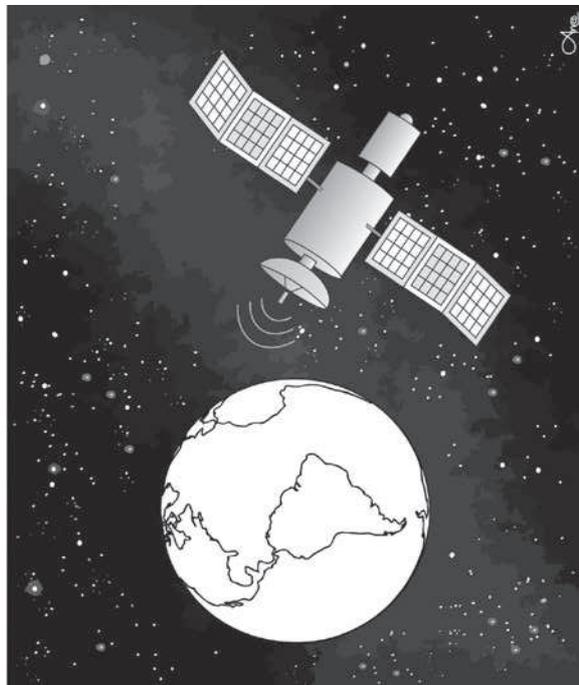


1

Satélites e Produtos¹



*André Luiz dos Santos Furtado
Cristina Aparecida Gonçalves Rodrigues
Sérgio Gomes Tôsto*

¹ Colaborou na elaboração deste capítulo, Bibiana Teixeira de Almeida, analista da Embrapa Monitoramento por Satélite.

1 O que é um satélite artificial?

É um equipamento produzido por humanos, o qual segue a órbita de um planeta ou corpo celeste. Esse satélite é posicionado no espaço, com auxílio de um foguete. Existem diversos tipos de satélites artificiais em órbitas do planeta Terra e equipados com diferentes tipos de sensores e câmeras que registram informações da superfície terrestre. Há satélites com objetivos específicos, como os destinados à comunicação e aos recursos naturais. Outros possuem somente aplicação militar e existem os dedicados ao posicionamento espacial.

2 Como se classificam os satélites artificiais?

Podem ser classificados de acordo com a trajetória orbital (geossíncrona e polar) e altitude (baixa, média e alta), com o tipo sensor instalado (passivo ou ativo), de acordo com seu propósito ou aplicação (meteorologia, comunicação, navegação, salvamento e emergência, militar, observação da Terra) ou com base na resolução dos sensores embarcados (espacial, radiométrica, temporal e espectral).

3 Por que a Lua é chamada de satélite natural do planeta Terra?

Por não ter sido produzida por humanos e por apresentar uma órbita sincronizada com a órbita desse planeta. Ela possui uma massa de $7,3 \times 10^{22}$ kg e um volume de $2,2 \times 10^{10}$ km³. Sua gravidade é 6 vezes menor que a observada na Terra.

4 Existem satélites orbitando outros planetas ou fora da órbita terrestre?

Sim. Todo objeto (natural ou artificial) que orbita um planeta ou estrela – é considerado um satélite. A Lua, por exemplo, é um satélite natural do planeta Terra. Por sua vez, a Terra é um satélite do Sol. Titã, uma lua do planeta Saturno, e Ganímedes uma lua de

Júpiter, também são exemplos de satélites naturais. Assim, na nossa galáxia, a Via Láctea, existem milhares de satélites naturais fora da órbita terrestre.

Um exemplo de satélite artificial que não está na órbita da Terra, é o satélite *Maven* (*Mars Atmosphere and Volatile Evolution*), lançado pela Agência Espacial Norte-Americana (Nasa), em 18 de novembro de 2013 e que deverá chegar a seu destino, o planeta Marte, em setembro de 2014. Esse satélite irá percorrer uma órbita elíptica, variando de 150 km a 6.000 km de altitude. Pode-se destacar também o *Hubble*, transportado para o espaço na espaçonave *Discovery*, em 24 de abril de 1990 e que apesar de orbitar a Terra, é equipado com duas câmeras, dois espectrógrafos e um fotômetro. Contudo, ao contrário de outros satélites artificiais existentes na órbita da Terra, seus sensores estão direcionados para o espaço.

