Museu de Ciências da Terra, que leva parte do vasto acervo da instituição às escolas e à comunidade em geral com o objetivo de manter a memória e o patrimônio das geociências vivo e democrático.

SOBRE A EXPOSIÇÃO

O MM Gerdau – Museu das Minas e do Metal, juntamente com o Museu de Ciências da Terra, do Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM), apresentaram a exposição “Meteoritos: fragmentos da história do sistema solar – a coleção do Museu de Ciências da Terra”. A mostra ficou em cartaz em Belo Horizonte, no Prédio Rosa da Praça da Liberdade, entre os dias 20 de outubro de 2022 a 29 de janeiro de 2023, com entrada gratuita.

A exposição Meteoritos: fragmentos da história do sistema solar – a coleção do Museu de Ciências da Terra contou ao todo com 21 amostras, sendo 20 oriundas da coleção do Museu de Ciências da Terra, contendo exemplares encontrados em território nacional e de amostras de outros países como Argentina, Chile, Estados Unidos, México, Letônia e Ucrânia. Como destaque, uma amostra do meteorito Gibeon, que possuía mais de 26 toneladas e caiu em tempos pré-históricos na Namíbia, sudoeste da África, gerando a 6ª maior chuva de meteoritos, em massa total, até então conhecida.

Outro exemplar que também esteve presente na exposição é o meteorito Bocaiúva, amostra que, atualmente, se encontra no acervo do MM Gerdau – Museu das Minas e do Metal e disponível para visitação. Ele pesa 64,3 Kg e possui densidade mais elevada do que algumas rochas terrestres. Ele foi descoberto na década de 1960, no município de Bocaiúva, região norte de Minas Gerais.

A mostra é fruto do projeto de itinerância do Museu de Ciências da Terra, sediado no Rio de Janeiro/RJ, que leva parte do seu acervo para outras regiões do país, com o objetivo de democratizar o acesso e preservar a memória e o patrimônio das geociências.

Durante a exposição, os visitantes tiveram a oportunidade de conhecer de perto e tocar em amostras de meteoritos – matérias sólidas que chegam à superfície da Terra vindas do espaço. Os fragmentos que entram na atmosfera terrestre, mas não chegam até à superfície, por serem destruídos pelo atrito com o ar, são chamados de meteoros ou, popularmente, estrelas cadentes. Esses são muito mais numerosos que os meteoritos. Os meteoritos são preciosas relíquias que preservam informações dos primeiros mil milhões de anos do sistema Solar.

As amostras foram exibidas na sala de Exposições Temporárias do MM Gerdau – Museu das Minas e do Metal e a exposição contou com recursos de acessibilidade para os diversos públicos,

além do apoio de educadores do Museu, que desenvolveram com o público visitante atividades lúdicas e educativas sobre os meteoritos.

ASSUNTOS RELACIONADOS À EXPOSIÇÃO:

- ASTRONOMIA (TERMOS TÉCNICOS E UNIDADES ASTRONÔMICAS)
- SISTEMA SOLAR (SOL, PLANETAS SÓLIDOS E GASOSOS, COMETAS E ASTEROIDES)
- COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS METEORITOS E PANSPERMIA CÓSMICA
- TECNOLOGIA (AGÊNCIAS ESPACIAIS)
- ASTROBLEMAS
- EXTINÇÃO DOS DINOSSAUROS
- ESTRELAS-CADENTES OU BÓLIDOS
- COLECIONISMO
- METEORITOS NAS CULTURAS E ARTE
- USO DE METEORITOS NOS PRIMÓRDIOS DA SIDERURGIA

ASTRONOMIA E TERMOS TÉCNICOS DESTA CIÊNCIA

Por dia, nosso planeta é bombardeado por mais de 4 bilhões de partículas e fragmentos originados do espaço e que são, desde de vestígios de outros planetas (ou de nossa própria lua), até de restos de asteroides e demais corpos que ocupam o espaço cósmico de nosso Sistema Solar (Figura 1). Uma grande quantidade de asteroides se encontra entre Marte e Júpiter e eles são responsáveis por uma grande quantidade de chuvas de meteoros que ocorrem no nosso planeta. A maior parte dessas massas sólidas se desfaz em contato com nossa atmosfera da mesma forma que um pedaço de giz se desmantela ao ser passado em uma longa parede. Para aquelas massas sólidas que não são completamente pulverizadas neste processo – que envolve atrito, emissão de calor, som, luz e poeira – e que chegam à superfície da Terra, damos o nome de “Meteoritos”.

