

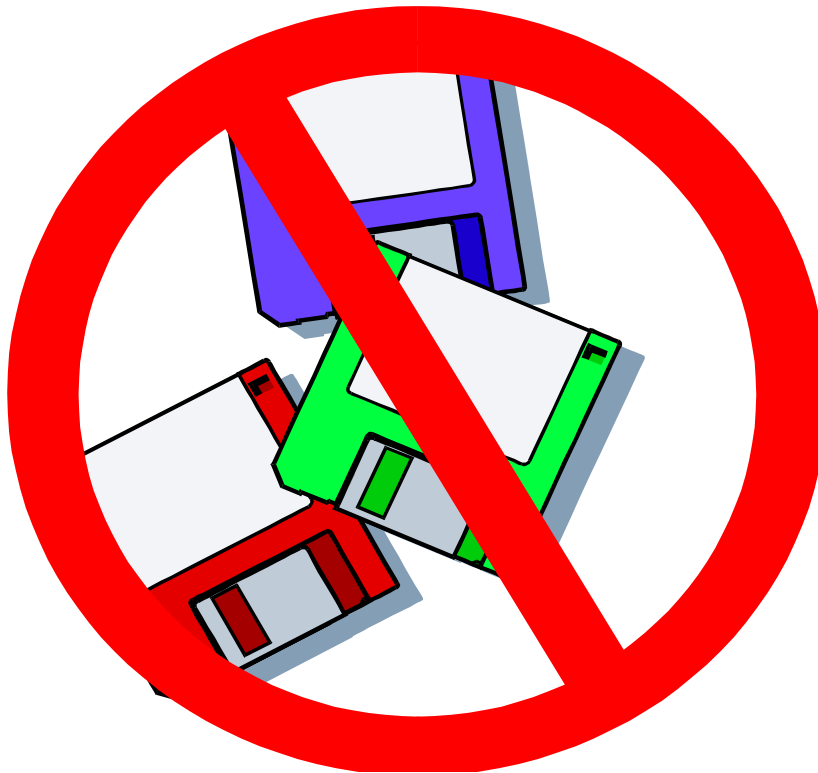
Comunicações via satélite

SEL 413 Telecomunicações

Amílcar Careli César
Departamento de Engenharia Elétrica da EESC-USP



Atenção!



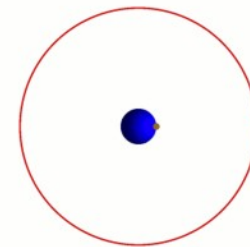
- ✓ Este material didático é planejado para servir de apoio às aulas de **SEL-413: Telecomunicações**, oferecida aos alunos regularmente matriculados no curso de engenharia aeronáutica.
- ✓ Não são permitidas a reprodução e/ou comercialização do material.
- ✓ solicitar autorização ao docente para qualquer tipo de uso distinto daquele para o qual foi planejado.

Início

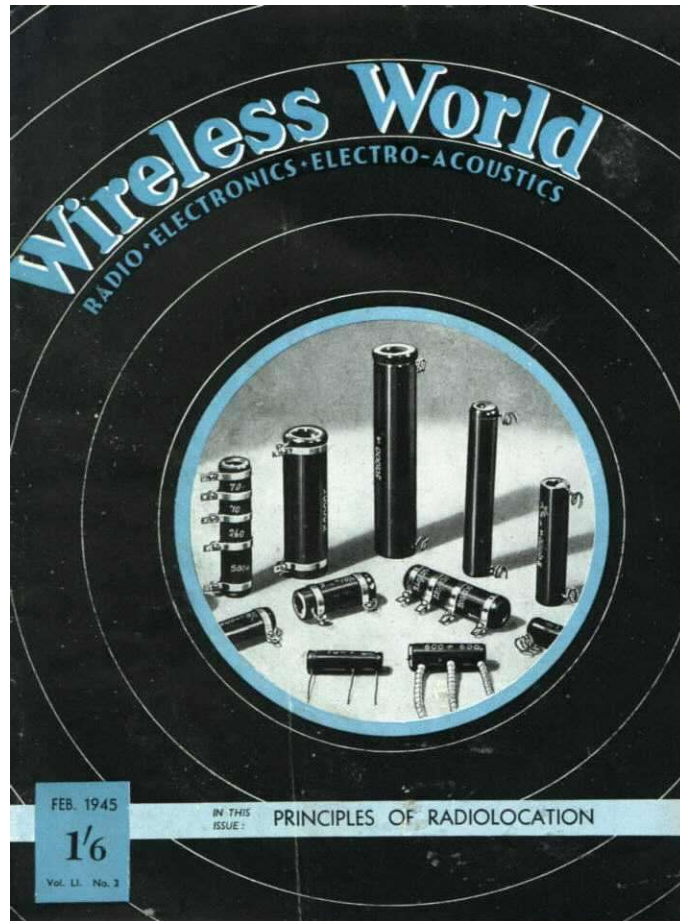
- ✓ "The Brick Moon" de Edward Everett Hale, série publicada mensalmente na revista The Atlantic Monthly (1869)
- ✓ Jules Verne's em The Begum's Fortune (1879)
- ✓ Konstantin Tsiolkovsky (1857–1935) em Means of Reaction Devices (1903)
- ✓ Herman Potočnik (1892–1929) publicou o livro The Problem of Space Travel—The Rocket Motor (1928)
- ✓ Wireless World publicou artigo de Arthur C. Clarke (1917–2008), escritor de ficção científica (1945)
- ✓ Ref.: <http://en.wikipedia.org/wiki/Satellite>

Arthur C. Clarke-1

- ✓ Em fevereiro de 1945, um artigo escrito por Arthur C. Clark e publicado na revista *Wireless World* descrevia o potencial de utilização de satélites em comunicações
- ✓ Em 1974, Arthur C. Clarke disse em entrevista à Australian Broadcasting Corporation (ABC) que em 2001 todas as residências teriam um computador e estariam conectadas a todo mundo



Arthur C. Clarke-2



Wireless World																							
Radio and Electronics																							
35th YEAR OF PUBLICATION																							
OCTOBER 1945																							
<p>Proprietors : ILIFFE & SONS LTD.</p> <p>Managing Editor : HUGH S. POCOCK, M.I.E.E.</p> <p>Editor : H. F. SMITH</p> <p>Editorial, Advertising and Publishing Offices: DORSET HOUSE, STAMFORD STREET, LONDON, S.E.1.</p> <p>Telephone : Waterloo 3333 (35 lines).</p> <p>Telegrams : "Ethaworld, Sedist, London."</p> <p style="text-align: center;">△</p> <p>PUBLISHED MONTHLY</p> <p>Price : 1/6 (Publication date 26th of preceding month)</p> <p>Subscription Rate : Home and Abroad 20/- per annum.</p>	<table border="0"> <tr> <td>MONTHLY COMMENTARY</td> <td style="text-align: right;">289</td> </tr> <tr> <td>RADAR PRODUCTION</td> <td style="text-align: right;">290</td> </tr> <tr> <td>AMATEUR TRANSMISSION By "Etheris"</td> <td style="text-align: right;">296</td> </tr> <tr> <td>FUNDAMENTALS OF RADAR—I.. .. .</td> <td style="text-align: right;">299</td> </tr> <tr> <td>RANDOM RADIATIONS By "Diallist"</td> <td style="text-align: right;">303</td> </tr> <tr> <td>EXTRA-TERRESTRIAL RELAYS By Arthur C. Clarke</td> <td style="text-align: right;">305</td> </tr> <tr> <td>CONTRAST EXPANSION (Concluded) By J. G. White</td> <td style="text-align: right;">309</td> </tr> <tr> <td>LETTERS TO THE EDITOR</td> <td style="text-align: right;">313</td> </tr> <tr> <td>UNBIASED. By Free Grid</td> <td style="text-align: right;">316</td> </tr> <tr> <td>WORLD OF WIRELESS</td> <td style="text-align: right;">317</td> </tr> <tr> <td>RECENT INVENTIONS</td> <td style="text-align: right;">320</td> </tr> </table>	MONTHLY COMMENTARY	289	RADAR PRODUCTION	290	AMATEUR TRANSMISSION By "Etheris"	296	FUNDAMENTALS OF RADAR—I.. .. .	299	RANDOM RADIATIONS By "Diallist"	303	EXTRA-TERRESTRIAL RELAYS By Arthur C. Clarke	305	CONTRAST EXPANSION (Concluded) By J. G. White	309	LETTERS TO THE EDITOR	313	UNBIASED. By Free Grid	316	WORLD OF WIRELESS	317	RECENT INVENTIONS	320
MONTHLY COMMENTARY	289																						
RADAR PRODUCTION	290																						
AMATEUR TRANSMISSION By "Etheris"	296																						
FUNDAMENTALS OF RADAR—I.. .. .	299																						
RANDOM RADIATIONS By "Diallist"	303																						
EXTRA-TERRESTRIAL RELAYS By Arthur C. Clarke	305																						
CONTRAST EXPANSION (Concluded) By J. G. White	309																						
LETTERS TO THE EDITOR	313																						
UNBIASED. By Free Grid	316																						
WORLD OF WIRELESS	317																						
RECENT INVENTIONS	320																						
<p>Branch Offices ;</p> <p>COVENTRY : 8-10, Corporation Street, Telephone : Coventry 5210. Telegrams : "Autocar, Coventry."</p> <p>BIRMINGHAM : Guildhall Buildings, Navigation Street 2. Telephone : Midland 2971 (5 lines). Telegrams : "Autopress, Birmingham."</p> <p>MANCHESTER : 260, Deansgate, 3. Telephone : Blackfriars 4412 (4 lines). Telegrams : "Iliffe, Manchester."</p> <p>GLASGOW : 26ⁿ, Renfield Street, C.2. Telephone : Central 4857. Telegrams : "Iliffe, Glasgow."</p> <p style="text-align: center;">△</p> <p><i>As many of the circuits and apparatus described in these pages are covered by patents, readers are advised, before making use of them, to satisfy themselves that they would not be infringing patents.</i></p>																							

