

Defesa Planetária e as ameaças que vêm do Espaço (Parte 2)

Por: Prof. Roberto N. Onody *

Caro leitor,

Na [parte 1](#) deste artigo, discutimos a natureza e a composição química dos asteroídes e dos cometas. Analisamos missões espaciais (só as bem-sucedidas) que enviaram naves para estudar esses corpos celestes de perto, coletar amostras e até trazê-las de volta à Terra!

Mas, essas missões têm um custo muito alto e demoram anos para se completar. Para salvar a Terra, temos que lançar mão dos telescópios (terrestres e espaciais), que localizam e rastreiam os chamados NEOs (Near-Earth Objects, Objetos Próximos à Terra). Discutimos, brevemente, os vários tipos de telescópios que cumprem esse papel.

Muito já feito. Hoje são conhecidos mais de trinta mil NEOs, sejam eles asteroídes ou cometas. Ressalto aqui, a grande colaboração internacional de observatórios que não apenas dividem entre si informações sobre esses objetos, como as armazenam no arquivo público [MPC](#) (Minor Planet Center). Na seção: [Veja Onde Eles Estão](#), indicamos uma página na internet que mostra, em tempo real, a posição e as órbitas desses objetos espaciais.

Em seguida, discutimos a Missão DART propriamente dita. Sua preparação, sua execução e seu estrondoso sucesso. Finalizamos com uma breve análise das perspectivas e do futuro de missões que busquem salvar nosso lindo planeta azul.

A probabilidade de uma eventual colisão do nosso planeta com um asteroíde ou cometa é pequena, mas, existe. Um alerta foi dado em filmes como Armagedom, Impacto Profundo e Não Olhe Para Cima. Por outro lado e de maneira *não ficcional*, temos o enorme sucesso da missão DART, que desviou a órbita do asteroíde Dimorphos.

Ao contrário dos dinossauros, nós não estamos indefesos.

Boa leitura!

**** Correção – Na saudação da parte 1, dissemos que o tempo necessário para as imagens transmitidas pela nave DART chegarem até a Terra era de 8 segundos... o correto é 37 segundos, já que a distância entre eles era, no momento do impacto, de 11 milhões de quilômetros.**

Parte 2

Asteróides e a Evolução das Espécies

Objetos Espaciais Potencialmente Perigosos

Olhe Para Cima!

Veja Onde Eles Estão!

A Missão DART

Perspectivas

Asteróides e a Evolução das Espécies



Figura 1 – Ilustração artística do devastador impacto do asteroíde que extinguiu os dinossauros e cerca de 75% das espécies existentes, há 66 milhões de anos atrás. A cratera que deixou, é a segunda maior conhecida em nosso planeta. A primeira é a cratera de Vredefort, com prováveis 300 km (hoje, erodida) na África do Sul, formada há 2 bilhões de anos atrás (Crédito: Donald E. Davis)

Local: Península de Yucatán, México, **Data:** 66 milhões de anos atrás. Um enorme asteroíde (*Figura 1*), com tamanho estimado entre 10 e 15 quilômetros, colidiu com nosso planeta e abriu a [cratera de Chicxulub](#), com diâmetro aproximado de 180 km e profundidade de 20 km.

Novos estudos em modelos executados em supercomputadores, calculam que o asteroíde viajava a 42.000 km/h e liberou energia equivalente a 10 bilhões de bombas atômicas de Hiroshima.

O seu efeito foi catastrófico. Provocou tsunamis (com cerca 5 km de altura, suficiente para cobrir e destruir qualquer cidade atual, já que a mais alta é El Alto, na Bolívia, com 4,15 km) levantou enorme quantidade de rochas fundidas (que provocaram incêndios), gases e de poeira (que bloqueou a luz solar) levando a um período longo e prolongado de escuridão. A matéria lançada na atmosfera era rica em enxofre que voltou à Terra na forma de chuva de ácido sulfúrico, contaminando os mares. É importante notar que há 66 milhões de anos atrás, as Américas, a Europa e a África eram continentes bem mais próximos (*Figura 2*), o que contribuiu, sobremaneira, para espalhar a destruição. Para piorar o cenário, do outro lado do mundo, na atual Índia, uma violenta atividade vulcânica contribuiu para aumentar, ainda mais, a escuridão. Foi uma extinção em massa – 75% das espécies existentes desapareceram.

