

# INTRODUÇÃO AO MUNDO DOS SATELITES

André P. Muga  
apmuga@apmuga.com

# Índice

1.	Introdução .....	3
2.	Breve história no tempo .....	4
3.	Anatomia de um satélite .....	6
3.1.	Tipos de satélites .....	6
3.2.	Corpo do satélite .....	8
3.3.	Sensores .....	8
3.4.	Controlo de Bordo .....	9
3.5.	Estabilizadores/Propulsor .....	9
3.5.1.	Estabilização Gravitacional .....	9
3.5.2.	Estabilização por pressão solar .....	10
3.5.3.	Estabilização magnética .....	10
3.5.4.	Estabilização por rotação .....	10
3.5.5.	Propulsão .....	10
3.6.	Produção de energia .....	10

# Índice de figuras

FIGURA 1 – UTILIZAÇÃO DE FOGUETES (1814) .....	4
FIGURA 2 – SPUTNIK.....	4
FIGURA 3 – ESTAÇÃO ESPACIAL INTERNACIONAL .....	7
FIGURA 4 – SUBSISTEMAS DE UM SATÉLITE.....	8
FIGURA 5 – FASES DE UM SENSOR .....	9

## 1. Introdução

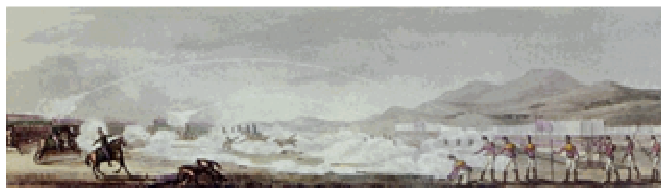
Hoje em dia, todos nos assumimos como certo poder comunicar para o outro lado do mundo, ter sempre disponíveis previsões meteorológicas fiáveis para alguns dias e obter informações precisas do estado das culturas produzidas nas nossas províncias. Ninguém questiona o simples facto de ligar a televisão e receber do céu o sinal que nos fornece as notícias e, em alguns casos, Internet.

Este documento pretende introduzir o leitor no mundo dos satélites. Não é possível introduzir todos os aspectos deste mundo num só documento. Por exemplo não são focados os ground-stations, o processo de desenvolvimento entre outros aspectos mais relevantes como os lançadores, as várias missões espaciais que existem.

## 2. Breve história no tempo

Poucos entre nós lembram-se do fenómeno que foi quando os russos lançaram pela primeira vez um objecto fora do espaço terrestre. Tratava-se apenas de uma esfera com um tamanho equivalente de uma bola de basquetebol contendo um emissor que simplesmente emitia uns bips. Essa bola iniciou uma corrida no espaço entre as duas maiores potências do mundo que culminou na aterragem do primeiro homem na lua. Tudo começou no século 11 antes de Cristo, quando os chineses inventaram a pólvora utilizavam essa invenção para criar foguetes que eram utilizados para fins militares, ou para fins festivos. Este uso continuou inalterado até 1942, quando von Braun criou o V2 para ajudar Hitler na ofensiva contra Inglaterra.

- -1100: Os chineses inventam a pólvora e os primeiros foguetes. Estes são utilizados para fins balísticos.
- 1770: registo de foguetes em canas de bambou e ferro utilizados contra o colonizador inglês na Índia.
- 1805: **Willian Congreve** cria o primeiro foguete de longo alcance.



**Figura 1 – Utilização de foguetes (1814)**

- 1879: **Konstantin Tsiolkovsky** publica os primeiros estudos científicos sobre a teoria de propulsão por foguetes.
- 1923: **Hermann Oberth** publica os primeiros estudos sobre viagens espaciais.
- 1926: **Robert H. Goddard** cria o primeiro foguete de propulsão líquida.
- 1942, **Wernher Von Braun** realiza o primeiro lançamento com sucesso do V2.
- 1957: A URSS lança o primeiro satélite artificial, Sputnik I. Pouco tempo depois será lançado o Sputnik II com a cadela Laika que será o primeiro ser vivo fora do planeta terra. Os americanos tentam competir com o lançamento do satélite Vanguard mas falham. Entretanto os russos lançam com sucesso o seu primeiro míssil intercontinental.



