

Tratamento de rasters de grande dimensão com a biblioteca GDAL e QGIS



José Alberto Gonçalves

jagoncal@fc.up.pt

Resumo da apresentação

- ☐ Aspectos importantes relacionados com dados raster
- ☐ Formato Geotiff
- ☐ Comandos GDAL
- ☐ Interfaces nos QGIS
- ☐ Exemplos



Aspetos importantes relacionados com dados raster

- ☐ Tipos de dados
- ☐ Compressão
- ☐ Pirâmides
- ☐ Pixeis “Nodata”
- ☐ Máscaras / Alpha Channel
- ☐ Georreferenciação
- ☐ Reamostragem
- ☐ Geotiff e outros formatos



Tipos de dados

☐ Byte (8 bits)

- *inteiros de 0 a 255*
- *pode acomodar dados com menor número de bits (2, 4, 8, ...)*

☐ Short Int / Unsigned short

- *inteiros de 16 bits com ou sem sinal*

☐ Int / Unsigned int

- *inteiros de 32 bits com ou sem sinal*

☐ Float

- *reais de 32 bits*

☐ Outros:

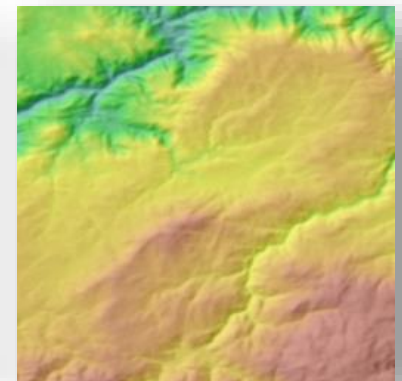
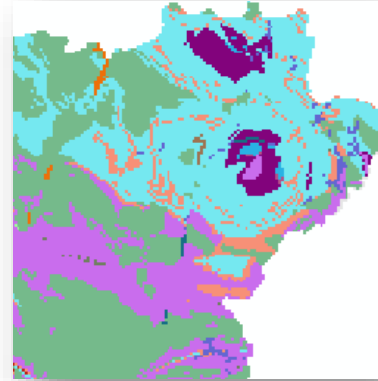
- *double (64bits), complexos (32 ou 64 bits)*

Exemplos de dados dos tipos mais comuns

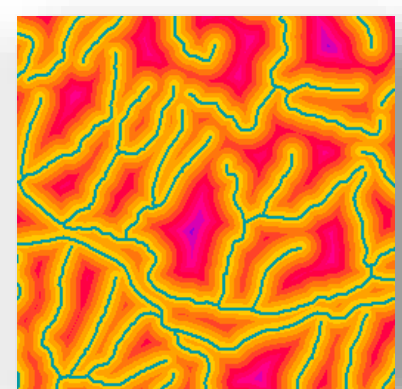
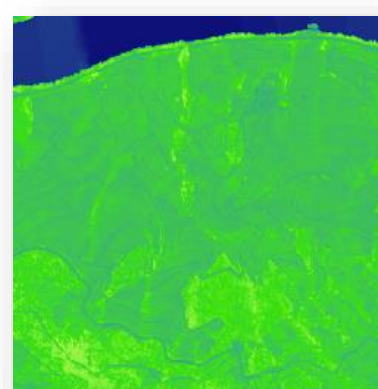
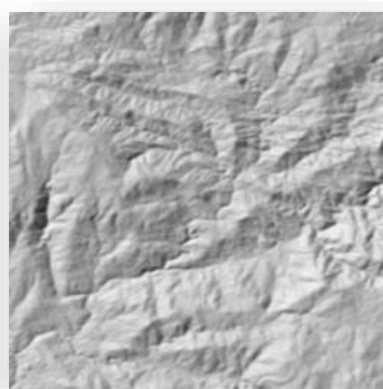
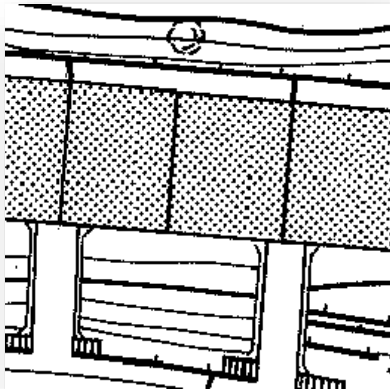
Byte



Short Int



Float



Compressão

- ❑ Dados raster podem originar ficheiros muito grandes.
- ❑ Exemplos: resolução de 25 cm
 - *Concelho do Porto: 48 000 x 24 000 pixels* (3.5 Gb em RGB)
 - *Concelho de Lisboa: 52 000 x 48 000 pixels* (7.5 Gb em RGB)
 - *Concelho de Coimbra: 96 000 x 113 000 pixels* (32 Gb em RGB)
- ❑ Compressão:
 - *Sem perda*
 - *Com perda*
- ❑ Compressão pode ser acompanhada de estruturação em “tiles”.

Compressão

❑ Compressão JPEG

- *Válida para dados de 8 bits, normalmente RGB*
- *Compressões de cerca de 90%, com perda aceitável*

❑ LZW

- *Compressão sem perda*
- *Qualquer tipo de dados*

❑ Compressão com onduletas

- *ECW, MrSid, JPEG2000*
- *Escrita nestes formatos obriga a dispôr de licença, para dimensão superior a 500 Mb.*

