POSICIONAMENTO DO "DATUM" GEODÉSICO HORIZONTAL

Dr. P. VANICEK — Departamento de Engenharia de Levantamentos — Universidade de New Brunswick-Fredericton New Brunswick

Dr. DAVID ERNEST WELLS — Laboratório Oceanográfico do Atlântico-Instituto Bedford de Oceanografia-Dartmouth-Nova Escócia

TRADUÇÃO:

CAMILO JOSÉ MARTINS GOMES — Capitão Engenheiro Geógrafo — 2.ª Divisão de Levantamento — Ponta Grossa — Paraná.

INTRODUÇÃO DO TRADUTOR:

Por acisião de uma palestra do Professor Dr. P. Vanicek no Instituto Militar de Engenharia despertou-me a atenção para este importante problema.

Pelos profundos conceitos geodésicos que o presente artigo encerra, por ser um assunto bastante atual foi que resolvi traduzi-lo.

Procurei dentro do possível manter a tradução na íntegra para não fugir às idéias que estes cientistas pretendem expressar, pois como eles próprios afirmam "este ponto de vista não é universalmente aceito pela comuni-resolvi traduzi-lo.

Esse modo de ver o Posicionamento do Datum Geodésico Horizontal foi apresentado no Simpósio Internacional sobre Problemas Relacionados com a Redefinição das Malha Geodésicas Norte-Americanas em Fredericton — New Brunswick Canadá em 25 de maio de 1974.

Este artigo trata do problema clássico do posicionamento do Datum Geodésico Horizontal.

Por "problema clássico" entendemos aquele problema que enfrentamos quando o procedimento com o controle usual horizontal da rede, é o oposto a algumas das mais modernas idéias, tal como o uso de coordenadas geocêntricas, ou as idéias de Hotine (1959-1969). Nossa pretenção básica é que um sistema de coordenadas é uma estrutura fixa (isto é, invariável com respeito ao ajustamento da rede, reajustamento ou expansão) para descrever redes geodésicas.

Nosso ponto de vista é que um sistema de coordenadas e a rede que ele determina são duas coisas diferentes (este conceito não é universalmente aceito pela comunidade geodésica).

DEFINIÇÕES BÁSICAS:

Um sistema de coordenadas em três dimensões é uma fixação de regras que descreve cada ponto geométrico no espaço tridimensional por uma correspondência ordenada tripla de números, chamados coordenadas.

O objeto geométrico, gerado pela fixação de valores de dois ou três números é uma linha coordenada. Este objeto geométrico gerado pela fixação do valor de um desses três números é uma superfície coordenada.

Um "datum" é uma específica superfície coordenada. Uma fixação de regras associando cada coordenada triplamente em um sistema coordenado com um novo grupo de três é uma "coordenada de transformação". Se essas regras são expressas em uma equação, esta é a "equação de transformação". Se uma equação de transformação envolve números outros que não sejam nem as novas e nem as velhas coordenadas, estes números são "os parâmetros de transformação".

Iremos rapidamente introduzir nove diferentes sistemas de coordenadas. Para seis desses, as seguintes regras serão aplicadas: as linhas coordenadas geradas pela fixação de duas ou três em Zero, serão os eixos coordenados; os eixos coordenados são cartesianos (linhas retas). As escalas ao longo dos três eixos coordenados são iguais e uniformes; os eixos coordenados são mutuamente perpendiculares; as coordenadas são determinadas pelas regras da mão direita (se as coordenadas triplas, são denominadas x, y e z, então a rotação do eixo dos x em torno do eixo dos y seria como impulsionar uma mão direita aparafusando ao longo do eixo dos z. Nos referimos a estes seis sistemas de coordenadas como sistemas ortogonais da mão direita.

Dos três sistemas restantes de coordenadas que iremos usar, dois são sistemas de coordenadas esféricas e um é um sistema de coordenadas elipsoidal. Esses sistemas de coordenadas são convencionalmente definidos pelas equações de transformação relacionando-os para um sistema de coordenadas ortogonal da mão direita. As coordenadas esféricas S, A e B, são definidas pela transformação 1 que não envolve parâmetros de transformação.

