

# Introdução à topografia

---

PROF.<sup>a</sup> ENG. CIVIL PATRÍCIA ANDRADE

# Referências bibliográficas

---

TULER, Marcelo; SARAIVA, Sérgio, Teixeira, André. Manual de práticas de topografia. Porto Alegre: Bookman Companhia Editora, 2017.

McCORMAC Jack: WAYNE, Sarasua; WILLIAM, Davis. Topografia. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2019.

BORGES, A de C.; Topografia. São Paulo: Edgard Blucher, 2013, V. I.

# Referências bibliográficas complementares

---

TULER, Marcelo, SARAIVA, Sérgio. Fundamentos de topografia. Porto Alegre: Bookman, 2014.

BORGES, A de C.; Topografia. São Paulo: Edgard Blucher, 2018, V. II.

SILVA, Irineu da, SEGANTINE, César Lima. Exercícios de topografia : teoria e prática de geomática / Irineu da Silva, Paulo- 1. ed. - Rio de Janeiro : Elsevier, 2018.

BOTELHO, M. H. C.: FRANCICHI JR., J.P.: PAULA, Lyrio S. ABC da Topografia. São Paulo: Editora Blucher, 2018.

# Topografia: o que é?

---

(1) É o conjunto:

dos princípios

Técnicas

convenções

→ utilizadas para a determinação da conformação, das dimensões e da posição relativa de pontos sobre a superfície da terra ou no seu interior (minas, túneis, galerias, etc).



# Topografia: o que é?

---

Consiste na arte de medir distâncias entre pontos  
ângulos entre direções

e locar pontos a partir de ângulos e distâncias observadas usando um ponto com coordenadas predeterminadas como referência.

Visa a construção de plantas para fins de planejamento e projeto em engenharia, arquitetura, etc....



# **NBR 13133 – Execução de levantamento topográfico**

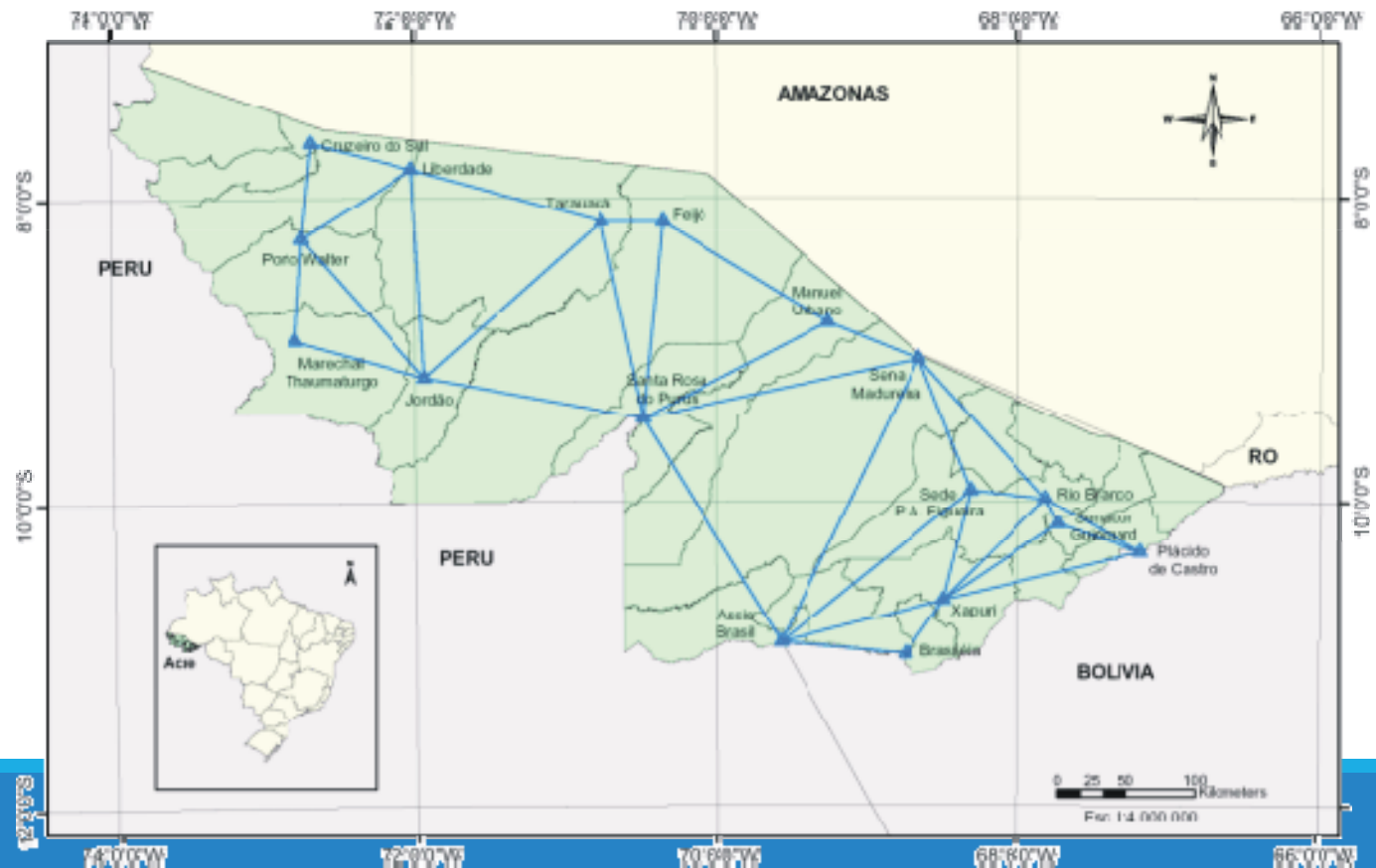
---

“Conjunto de métodos e processos que, através de medições de ângulos horizontais e verticais, de distâncias horizontais, verticais e inclinadas, com instrumental adequado à exatidão pretendida, primordialmente, implanta e materializa pontos de apoio no terreno, determinando suas coordenadas topográficas. A estes pontos se relacionam os pontos de detalhe visando a sua exata representação planimétrica numa escala pré-determinada e à sua representação altimétrica por intermédio de curvas de nível, com equidistância também pré-determinada e/ou pontos cotados.”



# Geodésia

é a ciência que estuda a forma e as dimensões da Terra, a posição de pontos sobre sua superfície e a modelagem do campo gravitacional.



# Geodésia

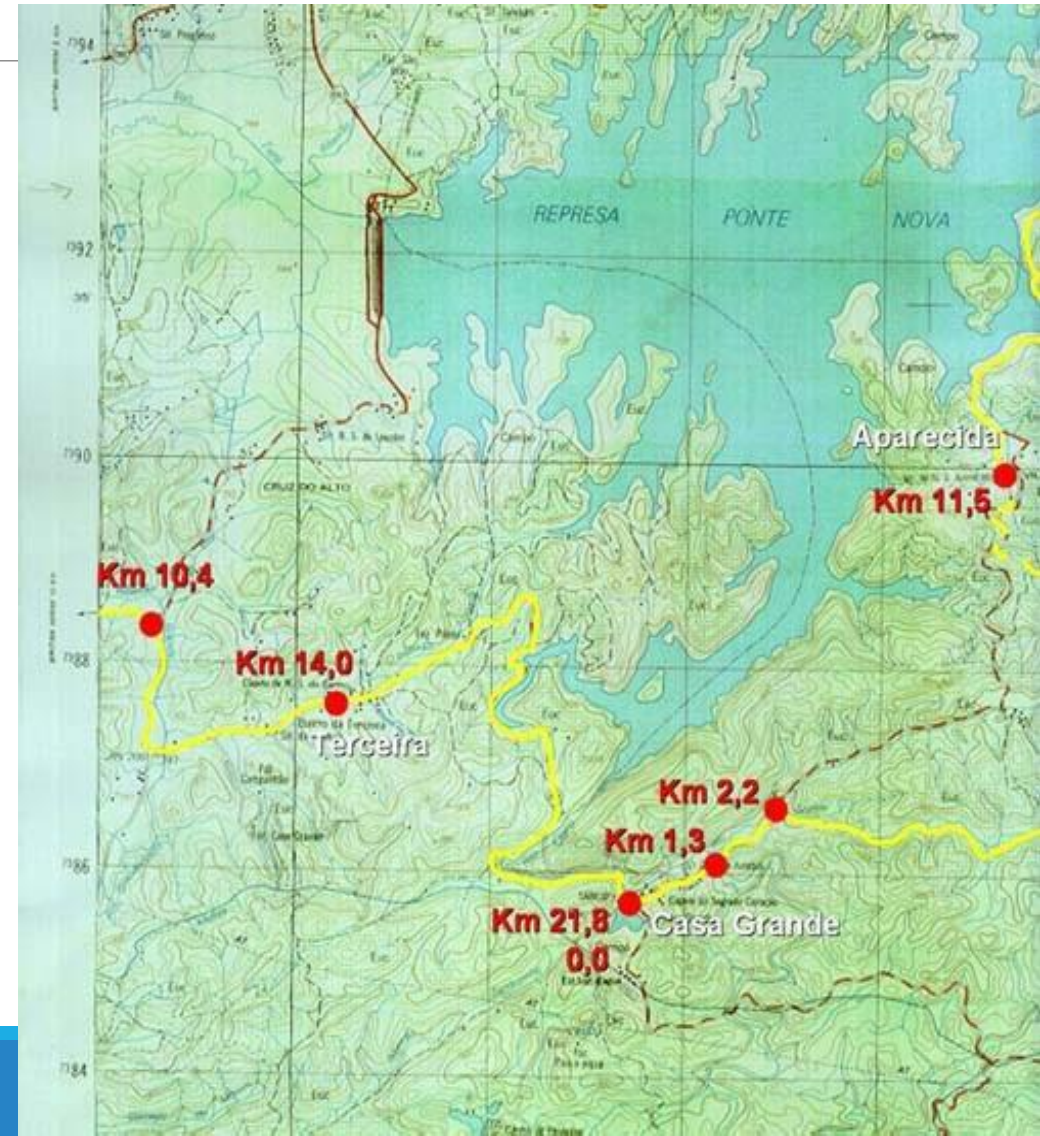
---

- no passado era dividida em:
  - Geodésia Geométrica
  - Geodésia Física
  - Geodésia Espacial
- Hoje, há uma grande relação entre estas divisões tornando a separação sem sentido.
- Modernamente a Geodésia tem três objetos:
  - a geometria e as deformações da Terra,
  - os parâmetros de orientação da Terra no espaço
  - e o campo de gravidade (geoide).

# Cartografia

É a arte e a técnica da representação dos acidentes geográficos da superfície da Terra.

- Visa o planejamento e a visão de conjunto, utilizando escalas menores (menos detalhes) em um sistema de projeção.



# Em resumo: Topografia x Geodésia

---

- **Topografia:** mapeia *pequena porção* da superfície terrestre (área de raio até 50 km);
- **Geodésia:** mapeia *grandes porções* da superfície terrestre, levando em consideração as deformações devido sua esfericidade. Divide a terra em três superfícies de referência: a física terrestre, o geóide e o elipsóide.
- A **Topografia** pode ser entendida como uma parte da **Geodésia**.

# AEROFOTOGRAMETRIA

---

É técnica de produção de mapas ou cartas por meio de fotografias aéreas com emprego da estereoscopia.



