INEPROTEC

SEU FUTURO É A NOSSA ESCOLHA

ESPECIALIZAÇÃO TÉCNICA APLICADA AO GEORREFERENCIAMENTO

Endereço
Quadra 101 conjunto 02 lote 01
Recanto das Emas - Brasília - DF

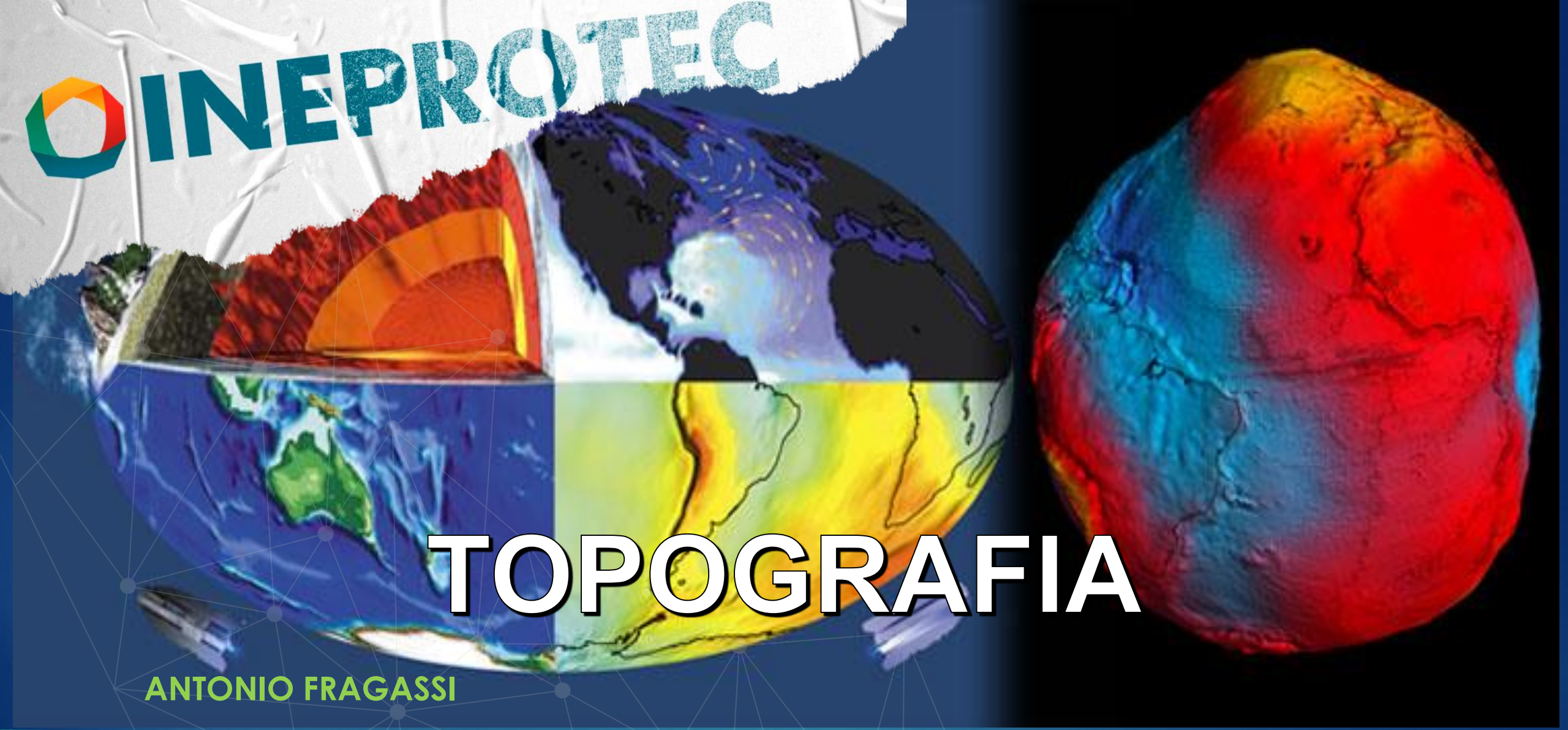
(61)3082-0505

www.ineprotec.com.br

@ineprotec Ineprotec

CNPJ: 08838975/0001-03

INEPROTEC



TOPOGRAFIA

ANTONIO FRAGASSI

INEPROTEC

Topografia - Conceito

- A topografia (topos = lugar + graphia = desenho), (topos = lugar + graphen = descrição) ou (topos = lugar + graphein = desenhar ou descrever) pode ser definida como a ciência aplicada que se ocupa dos instrumentos, métodos de operação de campo, cálculos e desenhos necessários para a representação gráfica mais ou menos detalhada de uma porção limitada da superfície terrestre.
- É baseada essencialmente na geometria e trigonometria plana e utiliza medições de distâncias e de ângulos obtidas no terreno para confeccionar sua representação gráfica.

INEPROTEC

Topografia - Conceito

INEPROTEC

Topografia - Conceito

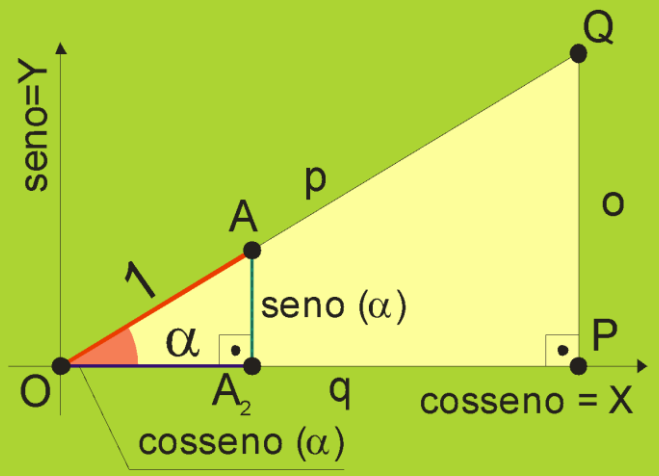
$$a^2 = b^2 + c^2 - 2 \times b \times c \times \text{cosseno}(\alpha)$$
$$b^2 = a^2 + c^2 - 2 \times a \times c \times \text{cosseno}(\beta)$$
$$c^2 = a^2 + b^2 - 2 \times a \times b \times \text{cosseno}(\gamma)$$

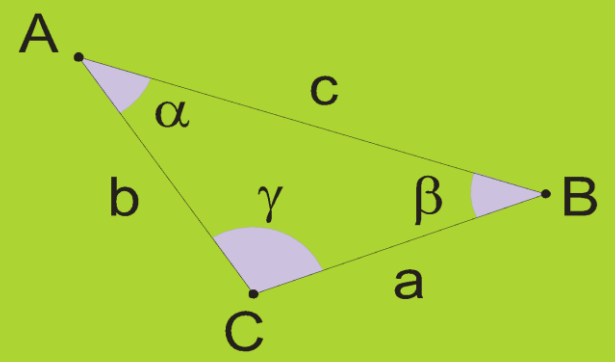
$$seno(\alpha) = \frac{Cateto\ Oposto}{Hipotenusa}$$

$$cosseno(\alpha) = \frac{Cateto\ Adjacente}{Hipotenusa}$$

$$tangente(\alpha) = \frac{Cateto\ Oposto}{Cateto\ Adjacente}$$

$$\frac{sen(\alpha)}{a} = \frac{sen(\beta)}{b} = \frac{sen(\gamma)}{c}$$





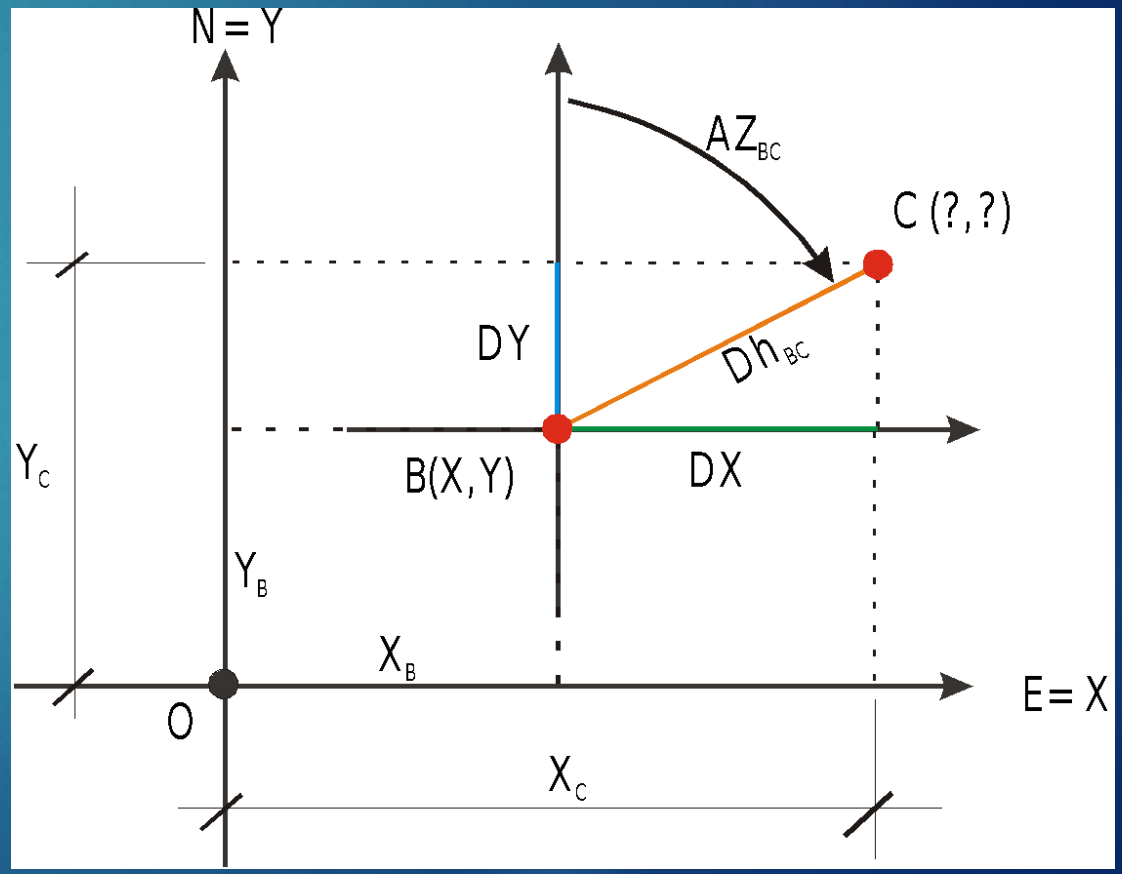
INEPROTEC

Topografia - Conceito

Determinação de coordenadas planas

$$X_C = X_B + Dh_{BC} \cdot \sin(AZ_{BC})$$
$$Y_C = Y_B + Dh_{BC} \cdot \cos(AZ_{BC})$$

$$\Delta X = Dh_{BC} \cdot \sin(AZ_{BC})$$
$$\Delta Y = Dh_{BC} \cdot \cos(AZ_{BC})$$
$$Dh_{BC} = DI_{BC} \cdot \cos(Z_{BC})$$