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = S \begin{bmatrix} \text{Cos A Sen B} \\ \text{Sen A Sen B} \\ \text{Cos B} \end{bmatrix} \qquad (1)$$

S é a distância da origem do sistema x, y e z, para um outro ponto P;
A é o azimute do raio vetor para P considerado no plano xy, positivo no sentido do eixo dos x, e **B** é a distância zenital do raio vetor para P considerado no plano contendo P e o eixo dos Z, positivo no sentido do eixo dos Z.

As coordenadas elipsoidais φ, λ, h (latitude, longitude e altura elipsoidal) são definidas pela transformação:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (\rho + h) \cos \varphi \cos \lambda \\ (\rho + h) \cos \varphi \text{ sen } \lambda \\ (\rho \dfrac{b^2}{a^2} + h) \text{ sen } \varphi \end{bmatrix} \qquad (2)$$

$$\text{onde } \rho = \frac{a}{\left[\cos^2 \varphi + \left(\dfrac{b^2}{a^2}\right) \text{sen}^2 \varphi\right]^{\frac{1}{2}}} \qquad (3)$$

e os parâmetros de transformação **a** e **b** são o semi-eixo maior e semi-eixo menor do elipsóide de revolução ao qual **h** é referenciado.

Porque a forma da Terra é usualmente aproximada a um elipsóide de revolução, este elipsóide (a altura elipsoidal é igual a Zero) é o "datum" pelo qual nos interessamos.

Valores específicos dos parâmetros **a** e **b** são completamente determinados e relacionados entre o "datum" (elipsóide de revolução), o sistema de coordenadas elipsoidal, e o sistema x, y e z, que é relacionado pela equação 2 . O Centro do elipsóide e a origem do sistema x, y e z, são coincidentes.

O eixo menor **b** do elipsóide e o eixo dos Z são coincidentes. A altura **h** de um ponto P acima do elipsóide é considerada através da normal ao elipsóide passando por P. A latitude φ da normal passando por P é considerada no plano que contêm a normal e o eixo dos Z (o plano do meridiano de P), positivo a partir do plano xy. A longitude λ do plano meridiano de P é considerado no plano xy, positivo a partir do eixo dos X.

Para usar um sistema de coordenadas na descrição de uma rede geodésica, devemos ser capazes de expressar, neste sistema de coordenadas, as quantidades que são observadas no estabelecimento da rede.

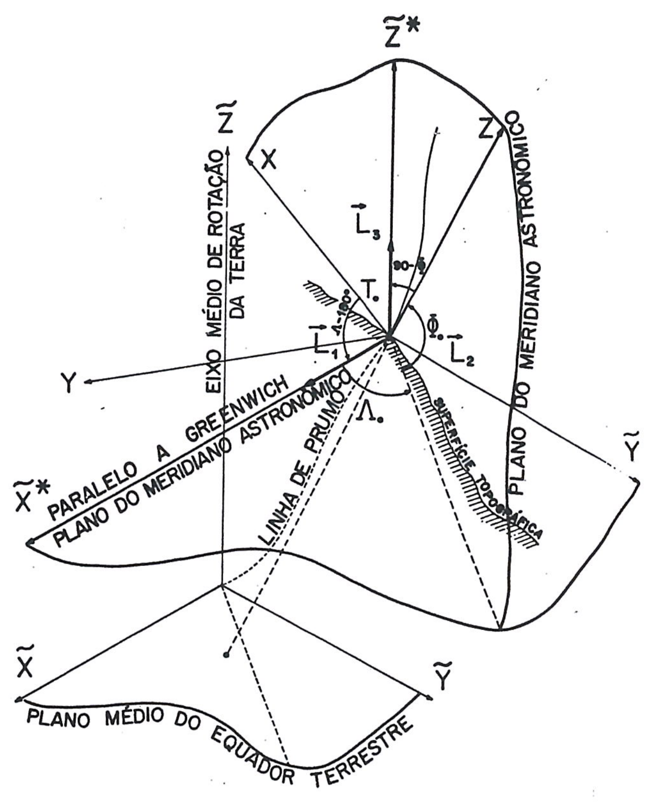
O problema proposto neste artigo é como encadear-se o sistema de coordenadas, no qual o "datum" é definido para as quantidades observadas. Para fazer isso introduzimos quatro sistemas de coordenadas naturais e cinco sistemas de coordenadas convencionais.