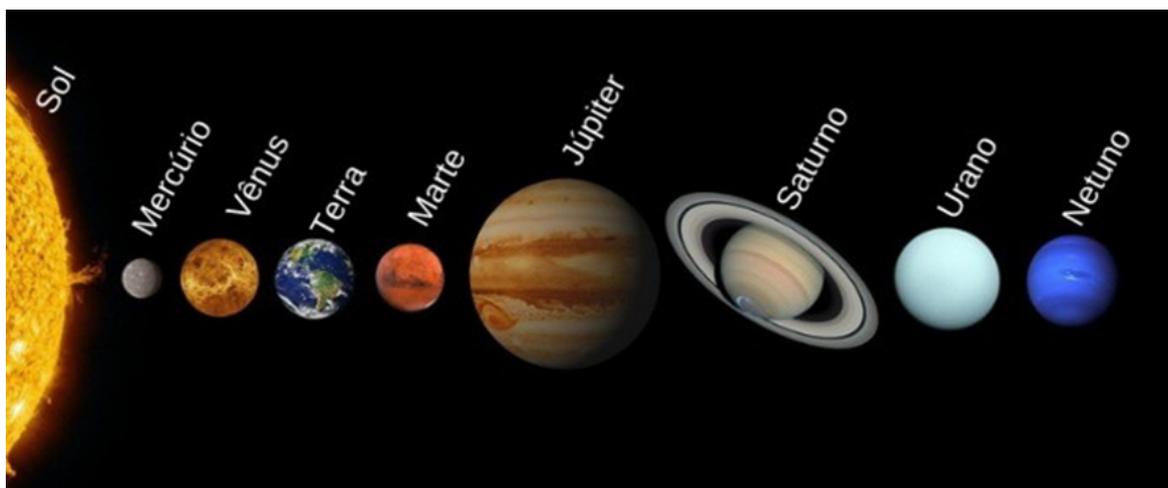


FIGURA 1: Sistema Solar em perspectiva de tamanho entre o sol e demais planetas.

A origem dos meteoritos envolve um passado turbulento. Antes de atingir a Terra, e então denominados meteoros, meteoroides ou ainda asteróides (não existe um limite que define o tamanho de um ou outro corpo celeste, mas objetos de dimensões quilométricas passam a ser entendidos como asteróides), estes fragmentos surgiram do resfriamento das massas estelares gasosas, que se condensaram até formar nosso Sistema Solar. Esse tipo de informação é importante por diversos motivos, mas, dentre eles, o mais importante é que os meteoritos que encontramos após a queda (Figura 2) e que nos dão conta de como se formaram e qual a composição média dos planetas que nos rodeiam.



FIGURA 2: Meteoróide caindo na Terra e fotografado da ISS (Estação Espacial Internacional)

COMPOSIÇÃO QUÍMICA E ESTRUTURAL

É através da composição química e dos aspectos em que são formados os meteoritos que podemos afirmar sobre sua origem cósmica. Para isso, estes materiais são subdivididos em

algumas categorias que tem a ver com sua composição química ou estrutural. Os Condritos, por exemplo, são os meteoritos que formam pequenas esferas em seu interior – os côndrulos, resultado da condensação dos componentes superaquecidos da nebulosa solar gasosa do início do nosso Sistema Solar (Figura 3). Dessa forma, meteoritos-condritos, planeta Terra e nosso Sistema Solar, como um todo, têm, em média, a mesma idade, ou seja, em torno de 4,6 bilhões de anos de idade. Já os meteoritos classificados como Acondritos apresentam a mesma composição química, mas não contém mais os côndrulos, pois, supostamente, foram fundidos e novamente solidificados depois de terem feito parte de um astro cósmico maior – planeta ou asteróide de grandes dimensões – cujo tamanho e massa sejam suficientes para gerar um núcleo líquido, quente e denso (metálico) e um manto rochoso, frio e rico em silicatos menos densos, da mesma forma que nosso planeta. Tais meteoritos rochosos ou pétreos podem também ser chamados de Aerólitos (ou Aerólitos, com acento proparoxítono).



FIGURA 3: aerólito cortado e polido com côndrulos

Quando, por outro lado, um meteorito apresenta sua composição puramente metálica isso indica que ele deve ter sido originado do núcleo fundido e resfriado de uma grande massa espacial e que teve exposição do seu conteúdo interno. Esses meteoritos também são chamados de Sideritos e contém, na maioria dos casos, uma liga de ferro e níquel. No entanto, os meteoritos também podem ter composição mista e ter aspecto de uma ‘gelatina colorida’ com a intercalação de partes metálicas e partes rochosas, condriticas ou sem côndrulos. Estes meteoritos mistos também podem ser chamados de Siderolitos (Figura 4).