**Figura 2 – Sputnik**

- 1958: Os estados Unidos da América enviam com sucesso o seu primeiro satélite. A NASA é fundada.
- 1959: A URSS envia com sucesso o Luna 2 (a primeira sonda que atinge a lua) e o Luna 3 que envia pela primeira vez fotografias do lado oculto da lua. Os Estados Unidos da América enviam o seu primeiro míssil balístico e transmitem as primeiras fotos da terra.
- 1960: Os Estados Unidos da América enviam os seus primeiros satélites meteorológicos (Tiros) e de comunicação (Echo).
- 1961: **Yuri Gargarin** torna-se o primeiro homem no espaço (Vostok 1). **Vladimir Titova** é o segundo homem no espaço. (Vostok 2). Os americanos também conseguem ter um homem no espaço com **Alan Shepard** usando o Mercury. O presidente Kennedy estabelece uma meta. Um americano na lua até o fim da década.

- 1962: **John Glenn** é o primeiro americano em órbita (Mercury). Os Estados Unidos da América lançam a primeira sonda em Vénus (Mariner 2). A URSS realiza o primeiro encontro “rendez-vous” no espaço (Vostok 3 e 4).
- 1963: A URSS consegue enviar a primeira mulher no espaço (**Valentina Tereshkova**).
- 1964: Os Estados Unidos da América enviam a primeira sonda em Marte (Mariner4). São obtidas as primeiras imagens em detalhe da Lua (Ranger 7). A URSS consegue com sucesso a primeira missão com tripulação múltipla (Voskhod1).
- 1965: **Aleksei Leonov** realiza a primeira caminhada espacial. Os Estados Unidos da América não ficam atrás e **Edward White** é o primeiro americano no vazio.
- 1966: Luna 9 realiza o primeiro pouso na Lua. A URSS realiza também neste ano o -primeiro acoplamento no espaço (Gemini 8). O Surveyor1 pousa na Lua (USA). Na URSS **Sergei Korolev** morre.
- 1967: Ano trágico para a exploração espacial. Durante treinos, a tripulação de Apollo 1 morre por causa de um fogo. Do outro lado, **Vladimir Komarov** morre a bordo da Soyus1.
- 1968: Os Estados Unidos da América têm a sua primeira missão pilotada (Apollo 7) e os primeiros humanos em órbita da Lua (Apollo 8).
- 1969: O sonho de Kennedy realiza-se. **Neil Armstrong** é o primeiro homem na Lua (Apollo 11).
- 1970: A sonda Venera 7 aterra em Vénus. A tripulação do Apollo 13 após uma falha mecânica regressa são e salva.
- 1971: A URSS consegue ser a primeira potência com uma estação espacial (Salyut1). Os Estados Unidos da América conseguem ter um jipe na lua. E o primeiro satélite em Marte (Mariner9).
- 1972: Venera 8 pousa em Vénus.
- 1973: Os Estados unidos da América realizem o primeiro sobrevoo de Júpiter (Pioneer10) e efectuem o lançamento do Skylab. Mars 5 é lançado com sucesso pela URSS.
- 1974: Pioneer11 sobrevoa Júpiter. Mariner10 sobrevoa Mercúrio.
- 1975: Primeiro lançamento do foguete N1 (Japão). Venera 9 e 10 pousam em Vénus. Missão conjunta Apollo-Soyus (USA/URSS).
- 1976: As sondas Viking1 e 2 pousam em Marte. Luna24 regressa com amostras da Lua.