<http://lakdiva.org/clarke/1945ww/>
www.clarkefoundation.org/sample-page/

Aplicações

✓ **Comunicações**

- telefonia, TV, dados, radiodifusão

✓ **Navegação**

- início de atividades em 1967, quando os E.U.A. lançaram 5 satélites do sistema TRANSIT

✓ **Previsão do tempo**

- Tiros I (E.U.A.) foi o primeiro satélite meteorológico, lançado em abril de 1960

✓ **Sensoriamento remoto**

- Principalmente para a obtenção de imagens

✓ **Defesa**

- Observação de movimento de exércitos

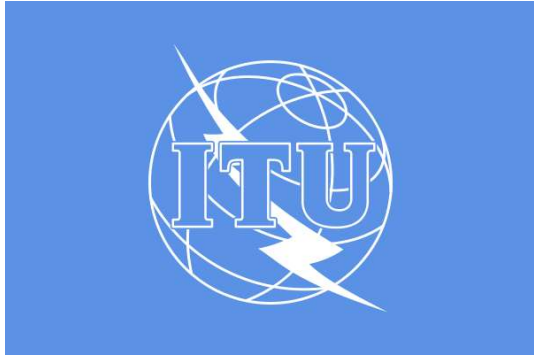
Primeiros satélites

- ✓ 1957: Sputnik
 - bola de aço e alumínio; 58 cm de diâmetro; emitia para a Terra um bip (20 e 40 MHz)
- ✓ Projeto Echo (1 e 2): agosto de 1960 e 1964
 - balão de polímero/alumínio (mylar); 30 metros de diâmetro; refletia sinais de rádio (micro-onda); transmissor em 107,9 MHz
- ✓ Julho de 1962: AT&T lança o 1º satélite de comunicações
 - 1a. transmissão de TV entre estações nos EUA, Inglaterra e França
- ✓ Abril de 1965: Early Bird
 - satélite comercial; órbita de 35.860 km; 39 kg; durou 4 anos

Vantagens das comunicação via satélite

- ✓ **Economia**
 - Custo da comunicação não depende da distâncias entre pontos
- ✓ **Capacidade de Ampla Difusão (broadcast)**
 - Retransmite sinal de 1 estação terrestre para inúmeros receptores terrestres
- ✓ **Faixa Larga**
 - Compatibilidade com larguras de faixa de outros sistemas de comunicação
- ✓ **Cobertura Ampla**
 - 42% da superfície terrestre podem ser cobertos por um satélite geoestacionário. ITU restringe cobertura
- ✓ **Livre de barreiras naturais**
 - Montanhas, cidades, edificações, desertos, oceanos. Capacidade de integração territorial
- ✓ **Cobertura de Regiões Rurais e em Desenvolvimento**
 - Com a mesma qualidade de serviço

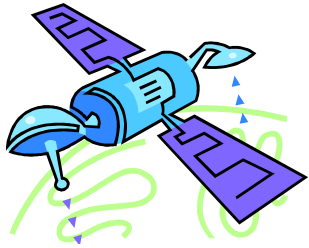
União Internacional de Telecomunicações—UIT



- ✓ Union internationale des télécommunications
- ✓ Faz parte deste organismo 185 países e 363 membros
- ✓ Fundada em Paris em 1865 com o nome de International Telegraph Union
- ✓ Em 1934 passa a ter o nome atual
- ✓ Em 1947 passa a ser um agência especializada da ONU
- ✓ A sede da UIT é em Genebra, Suíça
- ✓ Estrutura
 - Assembléia geral
 - Conselho executivo
 - Secretaria geral
 - Setores
 - Radiocomunicações
 - Padronização
 - Desenvolvimento

www.itu.int/en/Pages/default.aspx

Faixas de frequências (IEEE)



Designação	Faixa (GHz)		
HF	0,003	-	0,03
VHF	0,03	-	0,3
UHF	0,3	-	1,0
banda L	1,0	-	2,0
banda S	2,0	-	4,0
banda C	4,0	-	8,0
banda X	8,0	-	12,0
banda Ku	12,0	-	18,0
banda K	18,0	-	27,0
banda Ka	27,0	-	40,0
milimétrica	40,0	-	300,0
sub-milimétrica		>	300,0

1 GHz
corresponde
a 10^9 Hz



Frequências de satélites geoestacionários no Brasil

Enlace Subida Frequência (MHz)	Enlace Descida Frequência (MHz)	Largura de faixa dos Transponders (MHz)
5.927 a 5.963	3.702 a 3.738	36
5.967 a 6.003	3.742 a 3.778	36
6.007 a 6.043	3.782 a 3.818	36
6.047 a 6.083	3.822 a 3.858	36
6.087 a 6.123	3.862 a 3.898	36
6.127 a 6.163	3.902 a 3.938	36
6.167 a 6.203	3.942 a 3.978	36
6.207 a 6.243	3.982 a 4.018	35
6.367 a 6.403	4.142 a 4.178	36
14.058,25 a 14.071,75	11.758,25 a 11.771,75	13,5
14.136,25 a 14.163,25	11.836,25 a 11.863,25	27
14.288,75 a 14.315,75	14,288,75 a 14.315,75	27

prestadoras de telefonia fixa, celular ou comunicação multimídia; prestadoras de serviço de tv por assinatura via satélite (DTH);
prestadoras serviço móvel global por satélite (SMGS)

A polarização para os enlaces de subida é vertical e para os enlaces de descida horizontal. (Ato 66.458 de 14/08/07)

