



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



LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO CADASTRAL



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

ANTONIO FRAGASSI

Ementa

- ▶ Conceitos básicos em Geoprocessamento; Aplicações de Geoprocessamento; Divisão, Demarcação e Geoprocessamento; Transformação de coordenadas e Transformação entre sistemas; Métodos de Levantamento Topográfico Cadastral; Combinação de métodos de levantamentos; Legislação do Georreferenciamento aplicado ao levantamento topográfico. Aplicação Prática das Cartas Topográficas.



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

Geoprocessamento

- ▶ Conjunto de técnicas e metodologias relacionadas a **coleta**, **armazenamento** e **tratamento** de **informações espaciais** ou **georreferenciadas** para serem utilizadas em sistemas específicos que de alguma forma se utiliza do espaço físico geográfico;



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

Geoprocessamento

- Conjunto de **procedimentos** que lidam com dados georreferenciados e cuja área de atuação envolve a coleta e o tratamento da informação espacial, assim como o desenvolvimento e uso de sistemas e aplicações;



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

Geoprocessamento

▶ É a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas **matemáticas** e **computacionais** para o tratamento de informações geográficas



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

Geoprocessamento

- ▶ Essas atividades são executadas por sistemas chamados de **Sistemas de Informação Geográfica** (SIG ou GIS (inglês) – Geographic Information Systems).



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

Geoprocessamento

Sistema é um conjunto de partes que se interagem de modo a atingir um determinado fim, de acordo com um plano ou princípio.



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

Geoprocessamento



GEOPROCESSAMENTO

Conjunto
de técnicas
relacionadas ao
tratamento da
informação
espacial

COLETA

- Cartografia
- Sensoriamento Remoto
- Fotogrametria
- Topografia
- GPS
- Dados Alfanuméricos

ARMAZENAMENTO

- Banco de Dados

TRATAMENTO E ANÁLISE

- Modelagem de Dados
- Geoestatística
- Aritmética Lógica
- Análise de Redes
- Análise Topológica
- Reclassificação

USO INTEGRADO

- GIS
- LIS
- AM/FM
- CADD



Endereço

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



(61)3082-0505



www.ineprotec.com.br



@ineprotec

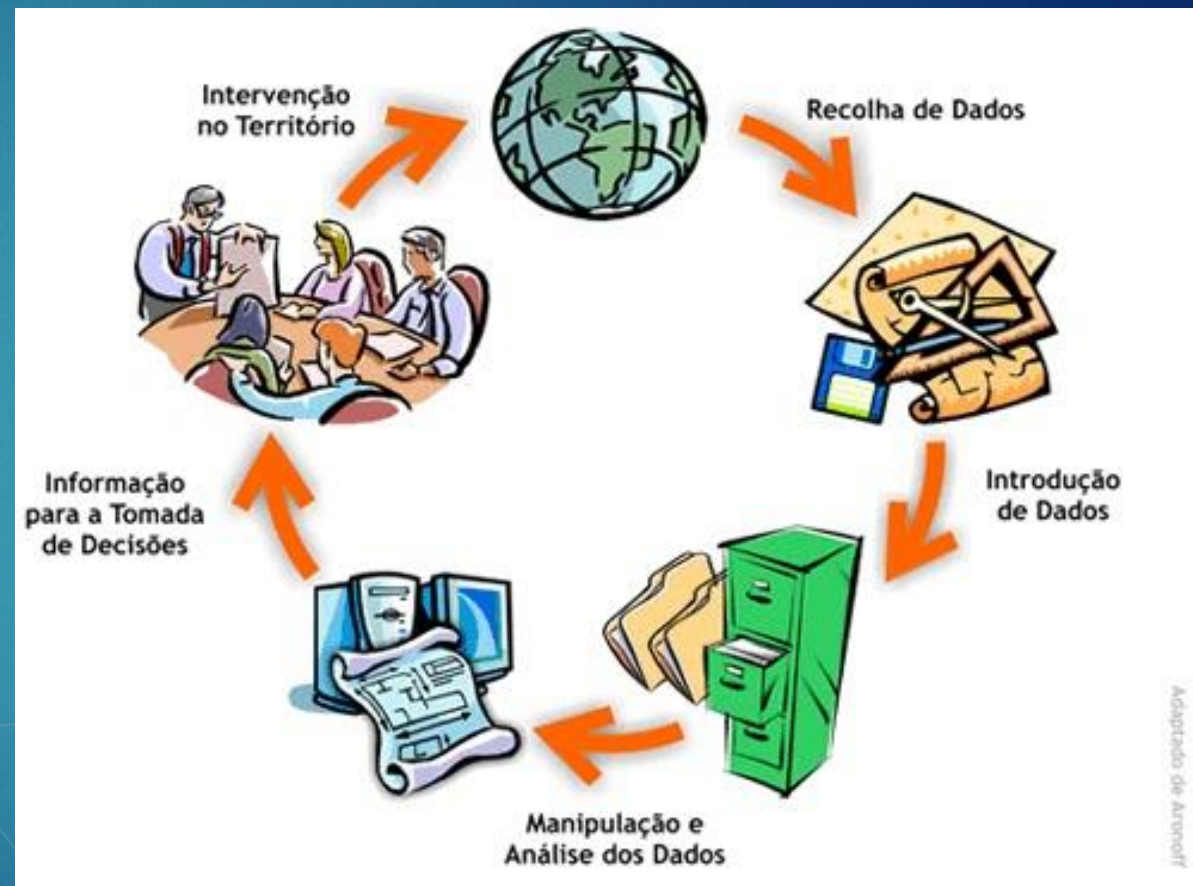


Ineprotec

CNPJ: 08838975/0001-03

Geoprocessamento

- ▶ O geoprocessamento está presente em todas as áreas onde há necessidade de tomada de decisão com base em análise de dados espaciais



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

Geoprocessamento

► Administração Pública

- Desenvolvimento econômico
- Transporte
- Habitação
- Infraestrutura
- Saúde
- Serviço Social
- Segurança Pública
- Arrecadação de Impostos
- Planejamento Urbano e Rural
- Planejamento do uso da terra
- Monitoramento ambiental
- Gerência de emergências
- Etc.



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

Geoprocessamento

- ▶ A divisão e a demarcação são duas atividades presentes nas aplicações da agrimensura.
- ▶ A divisão dentro do contexto da agrimensura significa a separação de um imóvel rural ou urbano em duas ou mais partes. No contexto legal corresponde a ação de extinção do condomínio individualizando as partes e seus respectivos proprietários.