- 1977: Voyager1 e 2 são lançadas em direcção aos planetas externos. São iniciados os primeiros testes de pouso do Space Shuttle.
- 1978: Lançamento da constelação GPS, ainda em fase experimenta. PioneerVénus 1 orbita Vénus (USA) PioneerVénus 2 lança 5 projecteis em Vénus. A Checoslováquia lança o primeiro satélite não americano ou russo no espaço (Remekda). Venera 11 e 12 pousam em Vénus.
- 1979: As sondas Voyager1 e 2 sobrevoam Júpiter. A sonda Pioneer 11 sobrevoa Saturno. Skylab reentra na atmosfera. É efectuado o primeiro lançamento com sucesso do foguete Ariane.
- 1980: A sonda Voyager1 sobrevoa Saturno.
- 1981: O Space Shuttle voa pela primeira vez. Voyager2 sobrevoa Saturno.
- 1982: Venera 13 e 14 pousam em Vénus.
- 1983: Pioneer10 cruza a órbita de Plutão e deixa o sistema solar. Venera 15 e 16 orbitam Vénus e cartografam o planeta com radar. Os Estados Unidos da América têm a sua primeira astronauta mulher (**Sally Ride**) e o seu primeiro astronauta negro (**Bluford**). É efectuado a primeira missão do Spacelab.
- 1984: É efectuado o primeiro reparo em órbita feito pela tripulação do Space Shuttle. A URSS Vega 1 e 2 orbitam Vénus e soltam balões na sua atmosfera. Primeiras mulheres a realizarem actividades extra-veiculares na Soyus T-12 e no Space Shuttle Challenger
- 1985: A estação espacial Salyut7 é reactivada em órbita. Ariane1 lança a sonda Giotto.
- 1986: Acidente do Space Shuttle Challenger destrói a nave e mata a tripulação. Lançamento da estação espacial MIR. Realiza-se encontro com o cometa Halley pelas sondas Vega, Giotto, Suisei e Sakigake. A sonda Voyager2 sobrevoa Urano.
- 1988: Os cosmonautas **Titov** e **Manarov** estabelecem o recorde de 366 dias no espaço. E feito o primeiro lançamento do Ariane4. A sonda Voyager2 sobrevoa Neptuno.
- 1989: O Space Shuttle lança as sondas Galileo e Magellan.
- 1990: Primeiro passageiro espacial na nave SoyusTM-11. Lançamento do telescópio Hubble.
- 1991: Lançamento do observatório americano de raios gama (Compton).
- 1993: Primeiro reparo do telescópio Hubble.
- 1995 em diante: Início das operações do foguete Ariane5. Missões conjuntas Shuttle-MIR (Fase 1 da Estação Espacial Internacional). É iniciado a montagem da Estação Espacial Internacional (ISS). Fim de utilização da MIR. A estação espacial é desintegrada após ter ultrapassado em muito o tempo de vida previsto.

### 3. Anatomia de um satélite

Um satélite, como também as sondas, são conceptualmente divididos em duas partes, o corpo básico ("Bus") e a carga útil ("Payload"). O corpo básico é todo o conjunto de actuadores, sensores entre outros que permitam o satélite manter-se em operação e realizar a sua tarefa. Essa tarefa é executada com a carga útil. Essa depende sobretudo da função para que foi destinado. Um satélite de comunicações terá repetidores ("transponders") que podem servir para comunicações telefónicas ou então para difusão televisiva (ex.: TVCabo).