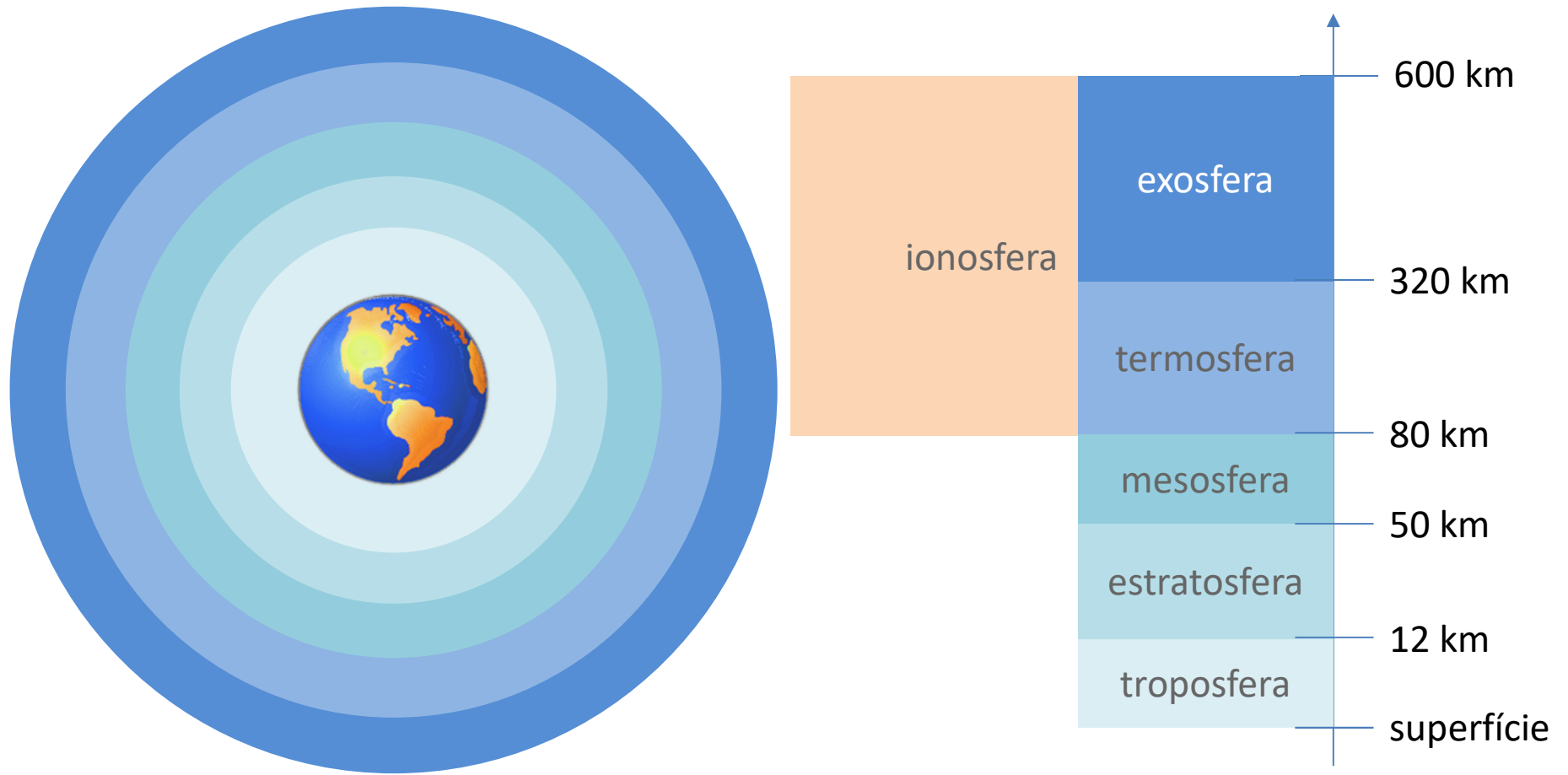
<http://www.teleco.com.br/sat.asp>

Empresas Detentoras de Direito de Exploração de Satélite Brasileiro

Operador do Satélite	Satélite	Banda	Posição Orbital	Em Operação
Hispamar	AMAZONAS-1	C, Ku e Ka	61,0º W	Sim
	AMAZONAS-2			
HNS	HNS, HNS* e HNS**	Ka, S e Ku	45,0º W	Não
Star One	BRASILSAT-B2	C	92,0º W	Sim
	BRASILSAT-B3	C	75,0º W	Sim
	BRASILSAT-B4	C	84,0º W	Sim
	STAR ONE-C1	C, X, Ku	65,0º W	Sim
	STAR ONE-C2	C, X, Ku	70º W	Sim
	STAR ONE -C3	C e Ku	75,0º W	Sim
	STAR ONE-D1	Ka	70º W	Não
	STAR ONE-C4	Ku	70º W	Não
	STAR ONE -C4	C,L,S	75,0º W	Não
	STAR ONE -C5	C e Ku	68,0º W	Não
	STAR ONE -C6	Ku	84º W	Não
	STAR ONE -D2	Ka	84º W	Não
Telesat	Estrela do Sul 2	Ku	63º W	Sim

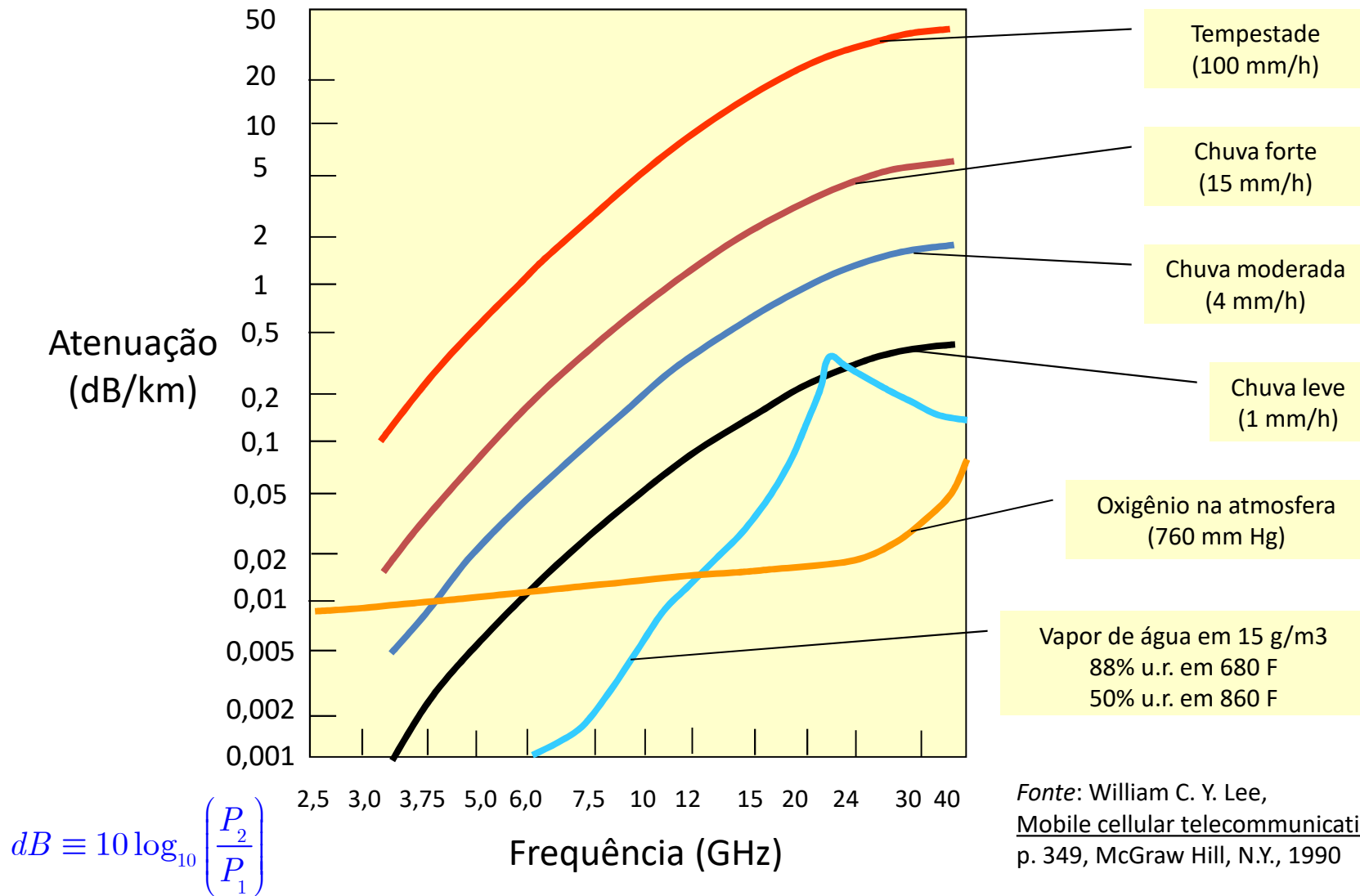
Ref.: http://www.teleco.com.br/sat_rel.asp