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

Geoprocessamento

- ▶ A demarcação dentro do contexto da agrimensura significa a definição da geometria de um imóvel rural ou urbano seguido ou não da sua materialização em campo.
- ▶ Assim, para definir a geometria a agrimensura especifica distâncias, azimutes ou rumos e as respectivas coordenadas geodésicas e/ou planas dos vértices que definem o imóvel.



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

Geoprocessamento

- ▶ A demarcação no contexto legal corresponde ao processo onde são analisados os limites conflitantes entre dois ou mais imóveis distintos e por meio desta se especifica a sua geometria bem como a dominialidade da área garantindo aos respectivos proprietários o direito ao bem.



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

Geoprocessamento

- ▶ Dessa forma, o **geoprocessamento** surge no contexto das ações de demarcação e divisão como ferramenta especializada para geração dos produtos topográficos necessários, a saber:
 - Planta topográfica e
 - Memorial descritivo.



Endereço

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



(61)3082-0505



www.ineprotec.com.br



@ineprotec



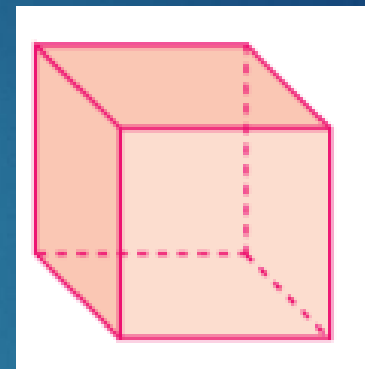
Ineprotec

CNPJ: 08838975/0001-03

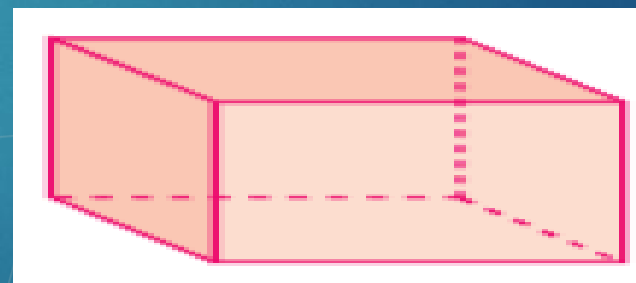
Transformação de coordenadas

- ▶ As **Transformações** são aplicações entre dois objetos distintos de forma que, a partir de uma forma geométrica original, forma-se outra forma geometricamente igual ou equivalente. Uma transformação é, portanto, uma correspondência, um a um, entre pontos de um mesmo espaço ou de espaços diferentes.

OBJETO 1



OBJETO 2



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

Transformação de coordenadas

- ▶ Os sistemas de referência, são utilizados para descrever as posições de objetos que encontram-se sobre, abaixo ou acima da Superfície Física da Terra.
- ▶ Quando é necessário identificar a posição de uma determinada informação na superfície da Terra são utilizados os Sistemas de Referência Terrestres ou Geodésicos. Estes por sua vez, estão associados a uma superfície que mais se aproxima da forma da Terra, e sobre a qual são desenvolvidos todos os cálculos das suas coordenada.



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

Transformação de coordenadas

- ▶ Contudo, quanto representamos o mesmo objeto em sistemas distintos, faz-se necessário conhecer a **TRANSFORMAÇÃO** que permite sair de um SISTEMA e chegar no outro SISTEMA.
- ▶ Assim, quando representamos, por exemplo, um imóvel no sistema UTM tendo como DATUM o SAD-69 e desejamos obter o mesmo imóvel no sistema UTM tendo como DATUM SIRGAS 2000, precisamos aplicar um sistema de equações que permitam transformar a representação gráfica do imóvel.



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

Transformação de coordenadas

- ▶ Por outro lado, quando obtermos as coordenadas geodésicas de um ponto e desejamos convertê-la em coordenadas planas, precisamos conhecer a **TRANSFORMAÇÃO** que permite sair de Latitude, Longitude e Altitude Elipsoidal e chegar em coordenadas planas (projetadas).



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

Transformação de coordenadas

► De um modo geral, as transformações aplicadas na cartografia permitem executar as seguintes atividades:

- Transformar coordenadas geodésicas (ϕ, λ, h) em tridimensionais (X, Y, Z) e vice-versa;
- Transformar coordenadas geodésicas (ϕ, λ, h) em Sistema Geodésico Local (e, n, u) e vice-versa;
- Transformar coordenadas geodésicas (ϕ, λ, h) em planas (E, N ou X, Y) e vice-versa; e
- Transformar sistemas de referências.



