

**Inatel**  
*Instituto Nacional de Telecomunicações*

**Sistemas de Comunicações por Satélites**

INATEL - Instituto Nacional de Telecomunicações

Carlos Nazareth Motta Marins.

[www.inatel.br](http://www.inatel.br)

**Inatel**  
*Instituto Nacional de Telecomunicações*

Capítulo 1

Introdução – Conceitos Básicos

[www.inatel.br](http://www.inatel.br)

**Inatel**  
Instituto Nacional de Telecomunicações

www.inatel.br

- Importância
  - ◆ 40 anos de evolução tecnológica
    - Aumento da vida útil
    - Aumento da capacidade
    - Aumento da confiabilidade
    - Aumento da diversidade de serviços
    - Aumento da flexibilidade das redes de comunicações

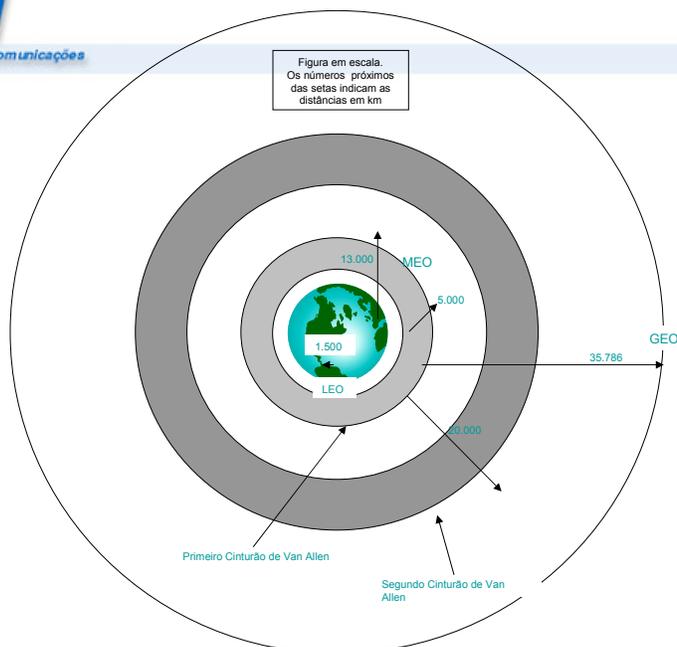
**Inatel**  
Instituto Nacional de Telecomunicações

www.inatel.br

- Importância
  - ◆ Serviços Tradicionais
    - Comunicações de Longa Distância
  - ◆ Novos Serviços
    - DTH (direct-to-home TV)
    - Redes VSAT
  - ◆ Novos Sistemas LEOs e MEOs
    - PCN - Personal Communication Networks (Iridium, Globalstar, etc.)
    - Telemetria e dados de baixa velocidade (Orbicomm)
    - Posicionamento global (GPS)

- Classificação quanto à órbita
  - GEO e Não-GEO
  - GEO (Geostationary Earth Orbit)
    - Satélites fixos em relação à terra
    - Cobertura Global: 3 satélites
  - Não-GEO
    - LEO (Low Earth Orbit)
    - MEO (Mean Earth Orbit)
    - Satélites móveis em relação à terra
    - Cobertura Global: nº de satélites depende da altitude

## ■ Órbitas



**Inatel**  
Instituto Nacional de Telecomunicações

www.inatel.br

■ Órbitas

Órbita de Clarke  
GEO  
35.786 km  
(a)

Polar  
LEO  
Inclinada  
Equatorial  
(b)

Elíptica inclinada  
(c)

**Inatel**  
Instituto Nacional de Telecomunicações

www.inatel.br

**Histórico e Evolução**

■ 1945 - Cinturão de Clarke

**Inatel**  
Instituto Nacional de Telecomunicações

www.inatel.br

- Leis de Kepler
  - ◆ Primeira
    - “Um satélite girando em volta da terra descreve uma órbita elíptica, sendo a terra um dos dois pontos focais da elipse”
    - A órbita circular é um caso particular da órbita elíptica
    - O ponto da órbita mais próximo da terra é chamado de *perigeu*
    - O ponto da órbita mais afastado da Terra é chamado de *apogeu*