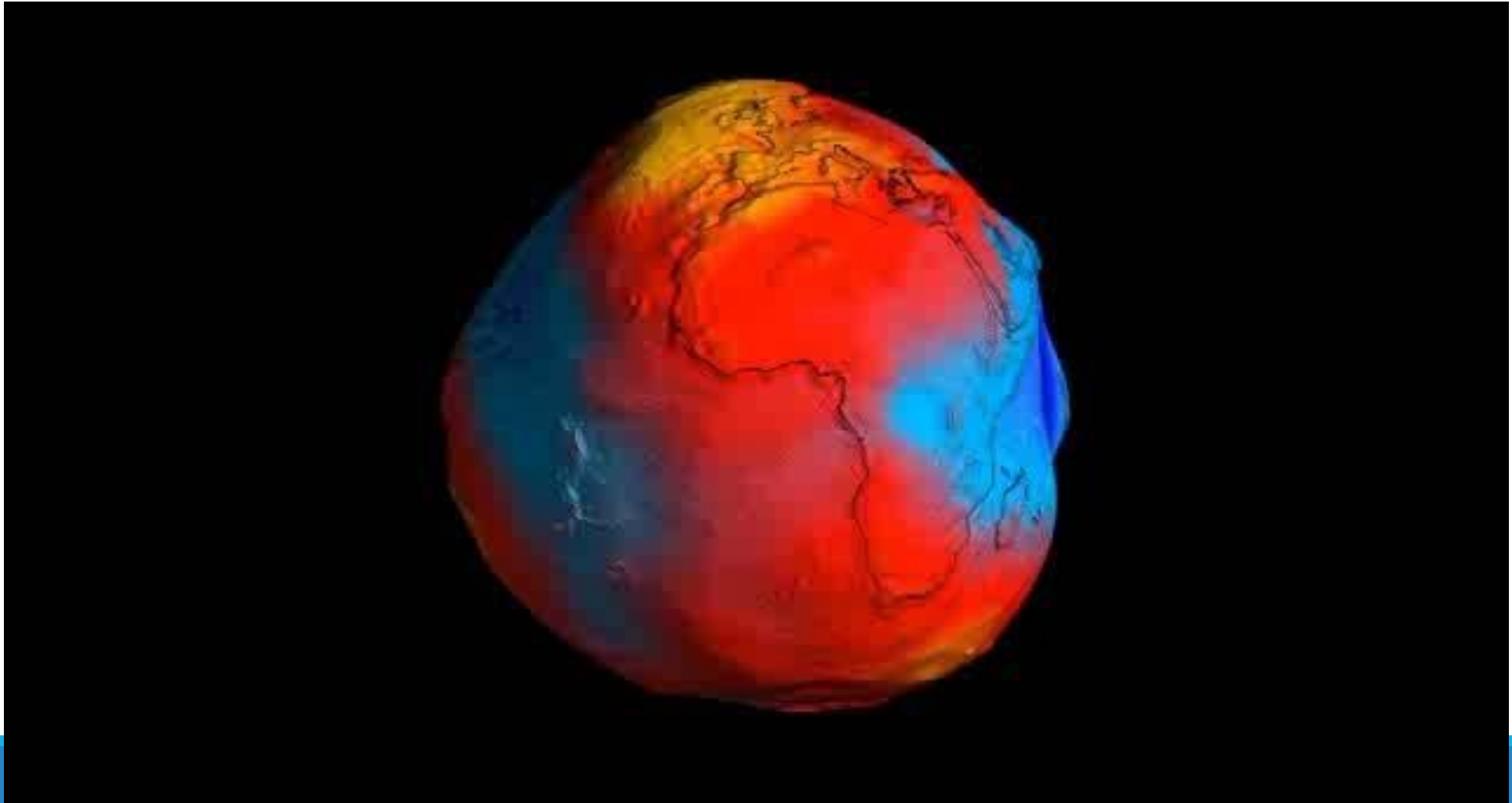
# DEFINIÇÃO DE SENSOREAMENTO REMOTO

É a técnica que utiliza sensores a bordo de satélites artificiais para a obtenção de imagens digitais da superfície da Terra através das diversas faixas do espectro eletromagnético.



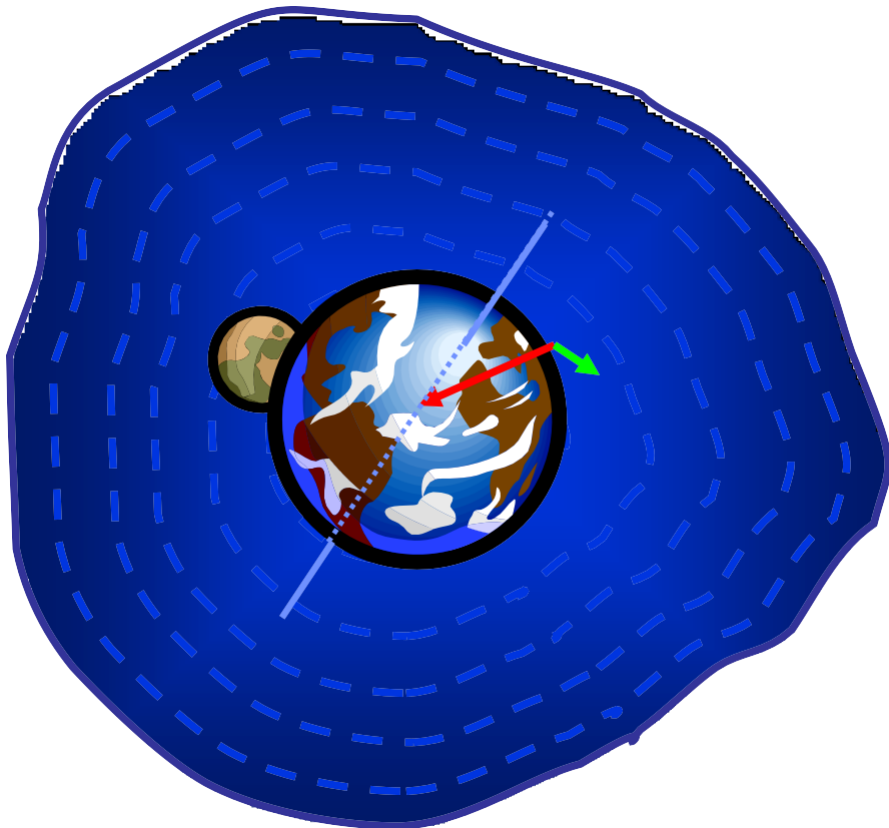
# A forma da terra: Geoide

---



# A FORMA DA TERRA – FORÇAS PERTINENTES

---

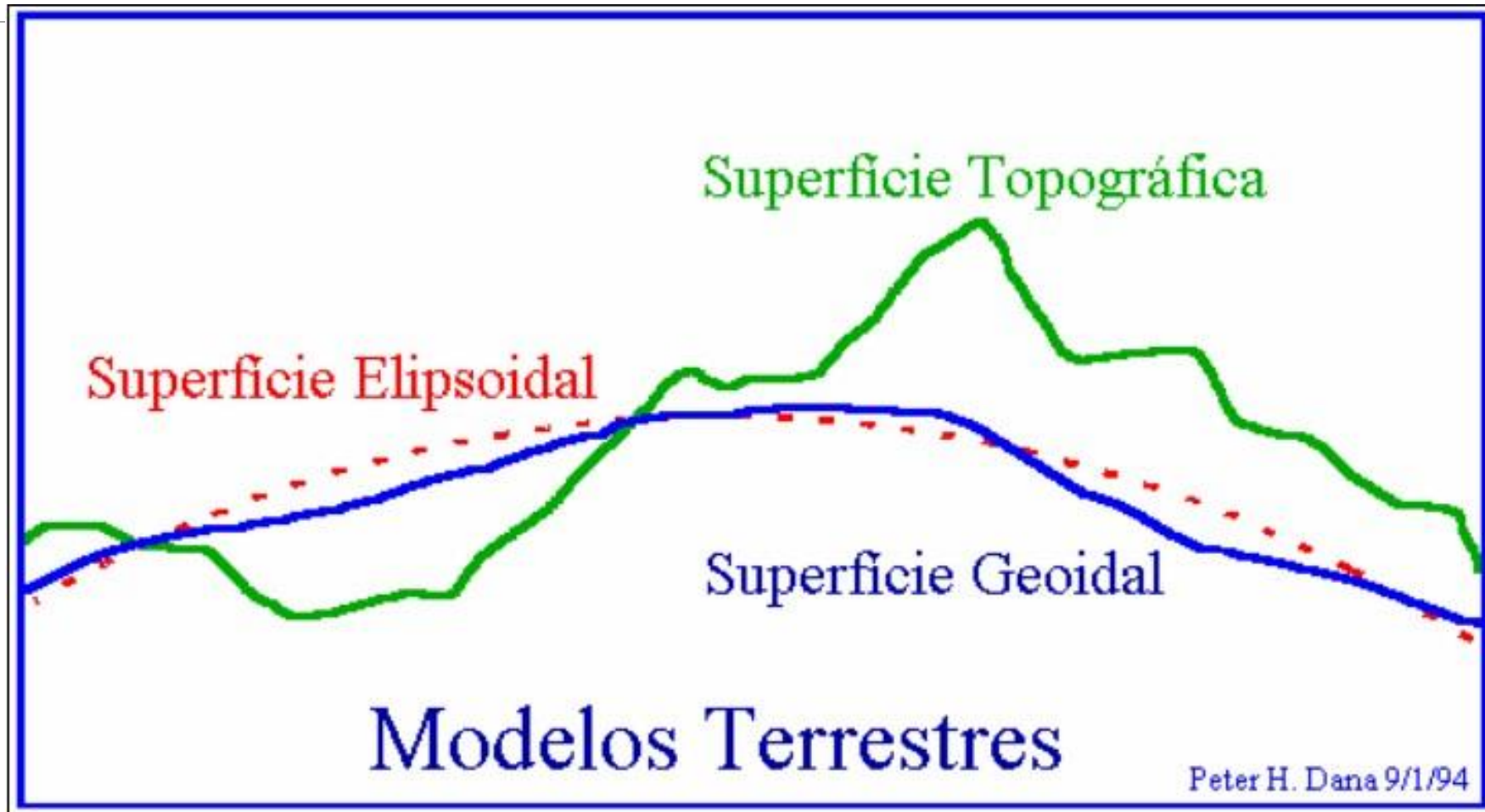


Um objeto **sobre ou próximo** da superfície da Terra está sujeito, entre outras, a duas forças: atração (ou gravitacional) e centrífuga. A resultante **das duas** é a **força de gravidade**.

**Campo gravitacional** é o conjunto de pontos do espaço sujeito à força gravitacional

**Campo de gravidade** é o conjunto de pontos do espaço sujeito à força de gravidade.

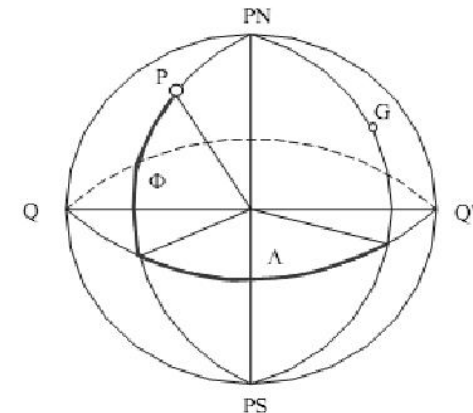
# Superfícies de referência da Terra



# Modelo Esférico

---

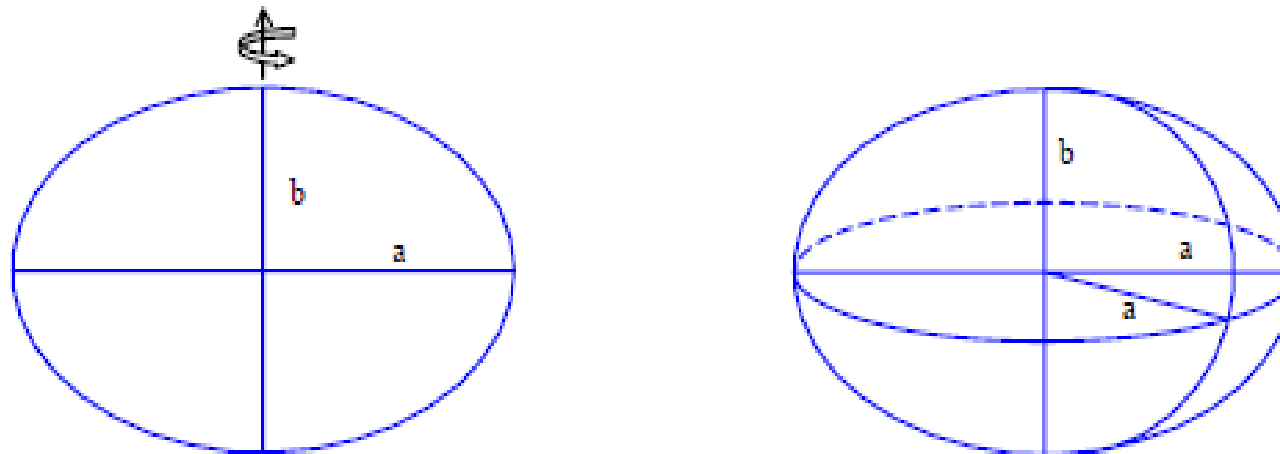
- Modelo bastante simples, sendo a Terra representada como se fosse uma esfera. O mais distante da realidade.
- Modelo utilizado em aplicações de estudo de Astronomia.