Endereço

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



(61)3082-0505



www.ineprotec.com.br



@ineprotec

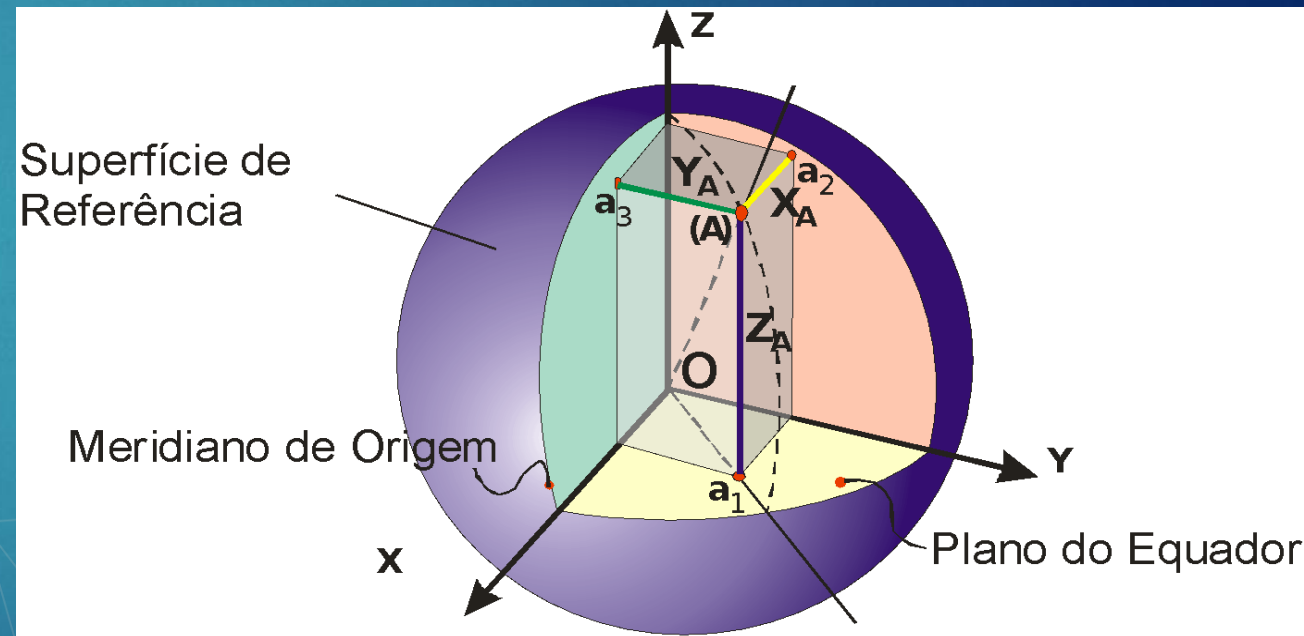
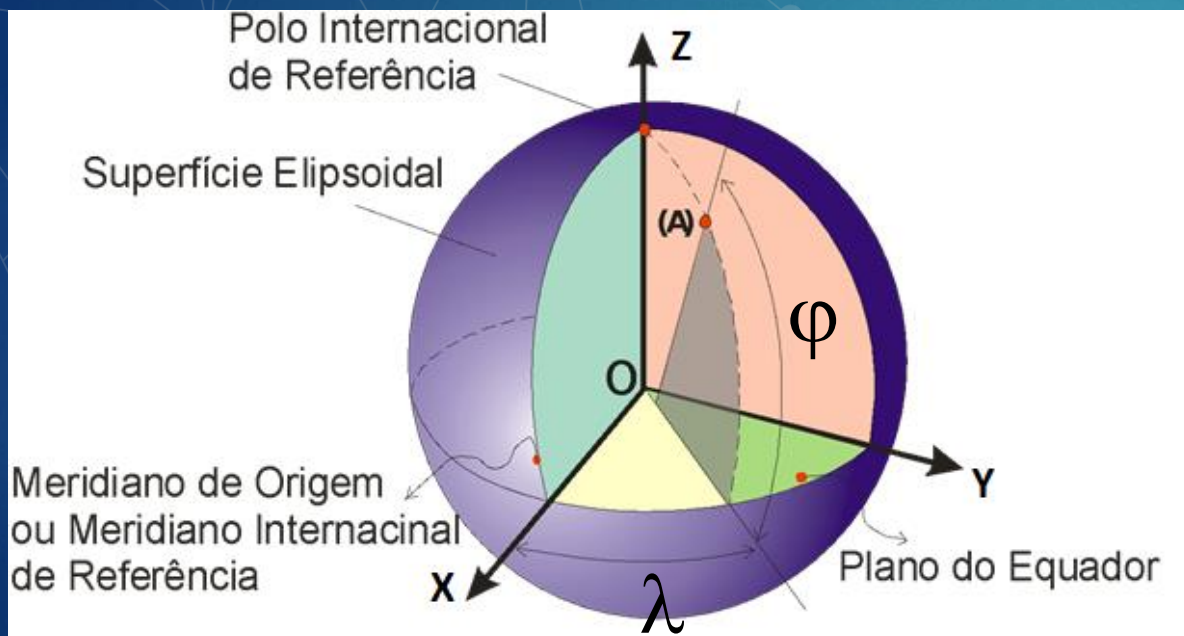


Ineprotec

CNPJ: 08838975/0001-03

Transformação de coordenadas

- coordenadas geodésicas (φ, λ, h) em tridimensionais (X, Y, Z) e vice-versa;



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

Transformação de coordenadas

- coordenadas geodésicas (φ, λ, h) em tridimensionais (X, Y, Z) e vice-versa;

- Onde:

X, Y, Z : coordenadas cartesianas

N : raio do primeiro vertical;

h : altitude elipsoidal;

φ, λ : latitude e longitude;

e^2 : primeira excentricidade quadrática.

e'^2 : segunda excentricidade quadrática;

a : semieixo maior da elipse;

b : semieixo menor da elipse; e

f : achatamento

$$\begin{aligned} X &= (N + h) \times \cos \varphi \times \cos \lambda \\ Y &= (N + h) \times \cos \varphi \times \sin \lambda \\ Z &= [N \times (1 - e^2) + h] \times \sin \varphi \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N &= \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \times \sin^2 \varphi}} \\ e^2 &= 1 - \frac{b^2}{a^2} \quad e'^2 = \frac{a^2}{b^2} - 1 \\ b &= a - (f \times a) = \end{aligned}$$



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

Transformação de coordenadas

- coordenadas geodésicas (φ, λ, h) em tridimensionais (X, Y, Z) e vice-versa;

- Onde:

X, Y, Z : coordenadas cartesianas

N : raio do primeiro vertical;

h : altitude elipsoidal;

φ, λ : latitude e longitude;

e^2 : primeira excentricidade quadrática.

e'^2 : segunda excentricidade quadrática;

a : semieixo maior da elipse;

b : semieixo menor da elipse; e

f : achatamento

$$\lambda = \tan^{-1} \left(\frac{Y}{X} \right)$$

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{Z \times a}{\sqrt{X^2 + Y^2} \times b} \right)$$

$$\varphi = \tan^{-1} \left(\frac{Z + e'^2 \times b \times \sin^3 \theta}{\sqrt{X^2 + Y^2} - (e^2 \times a \times \cos^3 \theta)} \right)$$