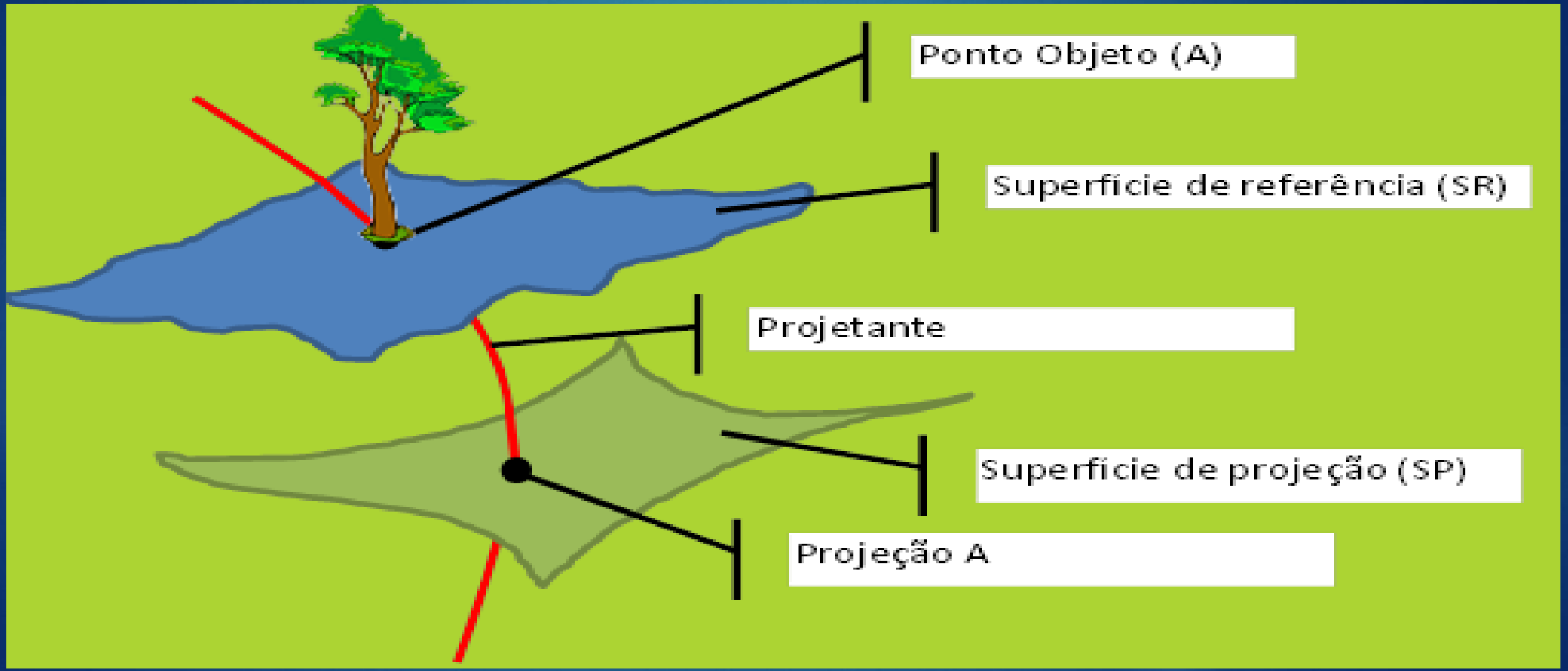
INEPROTEC

Topografia - Conceito

- A topografia bem como a cartografia tem como objetivo a representação gráfica da superfície física da terra. Entretanto, existem diferenças nas suas respectivas projeções.
- De um modo geral, os sistemas projetivos empregados tanto da topografia quanto na cartografia, necessitam de elementos básicos para a sua criação. Assim, pode-se definir as suas componentes básicas como: **superfície de referência, ponto objeto, superfície de projeção, projetante e projeção**.

INEPROTEC

Topografia - Conceito



INEPROTEC

Topografia - Conceito

- **A superfície de referência** corresponde ao espaço geográfico ou a superfície física da terra, onde se encontram todos os objetos (feições) de interesse imediato da engenharia e arquitetura. Ali estão os postes, árvores, lagos, rios, redes de água, vias, etc.
- **O ponto objeto** corresponde a uma posição específica sobre a superfície de referência e normalmente está associado aos objetos que se deseja projetar. Por exemplo, o pé de um poste ou de uma placa de sinalização, bem como a quina de um muro ou de uma edificação, todos poderiam ser tratados como pontos objetos.

INEPROTEC

Topografia - Conceito

- **Superfície de projeção** corresponde a uma superfície sobre a qual deverão ser projetadas todas as feições existentes na superfície de referência.
- As superfícies de projeção normalmente correspondem a superfícies que promovem uma simplificação do espaço geográfico.
- O espaço geográfico se apresenta de forma muito complexa, não permitindo que se possa representá-la por meio de modelos matemáticos apropriados. Assim, as superfícies de projeção correspondem a uma superfície matematicamente desenvolvível, o que, por sua vez, simplifica a realidade existente.

INEPROTEC

Topografia - Conceito

- **Projetante** corresponde a uma linha imaginária que promove o transporte do ponto objeto a partir de sua posição sobre a superfície de referência até a superfície de projeção.
- **Projeção** é a intersecção da projetante com a superfície de projeção (ponto). Os produtos oriundos dos sistemas projetivos correspondem ao conjunto de projeções, que devidamente conectados por meio de linhas sobre a superfície de projeção ou por intermédio de simbologias pré-definidas, representam graficamente as feições do espaço geográfico. Nesse contexto, serão criados os mapas, cartas e plantas, elementos indispensáveis aos estudos em engenharias e arquitetura

INEPROTEC

Topografia - Conceito

Elemento	Característica
Superfície de referência	Espaço geográfico ou superfície física da terra. Em particular, nas projeções cartográficas, o elipsóide de revolução bem como a esfera poderão assumir o papel de superfícies de referências.
Projetante	Curvas ou retas, sendo estas ortogonais ou obliquas à SP. A origem das projetantes pode ser em pontos impróprios (localizados no infinito), em locais definidos a priori pelo estabelecimento de condições geométricas bem definidas (ex. centro de massa da terra) ou em posições estabelecidas por condições matemáticas pré-definidas. A projetante é a responsável pela obtenção da projeção. Nesse aspecto, associasse um conceito de transformação da SR para a SP, a qual, poderá ser de natureza, estritamente geométrica, semi-geométrica ou matemática.
Superfície de projeção	Poderá ser um plano ou a superfície de um sólido de revolução ou até mesmo uma superfície qualquer, definida por modelos matemáticos apropriados (Ex. superfícies quadráticas). As superfícies de projeção mais utilizadas são: plano, cilindro, cone, esfera, elipsóide e geoide.

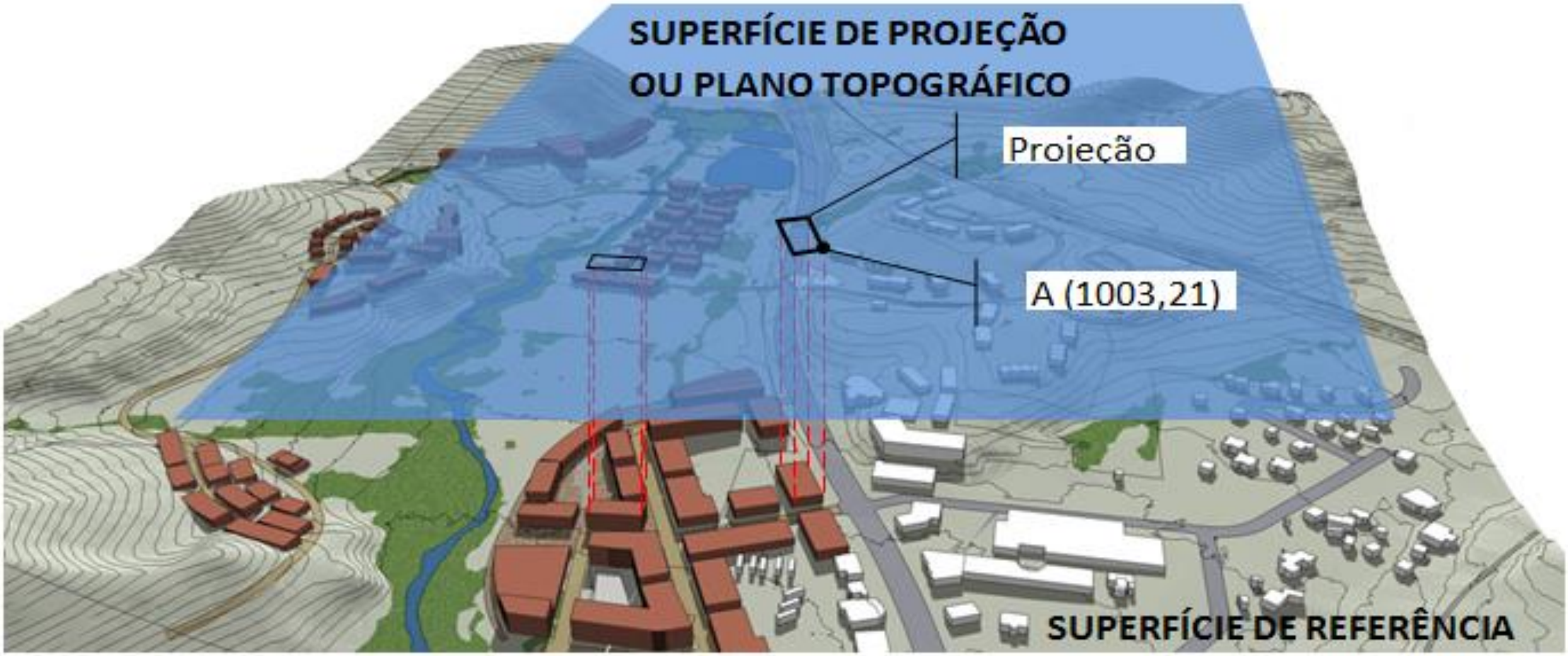
INEPROTEC

Topografia – Limite de atuação

- A topografia clássica efetua a projeção do espaço geográfico (SR) sobre uma superfície plana. Assim, tem-se como superfície de projeção um plano denominado de **PLANTO TOPOGRÁFICO (PT).**
- O PT pode estar localizado acima, abaixo ou tangenciado a superfície de referência (SR).
- O plano topográfico (PT) pode ser utilizado também como referência para determinar as alturas dos objetos projetados, **utilizando o princípio do método de pontos cotados** para representar as diferentes alturas que os objetos se encontram sob a SR, bem como acima e abaixo desta.