TIFF sem compressão



JPEG2000



TIFF com compressão JPEG, Q=75



TIFF com compressão JPEG, Q=50



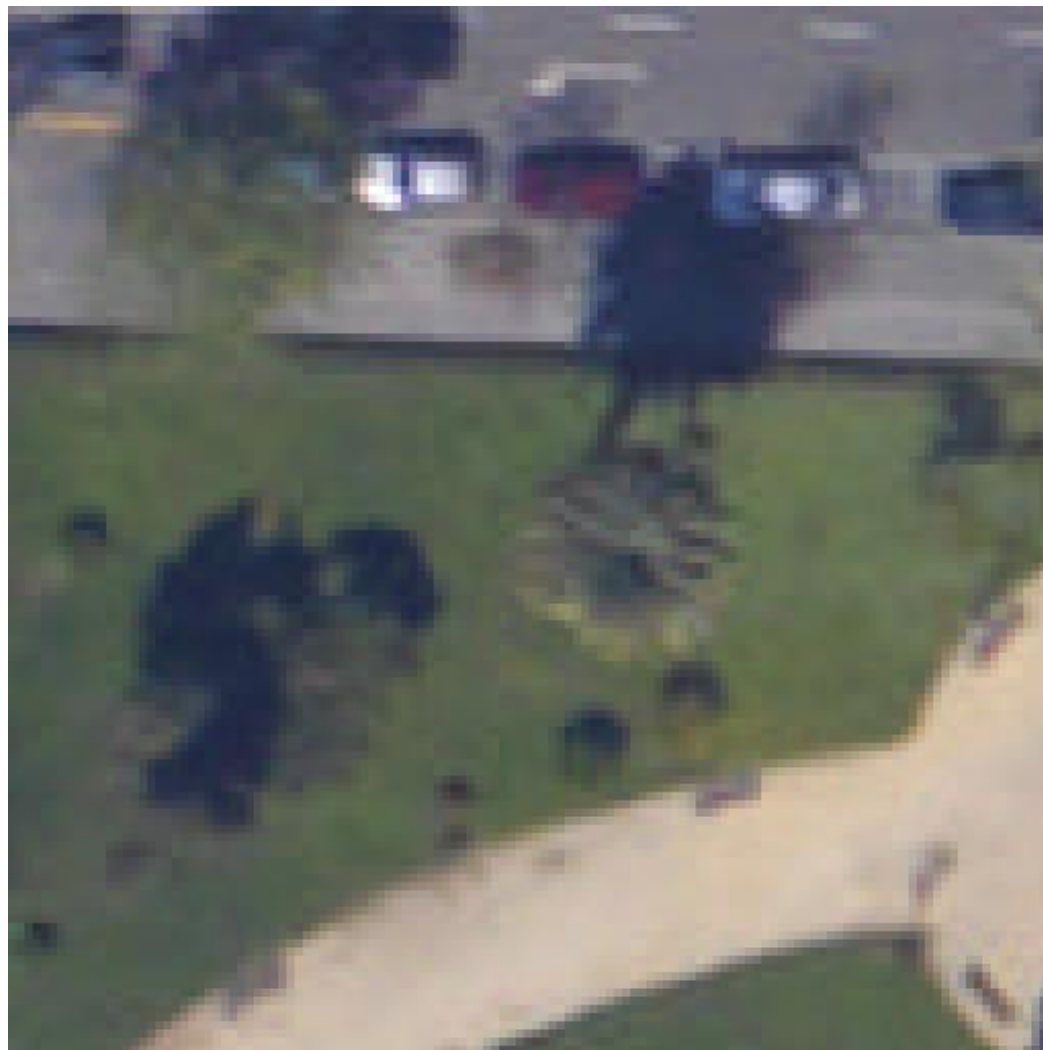
TIFF sem compressão



JPEG2000



TIFF com compressão JPEG, Q=75

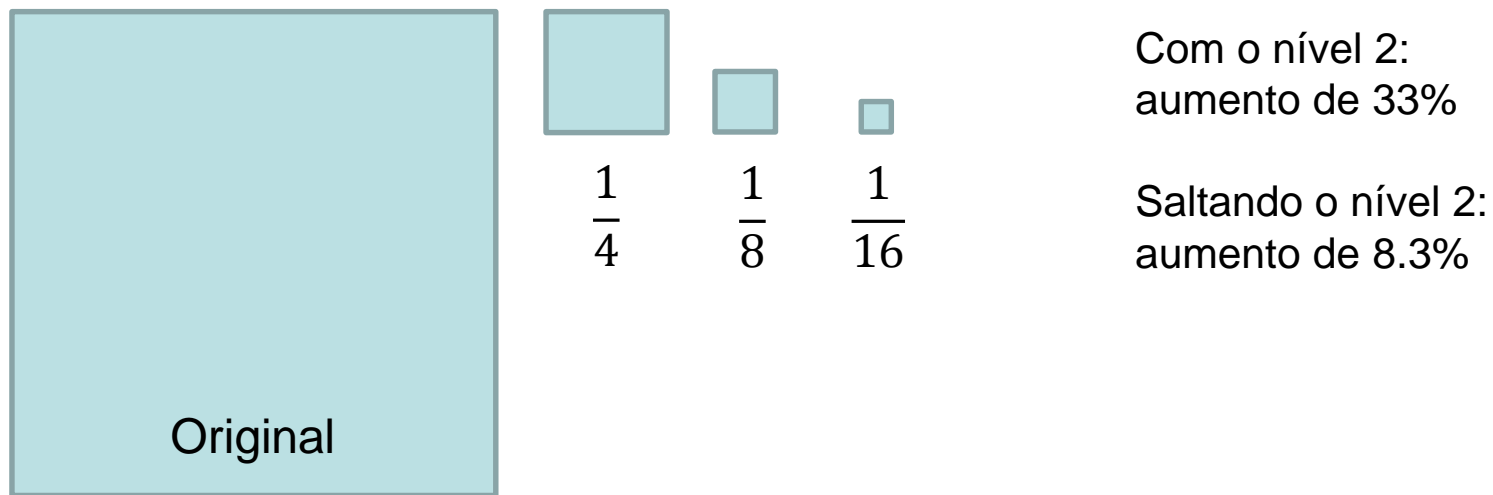


TIFF com compressão JPEG, Q=50



Pirâmides

- ❑ Criação de versões reduzidas da imagem, para facilitar acesso.
- ❑ Internas ou externas ao ficheiro raster (Geotiff admite os dois tipos)
 - *Ficheiros externos OVR, RRD*
- ❑ Normalmente são suficientes os níveis 4, 8, 16,...

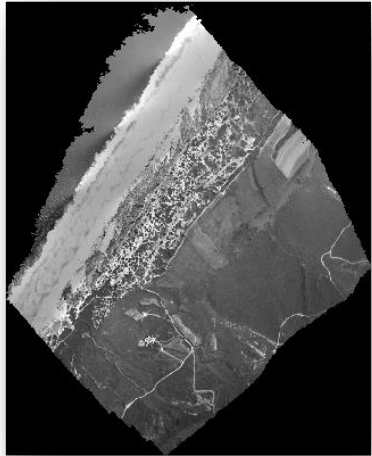


Nodata / Alpha channel

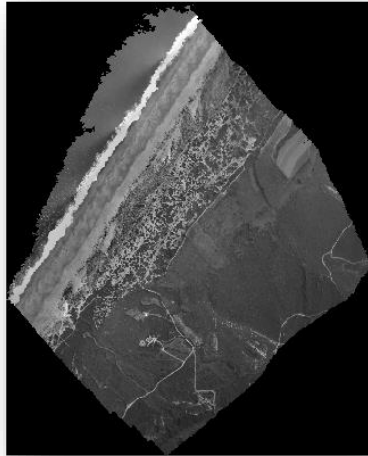
- ❑ Pixeis sem dados podem ser identificados por um valor reservado, diferente de todos os outros existentes no raster.
 - No format GRIDASCII, habitualmente, -9999
 - Nos ficheiros de distribuição do SRTM: -32768
- ❑ Representação gráfica pode atribuir transparência ao valor NODATA.
- ❑ Dificuldade com os formatos comprimidos.
- ❑ Alternativamente pode ser criada uma imagem de máscara, armazenada num canal de 2 bits (*alpha channel*).



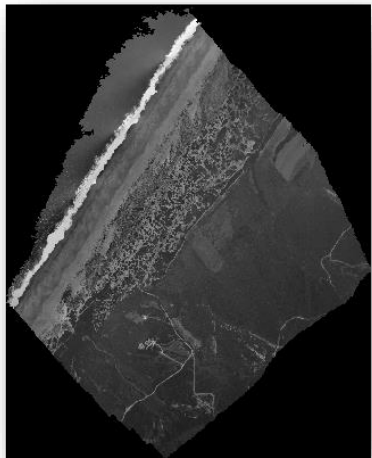
Exemplo de alpha channel



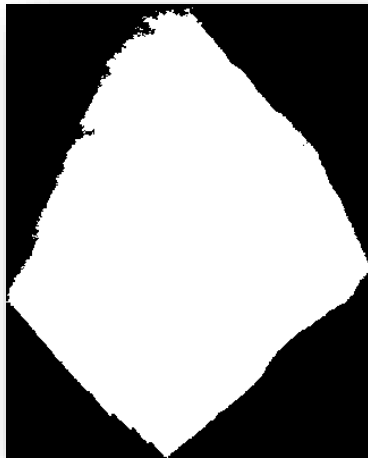
B1 – Red



B2 – Green



B3 – Blue



B4 – Alpha channel



Georreferenciação

- ❑ Estabelecimento de uma relação matemática entre a posição dos pixéis na matriz e coordenadas numa dado sistema de referência geográfico ou cartográfico.
- ❑ Exemplo: ficheiro World (*.tfw, *.jgw)
- ❑ Formato Geotiff contém a informação de georreferenciação no cabeçalho
 - *Limites*
 - *Dimensão do pixel*
 - *Descrição da projeção*
 - *Descrição do datum*