# Modelo elipsoidal de revolução

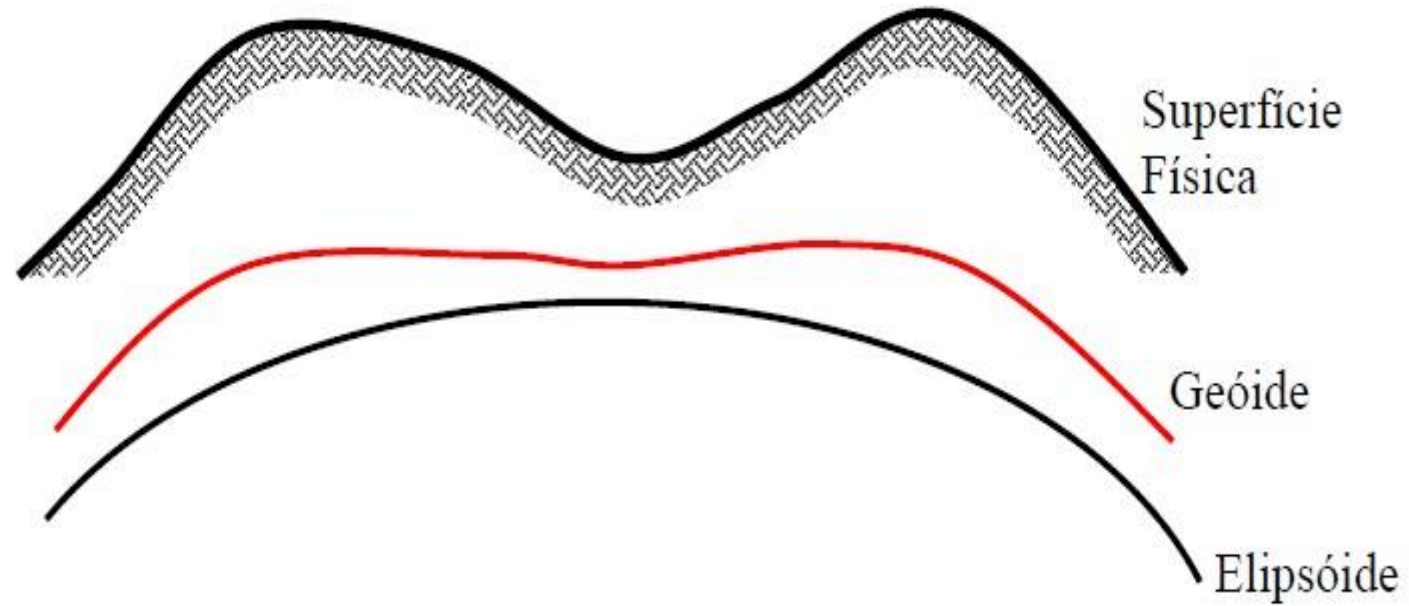
---

- Adotado pela geodésia. Mais de 70 elipsóides de revolução;
- A Terra é representada por uma superfície gerada a partir de um elipsóide de **revolução**.

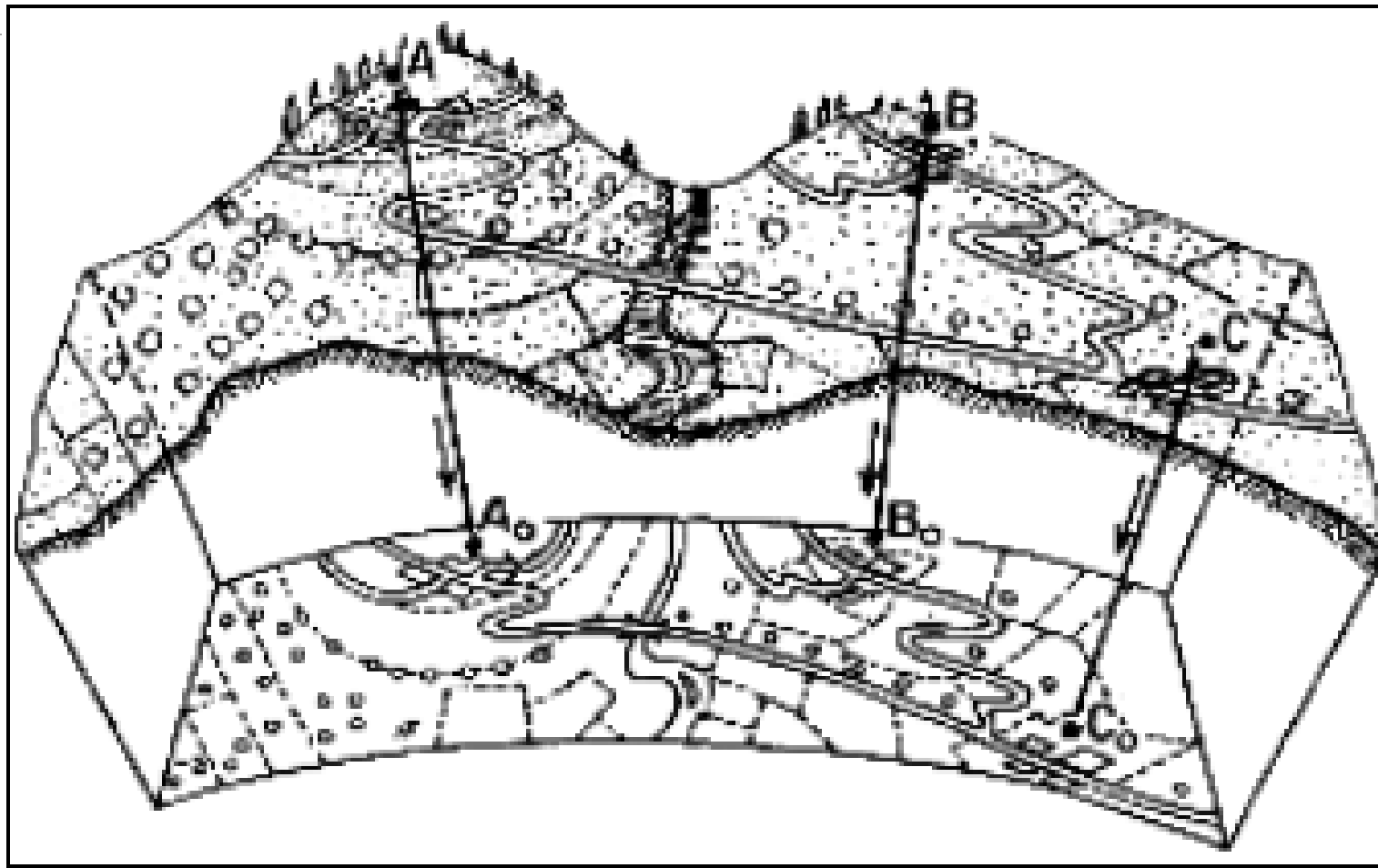


# Modelo geoidal

---

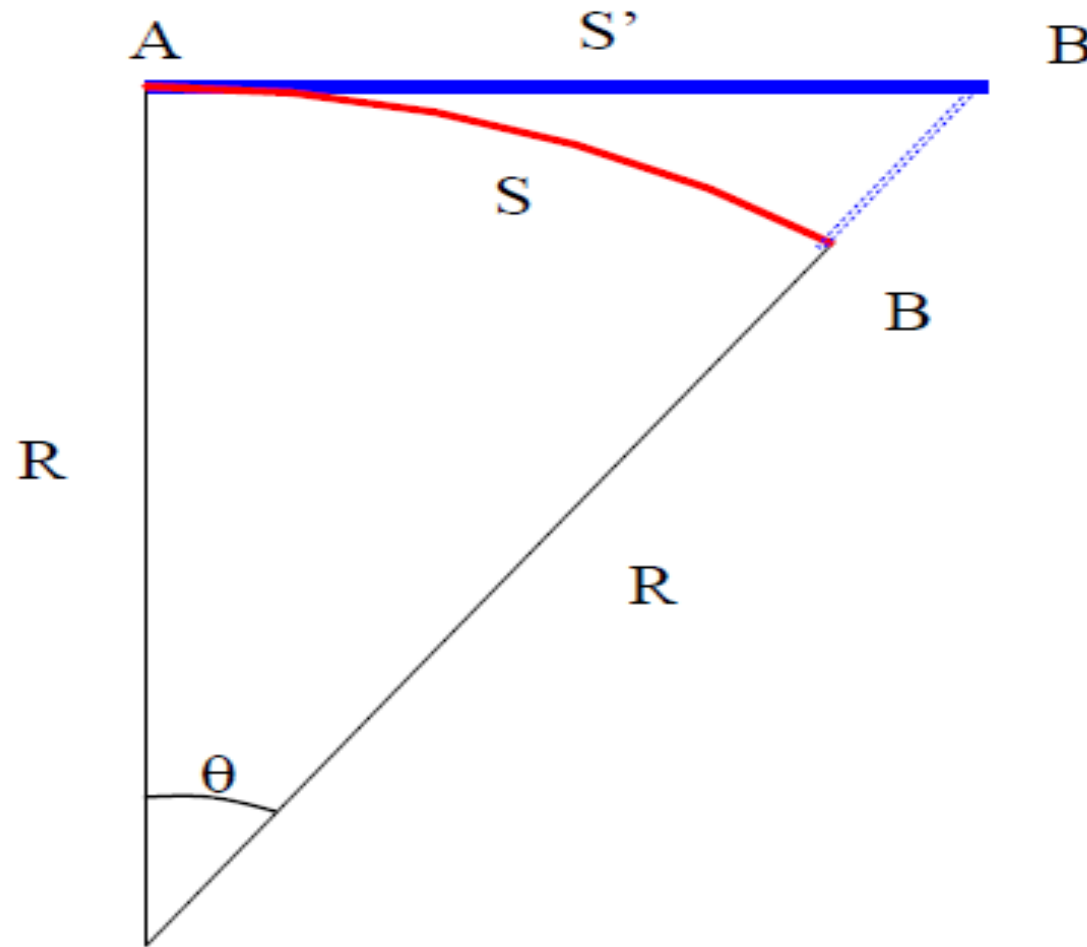


# Modelo plano – Topografia



**Situação 3D (espaço) substituída por uma 2D (projeção)**

# Erro devido à curvatura da Terra



# Efeito da curvatura na planimetria e na altimetria

S (km)	$\Delta s$
1	0,008 mm
10	8,2 mm
25	12,8 cm
50	1,03 m
70	2,81 m

S	$\Delta h$
100m	0,8 mm
500m	20 mm
1 km	78 mm
10 km	7,8 m
70 km	381,6 m

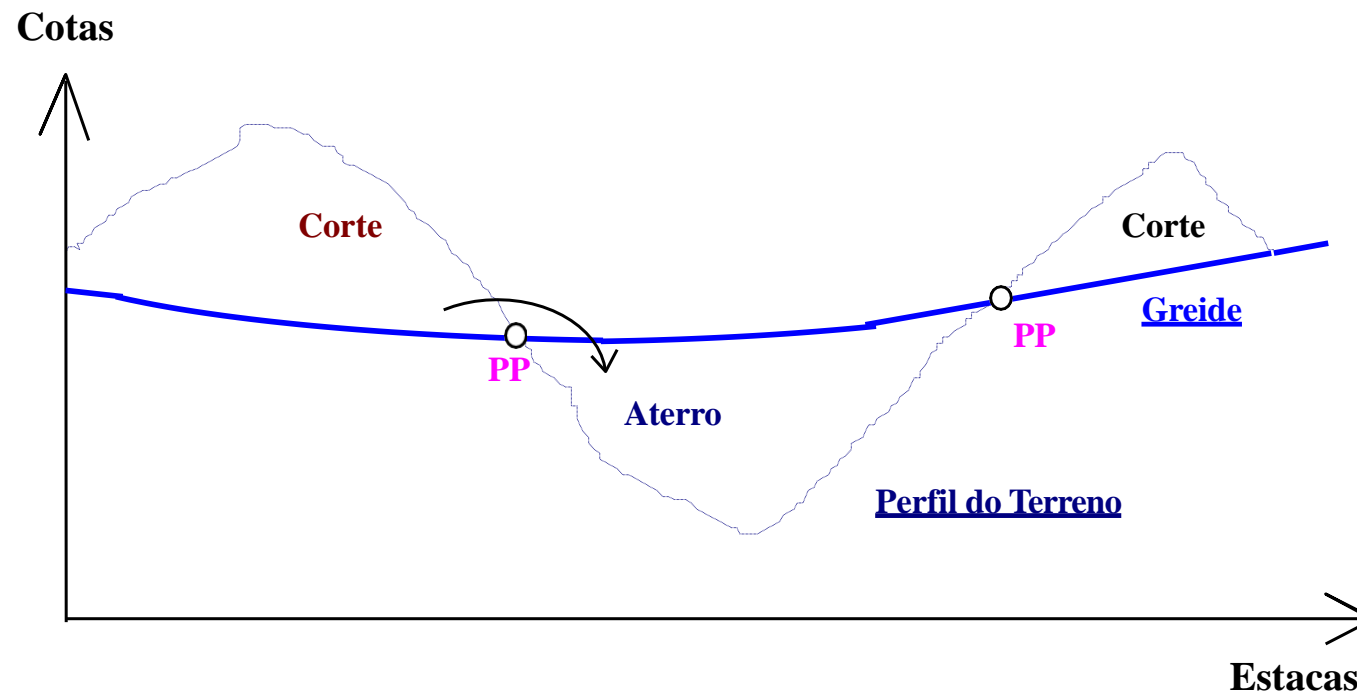
# Erro devido à curvatura da Terra

---

- Monte Everest no Himalaia: 8.848 m;
- Fossa abissal de Marianas no Oceano Pacífico:  
11.000 m.
- Raio médio da Terra: 6.371 km;
- Erro : 0,31%;
- Levantamentos topográficos: áreas com raio de até 50 km. Qual a área equivalente em km<sup>2</sup> e em ha?

# Aplicações da topografia

- Cálculo do volume de material a ser usado em uma obra



# A engenharia, a topografia e a geodesia

---

Por que, nós engenheiros, precisamos da topografia e da geodesia?