INEPROTEC

Topografia - Conceito



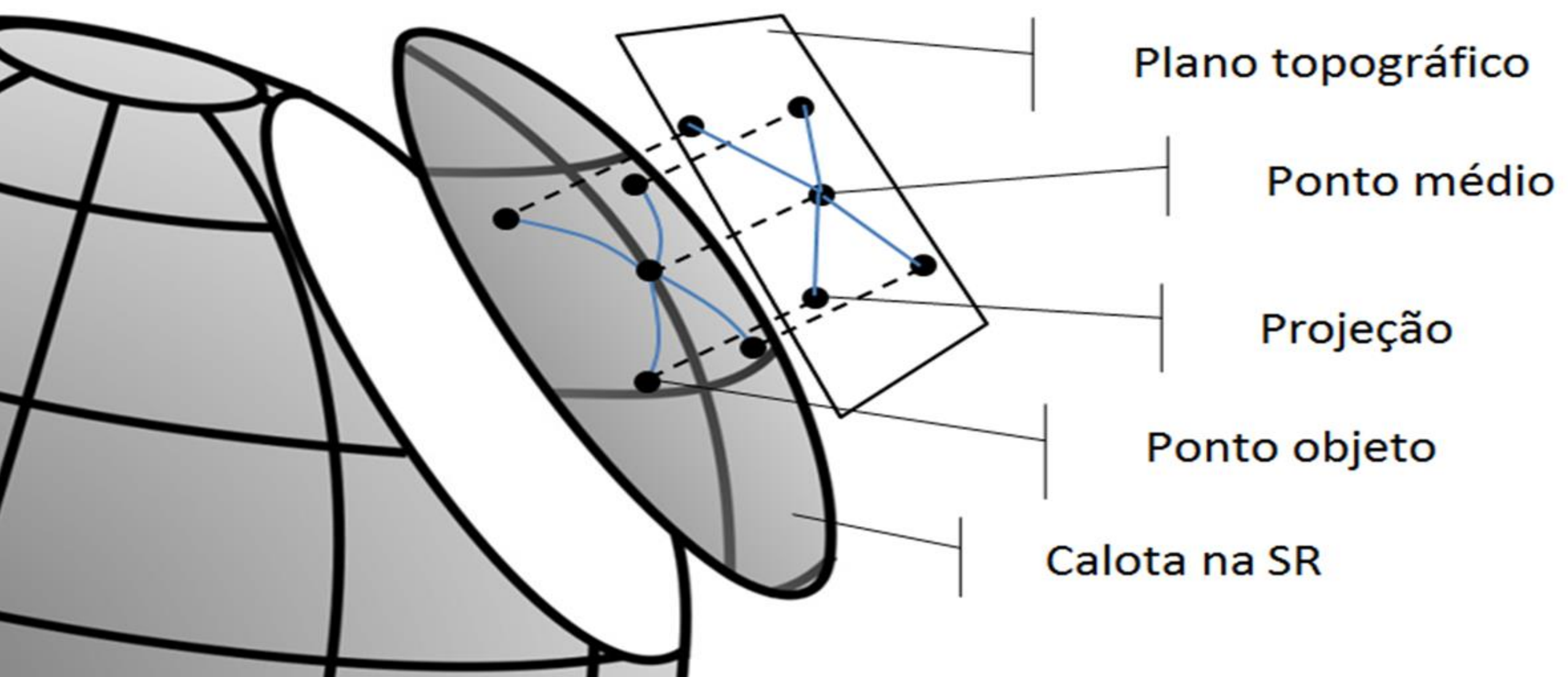
INEPROTEC

Topografia - Limite de atuação

- Em topografia, devido à reduzida extensão das superfícies estudadas, diversas aproximações podem ser feitas, sem prejuízos significativos para o posicionamento de pontos da superfície topográfica (ou física) no plano de projeção topográfico. Desta forma, pode-se desprezar a curvatura da Terra, admitindo-se que a superfície do geoide é coincidente com um plano tangente à superfície levantada e, ainda, que o geoide pode ser substituído por um elipsoide ou mesmo por uma esfera naquele local, definindo o campo topográfico.

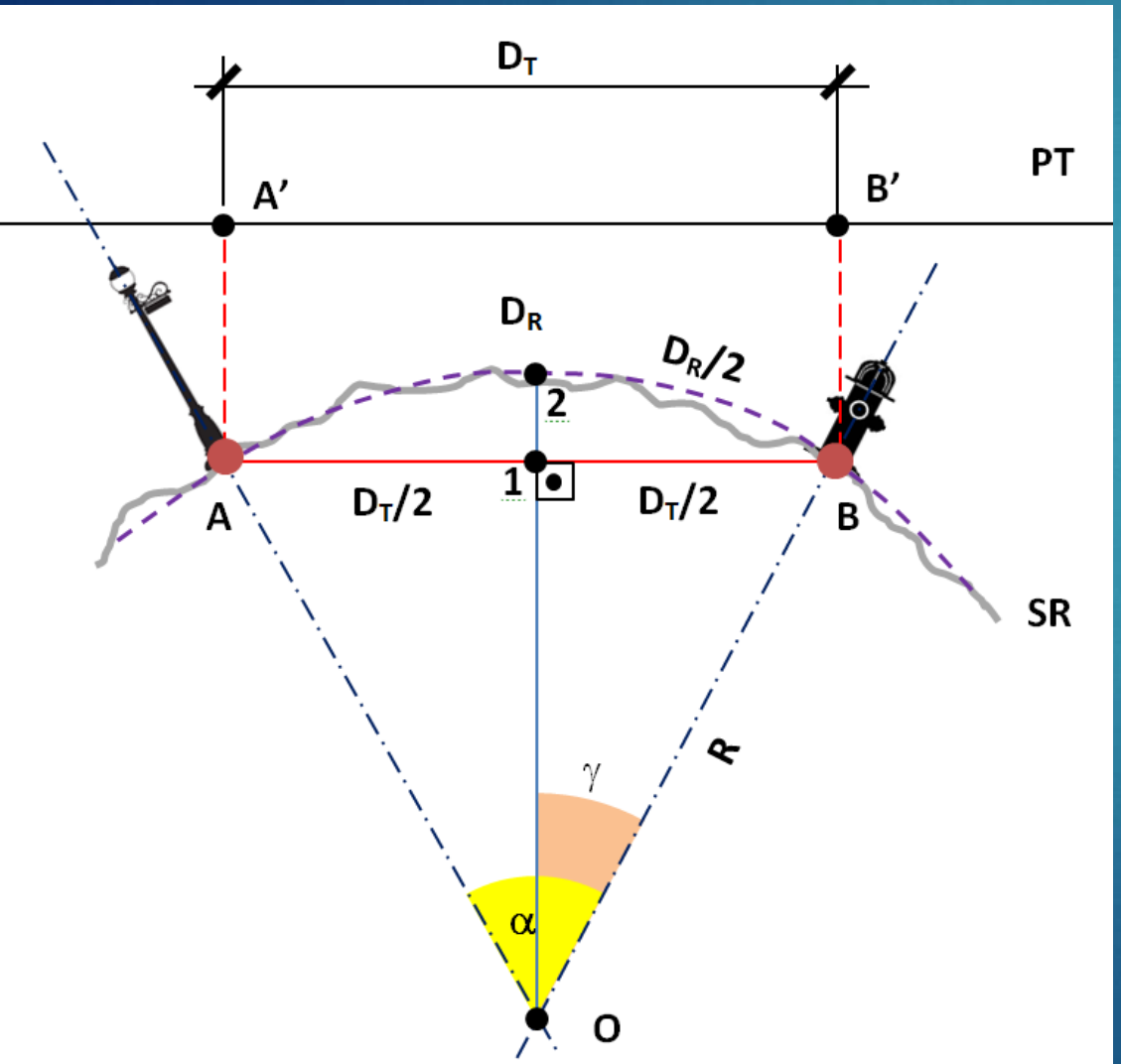
INEPROTEC

Topografia - Limite de atuação



INEPROTEC

Topografia - Limite de atuação



Onde:

D_T: Distância topográfica
D_R: Distância Real
A e B: Pontos objetos (pontos na Superfície)
A' e B': Projeções no Plano Topográfico (PT)

$$\Delta D = DR - DT$$

$$\Delta D = \frac{D_R^3}{24 \times R^2}$$

Desenvolvimento mais preciso

$$\Delta D = \frac{D^3}{3 \cdot R^2}$$

Desenvolvimento simplificado

INEPROTEC

Topografia - Limite de atuação

- A partir do modelo simplificado apresentado pode-se determinar o erro de forma relativa, dividindo o erro encontrado pela distância :

$$\frac{\Delta D}{D} = \frac{3 \cdot R^2}{D^2} \Rightarrow \text{Erro Relativo} = 1 : \frac{3 \cdot R^2}{D^2}$$

INEPROTEC

Topografia - Limite de atuação

Distância Real (D_R)	Distância Topográfica (D_T)	Diferença (ΔD)	Erro relativo (1:X)
1.000,000	1.000,00	0,000	122.036.652
5.000,000	5.000,00	0,001	4.881.466
10.000,000	9.999,99	0,008	1.220.367
15.000,000	14.999,97	0,028	542.385
20.000,000	19.999,93	0,066	305.092
25.000,000	24.999,87	0,128	195.259
30.000,000	29.999,78	0,221	135.596
35.000,000	34.999,65	0,351	99.622
40.000,000	39.999,48	0,524	76.273
45.000,000	44.999,25	0,747	60.265
50.000,000	49.998,98	1,024	48.815
55.000,000	54.998,64	1,363	40.343
60.000,000	59.998,23	1,770	33.899
65.000,000	64.997,75	2,250	28.884
70.000,000	69.997,19	2,811	24.905
75.000,000	74.996,54	3,457	21.695
80.000,000	79.995,81	4,195	19.068