FIGURA 4: Imagem de pedaço cortado de siderolito

Para a grande maioria dos meteoritos que caem no nosso planeta, suas classificações e composições químicas são o suficiente para uma chave de identificação, que permite entender a sua origem e data de formação. Desde minerais incomuns na Terra até substâncias orgânicas já foram identificadas nestes materiais, o que permite até mesmo uma teoria que aponta que, provavelmente, a vida, da forma como conhecemos na Terra, tenha se originado em outros astros ou mesmo sistemas solares longínquos e, então, difundida pelo restante do universo. Isso porque meteoritos carbonáceos, como o meteorito de Murchison, trouxeram em sua composição moléculas que são a base bioquímica para o DNA, proteínas e paredes celulares. Essa teoria de que a vida se espalha por demais planetas é denominada 'Panspermia Cósmica'.

TECNOLOGIA E AGÊNCIAS ESPACIAIS

Independentemente de sua composição química, todos esses materiais podem trazer inúmeras informações sobre o espaço que nos rodeia para a Terra e, por isso, os meteoritos têm mais que valores comerciais: são uma chave para o entendimento da formação do nosso Sistema Solar ou ainda de sistemas vizinhos. Em 2017, fomos visitados pelo que todos astrônomos acreditam ter sido um dos primeiros corpos celestes vindos de outro sistema estelar: o asteroide 'Oumuamua' (Figura 5). Este estranho corpo celeste (que a princípio imaginaram ser um cometa, mas que, pela falta de cauda, foi reclassificado como um asteroide) se movia em velocidades acima do que qualquer outra massa sólida do nosso Sistema Solar e seu formato era muito diferente dos anteriormente já registrados. Por causa dessas informações e de sua órbita, os cientistas acreditam que o 'Oumuamua tenha vindo de outro sistema estelar mais distante (lembrando que a mais próxima estrela está a cerca de 4,5 anos luz do nosso Sol – 1 ano luz é uma medida de distância que equivale a 9.461 trilhões de quilômetros).



FUGURA 5: Imagem artística que representa o aspecto do asteroide 'Oumuamua

Ainda tratando de eventos astronômicos, recentemente a humanidade foi capaz de duas conquistas com as missões Rosetta e DART. A missão Rosetta, realizada entre 2014 e 2015, foi liderada pela Agência Espacial Europeia (sigla ESA) e lançou uma sonda em direção a um cometa (Figura 6) feito de rochas e gelo cuja órbita está a cerca de 186 milhões de quilômetros do Sol. A demorada viagem e chegada ao cometa permitiu a obtenção de uma grande quantidade de dados e imagens até o pouso da sonda Philae.