5 Quais os tipos de sensores encontrados nos satélites?

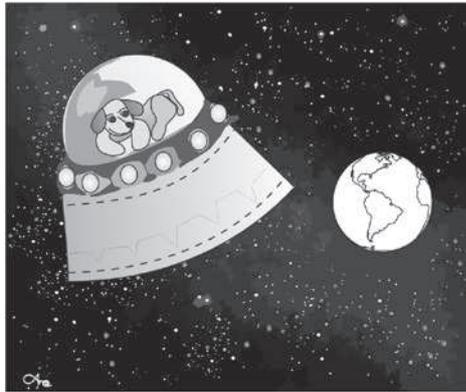
Sensores passivos e sensores ativos:

Sensores passivos ou ópticos – Dependem de uma fonte externa de emissão de radiação por não possuírem fonte própria. Eles registram a radiação emitida ou refletida por um objeto. Na maior parte das vezes, a fonte externa de energia é o sol. Portanto, as imagens captadas por esses satélites resultam da radiação solar refletida pela superfície da Terra em direção ao satélite.

Sensores ativos – Possuem uma fonte de energia capaz de emitir radiação em direção à superfície terrestre. Essa radiação emitida atinge os objetos, é refletida por eles e captada pelo sensor.

6 Qual foi o primeiro satélite artificial lançado ao espaço e quando?

Foi o *Sputnik*, lançado em 4 de outubro de 1957, pela União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS), de uma base no



Cazaquistão, durante a Guerra Fria. O Sputnik media aproximadamente 59 cm, uma massa de 83 kg e viajou a uma velocidade de 29 mil km/h a uma altitude de 900 km. Ele permaneceu em órbita por 6 meses. Como consequência, em 1958, os Estados Unidos elaboraram uma vigorosa agenda política e científica para implementar

ações concretas, entre elas a criação de uma agência espacial civil, a Agência Espacial Americana (Nasa), responsável pela condução do programa espacial daquele país. Outros quatro satélites da missão Sputnik foram lançados – Sputnik 2, 3, 4 e 5 – entre 1957 e 1960. Seis meses após o lançamento do Sputnik 1, os soviéticos também foram responsáveis por colocar o primeiro ser vivo no espaço, a cadela Laika, a bordo do Sputnik 2, satélite que pesava quase 500 kg.

7 Quando foi lançado o primeiro satélite tripulado?

Após o término do programa Sputnik, a União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) lançou ao espaço a primeira nave tripulada, a Vostok 1, na manhã do dia 12 de abril de 1961. A bordo estava o cosmonauta Iuri Alekseiévitch Gagarin. A Vostok 1 era totalmente automatizada, tinha 4,4 m de comprimento, 2,4 m de diâmetro e pesava 4 t. Ela permaneceu em órbita por quase 2 horas, a 315 km de altitude e velocidade de 28 mil km/h.

8 Quando foi lançado o primeiro satélite americano?

Em 31 de janeiro de 1958, a Agência Espacial Americana (Nasa) lançou seu primeiro satélite equipado com sensores, para medir a radiação (contador Geiger) em torno do planeta Terra, chamado

Explorer 1. O resultado dessa pesquisa possibilitou a descoberta do Cinturão de Van Allen. Com órbita elíptica e a 1.500 km de altitude, o Explorer 1 tinha 2 m de comprimento, 16 cm de diâmetro e pesava 14 kg. Esse satélite permaneceu em operação até 23 de maio de 1958 e entrou na atmosfera da Terra em 31 de março de 1970.

9 Como os satélites funcionam?

Geralmente, são equipados com painéis solares, responsáveis pela geração de energia. Esses painéis são formados por fotocélulas feitas por um material semicondutor, principalmente o silício, e capazes de converter a luz solar em corrente elétrica. Os satélites também possuem baterias recarregáveis que armazenam a energia gerada pelos painéis solares. Entretanto, os satélites de exploração utilizam como fonte de energia um gerador termoelétrico de radioisótopos. Nesse caso, o decaimento de um material radioativo (por exemplo, plutônio) gera calor, o qual é transformado em energia elétrica¹.

Eles também carregam tanques de combustível contendo hidrazina, que é usada nos foguetes desde a Segunda Guerra Mundial. Além disso, esses satélites são dotados de antenas de comunicação, que enviam e recebem informações das bases na Terra. Dispõem também de diversos tipos de sensores, câmeras e instrumentos científicos monitorados por computadores e um sistema de navegação que controla sua órbita (velocidade e altitude).