$$h = \frac{\sqrt{X^2 + Y^2}}{\cos \varphi} - N$$



Endereço

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



(61)3082-0505



www.ineprotec.com.br



@ineprotec



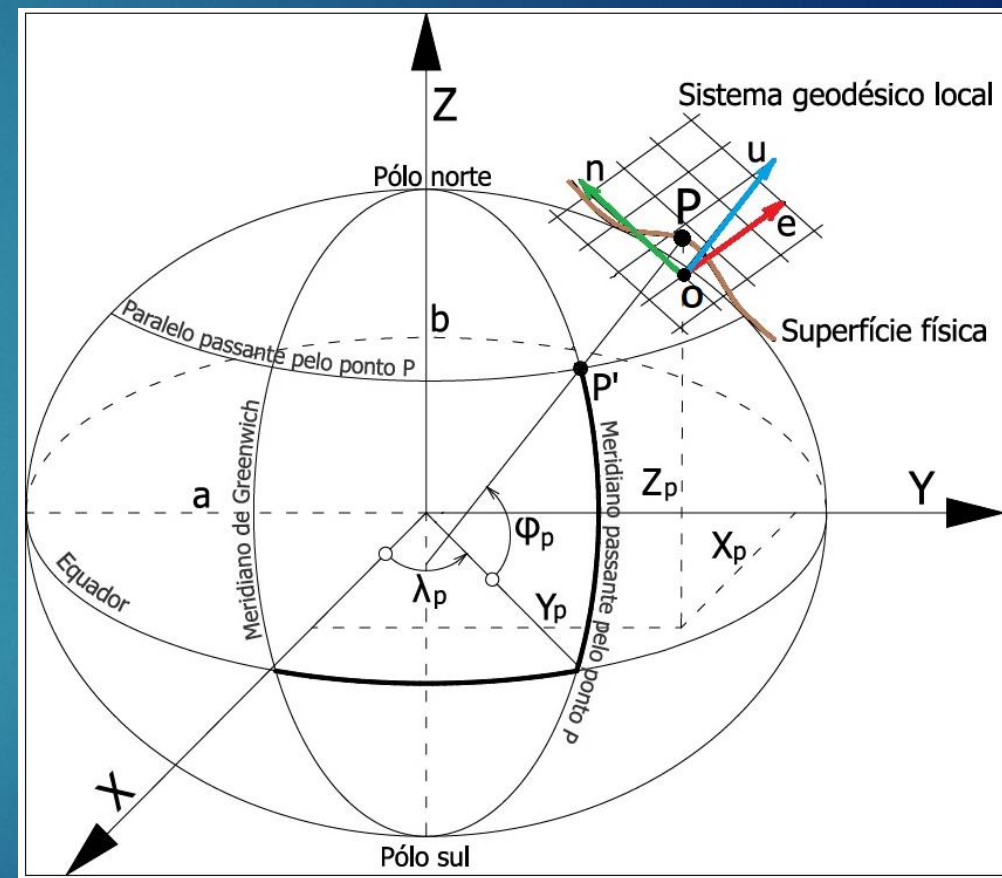
Ineprotec

CNPJ: 08838975/0001-03

► Sistema Geodésico Local (e, n, u)

De fato o sistema SGL passa a ser adotado pelo INCRA para os cálculos das distâncias dos alinhamentos e áreas dos imóveis.

As áreas e distâncias nesse sistema se aproximam das medidas “Topográficas” do imóvel. Aquela que mais se aproxima das medidas “Reais”.



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



(61)3082-0505



www.ineprotec.com.br



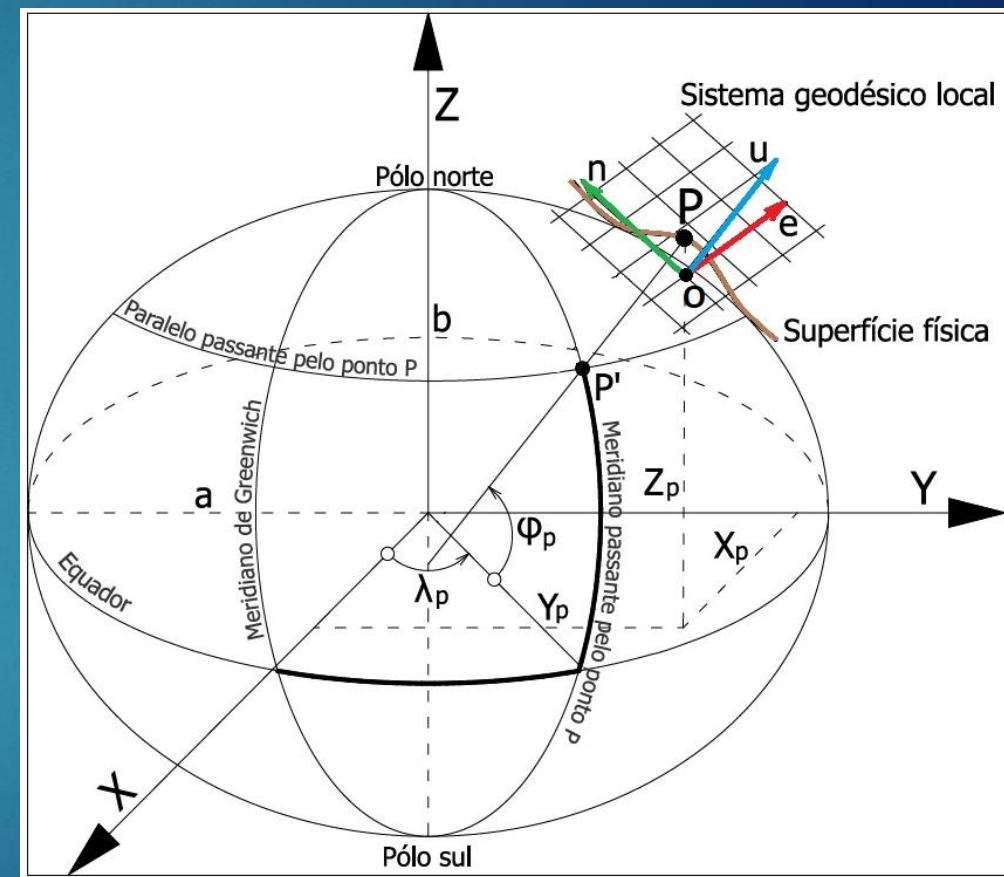
 @ineprotec  Ineprotec



CNPJ: 08838975/0001-03

Transformação de coordenadas

- ▶ O Sistema Geodésico Local (SGL) é um sistema cartesiano composto de três eixos mutuamente ortogonais (e , n , u), onde o eixo “ n ” aponta em direção ao norte geodésico, o eixo “ e ” aponta para a direção leste e é perpendicular ao eixo “ n ”, ambos contidos no plano topográfico, e o eixo “ u ” coincide com a normal ao elipsoide que passa pelo vértice escolhido como a origem do sistema.



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

Transformação de coordenadas

- coordenadas geodésicas (φ, λ, h) em Sistema Geodésico Local (e, n, u) e vice-versa;

$$\begin{bmatrix} e \\ n \\ u \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \sin\varphi_0 & \cos\varphi_0 \\ 0 & -\cos\varphi_0 & \sin\varphi_0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} -\sin\lambda_0 & \cos\lambda_0 & 0 \\ -\cos\lambda_0 & -\sin\lambda_0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} X - X_0 \\ Y - Y_0 \\ Z - Z_0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_0 \\ n_0 \\ u_0 \end{bmatrix}$$

- Onde:

X, Y, Z : coordenadas cartesianas do vértice de interesse;

X_0, Y_0, Z_0 : coordenadas cartesianas da origem do sistema;

e, n, u = são as coordenadas cartesianas locais do vértice de interesse;

e_0, n_0, u_0 = são as coordenadas cartesianas locais do vértice de origem;

φ_0, λ_0 : latitude e longitude da origem do sistema;



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

Transformação de coordenadas

- coordenadas geodésicas (φ, λ, h) em Sistema Geodésico Local (e, n, u) e vice-versa;

