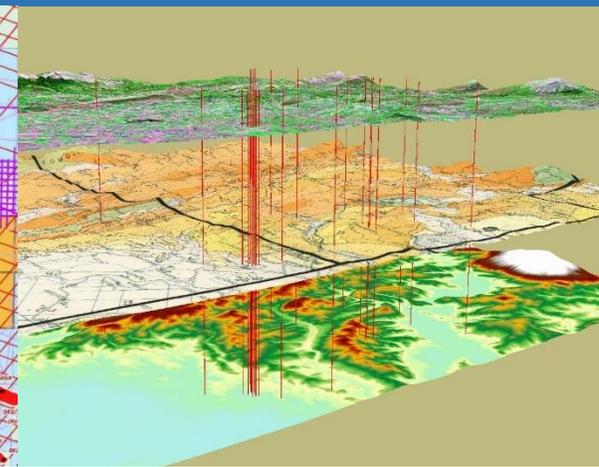
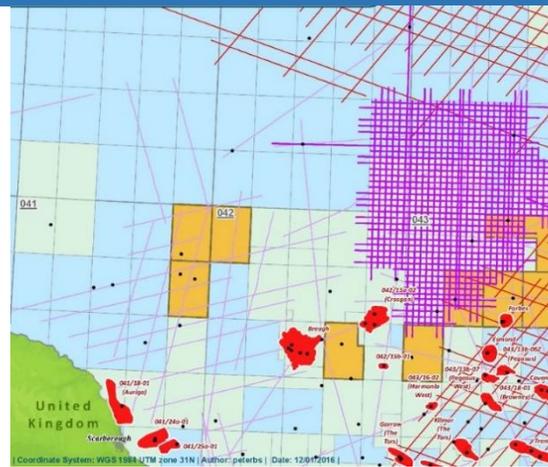
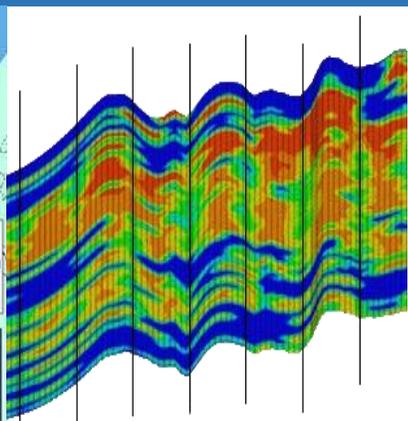
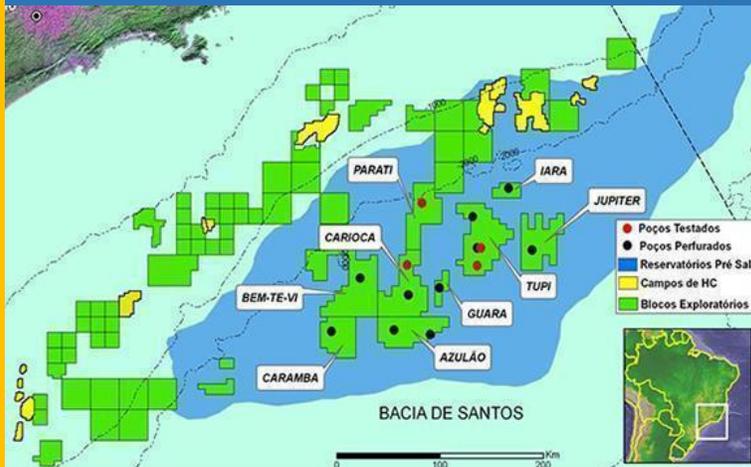
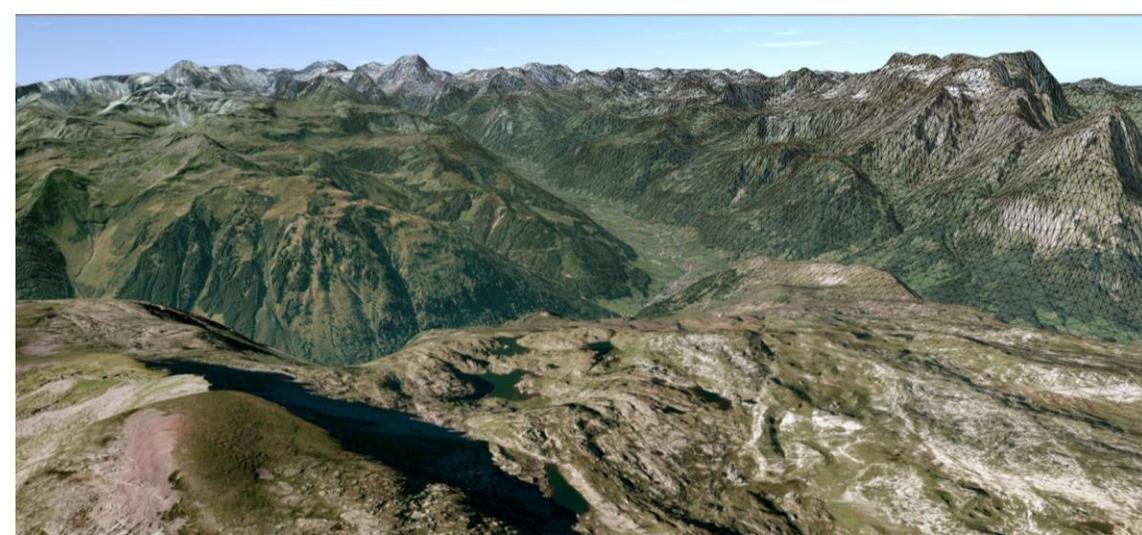




PMI 3331 – GEOMÁTICA APLICADA À ENGENHARIA DE PETRÓLEO



MODELO DIGITAL DE ELEVACÃO



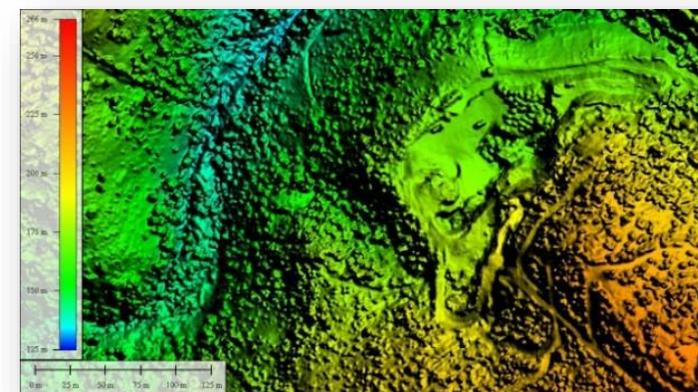
Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER/GDEM)





Definições e Conceitos

- ❖ **Modelo digital de elevação** é uma **estrutura numérica de dados** que representa a distribuição espacial de uma **variável quantitativa e contínua**.
- ❖ São **modelos simbólicos** pois as relações de **correspondência** que se estabelecem com o objeto real é através de **algoritmo matemático**.



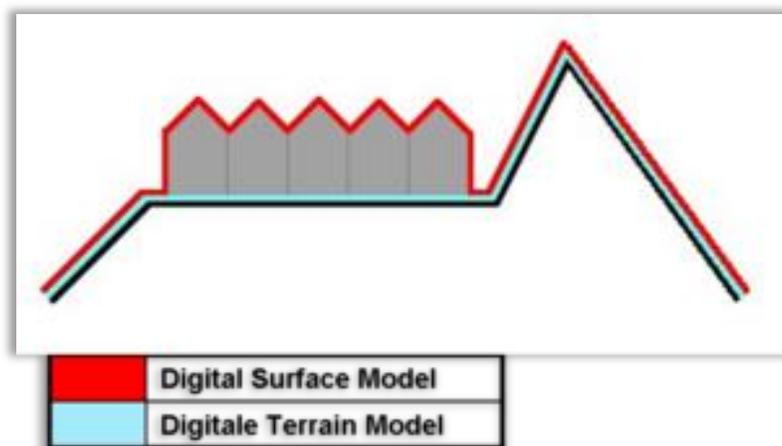
Figuras: <http://www.geoconnexion.com/news/new-version-of-menci-gis-released>



Quais as diferenças entre **MDE** – MDT – **MDS**??

Modelo Digital do Terreno (MDT) – representação altimétrica da superfície “nua” do terreno.

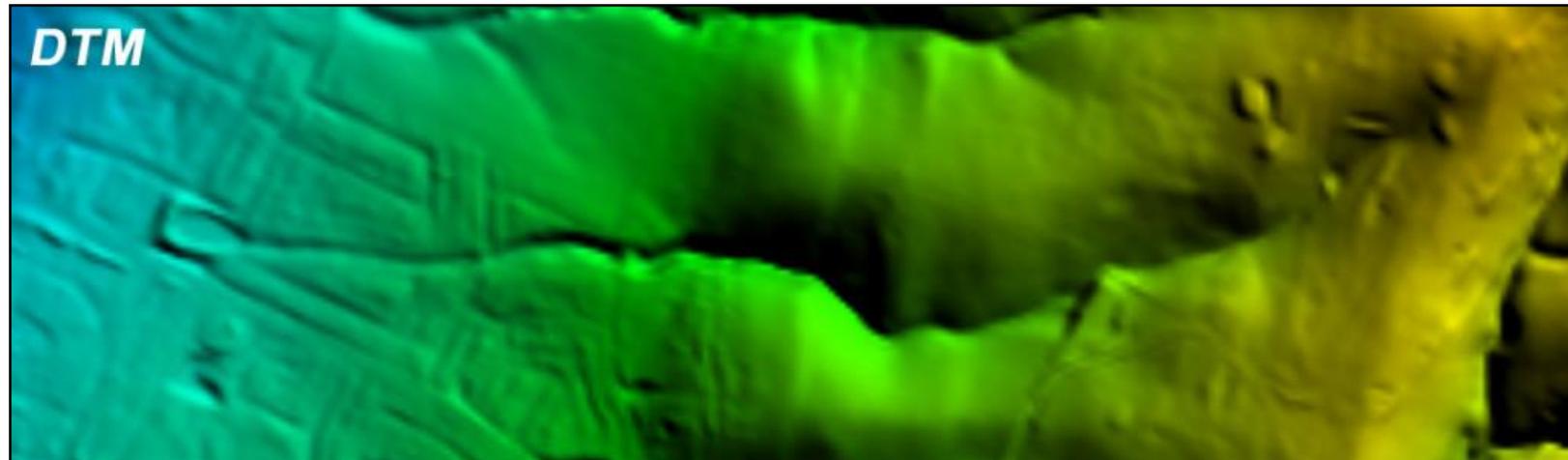
Modelo Digital de Superfície (MDS) – inclui ao terreno prédios, árvores, veículos etc.



Modelo Digital de Elevação (MDE) – termo utilizado de forma genérica, tanto para MDT quanto para MDS.



Quais as diferenças entre **MDE** – MDT – **MDS**??



