

Tópicos sobre o futuro da exploração de satélites – Aspectos regulatórios e tecnológicos

Outubro de 2021

Agência Nacional de Telecomunicações

SAUS Quadra 06 Blocos C, E, F e H
CEP 70070-940
Brasília/DF
Tel.: (61) 2312-2000

Presidente

Leonardo Euler de Moraes

Conselho Diretor

Emmanoel Campelo de Souza
Moises Queiroz Moreira
Carlos Manuel Baigorri
Vicente Bandeira de Aquino Neto

Assessoria Técnica - ATC

Humberto Bruno Pontes Silva – Chefe da ATC
Paulo Rodrigo de Moura
Pedro Borges Griese
Renato Couto Rampaso
Henrique Simas C. Barbosa - estagiário
Sérgio Augusto Costa Macedo

Gerência de Espectro, Órbita e Radiodifusão – ORER

Agostinho Linhares – Gerente
Luciana Rabelo Novato Ferreira
Kim Moraes Mota
Marcos Estevo de Oliveira Correa
Rafael Pinto Prata

Este relatório foi desenvolvido pela Assessoria Técnica (ATC) em parceria com a Gerência de Espectro, Órbita e Radiodifusão (ORER). Possíveis opiniões expressas neste trabalho são exclusivamente do(s) autor(es) e não refletem, necessariamente, a visão da Agência Nacional de Telecomunicações.

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| Introdução | 2 |
| Conceitos básicos – Satélites Geoestacionários (GEO) e não-geoestacionários (NGEO)..... | 3 |
| Satélites no Brasil | 5 |
| Regulamentação Nacional..... | 7 |
| Tendências do setor de satélites | 9 |
| Grandes constelações de satélites não-geoestacionários..... | 9 |
| Sustentabilidade no uso dos recursos orbitais | 12 |
| Veículos extensores de vida útil..... | 15 |
| Conclusão | 17 |

INTRODUÇÃO

Os satélites geoestacionários e não geoestacionários são um meio transnacional para o provimento de telecomunicações. Eles cobrem vastas regiões do globo terrestre, quase sempre irrestritos a fronteiras de países, permitindo a conexão entre quaisquer pontos dentro da área de serviço.

É importante destacar que, no Brasil, o provimento de capacidade por satélite não constitui serviço de telecomunicações, sendo tal capacidade utilizada como infraestrutura para diversas aplicações e serviços de telecomunicações. Considerando a grande extensão territorial do Brasil e a existência de regiões remotas e de difícil acesso, a utilização de satélites para comunicações mostra-se, diversas vezes, a melhor opção, se não a única, para prover serviços de telecomunicações a uma parcela da população que, de outro modo, restaria não atendida.

O Brasil considera o provimento de serviços por satélite tão importante que para o ciclo de estudos 2019-2023, o país assumiu uma das vice-presidências da Comissão de Estudos de Serviços por Satélites da União Internacional de Telecomunicações, setor de Radiocomunicações, (*Study Group 4 – SG 4, ITU-R*), além de estar na presidência, no âmbito do SG 4, de um dos itens de agenda de satélite que serão tratados na Conferência Mundial de Radiocomunicações de 2023.

O congestionamento do arco orbital dos satélites geoestacionários, a 36.000 km de altitude, e a demanda crescente por conectividade em qualquer lugar, iniciou a corrida por novas soluções para desenvolver o provimento dos serviços de telecomunicações via satélite. Uma das saídas encontradas foi o uso de constelações de satélites em órbita baixa.

No início dos anos 2000, diversas empresas investiram em constelações não geoestacionárias, no entanto, poucas obtiveram sucesso. Acredita-se que essa “segunda onda” tem mais força, tornando-se uma tendência mundial, com constelações maiores e centenas de satélites sendo lançados por novas empresas como a Space X e a OneWeb. Cabe destacar também que operadoras tradicionalmente de satélites geoestacionários também começaram a investir em constelações não geoestacionárias.

Com as novas constelações formadas por centenas ou até milhares de satélites, a preocupação com os *debris*, lixo espacial formado por lançamentos ou por satélites em desuso, se torna ainda maior, surgindo métodos para estender a vida útil ou para se desfazer com segurança desses artefatos.

Esse relatório tem por objetivo apresentar uma visão geral a respeito da exploração de satélites no Brasil e discorrer sobre algumas das tendências para o futuro nesse setor.

CONCEITOS BÁSICOS – SATÉLITES GEOESTACIONÁRIOS (GEO) E NÃO-GEOESTACIONÁRIOS (NGEO)

Um satélite de telecomunicações é implementado com o objetivo de promover infraestrutura de retransmissão de sinais de radiofrequências para permitir o tráfego de informações. Nesse sentido, o satélite pode ser entendido como um sistema retransmissor, constituído por vários transponders.

O transponder de um satélite de comunicações é um conjunto de unidades interligadas que formam um canal de comunicação entre o receptor do satélite e suas antenas de transmissão. Os transponders são tipicamente compostos por filtros, conversores de frequência e amplificadores de potência.