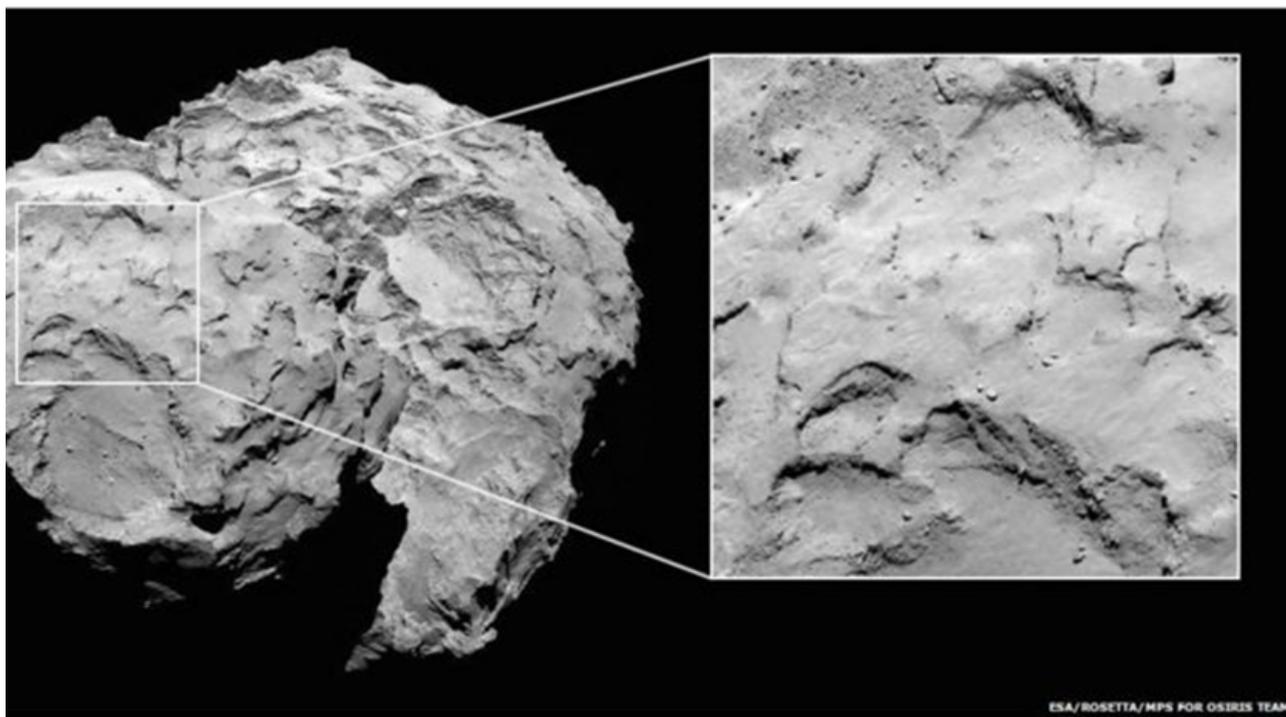


FIGURA 6: Imagens do cometa obtidos pela sonda Rosetta

Já a recente missão DART tentou, através do choque de um satélite contra uma pequena lua, Dimorphos, que orbita o asteroide Dydimos (Figura 7). Esta missão, capitaneada pela NASA e que teve fim em setembro de 2022, teve como objetivo o estudo da viabilidade de desvio de órbitas desses corpos que vagam pelo espaço. A ideia é que nosso planeta possa ser protegido da queda de meteoróides ou asteróides que possam ameaçar a vida na Terra. Diversos telescópios que foram direcionados ao evento puderam perceber que houve sim mudança na trajetória de Dimorphos, o que indica que ações humanas podem sim evitar que eventos catastróficos relacionados a meteoritos possam ser evitados no futuro.

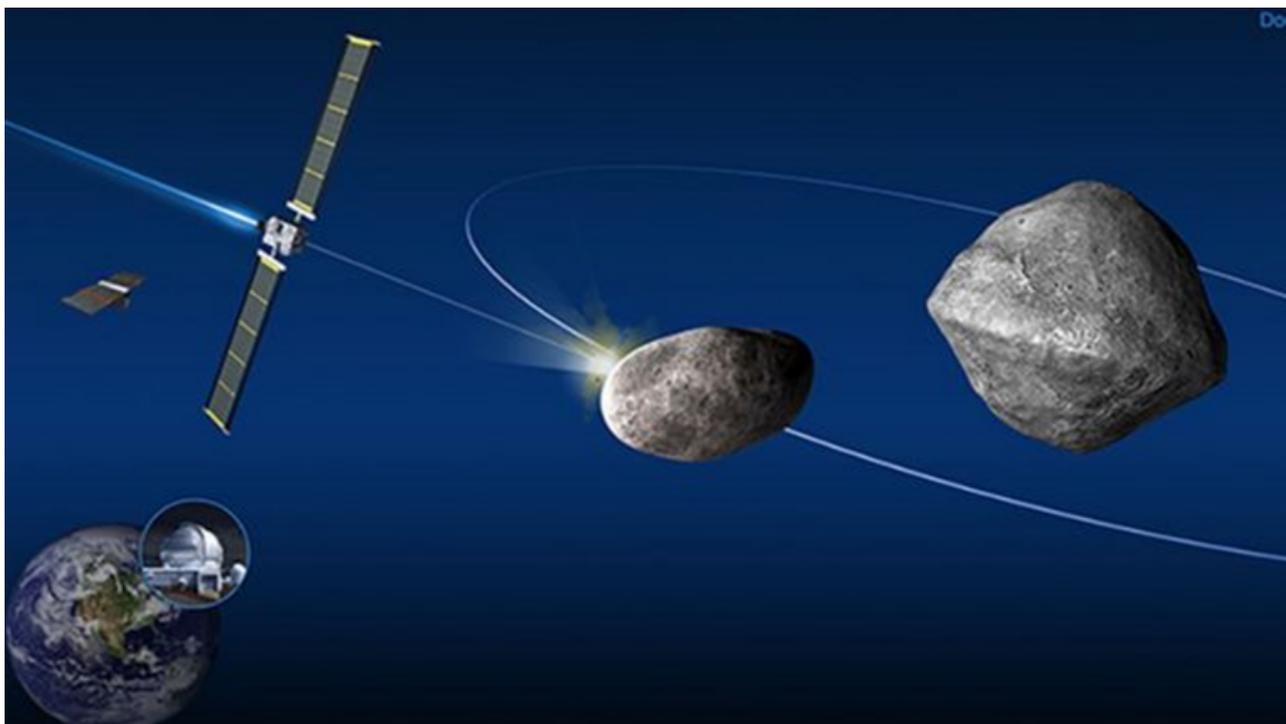


FIGURA 7: Esquema que mostra o objetivo da missão DART com choque à pequena lua

EXTINÇÃO DOS DINOSSAUROS

E foi exatamente um desses eventos que pôs fim ao domínio de dinossauros no planeta há mais de 66 milhões de anos. Muitos estudos apontam que a queda de um corpo celeste de grandes dimensões – provavelmente um asteroide de 10 km de raio – colidiu com a região conhecida atualmente como Península do Yucatán, no sudeste do México. A força gerada pelo impacto, equivalente a 19 bilhões de bombas atômicas, teria gerado uma imensa nuvem de poeira, que cobriu completamente a Terra por anos, levando ao resfriamento global, morte de plantas e consequente extinção de mais de 80% dos seres vivos. No local da queda ainda podem ser percebidas as marcas deste impacto, também denominada Cratera de Chicxulub. Atualmente, a cratera não pode ser vista por imagens de satélite, pois foi erodida através de intempéries, mas imagens de anomalias gravitacionais ainda podem indicar o local exato do impacto do asteroide às margens do Golfo do México (Figura 8).