Georreferenciação

Coordinate System is:

```
GEOGCS["WGS 84",  
  DATUM["WGS_1984",  
    SPHEROID["WGS 84",6378137,298.257223563,  
      AUTHORITY["EPSG","7030"]],  
    AUTHORITY["EPSG","6326"]],  
  PRIMEM["Greenwich",0],  
  UNIT["degree",0.0174532925199433],  
  AUTHORITY["EPSG","4326"]]
```

Origin = (-10.000416666666666,44.000416666666666)

Pixel Size = (0.000833333333333333,-0.000833333333333333)

Metadata:

AREA_OR_POINT=Area

Image Structure Metadata:

INTERLEAVE=BAND

Corner Coordinates:

Upper Left	(-10.0004167, 44.0004167)	(10d 0' 1.50"W, 44d 0' 1.50"N)
Lower Left	(-10.0004167, 35.9995833)	(10d 0' 1.50"W, 35d59'58.50"N)
Upper Right	(4.0004167, 44.0004167)	(4d 0' 1.50"E, 44d 0' 1.50"N)
Lower Right	(4.0004167, 35.9995833)	(4d 0' 1.50"E, 35d59'58.50"N)
Center	(-3.0000000, 40.0000000)	(3d 0' 0.00"W, 40d 0' 0.00"N)

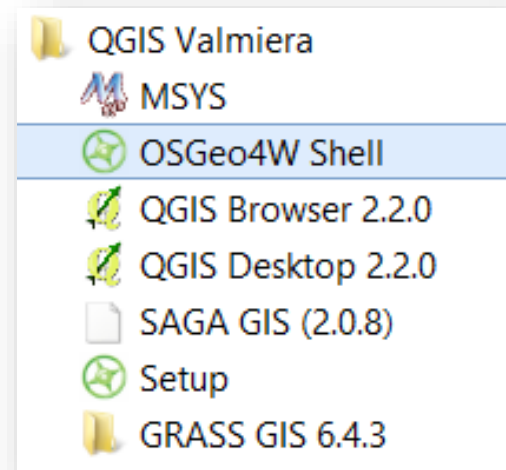


Biblioteca GDAL

“GDAL (Geospatial Data Abstraction Library) is a library for reading and writing raster geospatial data formats, and is released under the permissive X/MIT style free software license by the Open Source Geospatial Foundation. As a library, it presents a single abstract data model to the calling application for all supported formats. It may also be built with a variety of useful command-line utilities for data translation and processing.”

Wikipedia

Programas de linha de comando acessíveis pela OSGeo4W Shell, instalado com o QGIS



Alguns comandos GDAL

GDALINFO

```
Usage: gdalinfo [--help-general] [-mm]
        [-stats] [-hist] [-nogcp] [-nomd]
        [-norat] [-noct] [-nofl] [-checksum]
        [-proj4] [-mdd domain]* [-sd subdataset]
datasetname
```



Alguns comandos GDAL

GDAL_TRANSLATE

```
Usage: gdal_translate [--help-general] [--long-usage]
      [-ot {Byte/Int16/UInt16/UInt32/Int32/Float32/Float64/
           CInt16/CInt32/CFloat32/CFloat64}] [-strict]
      [-of format] [-b band] [-mask band] [-expand {gray|rgb|rgba}]
      [-outsize xsize[%] ysize[%]]
      [-unscale] [-scale [src_min src_max [dst_min dst_max]]]
      [-srcwin xoff yoff xsize ysize] [-projwin ulx uly lrx lry] [-epo] [-eco]
      [-a_srs srs_def] [-a_ullr ulx uly lrx lry] [-a_nodata value]
      [-gcp pixel line easting northing [elevation]]*
      [-mo "META-TAG=VALUE"]* [-q] [-sds]
      [-co "NAME=VALUE"]* [-stats]
      src_dataset dst_dataset
```



Alguns comandos GDAL

GDALWARP

```
Usage: gdalwarp [--help-general] [--formats]
      [-s_srs srs_def] [-t_srs srs_def] [-to "NAME=VALUE"]
      [-order n | -tps | -rpc | -geoloc] [-et err_threshold]
      [-refine_gcps tolerance [minimum_gcps]]
      [-te xmin ymin xmax ymax] [-tr xres yres] [-tap] [-ts width height]
      [-wo "NAME=VALUE"] [-ot Byte/Int16/...] [-wt Byte/Int16]
      [-srcnodata "value [value...]" ] [-dstnodata "value [value...]" ] -dstalpha
      [-r resampling_method] [-wm memory_in_mb] [-multi] [-q]
      [-cutline datasource] [-cl layer] [-cwhere expression]
      [-csql statement] [-cblend dist_in_pixels] [-crop_to_cutline]
      [-of format] [-co "NAME=VALUE"]* [-overwrite]
      [-nomd] [-cvmd meta_conflict_value]
srcfile* dstfile
```



Alguns comandos GDAL

GDALAAADO

Usage: `gdaladdo [-r {nearest,average,gauss,cubic,average_mp,average_magphase,mode}]`
`[-ro] [-clean] [-q] [--help-general] filename levels`

`-r` : choice of resampling method (default: nearest)

`-ro` : open the dataset in read-only mode, in order to generate
external overview (for GeoTIFF datasets especially)

`-clean` : remove all overviews

`-q` : turn off progress display

`-b` : band to create overview (if not set overviews will be created for all bands)

filename: The file to build overviews for (or whose overviews must be removed).

levels: A list of integral overview levels to build. Ignored with `-clean` option.



Alguns comandos GDAL

GDAL_FILLNODATA

```
gdal_fillnodata [-q] [-md max_distance] [-si smooth_iterations]  
                [-o name=value] [-b band]  
srcfile  
                [-nomask] [-mask filename]  
                [-of format] [-co name=value] * [dstfile]
```



Interação com Quantum GIS

- ❑ Quantum GIS recorre à biblioteca GDAL para efectuar muitas operações:
 - *Leitura e escrita de ficheiros*
 - *Projeções de ficheiros de IG*
 - *Transformações de datum de ficheiros de IG*
 - *Georreferenciação de imagens*
- ❑ Utilização da linha de comando pode não ser do interesse de muitos utilizadores.
- ❑ Interfaces simples estão disponíveis.



Interação com Quantum GIS

- ❑ Importação através de GDAL_TRANSLATE

Translate (Convert format) ? x

☐ Batch mode (for processing whole directory)

Input Layer Select...

Output file Select...

☐ Target SRS Select...