Por sistemas naturais entendemos sistemas de coordenadas baseados em algumas propriedades naturais. Aqui selecionamos quatro propriedades: a direção do eixo médio de rotação da terra; a direção da gravidade até um ponto físico To na superfície da terra; o plano meridiano através de outro ponto físico (no Meridiano de Greenwich) na superfície da terra; e o geóide aproximadamente como o nível médio dos mares.

Sistemas convencionais (da mão esquerda), serão escolhidos arbitrariamente usualmente para simplificar os cálculos. O sistema de coordenadas no qual o "datum" (elipsóide de revolução) é definido, é um desses sistemas convencionais. Nosso problema então é descrever como posicionar esse sistema de coordenadas convencionais em relação ao sistema natural, isto é, definir as equações e os parâmetros de transformação.

SISTEMAS DE COORDENADAS NATURAIS

Três dos quatro sistemas naturais que usamos são mostrados na Fig. 1. Todos os três sistemas são ortogonais e da mão direita.



SISTEMAS DE COORDENADAS NATURAIS

FIGURA (1)

O SISTEMA TERRESTRE MÉDIO (A. T.) ($\tilde{X}$, $\tilde{Y}$, $\tilde{Z}$) tem origem no centro de gravidade da Terra, o eixo dos Z concide com o eixo de rotação da Terra, o eixo dos X é paralelo ao Meridiano Astronômico de Greenwich.

POSICIONAMENTO DO "DATUM" GEODÉSICO HORIZONTAL

O SISTEMA TOPOCÊNTRICO CARTESIANO (T.C.) (X, Y, Z) tem origem no ponto To, na superfície da Terra, o eixo dos Z coincide com a vertical do lugar, e o eixo dos X é orientado para o norte de modo que o plano XZ contém uma paralela para Z, denominado por $\tilde{Z}^*$.

O SISTEMA DE TRANSLAÇÃO MÉDIO TERRESTRE (T. A. T.) ($\tilde{X}^*$, $\tilde{Y}^*$, $\tilde{Z}^*$) tem uma origem comum To com o Sistema Topocêntrico Cartesiano, mas é paralelo ao Sistema Terrestre Médio. Os dois ângulos e são a latitude e a longitude astronômicas (de To), os quais são parâmetros das equações de transformação relacionando os sistemas Topocêntrico Cartesiano e de Translação Médio Terrestre que são:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = R_2 \left({}_0 - \frac{\pi}{2} \right) R_3 \left({}_0 - \pi \right) \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} \qquad (4)$$

onde R_2 e R_3 são matrizes de rotação e são definidos abaixo como:

$$R_2 = \begin{bmatrix} \text{Cos} & 0 & -\text{sen} \\ 0 & 1 & 0 \\ \text{sen} & 0 & \text{cos} \end{bmatrix} \qquad (4\text{-A})$$

$$R_3 = \begin{bmatrix} \text{Cos} & \text{Sen} & 0 \\ -\text{Sen} & \text{Cos} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad (4\text{-B})$$

Então, temos;

$$R_2 \left({}_0 - \frac{\pi}{2} \right) R_3 \left({}_0 - \pi \right) =$$

$$\begin{bmatrix} -\text{sen}_0 \cos_0 & -\text{sen}_0 \,\text{sen}_0 & \cos_0 \\ \text{sen}_0 & -\cos_0 & 0 \\ \cos_0 \cos_0 & \cos_0 \,\text{sen}_0 & \text{sen}_0 \end{bmatrix} \qquad (5)$$

Os vetores unitários L_1 e L_2 do sistema de Translação Médio Terrestre (T.A.T.), expresso em coordenadas do sistema Topocêntrico Cartesiano (T.C.), será a coluna de vetores de 5-A, que são:

$$\vec{L}_1 = \begin{bmatrix} -\text{sen}_0 \cos_0 \\ \text{sen}_0 \\ \cos_0 \cos_0 \end{bmatrix}$$

$$\vec{L}_2 = \begin{bmatrix} -\text{sen}_0 \,\text{sen}_0 \\ \cos_0 \\ \cos_0 \,\text{sen}_0 \end{bmatrix}$$

$$\vec{L}_3 = \begin{bmatrix} \cos_0 \\ 0 \\ \text{sen}_0 \end{bmatrix} \qquad (5A)$$