Conceitualmente, entende-se que o sentido do tráfego de informações partindo das estações terrenas em direção ao satélite é o enlace de subida (*uplink*) do sistema de comunicação, enquanto o sentido do tráfego de informações partindo do satélite em direção às estações terrenas é o enlace de descida (*downlink*) do sistema de comunicação;

Define-se ainda:

- *Forward* ou *outbound*: tráfego de informações partindo da *Gateway* para estações dos clientes;
- *Return* ou *inbound*: tráfego de informações partindo das estações dos clientes para a *Gateway*.

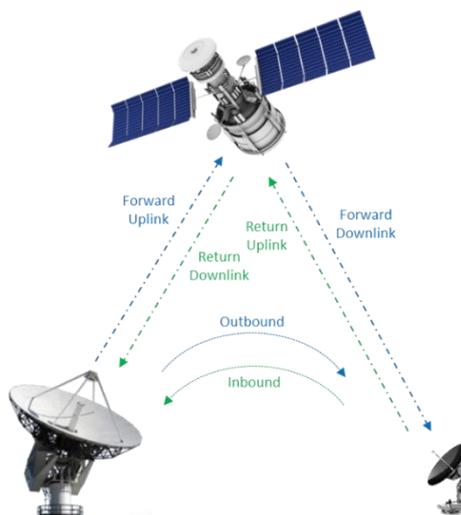


Figura 1 - Sentido de transmissão

Quanto ao movimento realizado por um objeto no espaço, define-se órbita como a trajetória que um corpo celeste pode percorrer ao redor de outro corpo celeste pela influência de sua gravidade.

Quanto ao tipo de órbita que um satélite pode percorrer, os principais tipos de órbitas terrestres são descritos na Figura 2 abaixo.

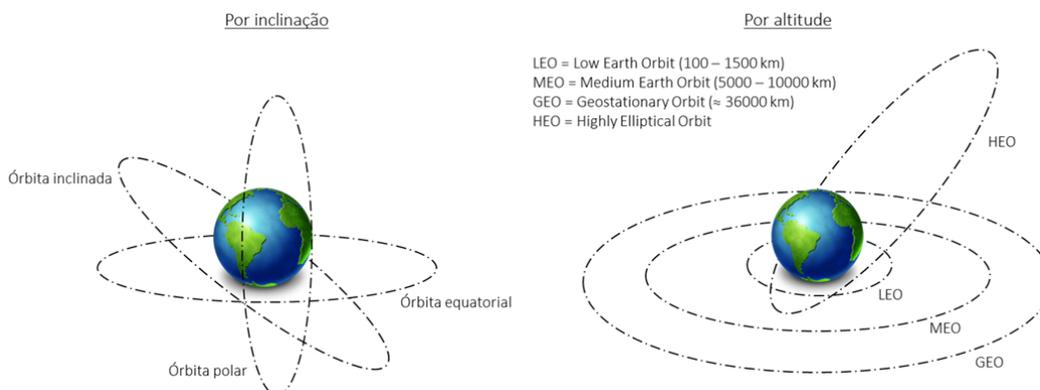


Figura 2 - Tipos de Órbita

Existem diferentes tipos de órbitas terrestres e cada uma delas é utilizada por diferentes tipos de sistemas de comunicação via satélite, dependendo da altitude em relação à superfície terrestre. Cada tipo de órbita influencia a área visível pelo satélite na superfície da Terra e o tempo necessário para completar a trajetória orbital.

| | |
|--|---|
| <p>Órbita terrestre baixa (LEO)</p> <p>Altitude: até 1.500 km Latência: de 30 a 100 ms Período: ≈ 100 min</p> | <p>Órbita terrestre média (MEO)</p> <p>Altitude: acima de 2.000 km Latência: maior que 150 ms Período: maior que 2 horas</p> |
| <p>Órbita elíptica alta (HEO)</p> <p>Altitude: de 500 a 40.000 km Latência: variável Período: variável</p> | <p>Órbita geoestacionária (GEO)</p> <p>Altitude: 35.786 km Latência: de 500 a 600 ms Período: 24 horas</p> |

Figura 3 - Características dos tipos de órbita

Os satélites utilizados para telecomunicações são classificados em dois tipos, no que diz respeito à órbita por eles utilizada: geoestacionários (GEO) e não-geoestacionários (NGEO).

Os satélites geoestacionários são satélites geossíncronos, de órbita circular, localizados no plano do Equador terrestre e que permanecem relativamente fixos em relação a um ponto específico da Terra.

Já os satélites não-geoestacionários são aqueles cujas características orbitais não os enquadram como satélites geoestacionários. Para um observador localizado na superfície terrestre, os satélites não-geoestacionários se movimentam.



Figura 4 - Satélites GEO e N GEO

SATÉLITES NO BRASIL

A Anatel é responsável por autorizar o uso de sistemas de comunicação via satélite sobre o território brasileiro. Existem diferentes tipos de autorização para o uso de satélites no Brasil, a depender do serviço de radiocomunicação associado às faixas de frequências utilizadas.

A Figura 5 - **Tipos de autorização para uso de satélites** abaixo ilustra os diferentes tipos de autorização necessários para exploração de satélites no Brasil.