As grandes estruturas precisam ser locadas (posicionadas) com precisão

Por exemplo, a construção da ponte estaiada exigiu um posicionamento preciso do mastro. Por outro lado, o tabuleiro é construído por segmentos (aduelas) que precisam igualmente ser posicionados com muita precisão.



# Aplicações da topografia

- Declividade longitudinal em sulcos de irrigação

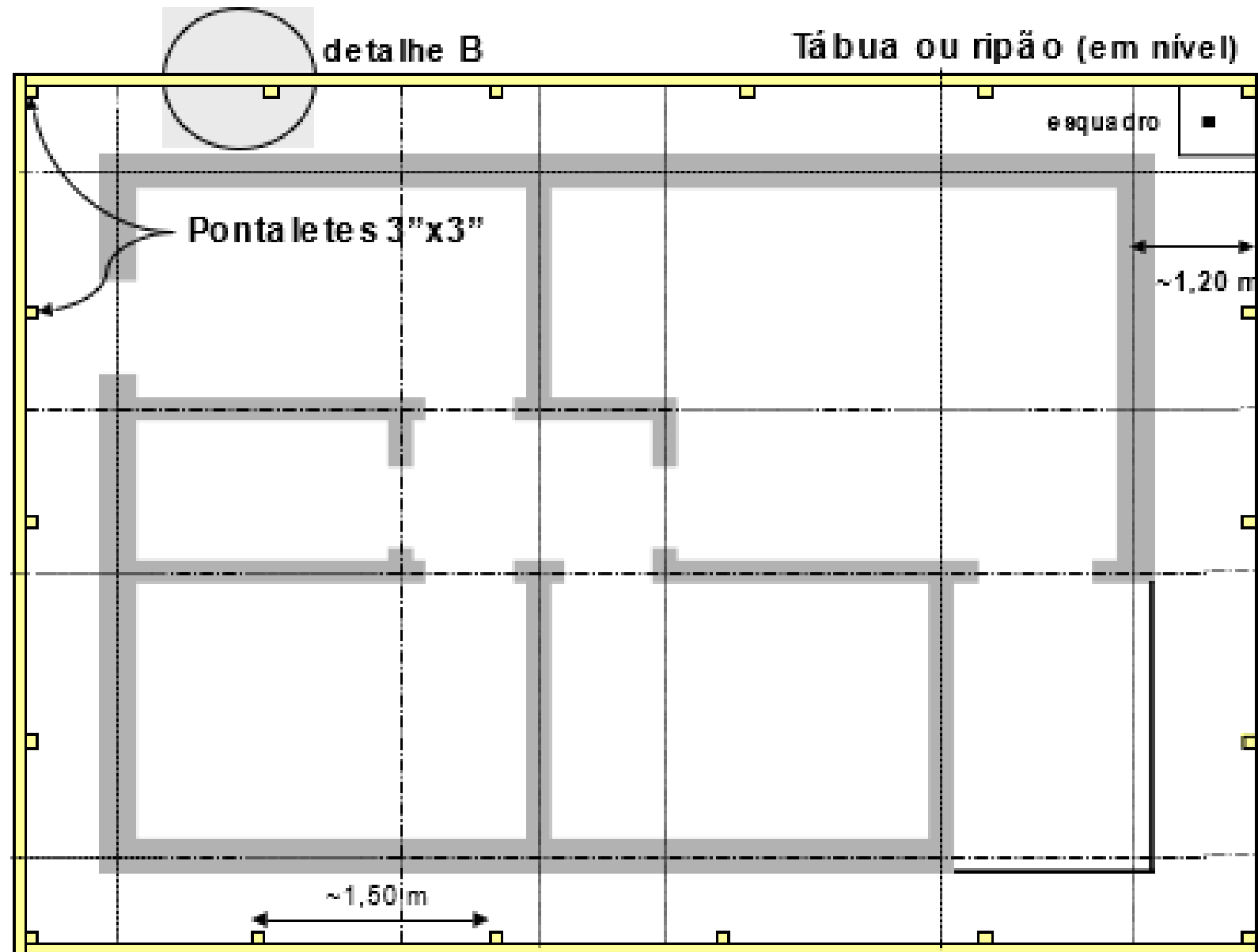


# Aplicações da topografia

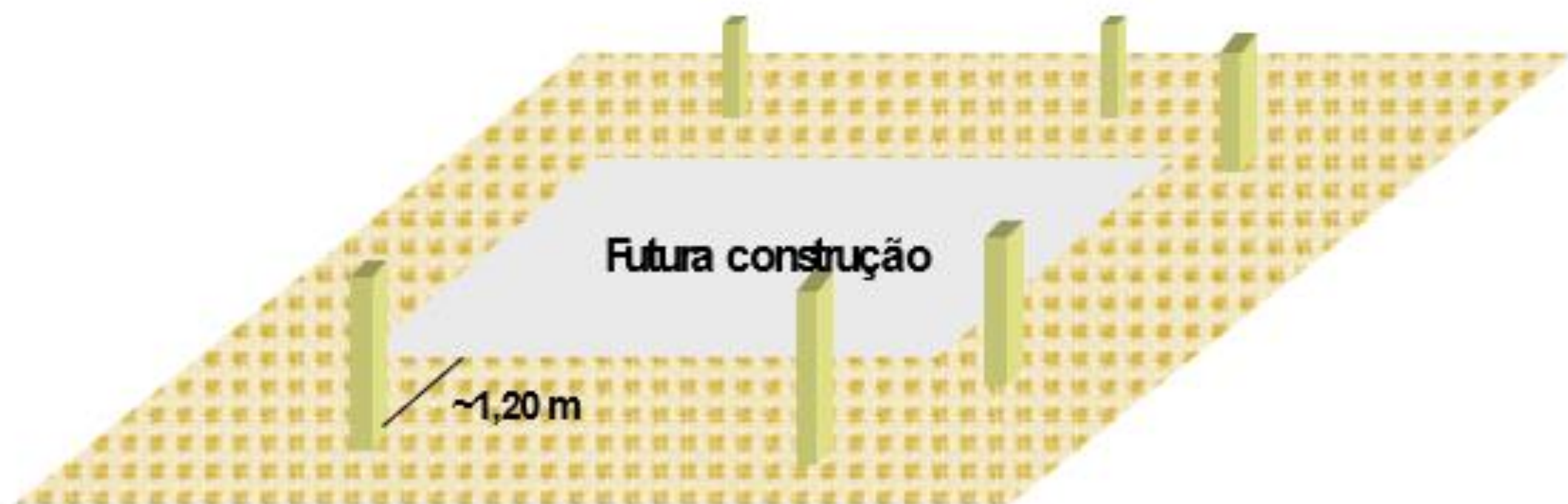
- Sistematização de terreno para irrigação por superfície



# Locação de obras (sem necessidade da topografia)



# Locação de obras (sem necessidade da topografia)



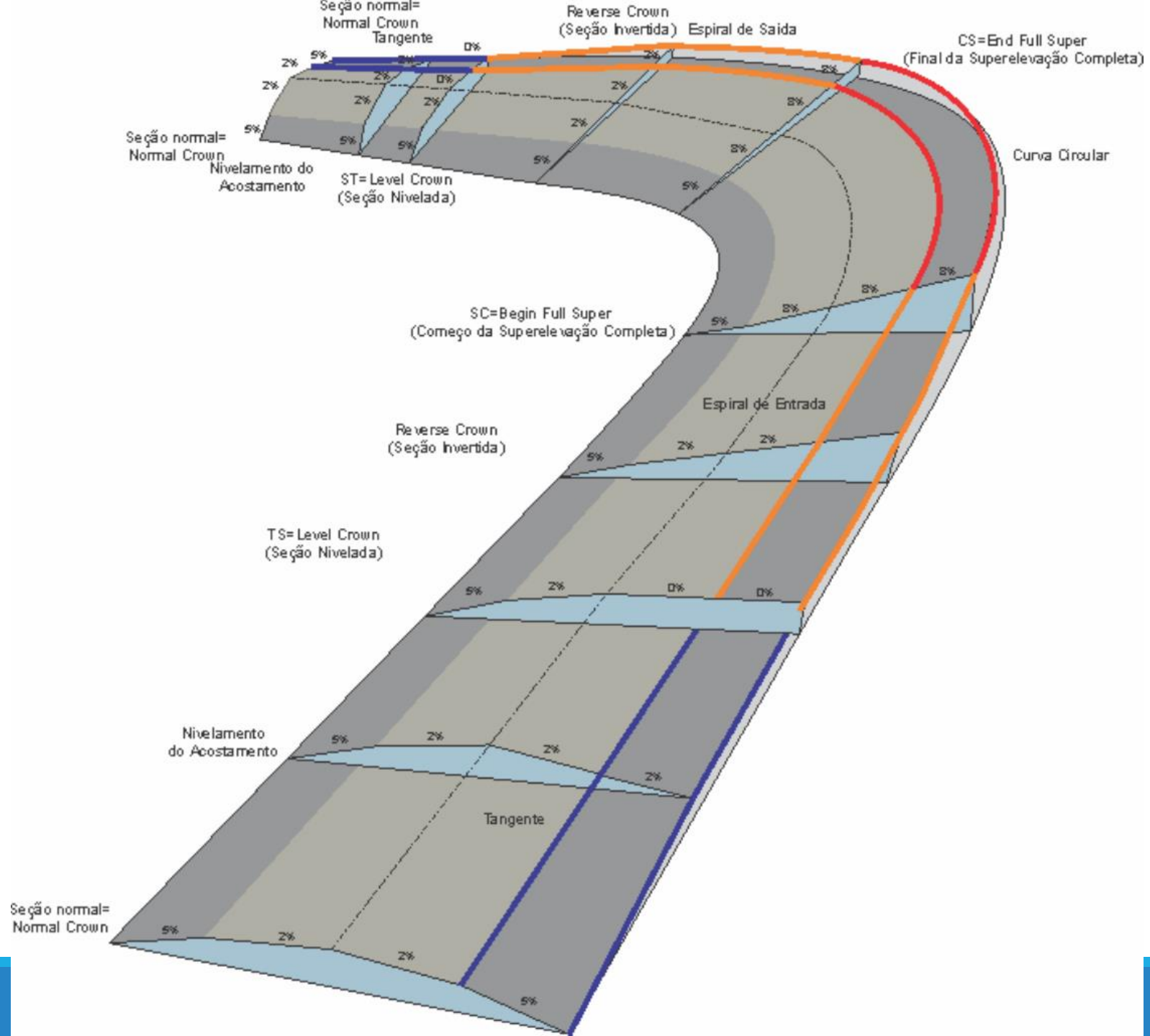
# Locação de elementos estruturais de obras: fundação, pilares, vigas



# Locação de pontos: eixo de rodovias, cotas de corte, cotas de aterro



Preparação para  
locação de uma rampa  
para uma ponte que  
será construída



# Terraplenagem de estradas de acesso, rodovias



Foto: estradas de acesso na área da Barragem de Tucuruí

# Direcionamento da escavação em áreas de extração de minérios, areias



## Terraplenagem para instalação e locação da Eclusa



Foto: área da Barragem de Tucuruí

## Definição cotas de escavação da Eclusa



Foto: área da Barragem de Tucuruí

# Locação e monitoramento de contenção de taludes



Foto: área da Barragem de Tucuruí

# Obras subterrâneas - locação



# A engenharia, a topografia e a geodesia

Por que, nós engenheiros, precisamos da topografia e da geodesia?

as grandes estruturas precisam ser monitoradas para detectar eventual deslocamento ou deformação

Para tanto entram os sensores civis e os equipamentos geodésicos: estação total (medem ângulo e distância) ou receptor GPS.



# Projeto e Medição de declividade para valetas laterais em rodovia



# Locação de tubulação de esgoto



# A engenharia, a topografia e a geodesia

Por que, nós engenheiros, precisamos da topografia e da geodesia?

Grandes edificações precisam ser locadas com precisão e monitoradas de modo sistemático.

The screenshot shows the website for the Burj Khalifa, specifically the 'WORLD'S TALLEST TOWERS' section. The page features a vertical scale on the left ranging from 0 m to 600 m. Four towers are shown side-by-side for comparison: the Burj Khalifa (553.33 m), the CN Tower (553.33 m), the Taipei 101 (508 m), and the Petronas Towers (452 m). The Burj Khalifa is the tallest building shown, reaching above the 600 m mark. The page includes a navigation menu at the top with links like 'BURJ KHALIFA', 'THE TOWER', 'OBSERVATION DECK', 'HOMES & OFFICES', 'ARMANI HOTEL', 'DOWNTOWN DUBAI', and 'NEWS & MEDIA'. A sidebar on the left contains a list of sections: 'VISION', 'FACT & FIGURES', 'WORLD'S TALLEST TOWERS', 'DESIGN', 'CONSTRUCTION', 'STRUCTURE', 'THE PARK', and 'PHOTO GALLERY'. At the bottom, there is a footer with various links and the EMAAR logo.