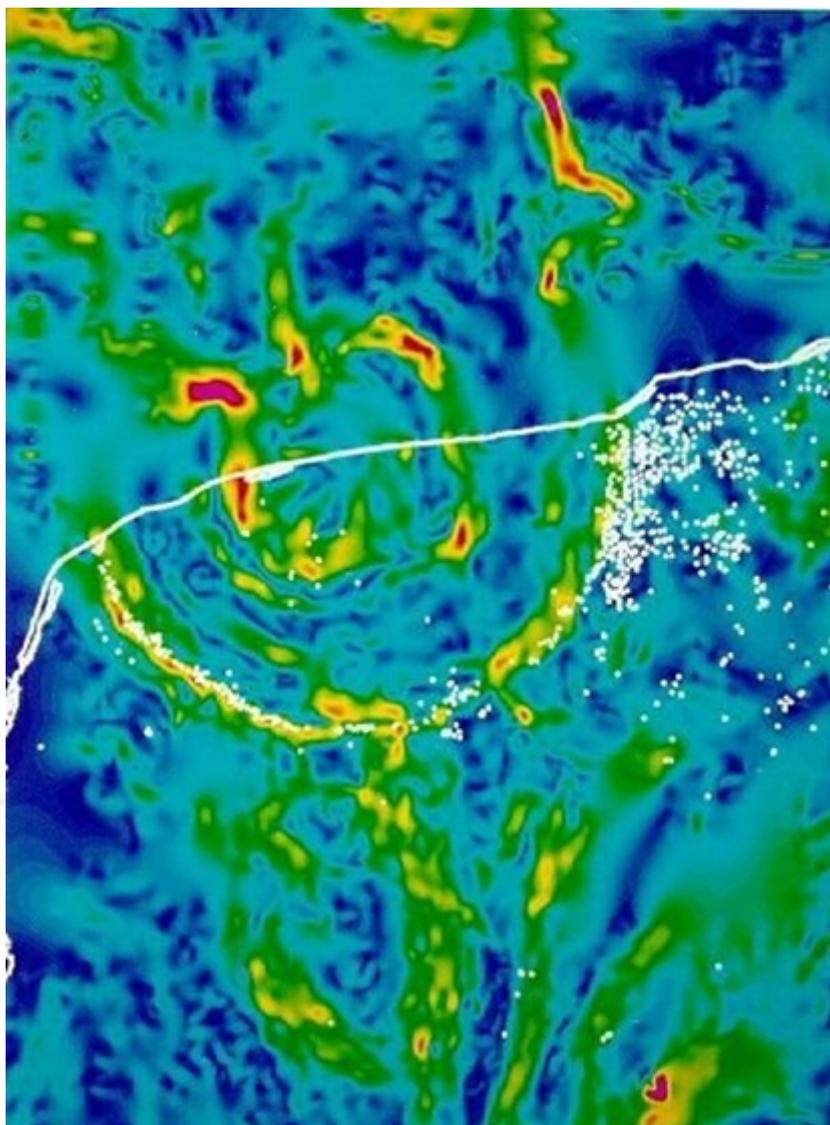


FIGURA 8: Mapa de gradiente horizontal da anomalia gravitacional da cratera Chicxulub (a linha branca é o litoral e as manchas vermelhas onde a gravidade é mais forte)

Eventos como esse são raros, contudo nosso planeta já experimentou impactos com grandes asteróides e meteoróides em outros momentos de sua história. Isso pode ser percebido ao longo das pesquisas geológicas e imagens de satélite que mostram as cicatrizes deixadas por esses impactos, também chamados 'Astroblemas'. No Brasil, são dois os Astroblemas mais conhecidos: o "domo de Araguainha", em Goiás – com raio de 40km de diâmetro – que ocorreu com a queda de um meteorito há mais de 245 MA (milhões de anos). A própria metrópole de São Paulo tem, a 40km da Avenida Paulista, um astroblema registrado como a 'Cratera de Colônia' (Figura 9), resultado do impacto de um meteorito de aproximadamente 200 metros.