Figura 5 - Tipos de autorização para uso de satélites

Com base na legislação e regulamentação aplicáveis, temos as seguintes definições:

- **Sistema de Comunicação via Satélite:** é o sistema de telecomunicações consistindo em um ou mais satélites e as estações terrenas associadas;
- **Satélite Brasileiro:** é o que utiliza recursos de órbita e espectro radioelétrico notificados pelo Brasil ante a UIT e cuja estação de controle e monitoração esteja instalada no território brasileiro;
- **Satélite Estrangeiro:** é o que utiliza recursos de órbita e espectro radioelétrico notificados por outros países ante a UIT.

Com relação aos satélites de telecomunicações que operam nas faixas de frequências atribuídas aos serviços Fixo por Satélite, Móvel por Satélite e de Radiodifusão por Satélite, há 45 satélites geostacionários, brasileiros e estrangeiros, e 4 sistemas de satélites não-geostacionários estrangeiros em operação no Brasil¹.

¹ Fonte: Anatel – Setembro de 2021, disponível em: <https://informacoes.anatel.gov.br/paineis/espectro-e-orbita/satelites-em-operacao-comercial-no-brasil>

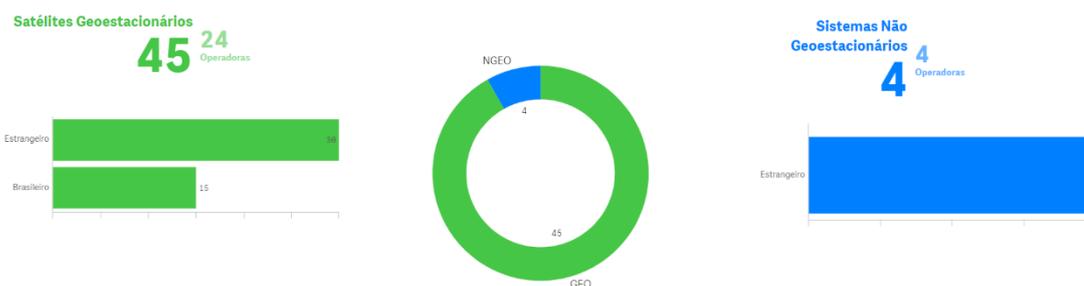


Figura 6 - Sistemas de comunicação via satélite comerciais operando no Brasil

Existem, ainda, 4 satélites geoestacionários e 1 sistema de satélites não-geoestacionários que já detêm autorização da Agência, mas ainda não entraram em operação comercial, o que ocorrerá em até 3 anos a partir da data da autorização, conforme previsto na regulamentação.

Adicionalmente aos satélites acima mencionados, há satélites operando sobre o território brasileiro nas faixas de frequências associadas aos serviços de Pesquisa Espacial, Operação Espacial, Meteorologia por Satélite e Exploração da Terra por Satélite, chamados de serviços científicos, além do Serviço Radioamador Por Satélite.

Esses satélites são desenvolvidos e operados por universidades brasileiras, por instituições de pesquisa, como o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), além de instituições privadas com interesse em aplicações científicas e de radioamador.

REGULAMENTAÇÃO NACIONAL

O principal instrumento do arcabouço regulatório da Agência relativo à exploração de satélites é o Regulamento sobre o Direito de Exploração de Satélite para Transporte de Sinais de Telecomunicações, que foi aprovado pela Resolução nº 220, de 5 de abril de 2000, três anos depois da criação da Agência. No final dos anos 90 e início dos anos 2000, época em que ocorreu a publicação desse Regulamento, o mercado de provimento de capacidade satelital no Brasil ainda não estava plenamente amadurecido.

O restante do arcabouço regulamentar foi sendo construído à medida que o mercado demandou a formalização de instruções regulatórias mais precisas e transparentes para a exploração de satélites no Brasil.

Desde então, a utilização de satélites no Brasil tem se sedimentado, com a presença de diversos competidores, nacionais e estrangeiros, e o cenário de ocupação orbital se estabilizou, servindo a diversas aplicações, nas mais variadas faixas de frequências. Em função da transformação significativa que tem ocorrido na utilização de sistemas de comunicação via satélite, observa-se a necessidade de adaptação regulatória para a correta instrução normativa relacionada ao tema.

Além da necessidade de adaptação da regulação, destaca-se que em novembro de 2019 foi publicado o Decreto nº 10.139, que estabeleceu prazos e procedimentos para a revisão e a consolidação dos atos normativos inferiores a decreto editados por órgãos e entidades da administração pública federal direta, autárquica e fundacional. Ainda em 2019, foi publicada a Lei nº 13.879, que modificou procedimentos administrativos sobre satélites na LGT.

Nesse sentido, em 2019, observada a necessidade de atualização e consolidação regulatórias, a Agência iniciou os estudos de impacto regulatório para atualização, simplificação e consolidação do arcabouço regulatório aplicável à exploração de satélites.

O resultado dos estudos culminou na proposta do Regulamento Geral de Exploração de Satélites, que foi submetido à consulta pública, e encontra-se no âmbito do Conselho Diretor para aprovação final.

