

SISTEMAS DE REFERÊNCIA NACIONAIS

Um sistema de referência pretende, como o próprio nome indica, referenciar posições à superfície da Terra. A **Rede Geodésica Nacional** ⁽¹⁾ mais não é do que a materialização de vários sistemas, isto é, para um mesmo ponto são conhecidas as suas coordenadas nos vários sistemas.

Apesar de o uso de um sistema geodésico global (**WGS 84**) se ter tornado corrente, uma vez que estamos na era dos Sistemas Globais de Posicionamento com as consequentes simplificações de trabalhos de campo e facilidades de cálculo, a verdade é que os sistemas geodésicos locais (por exemplo, no caso de Portugal, **Datum Lisboa** ou **Datum 73**), com as suas componentes planimétrica e altimétrica, ainda continuam e continuarão a ser utilizados em virtude do muito trabalho realizado (cartografia existente) que os têm como referência.

Como estão então definidos os Sistemas Geodésicos de Referência Nacionais?

- **Datum Astronómico:**

- DLx: Castelo de S. Jorge; Azimute Lx -> Serves;

- D73: TF 4 Melriça; Azimute TF 4 -> Montargil

- **Sistema Geodésico:**

- Elipsóide associado:

DLx: Bessel e Hayford (internacional, 1924)

D73: Hayford

- Desvio da Vertical na Origem: nulo

- Ondulação do Geóide na origem: $N = 0$ ($h=H$, a altitude elipsoidal é, na origem, igual à altitude ortométrica)

- Coordenadas Rectangulares

Origem: **P**onto **C**entral $\left\{ \begin{array}{l} \varphi = 39^\circ 40'N \\ \lambda = 1^\circ \text{ leste de Lx } (8^\circ 07' 54,862'' W); \end{array} \right.$

Gauss-Krügger (conforme)

$$\left\{ \begin{array}{l} 1:25\ 000 \\ 1:200\ 000 \\ \text{ortofotos (1:10\ 000)} \\ \text{novas séries} \end{array} \right.$$

Bonne (equivalente)

$$\left\{ \begin{array}{l} 1:50\ 000 \\ 1:100\ 000 \end{array} \right.$$

...e ainda UTM (na 1:25 000) e Mercator (cartas náuticas).

Nota: nas regiões autónomas, UTM nos sistemas locais.

⁽¹⁾ Alguns dados: 1ª Ordem: 121 vértices; 2ª Ordem: 914 vértices; 3ª Ordem: 7 500 vértices; densidade: ~ 1/10 km².

Apresentam-se, de seguida, os sistemas de coordenadas planas rectangulares estabelecidos sobre determinadas projecções cartográficas válidos para Portugal Continental.

Chama-se a atenção de que uma projecção cartográfica se converte em **S**istema de **P**rojecção **C**artográfica através de:

- um datum geodésico, incluindo a definição da superfície de referência e as coordenadas do seu ponto origem;
- um PC da quadrícula cartográfica, definido pelo cruzamento da meridiana origem e da perpendicular origem;
- um factor de escala (próximo da unidade);
- uma origem das coordenadas cartográficas (nem sempre coincidente com o PC).
-

Em Portugal Continental, consideram-se os quatro Sistemas de Projecção Cartográfica:

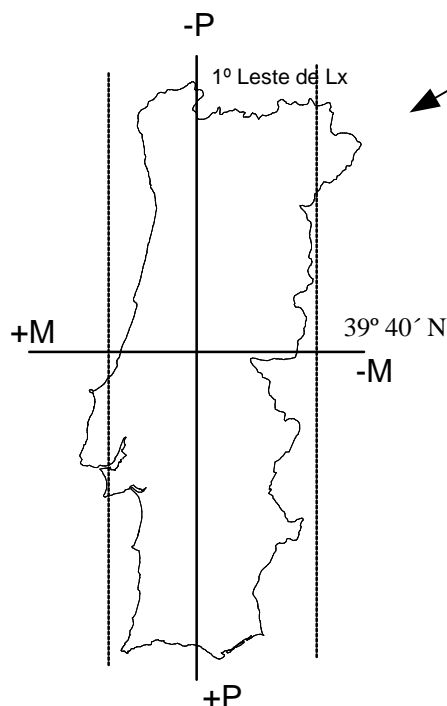
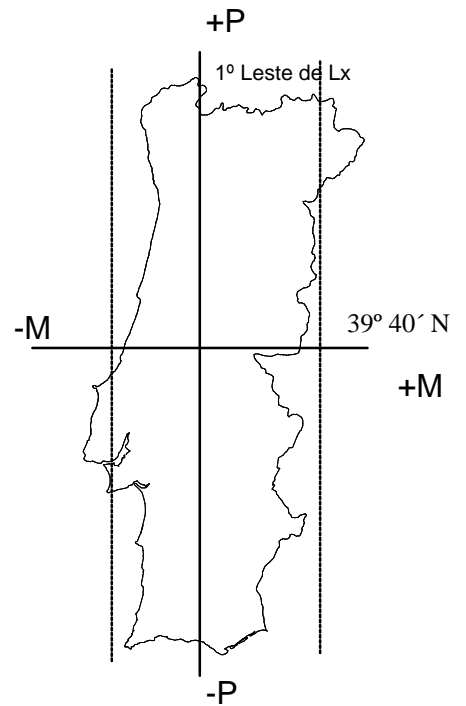