**Inatel**  
Instituto Nacional de Telecomunicações

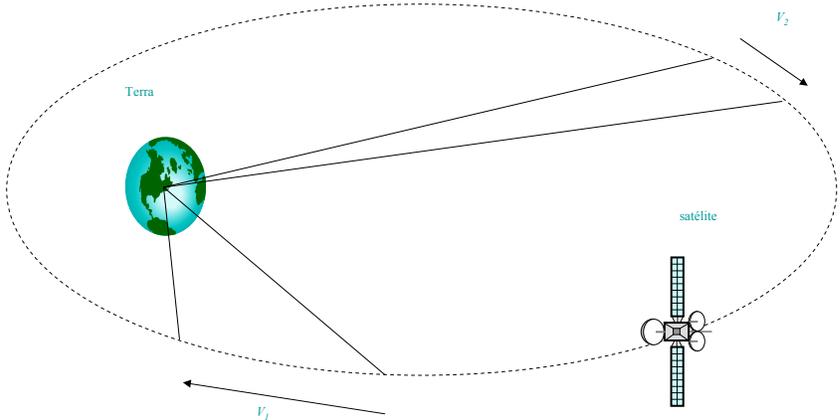
www.inatel.br

- Leis de Kepler
  - ◆ Segunda
    - “Em intervalos de tempos iguais, um satélite varre áreas iguais em seu plano orbital”
    - A segunda lei também estabelece que se um satélite está longe da terra, ele ficará visível para um observador na superfície, durante um longo período de tempo

**Inatel**  
Instituto Nacional de Telecomunicações

www.inatel.br

- Segunda Lei de Kepler



The diagram shows an elliptical orbit with Earth (Terra) at one focus. A satellite is shown at a point on the orbit. Two radial lines are drawn from Earth to the orbit, and two corresponding arc segments are shown. The satellite is shown at the end of the longer radial line. The distance from Earth to the satellite is labeled  $r_2$ , and the distance from Earth to the other end of the shorter radial line is labeled  $r_1$ . Arrows indicate the direction of motion along the orbit.

**Inatel**  
Instituto Nacional de Telecomunicações

www.inatel.br

- Leis de Kepler
  - ◆ Terceira
    - “Existe uma relação entre o período de tempo de uma órbita e a distância média entre o satélite e a Terra”

**Inatel**  
Instituto Nacional de Telecomunicações

www.inatel.br

- Leis de Kepler
  - ◆ Exemplo
    - Satélite Brasilsat B1 (GEO)
      - Altitude da órbita: 35.786 km
      - Período orbital: 24h
    - Satélite Iridium (LEO)
      - Altitude da órbita: 780 km
      - Período orbital: 1h40min