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\text{sen}\lambda_0 & -\text{cos}\lambda_0 & 0 \\ \text{cos}\lambda_0 & -\text{sen}\lambda_0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \text{sen}\varphi_0 & -\text{cos}\varphi_0 \\ 0 & \text{cos}\varphi_0 & \text{sen}\varphi_0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} e - e_0 \\ n - n_0 \\ u - u_0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{bmatrix}$$

- Onde:

X, Y, Z : coordenadas cartesianas do vértice de interesse;

X_0, Y_0, Z_0 : coordenadas cartesianas da origem do sistema;

e, n, u = são as coordenadas cartesianas locais do vértice de interesse;

φ_0, λ_0 : latitude e longitude da origem do sistema;



Endereço

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



(61)3082-0505



www.ineprotec.com.br



@ineprotec



Ineprotec

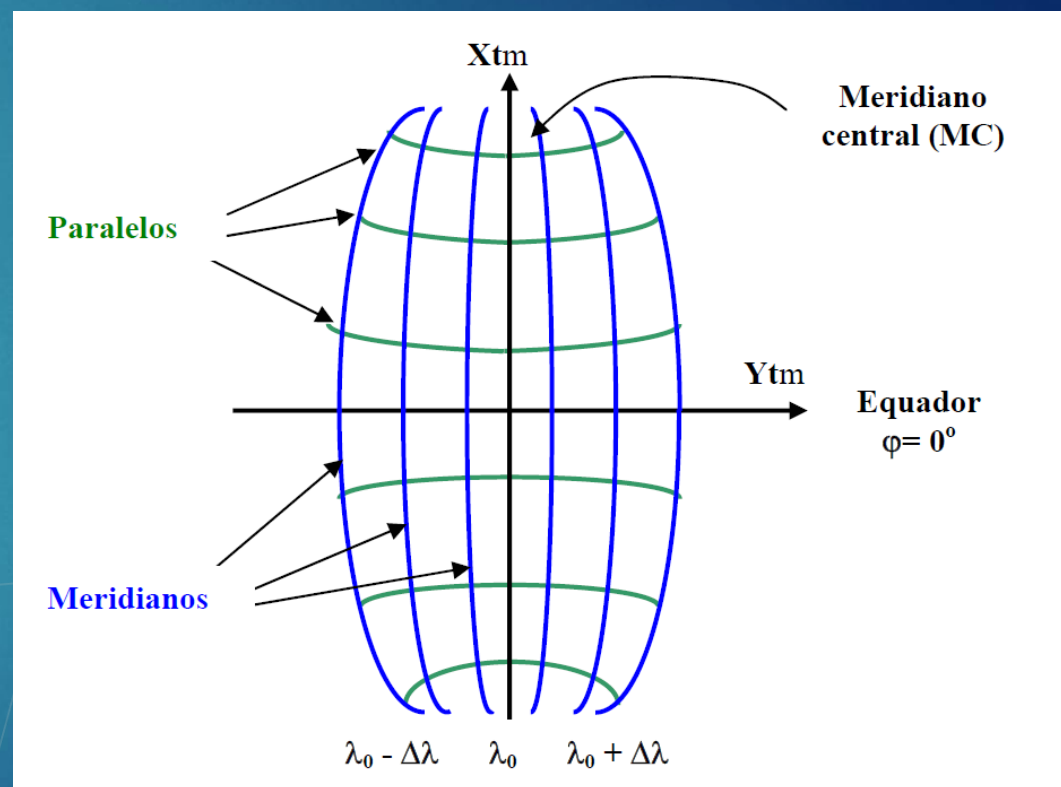
CNPJ: 08838975/0001-03

Transformação de coordenadas

- coordenadas geodésicas (φ, λ, h) em UTM e vice-versa;
- Problema Direto $(X, Y) = f(\varphi, \lambda)$

O formulário apresentado a seguir é inteiramente baseado na publicação: **Conformal Map Projections in Geodesy**, E.J. Krakiwsky, Department of Surveying Engineering - University of New Brunswick - Canada, 1973.

Observar que a direção norte (N) está sendo apresentada por X_{TM} e a direção leste (E) está sendo apresentada por Y_{TM}



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

Transformação de coordenadas

- coordenadas geodésicas (φ, λ, h) em UTM e vice-versa;
- Problema Direto $(X, Y) = f(\varphi, \lambda)$

$$\begin{aligned}
 X = Bm + \frac{N \Delta\lambda^2}{2} \sin \varphi \cos \varphi + \frac{N \Delta\lambda^4}{24} \sin \varphi \cos^3 \varphi (5 - t^2 + 9 \eta^2 + 4 \eta^4) + \\
 \frac{N \Delta\lambda^6}{720} \sin \varphi \cos^5 \varphi (61 - 58 t^2 + t^4 + 270 \eta^2 - 330 \eta^2 t^2 + 445 \eta^4 + 324 \eta^6 - \\
 680 \eta^4 t^2 + 88 \eta^8 - 600 \eta^6 t^2 - 192 \eta^8 t^2) + \frac{N \Delta\lambda^8}{40320} \sin \varphi \cos^7 \varphi (1385 - \\
 311 t^2 + 543 t^4 - t^6).
 \end{aligned}$$



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

Transformação de coordenadas

- coordenadas geodésicas (φ, λ, h) em UTM e vice-versa;
- Problema Direto $(X, Y) = f(\varphi, \lambda)$

$$Y = N \Delta\lambda \cos \varphi + \frac{N \Delta\lambda^3}{6} \cos^3 \varphi (1 - t^2 + \eta^2) + \frac{N \Delta\lambda^5}{120} \cos^5 \varphi (5 - 18t^2 + t^4 + 14\eta^2 - 58\eta^2 t^2 + 13\eta^4 + 4\eta^6 - 64\eta^4 t^2 - 24\eta^6 t^2) + \frac{N \Delta\lambda^7}{5040} \cos^7 \varphi (61 - 479t^2 + 179t^4 - t^6)$$



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

Transformação de coordenadas

- coordenadas geodésicas (φ, λ, h) em UTM e vice-versa;
- Problema Direto $(X, Y) = f(\varphi, \lambda)$

► Onde:

B x m: comprimento de arco de elipse meridiana contado a partir do equador até o ponto de latitude φ ,

N: raio do primeiro vertical;

φ, λ : latitude e longitude;

e^2 : primeira excentricidade quadrática.