**BURJ KHALIFA** THE TOWER OBSERVATION DECK HOMES & OFFICES ARMANI HOTEL DOWNTOWN DUBAI NEWS & MEDIA

**WORLD'S TALLEST TOWERS**

Use the left and right arrows to view a side-by-side comparison of the world's tallest building with some of the world's other great towers.

600 m  
500 m  
400 m  
300 m  
200 m  
100 m  
0 m

CN Tower 553.33 m Taipei 101 508 m Petronas Towers 452 m

Building illustrations are used under license by BurjKhalifa.ae and are © by Skyscraper Source Media a SkyscraperPage.com. All rights reserved.

BURJ KHALIFA AT THE TOP - BURJ KHALIFA OBSERVATION DECK DUBAI SHOPPING HOMES & OFFICES ARMANI HOTEL DOWNTOWN DUBAI BURJ KHALIFA NEWS ABOUT EMAAR CONTACT US SITE MAP THE TALLEST BUILDING IN THE WORLD RESIDENT SERVICES TERMS & CONDITIONS PRIVACY POLICY EMAAR.COM

EMAAR  
©2009 EMAAR PJSC

# o sistema geodésico

---

Anteriormente à Era Espacial, o sistema geodésico de referência era estabelecido através de observações astronômicas, das redes de triangulação ou, com menos rigor, das poligonais eletrônicas, conduzidas a partir de um ponto origem e da adoção de um elipsóide. Era o chamado Datum Geodésico.

- **Datum Geodésico Horizontal (DGH)** adota:
  - Elipsóide de referência: fixação e orientação no espaço.
  - Ponto origem: **com a atribuição** de coordenadas geodésicas, altura geoidal e um azimute de partida.
  - **Sistema Geodésico definido**: define-se o sistema geodésico através da escolha do DGH.
- **Sistema Geodésico materializado**: Os marcos de referência e respectivas coordenadas definem sua materialização.

# o sistema geodésico brasileiro

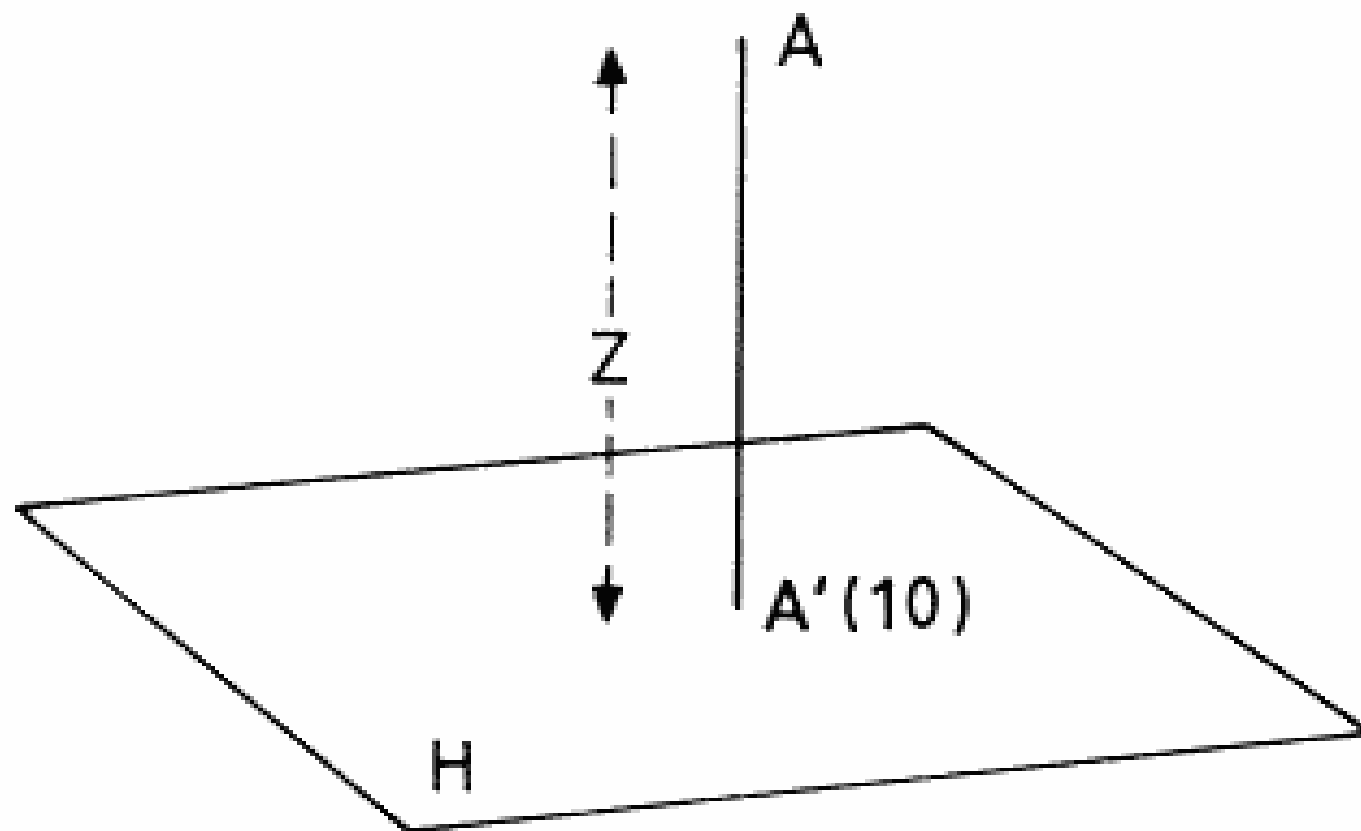
---

Data (**plural de datum**) utilizados no Brasil:

- **Até 1979**
  - **Origem: Córrego Alegre**
  - **Elipsóide: Hayford (internacional)**
  - **a(semi-eixo maior) = 6.378.388 m**
  - **$e^2 = 0,00672267$**
  - **achatamento:  $1/f = 1/297$**
- **Após 1979**
  - **Origem: Chuá SAD-69**
  - **Elipsóide: GRS 1967 (UGGI67).**
  - **a = 6 378 160 m**
  - **$e^2 = 0,0066946053$**
  - **achatamento:  $1/f = 1/298,25$**
- **Desde 25/02/2005 o Brasil adota:**
  - **SIRGAS 2000 (materialização- 2000) – época 2000,4**
  - **Elipsóide GRS 80**
  - **a = 6 378 137 m**
  - **achatamento =  $1/f = 1/298,25722101$**

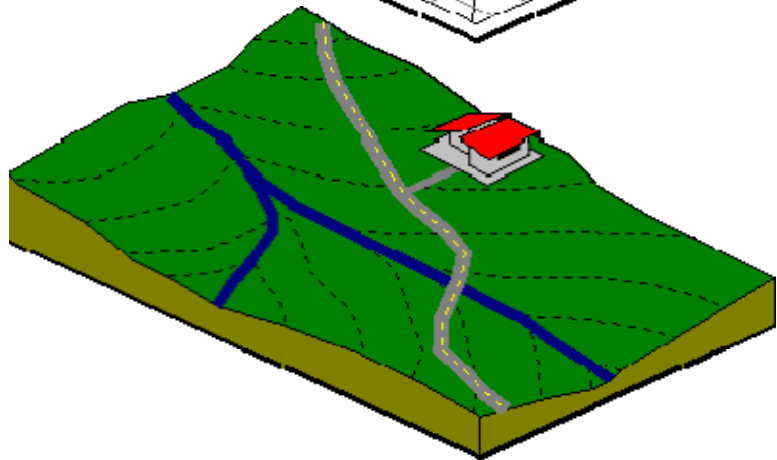
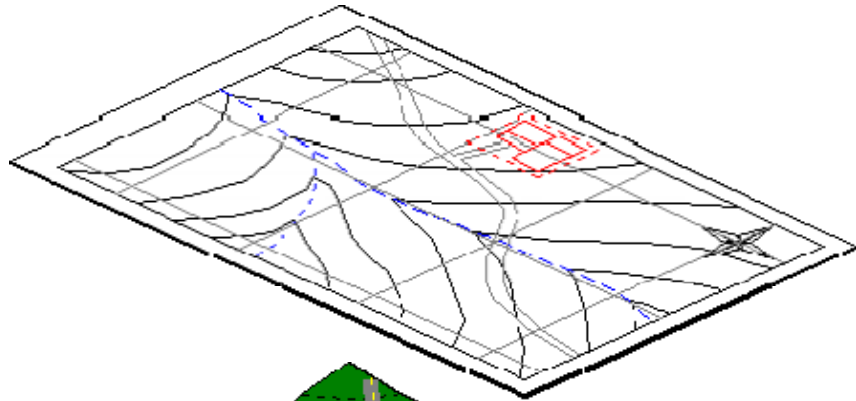
# Projeção ortogonal de ponto cotado