Fig. 1 - Sistema Bessel-Bonne, datum geodésico: elipsóide de Bessel posicionado em Lisboa e ponto central do sistema - Melriça.

Ex.: Carta de Portugal na escala 1:50000 produzida pelo IPCC.

Os Sistemas Hayford-Gauss (projecção Gauss-Krüger para projectar o elipsóide de Hayford) são três, a saber

Fig. 2 - Sistema Hayford-Gauss Antigo posicionado no Observatório de Lisboa pelo datum geodésico Hayford-Lisboa. O PC e a origem das coordenadas cartográficas são os mesmos do sistema Bessel-Bonne.



Ex.: Cartas nas escalas 1:100000 e 1:200000 produzidas pelo IPCC.

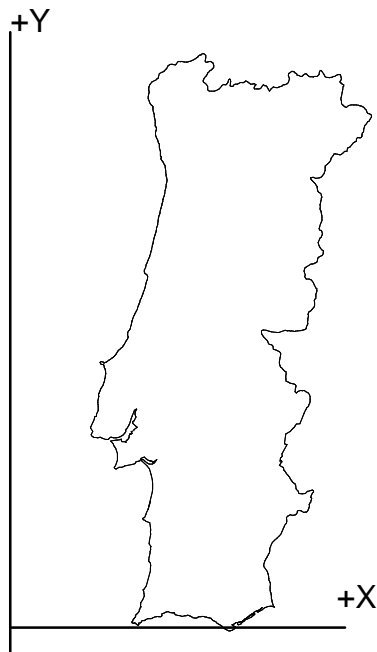


Fig. 3 - O Sistema Sistema Hayford-Gauss Militar foi derivado do HGDLx por uma translação (-200km para leste, -300km para sul) da origem das coordenadas cartográficas, tornando-as todas positivas em território continental.

Ex.: Carta Militar na escala 1:25000.

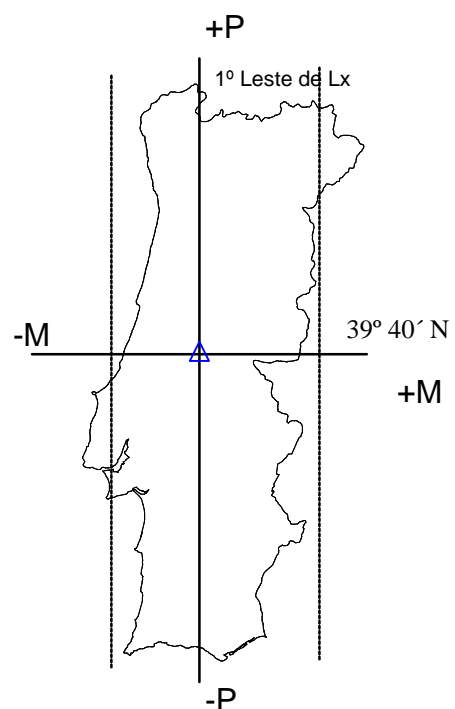


Fig. 4 - Sistema Hayford-Gauss moderno também conhecido por Datum 73, recorre ao datum Hayford-Melriça ou datum 73.

