

REDES DE COMPUTADORES

CAMADA FÍSICA

⁽⁴⁾SATÉLITES DE COMUNICAÇÃO

Na década de 1950 e no início dos anos 1960, as pessoas tentavam configurar sistemas de comunicações emitindo sinais que se refletiam em balões meteorológicos metalizados. Em seguida, a marinha dos EUA detectou uma espécie de balão meteorológico que ficava permanentemente no céu: a Lua.

A principal diferença entre um satélite artificial e um real é que o artificial amplifica os sinais antes de enviá-los de volta, transformando uma estranha curiosidade em um avançado sistema de comunicações. Os satélites de comunicações possuem algumas propriedades interessantes, que os tornam atraentes para muitas aplicações.

Em sua forma mais simples, um satélite de comunicações pode ser considerado um grande repetidor micro-ondas no céu.

Ele contém diversos transponders; cada um deles ouve uma parte do espectro, amplifica os sinais de entrada e os transmite novamente em outra frequência, para evitar interferência com o sinal de entrada. Esse modo de operação é conhecido como um canal em curva (bent pipe).

O processamento digital pode ser acrescentado para manipular ou redirecionar separadamente os feixes de dados na banda geral, ou informações digitais ainda podem ser recebidas pelo satélite e retransmitidos.

De acordo com a lei de Kepler, o período orbital de um satélite varia de acordo com o raio da órbita elevado à potência de $3/2$.

Quanto mais alto o satélite, mais longo o período. Perto da superfície da Terra, o período é de cerca de 90 minutos. Consequentemente, os satélites de órbita baixa saem da visão com bastante rapidez (devido ao movimento dos satélites).

A figura abaixo mostra três regiões nas quais os satélites podem ser posicionados com segurança.

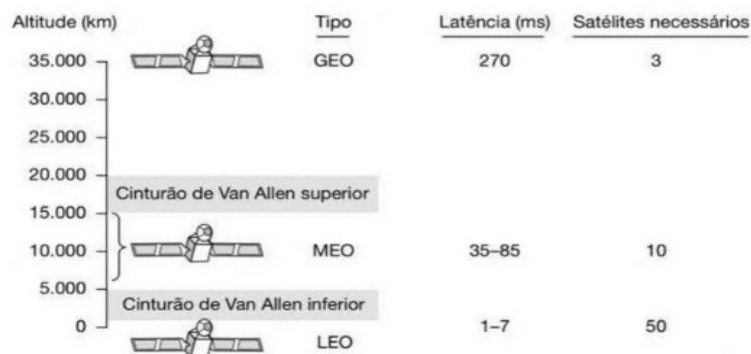


Figura 2.48 Satélites de comunicações e algumas de suas propriedades, inclusive altitude acima da Terra, tempo de atraso de ida e volta, e o número de satélites necessários para cobertura global.

Agora vamos analisar os satélites que habitam cada uma dessas regiões, os **satélites geoestacionários**, os **satélites de órbita média** e os **satélites terrestres de órbita baixa**.

- SATÉLITES GEOESTACIONÁRIOS (GEO)

Em 1945, o escritor de ficção científica Arthur C. Clarke calculou que um satélite na altitude de 35.800 km em uma órbita circular equatorial pareceria permanecer imóvel ao céu, e assim não precisaria ser rastreado

Em sua época, ele descreveu um sistema de comunicação completo que usava satélites geoestacionários (tripulados), incluindo as órbitas, os painéis solares, as frequências de rádio e os procedimentos de lançamento.

Porém, ele concluiu que os satélites eram impraticáveis em virtude da impossibilidade de colocar em órbita amplificadores a válvulas

A invenção do transistor mudou tudo isso, e o primeiro satélite artificial de comunicações, chamado Telstar, foi lançado em julho de 1962

Esses satélites de alta órbita normalmente chamados satélites geoestacionários (GEO)