---

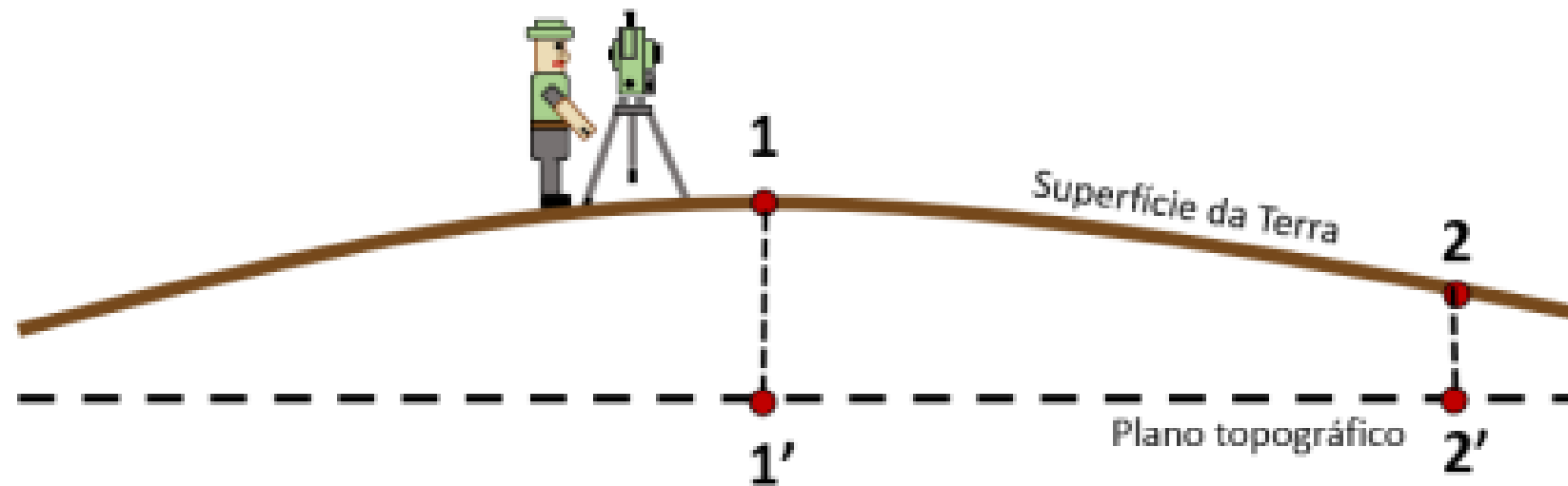


# Plano topográfico: o que é?

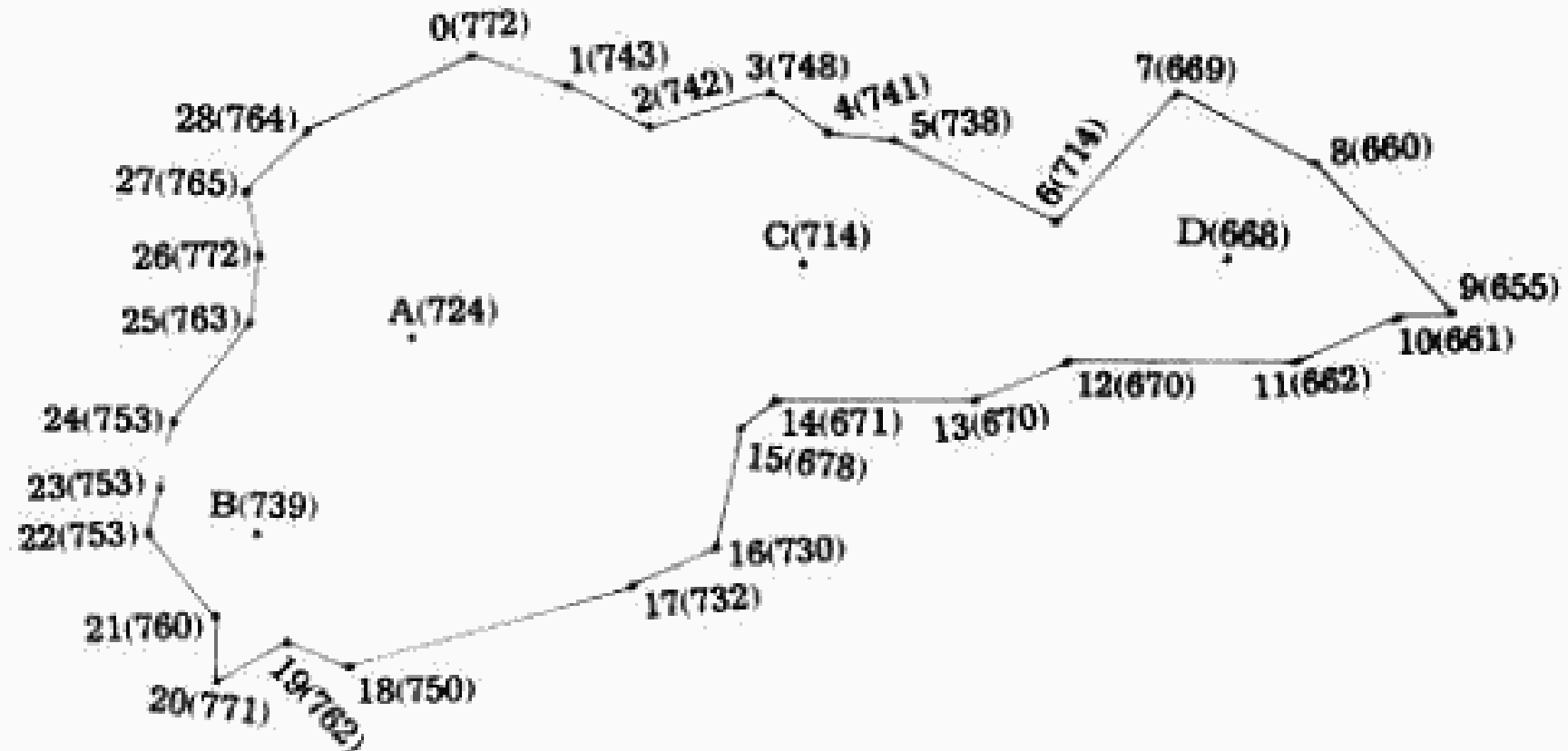
é um plano horizontal, finito, tangente à superfície da Terra (esfera terrestre) e de dimensões limitadas ao campo topográfico



- **Limite de 25 a 30km;**
- **O efeito da curvatura da Terra é desprezado, dentro de tais limites.**



# Projeção ortogonal cotada



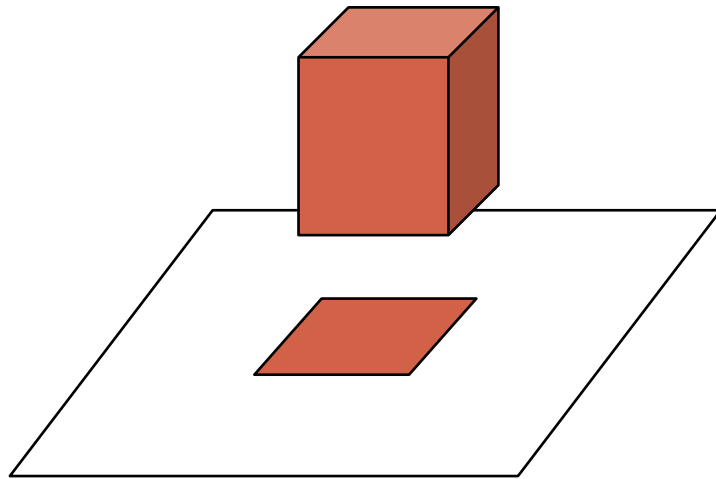
# Divisão da topografia

---

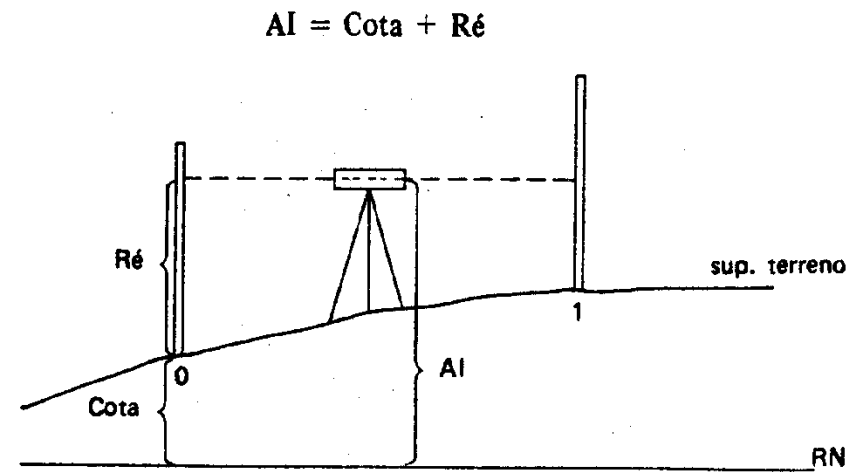
- ✦ **Topometria:** medidas de ângulos, distâncias e diferença de nível. Planimetria (x,y) e Altimetria (z).
- ✦ **Topologia:** Desenho topográfico (transferir para a planta todos os detalhes obtidos nos trabalhos topométricos).
- ✦ Dois processos interdependentes que constituem o fundamento dos trabalhos topográficos.

# Levantamentos topográficos

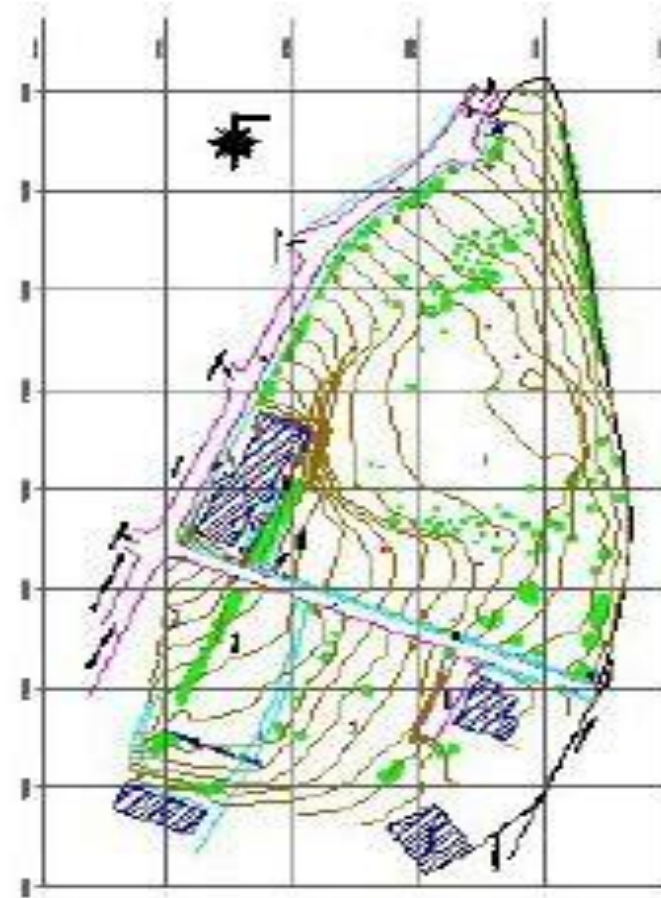
- **Levantamento planimétrico:**  
As projeções dos contornos e detalhes medidos são representados sobre um plano básico horizontal de referência.



- **Levantamento altimétrico:** São medidas as alturas dos detalhes com relação a um plano de referência de nível.



# Levantamento planialtimétrico

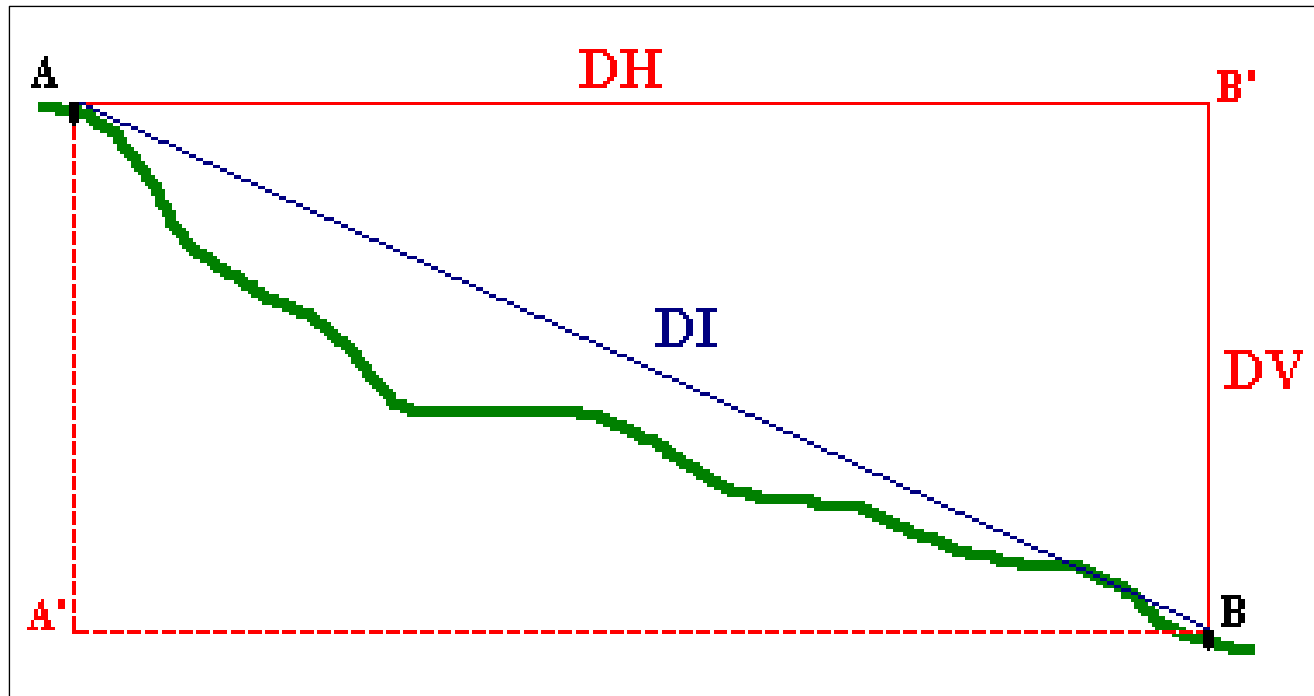


**Desenho de um levantamento planialtimétrico.**

# Grandezas medidas num levantamento topográfico

## ➤ Lineares:

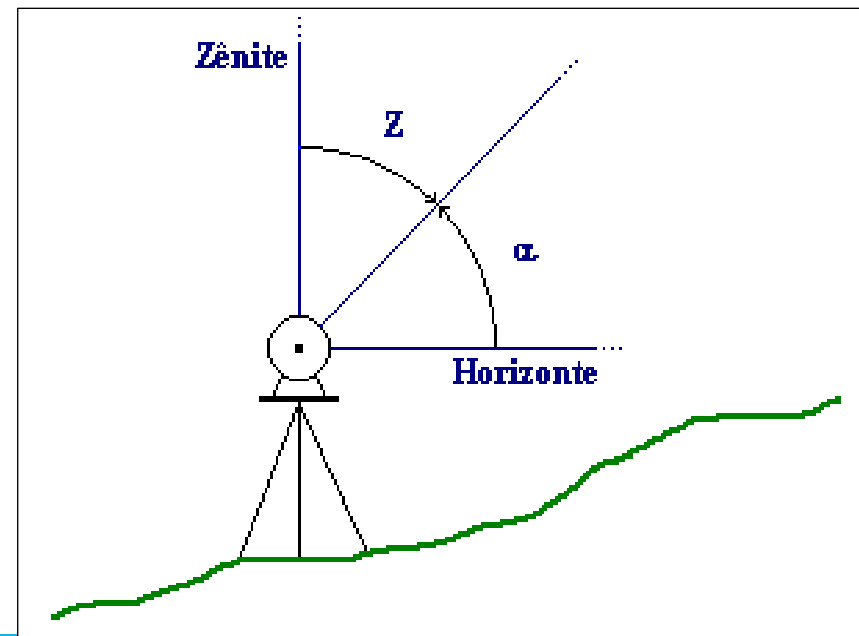
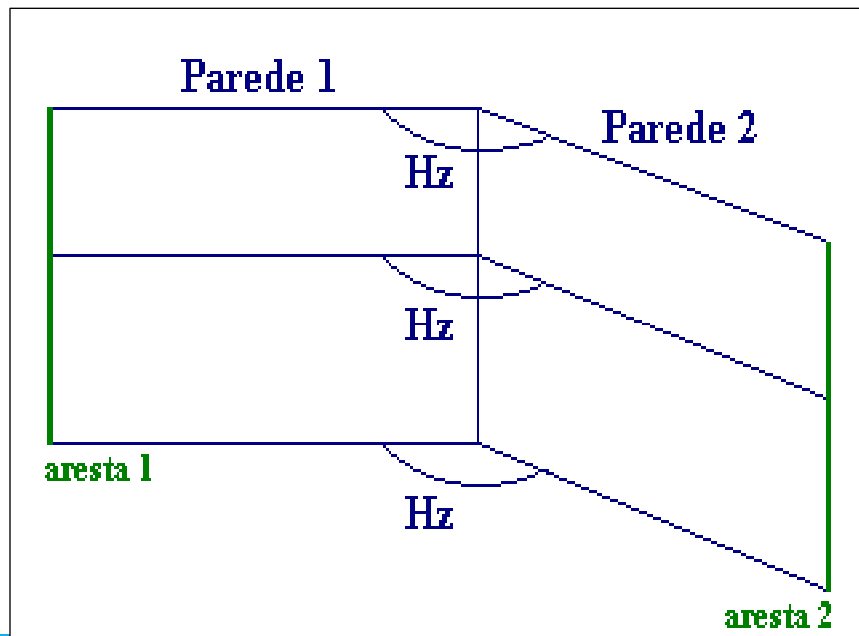
- Distâncias horizontais;
- Distâncias verticais ou diferenças de nível.