Note-se que, embora o ponto central dos HGDLx (e portanto SHGM) e HGD73 seja definido pelas mesmas coordenadas geodésicas elipsoidais, devido à mudança do ponto de fixação do elipsóide de Hayford de Lisboa para a Melriça, aquelas coordenadas não identificam o mesmo ponto do terreno. A origem das coordenadas cartográficas do HGD73 sofre uma pequena translação, relativamente ao ponto central (180.598, -86.990) destinada a minimizar globalmente as diferenças entre as coordenadas cartográficas SHG73 e SGHA, tornando-as, em todo o território, inferiores a poucos metros.

TRANSFORMAÇÃO DE COORDENADAS

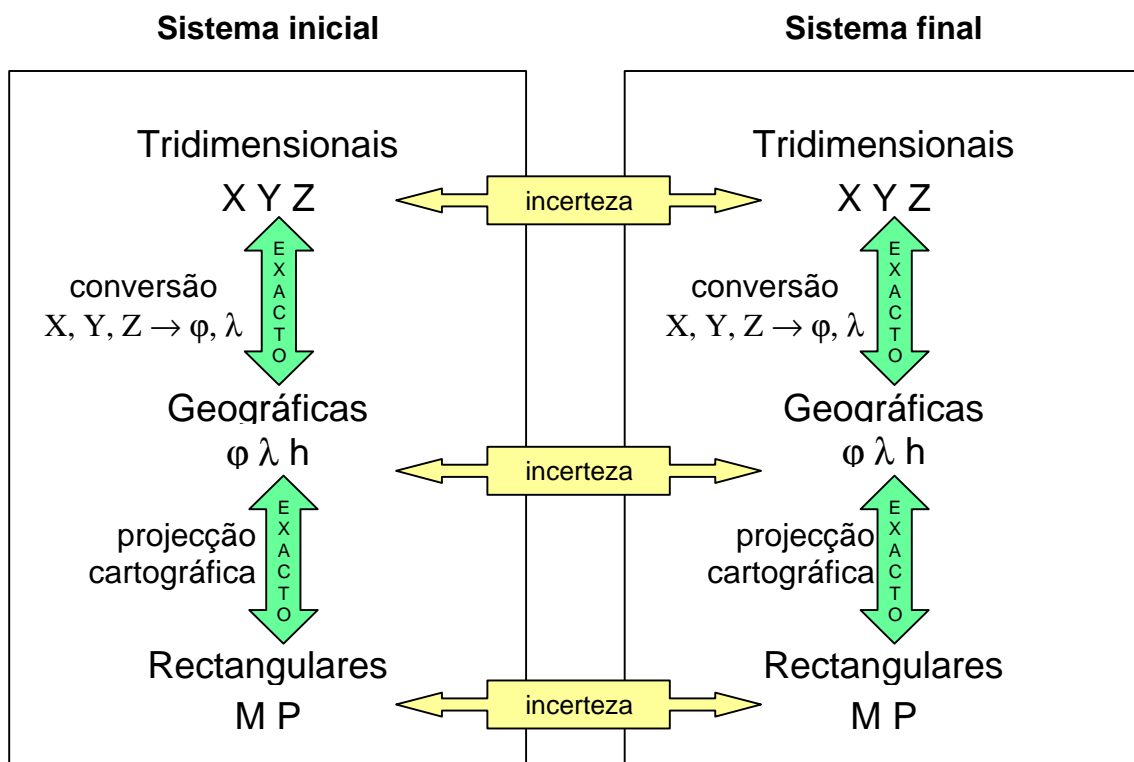


Fig. 5 – Conversões e transformações entre sistemas de coordenadas

A transformação de coordenadas relativas a diferentes sistemas de referência pode ser realizada directamente no sistema cartesiano tridimensional (X, Y, Z), no sistema de coordenadas elipsoidais (latitude, longitude e opcionalmente altitude elipsoidal) ou no sistema plano bidimensional (coordenadas Norte e Este).

No primeiro caso, transformam-se as coordenadas rectangulares do Datum inicial em coordenadas rectangulares do Datum final, através do modelo de transformação

de Bursa-Wolfe [CASACA,1999], que consiste numa sequência de operações: rotação, mudança de escala e translação. No segundo caso, utiliza-se a função inversa da projecção cartográfica do SPC inicial, sendo assim possível determinar as coordenadas geodésicas do Datum inicial no Datum final através de, por ex., as equações de Molodensky abreviadas [CASACA,1999], que utilizam o vector diferença entre os centros do elipsóide de referência e semieixos, relativos aos dois Data. Assim, pode-se aplicar a projecção cartográfica do SPC final para obter as coordenadas cartográficas transformadas. No último caso, a transformação é efectuada recorrendo a uma interpolação de pontos conhecidos em ambos os Data, que englobem a área de estudo. Um método possível é a utilização de polinómios conformes complexos de maior ou menor grau.