10 Quais os tipos de órbitas dos satélites?

Existem dois tipos básicos de órbita, definidos em função da trajetória do satélite:

Órbita geossíncrona – O satélite move-se no sentido Oeste–Leste, acompanhando o movimento do planeta Terra,

¹ O primeiro satélite a adotar essa tecnologia foi o Transit 4A, lançado em 29 de junho de 1961. Apesar de ter sido substituído por equipamentos mais modernos, esse satélite continua transmitindo.

podendo ou não apresentar algum grau de inclinação em relação ao Equador. Assim, um observador pode visualizar o satélite na mesma posição, no mesmo horário do dia. Quando um satélite com órbita geossíncrona apresenta inclinação 0 (zero) em relação ao Equador e velocidade igual à da Terra, essa órbita é chamada de geoestacionária. Geralmente, os satélites de comunicação têm esse tipo de órbita.

Órbita polar – O satélite cruza perpendicularmente a Linha do Equador, seguindo o sentido Norte – Sul, percorrendo todo o Planeta.

Com relação à altitude, a órbita dos satélites pode ser classificada como baixa, média e alta. São considerados satélites de baixa órbita aqueles situados entre 180 km e 2.000 km. Esses são os satélites que apresentam maior velocidade e são capazes de realizar várias voltas em torno da Terra, num mesmo dia. A órbita média apresenta altitude entre 2.000 km e 35.780 km.

Os satélites que compõem os sistemas de posicionamento global por satélite são exemplos de satélites de órbita média, pois estão posicionados a 20.200 km de altitude. A alta órbita é superior a 35.780 km, muito adotada pelos satélites de comunicação.

11

Por que os satélites estão posicionados em diferentes altitudes?

Geralmente, os satélites são distribuídos entre 180 km e 36.000 km de altitude, e sua órbita (posicionamento) varia de acordo com o propósito do satélite e a velocidade desejada. Assim, quanto mais próximo da Terra, maior é a velocidade de um satélite, resultado da força gravitacional. Como essa força é inversamente proporcional à distância, satélites posicionados em maiores altitudes apresentam menor velocidade, pois estão mais distantes da Terra e sofrem menor atração gravitacional. Portanto, a altitude de um satélite está relacionada à sua velocidade e vice-versa.

12 Quanto custa a fabricação e a manutenção de um satélite?

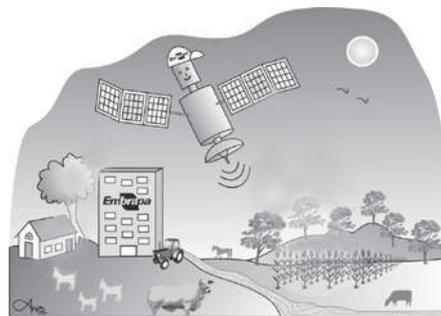
Definir se um satélite é caro ou não é relativo, pois depende do parâmetro de comparação. Entretanto, os satélites mais simples têm um custo estimado superior a 100 milhões de dólares. Por sua vez, outros podem ser consideravelmente mais caros, com valor aproximado superior a 1 bilhão de dólares. Além disso, deve-se considerar o custo envolvido nos sistemas de lançamento dos satélites e outros custos indiretos. Evidentemente, o custo de um satélite está diretamente relacionado:

- À função desse satélite.
- Aos materiais utilizados em sua construção.
- Aos equipamentos e sensores embarcados.
- À sua manutenção, além do local da base de lançamento, que também influencia o custo da missão.

O sistema NAVSTAR, por exemplo, teve um custo total aproximado entre 10 e 12 bilhões de dólares e um custo anual de manutenção de 400 milhões de dólares. Em 2004, a Agência Espacial Americana (Nasa) previu 5 anos de existência para o satélite *Hubble* e, somente com a manutenção de engenheiros, o custo estimado entre 2005 e 2009 foi de 457 milhões de dólares.

13 Com que finalidade a Embrapa usa satélites?

O principal foco das pesquisas da Embrapa é a agropecuária brasileira. As câmeras e sensores dos satélites recobrem extensas áreas com agilidade e rapidez, permitindo uma visão abrangente da agropecuária brasileira, um ponto bastante positivo num país com dimensão continental. As imagens obtidas pelos satélites da Embrapa são usadas:



- No diagnóstico e no monitoramento da produção agrícola.
- Na análise de uso e cobertura das terras.
- Em estudos do solo.
- Na irrigação.
- Na meteorologia, entre outros.

14 Quais satélites o Brasil tem em órbita?

O primeiro satélite brasileiro foi o SCD-1, lançado no nosso espaço aéreo em 9 de fevereiro de 1993, com 1 m de diâmetro e 1,45 m de altura. Ele pesa 115 kg e percorre uma órbita circular de 750 km de altitude. É equipado com baterias de níquel-cádmio recarregadas por painéis solares, formados por células de silício. O SCD-1 capta sinais de estações automáticas de coleta de dados ambientais distribuídas pelo Brasil, estimadas em mais de 750, e retransmite para a central de processamento. Os dados são usados na meteorologia, para prever o tempo ou para planejamento agrícola.