e'^2 : segunda excentricidade quadrática;

a: semieixo maior da elipse;

b: semieixo menor da elipse; e

f: achatamento

$\Delta\lambda$: Diferença de longitude ($\lambda_{MC} - \lambda_{PONTO}$)

$$\eta^2 = (e')^2 \cos^2 \varphi$$

$$t = \operatorname{tg}(\varphi);$$

$$N = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 \varphi}}$$

$$e^2 = 1 - \frac{b^2}{a^2} \quad e'^2 = \frac{a^2}{b^2} - 1$$

$$b = a - (f \times a) =$$



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

Transformação de coordenadas

- coordenadas geodésicas (φ, λ, h) em UTM e vice-versa;
- Problema Direto $(X, Y) = f(\varphi, \lambda)$
- Onde:

$$m = 1 + \frac{\Delta\lambda^2}{2} \cos^2 \varphi (1 + \eta^2) + \frac{\Delta\lambda^4}{24} \cos^4 \varphi (5 - t^2)$$

$$B = a [A_0 \varphi - A_2 \sin(2 \varphi) + A_4 \sin(4 \varphi) - A_6 \sin(6 \varphi) + A_8 \sin(8 \varphi)]$$

$$A_0 = 1 - \frac{1}{4} e^2 - \frac{3}{64} e^4 - \frac{5}{256} e^6 - \frac{175}{16384} e^8$$

$$A_2 = \frac{3}{8} (e^2 + \frac{1}{4} e^4 + \frac{15}{128} e^6 - \frac{455}{4096} e^8)$$

$$A_4 = \frac{15}{256} (e^4 + \frac{3}{4} e^6 - \frac{77}{128} e^8)$$

$$A_6 = \frac{35}{3072} (e^6 - \frac{41}{32} e^8)$$

$$A_8 = - \frac{315}{131072} e^8$$



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

Transformação de coordenadas

- coordenadas geodésicas (φ, λ, h) em UTM e vice-versa;
- Problema Direto $(X, Y) = f(\varphi, \lambda)$

Norte = $N = X_{TM} * 0.9996 + 10.000.000m$ (para pontos do H.S.)

Norte = $N = X_{TM} * 0.9996$ (para pontos do H.N.)

Este = $E = Y_{TM} * 0.9996 + 500.000m$



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

Transformação de coordenadas

- coordenadas geodésicas (φ, λ, h) em UTM e vice-versa;
- Problema Indireto (φ, λ) = $f(X, Y)$

$$\begin{aligned} \varphi = \varphi_0 - \frac{Y^2}{2 M_0 N_0} t_0 + \frac{Y^4}{24 M_0 N_0^3} t_0 (5 + 3 t_0^2 + \eta_0^2 - 4 \eta_0^4 - 9 \eta_0^2 t_0^2) - \frac{Y^6}{720 M_0 N_0^5} t_0 \\ (61 - 90 t_0^2 + 46 \eta_0^2 + 45 t_0^4 - 252 \eta_0^2 t_0^2 - 3 \eta_0^4 + 100 \eta_0^6 - 66 \eta_0^4 t_0^2 - 90 \eta_0^2 t_0^4 + 88 \eta_0^8 + \\ 225 \eta_0^4 t_0^4 + 84 \eta_0^6 t_0^2 - 192 \eta_0^8 t_0^2) + \frac{Y^8}{40320 M_0 N_0^7} t_0 (1385 + 3633 t_0^2 + 4095 t_0^4 + \\ 1575 t_0^6) \end{aligned}$$



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

Transformação de coordenadas

- coordenadas geodésicas (φ, λ, h) em UTM e vice-versa;
- Problema Indireto $(\varphi, \lambda) = f(X, Y)$

$$\Delta\lambda = \frac{Y}{N_0 \cos \varphi_0} - \frac{Y^3}{6 N_0^3 \cos \varphi_0} (1 + 2t_0^2 + \eta_0^2) + \frac{Y^5}{120 N_0^5 \cos \varphi_0} (5 + 6\eta_0^2 + 28t_0^2 - 3\eta_0^4 + 8\eta_0^2 t_0^2 + 24t_0^4 - 4\eta_0^6 + 4\eta_0^4 t_0^2 + 24\eta_0^6 t_0^2) - \frac{Y^7}{5040 N_0^7 \cos \varphi_0} (61 + 662t_0^2 + 1320t_0^4 + 720t_0^6).$$



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

Transformação de coordenadas

- coordenadas geodésicas (φ, λ, h) em UTM e vice-versa;
- Problema Indireto $(\varphi, \lambda) = f(X, Y)$

O valor φ_0 é o resultado obtido pelo método iterativo de **Newton-Raphson** aplicado à expressão do cálculo do comprimento de elipse meridiana, iniciado com φ_i dado pela aproximação $\varphi_i = X / a$.

Todos os elementos com subíndice zero são calculados em função da latitude φ_0

As constantes η_0 e t_0 tem o mesmo significado daquele mostrado no problema direto.



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

Transformação de coordenadas

► coordenadas geodésicas (φ, λ, h) em UTM e vice-versa;

► Problema Indireto $(\varphi, \lambda) = f(X, Y)$

Método de Newton-Raphson

$$\varphi_n = \varphi_{n-1} - \frac{f(\varphi_{n-1})}{f'(\varphi_{n-1})}$$

$f(\varphi_{n-1})$ é dado por:

$$f(\varphi_{n-1}) = a [A_0 \varphi - A_2 \sin(2\varphi) + A_4 \sin(4\varphi) - A_6 \sin(6\varphi) + A_8 \sin(8\varphi)] - X$$

$f'(\varphi_{n-1})$ é dado por:

$$f''(\varphi_{n-1}) = a [A_0 - 2A_2 \cos(2\varphi) + 4A_4 \cos(4\varphi) - 6A_6 \cos(6\varphi) + 8A_8 \cos(8\varphi)]$$