O Regulamento Geral de Exploração de Satélites reunirá as diretrizes político-regulatórias para autorização, coordenação, pagamento do preço público pelo direito de exploração de satélite e implantação do segmento espacial, substituindo o atual Regulamento aprovado pela Resolução nº 220, assim como outros regulamentos relevantes.

Importa destacar que o Regulamento Geral de Exploração de Satélites aplicar-se-á tanto aos satélites geoestacionários quanto aos sistemas de satélites não-geoestacionários, e aos satélites brasileiros e estrangeiros, conforme a definição legal e regulamentar.

Além do mencionado Regulamento, a Superintendência de Outorga e Recursos à Prestação elaborou e submeteu à consulta pública os Requisitos Técnicos para Operação de Sistemas de Comunicação via Satélite, que será publicado junto ao Regulamento Geral de Exploração de Satélites e trará as diretrizes técnico-operacionais para que os satélites devidamente autorizados operem sobre o território brasileiro.

Cumprido destacar, ainda, que há outros instrumentos regulatórios importantes para balizar o uso de satélites no Brasil.

Dessa forma, os principais instrumentos regulatórios aplicáveis à exploração de satélite serão os seguintes:

- Plano de Atribuição, Destinação e Distribuição de Faixas de Frequências no Brasil (PDFF);
- Regulamento Geral de Exploração de Satélites (RGSAT);
- Regulamento de Uso do Espectro (RUE);
- Requisitos Técnicos e Operacionais para Sistemas de Comunicação via Satélite (RTO-SAT).

O interessado em explorar serviços por satélite no Brasil deverá consultar cada um dos instrumentos listados acima para verificar quais são os critérios, condições e diretrizes que devem ser observados para cada aplicação. Assim, para responder as perguntas mais comuns relativas à exploração de satélites no Brasil, o interessado deve consultar o instrumento relevante, conforme detalhado abaixo.



Para verificação das regras para o licenciamento de estações terrenas e para a outorga de serviços de telecomunicações, deve-se verificar, respectivamente, o Regulamento Geral de Licenciamento (RGL) e o Regulamento Geral de Outorgas (RGO).

TENDÊNCIAS DO SETOR DE SATÉLITES

Grandes constelações de satélites não-geoestacionários

Tradicionalmente, a maior parte do tráfego de telecomunicações que utiliza satélites passa por satélites geoestacionários, devido à facilidade de apontamento das estações terrenas associadas e à possibilidade de cobrir vastas regiões da superfície terrestre com um único satélite.

A arquitetura dos satélites geoestacionários evoluiu e satélites GEO com múltiplos feixes foram desenvolvidos para permitir um alto fator de reuso das frequências e altas taxas de transferência de dados na região atendida pelo satélite.

Entretanto, nos últimos anos, observou-se um grande aumento no interesse das operadoras de satélite no desenvolvimento de grandes constelações de satélites não-geoestacionários. Tal interesse tem sido motivado, principalmente, pelos avanços nos processos de fabricação e lançamento de satélites, que levaram à redução dos custos associados à implantação e manutenção de uma constelação composta por muitos satélites.

Há previsão de que essas grandes constelações provejam infraestrutura, principalmente, para acesso à internet banda larga.

Vários dos novos sistemas de satélites não geoestacionários caracterizam-se por utilizar faixas de frequências da banda Ka para a comunicação do satélite com as *gateways* e faixas de frequências da banda Ku para comunicação dos satélites com as estações terminais dos usuários.



Figura 7 - Frequências de operação típicas

Os sistemas de comunicação baseados em constelações de satélites não-geoestacionários apresentam algumas vantagens em relação àqueles que utilizam satélites geoestacionários.

A primeira vantagem é a redução do tempo necessário para a fabricação de um artefato, uma vez que a linha de produção dos satélites NGeo tem a capacidade de produção em série dos satélites da constelação, enquanto cada satélite GEO é fabricado para atender um projeto específico.

Também podemos identificar a possibilidade de cobertura global como uma das vantagens. As constelações de satélites NGeo podem possuir satélites em diferentes planos orbitais, possibilitando a cobertura simultânea quase toda a superfície terrestre, enquanto um

satélite GEO, apesar de ter cobertura sobre uma vasta região do globo, não possui visibilidade para outras regiões.

Outra vantagem dos sistemas N GEO de baixa órbita sobre os satélites GEO é a redução da latência, uma vez que os satélites se encontram em órbitas mais próximas da Terra, diminuindo significativamente o tempo necessário para que o sinal transmitido pelas estações terrenas seja recebido pelo satélite e retransmitido para outra estação terrena.

Entretanto, os sistemas de satélites N GEO possuem algumas desvantagens em relação aos satélites GEO.

Por se tratar de sistemas com um grande número de satélites, existe um risco mais acentuado de colisões entre satélites da mesma constelação ou de constelações diferentes. Além disso, o número de satélites nas constelações pode levar a dificuldades para coordenação das frequências com sistemas GEO e com outros sistemas de satélites N GEO.