Atmosfera terrestre



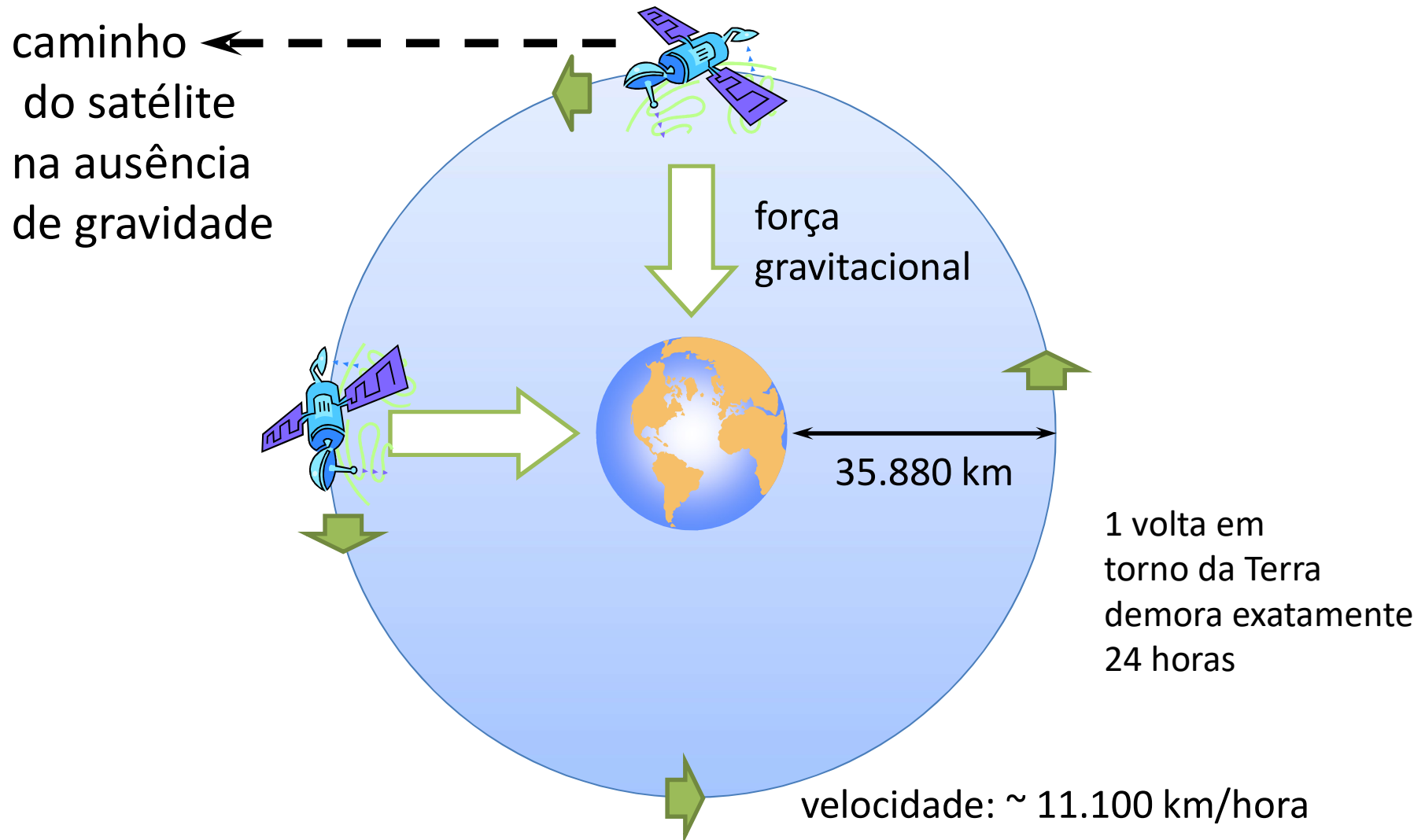
Calculadora de propriedades da atmosfera: www.aerospaceweb.org/design/scripts/atmosphere/

Absorção atmosférica

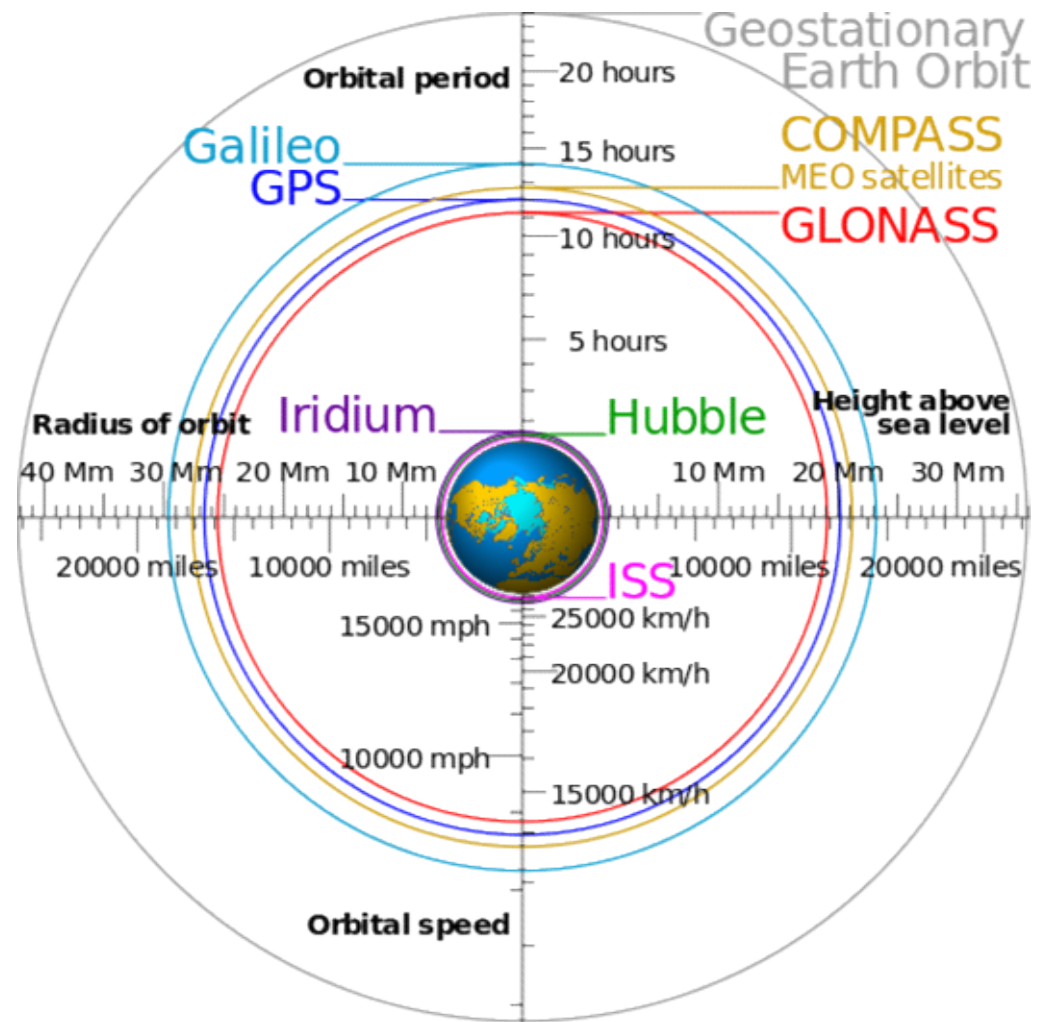
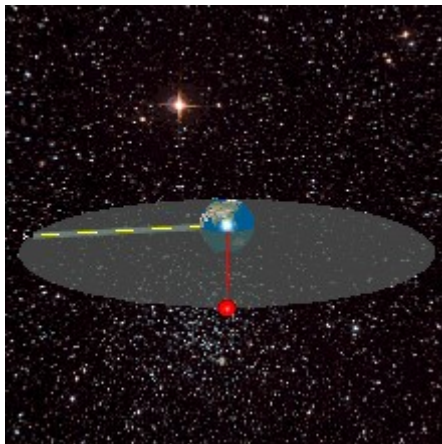
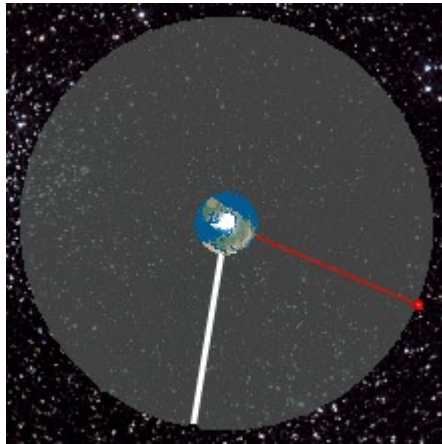


Fonte: William C. Y. Lee, Mobile cellular telecommunications systems, p. 349, McGraw Hill, N.Y., 1990