**Inatel**  
Instituto Nacional de Telecomunicações

www.inatel.br

- GEO

Órbita de estacionamento

Órbita de transferência

35.786 km

Apogeu

150 a 300 km

Perigeu

**Inatel**  
Instituto Nacional de Telecomunicações

www.inatel.br

- GEO - disparo único

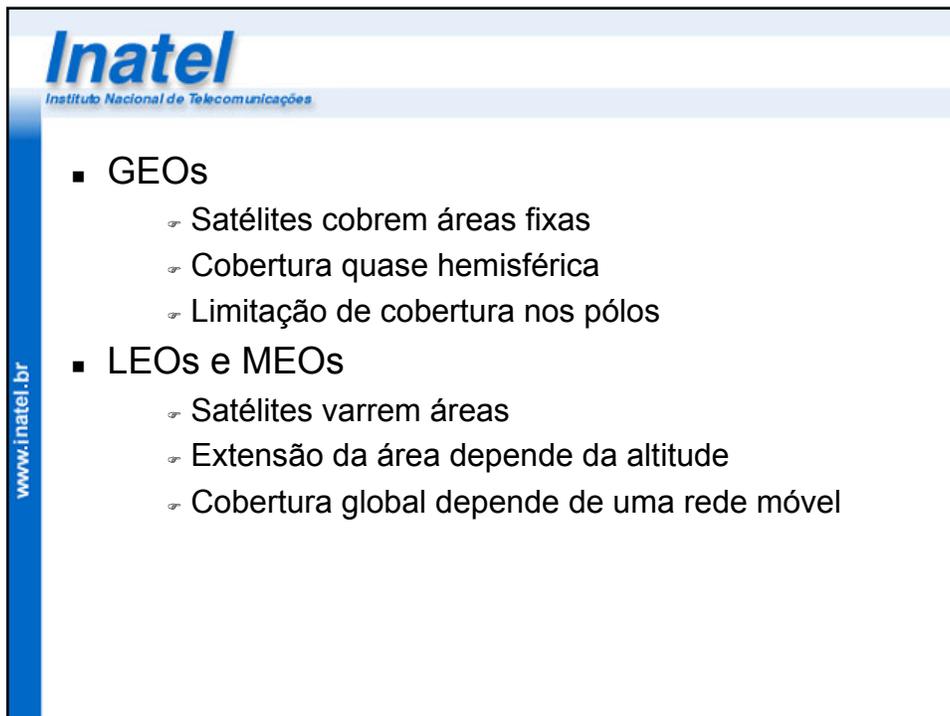
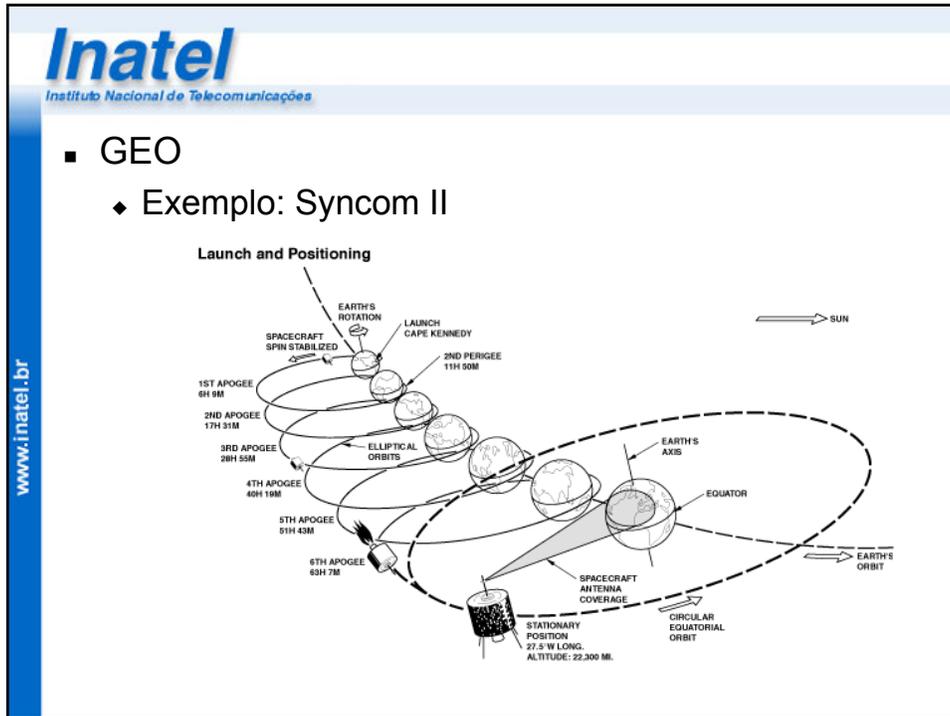
The diagram illustrates a single launch scenario. It features a central Earth, a large outer circle labeled 'GEO', and an inner elliptical orbit labeled 'Órbita de transferência'. A single launch point is indicated on the transfer orbit with an upward-pointing arrow, labeled 'Ponto de disparo do estágio de apogeu'.