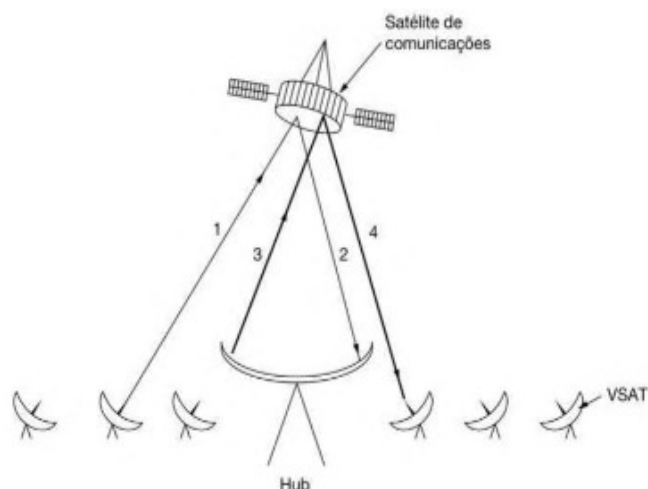
Cada transponder pode usar várias frequências e polarizações, com a finalidade de aumentar a largura de banda disponível

Banda	Downlink	Uplink	Largura de banda	Problemas
L	1,5 GHz	1,6 GHz	15 MHz	Baixa largura de banda; lotada
S	1,9 GHz	2,2 GHz	70 MHz	Baixa largura de banda; lotada
C	4,0 GHz	6,0 GHz	500 MHz	Interferência terrestre
Ku	11 GHz	14 GHz	500 MHz	Chuva
Ka	20 GHz	30 GHz	3.500 MHz	Chuva; custo do equipamento

Principais bandas de satélite.

Um desenvolvimento importante no mundo dos satélites de comunicações foi a criação de microestações de baixo custo, às vezes chamadas de VSATs (Very Small Aperture Terminals)

Em muitos sistemas VSAT, as microestações não tem energia suficiente para se comunicarem diretamente umas com as outras (via satélite). Em vez disso, é necessária uma estação terrestre especial, o **hub**, com uma grande antena de alto ganho para retransmitir o tráfego entre VSATs, como indica a figura abaixo



VSATs utilizando um hub.

Os VSATs apresentam um grande potencial em áreas que não possuem linhas terrestres ou torres de celular

Os VSATs fornecem a tecnologia que irá acabar de conectar o mundo e também podem oferecer acesso à Internet para usuários de smartphones em áreas onde não existe infraestrutura terrestre, o que acontece em grande parte do mundo em desenvolvimento

Outra propriedade importante dos satélites é que eles são basicamente meios de difusão, pois permitem a comunicação global, transmitindo sinais de rádio, televisão e dados para áreas amplas, incluindo regiões remotas.

Do ponto de vista da privacidade, os satélites são um completo desastre: todo mundo pode ouvir tudo. A criptografia é essencial para confidencialidade

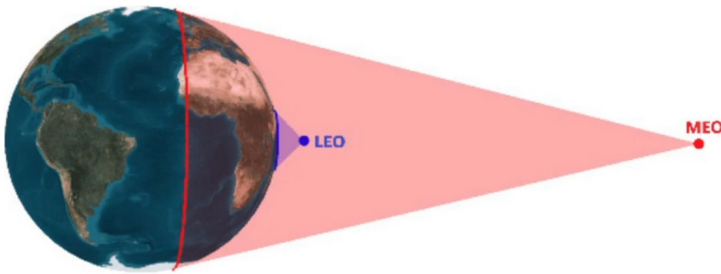
- SATÉLITES DE ÓRBITA MÉDIA (MEO)

Entre os dois cinturões de Van Allen, encontramos os Satélites MEO (Medium-Earth Orbit). Vistos da terra, esses satélites se deslocam lentamente em longitude, levantando cerca de 6 horas para circular a Terra

Consequentemente, eles devem ser acompanhados à medida que se movem pelo céu. Pelo fato de estarem em órbitas mais baixas que os GEOs, têm uma área de cobertura menor no solo e exigem transmissores menos potentes para alcançá-los

Atualmente esses satélites não são usados para telecomunicações, portanto, não serão examinados a fundo

A constelação de cerca de 30 satélites GPS que estão em órbita a cerca de 20.200 km de altitude são exemplos de satélites MEO



- SATÉLITES DE ÓRBITA BAIXA (LEO)