A principal prova da colisão desse gigantesco asteroíde com o nosso planeta é o rastro de irídio deixado para trás. O irídio é um metal raro na Terra, mas abundante nos meteoritos. A análise do solo da Península de Yucatán mostrou a presença de apenas uma única camada rica em irídio. A datação geológica dessa camada permitiu localizar, precisamente no tempo, a data do cataclismo – 66 milhões de anos (com um erro pequeno, de alguns milhares de anos).

Esse bólido que se chocou contra o nosso planeta era um asteroíde ou um cometa? A imensa maioria dos especialistas aposta no asteroíde, baseados nas evidências geoquímicas da abundância relativa de carbono e de certos minerais.

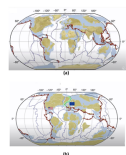


Figura 2 – Os mapas aqui mostrados foram feitos usando a projeção de Mercator (que é cilíndrica), o que distorce as áreas mais ao norte e ao sul. Os mapa-múndi escolares usam a projeção Robinson. a) Os continentes e as placas continentais atuais (linhas azuis). As linhas vermelhas mostram as regiões onde essas placas convergem e as setas indicam qual placa desliza sobre a outra. b) Como eram os continentes e as placas continentais há 66 milhões de anos atrás (Crédito: ref. 2)

A grande extinção de 66 milhões de anos atrás atingiu principalmente animais (terrestres e marítimos) e plantas de grande porte. Os *grandes dinossauros*, que já existiam há 140 milhões de anos, desapareceram. Seu grande apelo popular, sua constante presença na mídia, faz com que o estudo paleontológico desses grandes animais não padeça da falta de financiamento, seja ele público ou privado.

Rigorosamente falando, não é correto afirmar que a queda do asteroide extinguiu todos os dinossauros da Terra, já que as aves modernas descendem e são sobreviventes de uma linhagem de dinossauros terópodes (que, ironicamente, também inclui o T-Rex).

Com a extinção desses grandes carnívoros e herbívoros, as portas da evolução se abriram para o desenvolvimento dos mamíferos e das aves. O asteroide, que trouxe consigo a morte ao extinguir 75% das espécies, agiu como 'seleção natural', permitindo a sobrevivência (e a evolução) de apenas algumas espécies de porte menor.

Mesmo asteroides com tamanhos pequenos podem causar grandes danos locais. Foi isso o que aconteceu na manhã do dia 15 de fevereiro de 2013, na cidade russa de Chelyabinsk. Sem haver sido previamente detectado (devido à baixa refletividade), um asteroide de 20 metros de diâmetro entrou na atmosfera e explodiu a cerca de 22 km de altura. A explosão liberou energia equivalente a 440.000 toneladas de TNT (que correspondem a 22 bombas de Hiroshima) e deixou 1.600 pessoas machucadas pelos cacos de vidros das janelas estilhaçadas (*Figura 3*).

Coincidentemente, no mesmo dia, uma reunião da ONU determinou a criação da IAWN (International Asteroid Warning Network), uma rede de colaboração internacional para detecção e rastreamento de asteroides que ameacem nosso planeta.

Objetos Espaciais Potencialmente Perigosos

Corpos celestes perigosos, o que isso significa? Os astrônomos conseguiram dar uma resposta objetiva a essa pergunta, através de dois conceitos (ou definições): NEO (Near-Earth Object) e PHO (Potentially Hazardous Object).

Um corpo celeste (asteroide ou cometa) é um NEO se existirem dois pontos, um na sua própria órbita e o outro na órbita da Terra, cuja distância entre eles seja *menor do que 48 milhões de quilômetros*. Portanto, um objeto espacial, seja ele um asteroide ou um cometa, será classificado como NEO, somente após a determinação de sua órbita.

O Congresso norte-americano aprovou uma diretiva (para seus Observatórios) que tem como objetivo detectar e caracterizar 90% dos NEOs com mais de 140 metros.

Hoje, são conhecidos 30.039 asteróides NEOs. Somente o telescópio terrestre Catalina Sky Survey, no Arizona (EUA), descobre um *novo asteroide por semana!* Já o número conhecido de cometas NEOs é bem menor, 117.



Figura 3 – Foto tirada 1 minuto depois da explosão do meteoro de Chelyabinsk, a uma distância de 200 km do local da detonação. Ondas de choque se estenderam por uma área de 500 km² (Crédito: Alex Alishevskikh)

Somente são conhecidos 25 asteroides cujas trajetórias estão *completamente contidas* no interior da órbita da Terra. Eles são muito difíceis de serem detectados, devido ao brilho do Sol. Para se ter uma idéia, foi somente agora, em 2022, que o asteroide denominado 2022AP7 foi descoberto... seu tamanho – 1,5 km!