**Inatel**  
Instituto Nacional de Telecomunicações

www.inatel.br

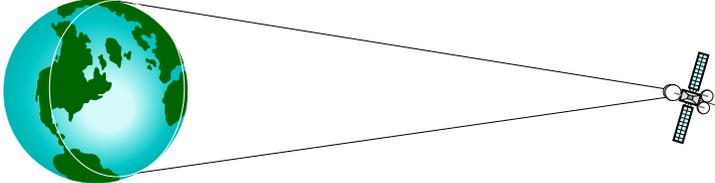
- GEO - disparos sucessivos

The diagram illustrates successive launches. It features a central Earth, a large outer circle labeled 'GEO', and an inner elliptical orbit labeled 'Órbita de transferência'. Five launch points are marked on the transfer orbit, numbered 1 to 5, with upward-pointing arrows, labeled 'Ponto de disparos sucessivos do sistema de propulsão'.



**Inatel**  
Instituto Nacional de Telecomunicações

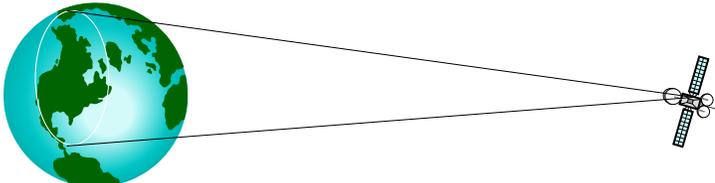
- GEOs
  - ◆ Cobertura quase hemisférica



www.inatel.br

**Inatel**  
Instituto Nacional de Telecomunicações

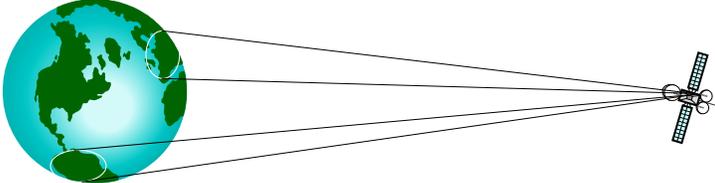
- Gesso
  - ◆ Coberturas regionais



www.inatel.br

**Inatel**  
Instituto Nacional de Telecomunicações

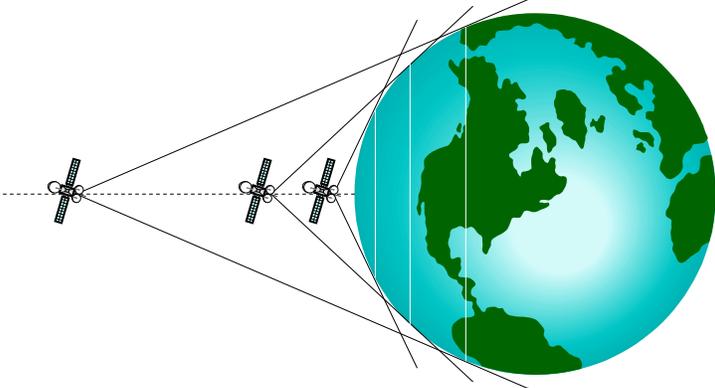
- GEOs
  - ◆ Coberturas spots (focais)



www.inatel.br

**Inatel**  
Instituto Nacional de Telecomunicações

- LEOs e MEOs
  - ◆ Área de cobertura x Altitude



www.inatel.br

**Inatel**  
Instituto Nacional de Telecomunicações

www.inatel.br

- LEOs e MEOs
  - ◆ Células móveis

**Inatel**  
Instituto Nacional de Telecomunicações

Faixas de Frequência em que operam os satélites geoestacionários.

Banda	Down (GHz)	Up (GHz)
Banda C	3.7	6.425
Banda Ku	11.7	14.5
Banda Ka	17.7	30.0

## Inatel

Instituto Nacional de Telecomunicações

www.inatel.br

- URSS
  - ◆ Sputnik
    - 1957 - Lançamento do SPUTNIK, o primeiro satélite artificial, em órbita baixa
- USA
  - ◆ Órbita baixa
    - Echo, Advent, Courier, Relay e Telstar
  - ◆ Hughes Aircraft Company
    - 1959 - Solução teórica para satélites em órbita geo-estacionária (GEOSATs)
    - 1960 - Construção do SYNCOM, synchronous orbit communications satellite, protótipo de um GEOSAT para demonstração de viabilidade