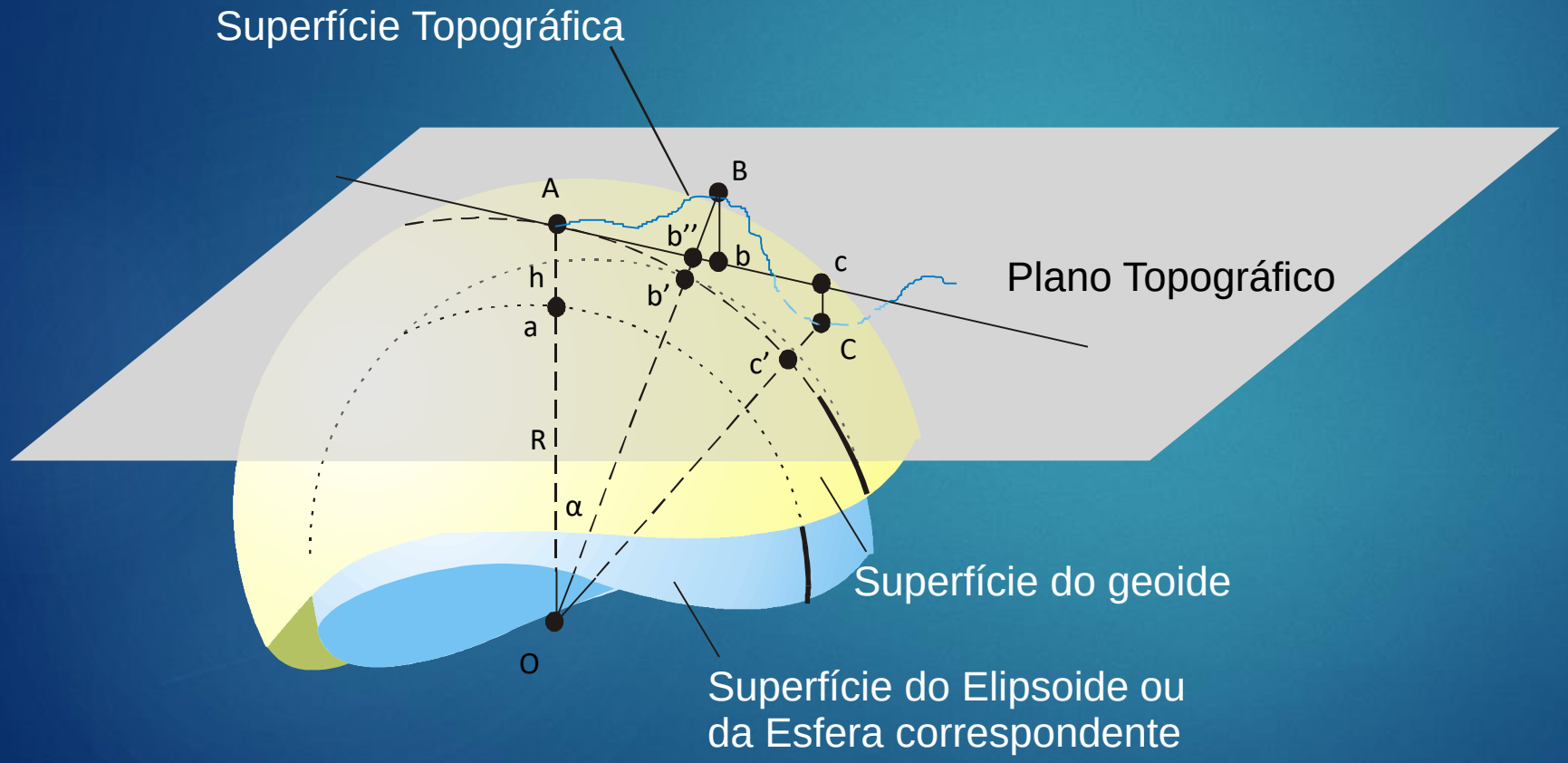
INEPROTEC

Topografia - Limite de atuação

- Assumindo-se que o raio médio da Terra (R) seja de 6.370 km e considerando um erro relativo adequado para cada situação, podemos determinar a maior distância D a ser efetuada dentro da precisão estipulada, ou seja :
  - Os valores ideais para a extensão do Sistema Topográfico Local são admitidos como sendo de **80 km** para um erro relativo máximo de **1:15.000**;
  - Para cartografia de âmbito municipal: **70 km** para em erro relativo máximo de **1:20.000**;
  - Para cartografia, em áreas urbanas e especiais: **35 km** para um erro relativo máximo de **1:100.000**

INEPROTEC

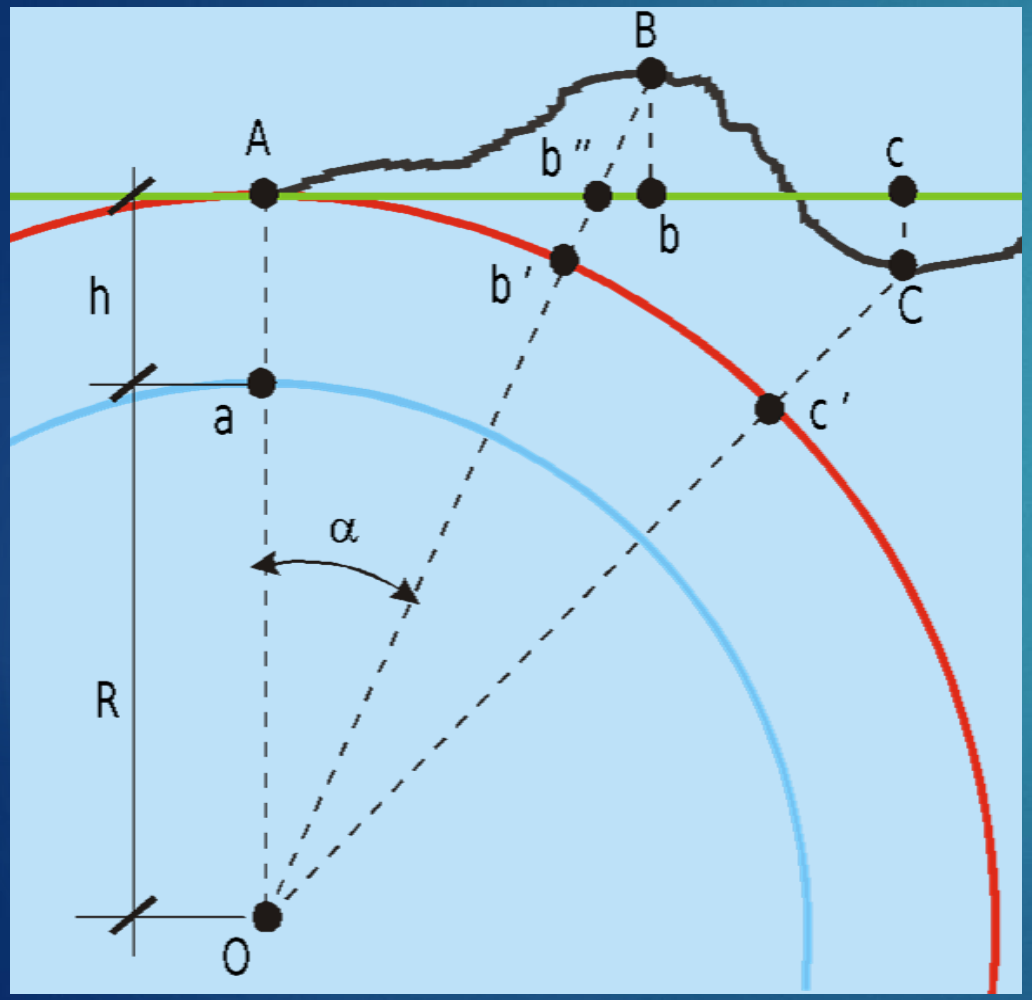
Topografia - Limite de atuação



- A curvatura da terra exerce influência notável no erro altimétrico, uma vez que não é fácil a definição da superfície geoidal, à qual está relacionado o conceito de altitude.

INEPROTEC

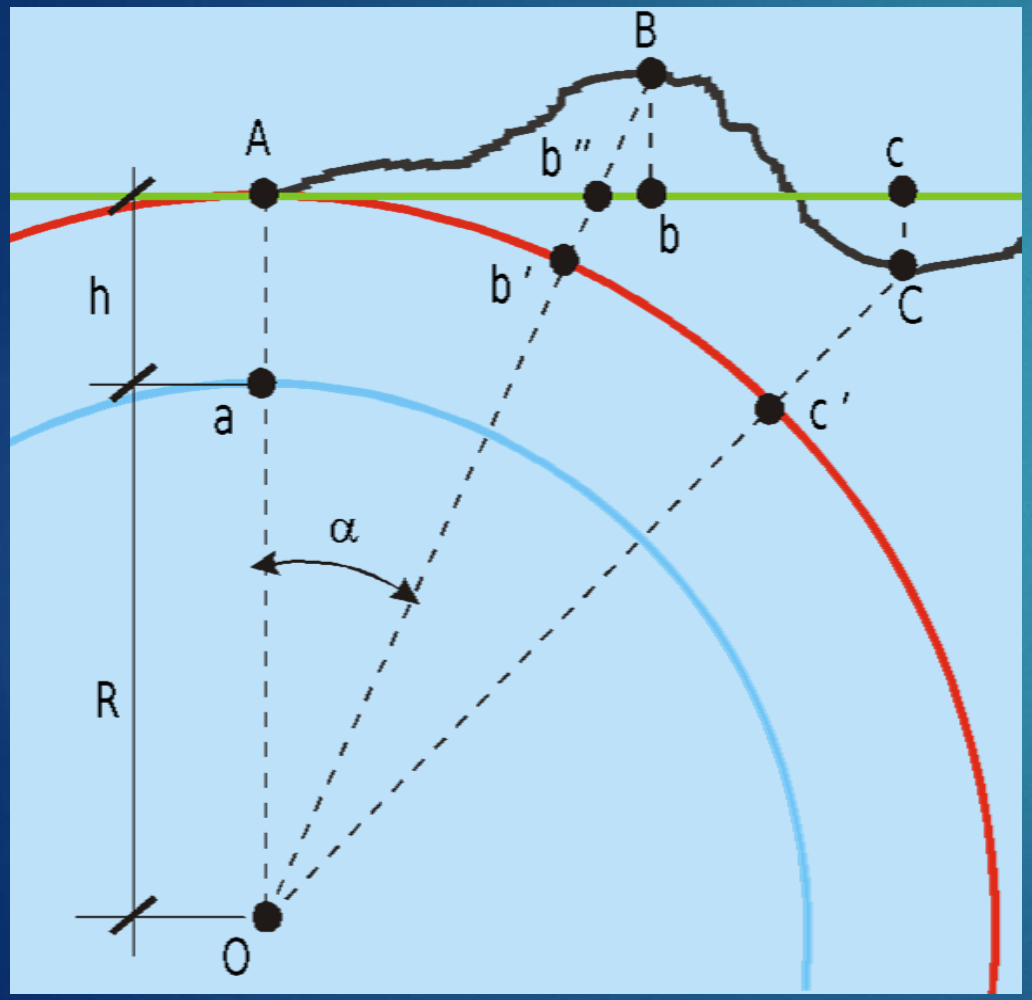
Topografia - Limite de atuação



- Se considerarmos o plano topográfico tangente ao Geóide no ponto (A), a altitude do ponto (B) na verdade é um desnível aparente, ou seja, o segmento Bb não corresponde a altitude deste ponto. Para resolver o problema, deve-se substituir o plano topográfico de referência por superfícies concêntricas ao Geóide, de maneira que os desníveis agora representados correspondam às altitudes corretas, exceto de uma constante h. Conhecendo a constante h, a altitude do ponto (B) fica determinada pela distância Bb'.