Um asteroide ou um cometa (com *tamanho maior do que 30 metros*) é um PHO se existirem dois pontos, um na sua própria órbita e o outro na órbita da Terra, cuja distância entre eles seja *menor do que 8 milhões de quilômetros*. Claro, os PHOs formam um subconjunto dos NEOs, o mais perigoso. O número atual de PHOs é de 1.436.

Com os possíveis empurrões gravitacionais dos planetas, asteroides e cometas NEOs podem deixar de sê-lo (e vice-versa). Aqui na Terra, o sinal vermelho acende se o PHO tiver mais de 1% de probabilidade de impactar a Terra nos próximos 50 anos.

Nos EUA, a responsabilidade de detectar, alertar, mitigar (diminuir danos) e coordenar ações contra os PHOs está nas mãos do Planetary Defense Coordination Office.

Na Europa, tal tarefa é executada pela Space Situational Awareness, que conta com o financiamento de 19 países. Essas duas organizações, por sua vez, são coordenadas pela ONU através da IAWN.

Olhe Para Cima!



Figura 4 – Num dia de inverno, um dos três telescópios óticos operados pelo Observatório Steward da Universidade do Arizona. Eles estão situados nas montanhas Santa Catalina, ao norte da cidade de Tucson (Crédito: Catalina Sky Survey)

Basicamente, *três tipos de telescópios* são usados no descobrimento e rastreamento dos NEOs: o ótico, o infravermelho e o radar. Os telescópios óticos trabalham nos comprimentos da luz visível e consequentemente, só podem entrar em ação durante a noite. Os telescópios no infravermelho podem detectar os chamados asteroides escuros (que não refletem a luz visível) e os radares que calculam, com muita precisão, a velocidade e a distância dos NEOs.

Entre os mais importantes *telescópios óticos* caçadores de NEOs podemos citar o Catalina Sky Survey, (*Figura 4*) e o Very Large Telescope (que também opera no infravermelho, *Figura 5*).

Os asteroides não escuros e cometas refletem a luz visível e emitem luz no infravermelho (como nós, seres humanos). Dessa forma, os telescópios que operam no infravermelho, podem 'ver' esses objetos espaciais mesmo quando estes se interpõem entre a Terra e o Sol.

Muitos telescópios infravermelhos estão localizados no cume deslumbrante do Mauna Kea, no Havaí (*Figura 6*). Altitude acima de 4.000 metros, céu limpo, ar seco, sem poluição, Mauna Kea é o melhor local para observações astronômicas no hemisfério norte (no hemisfério sul, é o deserto de Atacama, no Chile).

É importante notar que *telescópios baseados em terra*, precisam compensar a turbulência atmosférica. Na mesosfera, entre 90 e 100 km de altura, existem átomos de sódio que, ao serem excitados por raios laser (com comprimento de 589 nanômetros), emitem luz. Essa pequena estrela artificial, permite então utilizar técnicas de ótica adaptativa, que deixam a imagem (do objeto estudado) bem mais nítida. Recomendo muito, que vocês vejam o vídeo feito em Mauna Kea.



Figura 5 – O Very Large Telescope está localizado em Cerro Paranal (cuja altitude é de 2.600 metros), no deserto de Atacama (Chile). É composto por 4 telescópios que operam tanto no visível quanto no infravermelho. É capaz de distinguir os dois faróis de um carro localizado na Lua (Crédito: European Southern Observatory, ESO)

Telescópios espaciais como o Spitzer, James Webb e até o Hubble, também são utilizados para localizar e caracterizar NEOs no infravermelho.

Vamos agora, analisar os caçadores de NEOs que utilizam o radar. Diferentemente dos telescópios óticos e infravermelhos que *são passivos* (só recebem os sinais eletromagnéticos), os radares são *elementos ativos* que enviam *sinais de rádio para o objeto em estudo*, recebem o retorno do seu eco e o interpretam. A *diminuição da potência do eco* permite calcular a distância do objeto e o *efeito Doppler* permite determinar a sua *velocidade radial*. Variando a direção do feixe de rádio, é possível calcular a rotação e os detalhes da superfície daquele objeto.