#### 3.1. Tipos de satélites

De todos os satélites já enviados para o espaço podemos definir sete categorias:

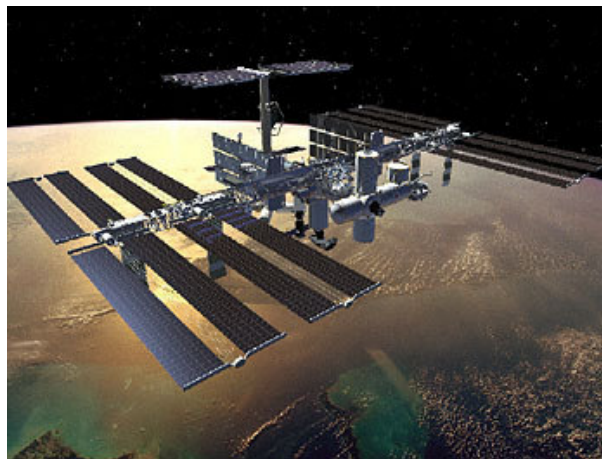
- **Observação da terra**  
Na observação da terra tipicamente são utilizados duas orbitas, uma baixa para permitir a observação de todo o planeta, investigação, e outra geostacionária que serve para o estudo de uma determinada área, normalmente satélites de meteorologia localizados.  
Um exemplo de um satélite de observação da terra é o EOS-AM. Foi criado pela NASA para a investigação do movimento das nuvens, ciclos da água, ciclos de gelo, utilização da terra e alterações de eco sistemas.  
Outro exemplo, talvez mais conhecidos dos europeus será o. A primeira versão do Meteosat tem uma orbita geostacionária e possui um radiómetro que trabalha em três gamas com resoluções de 2,5 e 5 km:
  1. 0.4 $\mu$ m até 1.1 $\mu$ m (pan), imagem pancromática.
  2. 5.7 $\mu$ m até 7.71 $\mu$ m (TIR), análise da temperatura e vapor de agua.
  3. 10.5 $\mu$ m até 2.5 $\mu$ m (TIR), análise da temperatura e vapor de agua.

Os satélites meteorológicos não são os únicos que estão apontados para a terra. O uso de satélites aplica-se também ao estudo de recursos naturais, ecossistemas, cartografia entre outros.

- **Científicos**  
A ideia de colocar instrumentos em orbita vem do facto que a protecção que temos da nossa atmosfera impede que tenhamos acesso a maior parte das radiações celestes. De facto recebemos apenas dois tipos de radiações, do infravermelho até o ultravioleta e outra que corresponde as frequências rádio de 1mm até 20 metros de comprimento de onda. Ao ultrapassar a atmosfera terrestre, conseguimos ter acesso a todo o espectro electromagnético existente. Assim foram lançados muitos sensores no espaço como também telescópio pois assim é evitado as perturbações atmosféricas obtendo uma imagem mais limpa e pura dos astros.
- **Comunicações**  
Os satélites de comunicação são a base das comunicações de hoje em dia. Estes permitem que seja possível comunicar em sítios aonde não seria possível levar o cabo ou quando é necessário movimentações frequentes de equipamento. Possuíam muitas vantagens como poder servir vastas zonas, sem barreiras físicas como rios, montanhas entre outros e não ter limites em número de utilizadores.  
Para evitar uma grande proliferação na utilização das frequências no espaço foi criado uma organização (UIT com sede na Suíça) para normalizar as comunicações no espaço. Esta regulamenta e atribui as frequências utilizadas tanto como fim militar como também comercial. Para o uso na retransmissão do sinal de televisão via satélite temos por exemplos as seguintes gamas de frequências:
  - Banda S: baixa frequência, usada tipicamente para controlo do satélite.
  - Banda L: 0,5 até 1,5 GHz, usada tipicamente entre LNB e retransmissores.
  - Banda C: 4 GHz até 8GHz, nesta gama de frequência é usual usar duas sub-gamas para upstream e downstream.
  - Banda Ku: 10,9 GHz até 17GHz, usados para os serviços DBS e DTH.
  - Banda Ka, 18 até 31 GHz.

Um exemplo que muitos portugueses usam sem o saber é o satélite Hispasat que serve a Europa com o sinal da TVCabo versão parabólica. O Hispasat encontra-se alojado na posição orbital 30°W, no meio do oceano atlântico, e possui 24 transponders (12 para a Europa, 4 para a América e 8 divididos tanto para a Europa e a América) operando na gama das 36MHz com uma potência de 100W.