Fonte: <http://www.gisresources.com/confused-dem-dtm-dsm/>



Características

- **Historicamente:**

Programa COGO (1951)

C. L. Miller (1958)

- **Terminologias:**

DTM – Digital Terrain Model

MDT – Modelo Digital do Terreno

MNT – Modelo Numérico do Terreno

DSM – Digital Surface Model

MDS – Modelo Digital de Superfície

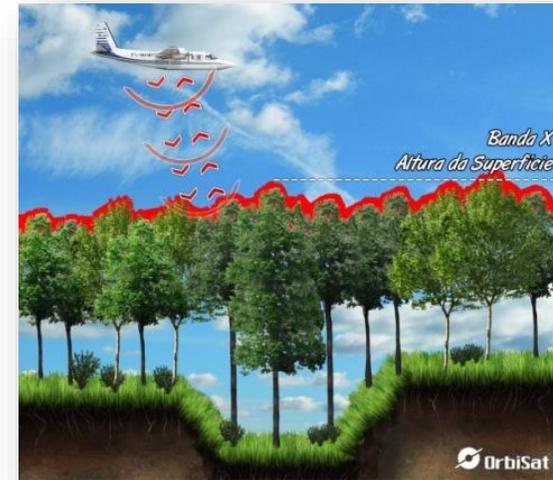
MNE – Modelo Numérico de Superfície

DEM – Digital Elevation Model

MDE – Modelo Digital de Elevação

DTED – Digital Terrain Elevation Data

(NGA – National Geo-spatial Intelligence Agency)



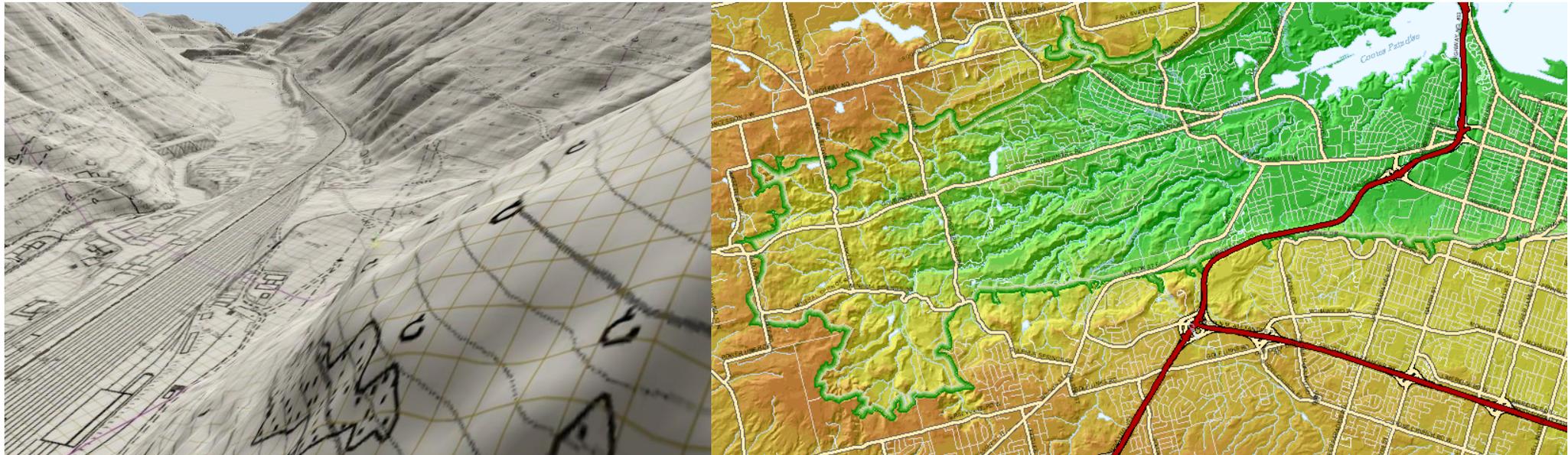


Histórico

Prof. Miller e seus colegas realizavam pesquisas para o Departamento de obras Públicas de Massachusetts e para agência Federal de Rodovias Públicas (USA).

- Objetivo:

Elaborar projetos de rodovias através do uso do computador utilizando dados do terreno adquiridos através de um restituidor utilizando imagens obtidas por aerofotogrametria.





Histórico

Programas desenvolvidos:

- *Gerar a linha central do perfil da estrada*
- *Gerar curvas de nível*
- *Determinar as regiões de corte e aterro*
- *Obter áreas de seções transversais*
- *Diagramas de distâncias para transporte de terra*
- *Cálculo de volumes nas operações de corte e aterro*
- *Calcular a quantidade de terra a ser deslocada*
- *Distâncias de transporte de uma forma otimizada para diminuir custos e tempo.*



Classificação do MDT

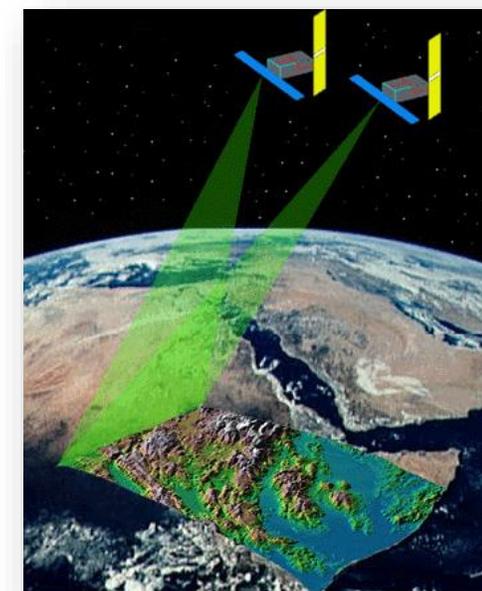
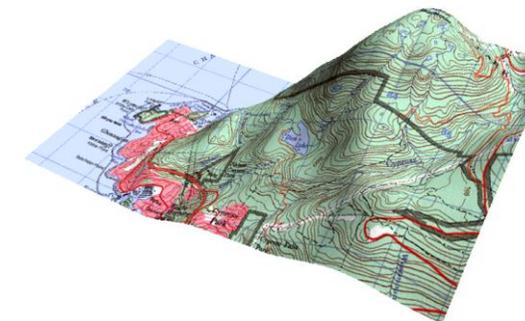
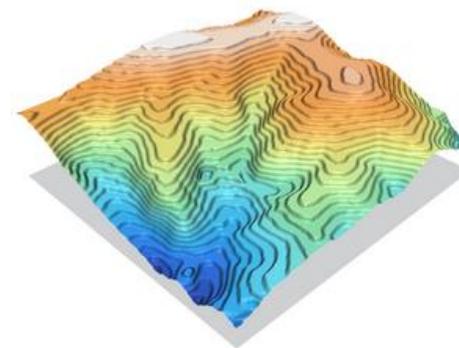
- ❖ **DIFERENTES CRITÉRIOS**
- ❖ **FORNECEM UMA PANORÂMICA**

1. Origem dos Pontos

- Topografia (clássica e GPS)
- Aerofotogrametria
- Curvas de nível digitalizadas
- Interferometria de Radar
- LIDAR (Light Detection and Ranging) – topografia ou batimetria
- SONAR (Sound Navigation and Ranging) – batimetria

2. Distribuição dos Pontos

- Regular
- Irregular
- Semi-regular





Classificação do MDT

3. Avaliação das Cotas

- a) Interpolação (respeita-se os valores fornecidos)
- b) Aproximação (se respeitam aproximadamente)

4. Abrangência

- a) Local (o cálculo de cotas se faz com pontos vizinhos)
- b) Global (o cálculo da cota de um determinado ponto se faz a partir de todos os pontos conhecidos)

5. Modelo Matemático empregado

- a) Rede discreta:
 - Quadrada
 - Retangular
 - Triangular
- b) Equações analíticas:
 - Polinômio
 - Serie de *Fourier* (variações periódicas)
 - *Spline* (Superfície de Mínima Curvatura)
- c) Dois estágios.



Modelo de Rede Triangular

1. Fornecimento dos Dados

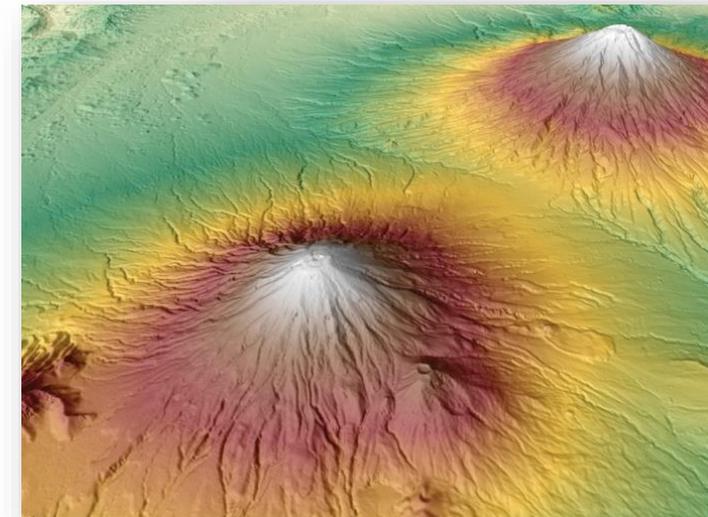
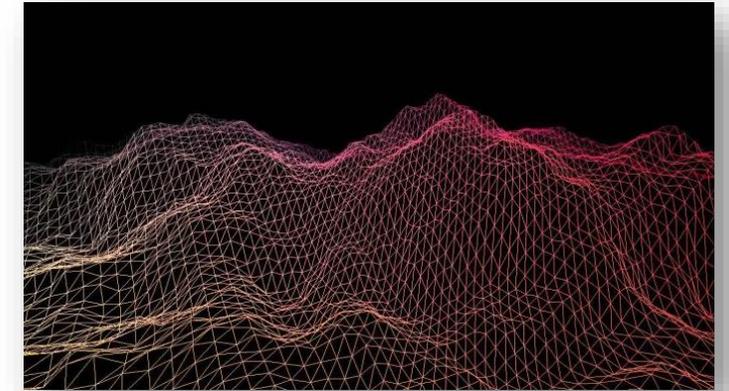
- a) Pontos com coordenadas X,Y,Z
- b) “*break-lines*”

2. Geração da malha Triangular

- a) TIN – em português RTI (Rede Triangular Irregular)
- b) Otimizada: triangulação de Delaunay

3. Interpolação no triângulo

- a) Superfície de classe C1
- b) Determinação dos coeficientes





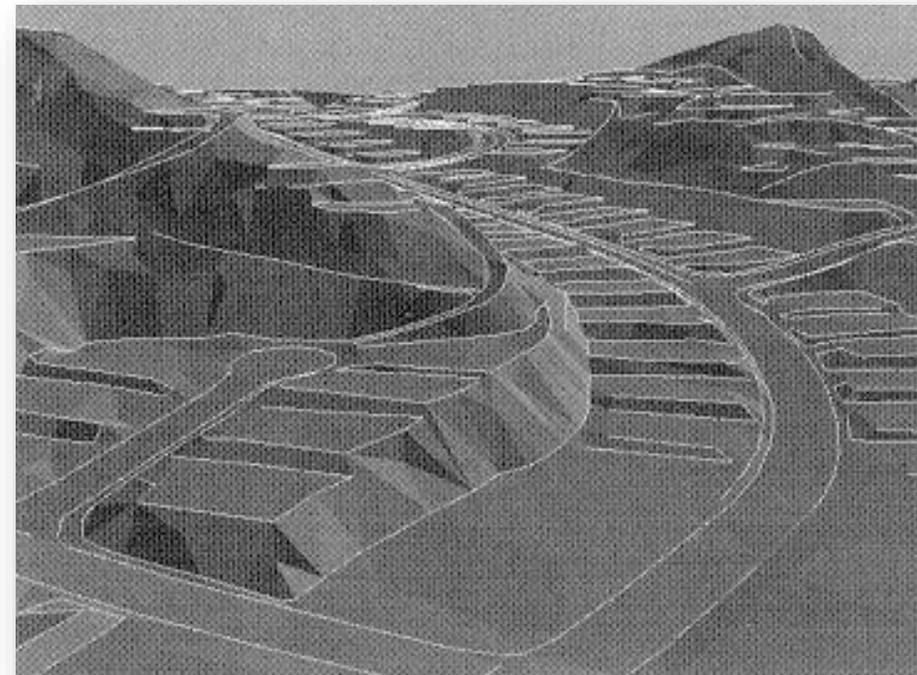
1. Fornecimento dos Dados

Break-lines

Linhas de descontinuidade de acidentes geográficos



Conjunto de pontos de uma amostra e *break-lines*.