A uma altitude menor, encontramos os satélites LEO (Low-Earth Orbit). Em razão de seu rápido movimento, são necessárias grandes quantidades desses satélites para formar um sistema completo. No entanto, pelo fato de os satélites estarem muito próximos da Terra, as estações terrestres não precisam de muita potência, e o atraso de ida e volta é muito menor: as implementações veem latências de ida e volta em qualquer lugar entre cerca de 40 e 150 milissegundos. O custo de lançamento também é muito mais baixo

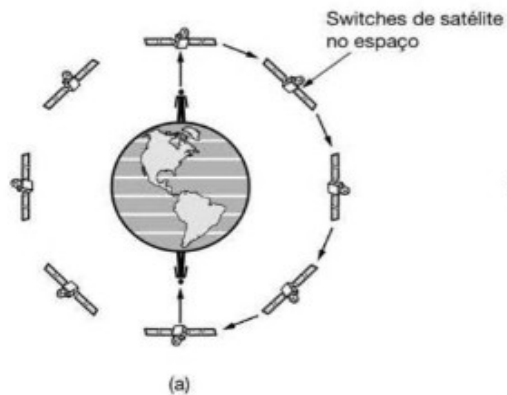
- Projeto Iridium



Cada satélite tem
quatro vizinhos

Em 1990, a Motorola deu início a um novo empreendimento e enviou à FCC, solicitando permissão para lançar 77 satélites de baixa órbita para o projeto Iridium (o elemento 77 é o irídio)

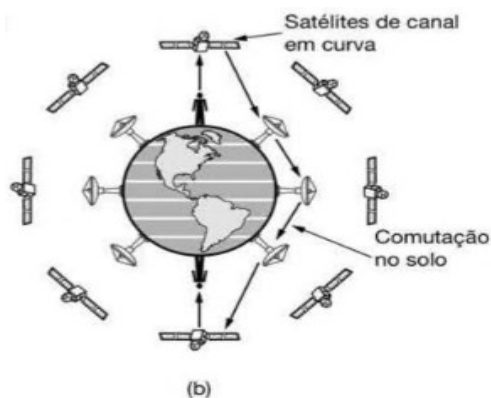
O serviço de comunicação teve início em novembro de 1998, porém a demanda comercial por grades e pesados telefones via satélite era desprezível, porque a rede de telefonia móvel havia crescido de modo espetacular em 1990. Como consequência, o Iridium não gerou lucro e foi a falência em agosto de 1999



O serviço Iridium foi reiniciado em março de 2001, e tem crescido desde então. Há serviços de voz, dados, busca, fax e navegação em qualquer lugar do mundo, qualquer mesmo, com dispositivos portáteis que se comunicam diretamente com os satélites Iridium

Uma propriedade interessante do Iridium é que a comunicação entre clientes distantes ocorre nos espaço, como a figura ao lado sugere

- Projeto Globalstar



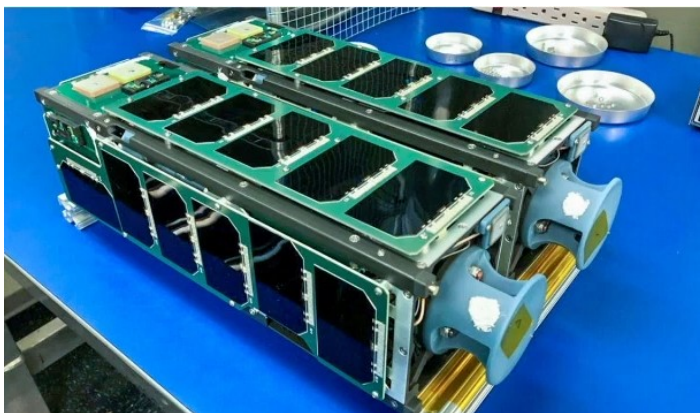
Um projeto alternativo para o Iridium é o Globalstar. Ele se baseia em 48 satélites LEO, mas utiliza um esquema de comutação diferente do usado no Iridium

Este retransmite as chamadas de satélite para satélite, o que exige sofisticado equipamento de comutação nos satélites. O Globalstar utiliza um projeto tradicional de canal em curva como a figura ao lado mostra.

Uma chamada é originada em um determinado ponto e então, a chamada é roteada por uma rede terrestre até a estação terrestre mais próxima ao destino, entregue por uma conexão de canal em curva.