O quarto sistema de coordenadas naturais é o Sistema Esférico Topocêntrico (T.S.) (S, A e B). Um sistema esférico que é transformado para o sistema Topocêntrico Cartesiano pela expressão 1

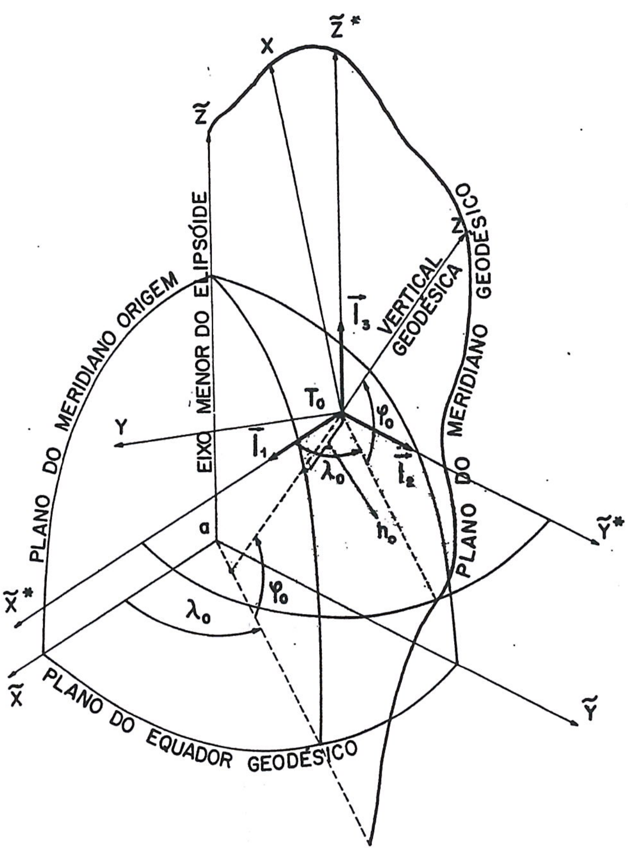
Sistemas de Coordenadas Convencionais

Quatro dos cinco sistemas convencionais que usamos são mostrados na Fig. 2 . O Sistema Geodésico Cartesiano (G. C.) (x, y, z) e o Geodésico (G.) (φ, λ, h) são respectivamente sistemas ortogonal da mão direita e elipsoidal, relacionados pela equação 2 . O sistema Local Geodésico Cartesiano (L. G. C.) (X, Y, Z) é ortogonal da mão direita com origem arbitrária (φ_0, λ_0, h_0), o eixo dos Z coincide com a normal ao elipsóide em (φ_0, λ_0) (positivo para cima) e o eixo dos X orientado para a direção norte, de maneira que o plano XZ contém Z. O sistema de Translação Geodésico Cartesiano (T. G. C.) ($\tilde{X}^*$, $\tilde{Y}^*$, $\tilde{Z}^*$) é transformado para o sistema Geodésico Cartesiano Local (L. G. C.) por uma equação similar a 4 ; porém, os vetores unitários 1_1 do sistema de Translação Geodésico Cartesiano (T. G. C.) são no sistema Geodésico Cartesiano Local (L. G. C.), a coluna de vetores de uma matriz similar a equação 5 , obtida pela substituição dos ângulos naturais $_0$, $_0$ pelos ângulos convencionais φ_0 eλ_0. O quinto sistema convencional de coordenadas que usamos é o Geodésico Esférico Local (L. G. S.) (S, α, ρ) um sistema esférico transformado para o sistema Geodésico Cartesiano Local (L. G. C.), pela expressão 1

Posicionamento de um Datum

Posicionamento de um datum é equivalente ao posicionamento de um sistema de coordenadas no qual o datum é uma superfície coordenada. Um "datum" geodésico horizontal é uma superfície coordenada em um sistema de coordenadas elipsoidal. Pelo "posicionamento" entendemos que seja a determinação da relação entre um sistema de coordenadas convencional no qual o "datum" é definido [o sistema Geodésico Cartesiano (G.C.)] ou sistema Geodésico (G.) e um sistema de coordenadas naturais no qual podemos fazer as observações [o sistema Topocêntrico Cartesiano (T. C.)] ou de Translação Médio Terrestre (T.A.T.). Um ponto inicial To é escolhido na superfície da Terra.