INEPROTEC

Topografia - Limite de atuação



- O erro altimétrico devido à curvatura da Terra corresponde à seguinte diferença:

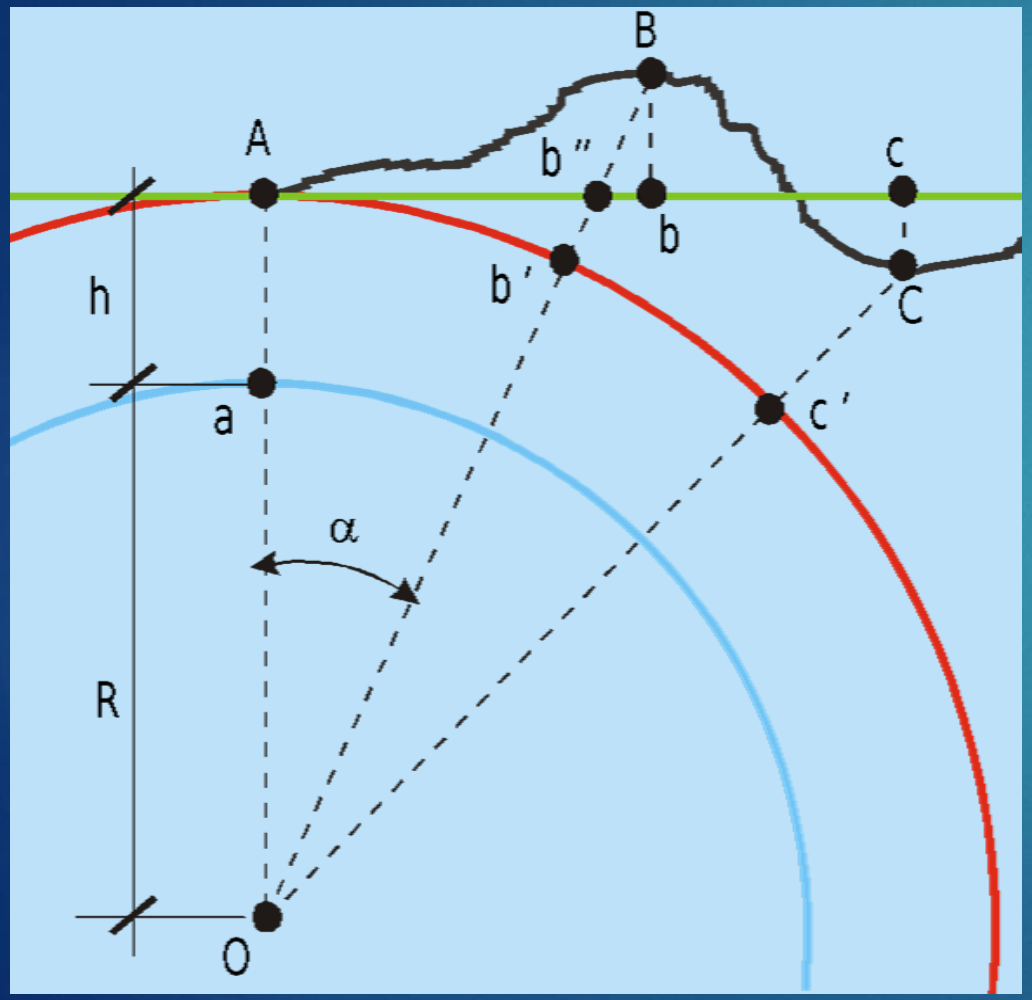
$$Erro = \left(Bb' - Bb\right)$$

- Efetuando as devidas manipulações algébricas temos:

$$Erro = \left(\frac{D^2}{2R}\right)$$

INEPROTEC

Topografia - Limite de atuação



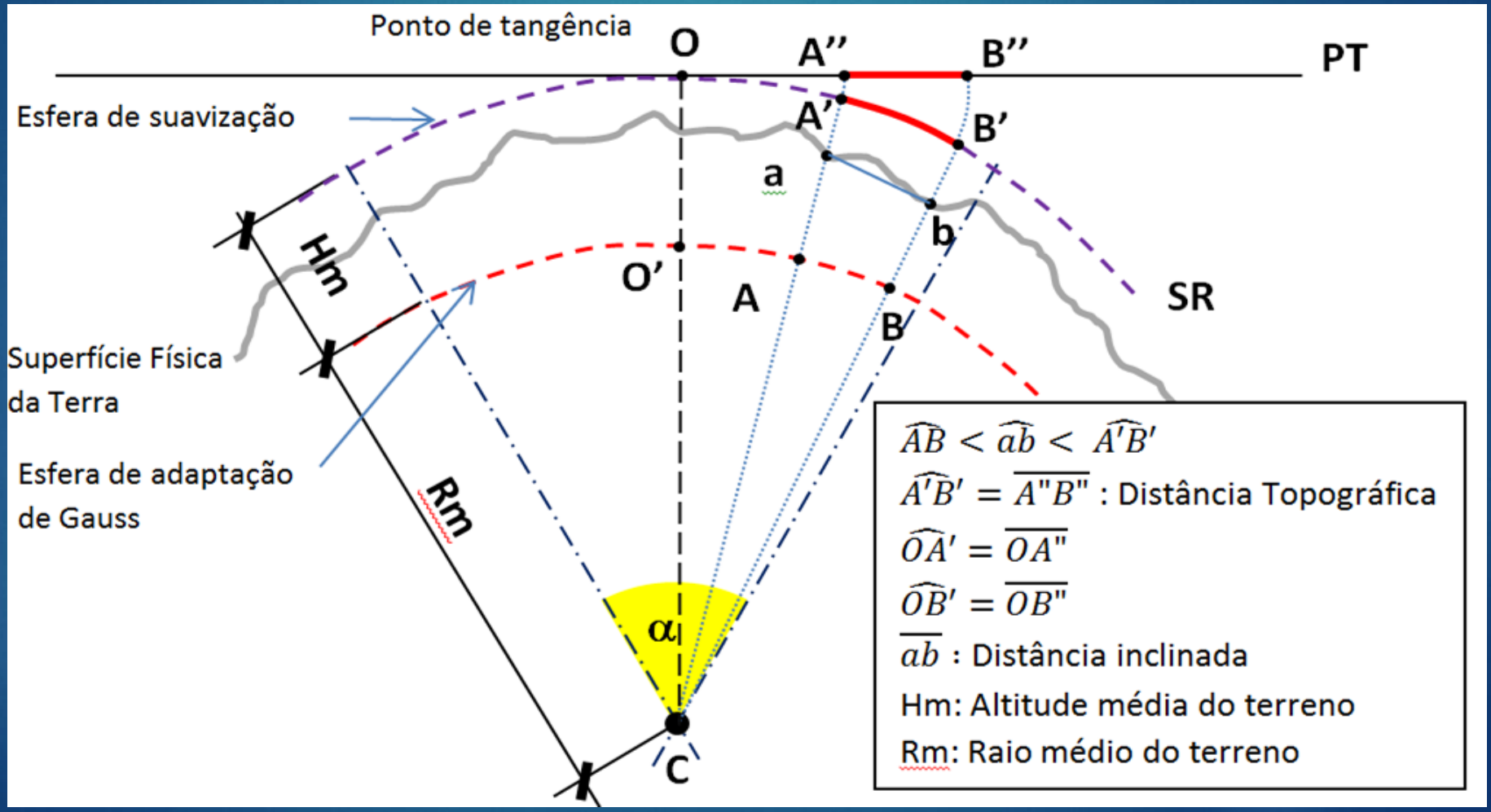
- Assim, para uma distância de 250 m e considerando o raio da terra de 6370000 m, temos o seguinte erro altimétrico:

$$Erro = \left(\frac{(250)^2}{2 * 6370000} \right) = 0.0049580848 \cong 0.005m$$

INEPROTEC

Topografia - Limite de atuação

Plano topográfico – NBR 13.133



INEPROTEC

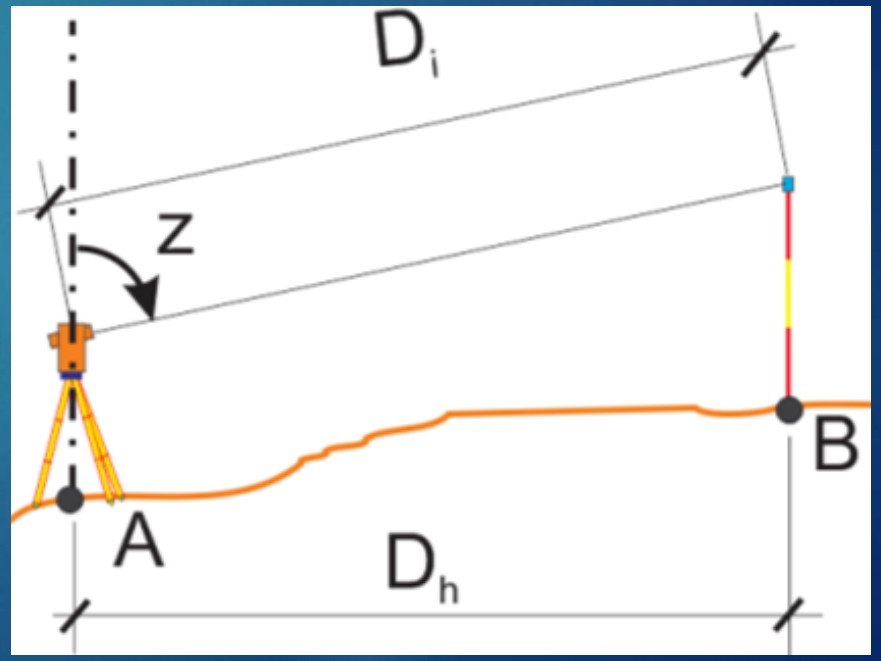
Topografia - Limite de atuação

- No **Plano topográfico da NBR 13.133**, figura anterior, é possível encontrar um fator de escala que converte a distância horizontal (Dh) obtida a partir da distância inclinada (Di) entre "a" e "b" em distância topográfica (arco A'B'). Para tal, determina-se um fator de correção (ΔDh) devido a diferença entre a altitude média (h) do alinhamento "ab" e a altitude média (Hm) da SR.