- **Sondas**  
Uma sonda é, na realidade, um satélite que não está em órbita de um corpo mas sim segue um percurso até o seu destino. Segue os mesmos princípios e fases de construção e possui tipicamente os mesmos mecanismos de bus para sua manutenção e payload para investigação. As sondas mais conhecidas do público são as Voyager I e Voyager II que já se encontram fora do sistema solar.
- **Recuperáveis**  
Um satélite recuperável não é mais que uma sonda que contém experiências, tipicamente biológicas que necessitam de regressar a terra para posterior análise dos efeitos de ausência de gravidade.
- **Tripulados**  
Os casos mais conhecidos dos satélites tripulados são as estações espaciais. O caso mais conhecido é a estação russa MIR. Contém os mesmos mecanismos dum satélite normal, com a variante de ser maior. Tipicamente são montados no espaço e têm como missão suportar uma tripulação que usará a instalação para fins científicos. Actualmente está em fase de construção a estação espacial Internacional que servirá de base para muitas outros lançamentos e investigações científicas.



**Figura 3 – Estação Espacial Internacional**

- **Militares**  
Apesar de não existir dados oficiais, acredita-se que cerca de 75% dos satélites lançados até o momento são de uso militar. Um exemplo muito conhecido actualmente é o sistema GPS, uma constelação de 24 satélites para posicionamento global. Tipicamente são criados para telecomunicações, observação, alerta avançada entre outros. Podem ser divididos em duas categorias, de órbita baixa (180 a 1000 km de altura) e de órbita Geostacionária (36.000 km de altura). Tipicamente um satélite geostacionário é utilizado para fins de comunicações. Os satélites de baixa altitude são mais utilizados para escuta e reconhecimento (radar ou visual). Existe ainda uma outra órbita de operação que se situa entre as duas já citadas. São tipicamente satélites de navegação que transmitam na gama de rádio e permitam as embarcações e aeronaves calcular a sua posição. Um exemplo é o GPS e futuramente o Galileu.

### 3.2. Corpo do satélite

O corpo do satélite que serve de suporte para viabilizar a missão para qual foi desenvolvido o satélite. Como em qualquer projecto de engenharia, a plataforma é dividida em subsistemas. Cada subsistema é desenvolvido separadamente, testado, montado e no fim todo o conjunto é sujeito aos testes de sistema e de integração.

Tipicamente um satélite tem como subsistemas:

- Controlo de altitude
- Fornecimento de energia
- Comunicação
- Gestão de bordo
- Estrutura e mecanismos
- Controlo térmico
- Propulsão

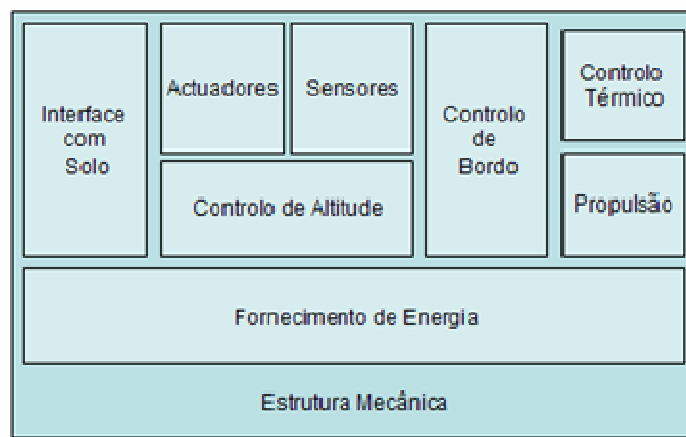


Figura 4 – Subsistemas de um satélite

### 3.3. Sensores

Defina-se como sensor um equipamento capaz de captar energia de um objecto e converte-la em forma de sinal capaz de ser registado e analisado. Isso é possível porque toda a matéria emita radiação electromagnética se estiver com uma temperatura superior ao zero absoluto (0º Kelvin/-273ºC).