Órbita de satélite geoestacionário-1

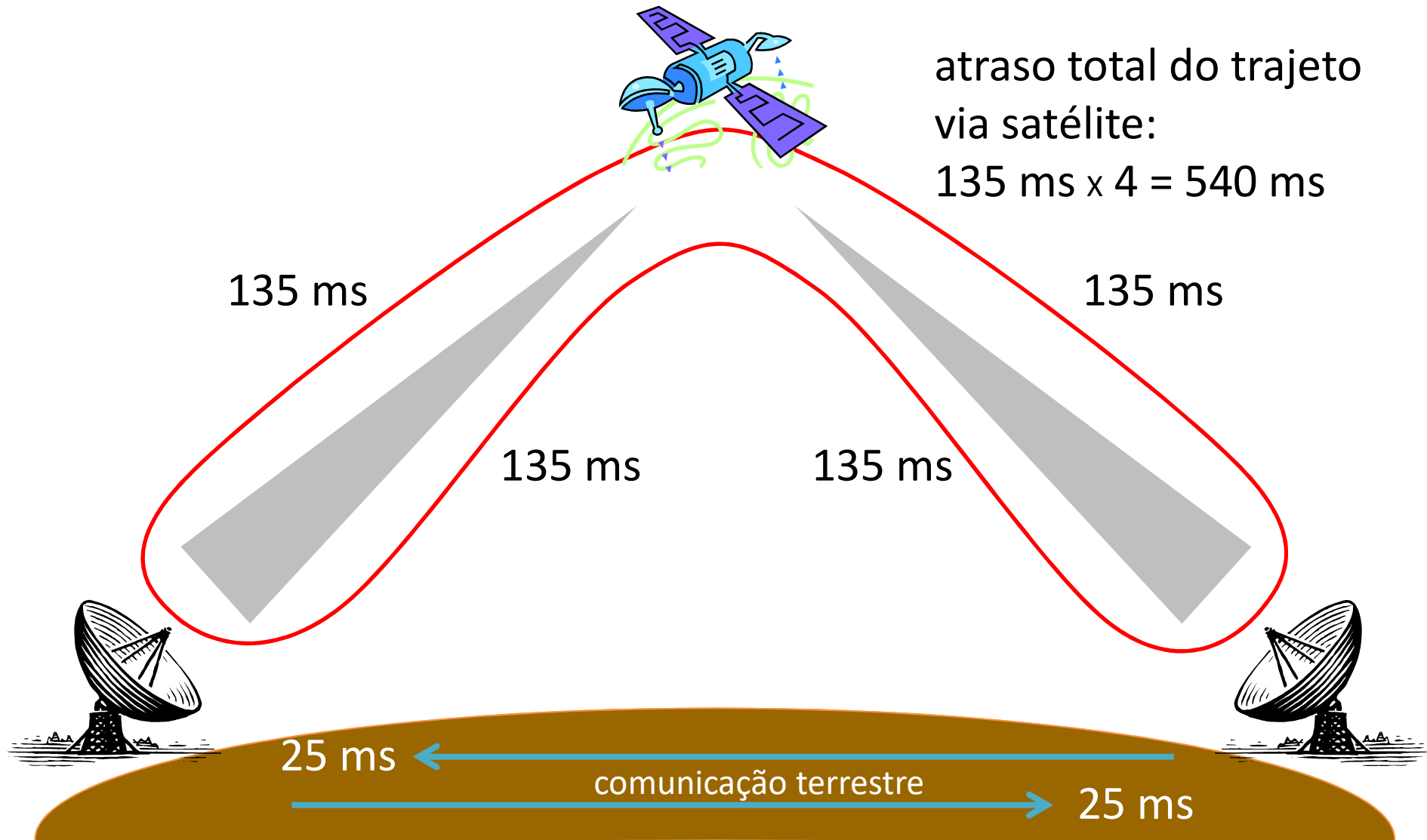


Órbita de satélite geoestacionário-2

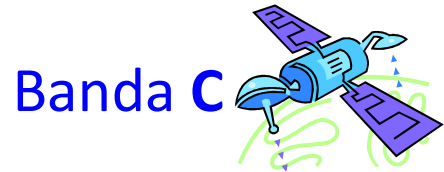


Ref.: http://en.wikipedia.org/wiki/Geostationary_orbit

Enlace e tempo de atraso

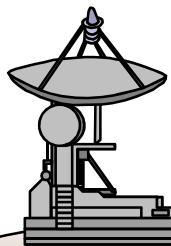


Bandas de operação



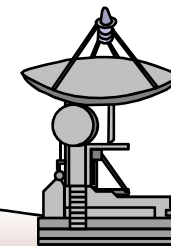
6 GHz

4 GHz



14 GHz

12 GHz



Confiabilidade de um satélite de comunicações

Item	Confiabilidade
Comunicações	0,90
Determinação da posição (attitude) e controle	0,93
Potência elétrica	0,96
Propulsão	0,997
Telemetria, comando e alcance	0,95
Integração elétrica e mecânica	0,986
Confiabilidade total	0,75

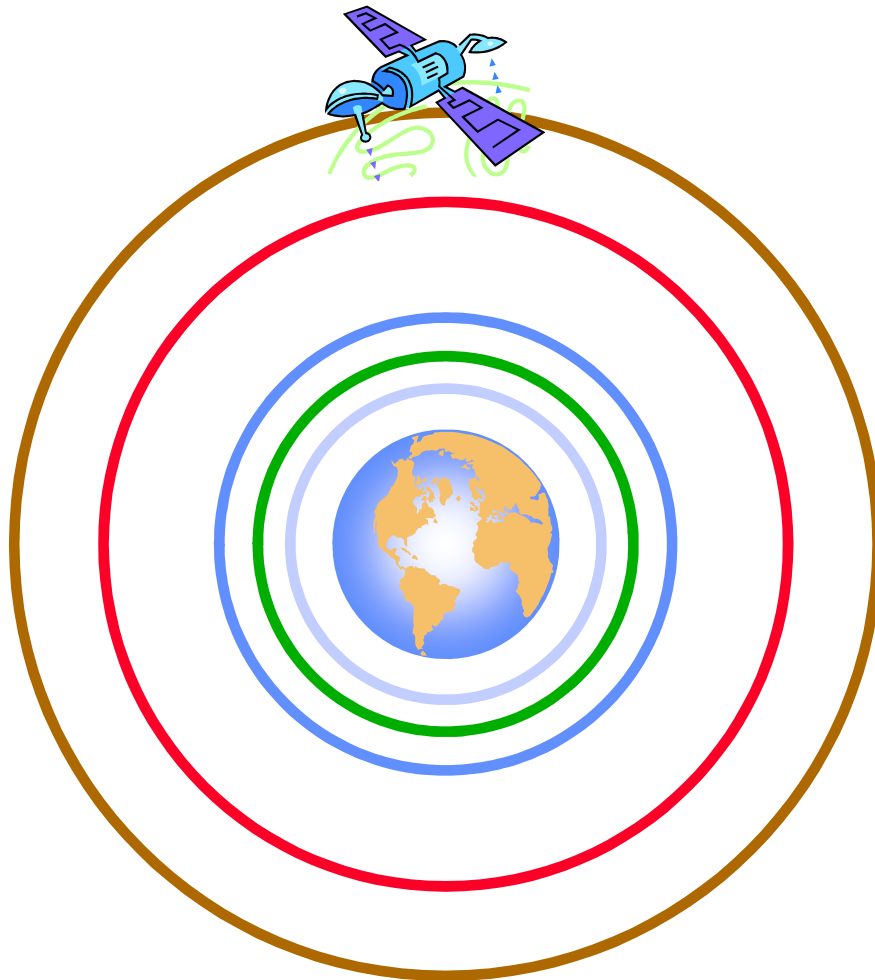
Confiabilidade é a probabilidade do satélite cumprir a sua missão após ser lançado e alcançar a órbita projetada

Valores para vida útil de 7 anos

Não inclui sucesso do lançamento

Fonte: G.D. Gordon e W.L. Morgan, Principles of Communications Satellites, Wiley Interscience, 1993