Esta escolha de To, junto com a direção do eixo médio de rotação da Terra, e a direção da gravidade fixa o Sistema Topocêntrico Cartesiano (T. C.) e o Sistema de Translação Médio (T. A. T.). A posição relativa dos Sistemas Geodésicos (G.) ou Geodésico Cartesiano (G.



SISTEMAS DE COORDENADAS CONVENCIONAIS

FIGURA (2)

C.) para os sistemas Topográfico Cartesiano (T. C.) ou de Translação Médio Terrestre (T.A.T.), é então unicamente determinada pela escolha de valores para seis parâmetros independentes (Yeremeyv e Yurkina 1969; Mather 1970; Pick e al 1973).

Sem levar em conta como obtemos esses seis valores, podemos sempre considerá-los como sendo parâmetros de transformação entre os Sistemas Geodésicos (G), Topocêntrico Cartesiano (T.C.) ou de Translação Médio Terrestres (T.A.T.).

Podemos medir quantidades em sistemas de coordenadas naturais, desde que os sistemas sejam baseados em quantidades medidas fisicamente. Portanto podemos medir ϕ_0, Δ_0, A, B, e H_0, onde H_0 é a altura ortométrica de To. Por outro lado não podemos medir quantidades equivalentes em sistemas de coordenadas convencionais, então somos livres para designar valores arbitrários para diferenças ϕ_0, λ_0, α, β e H_0.

Todavia, é conveniente (e normal) colocar algumas **res**trições nos valores designados. Assim, φ_0 e λ_0 são selecionados ou obtidos (derivados) de tal modo que as diferenças

$$\phi_0 - \varphi_0 \text{ e } \Lambda_0 - \lambda_0$$

sejam suficientemente pequenas de modo que seu segundo valor possa ser seguramente negligenciado. Quando H_0 é conhecido, a escolha de h_0 reduz a escolha da altura geoidal N_0, então:

$$\boxed{h_0 = H_0 + N_0}$$

Mostraremos agora que os seis parâmetros independentes atualmente usados para posicionar os "Data" geodésicos podem ser vistos como três translações e três rotações. Três parâmetros que são usualmente designados por valores, são as coordenadas elipsoidais ϕ_0, λ_0, h_0 para um ponto To, no sistema natural. Isto é equivalente a três translações entre os sistemas Geodésico (G.) e Terrestre Médio (A.T.), desde que as coordenadas do Sistema Terrestre Médio (A.T.) de To sejam geralmente diferentes das coordenadas do Sistema Geodésico Cartesiano (G.C.) de To obtidas de ϕ_0, λ_0 e h_0 usando a equação 2 .

Especificando que os sistemas Geodésico Cartesiano Local (L.G.C.) e Translação Geodésico Cartesiano (T.G.C.) tem uma origem comum To com os sistemas Topocêntrico Cartesiano (T.C.) e Translação Médio Terrestre (T.A.T.) e podem então diferir somente na orientação (Figura 3), então as translações descrevem To, no sistema Geodésico Cartesiano (G.C.). Devemos agora designar valores para a rotação dos ângulos η_0 δ_0, e τ_0.

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = (R\ (\eta_0, \epsilon_0, \tau_0) \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} =$$

$$= R_3\ (\tau_0)\ R_2\ (\epsilon_0)\ R_1\ (\eta_0) \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} \quad (6)$$

onde

$$\eta_0, \quad \epsilon_0 \quad \text{e} \quad \tau_0$$

adotados, são suficientemente pequenos.