$$\Delta D_h = -\frac{h}{R_m + Hm} \times D_h$$

$$D_h = \tan \hat{z} \times D_i$$

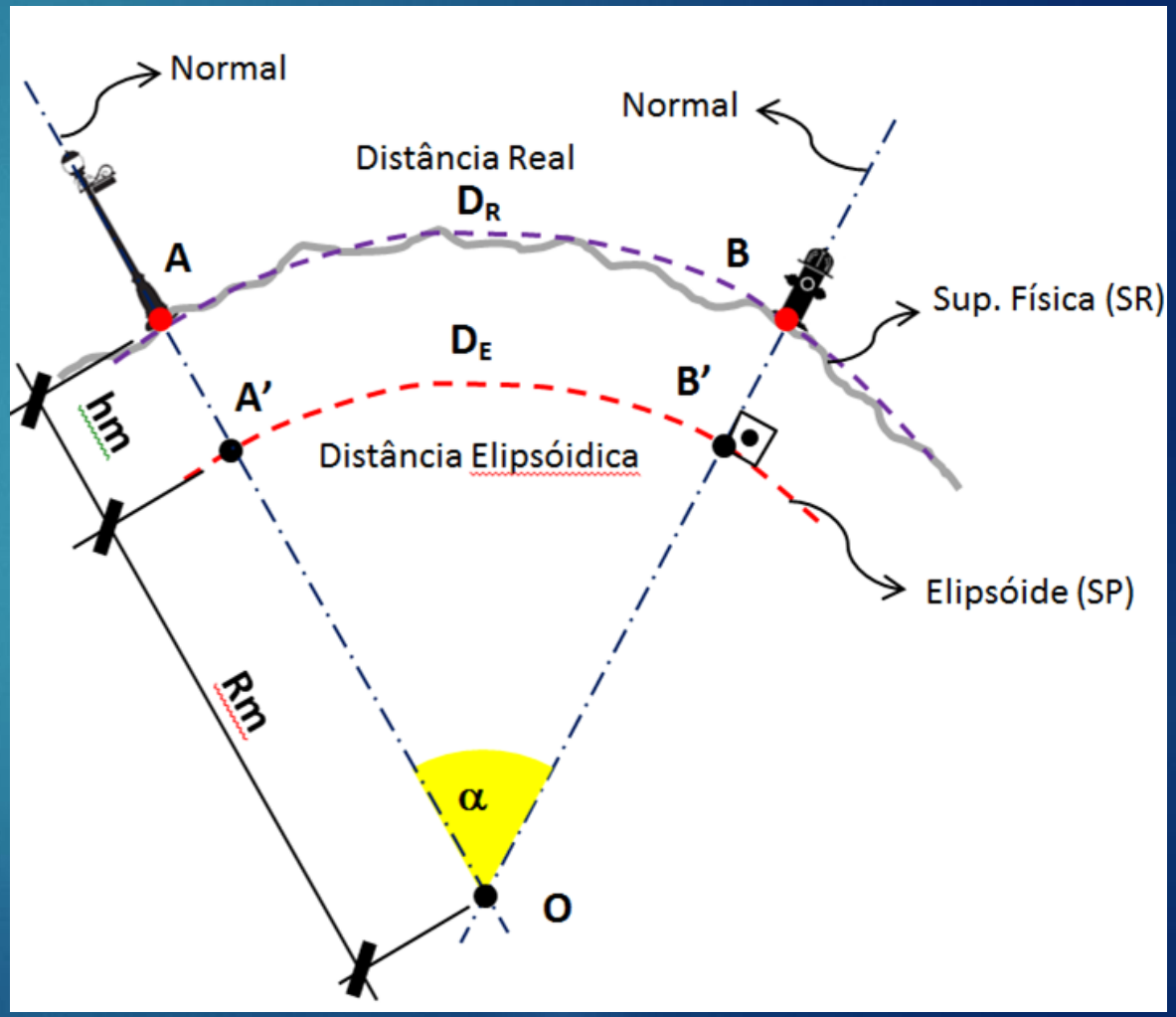
$$D_T = D_h + \Delta D_h$$



INEPROTEC

Topografia – Fator de Correção Kr

- O fator de correção **Kr** (lê-se kappa erre), corresponde a um **escalar** utilizado para efetuar a correção de uma **medida projetada (D_{UTM}) (Sistema UTM) em uma medida real (D_R)** (sobre a superfície física da terra) e vice-versa.
- O Kr corresponde a aplicação de dois fatores de correção simultâneos, ou seja, aplicação da correção devido a altitude (c') e correção devido ao fator de deformação linear do sistema UTM (k).



INEPROTEC

Topografia – Fator de Correção Kr

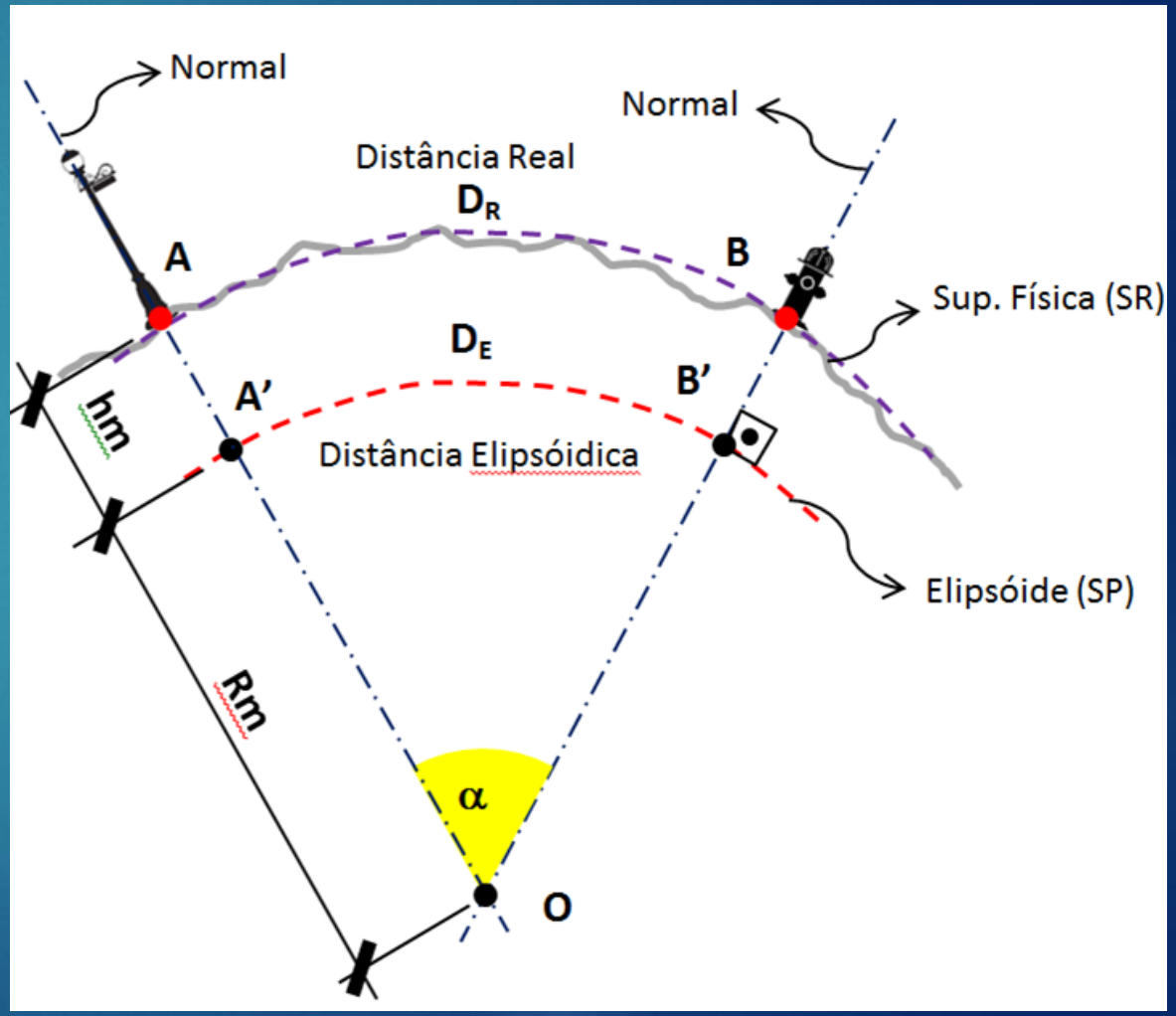
- O fator de correção devido a altitude pode ser encontrado por:

$$c' = \frac{R_m}{R_m + Hm}$$

- Onde:

  Rm: raio médio terrestre

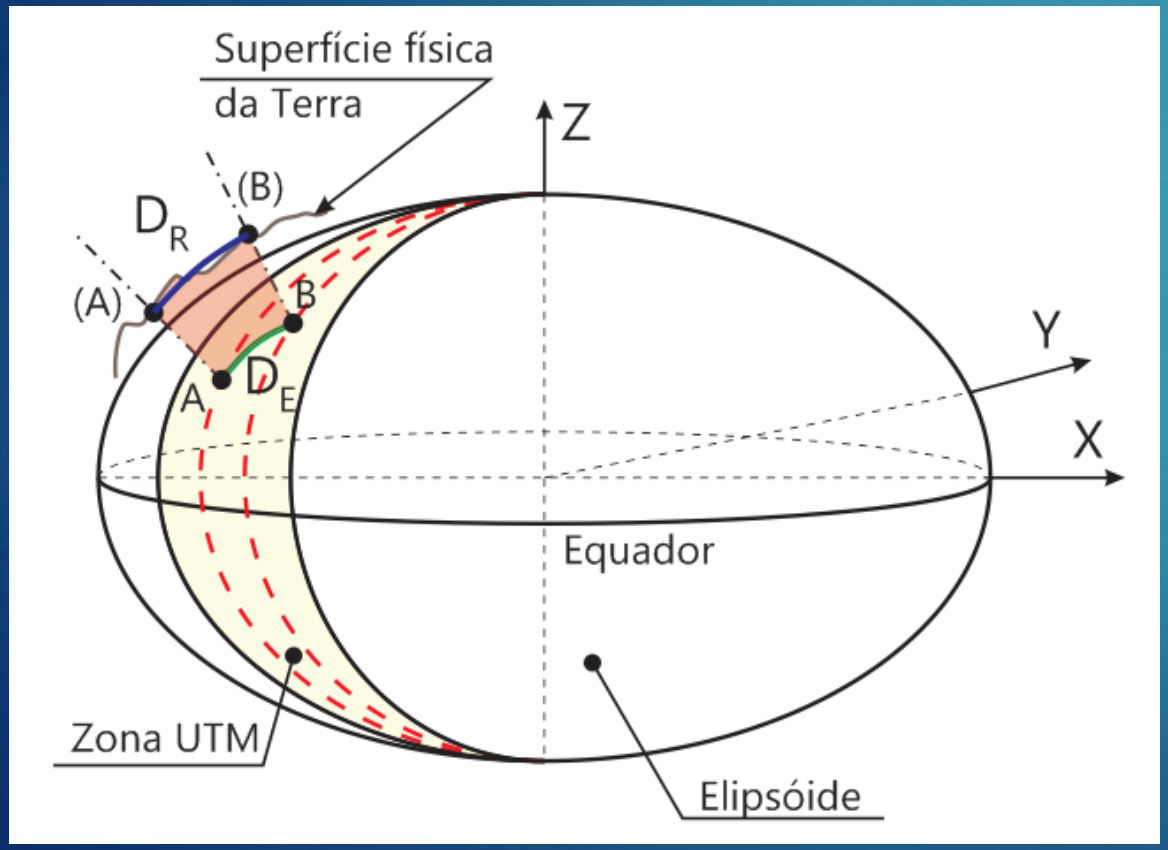
  Hm: Hm altitude ortométrica média da região dada por H = h - n