# Grandezas medidas num levantamento topográfico

## ➤ Angulares:

- Ângulos horizontais ou azimutais ;
- Ângulos verticais ou zenitais.



# Elementos básicos de topografia

---

- **Equador**

- Círculo máximo da terra

- **Paralelos**

- Círculos da esfera terrestre, cujos planos são paralelos ao equador

- **Meridianos**

- Círculos que contêm a linha dos pólos

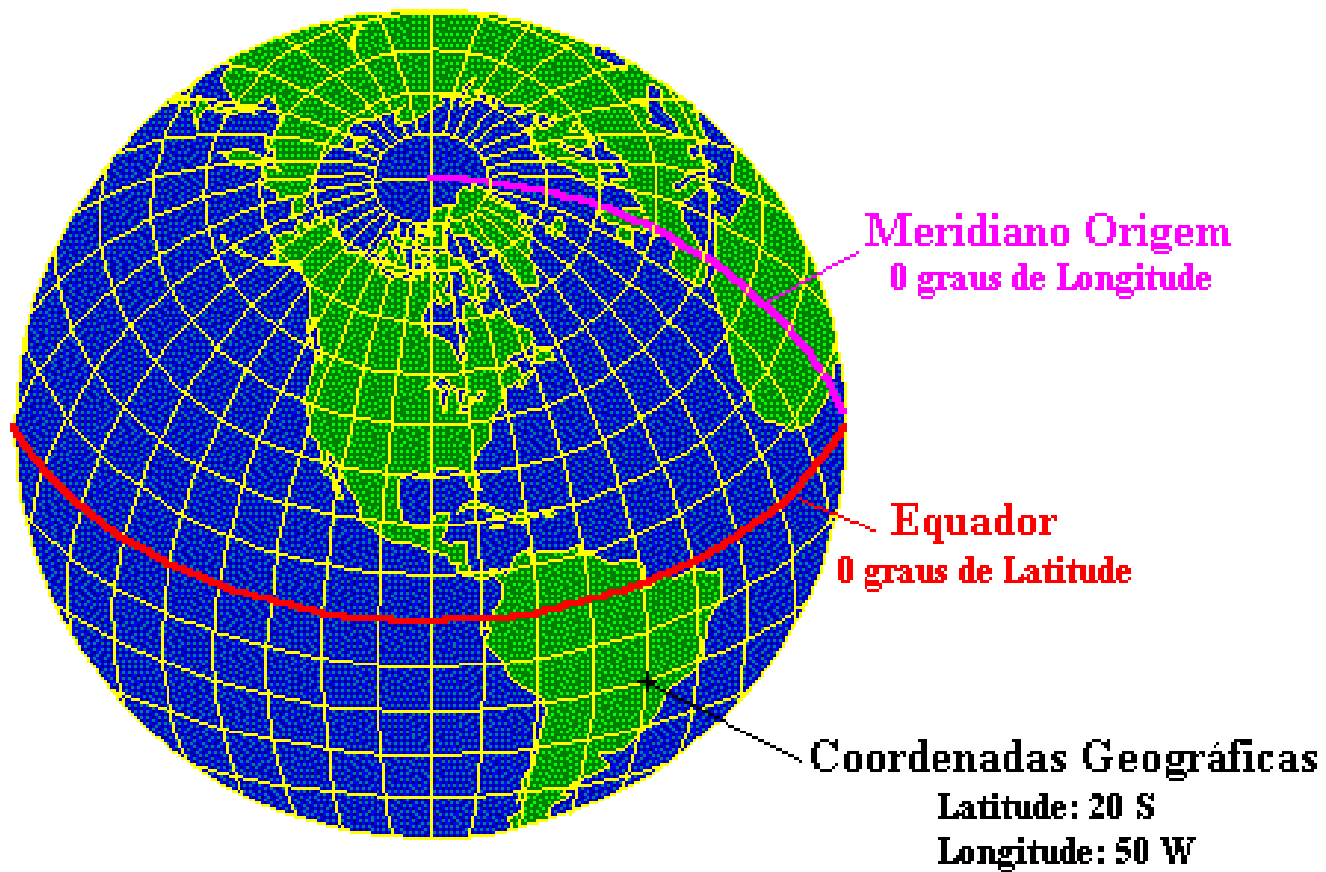
- **Latitude**

- Ângulo formado entre a vertical do lugar e o plano do equador

- **Longitude**

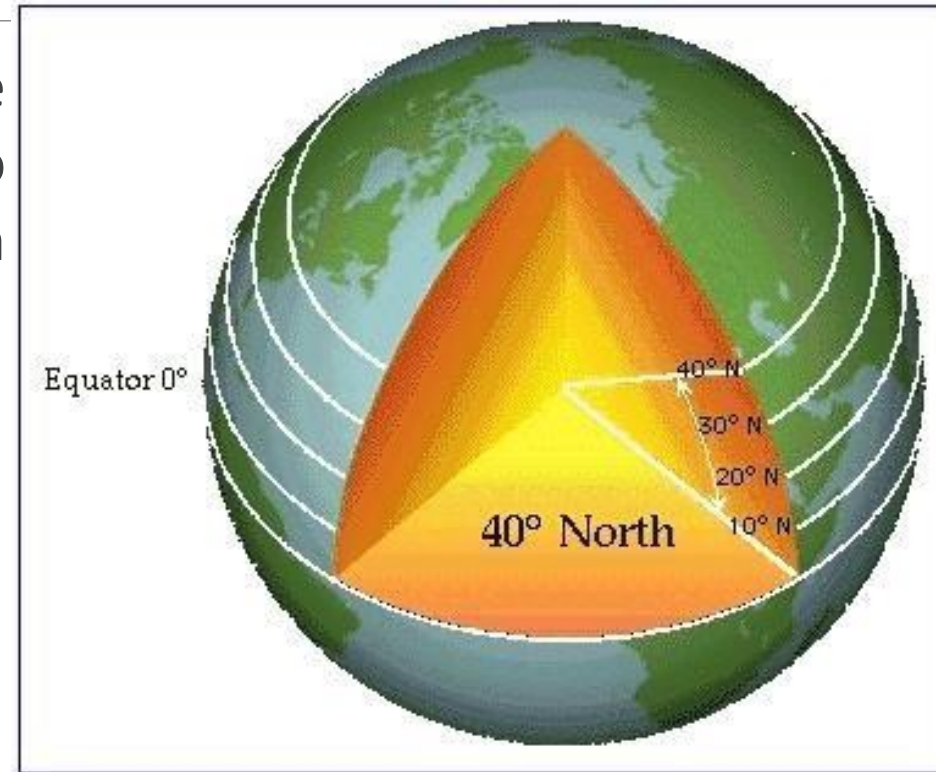
- Ângulo formado entre o meridiano de Greenwich e o meridiano do lugar.

# Elementos básicos de topografía



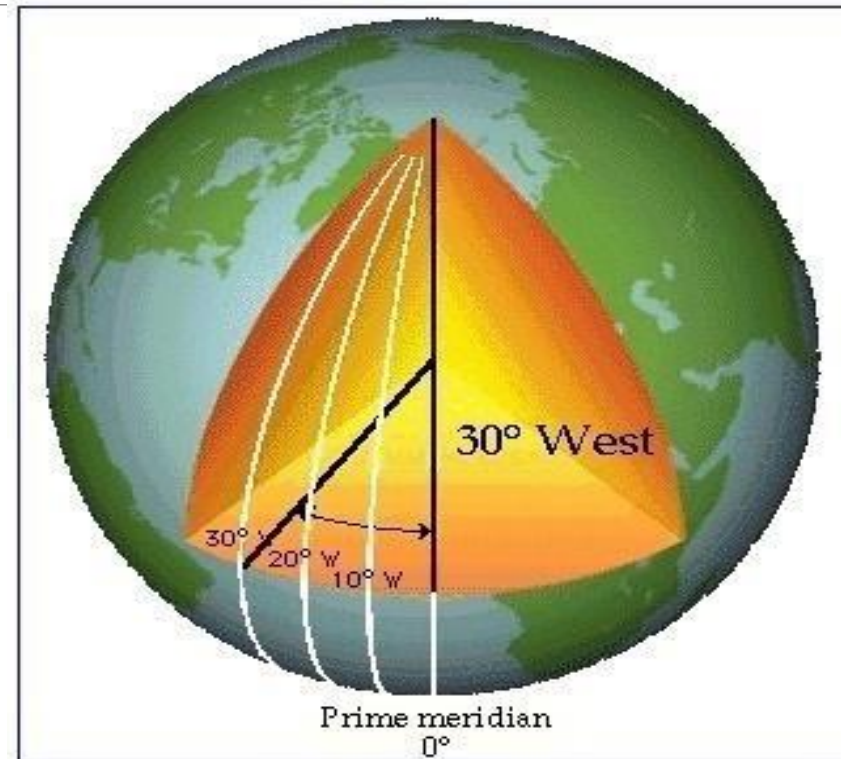
# Elementos básicos de topografia

**Latitude**( $\phi$ ): É o ângulo formado entre o paralelo deste ponto e o plano do equador. Sua contagem é feita com origem no equador e varia de  $0^\circ$  a  $90^\circ$ . É positiva para o norte (N) e negativa para o sul (S).

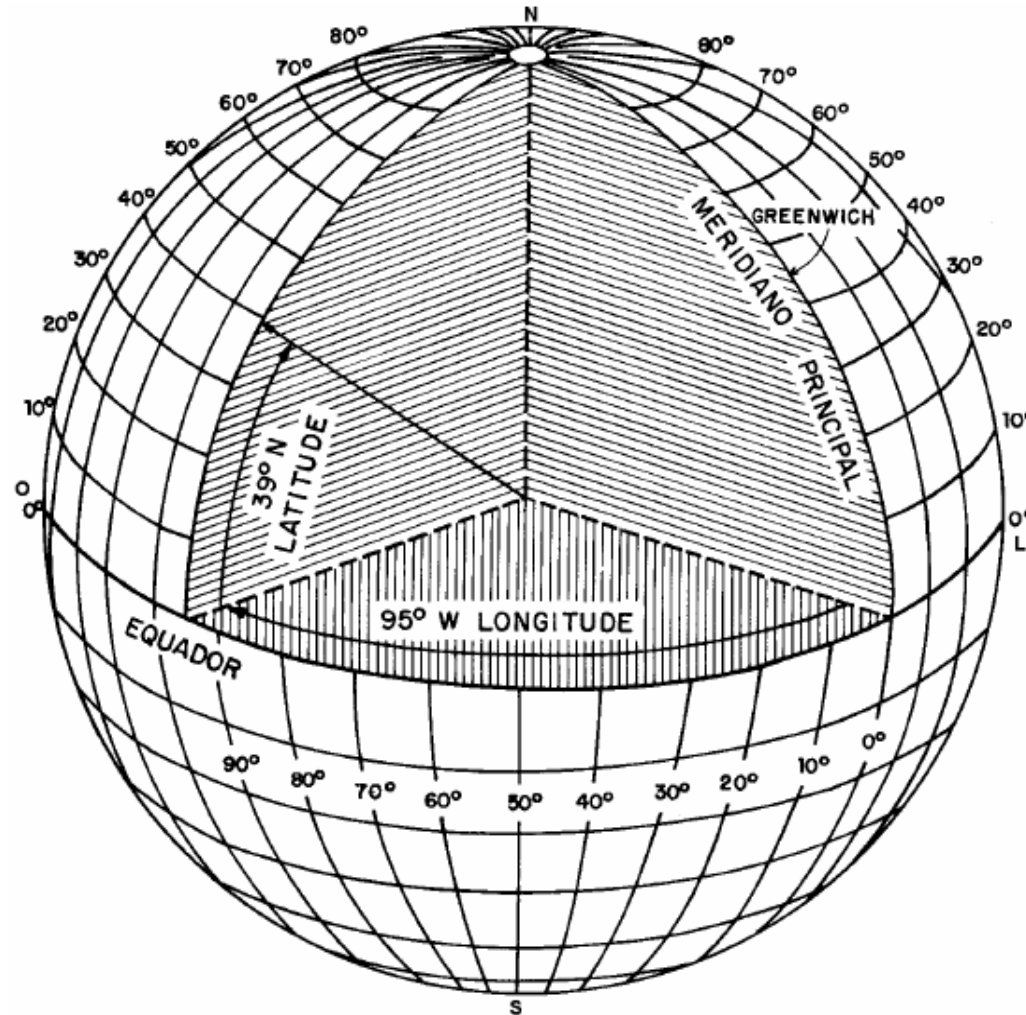


# Elementos básicos de topografia

**Longitude( $\lambda$ ):** É o ângulo formado entre o Meridiano de Greenwich (Inglaterra) e o meridiano do lugar (aquele que passa pelo ponto). Varia de  $0^\circ$  a  $180^\circ$ , sendo positiva para leste (E ou L) e negativa para oeste (W ou O).