Outra preocupação associada às grandes constelações de satélites N GEO é a geração de detritos espaciais em função do fim da vida útil operacional desses satélites.

Neste contexto, quanto aos possíveis impactos da utilização de recursos orbitais devido à implementação de constelações com grande número de satélites não-geoestacionários, vale frisar que, atualmente, a totalidade das grandes constelações de satélites não-geoestacionários se refere a satélites estrangeiros. A esse respeito, importa mencionar que a implantação das constelações de satélites N GEO estrangeiros independe da autorização da administração brasileira. A autorização para lançamento e uso dos recursos de órbita e espectro necessários depende do cumprimento dos procedimentos regulatórios da União Internacional de Telecomunicações (UIT), da observação às orientações do Departamento das Nações Unidas para questões sobre o espaço exterior (UNOOSA) e das regras de autorização do país de origem.

Tendo em vista o caráter global de operação desses sistemas e a utilização de recursos orbitais que se estendem além da área de cobertura de qualquer país individualmente, entende-se que a regulação internacional sobre o tema, em especial as regras da UIT, podem disciplinar, de maneira mais ampla e apropriada, o uso dos recursos orbitais, criando mecanismos regulatórios de abrangência internacional para o uso sustentável de tais recursos.

Por fim, destaca-se que as constelações de satélites N GEO podem contribuir para complementar a infraestrutura provida por meio de satélites GEO para fins de:

- Suporte para escoamento de tráfego (*backhaul*);
- Suporte para comunicação massiva (Internet das Coisas – IoT, do inglês *Internet of Things*);
- Atendimento a áreas não servidas por sistemas terrestres;
- Composição de redes heterogêneas (sistemas integrados);
- Possibilidade de tráfego de dados com altas taxas de transmissão;
- Suporte a diversas aplicações e serviços (dados, áudio e vídeo, sensoriamento);
- Interoperabilidade com outros sistemas (5G, por exemplo);
- Desconstrução do “custo afundado” do satélite geoestacionário, sendo possível a evolução do sistema à medida que os satélites em fim de vida útil são substituídos.

No que diz respeito aos sistemas de satélites não-geoestacionários, a Anatel já autorizou 5 sistemas a operar no Brasil, dos quais 4 já estão em operação, sendo todos sistemas estrangeiros.

A [Tabela 1](#) lista os sistemas de satélites não-geoestacionários autorizados a prover capacidade no Brasil.

Tabela 1 - Sistemas N GEO autorizados no Brasil

| Nome do Sistema | Faixa de Operação | Número de Satélites |
|-----------------|-------------------|---------------------|
| Iridium | Banda L | 66 |
| O3B | Banda Ka | 20 |
| Globalstar | Bandas L, S e C | 48 |
| Orbcomm | VHF | 25 |
| Hiberband | VHF e UHF | 24 |

Os sistemas Iridium e Globalstar são utilizadas para prover conexão de voz e rastreamento, enquanto os sistemas ORBCOMM e Hiber (que ainda não entrou em operação) têm como objetivo prover serviços de Internet das Coisas e Comunicação Máquina-a-Máquina. Já o sistema O3B provê acesso banda larga à internet, com taxas típicas da ordem de 25 Mbps.

As operadoras dos sistemas **Starlink** (SpaceX), **OneWeb**, **Lightspeed** (Telesat), **Swarm**, **O3B mPower** (SES), **Kepler** e **Kuiper** (Amazon) já solicitaram autorização ou iniciaram as tratativas com a Agência para o provimento de capacidade no Brasil.

A [Tabela 2](#) abaixo apresenta as faixas de frequências e o número de satélites previstos para cada um desses sistemas.

Tabela 2 - Sistemas N GEO que já iniciaram as tratativas para autorização no Brasil

| Nome do Sistema | Faixa de Operação | Número de Satélites |
|-----------------|-------------------|---------------------|
| Starlink | Bandas Ku e Ka | 4.408 ² |
| Oneweb | Bandas Ku e Ka | 774 |
| Lightspeed | Banda Ka | 25 |
| Swarm | VHF | 150 |
| O3B mPower | Banda Ka | 48 |
| Kepler | Bandas L, S e Ku | 175 |
| Kuiper | Bandas Ku e Ka | 3.200 |

A entrada das grandes constelações de satélites N GEO no Brasil estimulará a competição no mercado satelital brasileiro, permitindo que os usuários brasileiros tenham acesso a avançados sistemas de comunicação por satélite.

² O número final de satélites na constelação pode chegar a 40.000.

Sustentabilidade no uso dos recursos orbitais

Desde o início da era espacial, em 1957, já havia uma preocupação com relação à poluição espacial. Nesse sentido, para controlar a quantidade de detritos espaciais lançados, em 1958 surgiu a UNOOSA (*United Nations Office for Outer Space Affairs*) para assessorar o COPUOS (*Committee on the Peaceful Uses of Outer Space*), também criado em 1958, quanto aos aspectos científicos e legais da exploração e uso do espaço para beneficiar a humanidade.