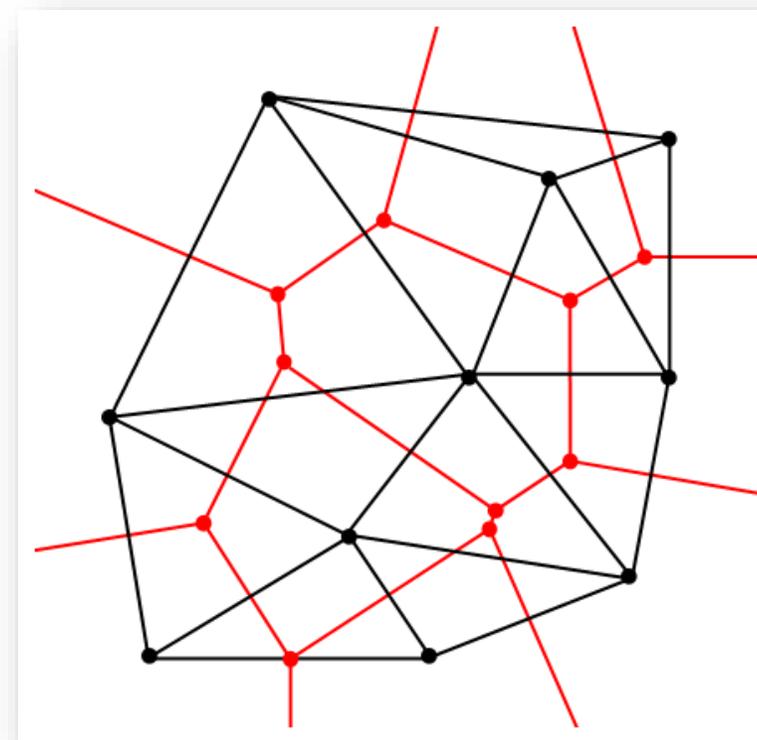
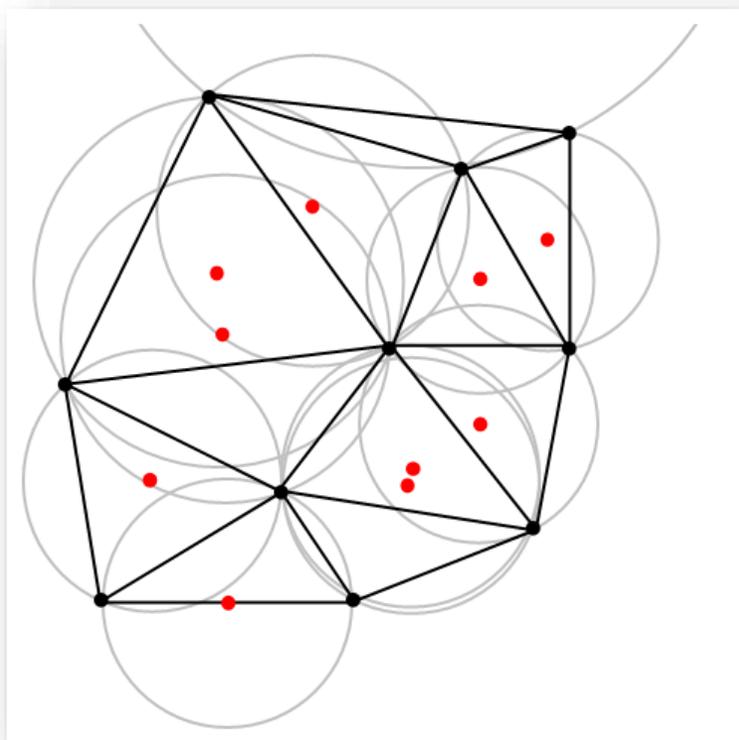
Uma vista em perspectiva do resultado no modelamento da superfície.

Fonte: Maune et al., 2001



2. Geração da malha Triangular

Triangulação de Delaunay

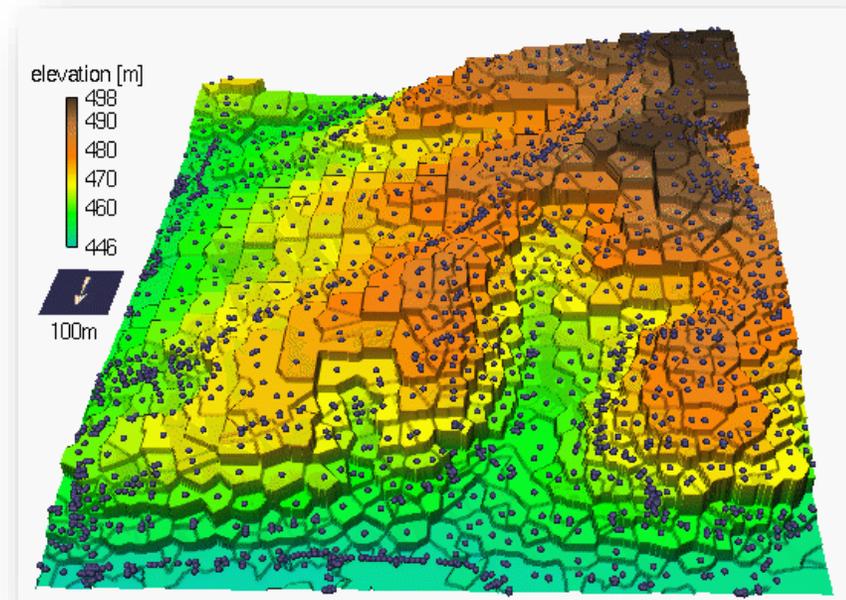
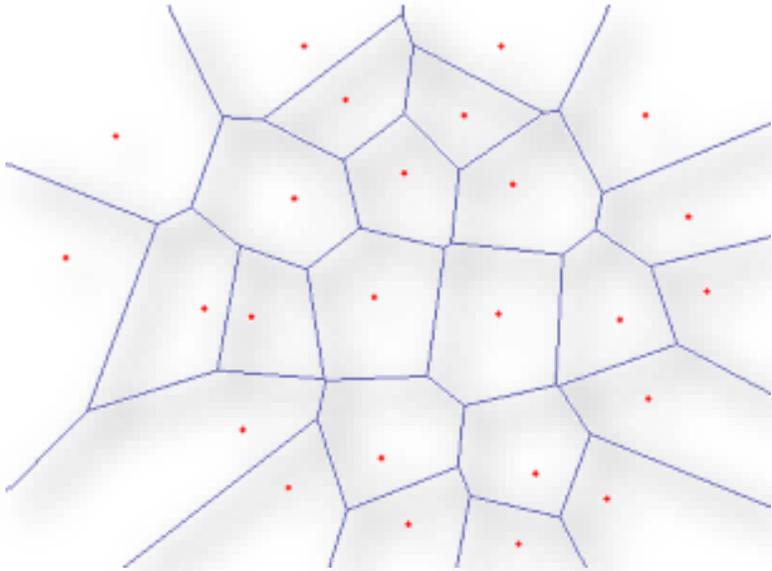


Uma circunferência qualquer definida pelos três pontos de um triângulo não contém qualquer outro ponto do conjunto em seu interior. A Triangulação de Delaunay maximiza o menor ângulo de todos os triângulos na triangulação; esta tende a evitar triângulos com ângulos internos muito pequenos.



2. Geração da malha Triangular

Diagrama de Voronoi



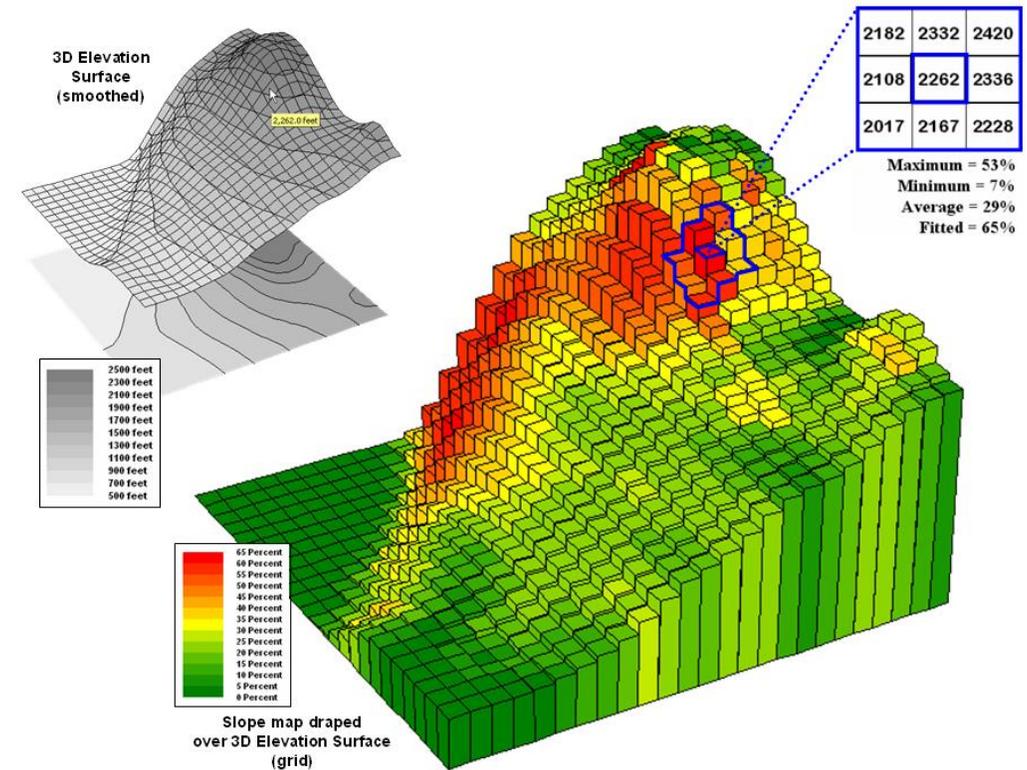
Visa descobrir uma vizinhança mais apropriada para obter a altitude de um dado ponto.



Modelo de Rede Triangular

4. Geração de uma malha quadrada

- a) Cálculo da cota Z nos nós;
- b) Matriz de cotas.

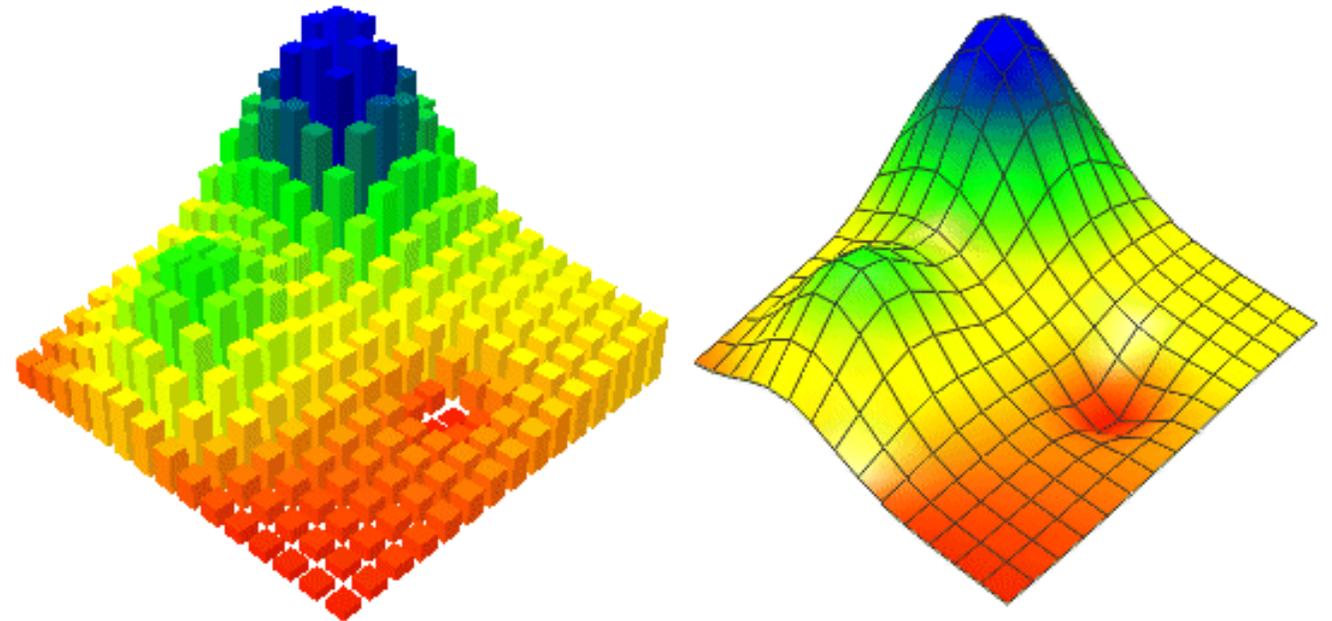




Modelo de Rede Triangular

5. Aplicativos

- a) Curvas de nível (suavização, + planimetria)
- b) Áreas, volumes
- c) Desenhos: perfis, seções