# Longitude e Latitude de um ponto



## Elementos básicos de topografia

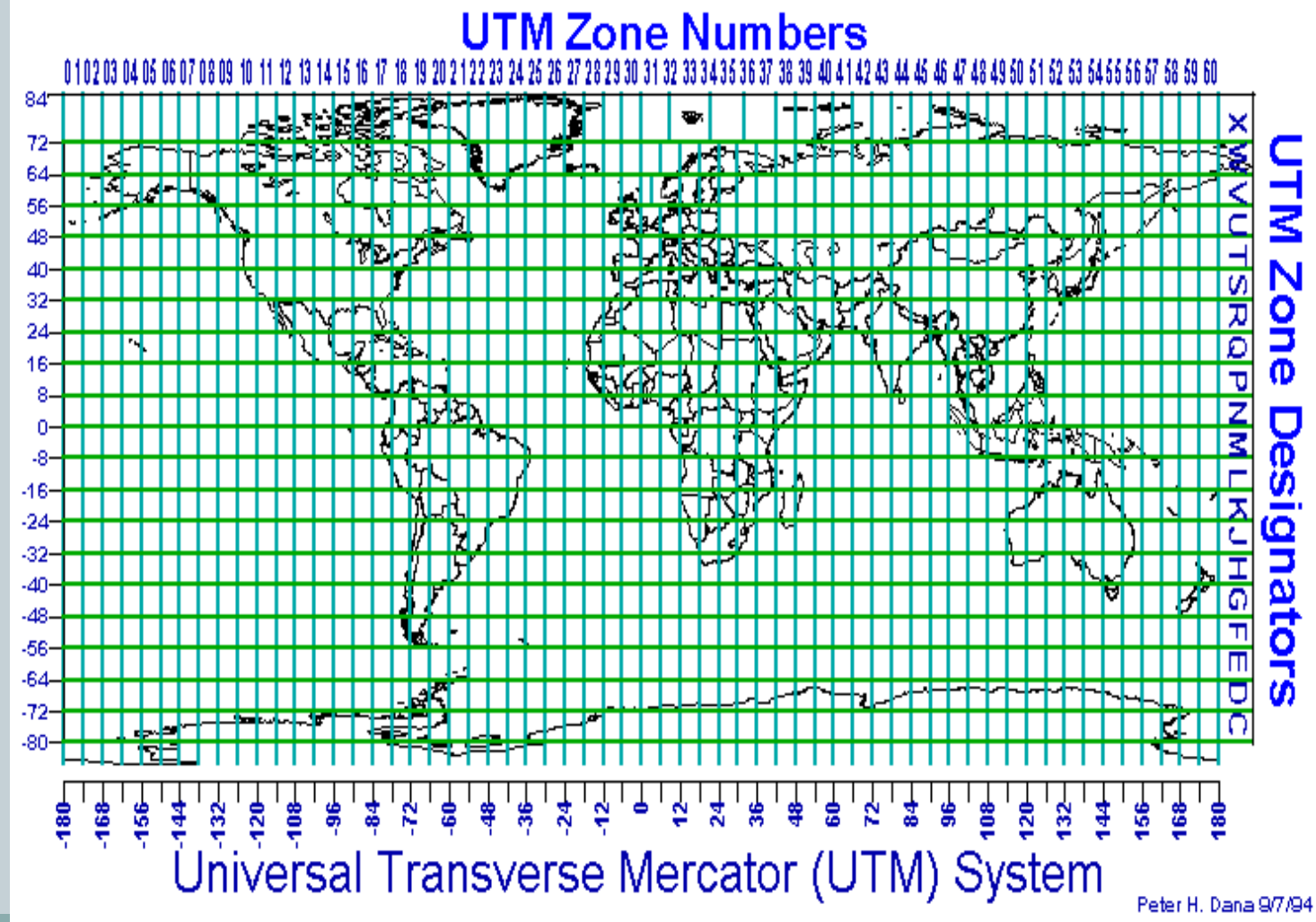
- 
- **Coordenadas Geográficas** ( $\phi, \lambda$ ): Nome dado aos valores de latitude e longitude que definem a posição de um ponto na superfície terrestre.
  - Além do sistema que expressa as *coordenadas geográficas*, as plantas topográficas apresentam também um outro sistema de projeção conhecido por **UTM** – *Universal Transversa de Mercator*.

## Elementos básicos de topografia

---

**Coordenadas UTM (E,N):** Nome dado aos valores de abcissa (E) e ordenada (N) de um ponto sobre a superfície da Terra, quando este é projetado sobre um cilindro tangente ao elipsóide de referência. O cilindro tangencia o Equador, assim dividido em 60 arcos de  $6^\circ$  ( $60 \times 6^\circ = 360^\circ$ ). Cada arco representa um fuso UTM e um sistema de coordenadas com origem no meridiano central ao fuso, que para o hemisfério sul, constitui-se dos valores de 500.000m para (E) e 10.000.000m para (N).

# Fusos do sistema de coordenadas UTM

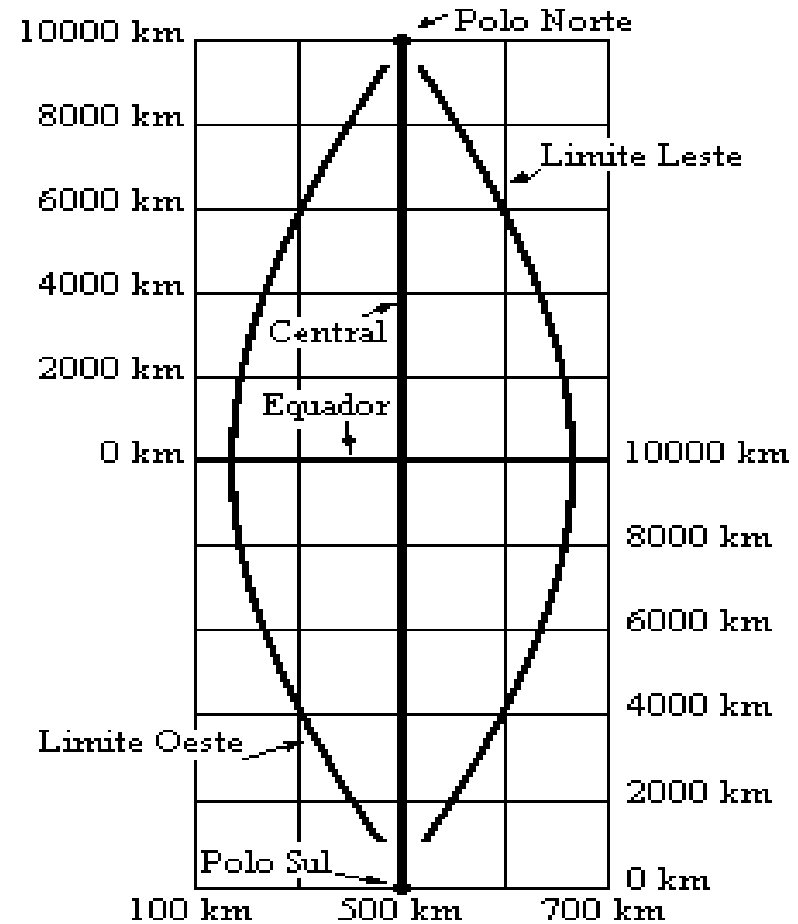


# Detalhamento de um fuso

A origem do sistema UTM se encontra no centro do fuso.

Para o Hemisfério Norte as ordenadas variam de 0 a 10.000 km, enquanto para o Hemisfério Sul variam de 10.000 a 0 km.

As abscissas variam de 500 a 100 km à Oeste do Meridiano Central e de 500 a 700 km a Leste do mesmo.



# INDE - Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais

---

- Foi instituída em 27 de novembro de 2008 através do Decreto Nº. 6.666 (DOU de 28/11/2008), pg.57)
  - Conjunto integrado de tecnologias; políticas; mecanismos e procedimentos de coordenação e monitoramento; padrões e acordos, necessário para facilitar e ordenar a geração, o armazenamento, o acesso, o compartilhamento, a disseminação e o uso dos dados geoespaciais de origem federal, estadual, distrital e municipal.
- [http://www.concar.ibge.gov.br/arquivo/20@Decreto6666\\_27112008.pdf](http://www.concar.ibge.gov.br/arquivo/20@Decreto6666_27112008.pdf)

# INDE - Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais

---

- Objetivos:
- Promover o ordenamento na geração, no armazenamento, no acesso, no compartilhamento, na dissiminação e no uso dos dados geoespaciais.
- Promover a utilização, na produção dos dados e informações geoespaciais pelos órgãos públicos de todos os níveis de governo, dos **padrões e normas** homologadas pela Comissão Nacional de Cartografia (CONCAR).

# INDE - Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais

---

- Objetivos:
- Evitar a duplicidade de ações e o desperdício de recursos na obtenção de dados geoespaciais pelos órgãos da administração pública, por meio da divulgação de **metadados** relativos a esses dados disponíveis nas entidades e órgãos da administração pública.
- Tornar o compartilhamento e a disseminação dos dados geoespaciais e seus metadados obrigatório para todos os órgãos federais e voluntário para os demais níveis de governo.

# Recordando... Unidade angulares

	°	G	rad
CÍRCULO	360° 21600' 1296000"	400 g 40000 c 4000000 cc	2π rad= =2.3,14159265358979
RADIANO Rad	57° 17' 44,80624" ρ° 57,2957795131° ρ' 3437,7467708' ρ" 206264,80624"	63,661977237 g  (~700/11)	
GRAU ° minuto ' segundo "	60'=3600" 60"=0,0166...° 0,0002766...°=0,0166...'	10/9=1,111... g 1,85185 c 3,08642 cc	1,7453292519943296.10 <sup>-2</sup> 2,908882086657216.10 <sup>-4</sup> 4,84813681109536.10 <sup>-6</sup>
GRADO g c cc	0,9°=54'=3240" 0,54'=32,4" ~1/2' 0,32" ~1/3"	100 c=10000 cc 100 cc	1,5707963267949.10 <sup>-2</sup> .10 <sup>-4</sup> .10 <sup>-6</sup>

# Distâncias aproximadas compreendidas

---

	NO MERIDIANO	NO PARALELO 23°30'
1° →	111,1 km	102,0 km
1' →	1852,0 m	1700,0 m
1" →	30,9 m	28,3 m

# Fórmulas para conversão de temperatura

---

<b>Conversão de</b>	<b>para</b>	<b>Fórmula</b>
gram Celsius	grau Fahrenheit	$^{\circ}\text{F} = ^{\circ}\text{C} \times 1,8 + 32$
grau Fahrenheit	grau Celsius	$^{\circ}\text{C} = (^{\circ}\text{F} - 32) / 1,8$
grau Celsius	Kelvin	$\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273,15$
Kelvin	grau Celsius	$^{\circ}\text{C} = \text{K} - 273,15$
grau Celsius	Rankine	$^{\circ}\text{R} = (^{\circ}\text{C} + 273,15) \times 1,8$
Rankine	grau Celsius	$^{\circ}\text{C} = (^{\circ}\text{R} \div 1,8) - 273,15$

# Unidades de pressão

---

	Pa pascal	mb milibar	mm.Hg milim. de merc.	pol.Hg poleg. de merc.	psi libra por poleg.	Kgf/cm <sup>2</sup>	Atm atmosfera
Pa=	1	0,01	0,007504	0,000296	0,000145	$1,0198 \cdot 10^{-5}$	$9,87 \cdot 10^{-6}$
mb=	100	1	0,75004	0,0295	0,01450	0,001020	0,000987
mm.Hg=	133,32	1,3332	1	0,03937	0,01934	0,00136	0,001316
pol.Hg=	3386,4	33,864	25,4	1	0,491185	0,034534	0,03342
psi=	6893	68,93	5,7	2,0359	1	0,07025	0,06804
Kgf/cm <sup>2</sup> =	98060	980,6	735,5	28,9572	14,2233	1	0,96778
Atm=	101325	1013,25	760,000	29,9213	14,6969	1,0333	1