☐ Outsize

☐ No data

☐ Expand

☐ Srcwin

☐ Prjwin

☐ Sds

▼ ☐ Creation Options

Profile

Name	Value
------	-------

+ -

Validate

Help

☒ Load into canvas when finished

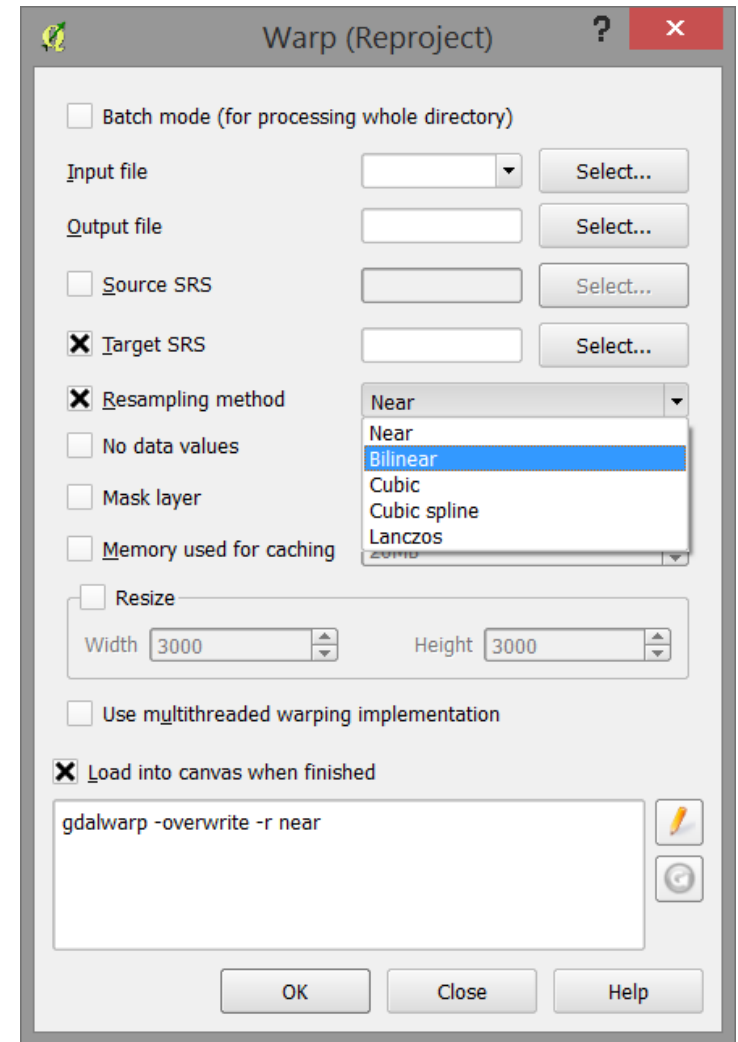
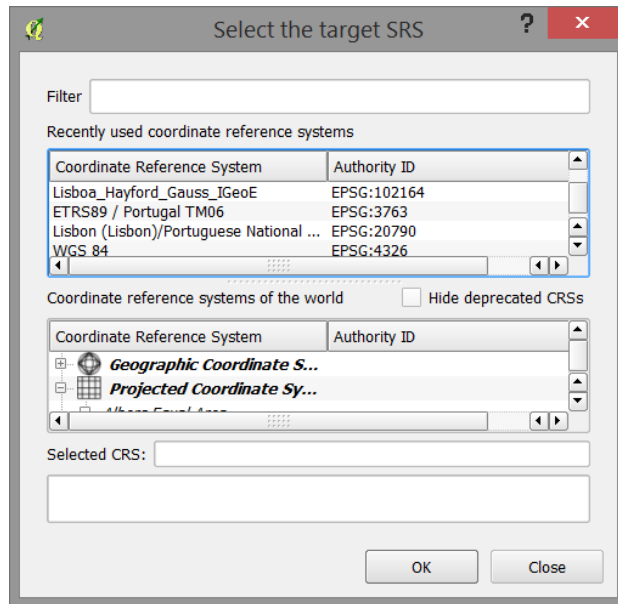
gdal_translate

OK Close Help

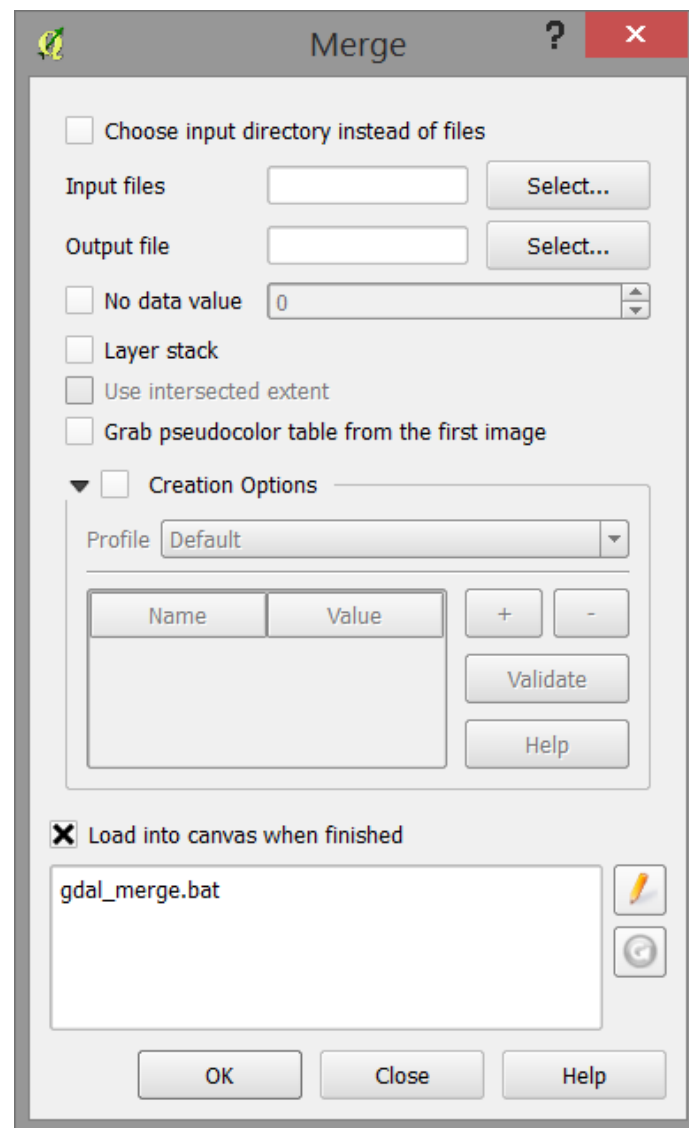
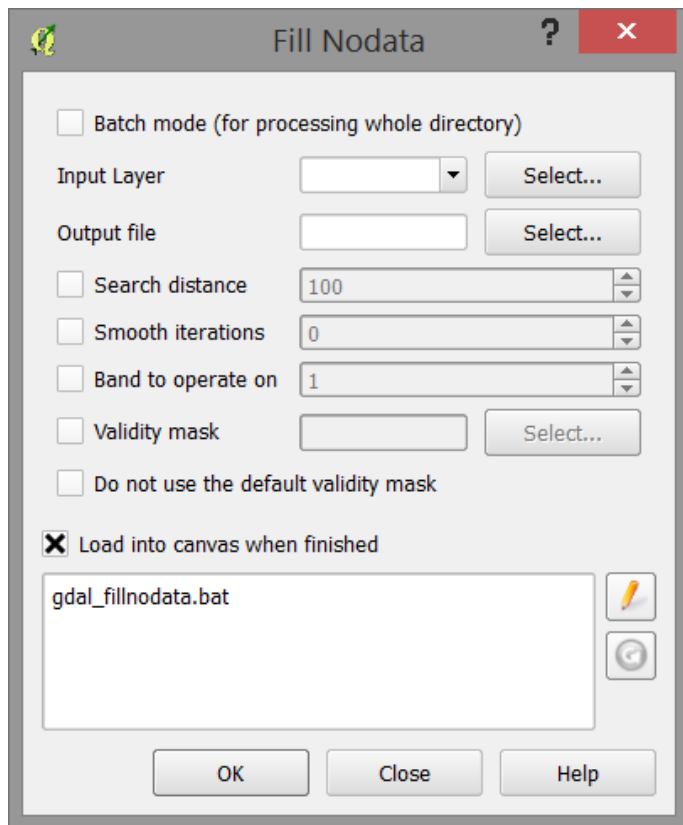