A vantagem desse esquema é que ele coloca a maior parte da complexidade no solo, onde é mais fácil administrar. Além disso, o uso de grandes antenas nas estações terrestres, capazes de emitir um sinal potente e receber um sinal fraco, significa que podem ser utilizados telefones de potência mais baixa

- Cubesats



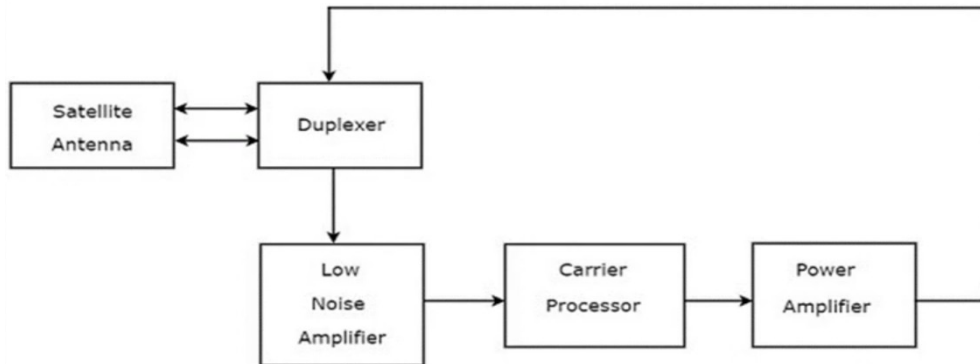
São satélites em unidades de cubos de 10 em x 10 cm x 10 cm, cada um pesando menos de 1 kg, que podem ser lançados a partir de US\$ 40.000 cada.

Porém, ele não tem muita potência para gerar frequências muito altas, o que faz com que trabalhe em frequências baixas, logo ele possui pouca capacidade de transmissão

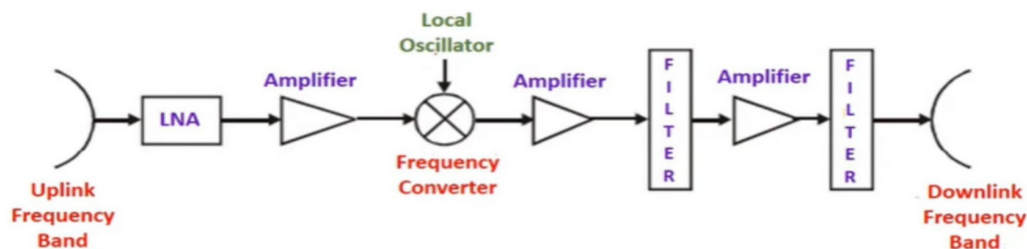
A maioria deles se comunica com estações terrestres nas faixas de UHF e VHF

- **TRANSPONDERS**

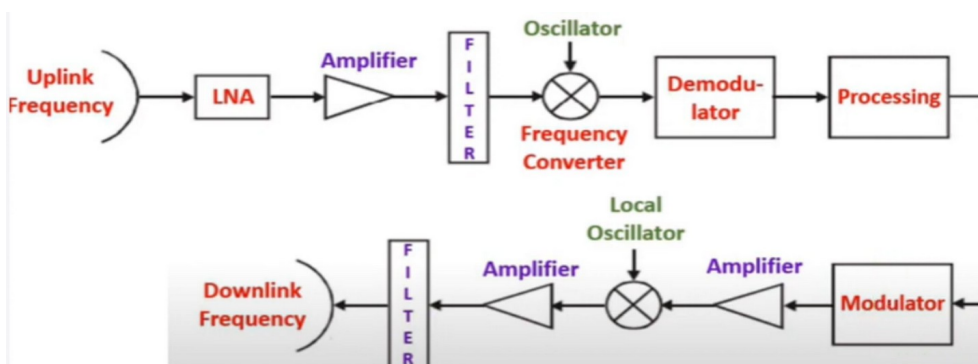
- Os transponders desempenham principalmente a função de **receber um determinado sinal** e, em seguida, **processar, amplificar e retransmitir** o **sinal** para outro local ou estação base da terra
- Isso é atingido escolhendo frequências diferentes para **uplink** e **downlink** para que não haja interferência entre os sinais transmitidos e recebidos