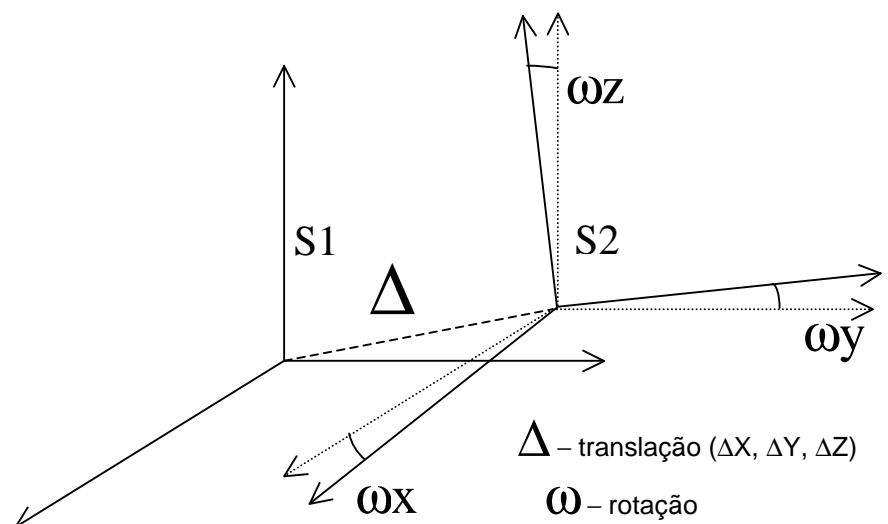
Mas qual a importância de encontrar um método de transformação de coordenadas simples e eficaz de modo a determinar as coordenadas cartográficas em qualquer sistema a partir das coordenadas cartográficas do sistema inicial?

De facto, estas coordenadas são de extrema importância para diferentes utilizações, uma vez que podem representar infinitas situações, desde áreas muito grandes (mapas geográficos) a locais pormenorizados (plantas topográficas), incluindo tanto informação qualitativa como quantitativa [CASACA,1999]. Por outro lado, o facto de estas coordenadas representarem a realidade num plano torna-as ideais para a manipulação e análise.

Dando resposta à questão levantada anteriormente, verifica-se que a informação existente numa determinada zona tem, normalmente, diferentes origens e como tal as coordenadas podem ser referentes a diferentes elipsóides de referência e/ou projecções cartográficas distintas.

O modelo de Bursa-Wolf

Fig. 6 – Transformação de um sistema de coordenadas cartesianas tri-ortogonal para um outro, aplicando sete parâmetros (3 para a translação, 3 para a rotação e 1 para a escala).



A fórmula de Bursa-Wolf é uma transformação de Helmert no espaço 3D, cujo modelo de transformação, linear conforme ⁽²⁾, se pode enunciar como:

Dados quaisquer dois sistemas de coordenadas cartesianas tridimensionais, S_1 e S_2 , a relação entre estas coordenadas nos dois sistemas pode ser modelada, sem erro significativo, pela seguinte equação matricial:

$$\begin{bmatrix} X_2 \\ Y_2 \\ Z_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} F & wZ & -wY \\ -wZ & F & wX \\ wY & -wX & F \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{bmatrix}$$

em que:

ω - rotações diferenciais de S_2 em relação a S_1 , em radianos;

Δ - Coordenadas da origem de S_2 em relação a S_1 ;

F - factor de escala de S_2 em relação a S_1 ;

(X_2, Y_2, Z_2) - coordenadas no sistema S_2 ;

(X_1, Y_1, Z_1) são as coordenadas no sistema S_1 .

Para a resolução deste método é necessário estimar os parâmetros a partir de informação redundante (utilizando, portanto, um mínimo de 4 pontos comuns nos dois sistemas), normalmente recorrendo ao método dos mínimos quadrados.

⁽²⁾ as posições dos pontos e as distâncias entre eles variam mas a forma da rede (definida pelos pontos) e os ângulos permanecem invariáveis.