Consórcios de satélites



IRIDIUM - 780 km

GLOBALSTAR - 1.414 km

ECCO† - 2.000 km

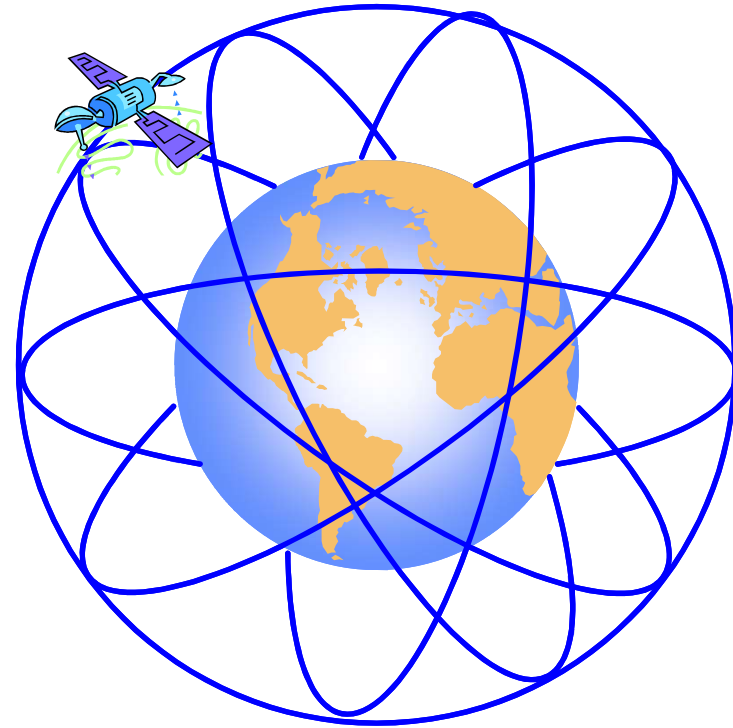
ELLIPSO† - 7.800 - km

INMARSAT - 10.300 km

ODISSEY† - 10.354 km

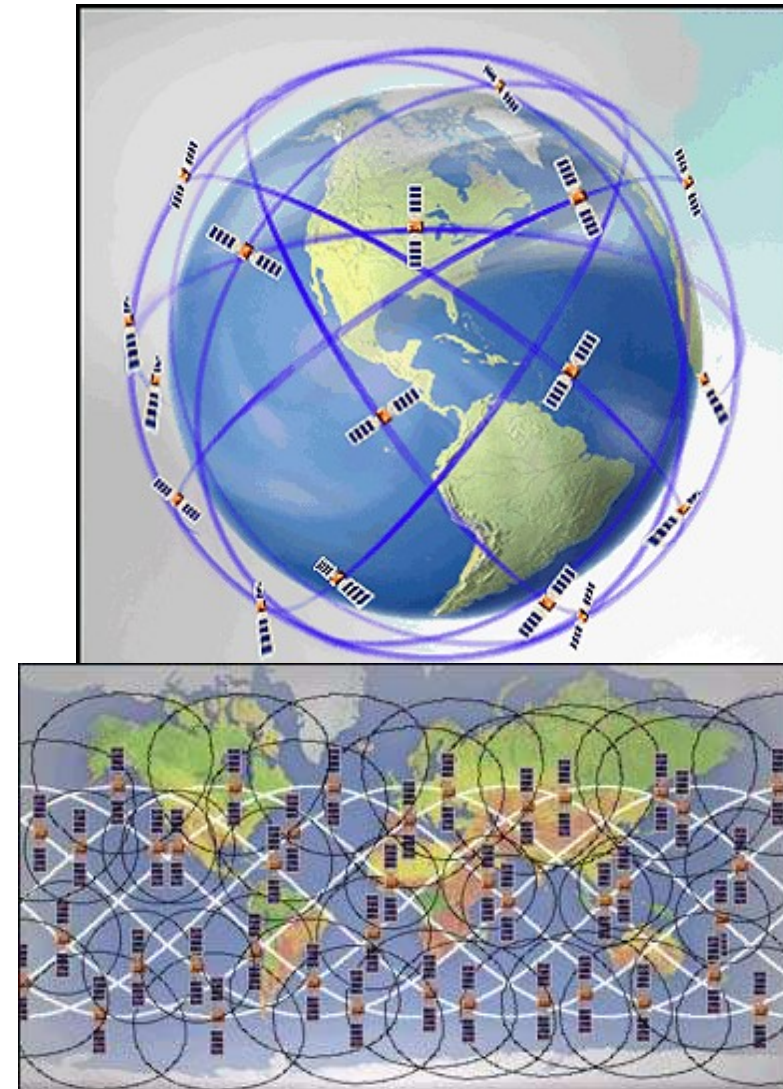
GLOBALSTAR

- ✓ 32 satélites
- ✓ 1.414 km de altitude
- ✓ Empresas
 - ✓ Loral Qualcomm Satellite (projeto)
 - ✓ Alcatel (França)
 - ✓ Hyundai (Coréia)
 - ✓ Vodafone (Inglaterra)
- ✓ Custo inicial
 - ✓ US\$ 1,8 bilhão



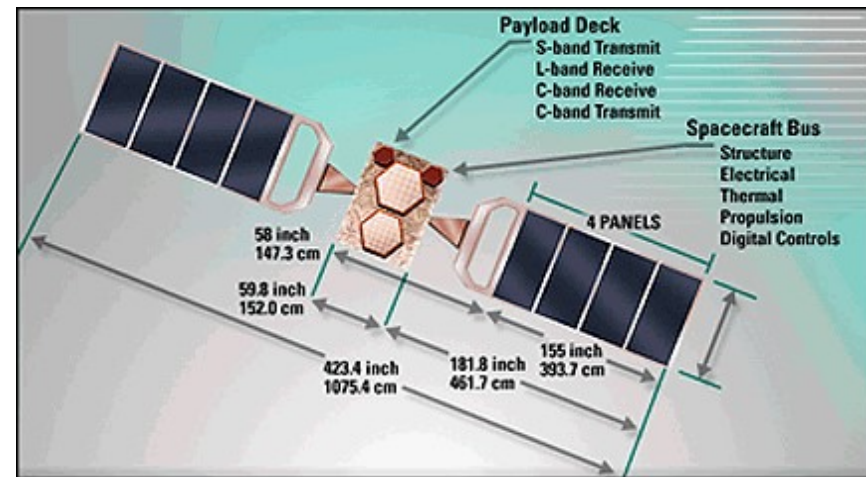
Globalstar: órbitas

- ✓ 56 satélites
 - 48 ativos: 6 satélites em 8 planos de mesma altitude
 - 8 satélites de reserva
- ✓ órbita
 - circular com 52° de inclinação em relação ao equador
 - LEO (“low earth orbit”)
 - altitude de 1.414 Km
- ✓ período de cada órbita
 - 113 minutos
- ✓ cobertura
 - latitude 70° S a 70° N



Globalstar: satélites

- ✓ baixo custo
- ✓ 450 kg
- ✓ potência de 1.100 W
 - painéis solares que acompanham o Sol
- ✓ utiliza o GPS para manter-se na órbita
- ✓ vários sensores e sistemas para economizar propelente
- ✓ vida de 7 anos e meio
- ✓ várias antenas



✓ Freqüências

- usuário para satélite
 - 1610-1626.5 MHz
- satélite para usuário
 - 2483.5-2500 MHz
- gateway para satélite
 - 5091-5250 MHz
- satélite para gateway
 - 6875-7055 MHz

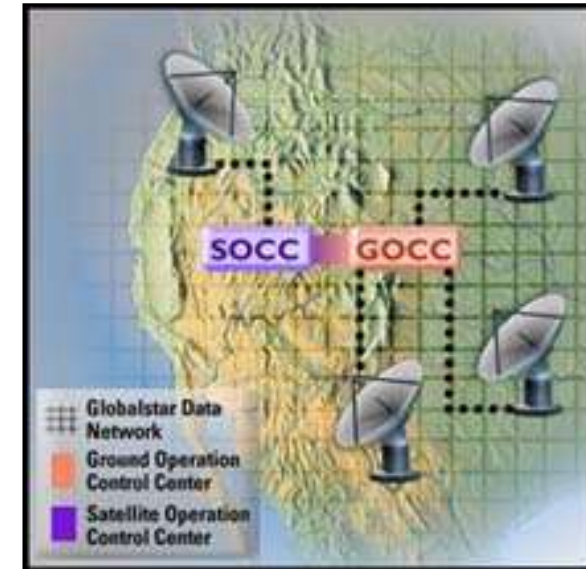
Globalstar: Gateway

- ✓ parte do segmento de terra
- ✓ interconecta os satélites com
 - sistemas sem fio
 - rede de telefonia fixa
- ✓ a interconexão com as companhias operadoras é garantida
- ✓ estrutura modular
- ✓ gateway pode ser compartilhado



Globalstar: estações de controle

- ✓ Centros de Controle de Operações (GOCC)
 - planejamento e controle do uso dos satélites pelos gateways
- ✓ Centro de Controle Operacional dos Satélites (SOCC)
 - gerenciamento da constelação de satélites
 - controle de órbita
 - telemetria e comando
 - dados da “saúde” dos satélites



Globalstar: terminais



GSP-1700 SATELLITE PHONE SYSTEM

Smaller Lighter Better

Frequency Range (channel center frequency) Transmit: 1610.73 to 1620.57 MHz
Receive: 2484.39 to 2499.15 MHz