- **Antena de Satélite** : antena de satélite é usada para transmitir e receber os sinais
- **Duplexer** : É uma porta de micro-ondas bidirecional que recebe o sinal Uplink da antena satélite e transmite o sinal downlink para a antena satélite
- **Amplificador de baixo ruído (LNA)** : É usado para amplificar um sinal recebido fraco e aumentar a potência do sinal
- **Processador Portadora** : Desempenha a função de converter sinais de frequência mais alta em uma frequência mais baixa, também conhecida como conversão descendente de frequência de um sinal recebido (uplink)
- **Amplificador de potência** : É usado para amplificar a potência do sinal convertido para baixo (downlink) que é recebido pelo processador portador até o nível necessário
- **Transponder de conversão única** :



- **Transponder regenerativo** :



- Um transponder:



2 – PROJETO STARLINK

Em 24 de maio de 2019, a empresa norte-americana SpaceX lançou o primeiro lote de 60 protótipos de distribuição pela Internet Starlink

Satélites em uma órbita circular da Terra de 430 km, e em poucas horas, astrônomos amadores e profissionais expressaram surpresa e preocupação com o brilho da cadeia de satélites de dispersão lenta. Nos dias seguintes, os satélites desvaneceram-se em várias magnitudes à medida que ajustavam a orientação dos seus painéis solares, e perderam mais 0,5 mag à medida que suas órbitas foram elevadas à altura operacional de 550 km.

E foi só o começo do projeto que prevê uma constelação de satélites de baixa órbita.

Várias outras empresas dos Estados Unidos, Europa e China propuseram “megaconstelações” semelhantes de milhares a dezenas de milhares de satélites.

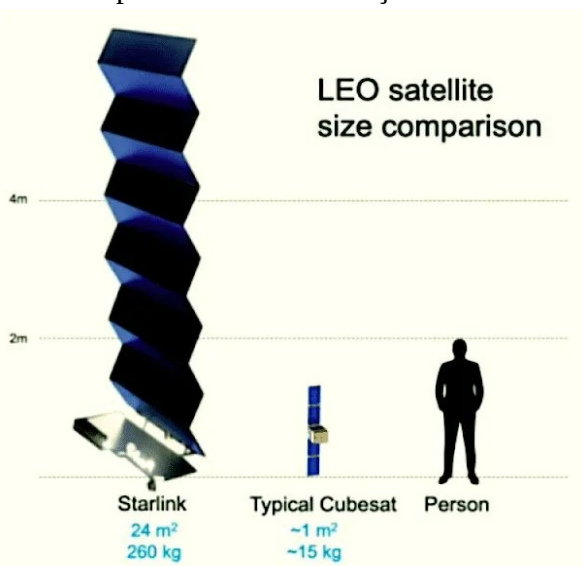
Muitos deles são para telecomunicações, mas também foram sugeridos sistemas de imagens da Terra.

Das propostas de curto prazo, Starlink é aquela com o maior impacto esperado de poluição luminosa e é a primeira a ser amplamente implantada.

Os satélites StarLink têm 260 kg de massa e consistem num painel plano com cerca de 3 m de diâmetro no qual estão montadas antenas de comunicação e sistemas de propulsão.

Juntamente com um painel solar perpendicular ao barramento principal com cerca de 9 m de comprimento.

No zênite, a 550 km de altitude da camada inicial da constelação, subtenderão portanto um ângulo entre “1 e 4” dependendo da orientação.