Em 1998, foi lançado o SCD-2. Ambos permanecem operando. Em junho de 1988, Brasil e China assinaram um acordo de cooperação, o Brasil representado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) e a China, pela Academia Chinesa de Tecnologia Espacial (Cast), para desenvolver um programa denominado *China-Brazil Earth Resources Satellite* (CBERS), satélite sino-brasileiro de recursos terrestres. Esse programa previu a construção de dois satélites de sensoriamento remoto (CBERS 1 e CBERS 2).

Em 14 de outubro de 1999, foi lançado o CBERS-1 e, em 21 de outubro de 2003, o CBERS-2, satélites similares contendo três câmeras:

- CCD – Câmera integradora de alta resolução.
- IRMSS – Imageador por varredura de média resolução.
- WFI – Câmera imageadora de amplo campo de visada.

Em 19 de setembro de 2007, foi lançado o CBERS-2B, satélite com alguns aprimoramentos em relação aos modelos 1 e 2, mas ele parou de operar em 2010.

Há outros dois satélites, em desenvolvimento, o CBERS 4 e o Amazônia 1 (SSR-1), voltados para pesquisas ambientais e com previsão de lançamento para 2015; além dos satélites da missão Sabia-Mar, desenvolvidos em cooperação com a Argentina, para estudos oceânicos e com lançamento previsto para 2018 e 2019, e do GPM-Brasil, para estudos meteorológicos, desenvolvido em parceria com os Estados Unidos. Além disso, o Brasil dispõe de satélites comerciais, como os da série Star One, que pertencem a empresas com capital aberto e ações negociadas na Bolsa de Valores do Estado de São Paulo (Bovespa).

Infelizmente, o lançamento do CBERS-3, ocorrido em dezembro de 2013, foi mal sucedido e o satélite não alcançou a órbita prevista, se desintegrando a seguir.

15 Quais as principais aplicações dos satélites, atualmente?

No nosso cotidiano, os satélites são utilizados em diversas aplicações. Muitos são responsáveis pela retransmissão da programação dos sinais dos canais de televisão e outros na transmissão dos sinais dos telefones celulares.

Atualmente, um uso comum é o Sistema de Posicionamento Global (GNSS), conhecido popularmente como GPS, que permite nossa localização. Muitos desses sistemas têm função científica, voltados para investigações do clima e do meio ambiente da Terra, da agricultura e pecuária, e muitos têm aplicações militares. Existem, também, satélites cuja função é estudar, observar e monitorar distantes áreas do universo.

16 Quem controla os satélites brasileiros?

É a Agência Espacial Brasileira (AEB), responsável por implementar, coordenar e supervisionar os projetos, as atividades e aplicações relacionadas a satélites.

17 **Quais projetos sobre lançamentos de satélites existem no Brasil?**

Está previsto para 2015, o lançamento do CBERS 4 e do Amazônia 1 (SSR-1). Existe ainda a missão SABIA-MAR, com previsão de lançamento para 2018 e 2019, e o GPM-Brasil.

18 **O Brasil tem parceiros para construir e lançar satélites?**

Sim. As parcerias são estabelecidas em conjunto com a Agência Espacial Brasileira (AEB), seguindo a Política Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais, instituída pelo Decreto nº 1.332 de 8 de dezembro de 1994 e o Programa Espacial Brasileiro. China (CBERS), Estados Unidos (GPM-Brasil) e Argentina (Sabia-Mar) são parceiros do Brasil na construção de satélites. Por sua vez, o Brasil também é parceiro da Ucrânia, na binacional Alcântara Cyclone Space, que fará o lançamento de satélites da base de Alcântara, no Maranhão, usando foguetes ucranianos como o Cyclone-4.

19 **Onde e como se pode obter imagens produzidas por satélites?**

As imagens geradas por diferentes sistemas/países podem ser obtidas, gratuitamente, em plataformas via web ou adquiridas junto às empresas geradoras, conforme suas características e aplicações. Nesse caso, o usuário deve entrar em contato com um fornecedor.

A forma mais simples de localizar uma empresa fornecedora de imagens é buscando na internet, com a expressão “venda + imagem de satélite”. As imagens dos satélites Landsat 7 ou CBERS 1 e 2, entre outras, estão disponíveis no catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) e no Serviço Geológico Americano.