Interação com Quantum GIS

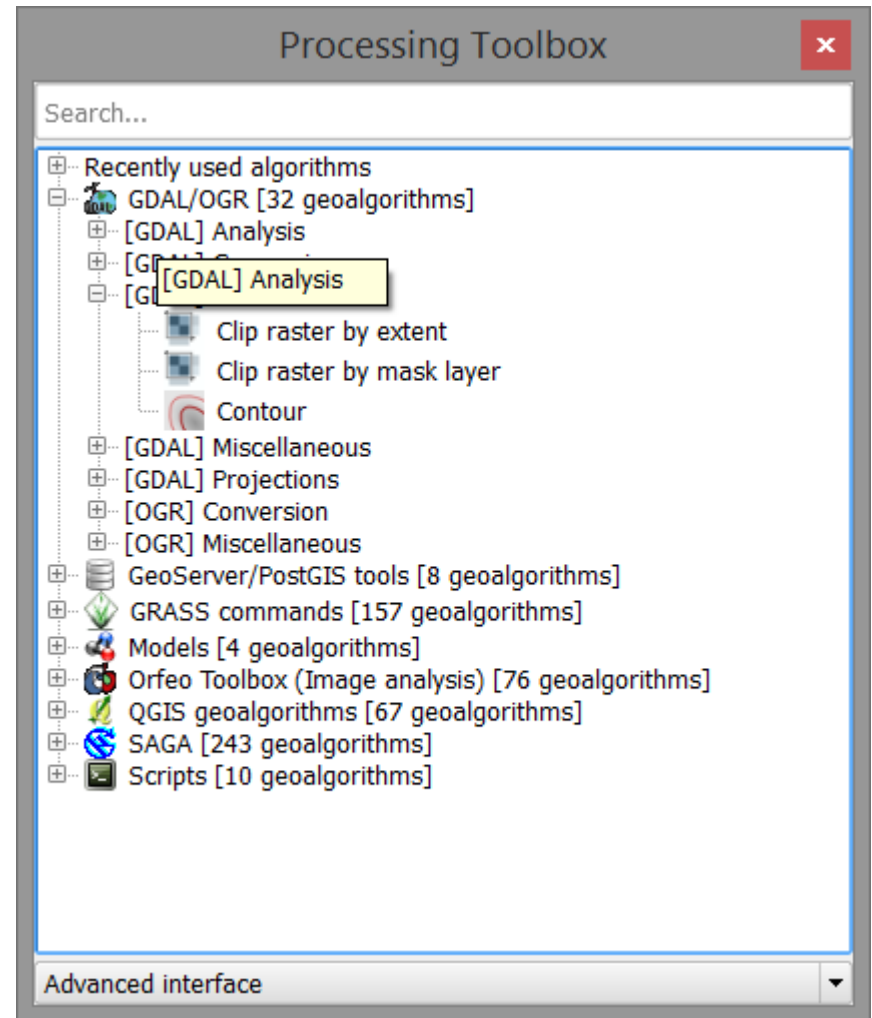
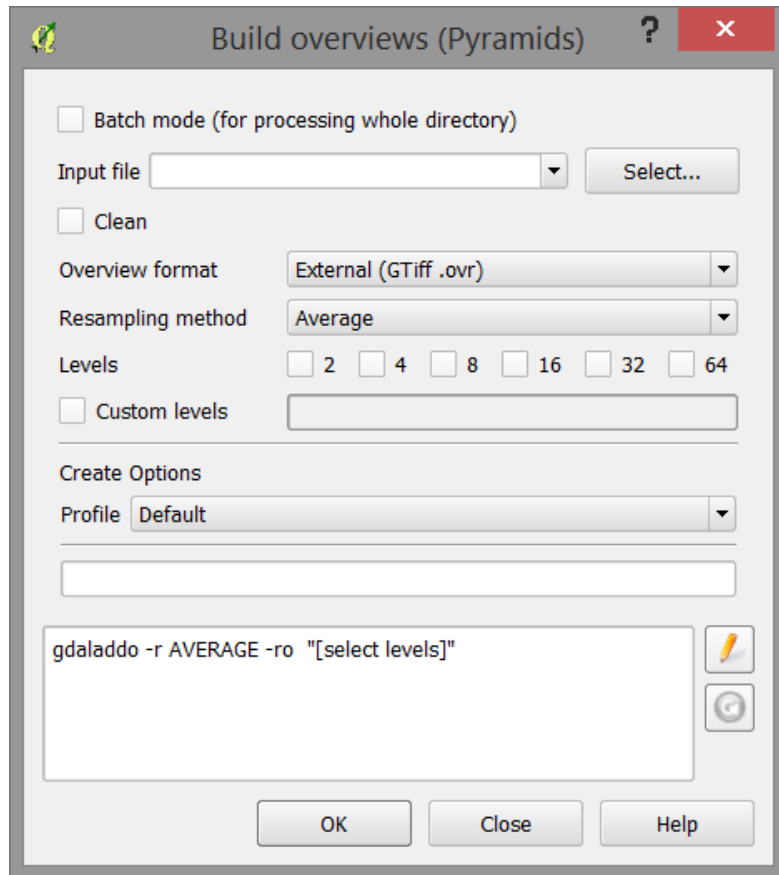
❑ Projeção através de GDALWARP



Interação com Quantum GIS



Interação com Quantum GIS



Exemplos de aplicação

- ☐ Mosaico de dados SRTM para a Península Ibérica
- ☐ Ficheiro único de ortofotos do Porto
- ☐ Mosaicos de cartografia de Coimbra