O objeto espacial *mais distante* analisado por um radar foi o planeta Saturno, seu anel e suas luas (um sinal de radar leva mais de duas horas para ir e voltar). O autor dessa façanha foi o gigantesco *Telescópio de Arecibo*, em Porto Rico (*Figura 7*). O seu colapso, há dois anos, foi um duro golpe para a radioastronomia. Operou por 57 anos e foi pioneiro em inúmeras descobertas. Seu *legado* não será esquecido.

A *palavra radar* é um acrônimo para RADAR (Radio Detection and Ranging). O radar foi desenvolvido secretamente para usos militares, durante a Segunda Guerra Mundial (*Figura 8*). Hoje, os radares estão em toda parte: no trânsito, nos navios, nos aviões, nos foguetes e nos satélites.

O primeiro asteroide detectado por um radar foi o 1566 Icarus, em 1968. Hoje, o *número de asteroides* descobertos através do radar já passa de 1000. Um conjunto de 10 telescópios chamado VLBA (Very Long Baseline Array), com 'pratos' de 25 m de diâmetro e espalhados pelos EUA, utiliza o radar para detectar e analisar NEOs. Como rádio receptor, ele também investiga os buracos negros.



Figura 6 – O maravilhoso pico de Mauna Kea (Havai) abrange um conjunto de 13 telescópios. Mauna Kea é um vulcão adormecido e sagrado para o povo nativo. O telescópio projetado (um gigante com um espelho de 30 metros) tem encontrado resistência para sua construção, por parte da comunidade nativa (Crédito: Frank Ravizz).



Figura 7 – O icônico telescópio de Arecibo, em Porto Rico. Com um 'prato' de 305 metros de diâmetro, o Arecibo operava ondas de rádio de 3 centímetros a 6 metros. Com o objetivo de contactar extraterrestres, o Arecibo em 1974, enviou uma mensagem (de Carl Sagan, Frank Drake e outros colaboradores) na direção do grande aglomerado globular M13 (que orbita o centro da Via Láctea), informando sobre a humanidade e o nosso planeta. Foi um gesto apenas simbólico pois, como o M13 está a 25.100 anos da Terra, somente uma civilização tecnologicamente super avançada, poderia captar o sinal de rádio que chegará absurdamente fraco. Saberemos daqui há 50.000 anos (Crédito: Arecibo Observatory/NAIC)

Muito embora a nossa tecnologia de radar só permita estudar objetos dentro do sistema solar, os radiotelescópios podem receber sinais de astros que emitem intensos sinais de rádio como estrelas, galáxias e quasares. Os radiotelescópios recebem sinais de rádio com comprimento entre 1 mm e 10 m. Portanto, foram eles que detectaram a radiação cósmica de fundo (micro-ondas, com comprimento de onda da ordem de 1,9 mm) emitida quando os *primeiros átomos de hidrogênio se formaram* e o nosso universo tinha cerca de 300 milhões de anos de idade.

Veja Onde Eles Estão!

Para a tela do seu computador, a NASA disponibiliza, em *tempo real*, a posição espacial de cometas, asteroides e astronaves como OSIRIS-Rex e Lucy. Você pode ver isso acessando este [site](#). É um programa pesado, leva um bom tempo para carregar. Quando aparecer o 'tag' indicando lentidão, pressione "Aguarde" muitas vezes, até que surja a tela que mostra a *posição atual* dos NEOs.

O mapa mostra os principais objetos situados entre o Sol e o planeta Jupiter. Posicionando o cursor sobre esses objetos, aparecerá uma linha indicando a sua órbita. Clicando nos símbolos + ou -, você pode fazer um zoom. Arrastando o relógio que está na parte inferior da tela, você poderá saber as posições desses objetos entre os anos 1990 e 2030. No canto superior direito fica a lupa, digite o nome de um asteroide, cometa ou astronave e você terá mais informações. Vale a pena.

A Missão DART

Resumo

A missão DART (Double Asteroid Redirection Test) foi criada pela NASA para testar a possibilidade de *desviar a órbita de um asteroide* através do impacto direto de uma nave. A nave DART foi construída com esse objetivo. Foi lançada por um foguete Falcon, da SpaceX, no dia 24 de novembro (GMT) de 2021, da base Vandenberg, na Califórnia. Seu alvo – o asteroide Dimorphos (*Figura 9*), que forma um sistema duplo com o asteroide Didymos. O impacto ocorreu no dia 26 de setembro de 2022. Foi um sucesso total.

