

3. Coordenadas nos diferentes sistemas de referência representados na cartografia analógica

3.1. Calcule para o vértice geodésico _____ representado na folha n.º _____ da Carta Corográfica de Portugal (escala 1:50 000), as correspondentes coordenadas retangulares PT-TM06/ETRS89, UTM-ETRS89 e UTM-ED50. Compare as coordenadas retangulares PT-TM06/ETRS89 obtidas com as coordenadas que constam no ficheiro Excel com a lista dos vértices geodésicos da Rede Geodésica Nacional (RGN)⁸. Teça algumas considerações relativas às diferenças observadas.

3.2. Calcule as coordenadas retangulares do vértice geodésico _____ da folha n.º _____ da Carta Militar de Portugal (escala 1:25 000) referentes às seguintes quadrículas:

- a) Transversa de Mercator/WGS84;
- b) UTM-WGS84;

3.3. Converta as coordenadas retangulares calculadas nas alíneas a) e b) do exercício anterior nas correspondentes coordenadas em notação militar.

3.4. Considerando o mesmo vértice que adotou nos exercícios anteriores, calcule, com base na respetiva Carta Militar de Portugal (escala 1:25 000), as coordenadas geográficas desse mesmo vértice referente à rede geodésica WGS84.

3.5. Transforme as seguintes coordenadas retangulares em notação militar nas respetivas coordenadas retangulares M e P.

- a) G 462.875
- b) C 0527.7685
- c) X 87046.00034

3.6. Sabendo que as coordenadas geográficas WGS84 do centro da cidade de Paris (França) são $\phi = 48^\circ 51' 12.28''$ N e $\lambda = 2^\circ 20' 55.68''$ E, calcule o fuso, zona e quadrado (coluna e linha) das respetivas coordenadas retangulares militares UTM/WGS84⁹.

⁸ <https://www.dgterritorio.gov.pt/geodesia/infraestrutura-geodesica>

⁹ <http://www.csgnetwork.com/degreenllavcalc.html> A uma latitude de 49° , o comprimento de 1° de latitude é 111 209.70 m e o comprimento de 1° de longitude é 73 171.77 m

3.7. Sabendo que as coordenadas geográficas WGS84 da estação MAS100ESP (Maspalomas, Espanha) da rede global de estações permanentes IGS¹⁰ são $\phi = 27.764^\circ$ N e $\lambda = 15.633^\circ$ W, utilize a seguinte ligação de internet¹¹ para calcular as correspondentes coordenadas retangulares UTM/WGS84 na notação militar.

3.8. Considerando a folha n.º 353 da Carta Militar de Portugal à escala 1:25 000, e sabendo que as coordenadas geográficas WGS84 dos quatro cantos da carta são ($39^\circ 18' 23''.9$ N, $08^\circ 41' 22''.6$ W; $39^\circ 18' 26''.6$ N, $08^\circ 30' 14''.8$ W; $39^\circ 13' 02''.3$ N, $08^\circ 30' 13''.1$ W; $39^\circ 12' 59''.7$ N, $08^\circ 41' 20''.0$ W), calcule a convergência de meridianos no centro da folha considerando a quadrícula UTM, Fuso 29 - WGS84.

3.9. Considerando os vértices geodésicos MARCO GRANDE e CABEÇA RUIVA da RGN no sistema de referência PT-TM06/ETRS89 utilizados no exercício 1.9, calcule:

- a) O azimute Cartográfico (ou Rum) relativo ao Norte Cartográfico da direção MARCO GRANDE-CABEÇA RUIVA, e o correspondente azimute verdadeiro (ou azimute geográfico) relativo ao Norte verdadeiro (ou Norte Geográfico), sabendo que a convergência de meridianos no centro da folha n.º 30-A da Carta Corográfica de Portugal à escala 1:50 000 é $0^\circ 49'$ W;
- b) O correspondente azimute magnético à época 2010.5, sabendo que o ângulo entre o Norte cartográfico e o Norte magnético na época 2006.5 (data de publicação da carta) era $3^\circ 04'$ W com uma variação anual de $-10'$.

3.10. Efetue um script com a linguagem PYTHON (biblioteca pyproj¹²) que leia um ficheiro .txt (com delimitadores Tab) com as coordenadas geográficas ETRS89 (EPSG: 4258) de sete vértices geodésicos distribuídos por Portugal Continental e que gere um ficheiro .txt com:

- a) as correspondentes coordenadas retangulares relativas ao sistema de referência PT-TM06/ETRS89 (EPSG: 3763);
- b) e, ainda, os valores da convergência de meridianos, escala ao longo do meridiano, escala ao longo do paralelo, distorção angular, distorção areal, semieixo maior e semieixo menor da elipse de Tissot¹³.

¹⁰ <https://igs.org/network-resources#about>

¹¹ <http://rcn.montana.edu/resources/Converter.aspx>

¹² <https://pyproj4.github.io/pyproj/stable/api/proj.html>

¹³ <https://pyproj4.github.io/pyproj/stable/api/proj.html#pyproj.proj.Factors>

Ficheiro de entrada

 pontos_PT_epsg4258.txt - Notepad

```
File Edit Format View Help
SANTA LUZIA (05A)      41.84975178  -7.046050972
LUZ (08A)             41.66298344  -6.307017444
MELRIÇA-TF4 (24C)    39.69414006  -8.1301465
CASCAIS-TGGS (34C)  38.69009208  -9.426122722
ELVAS (37A)          38.87886422  -7.051706722
TORRE DE ASPA-PE (51B) 37.08551133  -8.951764361
CABEÇA (50D)         37.10981456  -7.782487528
PC - PONTO ORIGEM    39.66825833  -8.133108333
```

Ficheiro de saída

 pontos_PT_epsg3763_factors.txt - Notepad

```
File Edit Format View Help
Name Easting (m) Northing (m) Convergence Meridian Scale Parallel Scale Angular Distortion
SANTA LUZIA (05A) 90275.69 242824.66 0.725311 1.000100 1.000100 0.000000
LUZ (08A) 152091.74 223120.60 1.214122 1.000285 1.000285 0.000000
MELRIÇA-TF4 (24C) 254.05 2873.61 0.001892 1.000000 1.000000 0.000000
CASCAIS-TGGS (34C) -112498.27 -107801.37 -0.808358 1.000156 1.000156 0.000000
ELVAS (37A) 93838.65 -87083.22 0.678819 1.000108 1.000108 0.000000
TORRE DE ASPA-PE (51B) -72788.94 -286380.80 -0.493676 1.000065 1.000065 0.000000
CABEÇA (50D) 31164.46 -283939.69 0.211547 1.000012 1.000012 0.000000
PC - PONTO ORIGEM 0.00 -0.00 0.000000 1.000000 1.000000 0.000000
```

...

Angular Distortion	Areal Distortion	Tissot Semimajor	Tissot Semiminor
0.000000	1.000200	1.000100	1.000100
0.000000	1.000569	1.000285	1.000285
0.000000	1.000000	1.000000	1.000000
0.000000	1.000312	1.000156	1.000156
0.000000	1.000217	1.000108	1.000108
0.000000	1.000130	1.000065	1.000065
0.000000	1.000024	1.000012	1.000012
0.000000	1.000000	1.000000	1.000000