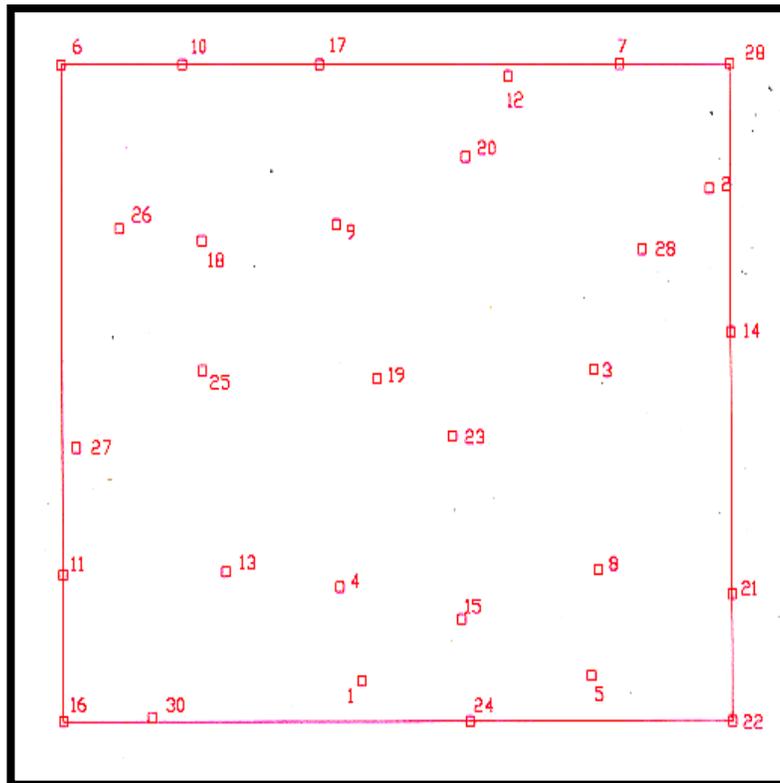




Geração do MDE

- Criação de um modelo matemático para a representação da superfície a ser gerada pelos pontos amostrados.

Pontos Amostrados



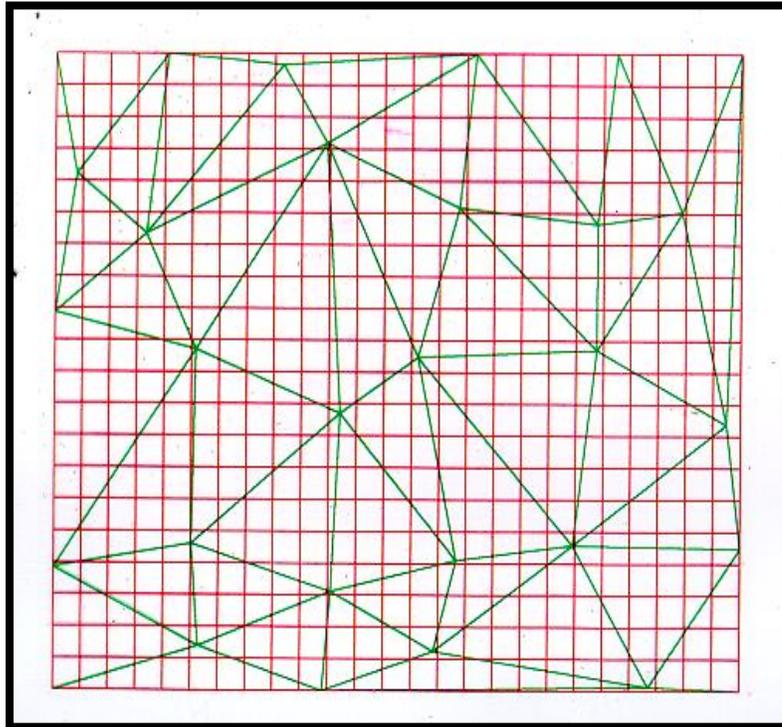
Na primeira etapa do processo são identificados cada um dos pontos através de suas coordenadas X, Y, Z.



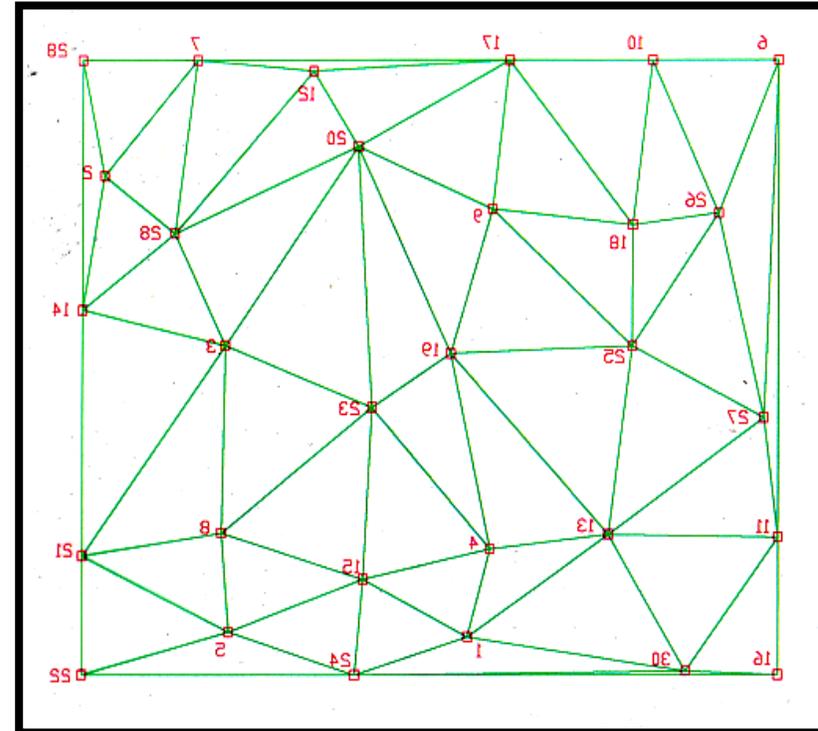
Geração do MDE

- Quanto maior for o detalhamento da superfície (suavização) maior o tempo de processamento dos dados.

Malha Quadrada e Triangulação

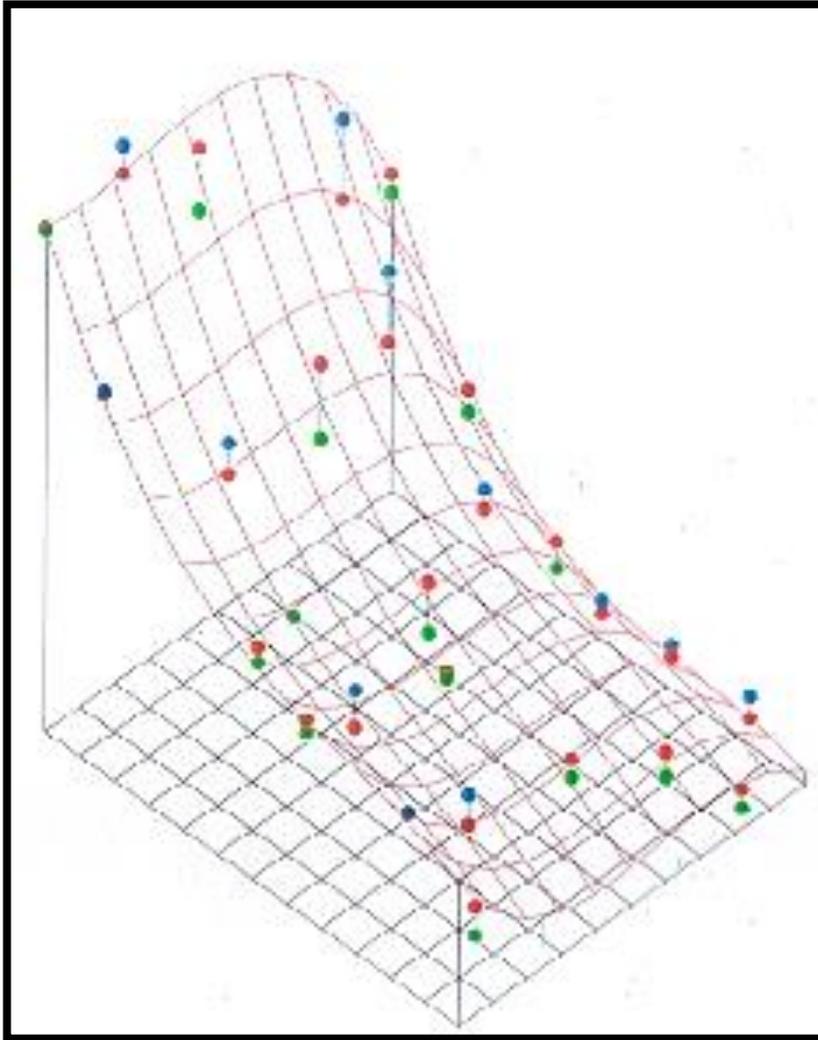


Triangulação de Delaunay





Aproximação de Superfícies



- Pontos na malha
- Pontos acima da malha
- Pontos abaixo da malha



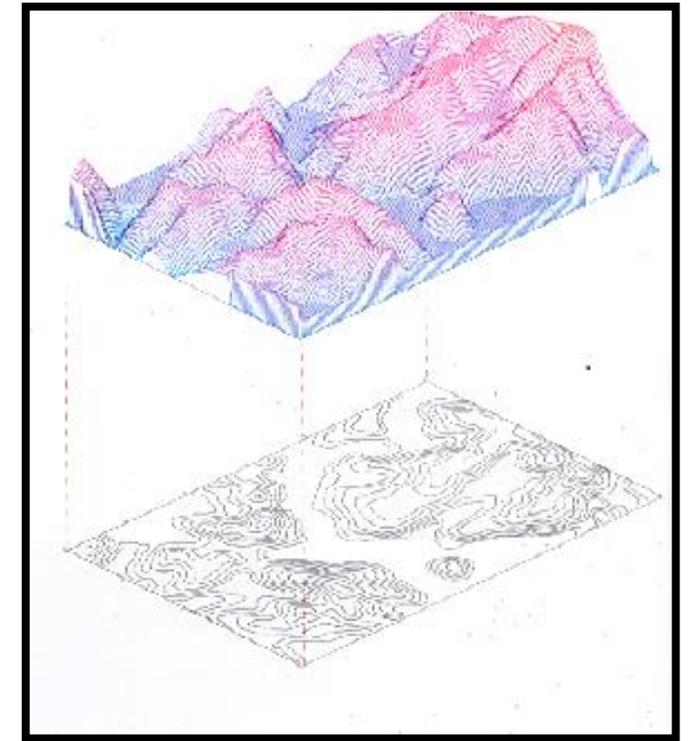
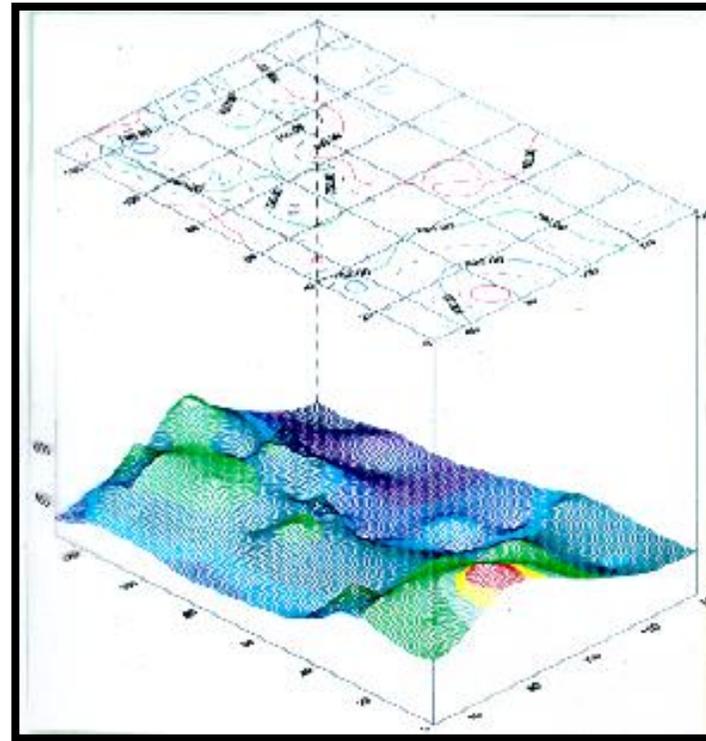
Aplicações do Modelo Digital na Engenharia