Sendo assim, todos os equipamentos lançados ao espaço são cadastrado no COPUOS a fim de se manter um controle de qual administração é responsável por aquele objeto espacial e se ter uma noção da quantidade de objetos espaciais que se encontram no espaço.

Estima-se que há mais de 500 mil objetos maiores que 1 cm orbitando a Terra.³



Figura 8 – Estimativa de artefatos orbitando a Terra

O final da vida útil de um satélite ocorre quando o combustível destinado às manobras de correção de posição orbital se esgota. Antes que isso ocorra, devem ser realizadas as manobras de *de-orbit*, para retirar o satélite de órbita. Quando os satélites atingem o final de sua vida útil e perdem sua função como infraestrutura para suporte à transmissão de sinais, eles passam a ser considerados como detritos espaciais.

Cabe destacar que, a depender da altitude do objeto espacial, pode demorar até milhões de anos para que haja a reentrada na atmosfera da Terra. Adicionalmente, embora houvesse a preocupação com a poluição espacial desde o início, nem todos os equipamentos em desuso utilizaram materiais capazes de se deteriorar na reentrada, existindo a possibilidade de seus detritos atingirem a superfície da Terra, como ocorreu com o foguete Longa Marcha 5B⁴.

³ Fonte: <https://www.orbitaldebris.jsc.nasa.gov/faq/#>

⁴ Fonte: <https://olhardigital.com.br/2021/05/10/videos/perdido-no-espaco-depois-de-suspense-destrocos-do-foguete-chines-cai-sem-causar-estragos/>

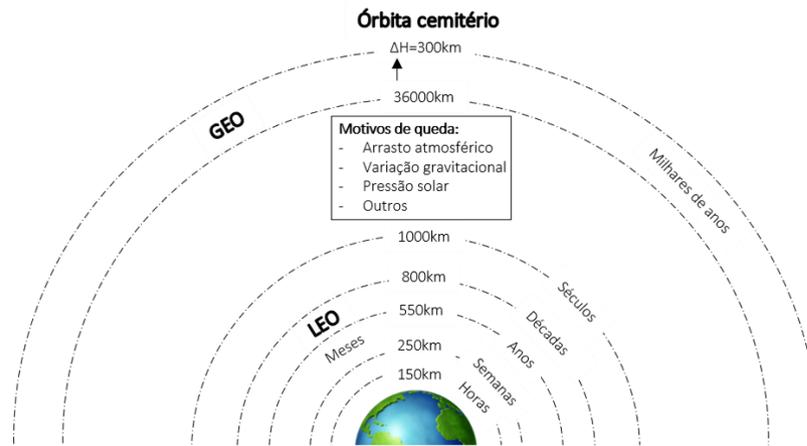


Figura 9 - Tempo de decaimento de satélites

No âmbito da regulamentação internacional, a UIT possui Recomendação para que os satélites geoestacionários sejam deslocados para a chamada órbita cemitério, que fica 200 km⁵ além do arco orbital geoestacionário de 36.000 km, antes do fim de sua vida útil. A Anatel orienta que as operadoras de satélites geoestacionários brasileiros sigam essa recomendação para o *de-orbit* de seus satélites. Tal orientação fará parte das disposições dos requisitos técnicos e operacionais para sistemas de comunicação via satélite, a fim de regerar adequadamente o uso dos recursos de órbita pelos satélites geoestacionários brasileiros.

A implementação de grandes constelações de satélites N GEO torna a discussão sobre os detritos espaciais e a sustentabilidade quanto ao uso dos recursos orbitais ainda mais complexa. Além disso, existe grande preocupação com relação a questão das colisões, pois com mais objetos espaciais operando em uma constelação maior é a probabilidade de colisões, caso não se adote o devido controle operacional.

No caso de satélites não geoestacionários, não há disposição específica no âmbito internacional sobre o *de-orbit* dos satélites de tais sistemas. As regras para retirada de órbita de um satélite não-geoestacionário ainda não foi tema de estudos na UIT-R. Assim, a responsabilidade de se determinar as regras de *de-orbit* de constelações N GEO, a princípio, tem ficado a critério do país de origem dessas constelações. Os Estados Unidos, por exemplo, tem determinado que os satélites de suas constelações N GEO utilizem materiais que, na reentrada da atmosfera, sejam completamente consumidos, evitando assim, a queda de detritos na superfície da Terra⁶.

Cabe observar que a implantação das constelações de satélites N GEO estrangeiros, e por consequência, o uso dos recursos orbitais correspondentes, independe de autorização brasileira, dependendo do cumprimento dos procedimentos regulatórios internacionais.

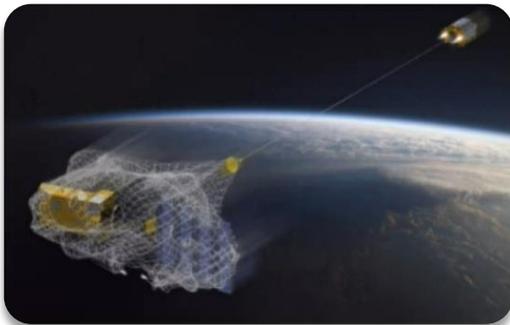
Menciona-se que ainda não há constelações comerciais brasileiras. Portanto, não foram definidas regras específicas brasileiras para se realizar o *de-orbit* de tais constelações. Neste contexto, menciona-se que a Agência tem acompanhado e avaliado a regulamentação internacional, os estudos e as discussões nos fóruns internacionais pertinentes, a fim de que à medida que for necessário estabelecer regras para constelações brasileiras, a Agência possa atuar adequadamente.