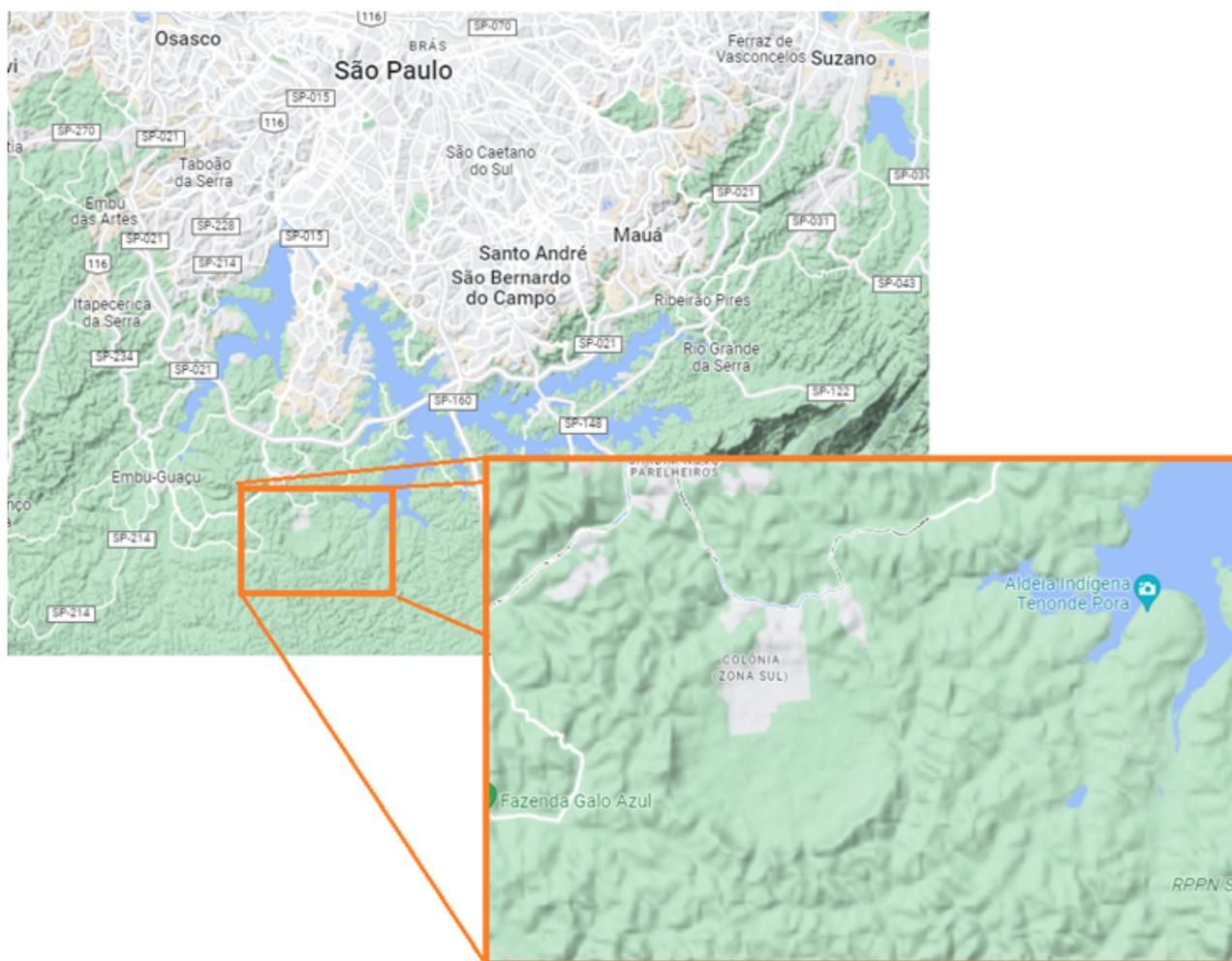


FIGURA 9: Cratera de Colônia há cerca de 40km do centro da cidade de São Paulo

ESTRELAS CADENTES E BÓLIDOS

Aqui vale pontuar que nem sempre o tamanho da cratera está relacionado ao tamanho do meteorito. Durante a entrada na atmosfera, o atrito com gases mais concentrados (o que começa a ocorrer dentro de um raio de 200km da superfície terrestre) promove o desgaste dos meteoróides e diversos fenômenos como brilho, explosões e som passam a ser produzidos, ou as famosas “estrelas-cadentes”, que nada tem a ver com as estrelas que vemos no céu. Um rastro de poeira e pequenos meteoritos podem ainda ser resultado dessa entrada e, conforme o ângulo de penetração na atmosfera, mais perpendiculares ou tangentes à superfície, podem produzir explosões que causem maior ou menor estrago em terra. Este fenômeno também é chamado de “bólido” ou “fire-ball”.