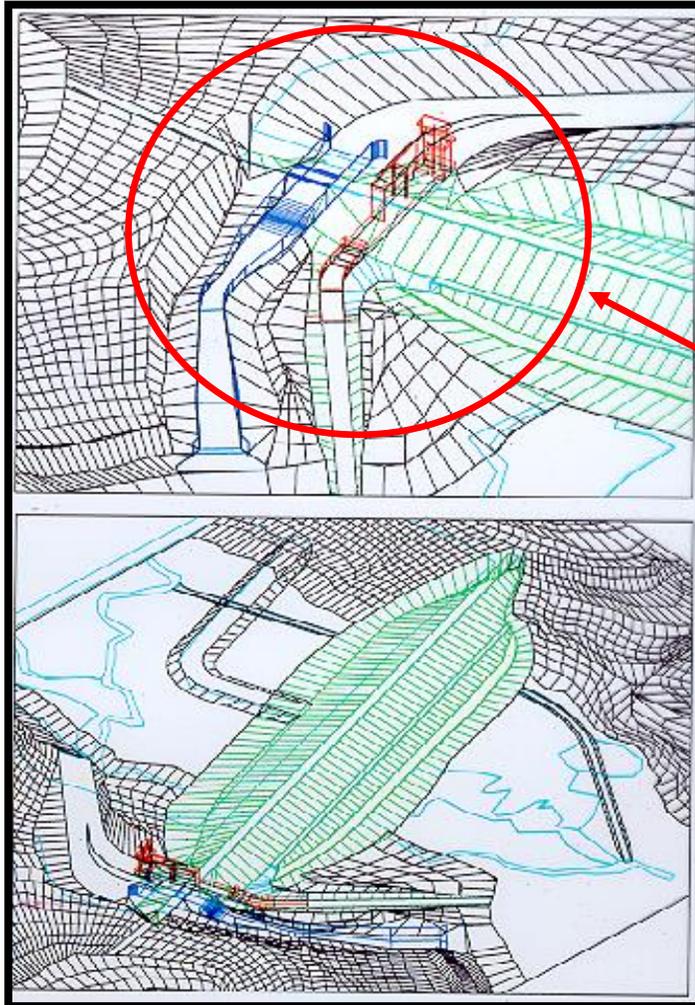
Aplicações do Modelo Digital na Engenharia

1. Avaliação e definição de unidades repetidoras nas comunicações por UHF e VHF: telefonia celular, estações de rádio;
2. Simulações, visualizações;
3. Planejamentos, projetos, estudos.





Aplicações do Modelo Digital na Engenharia



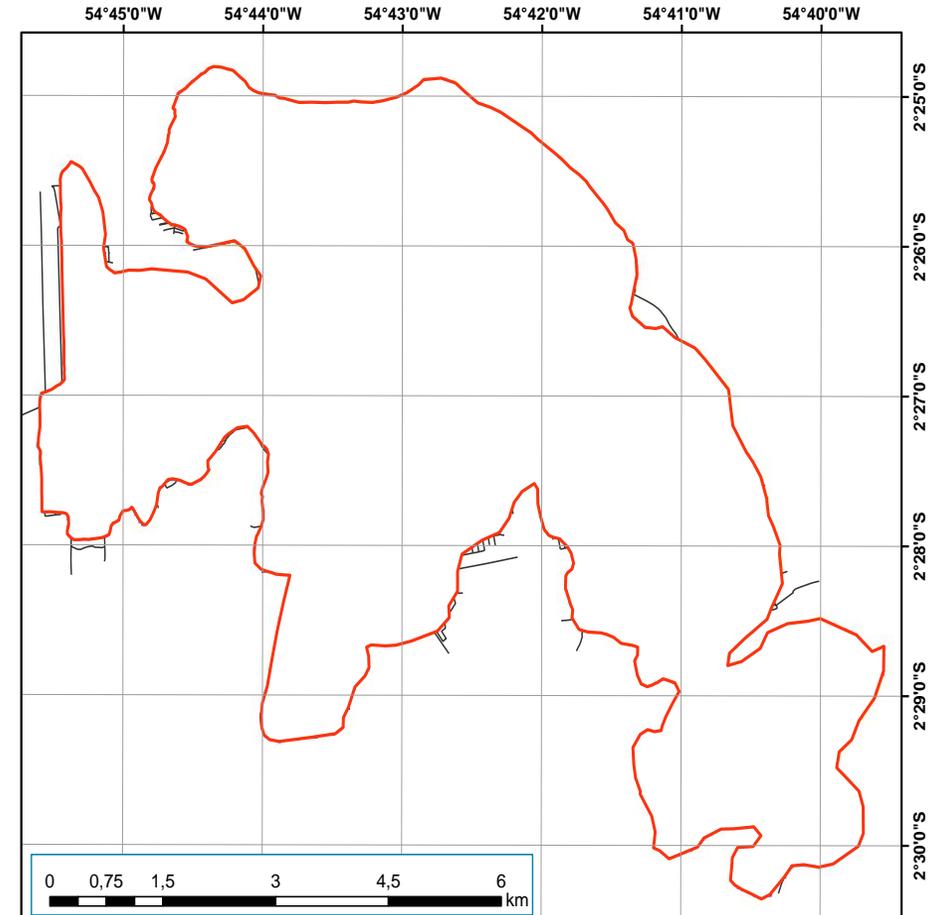
4. Cálculo de volume em obras de engenharia: volume de água represada, volume de terra em corte e/ou aterro;
5. Delimitação da região inundada em represas para avaliação de áreas.





Aplicações do Modelo Digital na Engenharia

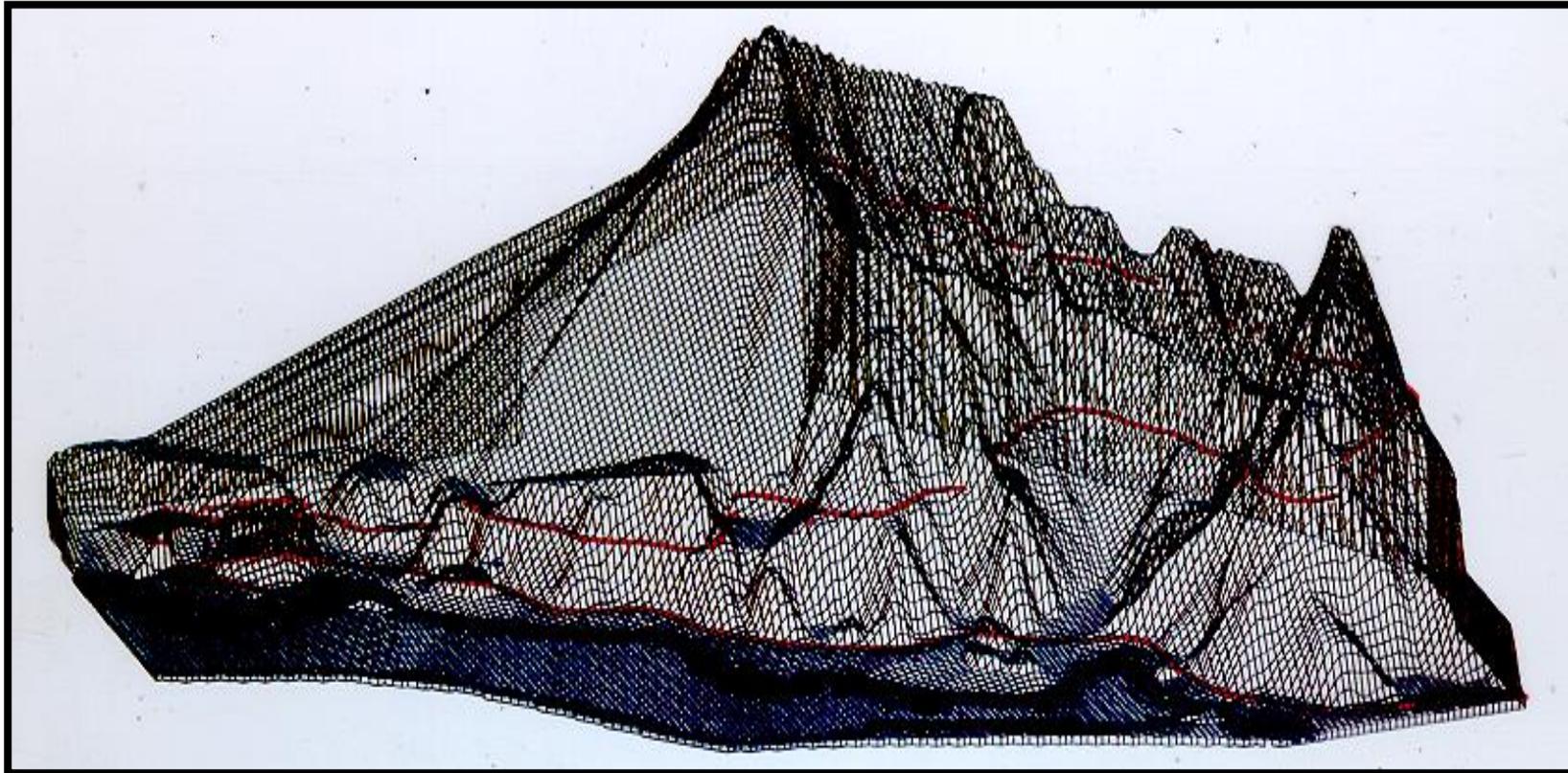
6. Estudos de trajetos rodoviários e ferroviários (Cálculo de declividade);
7. Mapas derivados (perfis, seções).





Aplicações do Modelo Digital na Engenharia

Ferrovia Mairinque – Santos
Descida da Serra de Paranapiacaba
Perspectiva Tridimensional





Esforços para melhoria do MDT na América do Sul

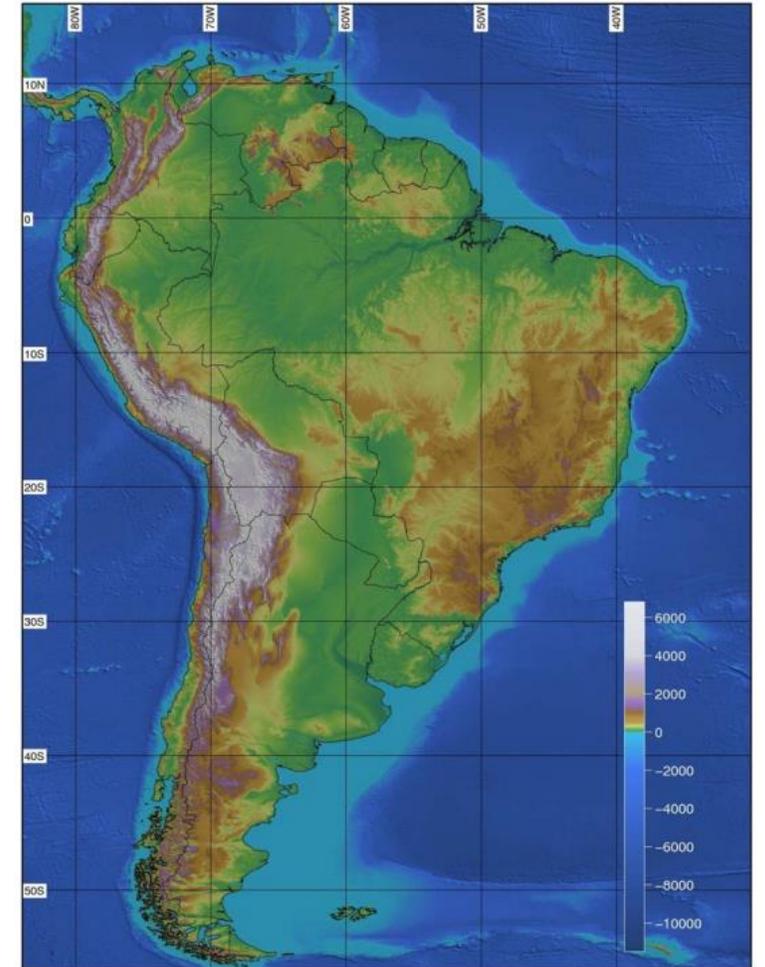
Esforços estão em progresso na tentativa de se melhorar o MDT da América do Sul.