⁵ Fonte: Recommendation ITU-R S.1003-2

⁶ Fonte: <https://docs.fcc.gov/public/attachments/DOC-363486A1.pdf>

Se não forem observados os procedimentos apropriados para o *de-orbit* de um satélite, após o fim de sua vida útil o satélite poderá percorrer trajetórias que aumentem a probabilidade de colisão com outros artefatos espaciais. Tal situação ocorreu em um passado recente, quando um dos satélites NGSO em operação da constelação Iridium colidiu com um satélite russo fora de operação. A colisão gerou uma nuvem de detritos, aumentando ainda mais a quantidade de lixo espacial orbitando ao redor da Terra⁷.

Considerando o uso racional dos recursos de órbita, vale destacar o exemplo da Space X, que desenvolveu foguetes lançadores em que os propulsores são reutilizáveis, permitindo assim que menos lixo seja gerado durante os lançamentos realizados pela empresa. Vale frisar que diversas empresas têm desenvolvido diferentes projetos com o intuito de reduzir a poluição espacial, conforme exemplificado abaixo.



Projeto RemoveDEBRIS: rede de captura de detritos espaciais, 400 toneladas por captura sendo aplicado atualmente apenas em órbitas LEO. O objetivo é trazer os detritos de volta à Terra.



Projeto da agência espacial russa: pesquisa a possibilidade de guiar, utilizando laser, detritos espaciais ou para a reentrada na atmosfera ou para órbitas mais altas. O canhão seria desenvolvido a partir da Terra.



Projetos ESA em conjunto com ClearSpace: com um veículo espacial em forma de garra, o objetivo é iniciar a limpeza em 2025 para que em aproximadamente 200 anos a quantidade de detritos espaciais seja reduzida significativamente.

Figura 10 - Projetos para reduzir o número de detritos espaciais^{8,9,10}

⁷ Fonte: https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2009/02/090212_satelitescolisaoml

⁸ Projeto RemoveDEBRIS: <https://www.surrey.ac.uk/surrey-space-centre/missions/removedebris>

⁹ Projeto Agência Espacial Russa: <https://www.livescience.com/62820-russia-space-lasers.html>

¹⁰ Projeto ESA e ClearSpace: <https://clearspace.today/>

Veículos extensores de vida útil

A respeito da vida útil dos satélites, vale destacar que vem surgindo nos últimos anos sistemas para permitir a extensão de vida útil dos satélites geoestacionários.

Para que um satélite geoestacionário possa manter sua posição orbital, é necessário que sejam realizadas manobras de correção de posição, uma vez que as forças gravitacionais de outros corpos celestes, como a Lua e o Sol, também atuam sobre os satélites geoestacionários. Tais manobras são realizadas de acordo com uma programação pré-definida pela operadora do satélite e consomem parte do combustível destinado para este fim.

Sendo assim, embora os subsistemas do satélite ainda estejam totalmente operacionais, é comum que ele seja desativado por ausência de combustível para manter as suas funções. Diante disso, observa-se o surgimento de empresas que estão oferecendo para operadoras que possuem satélites nessas condições, a possibilidade de instalação de um tanque adicional ao satélite, estendendo sua vida útil por aproximadamente 6 anos. Cabe lembrar que os satélites GEO têm uma vida útil média de 20 anos.

Um exemplo de sistema projetado para estender a vida útil de satélites é o sistema desenvolvido pela empresa SpaceLogistics, subsidiária da Northrop Grumman. A tecnologia desenvolvida por essa empresa consiste em um veículo com um braço mecânico (MRV – *Mission Robotic Vehicle*) e uma unidade de extensão da missão (MEP – *Mission Extension Pod*), que é o tanque adicional com propulsores. Tal sistema pode ser acoplado a um satélite em órbita de modo a estender a vida útil do satélite.