$$R\ (\eta_0, \epsilon_0, \tau_0) = \begin{bmatrix} 1 & \tau_0 & -\varepsilon_0 \\ -\tau_0 & 1 & \eta_0 \\ \varepsilon_0 & -\eta_0 & 1 \end{bmatrix} = (7)$$

$$\begin{array}{ccc} -\operatorname{sen}\phi_0 \cos\Lambda_0 & -\operatorname{sen}\phi_0 \operatorname{sen}\Lambda_0 & \cos\phi_0 \\ \operatorname{sen}\Lambda_0 & -\cos\Lambda_0 & 0 \\ \cos\phi_0 \cos\Lambda_0 & \cos\phi_0 \operatorname{sen}\Lambda_0 & \operatorname{sen}\phi_0 \end{array}$$

$$\begin{array}{ccc} -\operatorname{sen}\varphi_0 \cos\lambda_0 & \operatorname{sen}\lambda_0 & \cos\varphi_0 \cos\lambda_0 \\ -\operatorname{sen}\varphi_0 \operatorname{sen}\lambda_0 & -\cos\lambda_0 & \cos\varphi_0 \operatorname{sen}\lambda_0 \\ \cos\varphi_0 & 0 & \operatorname{sen}\varphi_0 \end{array}$$

Condições de paralelismo:

Na aproximação clássica tentamos fazer paralelos ou equivalentes os sistemas Terrestre Médio (A.T.) e Geodésico Cartesiano (G.C.), para tornar os sistemas de Translação Médio Terrestre (T.A.T.) e Translação Geodésico Cartesiano (T.G.C.) paralelos. Esta tentativa coloca uma restrição nos valores. Podemos designar ângulos de rotação η_0, ϵ_0 e τ_0.

Para conseguir o paralelismo, os vetores unitários Li e li devem ser iguais quando expressos no mesmo sistema de coordenadas.

No sistema Topocêntrico Cartesiano (T.C.) temos de

$$(6) \quad \vec{Li} = R\ (\eta_0, \epsilon_0, \tau_0)\ \vec{li} \quad (8)$$

No sistema de Translação Geodésico Cartesiano (L.G.C.) temos similarmente:

$$\vec{li} = R\ (-\eta_0 - \epsilon_0 - \tau_0)\ \vec{Li} \quad (9)$$

POSICIONAMENTO DO "DATUM" GEODÉSICO HORIZONTAL

Para achar expressões de $(\eta_0, \epsilon_0\ \tau_0)$ como funções de $(\phi_0, \Delta_0, \varphi_0\ \lambda_0)$, combinamos por exemplo e colocamos a expressão 8 dentro de uma equação matricial e resolvemos partindo da equação 7 para obter:

$$R\ (\eta_0,\ \epsilon_0,\ \tau_0) = \begin{bmatrix} \vec{L}_1 & : & \vec{L}_2 & : & \vec{L}_3 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \vec{1}_1 & : & \vec{1}_2 & : & \vec{1}_3 \end{bmatrix} \quad (10)$$

Das expressões 5 e 7 relembrando que

$$(\vec{1}_1\ :\ \vec{1}_2\ :\ \vec{1}_3)$$

é um matriz ortogonal e desprezando a precisão em

$$(\varphi_0 - \varphi_0) \quad \text{e} \quad (\Lambda_0 - {}_0\lambda)$$

obtemos:

$$\begin{aligned} \eta_0 &= (\Lambda_0 - \lambda_0)\ \cos\phi_0 \\ \epsilon_0 &= \phi_0 - \varphi_0 \\ \tau_0 &= (\Lambda_0 - \lambda_0)\ \text{sen}\varphi_0 \end{aligned} \quad (11)$$

Esses são os valores de

$$(\eta_0,\ \epsilon_0,\ \tau_0)$$

que asseguram ser os sistemas Geodésicos Cartesiano (G.C.) e Médio Terrestre (A.T.) paralelos.

Uma alternativa é escrever a expressão 6 usando coordenadas esféricas como foi definida na expressão 1 e então para achar expressões de (α, β) como funções de

$$(A,\ B,\ \eta_0,\ \varepsilon_0,\ \tau_0).$$

Usando a expressão 7 e expandindo a equação em uma Série Linear de Taylor acerca do ponto (A, B) obtemos:

$$(A - \alpha) \begin{bmatrix} \text{sen A sen B} \\ -\cos \text{A sen B} \\ 0 \end{bmatrix} + (B - \beta) \begin{bmatrix} -\cos \text{A} \cos \text{B} \\ -\text{sen A} \cos \text{B} \\ \text{sen B} \end{bmatrix} =$$

$$= \begin{bmatrix} 0 & -\tau & \varepsilon_0 \\ \tau_0 & 0 & -\eta_0 \\ \varepsilon_0 & \eta_0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \text{A sen B} \\ \text{sen A sen B} \\ \cos \text{B} \end{bmatrix} \quad (12)$$