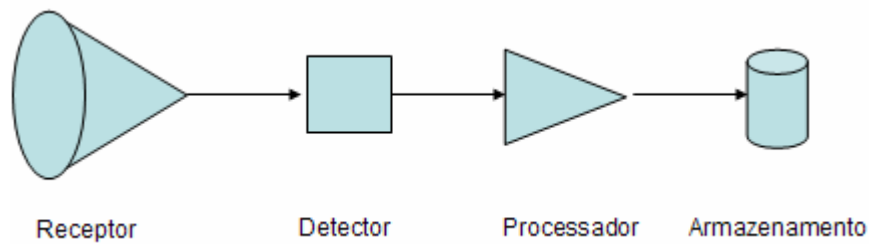
A radiação pode sofrer vários processos quando projectada na superfície de um corpo. Pode ser reflectida, absorvida ou transmitida. Nesses processos podem ocorrer alterações na onda da radiação. Com base nessas alterações, é possível projectar sensores que conseguem analisar elementos como vapor de água ou quantidade de sal presente nas águas dos oceanos. Este comportamento é designado por assinatura espectral.

As principais gamas do feixe electromagnético estudadas são:

- Ondas de rádio.
- Microondas.
- Infravermelho.
- Visível.
- Ultravioleta.
- Raios X.
- Raios Gama.

O processo normal de um sensor é dividido em quatro etapas:

1. Receber a energia.
2. Captar a energia recebida.
3. Processar o sinal
4. Armazenar para uso futuro.



**Figura 5 – Fases de um sensor**

Dependendo da fonte podemos dividir os sensores em dois grupos, activos e passivos. Os sensores passivos limitem-se a receber a radiação pretendida enquanto que os sensores activos enviam uma onda de frequência e depois captam o retorno. Os componentes da onda enviadas são determinadas consoante o tipo de material que se pretende estudarem. Um exemplo de sensor activo é o radar. Um exemplo de um sensor passivo será o sensor de infravermelho. Este tem uma particularidade. Para funcionar correctamente tem que ser arrefecido a baixas temperaturas pois se não o próprio material do sensor seria gerador de ruído.

### **3.4. Controlo de Bordo**

Apesar de não haver uma plataforma comum, a NASA e a ESA entre outros estão a desenvolver sistemas e software que poderão facilitar o reaproveitamento da tecnologia de forma eficiente e eficaz no futuro. Estão a ser desenvolvidos sistemas operativos de tempo real para caberem no satélite e poder correr com os processadores actuais em uso. É comum esquecer que no espaço as condições são agrestes e todo o material electrónico tem que ser blindado para resistir às radiações presentes que não se aplicam na terra.

As funções do Controlo de Bordo são:

- Comunicação interna dos dados.
- Controlo dos dados do corpo do satélite e respectiva resposta.
- Gestão dos modos de operação do satélite.
- Detecção / diagnóstico de avarias como a sai recuperação.
- Recepção, Descodificação e aplicação dos telecomandos recebidos para o payload
- Recepção, Descodificação e aplicação dos telecomandos recebidos para o corpo do satélite.
- Aquisição, formatação, armazenamento e transmissão dos dados obtidos pelo payload.

Os requisitos de um Controlo de Bordo são:

- Alta confiabilidade.
- Capacidade de funcionamento em tempo real.
- Resistente a radiação.
- Minimização de peso/volume.
- Minimização de potência gasta.

### **3.5. Estabilizadores/Propulsor**

Para manter um satélite em funcionamento é necessário mantê-lo na trajectória correcta. Quando o satélite é lançado e posto na orbita, por causa dos efeitos gravitacionais da terra, lua, sol entre outros, torna-se obrigatório ajustar de tempos em tempos a sua altitude e trajectória. Existem várias abordagens consoante o tipo de satélite, estabilizadores activos e passivos. Um satélite pequeno terá como mais rentável o uso de estabilizadores passivos que não necessitam de recursos.