A Rússia é o país em que dois desses fenômenos de grande dimensões foram registrados nos últimos cem anos ou mais. No começo do século 20, na região de Tunguska (uma área pouco habitada), um fenômeno explosivo devastou uma enorme área florestal com cerca de 2.150km² (Figura 10). As poucas testemunhas do evento narram que os céus ficaram em fogo, grandes

nuvens de poeira surgiram junto com o som de relâmpagos e a onda de choque fez tremer e balançar o chão em grande violência.



FIGURA 10: Foto de árvores tombadas pela força da explosão gerada pela queda de meteorito

Ainda na Rússia e há quase dez anos, outro fenômeno, desta vez com inúmeras testemunhas da cidade de Chelyabinsk, foi considerado a queda de um meteorito mais estudada de todos os tempos. Na manhã de 15 de fevereiro de 2013, câmeras de carros registraram o grande clarão em risco, gerado pela queda, pulverização e explosão do meteorito, que gerou pânico na população (Figura 11). A grande nuvem formada há mais de 100km de altitude em cima da cidade foi seguida de uma sequência de explosões que destruíram janelas de vidro e derrubaram estruturas arquitetônicas, que feriram dezenas de pessoas. Parte do meteorito (um fragmento de 570kg e 1 metro de diâmetro) foi recuperado do fundo do lago congelado, no entanto, estima-se que o meteoróide que deu entrada na atmosfera tivesse 17m de diâmetro.



FIGURA 11: Imagem retirada de vídeo registrado por câmera automotiva no dia da queda do meteorito de Chelyabinsk

Estimativas apontam que o meteorito de Chelyabinsk, mesmo explodindo em grandes altitudes, gerou uma onda de impacto semelhante ao de uma explosão de 1 a 4 bombas atômicas, luz suficiente para ser mais luminosa que o sol e fragmentos que atingiram uma área com mais de 100 km². Eventos como os ocorridos em Tunguska ou Cheliabinsk não são incomuns, mas é provável que a grande maioria ocorra em locais pouco habitados ou mesmo em alto mar onde não podem ser registrados. Por outro lado, evidências apontam que, ao longo de todo mundo, sejamos atingidos por micrometeoritos em uma escala de 1 fragmento por ano por metro quadrado.

COLECCIONISMO

Ao longo de diversos países e cidades de todo o mundo, observadores profissionais ou amadores, e até mesmo colecionadores desses materiais, espalham um sistema de câmeras que possibilitam registrar mesmo os meteoróides, bólidos ou meteoritos de pequeno tamanho com grande precisão, permitindo, até mesmo, que se resgatem os pedaços que chegam até a superfície. No Brasil, o **BRAMON** (sigla para Rede Brasileira de Observação de Meteoros) é a rede que mais tem adeptos e que mais divulga esse tipo de observação nas mídias e jornais brasileiros. A partir da montagem de observatórios em residências ou em centros de pesquisa, é possível triangular as informações coletadas e, a partir de um estudo geográfico, até mesmo apontar o local de queda ou dispersão de fragmentos espaciais (incluindo lixo espacial ou restos de foguetes e satélites), como o que ocorreu no começo de 2022, no interior de Minas Gerais, e que tanto ganhou a mídia na época (Figura 12).



FIGURA 12: Triangulação feita para apontar provável local de queda de fragmentos meteoríticos

Quando chegam em terra e são observados durante a queda (e aqui podem ser classificados como “observados”, “queda” ou “fall”, diferentemente dos “achados”, ou “find”), os meteoritos atraem inúmeros interessados na compra de tais objetos. Os preços podem variar com a composição, raridade, peso, mas até peças relacionadas à queda dos meteoritos podem ser alvo de interessados na história contada pelo evento. No começo de 2002, por exemplo, uma casinha de cachorro, que foi atingida por um meteorito na Costa Rica e que ficou com um considerável buraco no telhado, foi leiloada pela bagatela de R\$220 mil. Felizmente, ninguém se feriu no episódio.

Outros meteoritos podem ser encontrados com uso de detectores de metais ou sua descoberta pode se tratar de mero fato do acaso. Uma das maiores especialistas no assunto, a professora Elisabeth (Beth) Zucolotto, que trabalha no Museu Nacional do Rio, por exemplo, afirma em suas palestras não ter encontrado, até hoje, um meteorito que não fosse por indicação de observadores espalhados pelo Brasil. Ela é a principal referência do assunto no Brasil e recebe anualmente inúmeras amostras de pessoas que descobrem “pedras diferentes” e encaminham para que ela as analise e confirme ou não uma nova descoberta.

METEORITOS NA CULTURA POP E EM LENDAS

Como se tratam de fatos que chamam tanta atenção e que são comuns ao longo do tempo, os assuntos relacionados à Meteorítica – ciência que estuda esse fenômeno – são sempre retratados em filmes, lendas ou demais produções artísticas. Um dos meteoritos mais conhecidos na cultura pop deve ser a ‘kriptonita’, restos do planeta natal do Super-Homem, Krypton, destruído no episódio de sua vinda até a Terra. A kriptonita, em contato com o herói, faz com que ele perca sua super força e demais poderes.