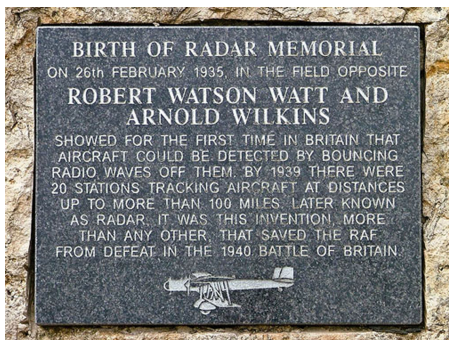


Figura 8 – Placa em homenagem ao sucesso dos primeiros experimentos com radar. Ela está na cidade de Daventry, Inglaterra. Em 26 de fevereiro de 1935, Robert W. v A. Wilkins, demonstraram o uso do radar na detecção de aviões. O final da placa diz: "Foi essa invenção, mais do que qualquer outra, que salvou a RAF (Royal Air Force, aérea britânica) da derrota, em 1940 na batalha da Grã-Bretanha" (Crédito: Kintak)

A Nave DART

O corpo central da Nave DART tinha a forma de um paralelepípedo com dimensões de 1,9 x 1,8 x 2,6 m. No espaço, abriram-se 2 painéis solares com comprimentos de 8,5 m, cada um. A massa total era de 610 kg. Sua propulsão era iônica (60 kg de xenônio) e, para as manobras de posicionamento da nave, utilizou-se 50 kg



Figura 9 – O asteroide Dimorphos, que tem a forma de uma batata, comparado em tamanho e proporção com o Coliseu de Roma (Crédito: ESA)

de hidrazina (N_2H_4).

Como carga útil, DART (*Figura 10*) trazia a câmera DRACO (para Didymos Reconnaissance and Asteroid Camera for Optical navigation) que junto com os algoritmos chamados de SMART Nav (para Small-body Maneuvering Autonomous Real Time Navigation) permitiram que, *uma hora antes do impacto*, DART pudesse distinguir entre Dimorphos e Didymos e, realizasse uma *navegação ótica autônoma* até o alvo.

No lançamento, DART estava acompanhado da nave LICIACube (para Light Italian CubeSat for Imaging of Asteroids) construída pela ASI (Agenzia Spaziale Italiana) com objetivo de adquirir imagens de longa distância. LICIACube se separou da DART *15 dias antes do impacto*.

O Sistema Duplo de Asteróides

Para testar a sua técnica de impacto, a NASA escolheu o sistema duplo de asteróides Didymos-Dimorphos. Um sistema ideal, primeiro, porque não havia (e não há) risco algum dele vir a colidir com a Terra, segundo, porque tudo poderia ser observado em tempo real e de 'camarote' (*Figura 11*) pelo DART, LICIACube e vários telescópios espaciais e terrestres devido a posição e a proximidade do sistema (então, a 11 milhões de quilômetros da Terra).

Didymos tem diâmetro de 780 m e Dimorphos 160 m (*Figura 12*). Dimorphos é, praticamente, uma lua de Didymos. A distância média entre eles *era de 1.180 metros* e o período de rotação de *11 horas e 55 minutos*.



Figura 10 – Poster da NASA por ocasião do Primeiro Teste de Defesa Planetária. No primeiro plano, ilustração da nave DART rumo ao seu alvo, o asteróide Dimorpho. No fundo, o asteróide Didymos (Crédito: NASA)

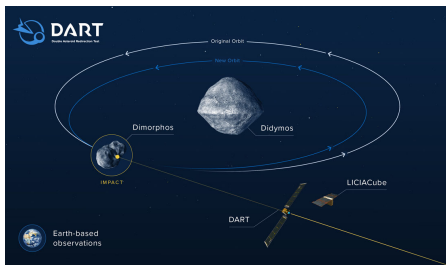


Figura 11 – Ilustração da auspiciosa distribuição dos astros à época do impacto. O sistema duplo está numa configuração tal que, quando visto aqui da Terra, o asteróide Dimorphos se eclipsa atrás de Didymos. Muito conveniente para se medir o período de rotação. A colisão do DART e do Dimorphos foi frontal! (Crédito: NASA)