Usando a expressão 11 e designando $B \neq 0$ podemos dividir pelo seno θ para obter duas condições de paralelismo Hotine (1959 — 1969).

$$\beta = B - (A_0 - \lambda_0) \cos \phi_0 \text{ sen } \Lambda_0 +$$

$$+ (\phi_0 - \varphi_0) \cos A \quad (13)$$

$$\alpha = A + (\Lambda_0 - \lambda_0) \text{ sen } \varphi_0 . -$$

$$[(\Lambda_0 - \lambda_0) \cos \phi_0 \cos A + (\phi_0 - \varphi_0) \times \text{sen } A] \cot B \quad (14)$$

Isto dá as condições de (α, β) em To, nos termos das quantidades medidas $(\phi_0, \Lambda_0, A, B)$ e designamos os valores (φ_0, λ_0) que devem ser satisfeitos para assegurar que o Sistema Geodésio Cartesiano (G.C.) e o Sistema Médio Terrestre (A.T.) sejam paralelos.

É reconhecido por muitos geodesistas que ambas estas equações representam um papel fundamental na geodésia tridimensional, quando todas as quantidades nas equações 13 e 14 são usadas. Por outro lado na geodésia clássica, a distância zenital β, não é usada toda. A equação 13 deve ser olhada como uma definição de β e é por este motivo satisfeita pela definição.

Um outro caminho para olhar este problema é compreender que a equação 13 é equivalente inicialmente a duas relações da expressão 11

Se aceitarmos estas duas equações como definições de ε_0 e η_0 a equação 13 será sempre satisfeita, indiferente dos erros em $\phi_0\ \Lambda_0$ B e A. Visto que o sistema Geodésico Cartesiano (G.C.) é fixo com a Terra, através de suas propriedades físicas então, ε_0 e η_0, são definitivamente especificados, a posição de normal (φ_0, λ_0). Este grau remanescente de liberdade é eliminado prescrevendo α_0, o azimute geodésico de uma linha originária To usando a expressão 14 .

Todas as quantidades na equação de Laplace 14 podem ser usadas no ajustamento clássico. Todavia as condições de paralelismo devem ser satisfeitas, expressão 14 . No caso do Datum Norte-Americano n.º 27, há quatro razões que indicam que a equação de Laplace em To (MEADE'S RANCH) não é satisfeita.

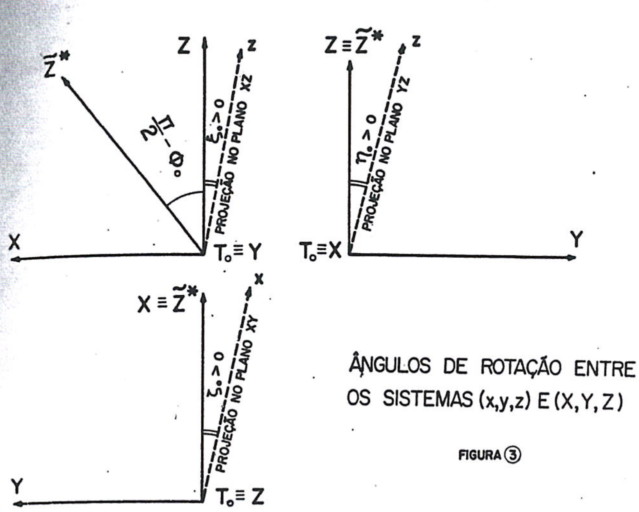
a) Deve-se entender que há erros nos valores observados A, ϕ_0, Λ_0 e B.

Isto poderia causar um erro $\delta\ \alpha$ no azimute inicial, α, dado em primeira aproximação por:

$$\delta \alpha = \delta A + \delta \Lambda \text{ sen } \phi_0 -$$

$$- (\delta \phi \text{ sen } A + \delta \Lambda \cos \phi_0 \cos A) \cot B \quad (15)$$

b) Na geodésia clássica o termo cot B na expressão 14 é freqüentemente simplificado para ser Zero, resultando uma expressão de Laplace mais familiar e abreviada.