Nos cinemas, os filmes mais famosos sobre desastres naturais envolvendo meteoritos vieram no ano de 1998 às telas: Armageddon e Impacto Profundo. O primeiro desses dois ficou mais famoso por sua trilha sonora (*‘I dont wanna miss a thing’* foi o hit do momento na interpretação da banda Aerosmith) e elenco, mas que trazia enredo mais fantasioso, enquanto que Impacto Profundo era mais realístico, mas que não fez tanto sucesso quanto o primeiro.



FIGURA 13: Cartazes dos filmes Armageddon e Impacto Profundo

Recentemente uma produção da Netflix, que tanto faz alusão a queda de meteoritos quanto ao atual momento em que a política e mídias são divulgadas, fez grande sucesso. Não olhe para cima é uma caricatura sobre o descrédito à ciência frente aos absurdos que são tomados pelos governadores ou mesmo sobre a forma como esse tipo de informação ganha a mídia. Ao ‘não olhar para cima’ a população não precisava ver, com os próprios olhos, o certo fim da humanidade que estava prestes a acontecer, mas que era negado pela grande maioria.

No Brasil, um dos fatos mais curiosos envolvendo a descoberta de meteoritos tem a ver com o descobrimento do meteorito Bendegó, o maior já encontrado em território brasileiro com mais de 5 toneladas. O Bendegó foi achado próximo ao rio que o batiza, no interior da Bahia, e a primeira menção ao estranho objeto foi feita por um pastor de cabras, que se deitava sobre uma grande rocha para se aliviar do calor. Por ser um siderito (metálico), o objeto era então capaz de trocar calor com o corpo humano rapidamente – assim como ainda há gente que coloca uma faca sobre partes do corpo que sofreram alguma pancada para que fique “geladinho”. Esse fato se tornou notório na região, o que atraiu curiosos e naturalistas até o local que descreveram ‘a grande pedra’ como um meteorito.

No entanto, desde sua descoberta no século XVII até ser exposto no Museu Nacional, no fim do século XIX, outras ocorrências chamam a atenção. Spix e Martius, dois dos mais famosos naturalistas que percorreram o Brasil, submeteram o Bendegó às chamas de uma fogueira por 24 horas para, ao fim, tentar avaliar suas propriedades químicas. Como o objeto não sofreu nenhuma modificação após o aquecimento, nem mesmo avarias com o choque térmico, puderam concluir que toda a massa era metálica. Anos mais tarde, a primeira tentativa de transportar o meteorito para lugares onde ele poderia ser apreciado, o Bendegó – como que tentando escapar do sequestro – mergulha nas águas do riacho e por ali fica mais algumas décadas.

Quando vai para o Rio de Janeiro por demanda de Dom Pedro II, uma grande seca devasta o sertão baiano, o que é interpretado como um mau-agouro da pedra, que não queria sair daquele local. Por fim, o incêndio do Museu Nacional que o resguarda, e que por muitos pode ser interpretado como a maldição do Meteorito, o incendiou novamente, mesmo resistindo a todas as mudanças, exceto pelo fato de ser fatiado e distribuído por museus pelo Mundo (Figura 14).



FIGURA 13: Meteorito Bendegó em exposição no Museu Nacional antes do incêndio que destruiu o prédio

USO DE METEORITOS NOS PRIMÓRDIOS DA SIDERURGIA

Já na real história humana, os meteoritos foram usados nos primórdios da civilização por meio do uso do fogo e desses metais que vinham do espaço. Diferentemente do que usamos nos dias de hoje, com obtenção de ferro e demais metais através de minerais, as tecnologias de obtenção de objetos metálicos no passado eram muito diferentes. Os metais mais comuns, como o cobre ou suas ligas, como o bronze, de menores pontos de fusão, eram mais empregados devido às técnicas mais rudimentares, então disponíveis, e que permitiam moldar e dar forma às ferramentas. São raros os utensílios que tinham no ferro elementar ou nativo.

No entanto, um estudo recente reafirmou a origem meteorítica de uma interessante adaga egípcia utilizada pelo faraó Tutancâmon. A análise feita na lâmina (Figura 14) aponta que a composição de ferro, níquel, cobalto, manganês, cloro e enxofre se encaixam com a composição e estrutura cristalina de outras ligas metálicas de origem meteoríticas estudados em outros trabalhos. A raridade de se encontrar ferro e a habilidade com que eram trabalhadas tais peças podem indicar que esse elemento químico fosse mais apreciado, talvez ainda mais caro que o próprio ouro.



FIGURA 14: imagem da adaga de Tutancamon com bainha e cabo em detalhes dourados