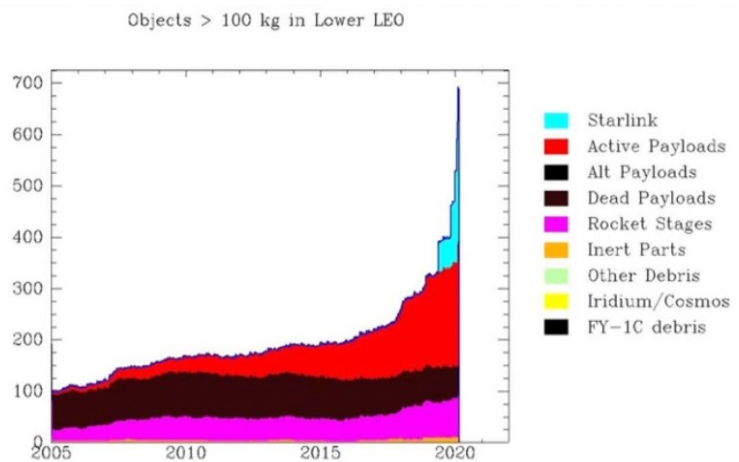
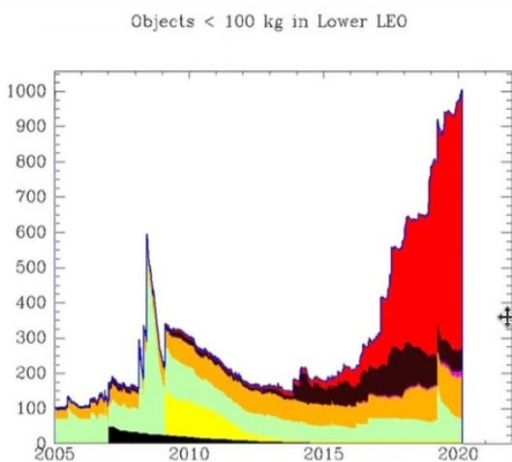
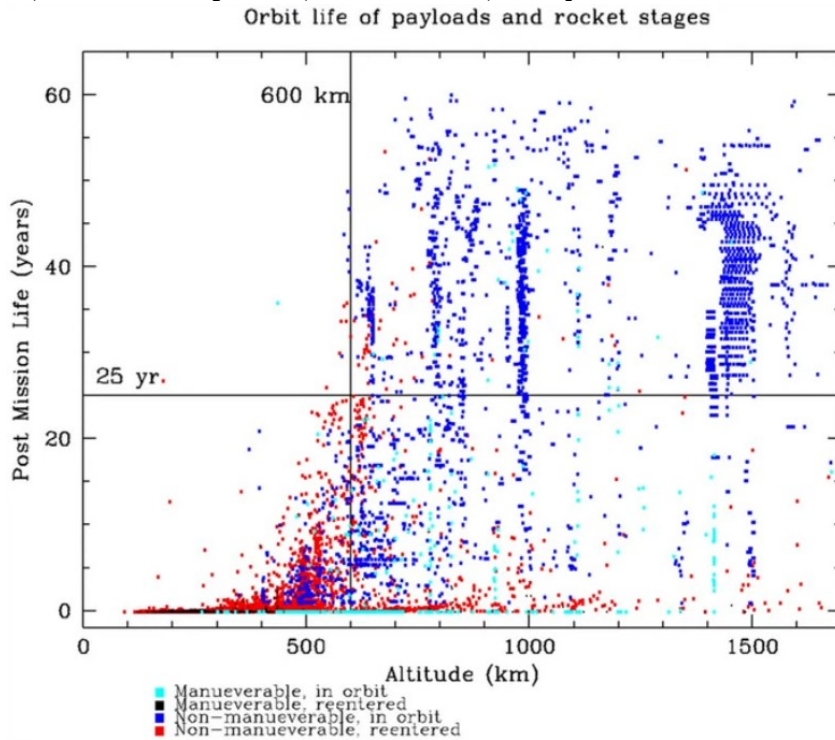


Segundo (McDowell 2018) até cerca de 2.000 km acima dos quais a intensidade dos cinturões de radiação torna mais difícil a operação dos satélites

Para evitar fugas colisionais, as recomendações atuais defendem que os objetos espaciais sejam removidos do LEO dentro de 25 anos após o final das operações

Abaixo de cerca de 600 km, os efeitos do arrasto atmosférico garantirão a reentrada do satélite nesta escala de tempo para a maioria dos satélites, sem a necessidade de qualquer ação especial

Como resultado indireto dessas diferentes vidas, as populações de satélites no LEO inferior (100-600 km) e no LEO superior (600-2.000 km) são qualitativamente diferentes



A constelação inicial de 1.584 satélites aprovada pela FCC em 2016 e modelada por Seitzer em 2020 foi substituída

Outros registros da FCC estendem a constelação proposta para cerca de 12.000 satélites. Registros sob o rótulo USASAT-NGSO-3 junto à União Internacional de Telecomunicações (UIT) em 2019

Outubro sugere que estão previstos cerca de 30.00 satélites.