O Sucesso da Nave Kamikaze

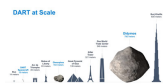


Figura 12 – Infográfico de DART, Dimorphos e Didymos e objetos conhecidos. Com o gasto de combustível para percorrer 11 milhões de quilômetros, a massa de DART na hora do impacto era de 570 kg. Não existe medida direta da massa de Dimorphos, mas estimativas fornecem, aproximadamente, 5 bilhões de quilogramas! Logo, o impacto da DART não conseguiria despedaçar Dimorphos! (Crédito: NASA/Johns Hopkins APL)

No dia 26 de setembro de 2022, às 20 horas e 14 minutos (horário de Brasília) a nave DART colidiu de frente com o asteróide Dimorphos. Os derradeiros minutos da espaçonave foram transmitidos pela TV da NASA. Com apenas 37 segundos de diferença, a humanidade pôde acompanhar, ao vivo, as imagens do

impacto. Foi emocionante e inesquecível.

Na *Figura 13*, vemos que a superfície de Dimorphos é coberta de pedregulhos como se estes tivessem sido 'grudados' no corpo (que tem a forma de uma batata) do asteróide. Com o forte impacto (a velocidade da DART era de 23.760 km/h), este material se pulverizou formando uma cauda (*Figura 14*). O asteróide Dimorphos se vestiu de cometa!

Cerca de 2 semanas após o impacto, novas medições concluíram que o período do asteróide Dimorphos, havia diminuído em 32 minutos (± 2 minutos)! Com isso, Dimorphos se aproximou de Didymos cerca de 35 metros. Sucesso total!

Perspectivas

Para repetir o sucesso da nave DART é necessário se determinar, com muita precisão, a órbita e a forma dos NEOs. E aí entram os radares. Existem bons *receptores de radar* espalhados por todo o mundo, mas no que tange a *emissores de radar*, o colapso do telescópio de Arecibo deixou uma enorme lacuna. Pensando nisso, os EUA estão desenvolvendo novas e *mais potentes antenas transmissoras de radar* para o Green Bank Telescope e o Very Long Baseline Array.

Recentemente, a Agência Espacial Européia tornou operacional o telescópio TBT2 (no Observatório La Silla, Chile). É um telescópio ótico com processamento autônomo para detectar NEOs. Inspirado nos olhos multifacetados de um inseto, está em desenvolvimento uma rede de telescópios denominada Flyeye, com o objetivo de detectar NEOs com mais de 40 metros de diâmetro, três semanas antes de um possível impacto.



Figura 13 – A última imagem captada pela câmera DRACO a bordo da nave DART, antes de seu impacto contra o asteroide Dimorphos. Ela estava a 7 km de altura segundos da colisão (Crédito: NASA/Johns Hopkins APL)

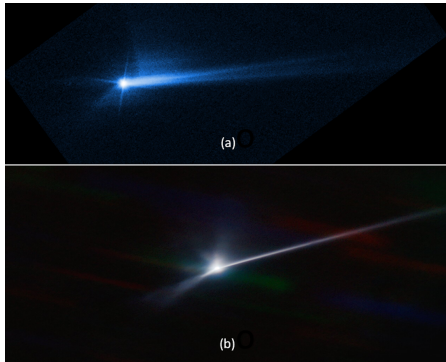


Figura 14 – (a) Imagem do asteroide Dimorphos feita pelo telescópio espacial Hubble no dia 08 de outubro de 2022, 285 horas após o impacto da nave DART. (b) Imagem pelo telescópio terrestre SOAR, no Chile, mostrando um rastro de poeira e destroços de cerca de 10.000 km (Crédito: (a) NASA/ESA/STScI/Hubble CTIO/NOIRLab/SOAR/NSF/AURA)

Por último, gostaria de mencionar a [Missão Hera](#). Em desenvolvimento pela Agência Espacial Européia, ela deve lançar a espaçonave Hera (provavelmente, em 2024) para estudar o sistema duplo Didymos-Dimorphos após impacto da DART. Além de colher dados geofísicos da superfície desses asteroides e, em particular, da cratera onde colidiu com a DART, Hera está equipada com um radar e poderá investigar a composição do seu interior.

*Físico, Professor Sênior do IFSC – USP

e-mail: gnody@ifsc.usp.br

Para acessar todo o conteúdo do site “Notícias de Ciência e Tecnologia” dirija a câmera do celular para o QR Code abaixo:



Compartilhe o artigo:



(Agradecimento: ao Sr. Rui Sintra da Assessoria de Comunicação)

Assessoria de Comunicação – IFSC/USP

Compartilhe!