EXEMPLO 1



Montagem de mosaico SRTM

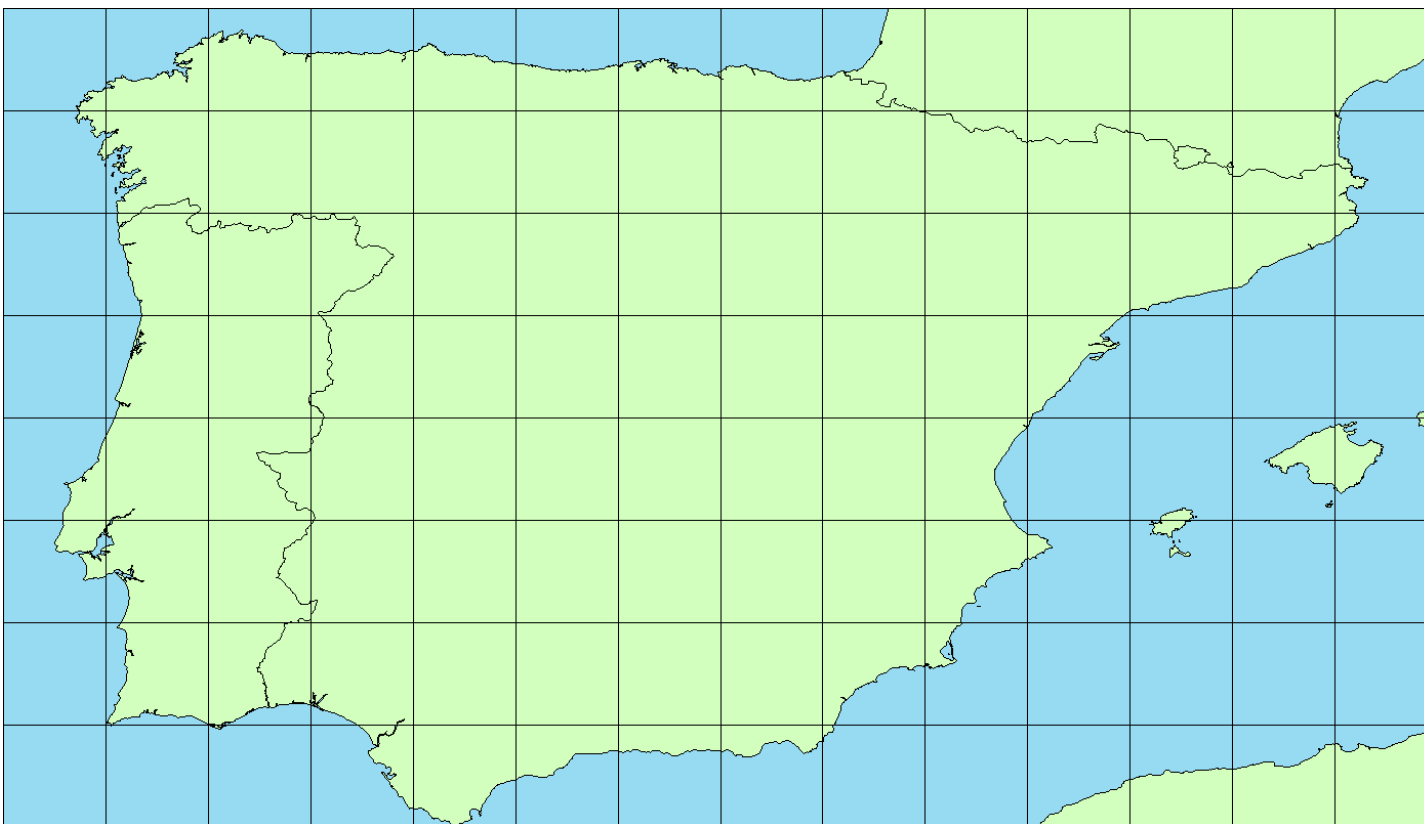
- ❑ Dados do modelo digital do terreno SRTM fornecidos em quadrículas de 1º, com espaçamento de 30 segundos (1201*1201 pixéis)

http://dds.cr.usgs.gov/srtm/version2_1/SRTM3/

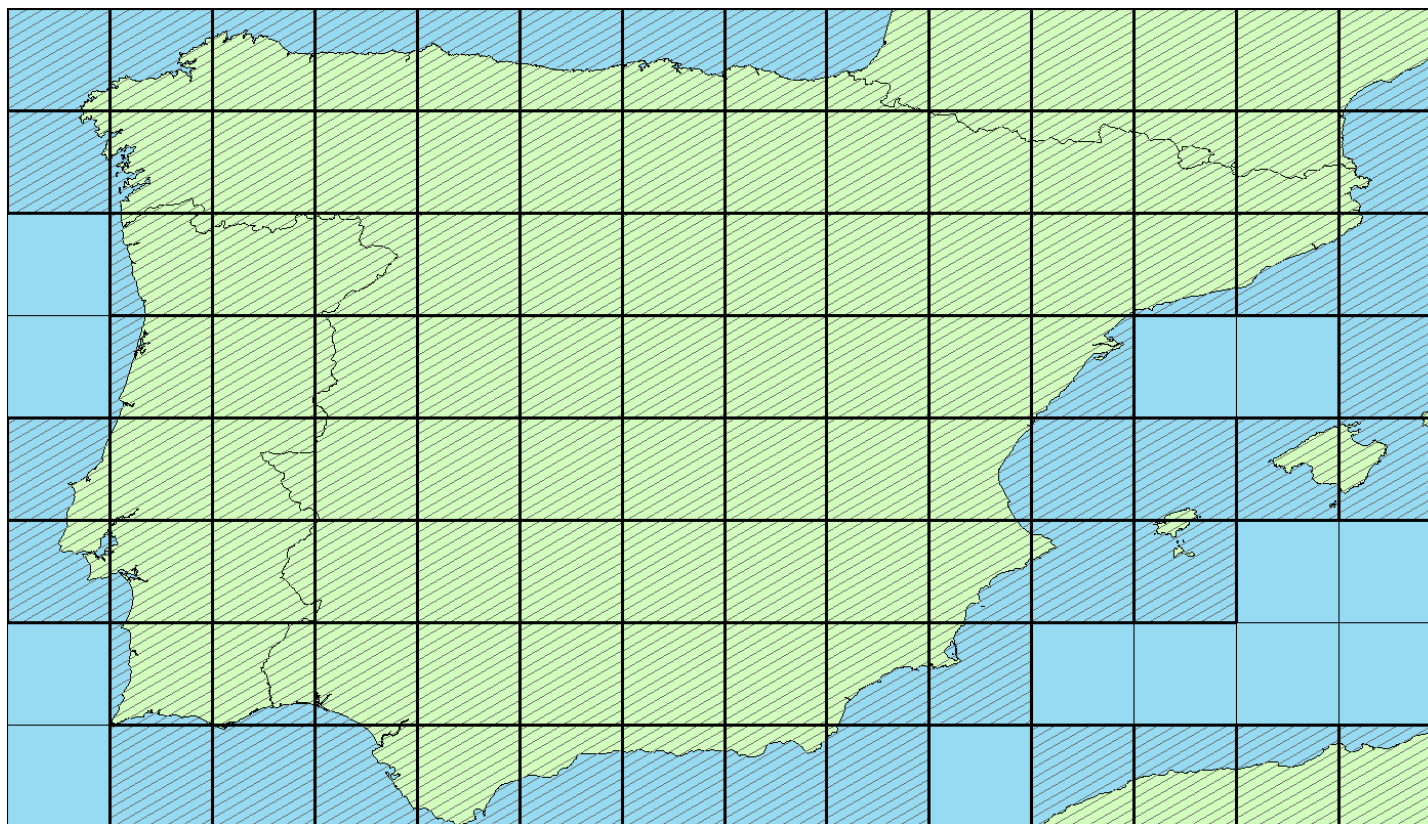
- ❑ Dados contém pequenos grupos de pixéis vazios (NODATA).
- ❑ Necessidade de montagem de mosaicos, preenchimento de vazios e projeção.
- ❑ Exemplificação com a Península Ibérica.