Latitude: 25° N a 60° S

Longitude: 100° W a 25° W

Aplicações:

- ✓ Geodésia (cálculo do geóide e efeito indireto);
- ✓ Geofísica (correção de terreno e correção isostática);
- ✓ Hidrologia;
- ✓ Engenharia (planejamento).



Fonte: Grohmann et al. (2008)



MDT para a América do Sul - SAM

SAM_1mv2

No continente:

Cartas digitalizadas

- ✓ Brasil (IBGE, Petrobrás e GETECH)
1:50.000 e 1:100.000
- ✓ Argentina (IGM) 1:250.000
- ✓ Uruguai (IGM) 1:100.000
- ✓ + SRTM+DTM2002

No oceano:

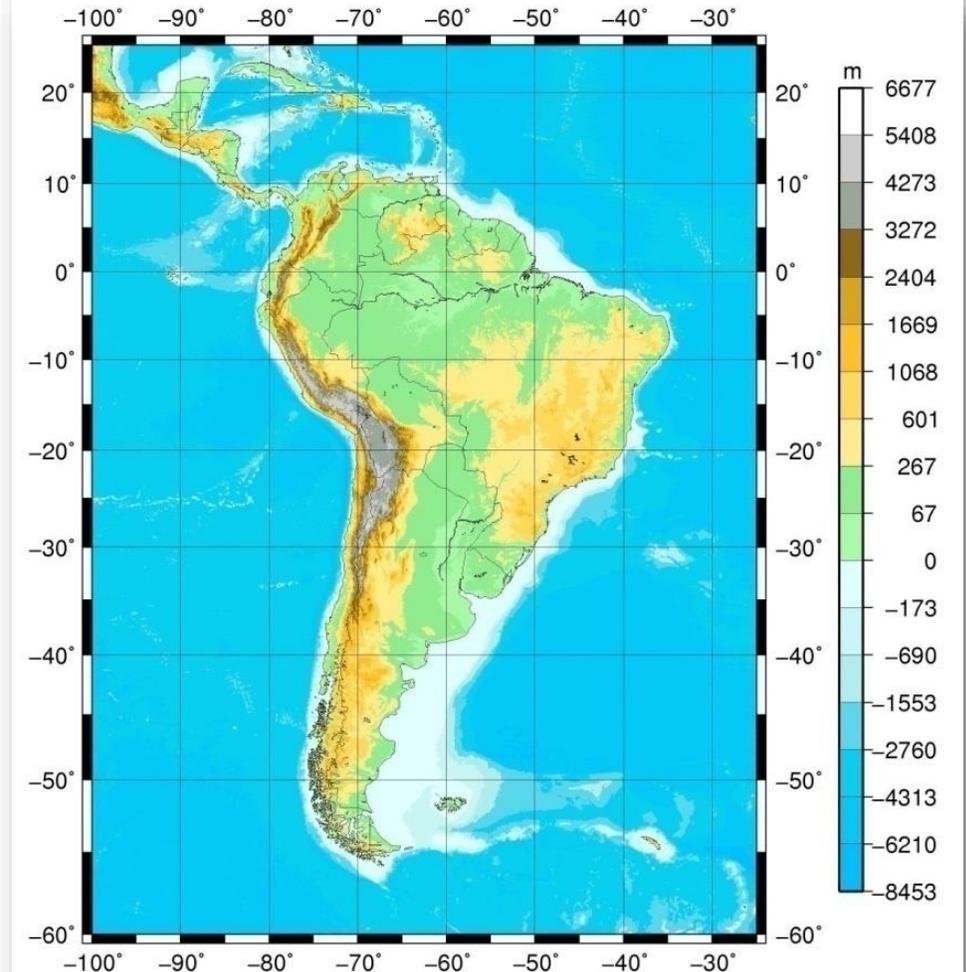
- ✓ Brasil cartas, folhas de bordo,
projeto LEPLAC (CHM)
- ✓ Argentina cartas (SHN)
- ✓ +DTM2002

SAM_30s

SRTM+DTM2002

SAM_1mv1

SRTM+DTM2002





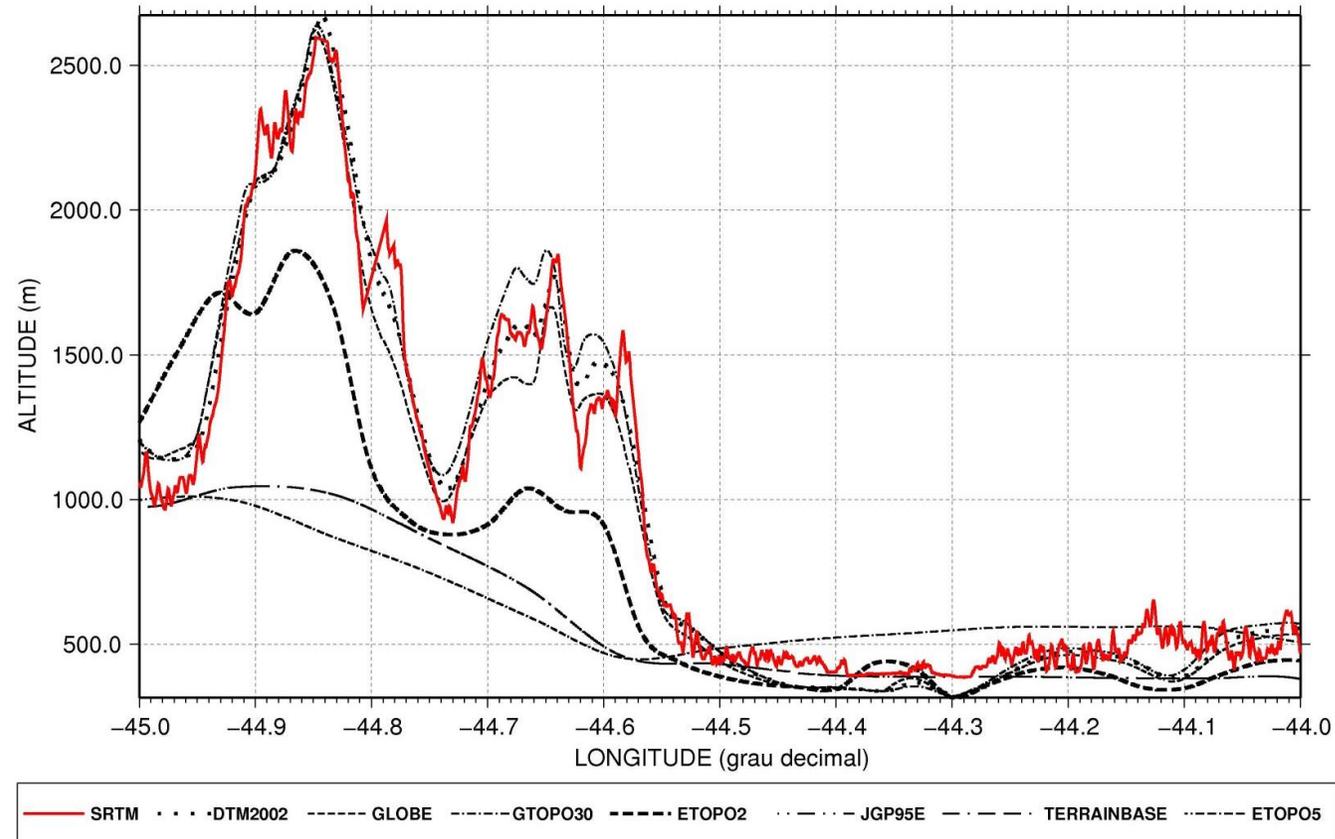
Modelos Digitais de Elevação Globais

ETOPO5	5'	1988	Altimetria batimetria	NOAA / NGDC
TERRAINBASE	5'	1994	Altimetria batimetria	NOAA / NGDC
JGP95E	5'	1995	Altimetria batimetria	NASA GSFC / NIMA
GTOPO30	30"	1996	Altimetria	U.S. Geological Survey's EROS Data Center (EDC).
GLOBE	30"	1999	Altimetria	NOAA / NGDC
ETOPO2	2'	2001	Altimetria batimetria	NOAA / NGDC
ACE	30"	2001	Altimetria	Geomatic Unit / De Montfort University
DTM2002	30"	2002	Altimetria batimetria	Raytheon ITSS Corporation
SRTM	3"	2003	Altimetria	NASA / DRL / ASI



Análise dos Modelos – Picos mais altos do Brasil

Perfil longitudinal passando pelo Pico da Pedra da Mina





Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)

Internet: <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm>

Data de Lançamento: 11/2/2000.

Data de Pouso: 22/2/2000.

Cobertura: 80 % da Superfície Terrestre (Continentes).

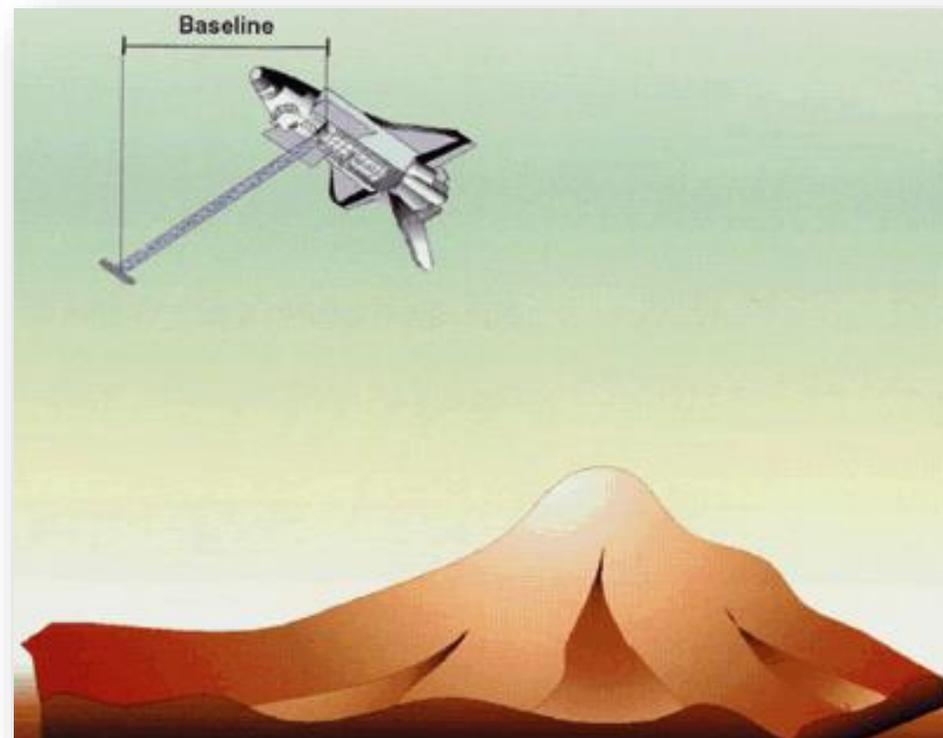
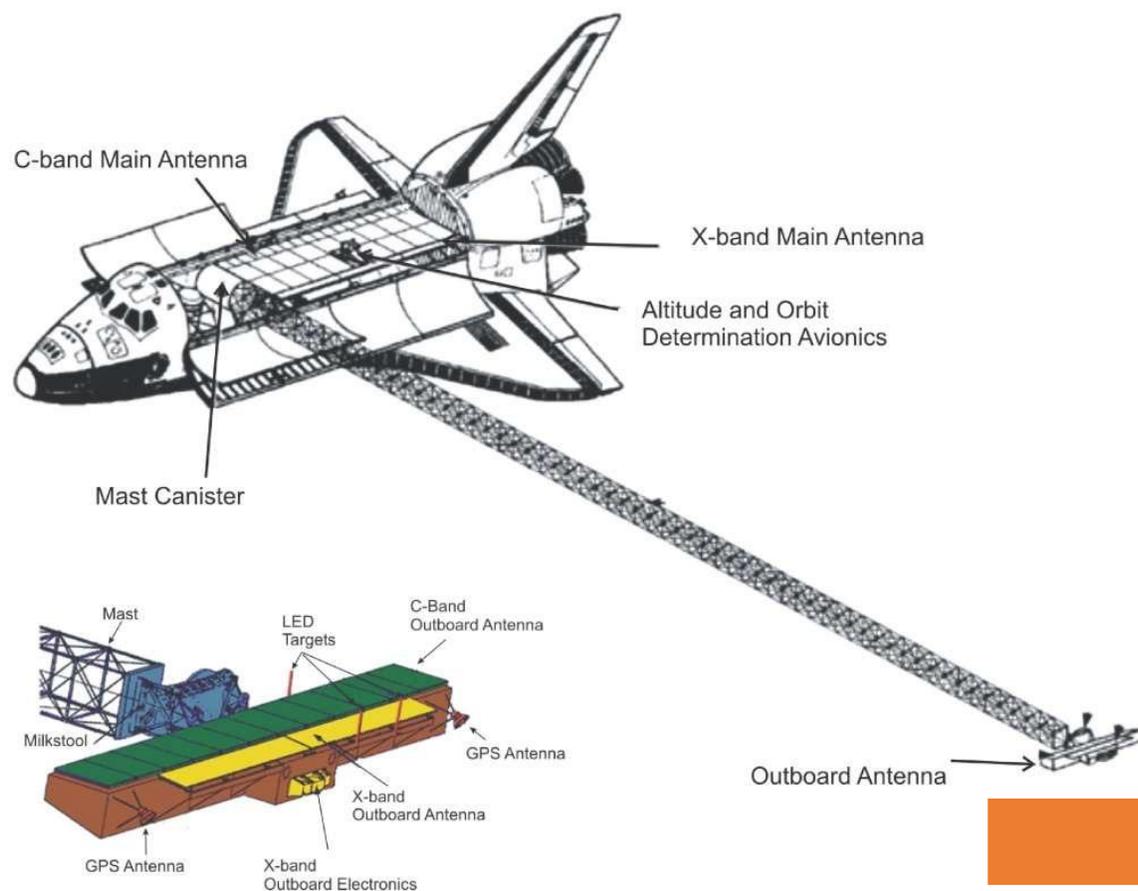
Objetivo da Missão: coletar informações de topográficas de 80 % dos continentes terrestres, utilizou-se a técnica de interferometria de RADAR por abertura sintética.