φ_{n-1} é igual a φ_i para a primeira iteração



Endereço

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



(61)3082-0505



www.ineprotec.com.br



@ineprotec



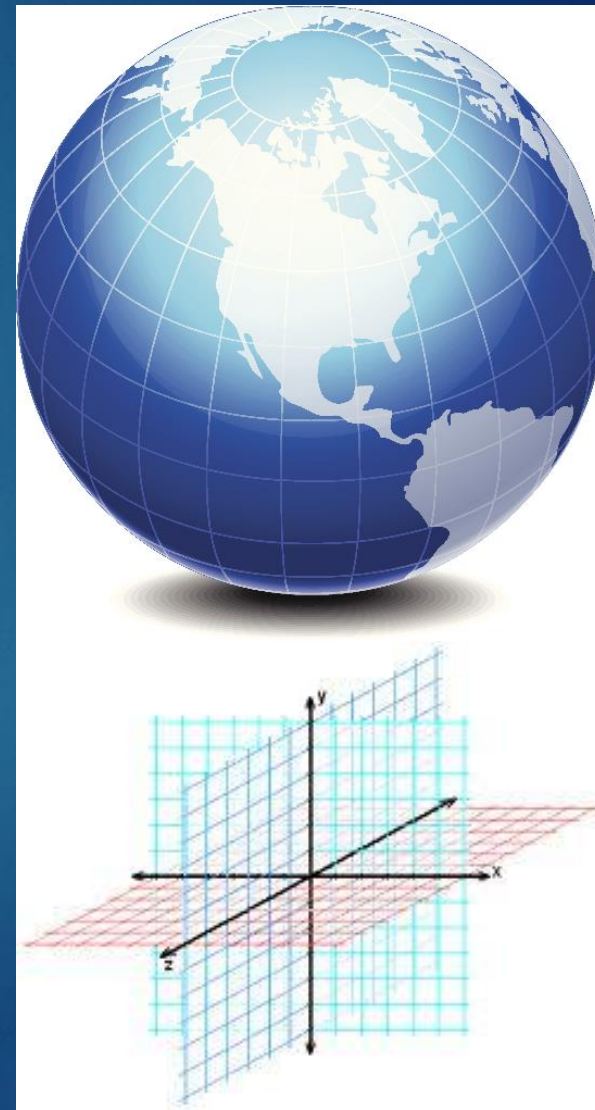
Ineprotec

CNPJ: 08838975/0001-03

Transformação de Sistemas

Sistemas de referência geodésicos

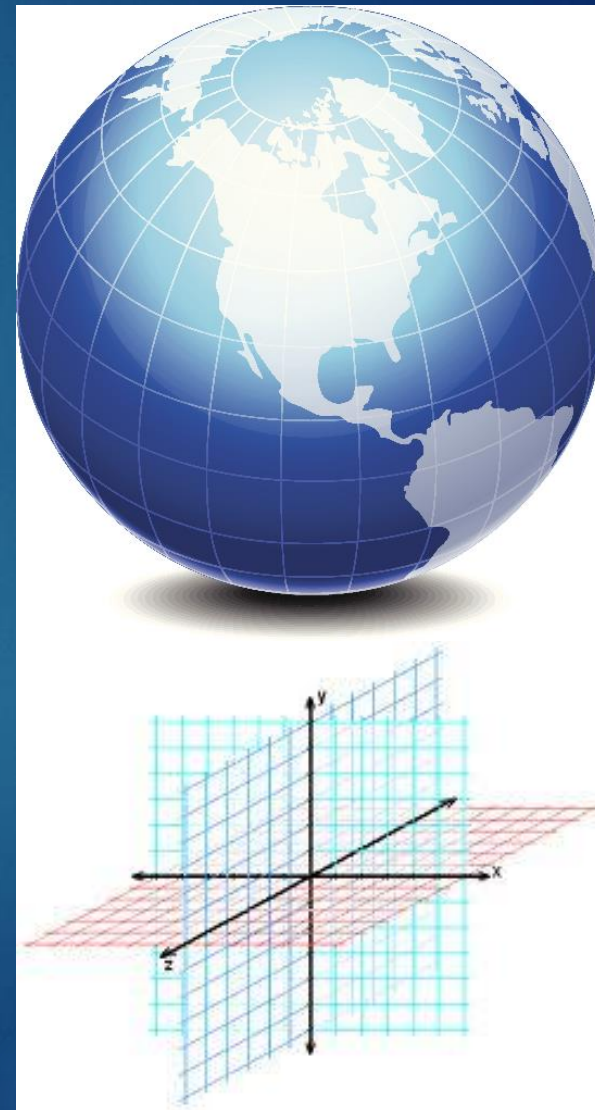
- ▶ Entende-se como sistema de referência o conjunto de informações que permitem o posicionamento de pontos sobre uma superfície de referência.
- ▶ Nesse contexto, corresponde a um sistema aplicável a qualquer mapa ou carta, que se baseia em coordenadas expressas em Latitude e Longitude, tendo o meridiano de Greenwich como meridiano de origem para a contagem das longitudes e o plano equatorial para a contagem das latitudes.



Transformação de Sistemas

Sistemas de referência geodésicos

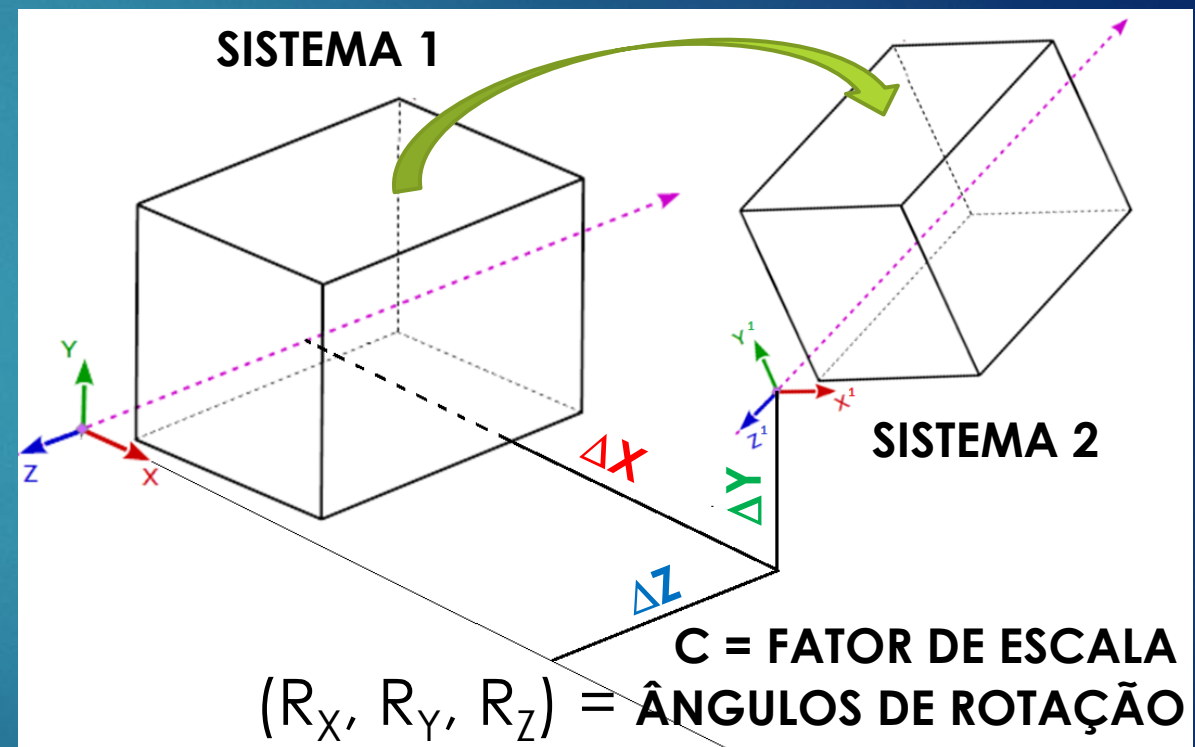
- ▶ Um objeto qualquer na superfície física da terra mantém a sua posição relativa em relação a um outro objeto, desconsiderando, evidentemente, as movimentações inerente à dinâmica terrestre.
- ▶ Assim, independentemente do referencial geodésico que se escolha, a distância entre os objetos se mantém constante, ou seja, **NÃO HÁ MOVIMENTO RELATIVO** entre eles.
- ▶ Dessa forma, a coordenada atribuída a um objeto deverá permanecer a mesma na ausência de movimentos terrestres (deformações causadas por terremotos, variação de pressão sobre a superfície, etc)