Technology Globalstar Satellite Mode (CDMA)

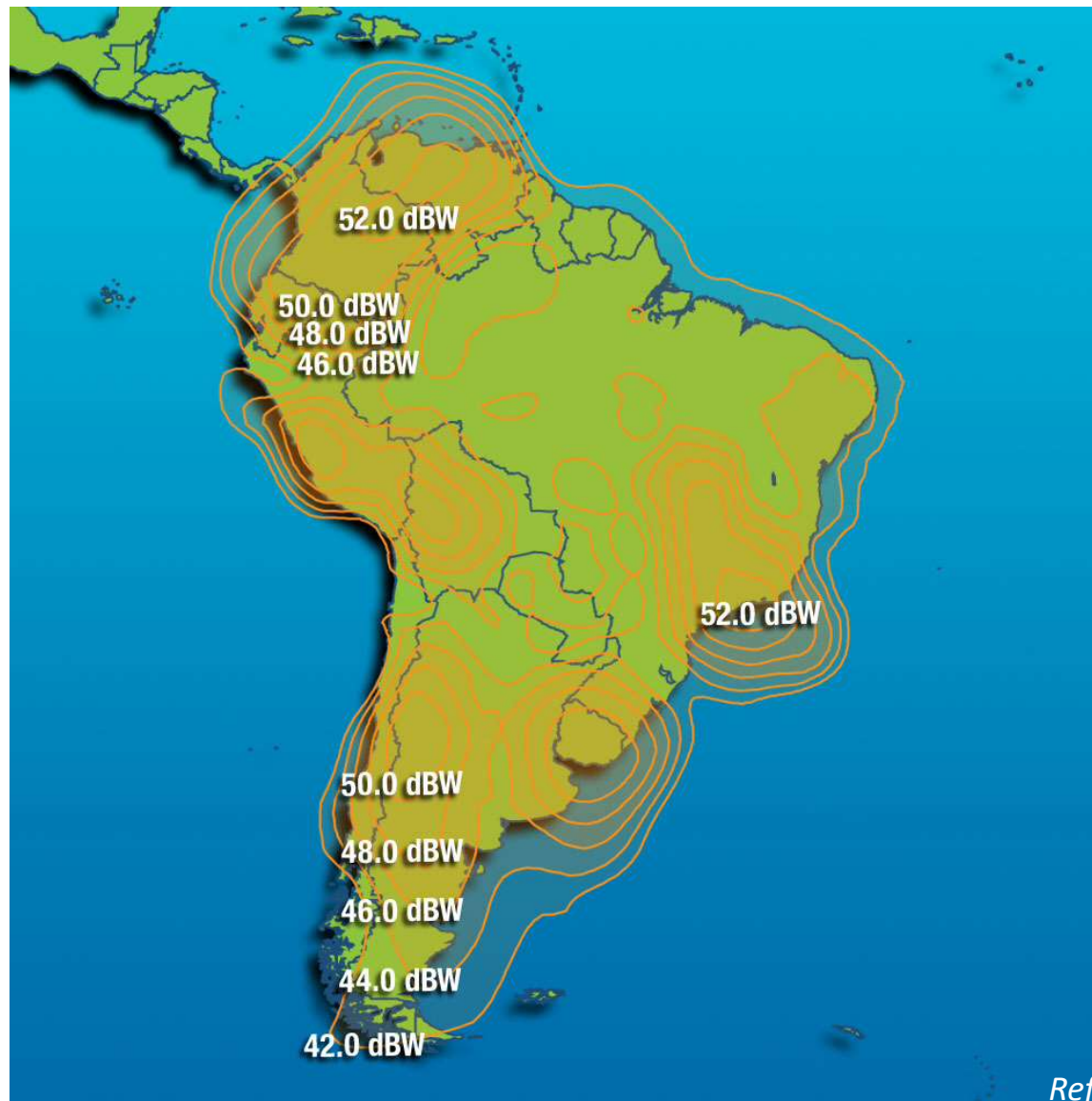


Intelsat: mapa de cobertura



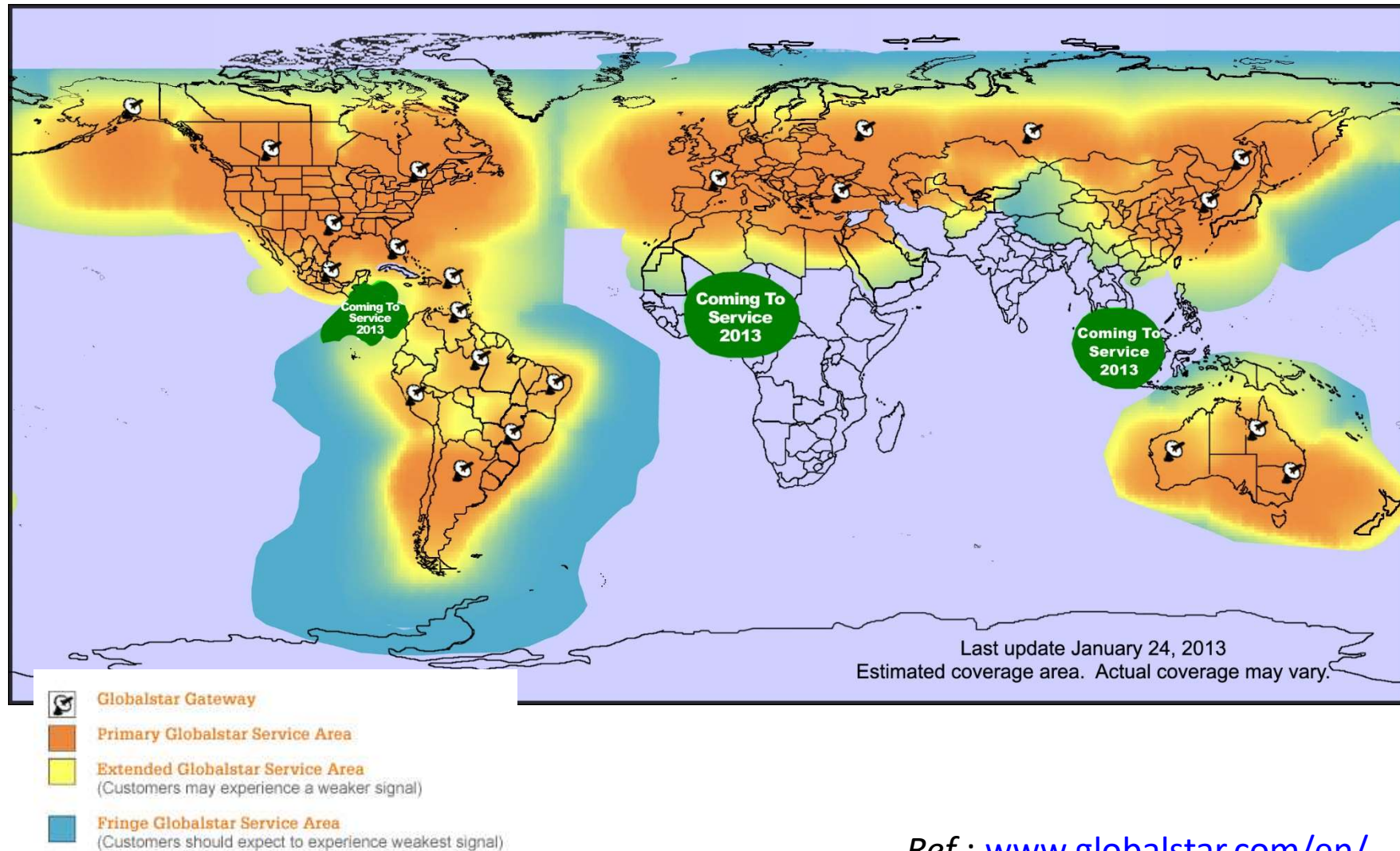
Mapa interativo: <http://exnetapps.intelsat.com/flash/coverage-maps/index.html>

Intelsat IS-1R at 310° E Ku-band South America Beam (2)



Ref. www.intelsat.com

Globalstar: mapa de cobertura



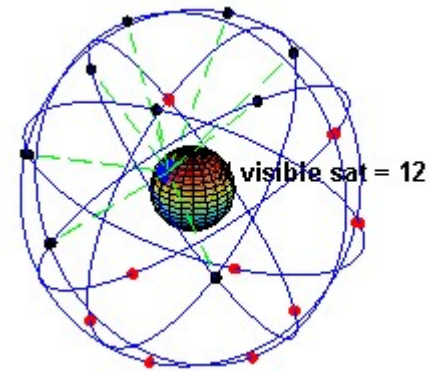
Intelsat IS-1R at 310° E Ku-band South America Beam (1)