ÂNGULOS DE ROTAÇÃO ENTRE OS SISTEMAS (x,y,z) E (X,Y,Z)

FIGURA ③

A distância zenital astronômica inicial B do vértice Meade's Ranch para o vértice Waldo provavelmente nunca foi medida.

c) O azimute geodésico, α, na expressão 14 é a "superfície" azimutal, mas na geodésia clássica o azimute é tomado com referência ao elipsóide.

Esta diferença não tem sido levada em conta no Datum Norte-Americano n.º 27.

d) O azimute geodésico inicial, α, do vértice Meade's Ranch para o vértice Waldo foi determinado dos azimutes de Laplace para quatro estações nas proximidades do vértice Meade's Ranch (C. A. Whilten, outrora chefe geodésico do U. S. Coast Geodetic Survey, em comunicação pessoal).

Este procedimento confunde a distinção entre "datum" e malhas e introduz erros no posicionamento do datum. Visto que as distorções na conecção da malha, conectando essas quatro estações não são independentes no ajustamento, reajustamento e expansão (Krakiwsky e Thompson, 1974), como desejamos que o posicionamento do datum seja. Essas quatro razões leva-nos a acreditar que existe uma pequena rotação Λ_π com referência ao Sistema Terrestre Médio (A.O.) existente no Datum Norte-Americano n.º 27 que deve ser considerada como ocorrendo em torno da normal (φ_0, λ_0) indo através do vértice Meade's Ranch. Porque procedimentos semelhantes têm sido usados para posicionar outros "data" geodésicos, é sensato esperar que estas seriam rotações semelhantes.

É interessante que a primeira aproximação das computações geodésicas clássicas não são necessárias para especificar os três parâmetros H_0, ϵ_0 e η_0. Entendemos que elas são pequenas de maneira que seu efeito ou equivalentemente, o efeito das irregularidades no campo de gravidade da terra é pequeno.

Isto é o que tem sido feito com as malhas norte-americanas.

Agradecimentos

Agradecemos a H. E. Jones por seus felicíssimos comentários.

As discussões com E. J. Krakiwsky, C. L. Merry e D. B. Thompson esclareceram um certo número de pontos. A Leick retirou alguns erros de um esboço inicial.

Discussão:

Mueller — Eu concordo com seu ponto de vista de que há um problema rotacional no sistema de coordenadas, que provém ambos de um erro no azimute ou da equação clássica de Laplace aplicada à ordem.

Mas o que você pretende fazer com os erros nas outras estações de Laplace no sistema — erros que são mais análogos na Natureza e introduzem rotações adicionais como você diz adiante?

Vanicek: — Uma da conseqüências de aceitar a definição básica como fizemos é que tudo o que acontece dentro da malha não muda o sistema de coordenadas. Os erros sistemáticos e ocasionais em valores de coordenadas dos pontos dá um quadro errado da malha geodésica.

As distorções da malha e como corrigi-las são os propósitos deste simpósio, isto é, achar um caminho para "redefinir as malhas geodésicas".

Referências:

HOTINE, M. — Um estudo inicial da Geodésia não clássica, Primeiro Simpósio da Geodésia Tridimensional, Veneza, 1959.

— Geodésia Matemática ESSA Monografia, 2, 1969.

KRAKIWSKY E. J. e D. B. THOMPSON — Modelos Matemáticos para trabalhos terrestres e de satélites, documento fornecido no Simpósio Internacional de Problemas Relacionados com a Redefinição das Malhas Geodésicas Norte-Americanas.

— Universidade de New Brunswick — Fredericton, N, 3, 1674.

MATHER, R. S. — O vetor de Orientação Geocêntrica para o Datum Geodésico australiano, Jornal Geofísico da Real Sociedade Astronômica, 22. 1970.

PICK, M.; J. PICHA; V. VYSKOVIL — Teoria do Campo de Gravidade da Terra; Elsevier, 1973.

YEREMEYEV, V. G. e M. I. YURKINA — Uma Orientação de Referência no Elipsóide Geodésico, Boletim Geodésico, 91, 1969.