20 Quanto custam as informações produzidas por satélites?

Esta é uma pergunta é complexa, pois depende de diversas variáveis. Quando as empresas já possuem a imagem que o usuário deseja (produtos de catálogo), elas podem ter um custo menor. Caso seja necessário redirecionar o satélite para uma área, em uma data específica, há um aumento significativo no preço. A resolução espacial e a resolução espectral também afetam significativamente o preço da imagem.

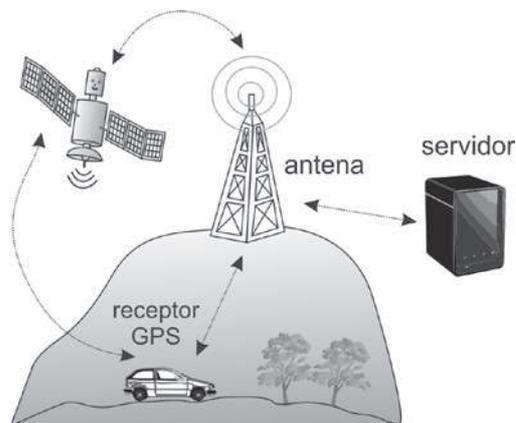
Geralmente, determina-se uma medida de área no momento em que é feito o orçamento, por exemplo, o quilômetro quadrado, mas as empresas normalmente comercializam uma área mínima, independentemente da área desejada pelo cliente. Assim, o usuário só saberá o custo real, se solicitar orçamentos das empresas.

Para se ter uma dimensão, uma imagem WorldView-2 com quatro bandas pode custar, considerando a área mínima de 25 km², aproximadamente USD 1.300,00.

21 O que é GPS?

Na verdade, o nome mais correto de GPS é *Navigation System for Timing and Ranging* (NAVSTAR), mas esse sistema de navegação por satélite popularizou-se com a sigla GPS, de *Global Positioning System*. O NAVSTAR representa um

sistema de navegação por satélites dos Estados Unidos, o qual oferece serviços de posição, navegação e tempo, composto por uma rede de 31 satélites, dos quais 4 são satélites reserva. No mínimo, 27 satélites são operacionais ao mesmo tempo.



Todos os satélites estão distribuídos em uma configuração homogênea a uma órbita média da Terra (20.200 km). Sua história tem início no governo Nixon, no fim da década de 1960. Só em 1972, a Força Aérea Americana e a Marinha Americana iniciam a concepção do NAVSTAR. À época, seu objetivo principal era auxiliar os soldados, veículos, aviões e navios na determinação precisa de sua posição.

Somente em fevereiro de 1978, foi lançado o primeiro satélite e sua completa capacidade operacional foi atingida em abril de 1995. Em 1983, o NAVSTAR tornou-se disponível para uso civil e, em 1991, a comunidade internacional passou a ter acesso ao sistema, que é composto por três segmentos:

- Espacial, representado pelos satélites.
- Controle, que consiste de uma rede de estações terrestres de monitoramento as quais são responsáveis por rastrear e monitorar as transmissões, fazer análises e enviar comandos e dados para os satélites.
- Usuários.

22 Existem outros sistemas de navegação diferentes do GPS?

Sim. como por exemplo:

- O Galileo (sistema europeu).
- O GLONASS (sistema russo).
- O Compass ou BeiDou (sistema chinês).

O sistema Galileo opera em conjunto com o NAVSTAR e o GLONASS, com precisão estimada em menos de 1 m. Os dois primeiros satélites entraram em operação em outubro de 2011, e mais dois foram acrescentados um ano depois. Estima-se que a capacidade operacional inicial seja atingida em 2015. O Galileo, desenvolvido pela Agência Espacial Europeia (ESA), prevê 30 satélites em média órbita (23.222 km de altitude), sendo 27 operacionais e 3 reservas. Dois centros operacionais foram construídos na Europa e são responsáveis pelo controle dos satélites.

O sistema GLONASS é composto por 24 satélites operacionais e 3 reservas. Assim como o NAVSTAR, o objetivo inicial era a utilização por militares. Os primeiros testes de voo desse sistema foram feitos com o lançamento do satélite Kosmos-1413 em 1982. Em 1995, havia 24 satélites posicionados em órbita, em operação, a 25 km de altitude. Contudo, em 2001, somente 6 satélites estavam em operação, em decorrência de cortes orçamentários.