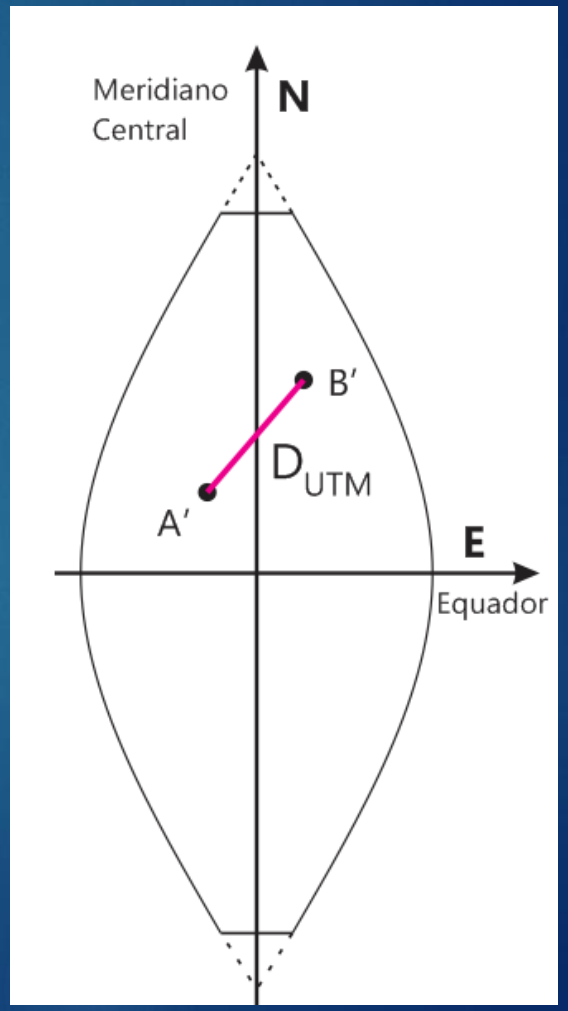


INEPROTEC

Topografia – Fator de Correção Kr

- As distâncias reais são projetas incialmente sobre o elipsoide e posteriormente planificadas no sistema UTM conforme apresentado a seguir:





INEPROTEC

Topografia – Fator de Correção Kr

- O fator de deformação linear do sistema UTM pode ser encontrado por:

$$k = \frac{k_0}{\sqrt{R_m - \left(cos\varphi_m \times sen(\lambda_m - \lambda_0)\right)^2}}$$

Onde: k_0=0,9996, ϕm é a latitude média, λ_m é a longitude média e λ_0 é a longitude do meridiano central.

$$Rm = \sqrt{M \times N}; \qquad M = \frac{a \times \left(1 - e^2\right)}{\left(1 - e^2 \times sen^2\varphi_m\right)^{3/2}} \; e \; N = \frac{a}{\left(1 - e^2 \times sen^2\varphi_m\right)^{1/2}}$$

Onde: “a” e “e” são parâmetros do elipsoide de revolução e correspondem, respectivamente, ao semieixo maior e a primeira excentricidade.

INEPROTEC

Topografia – Fator de Correção Kr

- Assim, uma medida obtida na superfície física da terra pode ser facilmente convertida em uma media UTM aplicando a seguinte equação:

$$D_R = \frac{D_{UTM}}{k_r}$$

- Distâncias UTM são obtidas com grande facilidade utilizando equipamentos GNSS. Distâncias reais ou topográficas também são obtidas facialmente com equipamentos de topografia denominados de medidores eletrônicos de distâncias – MED. Assim, o Kr pode ser facilmente obtido por:

$$k_r = \frac{D_{UTM}}{D_R}$$

INEPROTEC

Topografia – Características do Plano Topográfico

- A superfície de referência (SR) é a terra real que por sua vez apresenta curvatura;
- A superfície de projeção (SP) é um plano e é normal à vertical do local do ponto tomado como origem do levantamento;
- As projetantes são ortogonais à (SP) e sua origem é indefinida.
- As projeções não se dão em verdadeira grandeza, existindo uma deformação nas medidas projetadas;
- Utiliza o princípio do ponto cotado para representar alturas relativas a uma superfície de referência definida, que normalmente é o próprio plano topográfico (PT);

INEPROTEC

Topografia – Características do Plano Topográfico

- A extensão do plano topográfico (PT) é diretamente proporcional ao erro máximo admissível nos extremos do plano. Tradicionalmente o horizonte topográfico estende-se até 80 km de extensão total, onde se obtém um erro relativo de 1:15.000;
- O sistema de referência tradicional são os eixos X e Y, sendo que a orientação do eixo Y, não necessariamente, coincide com a direção norte, isto é, são sistemas arbitrados. Nos trabalhos clássicos, a direção do norte coincidia com o norte magnético. Atualmente, com o advento dos equipamentos GNSS, orientações a partir do norte verdadeiro ou de quadrícula, podem ser obtidas facilmente;

INEPROTEC

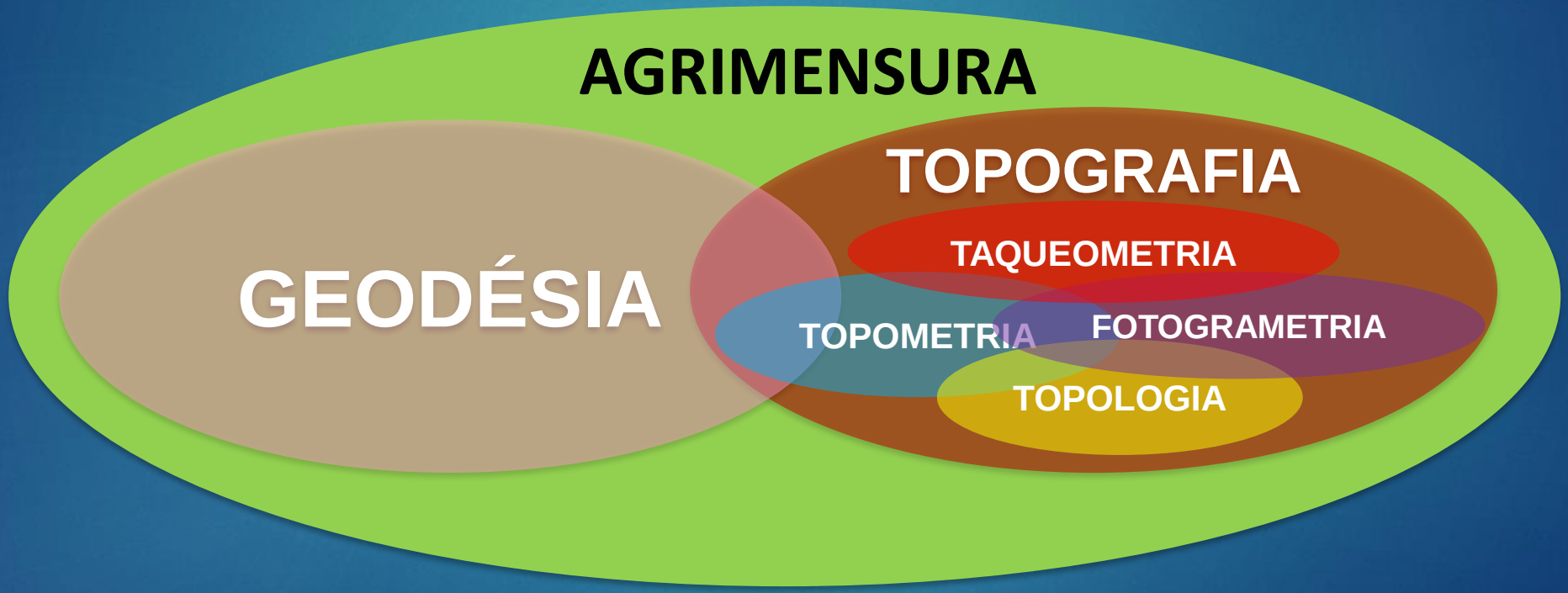
Topografia – Características do Plano Topográfico

- As distâncias inclinadas medidas em campo são reduzidas apenas ao horizonte do instrumento, convertendo-se em distâncias horizontais;
- O transporte altimétrico dos pontos sobre o plano topográfico é fortemente influenciado pela curvatura da terra.
- Para distâncias reais inferiores a 10.000m as projeções topográficas se dão em verdadeira grandeza

INEPROTEC

Topografia - Divisão

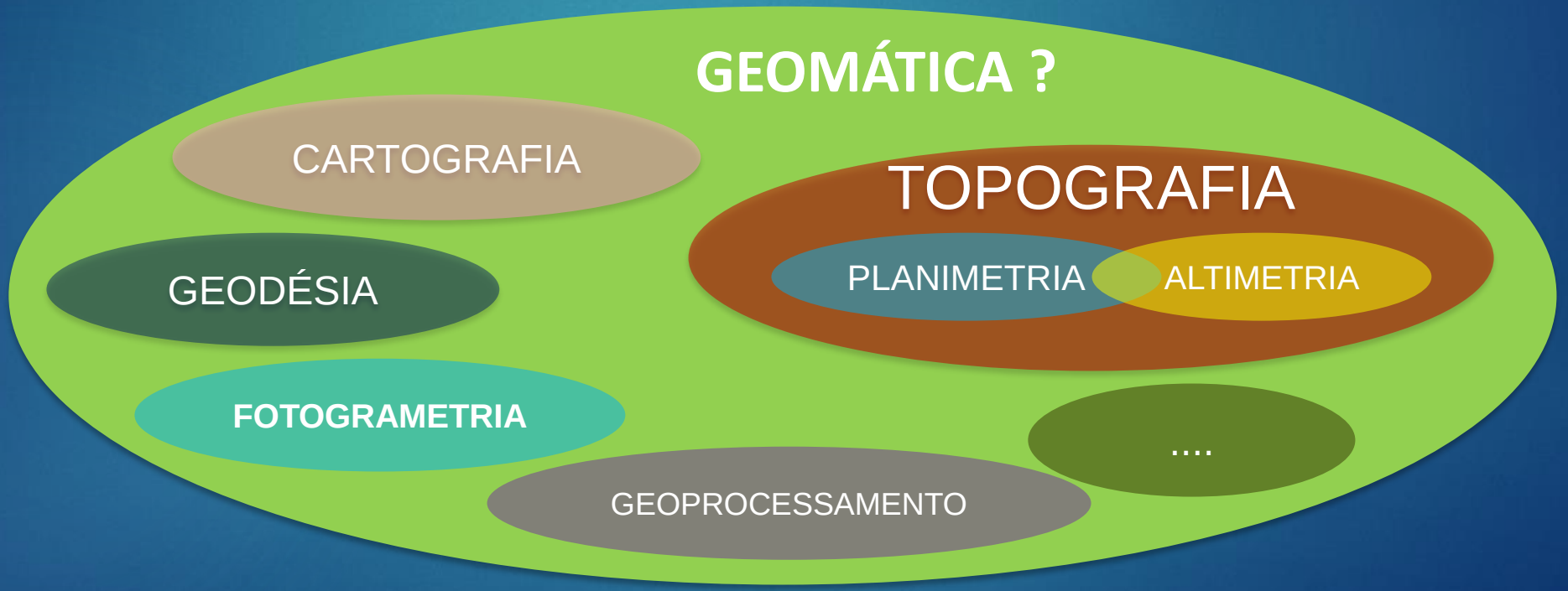
- A divisão clássica segundo Spartel (1987) corresponde a:



INEPROTEC

Topografia - Divisão

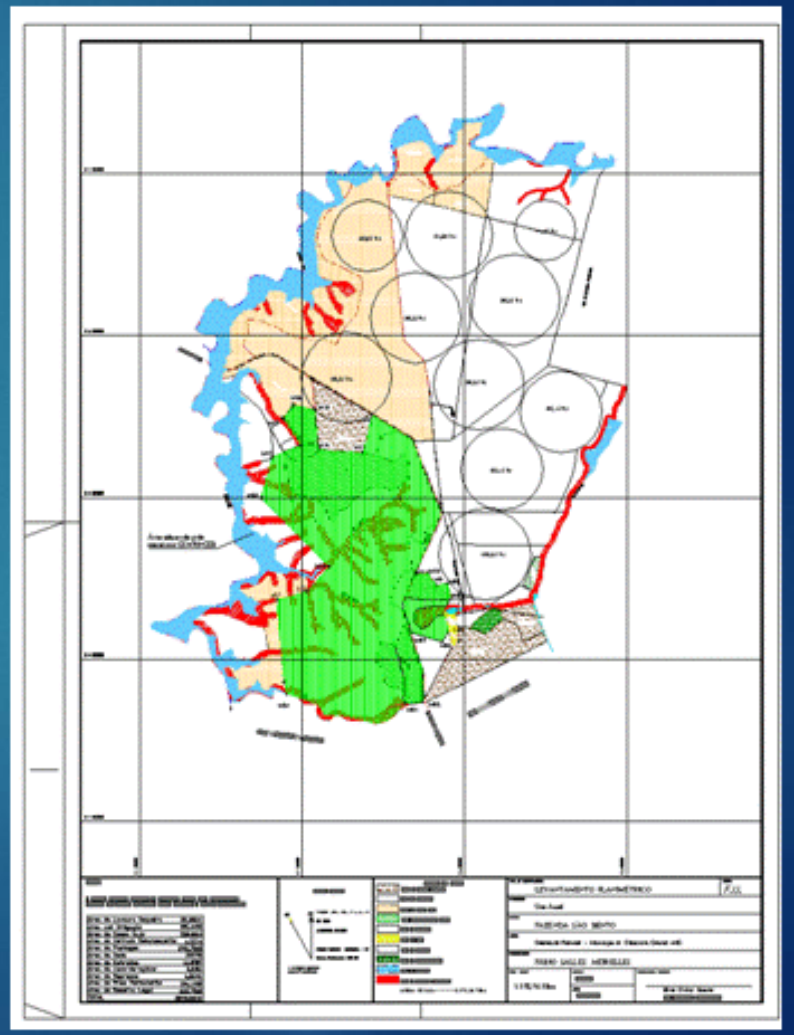
- A divisão moderna segundo Silva e Segantine (2015) corresponde a:



INEPROTEC

Topografia - Objetivo

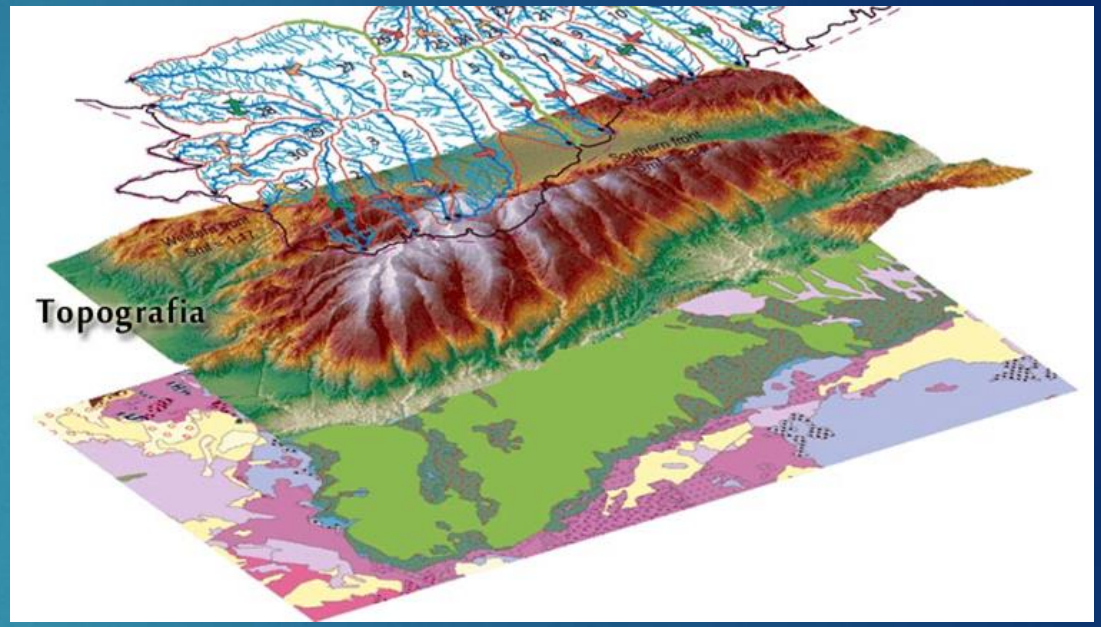
- O produto clássico da topografia é a planta topográfica.
- Planta - é um caso particular de carta. A representação se restringe a uma área muito limitada e a escala é grande, conseqüentemente o número de detalhes é bem maior.



INEPROTEC

Topografia – Por quê?

- Muitos projetos de engenharia necessitam de levantamentos topográficos para orientar os projetistas na sua concepção bem como para implantação destes depois de aprovados pelos órgãos competentes, tais como:



- Identificação das áreas de preservação permanente;
- Parcelamento de solo urbano e rural;
- Projetos de rodovias e ferrovias;
- Monitoramento de deformações;
- Etc.

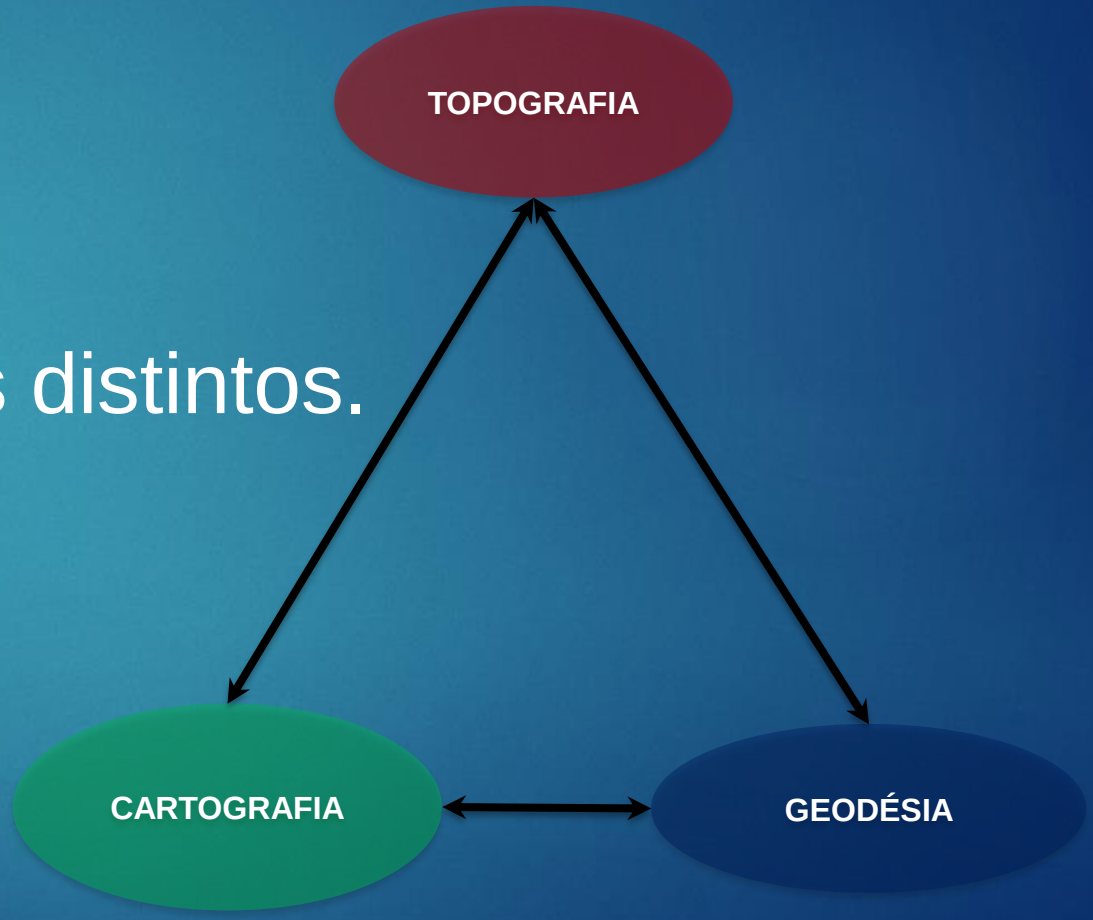
INEPROTEC

Topografia – Como?

INEPROTEC

Topografia – Como?

- Áreas bem definidas.
- Procedimentos operacionais distintos.
- Equipamentos específicos.



INEPROTEC

Topografia – Como?

- Áreas sobrepostas.
- Procedimentos operacionais semelhantes.
- Equipamentos semelhantes