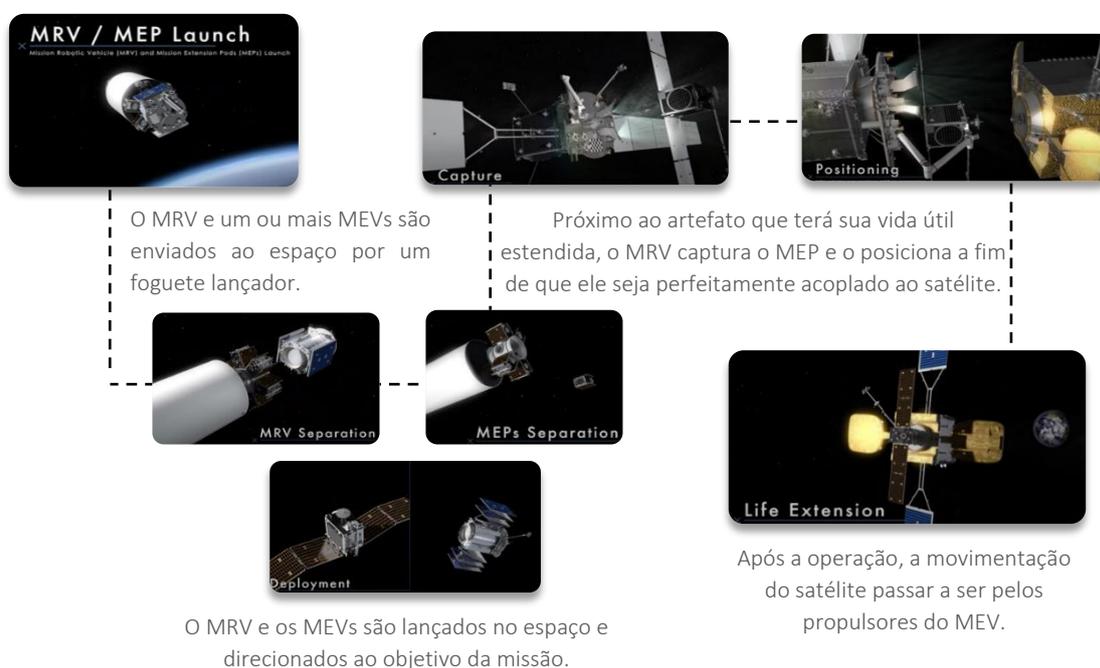


Figura 11 - Funcionamento de veículo extensor de vida útil¹¹

O procedimento é reversível, ou seja, um mesmo tanque pode ser acoplado e desacoplado, podendo ser reutilizado para mais de um satélite. Além disso, não há risco de

¹¹ Fonte: <https://www.northropgrumman.com/space/space-logistics-services/>

explosão, pois o tanque adicional é instalado na parte externa do satélite, sem perfurações a sua carenagem.

A partir do momento que o tanque é instalado e se torna operacional, o controle de seus propulsores é repassado a operadora do satélite, ficando essa responsável por todas as manobras do equipamento. É importante destacar que todas as outras funções de telemetria, telecomando e controle (TT&C) como carga útil, controle térmico, potência, comandos, tratamento de dados, sistema de rastreamento terrestre e comandos de telemetria e variação permanecem a cargo do sistema de TT&C original do satélite, ficando apenas a propulsão a cargo do MEP.

Até o momento, não há satélites brasileiros que tiveram sua vida útil estendida. No entanto, existem dois satélites estrangeiros para os quais foi utilizada essa solução para extensão da vida útil dos artefatos: o IS-901 (27,5°O) e o IS 10-02 (1°E).

O satélite IS-901 foi lançado em 09 de junho de 2001, estando há 20 anos em operação. Existia uma previsão de que o seu *de-orbit* ocorreria a partir de dezembro de 2021. No entanto, em fevereiro de 2020, o satélite IS-901 foi retirado de sua órbita nominal para o acoplamento com um módulo de extensão de vida útil (MEV-1). A previsão atual é que o satélite continue operacional até 2025, caso a operadora não tenha interesse em estender novamente a vida útil do satélite.

O satélite IS 10-02 foi o segundo satélite da operadora Intelsat a ser acoplado a um tanque adicional a fim de estender a sua vida útil. O satélite IS 10-02 foi lançado em 16 de junho de 2004, estando operacional há 17 anos. Em 15 de agosto de 2021, o satélite IS 10-02 foi mantido em operação na sua órbita nominal para o acoplamento ao tanque MEV-2. A previsão é que esse satélite permaneça operacional até o final de 2026.

CONCLUSÃO

As ações da Agência têm por objetivo estabelecer um ambiente regulatório propício para a entrada de novas operadoras no mercado de satélites.

A entrada das novas constelações de satélites NGeo no Brasil estimulará a competição no mercado brasileiro, permitindo que os usuários tenham diversas opções de operadoras de serviço para acesso à internet banda larga por satélite. A competição poderá reduzir os preços permitindo que uma parte maior da população tenha acesso a esse tipo de serviço.

Adicionalmente, cabe destacar que a Anatel também se preocupa com questões técnicas, como a possibilidade de colisões entre satélites e a sustentabilidade no uso dos recursos orbitais, tendo em vista o grande número de satélites previstos para integrarem as novas constelações. Neste sentido, cumpre observar que a Anatel apoia o desenvolvimento de tecnologias que possam ser utilizadas para promover a sustentabilidade no uso do espaço, como a utilização de veículos para extensão de vida útil de satélites geoestacionários.

Por fim, a Anatel tem buscado estreitar os laços com a Agência Espacial Brasileira de forma que possam ser discutidas ações que corroborem para o uso sustentável dos recursos orbitais. Ademais, vale frisar que a Anatel busca atuar ativamente em fóruns internacionais relevantes, de forma a contribuir com a construção da regulamentação internacional aplicável.



Agência Nacional de Telecomunicações