A partir de 2003, iniciou-se o processo de modernização do sistema GLONASS, com a substituição dos antigos satélites por modelos M. Em 2008, a constelação GLONASS contava com 18 satélites M. Em fevereiro de 2011, foi lançado o primeiro satélite GLONASS-K, dando continuidade ao processo de aperfeiçoamento e modernização do sistema. Os primeiros dois satélites experimentais do sistema BeiDou foram lançados em 2000, e, 3 anos depois, um novo satélite foi lançado. No fim de 2012, o sistema era composto por 14 satélites completamente operacionais.

O sistema possuirá 5 satélites geoestacionários e 30 não geoestacionários, com previsão de ser totalmente operacional em 2020. A previsão é que o sistema conte com mais de 30 satélites operando em média órbita, a 21.150 km. Ainda há o europeu European Geostationary Navigation Overlay (EGNOS), que funciona em conjunto com o Galileo, o NAVSTAR e o GLONASS, dedicado à navegação marítima e aérea, e o japonês Quasei-Zenith Satellite System (QZSS), que é composto por três satélites, o primeiro lançado em setembro de 2010. Além desses, também está em fase de implantação o *Indian Regional Navigation Satellite System (IRNSS)*, um sistema regional operado pelo governo indiano.

23

Os três sistemas de posicionamento (GPS, GLONASS e Galileo) são compatíveis entre si?

Para os usuários, a existência de três sistemas, cada um com mais de 24 satélites operacionais, constitui uma ampla rede simultânea de satélites operacionais e resulta em alta disponibilidade contínua de sinal e elevado nível de cobertura. Contudo, é necessário que o equipamento receptor tenha suporte para os três sistemas.

Esses sistemas de navegação global por satélite utilizam diferentes satélites artificiais para definir a localização geográfica de uma pessoa ou objeto na superfície terrestre e pertencem a diferentes países ou organizações. O NAVSTAR e o GLONASS foram desenvolvidos inicialmente para aplicação militar e liberados posteriormente para uso civil por seus respectivos governos desenvolvedores. O NAVSTAR, por exemplo, só foi liberado para uso civil após 1983 e o GLONASS, em 1995. Apesar de apresentar alta acurácia, atualmente a qualidade do sinal do NAVSTAR depende da política norte-americana, e o mesmo pode ser dito com relação ao GLONASS. Por sua vez, o Galileo foi desenvolvido pela Agência Espacial Europeia e para aplicação civil. Ele tem interoperabilidade com os sistemas NAVSTAR e GLONASS.

24

Atualmente, quantos satélites operacionais existem no mundo?

É difícil ter uma estimativa precisa do número de satélites operacionais. Em setembro de 2013, existiam em torno de 1.100 satélites em operação na órbita da Terra, com aplicação comercial, civil ou militar. O *US Space Surveillance Network* estima que existam mais de 13 mil objetos maiores que 10 cm orbitando o planeta, muitos dos quais são detritos espaciais. Aproximadamente 2.500 são satélites, operacionais ou não, em órbitas variando entre 240 km e 36.200 km.

25

Qual o tempo médio de funcionamento de um satélite?

A vida útil (operacionalidade) de um satélite é relativa e depende de vários fatores, como fonte de energia ou aplicação.

Os primeiros satélites – lançados no fim da década de 1950 – permaneciam em operação por poucos meses, e muitos lançamentos não obtinham sucesso. O satélite Luna 10, por exemplo, foi lançado em 31 de março de 1966 e, em 30 de maio do mesmo ano, encerrou sua operação, em decorrência da baixa energia das baterias. Esse cenário mudou, significativamente, ainda na década de 1960.

Considerando que não haja nenhum problema durante o lançamento e durante a órbita, boa parcela dos atuais satélites tem vida útil estimada entre 10 e 15 anos. Contudo, há exceções como o satélite Landsat 5 foi lançado em 1984 e em junho de 2013 encerrou sua operação. A estimativa de operação do IRNSS -1A, satélite indiano, lançado em 1º de julho de 2013, é de 10 anos. Além disso, é preciso considerar que a operacionalidade de um satélite está diretamente relacionada à sua capacidade em manter sua trajetória e órbita e, para que isso ocorra, é necessário que haja energia e combustível suficientes.

26 O que é lixo espacial?

São fragmentos de foguetes (estágios), pedaços grandes de satélites artificiais e outros objetos esquecidos no espaço. Estima-se que tenham sido lançados 6.600 satélites no espaço desde o Sputnik, e que 3.600 estejam em órbita. Entretanto, somente 1/3 destes são operacionais. Os satélites não operacionais correspondem ao principal componente do lixo orbital, mas há diversos objetos “flutuando” na órbita da Terra.