#### **3.5.1. Estabilização Gravitacional**

De todos os métodos usados na indústria, este é de longe o mais usado. Elaborado por Newton, consiste basicamente na alteração da distribuição da massa no satélite. Temos uma barra de varia entre os 4m e os 18 metros com duas esferas contendo um líquido gelatinoso. Um exemplo do funcionamento pode ser efectuado com uma cadeira de rodas. Basca sentar nela e girar com os braços e pernas abertas. Quando já temos uma velocidade adequada, recolhemos ambas as pernas e braços. O resultado passa a ser uma velocidade maior. Ao esticar as pernas e braços reduzimos essa velocidade.

Este método foi utilizado, por exemplo, nas estações espaciais Russas Salyut-6 e Salyut-7, e no Space Shuttle.

### **3.5.2. Estabilização por pressão solar**

Uma fonte de instabilidade pode ser aproveitado para estabilizar um satélite. A radiação solar, por muito insignificante que possa parecer, afecta todos os objectos no espaço. De todos os fótons provenientes do Sol, nem todos são absorvidos pelo satélite. Ao ser reflectidos, causam um efeito de acção e reacção. Para resolver esse problema é de colocar o centro de gravidade do satélite mais perto do sol do que os painéis solares.

### **3.5.3. Estabilização magnética**

Algumas experiências científicas necessitam de estar orientados no sentido do campo magnético. É colocado um magneto no satélite. A interacção entre o magneto e o campo magnético produz uma força restauradora, que coloca o eixo do magneto (e do satélite) alinhado com as linhas de campo nesse local. Esta manobra restaura a posição de equilíbrio do satélite. Utilizando este método, além de estabilizar o satélite, é possível estudar o campo magnético da terra.

### **3.5.4. Estabilização por rotação**

Utilizando um princípio básico da física, inércia dos movimentos, consegue-se uma estabilização do satélite. O princípio é aplicado rodando o corpo do satélite a volta do seu eixo. Ao longo do tempo ocorre erros devidos as perturbações da radiação solar, força gravítica, força magnética, atrito atmosférico entre outros.

### **3.5.5. Propulsão**

Para controlar, redireccionar e corrigir a posição do satélite, são utilizados thusters. Dos vários tipos que são actualmente utilizados o mais comum é serem carregados com gás. Basicamente trata-se de um reservatório com gás em alta pressão que é libertado em pequenas doses, o suficiente para corrigir ou alterar uma rota ou uma posição.

## **3.6. Produção de energia**

Uma das questões que desde o início da era espacial mais preocupou os engenheiros foi como produzir energia no vácuo do espaço, onde a única fonte de energia imediatamente evidente é aquela proveniente do sol. O problema está na fragilidade dos painéis solares e na imaturidade da tecnologia, fraca taxa de conversão na energia solar para energia eléctrica.

São usados, dependendo da missão, duas maneiras de dispor de painéis solares. Montando no corpo do satélite ou então usando painéis independentes que são abertos quando este se encontra na órbita. Estes são normalmente constituídos por silício (Si) ou então de Arseneto de Gálio (GaAs). Acoplados estão as baterias, primárias e secundárias, que tem como componente base o níquel e as mais recentes que já utilizam a tecnologia de Lítio-Ión.

Tem havido experiência de transmissão de energia via raios laser para diminuir o gasto na potência necessária para as comunicações. O conceito foi experimentado com o satélite Artemis, ligando-se ao Spot-4 e retransmitindo os dados para as bases em terra.

No que toca na produção de energia, todo o satélite é designado para não existir problemas em termos de compatibilidade electromagnéticos (EMI e EMC). Os componentes são blindados, separação ao nível dos conectores, utilizando pares inter lançados que são conectados aos fusíveis, relés e limitadores de corrente.