Aplicações: uso do solo, engenharia civil, geologia etc.





Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)



Banda	Comprimento de onda (cm)	Largura do feixe de radar na superfície da Terra (km)
C	5,6	225
X	3,0	50



Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)

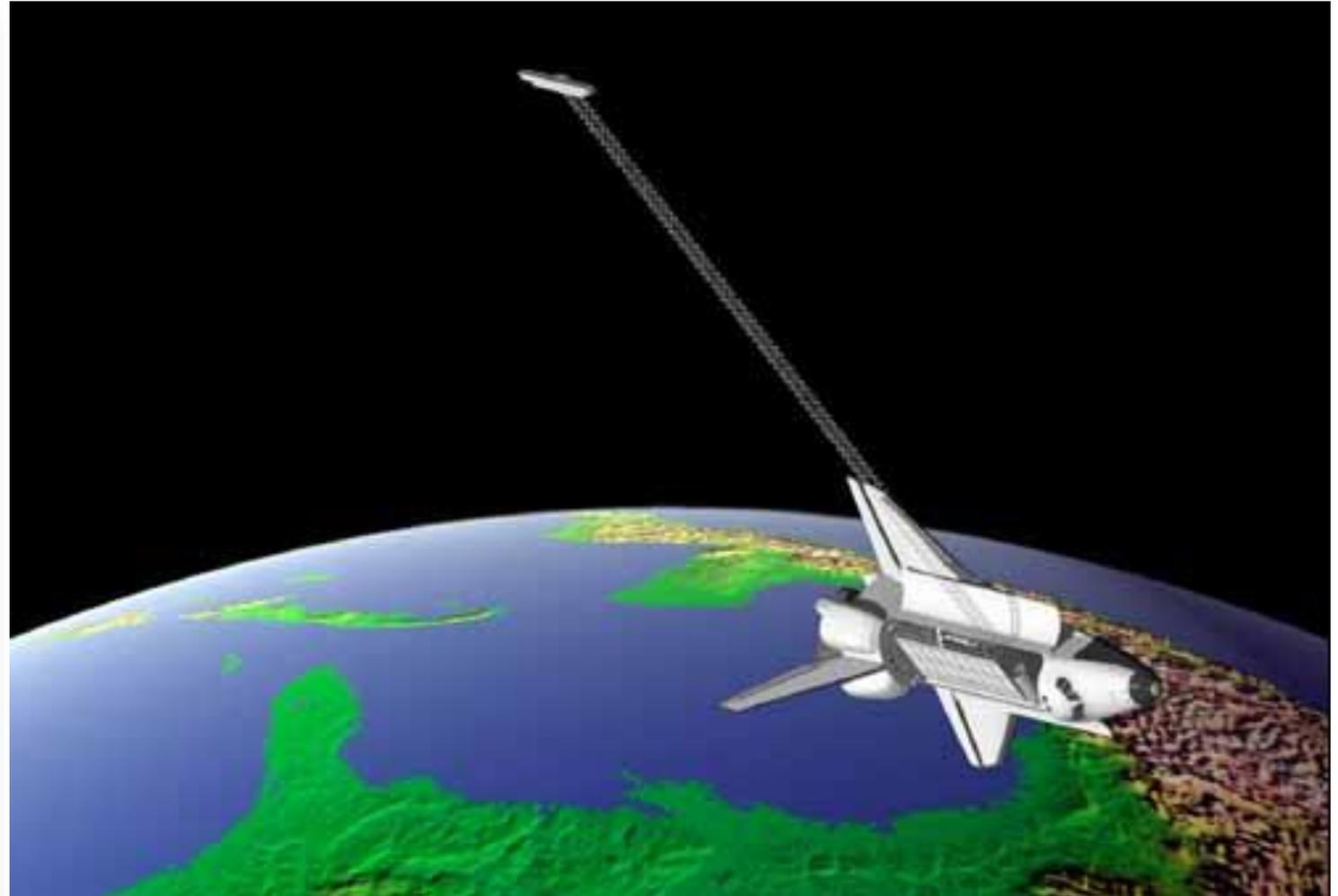
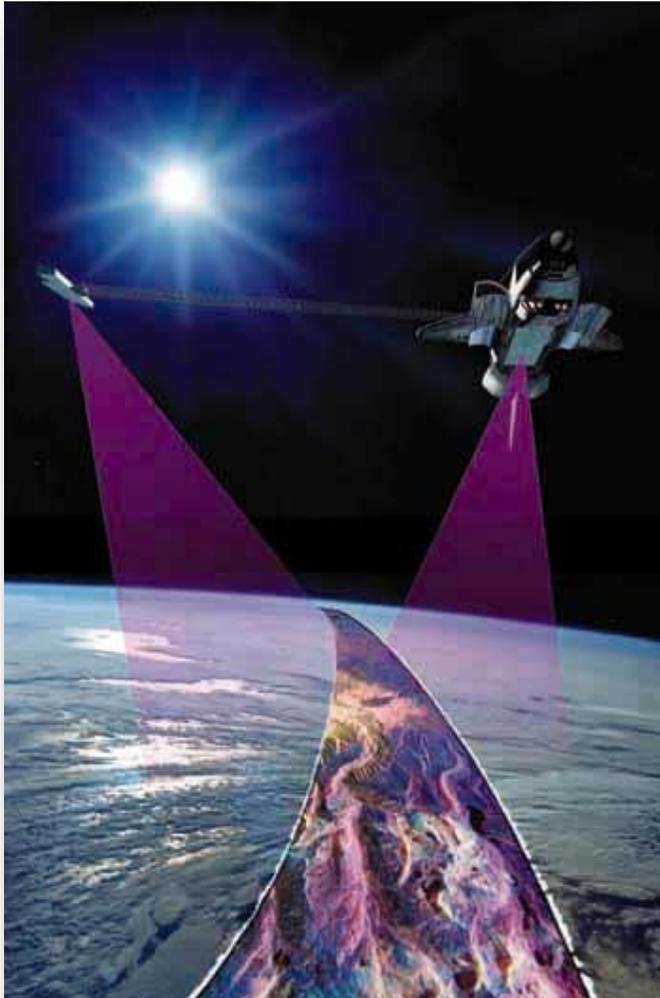
Características do Modelo Digital de Elevação (SRTM)

Interferometria BANDA C

Precisão planimétrica	15 m *
Precisão altimétrica	16 m *
Espaçamento da grade	3" x 3" lat/lon
Projeção	UTM / Coordenadas geodésicas
Esferóide	WGS84
Formato do arquivo	1° x 1° lat/lon
* Nível de confiança de 90 %	

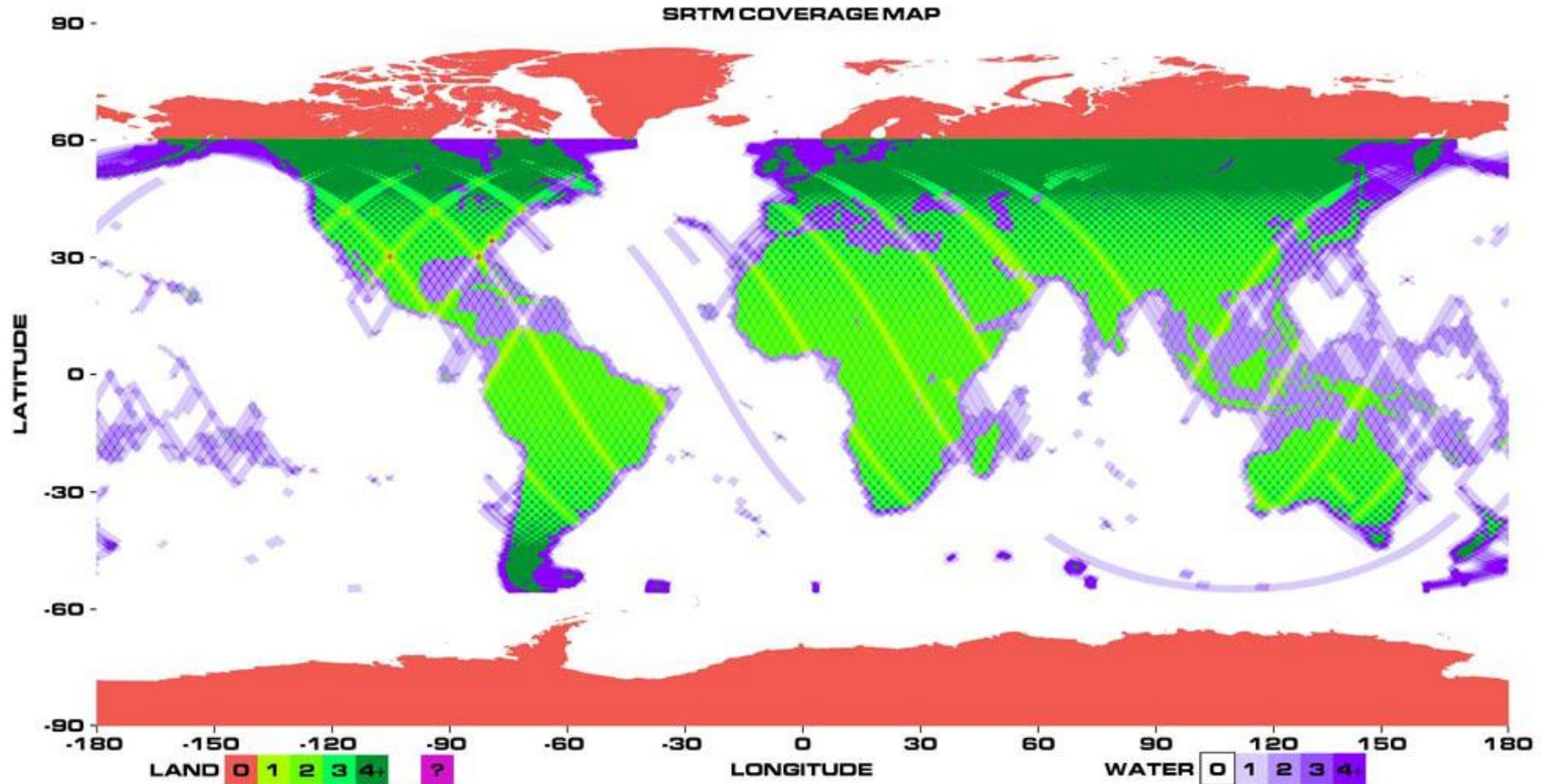


Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)