Um exemplo é a luva perdida por Neil Armstrong em 1966. Em fevereiro de 2009, ocorreu a primeira colisão acidental entre dois satélites artificiais, o Iridium 33 e o Kosmos-2251, e estima-se que mais de 2 mil fragmentos tenham sido deixados em órbita.

Em setembro de 2012, a *US Space Surveillance Network* estimou que mais de 23 mil objetos com tamanho superior a 5 cm permanecem em órbita próxima da Terra e, conforme previsão do *Inter-Agency Space Debris Coordination Committee* (IADC), esse número deverá crescer.

27 O que se faz com o lixo orbital oriundo dos satélites e veículos de lançamento?

Para minimizar os riscos à população, vários foguetes atuais contam com um sistema de reentrada controlada, o que permite

direcioná-los para o oceano. Portanto, mesmo que parte de um foguete não se desintegre completamente, ela irá cair numa área desabitada. Alguns desses objetos são atraídos pela força gravitacional da Terra e acabam sendo destruídos na reentrada da atmosfera terrestre, sem serem percebidos, principalmente os menores.

As agências espaciais e os governos estão estabelecendo diretrizes e iniciativas para reduzir a quantidade de lixo espacial, levando em consideração as barreiras tecnológicas, econômicas, políticas e legais que ainda não foram superadas.

Boa parcela do lixo espacial permanece orbitando a Terra. O satélite Vanguard 1, por exemplo, lançado em 17 de março de 1958, tornou-se inoperante em 1964, mas mantém sua órbita ao redor do nosso planeta, e é considerado o mais antigo lixo espacial. Objetos maiores também podem ser completamente destruídos na reentrada da atmosfera terrestre, como aconteceu com o satélite Cosmos 1484, lançado em julho 1983, pela União Soviética e que caiu em 28 de janeiro de 2013, próximo à região Leste dos Estados Unidos sem causar danos ou prejuízos e sem atingir o solo.

Caso similar ocorreu com o satélite Goce da Agência Espacial Europeia. Com uma massa um pouco superior a 1 t, o satélite lançado em 2009, em 11 de novembro de 2013, reentrou na atmosfera de forma não controlada, por falta de combustível, passando pela Sibéria, pelo Oceano Pacífico, pelo Oceano Índico e pela Antártica, e desintegrando-se sem causar danos. A estimativa é que de 100 t a 150 t de lixo espacial entrem na atmosfera terrestre anualmente. Os estágios dos veículos de lançamentos (foguetes) também são uma grande preocupação por sua elevada massa e por não apresentarem, em muitos casos, reentrada controlada.

28 Os satélites se movimentam no espaço?

Sim. Esses satélites alcançam e gravitam na sua órbita, com o auxílio de foguetes. Para continuarem em órbita eles dependem de um sistema de propulsão alimentado por um combustível especial, a hidrazina. Isso permite aos operadores, na Central de Controle corrigir ou alterar a órbita de cada satélite. Esse combustível vem

sendo usado desde a Segunda Guerra Mundial, mas possui alto teor de toxicidade. Por isso, busca-se a substituição desse combustível por novas opções. Desde 2010, o satélite sueco Prisma utiliza o LMP-103S, com menor toxicidade e melhor desempenho. Por sua vez, os Estados Unidos também desenvolveram um novo produto, o AF-M315E. São duas opções de substituição da hidrazina, mas ainda estão em fase de testes.

29 É possível obter imagens de satélite de toda a Terra?

Sim. Para que um satélite obtenha imagens de determinada área, é preciso que os sensores embarcados, passivos ou ativos, capturem imagens daquela área. Sensores ópticos passivos, por exemplo, dependem da luz do Sol para captar a energia emitida pelos objetos, o que pode restringir a captura de imagens. Os satélites percorrem órbitas com altitudes e sentidos diferentes. Os de órbita polar imageiam a Terra no sentido norte-sul, enquanto a Terra faz sua rotação, e podem obter imagens de toda a superfície terrestre.

Quando essa órbita é heliossíncrona (tipo especial de órbita polar), o satélite sempre passa sobre uma mesma área na mesma hora do dia. Nesse caso, é possível obter uma série temporal de imagens. No caso de satélites geoestacionários, ou seja, posicionados sobre o Equador – e com velocidade de órbita sincronizada com a velocidade da Terra – as imagens obtidas são sempre da mesma área. Assim, há o registro temporal só de uma área específica.