Total Transponders		36 x 36 MHz
Polarization		Linear, Horizontal or Vertical
Downlink Frequency (MHz)		3700 to 4200
EIRP (Edge of Coverage to Beam Peak) (dBW)	Global	30 up to 34.6
	Americas	32 up to 43.7
	Europe/Africa	34 up to 41.9
Uplink Frequency (MHz)		5925 to 6425
G/T (Edge of Coverage to Beam Peak) (dB/K)	Global	-12 up to -8.2
	Americas	-10 up to 1.4
	Europe/Africa	-12 up to 1.2
SFD (0.0 dB/K and 0 dB attn.) (dBW/m ²)	Global	-97.0
	Americas	-97.9 (Horiz.) -97.1 (Vert.)
	Europe/Africa	-89.7
Ku-Band Key Parameters		
Total Transponders		36 x 36 MHz
Polarization		Linear, Horizontal or Vertical
Downlink Frequency (GHz)		10.95 to 11.95
Uplink Frequency (GHz)		13.75 to 14.50
G/T (Beam Peak) (dB/K)	North America	Up to 6.8
	South America	Up to 6.5
	Combined Beam	Up to 6.5
SFD (0.0 dB/K and 0 dB attn.) (dBW/m ²)	South America	-98.1
	Combined Beam	-97.8

Ref. www.intelsat.com

GPS constelação

Band	Frequency (MHz)
L1	1575.42
L2	1227.60
L3	1381.05
L4	1379.913
L5	1176.45

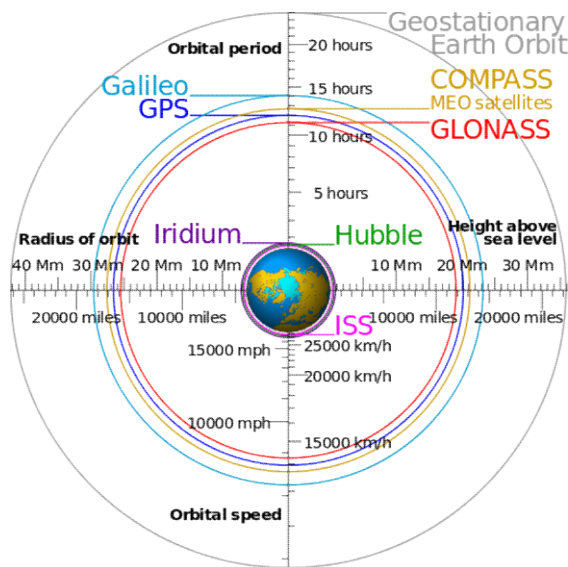


Exemplo com 24 satélites

Atualmente, 31 satélites

Órbita 20.200 km

Tempo 11 horas e 58 minutos

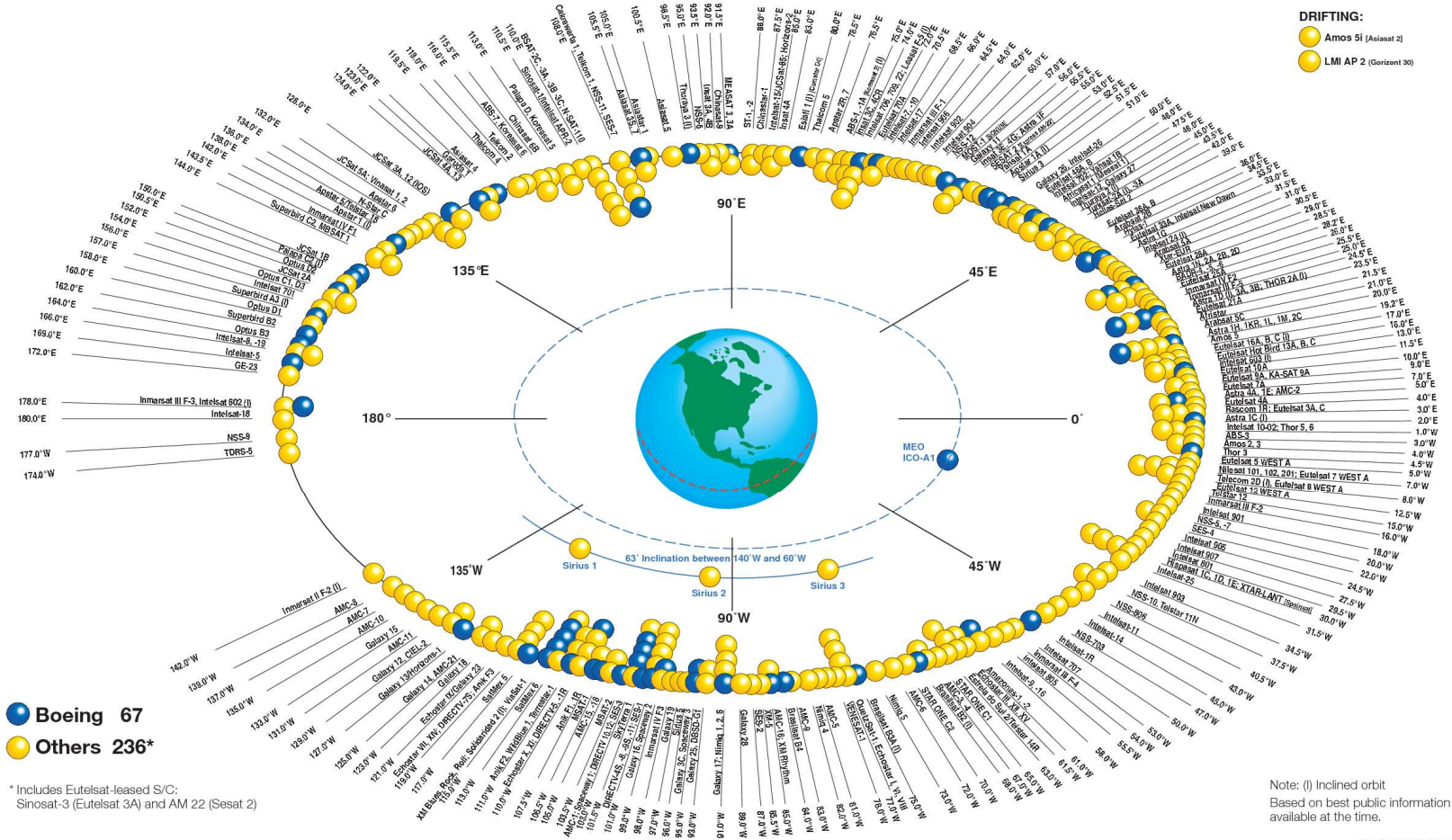


Ref.: http://en.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System

Órbita geoestacionária



Commercial Communications Satellites Geosynchronous Orbit



www.wageral.nl/schotel/clarkbelt.pdf

Algumas frequências usadas em aviação (EUA)

Frequência (MHz)	Descrição
121.50000	Aircraft Emergency and Distress (VHF Guard)
121.77500	Emergency Locator Transmitter (ELT) Training Beacons
135.85000	FAA Flight Inspection
135.95000	FAA Flight Inspection
122.75000	Fixed wing aircraft air-to-air
123.20000	Flight Test
123.12500	Flight Test itinerant
123.45000	Flight Test/Unofficial Air-to-Air
122.00000	Flight Watch Weather
123.02500	Helicopter Air-to-Air
134.10000	Military Common (advisory)
122.92500	Multicom - Special Use, Natural resource management
122.85000	Multicom, Aviation Support
123.10000	Search and Rescue primary, ATC for special events secondary

Ref.: http://wiki.radioreference.com/index.php/Finding_Air_Traffic_Frequencies
<http://reboot.fcc.gov/spectrumdashboard/searchSpectrum.seam>

Referências

- ✓ <http://satellitedebris.net/whatsup/whatsup.htm>
(satélites em órbita; excelente)
- ✓ www.inmarsat.com/index.htm
- ✓ www.intelsat.com/
- ✓ [//www.globalstar.com/en/](http://www.globalstar.com/en/)
- ✓ iridium.com/Default.aspx
- ✓ www.arianespace.com
- ✓ www.starone.com.br/
- ✓ www.isstracker.com/ (posição ISS)
- ✓ www.flightradar24.com (rastreamento tráfego via Automatic Dependent Surveillance-Broadcast, ADS-B)