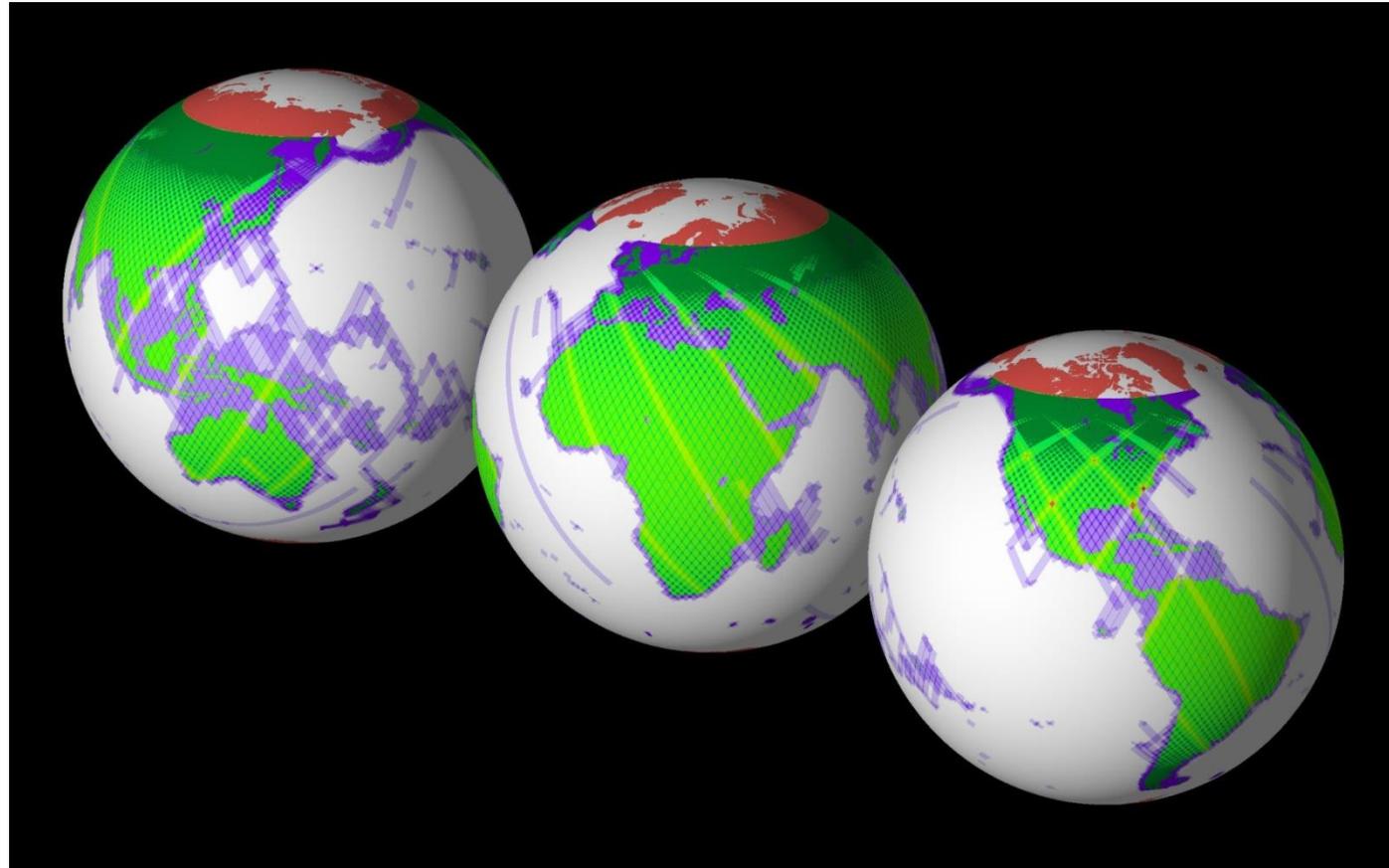
Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)



Trajatória



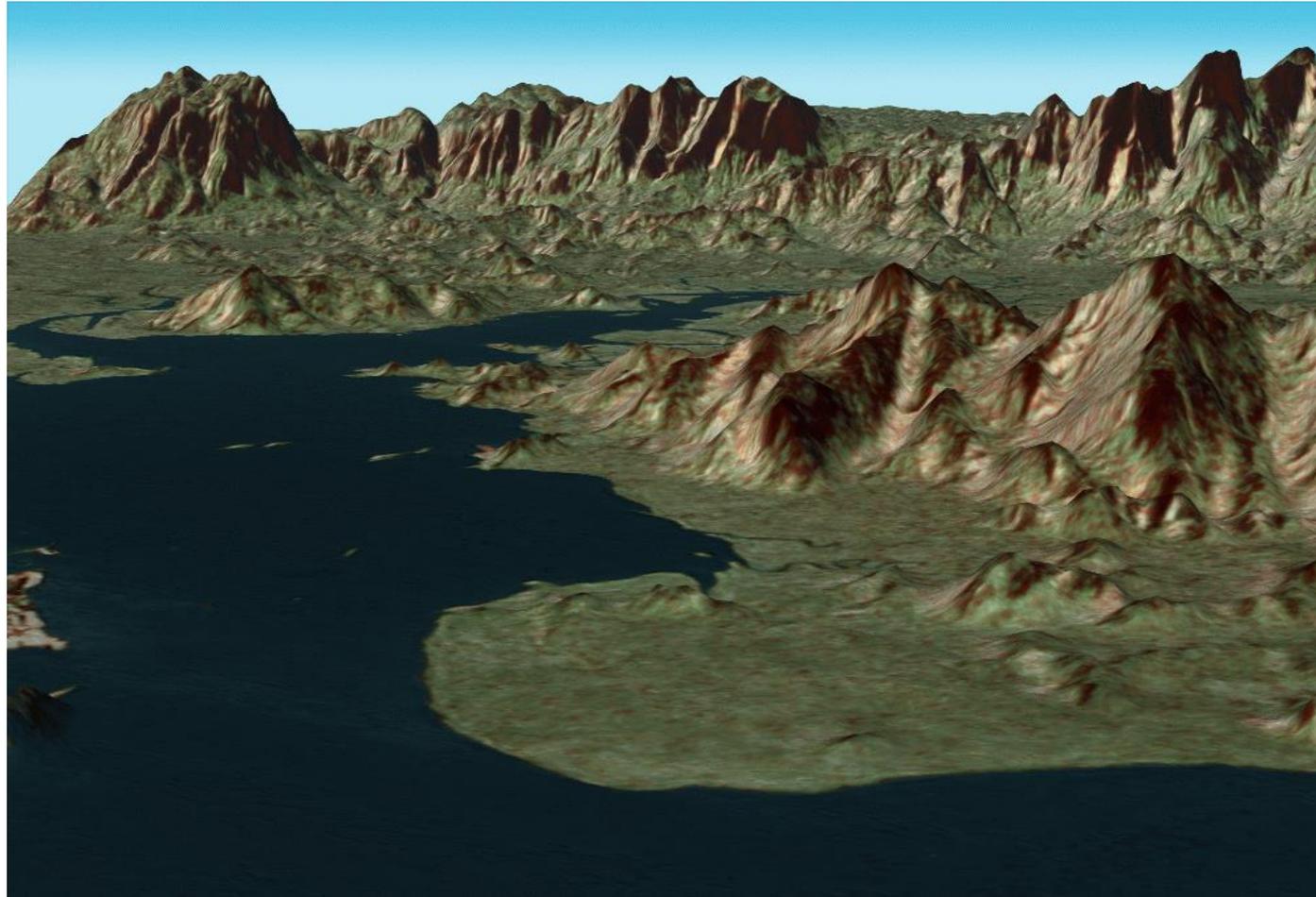
Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)



Trajetória



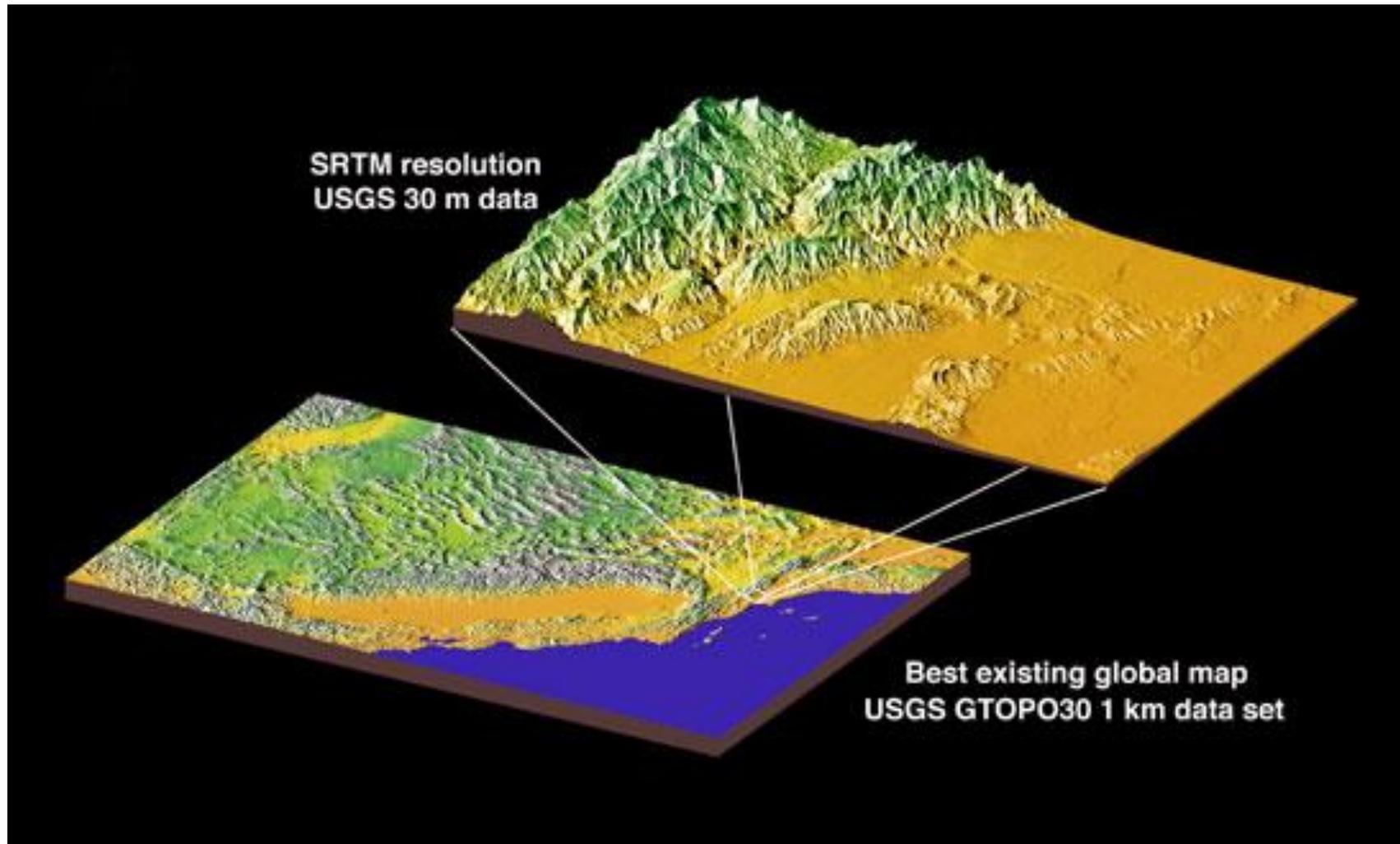
Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)



Paranaguá - Brasil



Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)





Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)

Pedra da Mina e Agulhas Negras
(Quadrícula S23W045)