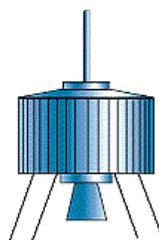
## Inatel

Instituto Nacional de Telecomunicações

www.inatel.br

- USA
  - ◆ Hughes: SYNCOM

Diâmetro: 0,71 m  
 Altura do painel solar: 0,39 m  
 Massa em órbita: 35 kg



## Inatel

Instituto Nacional de Telecomunicações

www.inatel.br

- USA
  - ◆ INTELSAT
    - 1965 - Lançamento do primeiro dos dois SYNCOMs, o Early Bird, designação formal: Intelsat I
    - Estacionado sobre o Atlântico
    - 240 circuitos de voz ou 1 canal de TV entre USA e UK

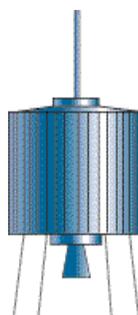
## Inatel

Instituto Nacional de Telecomunicações

www.inatel.br

- USA
  - ◆ Intelsat I

Diâmetro: 0,71 m  
Altura do painel solar: 0,59 m  
Massa em órbita: 34 kg



**Inatel**  
Instituto Nacional de Telecomunicações

www.inatel.br

- USA
  - ◆ Intelsat I
    - Tempo de vida estimado: 1,5 anos
    - Tempo de vida operacional: 4 anos
    - O segundo Intelsat I, nunca foi lançado e encontra-se exposto no *Air and Space Museum of the Smithsonian Institution* em Washington, D.C.

**Inatel**  
Instituto Nacional de Telecomunicações

www.inatel.br

- USA
  - ◆ Intelsat IV e IV-A
    - Intelsat IV: 12 canais de RF com 36 MHz de largura de faixa em banda C (4 e 6 GHz)
    - Intelsat IV-A: 20 canais de RF com 36 MHz de largura de faixa em banda C
    - Tempo de vida estimado: 10 anos
    - 1971 - A partir deste ano 6 dos 7 Intelsats IV e IV-A são lançados com sucesso
    - 1985 - Retirada de serviço do último Intelsat IV.
    - A série IV e IV-A tornou-se a espinha dorsal do sistema de comunicações internacional

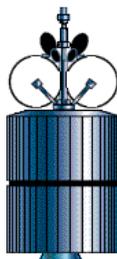
# Inatel

Instituto Nacional de Telecomunicações

- USA
  - ◆ Intelsat IV

www.inatel.br

Diâmetro: 2,38 m  
 Altura: 5,31 m  
 Massa em órbita: 595 kg



# Inatel

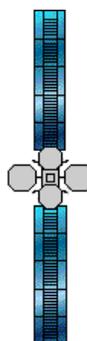
Instituto Nacional de Telecomunicações

## HS 702

- Capacidade: 118 transponders (96 ativos e 24 reservas)
- Capacidade de geração de energia: 15 kWh
- Propulsão: iônica
- Tempo de vida estimado: 15 anos
- Lançamento: final de 1999

Envergadura: 40,4 m  
 Massa em órbita: 2.950 kg

www.inatel.br



**Inatel**  
Instituto Nacional de Telecomunicações

www.inatel.br

- Satélites de Órbita Baixa
  - ◆ MOTOROLA
    - Início dos anos 90: Projeto IRIDIUM - LEO (Low Earth Orbit)
    - Comunicação *“em qualquer lugar, a qualquer momento, com qualquer tempo”*
    - Rede projetada: 77 satélites em 7 planos orbitais, 11 satélites por plano
    - Rede implementada: 66 satélites em 6 planos orbitais, 11 satélites por plano
  - ◆ IRIDIUM
    - 1998: Início de Operação
    - 1999: Concordata
    - 2000: Falência

**Inatel**  
Instituto Nacional de Telecomunicações

www.inatel.br

- USA
  - ◆ MUNDO
    - Outros sistemas LEO e MEO para voz e dados
      - Globalstar
      - ICO
      - Ellipso
    - Sistemas LEO para telemetria
      - Orbicomm
    - Sistema LEO para posicionamento global
      - GPS
    - Sistemas LEO para Internet
      - Skybridge
      - Teledesic