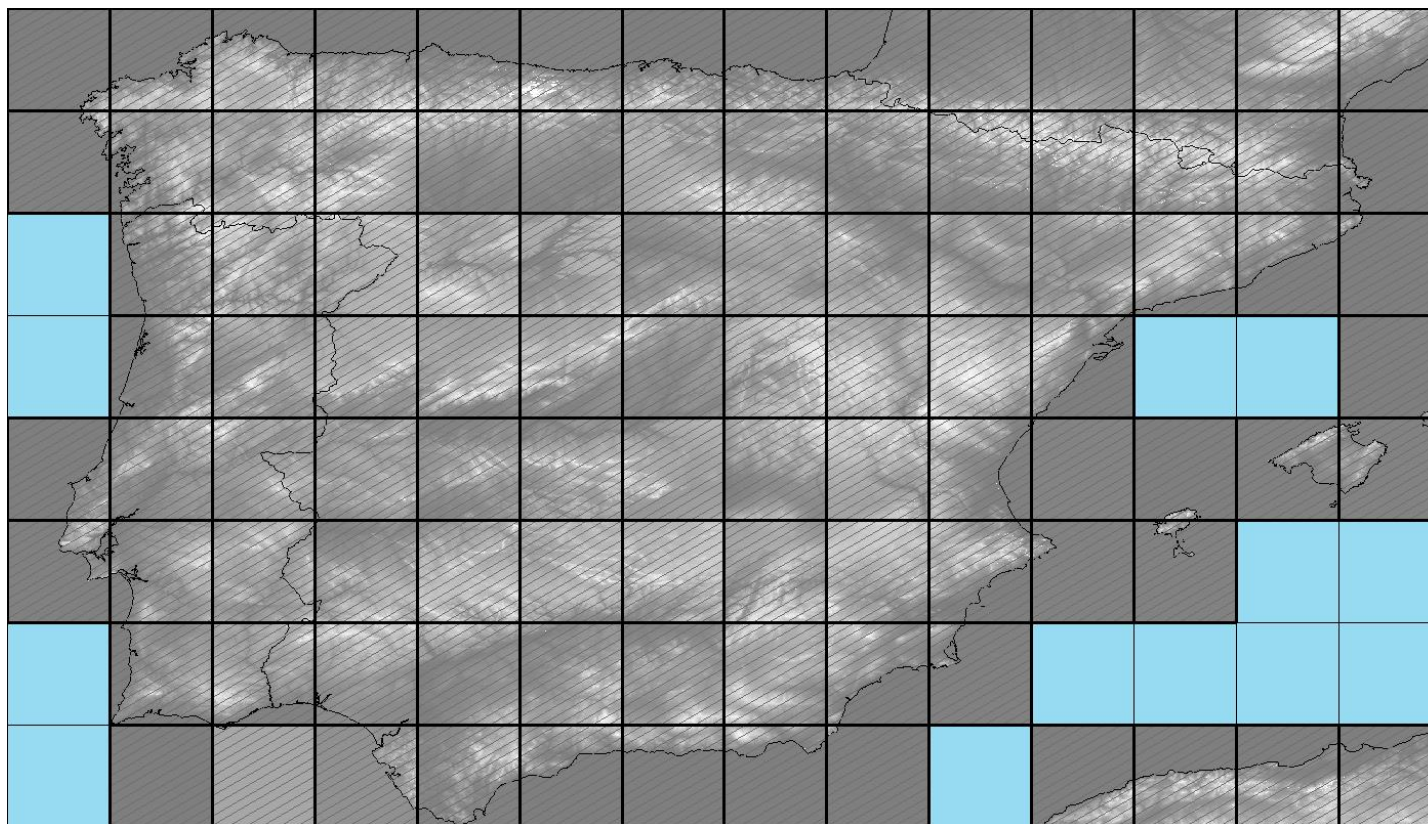
Montagem de mosaico SRTM



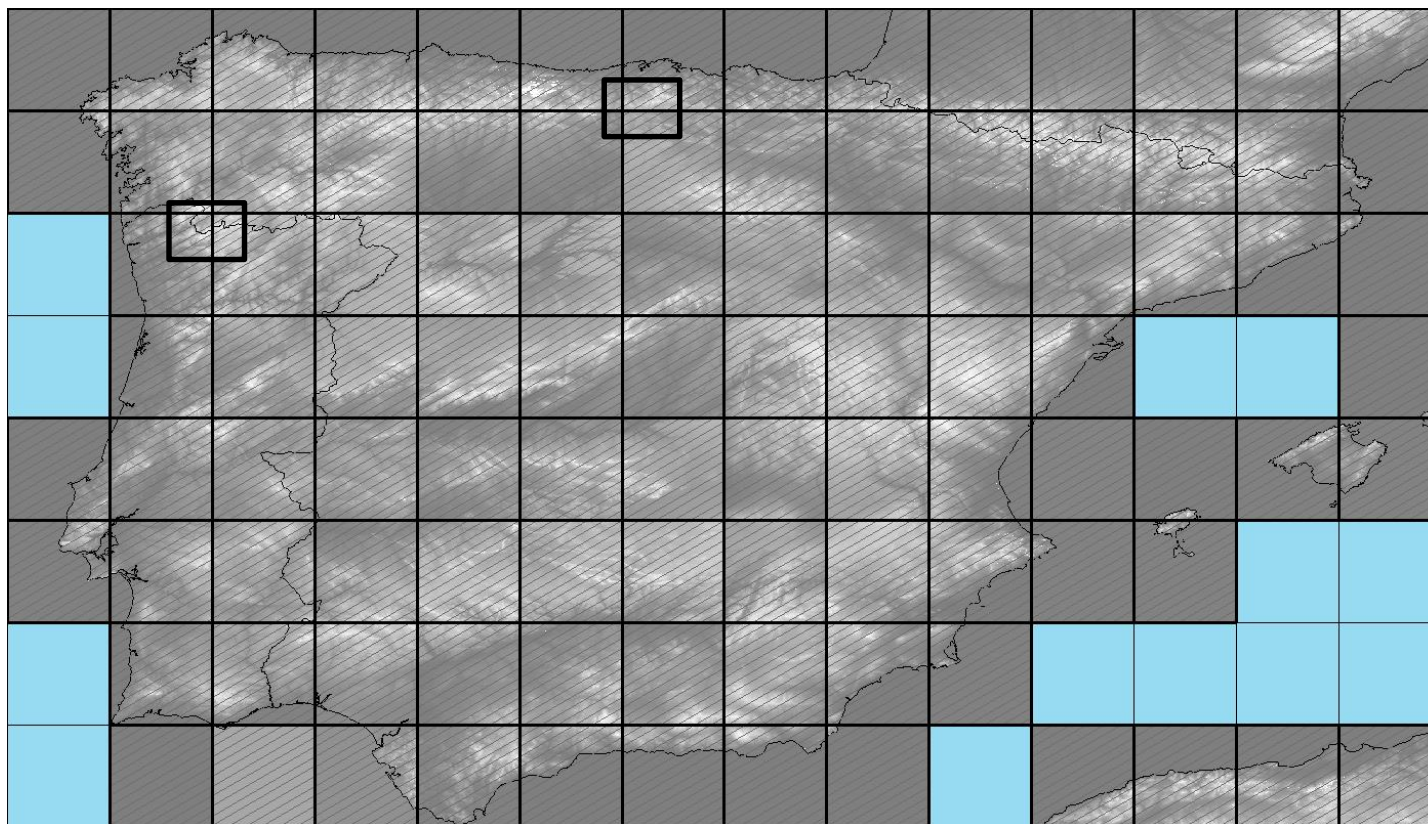
Montagem de mosaico SRTM



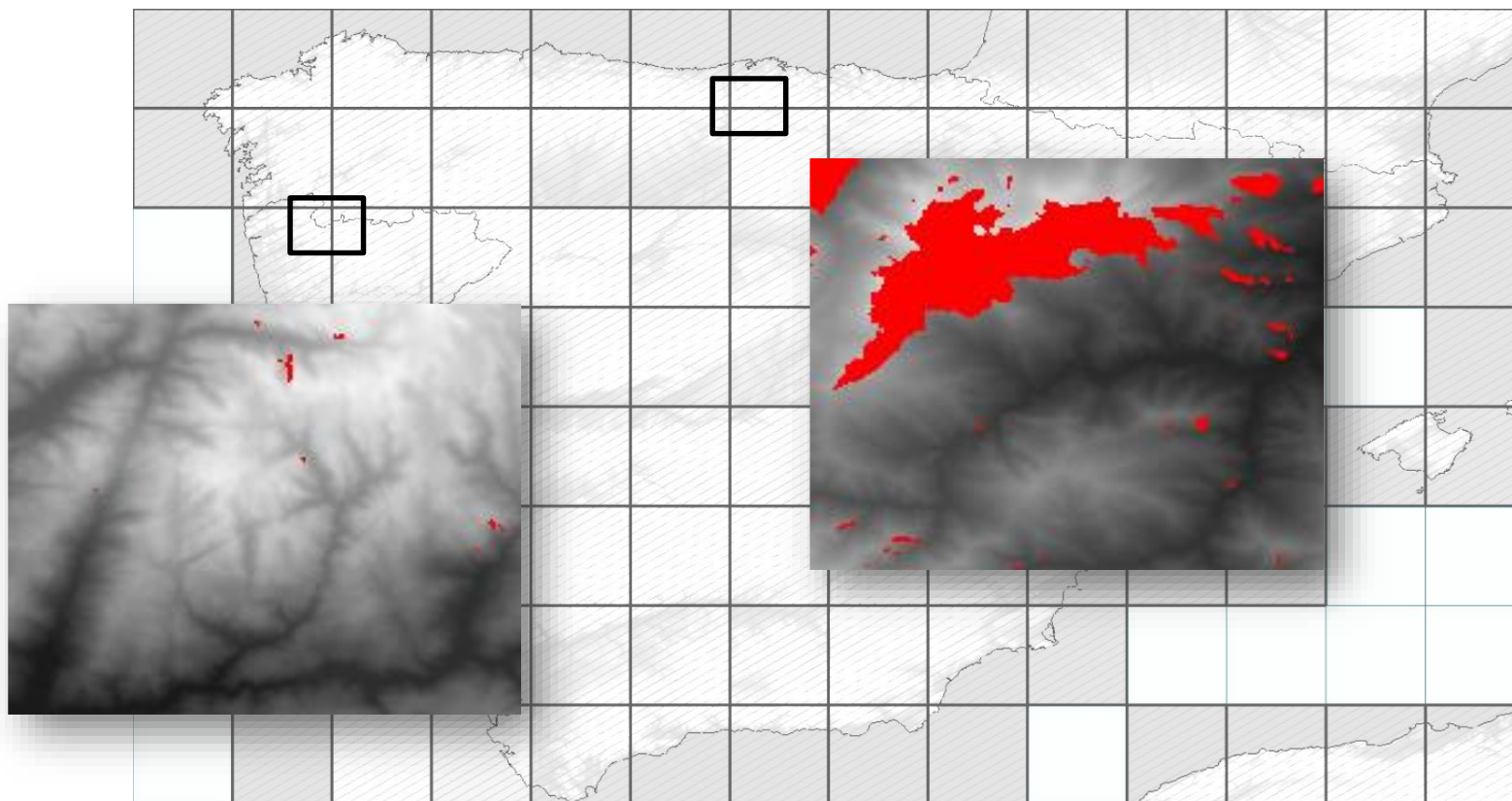
Montagem de mosaico SRTM



Montagem de mosaico SRTM



Montagem de mosaico SRTM



Montagem de mosaico SRTM

- ❑ Conversão para geotiff e preenchimento de pixels vazios:

```
gdal_fillnodata N36E001.hgt N36E001.tif
```

```
gdal_fillnodata N36E002.hgt N36E002.tif