30 A quem pertencem as imagens ou produtos produzidos por um satélite?

Pertencem às empresas ou instituições governamentais proprietárias ou detentoras desses satélites. Significativa parcela dos satélites que gravitam o espaço aéreo é comercial. Nesse caso, as empresas detentoras desses satélites têm fins lucrativos e vendem as imagens ou produtos para outras pessoas jurídicas ou físicas.

31 **Pode-se publicar imagens de satélites em sites pessoais, em livro ou outro tipo de publicação?**

Possivelmente, sim. As imagens de satélites são protegidas por direitos autorais, como um livro, e só podem ser copiadas, reproduzidas ou vendidas com autorização do detentor desses direitos, normalmente a empresa ou instituição responsável pelo satélite. Assim, antes de publicar qualquer imagem de satélite, devem-se obter informações sobre as condições e políticas de uso dessas imagens².

Muitas imagens são exploradas comercialmente pelas empresas e exigem algum tipo de licenciamento, com o propósito específico (remunerado ou não) para sua utilização, mas há imagens de satélites disponíveis gratuitamente (por exemplo, TERRA, Landsat, CBERS) e que podem ser publicadas desde que sejam obedecidos os critérios de citação da fonte.

32 **Quais as principais diferenças tecnológicas entre os primeiros satélites e os atuais?**

A principal diferença entre os satélites produzidos no fim da década de 1960 (como o Sputnik e os atuais) está nos componentes eletrônicos dos equipamentos. Atualmente, os satélites ainda usam o mesmo combustível, a hidrazina, alguns utilizam um gerador termoelétrico de radioisótopos e muitos apresentam painéis solares e baterias para armazenar a energia produzida. É fato que a arquitetura, os tanques de combustíveis, as baterias, os painéis solares, a capacidade de processamento, os materiais e outros equipamentos foram aperfeiçoados significativamente. Ao mesmo tempo, o desempenho dos atuais satélites foi aprimorado. Equipamentos grandes, pesados e analógicos foram substituídos por sensores digitais, com menor massa e tamanho.

² No caso de imagens de satélite, o procedimento para citação da fonte é semelhante ao dispensado para mapas e outros documentos cartográficos similares.

33 O que é sensoriamento remoto?

É a ciência e a arte de coletar dados ou informações de um objeto a partir da energia refletida por esse objeto. Os satélites artificiais são exemplos de sensores remotos porque são capazes de captar a energia eletromagnética refletida ou emitida por objetos ou alvos presentes na Terra, por meio de seus sensores (passivos ou ativos).

Após interagir com a radiação eletromagnética incidente (radiância), alvos ou objetos (vegetação, recursos hídricos, edificações, áreas agrícolas, etc.) refletem essa radiação (irradiância) de forma diferente, e isso representa sua assinatura espectral. Os sensores dos satélites são capazes de identificar a radiação refletida por cada tipo de alvo ou objeto, ou seja, são capazes de reconhecer as assinaturas espectrais.

34 O que é sistema de informação geográfica (SIG)?

É um exemplo de geotecnologia e representa a união de hardware e de software capazes de armazenar, analisar e processar dados georreferenciados. Os SIGs podem conter arquivos digitais no formato *raster* (imagens de satélite e fotos aéreas) ou vetorial (pontos, linhas ou polígonos).

A análise das informações contidas num SIG permite que se elaborem mapas, gráficos, tabelas e relatórios que representem, digitalmente, a realidade do mundo real. O aspecto geográfico desse sistema significa que cada dado armazenado num banco de dados está associado com coordenadas em duas ou em três dimensões no espaço e se refere a uma determinada localização no globo terrestre.

Uma das vantagens de se usar um SIG é que ele pode trabalhar com imensas bases de dados e transformá-las em mapas, que serão analisados, individualmente, ou combinados com outros mapas e informações para gerar conhecimento estratégico.

35 O que são geotecnologias?

São conjuntos de técnicas e métodos científicos aplicados à análise, à exploração, ao estudo e à conservação dos recursos naturais, considerando diferentes escalas e a informação espacial (localização geográfica). As geotecnologias também são usadas para estudar a paisagem (topografia, hidrografia, geologia e geomorfologia) e variáveis ambientais (temperatura, pluviosidade e radiação solar), analisar e auxiliar na prevenção de desastres naturais (enchentes, terremotos e erupções vulcânicas), além de gerenciar e de monitorar a atividade humana (infraestrutura, agropecuária e dados socioeconômicos).

Esse conjunto de técnicas é composto por hardware (satélites, câmeras, GPS, computadores) e software capaz de armazenar, manipular informações geográficas e processar imagens digitais.