Transformação de Sistemas

Sistemas de referência geodésicos

- ▶ Contudo, quando se altera o sistema de referência associado aos objetos, ocorre a **ALTERAÇÃO DAS COORDENADAS** dos mesmos associado ao sistema em questão.
- ▶ Essa alteração se deve principalmente a:
 - ✓ Alteração do elipsoide de revolução;
 - ✓ Condicionantes da orientação do elipsoide de revolução em relação a Terra; e
 - ✓ Alteração da origem do sistema.



Transformação de Sistemas

- ▶ A transformação entre sistema pode ser efetuada de formas:
 - **Uso das equações diferenciais simplificadas de Molodensky.** Este método utiliza 5 parâmetros (3 parâmetros de translação e as diferenças entre os semieixos maior e achatamento dos dois sistemas), aplicando a transformação diretamente nas coordenadas curvilíneas do sistema de origem.
 - **Uso da fórmula dos três parâmetros.** A fórmula dos três parâmetros consiste na aplicação da translação ($\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$) nas coordenadas cartesianas (X, Y, Z) de um ponto no sistema 1 para transformá-lo em coordenadas cartesianas (X, Y, Z) no sistema 2. A condição de paralelismo entre os eixos (X, Y, Z) nos dois sistemas deve ser aceita.

Transformação de Sistemas

- A transformação entre sistema pode ser efetuada de formas:
 - **Uso das equações diferenciais simplificadas de Molodensky.**

Onde:

- a_1 : semieixo maior do elipsoide no sistema S_1 ;
- f_1 : achatamento do elipsoide no sistema S_1 ;
- Φ_1 : latitude geodésica no sistema S_1 ;
- λ_1 : longitude geodésica no sistema S_1 ;
- h_1 : altitude geodésica no sistema S_1 ;
- a_2 : semieixo maior do elipsoide no sistema S_2 ;
- f_2 : achatamento do elipsoide no sistema S_2 ;
- Φ_2 : latitude geodésica no sistema S_2 ;
- λ_2 : longitude geodésica no sistema S_2 ;
- h_2 : altitude geodésica no sistema S_2 ;
- $\Delta a = a_2 - a_1$
- $\Delta f = f_2 - f_1$
- $e_1^2 = f_1(2 - f_1)$
- $e_1'^2 = \frac{e_1^2}{1 - e_1^2}$

$$\Delta\Phi^0 = \frac{1}{M_1} \{ (a_1\Delta f + f_1\Delta a) \sin 2\Phi_1 - \Delta x \sin \Phi_1 \cos \lambda_1 - \Delta y \sin \Phi_1 \sin \lambda_1 + \Delta z \cos \Phi_1 \} \frac{180}{\pi}$$

$$\Delta h^0 = (a_1\Delta f + f_1\Delta a) \sin^2 \Phi_1 - \Delta a + \Delta x \cos \Phi_1 \cos \lambda_1 + \Delta y \cos \Phi_1 \sin \lambda_1 + \Delta z \sin \Phi_1$$

$$\Delta\lambda^0 = \frac{1}{N_1 \cos \Phi_1} \{ -\Delta x \sin \lambda_1 + \Delta y \cos \lambda_1 \} \frac{180}{\pi}$$

- $\Delta x, \Delta y, \Delta z$: parâmetros de translação do S_1 em referência ao S_2 . São os componentes do vetor diferença entre os centros dos dois elipsoides de referência.

$$\text{Raio de curvatura } 1^\circ \text{ vertical no } S_1: N_1 = \frac{a_1}{\sqrt{1 - e_1'^2 \sin^2 \Phi_1}};$$

$$\text{Raio de curvatura meridiana no } S_1: M_1 = \frac{N_1}{1 - e_1'^2 \cos^2 \Phi_1};$$

$$\Phi_2^0 = \Phi_1^0 + \Delta\Phi^0$$

$$\lambda_2^0 = \lambda_1^0 + \Delta\lambda^0$$

$$h_2^0 = h_1^0 + \Delta h^0$$

Transformação de Sistemas

► Uso da fórmula dos três parâmetros.

O modelo matemático consiste da aplicação dos 3 parâmetros de translação nos eixos cartesianos geocêntricos do sistema de referência de origem.

As coordenadas são inicialmente convertidas para cartesianas, onde são aplicados os parâmetros e após são convertidas novamente em coordenadas geodésicas.

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_D = \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_0$$

SISTEMA A

GEODÉSICAS

CARTESIANAS

TRANSLAÇÃO

SISTEMA B

CARTESIANAS

GEODÉSICAS



Transformação de Sistemas

► Uso da fórmula dos três parâmetros.

SAD69	WGS84	CÓRREGO	SIRGAS
Translação X	-66,87 m	+138,70 m	-67,348 m
Translação Y	+4,37 m	-164,40 m	+3,879 m
Translação Z	-38,52 m	-34,40 m	-38,223 m
SIRGAS	WGS84	CÓRREGO	SAD69
Translação X	+0,478 m	+206,048 m	+67,348 m
Translação Y	+0,491 m	-168,279 m	-3,879 m
Translação Z	-0,297 m	+3,823 m	+38,223 m
CÓRREGO	WGS84	SIRGAS	SAD69
Translação X	-205,57 m	-206,048 m	-138,70 m
Translação Y	+168,77 m	+168,279 m	+164,40 m
Translação Z	-4,12 m	-3,823 m	+34,40 m
WGS84	SIRGAS	CÓRREGO	SAD69
Translação X	-0,478 m	+205,57 m	+66,87 m
Translação Y	-0,491 m	-168,77 m	-4,37 m
Translação Z	+0,297 m	-72,623 m	+38,52 m