```

```
gdal_fillnodata N36E003.hgt N36E003.tif
```

...

- ❑ Montagem de ficheiro único:

```
gdalbuildvrt iberia.vrt *.tif
```

```
gdal_translate iberia.vrt Iberia.tif
```


Montagem de mosaico SRTM

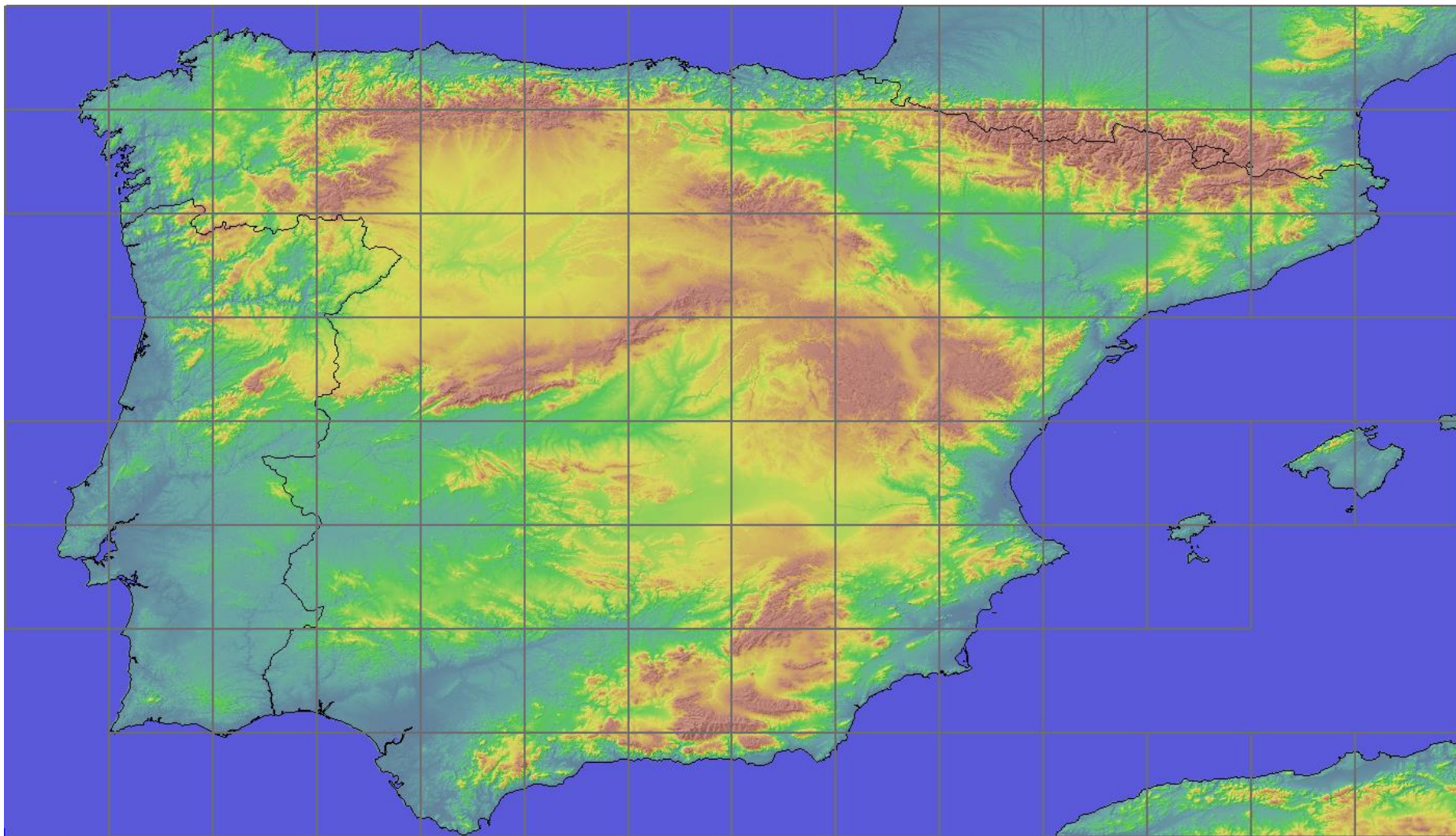
❑ Projeção:

- *Escolha da zona UTM 30N,*
- *Reamostragem bilinear,*
- *Escolha de tamanho de pixel 80 metros,*
- *Limites de área projetada múltiplos da resolução,*
- *Fixar valor de NODATA.*

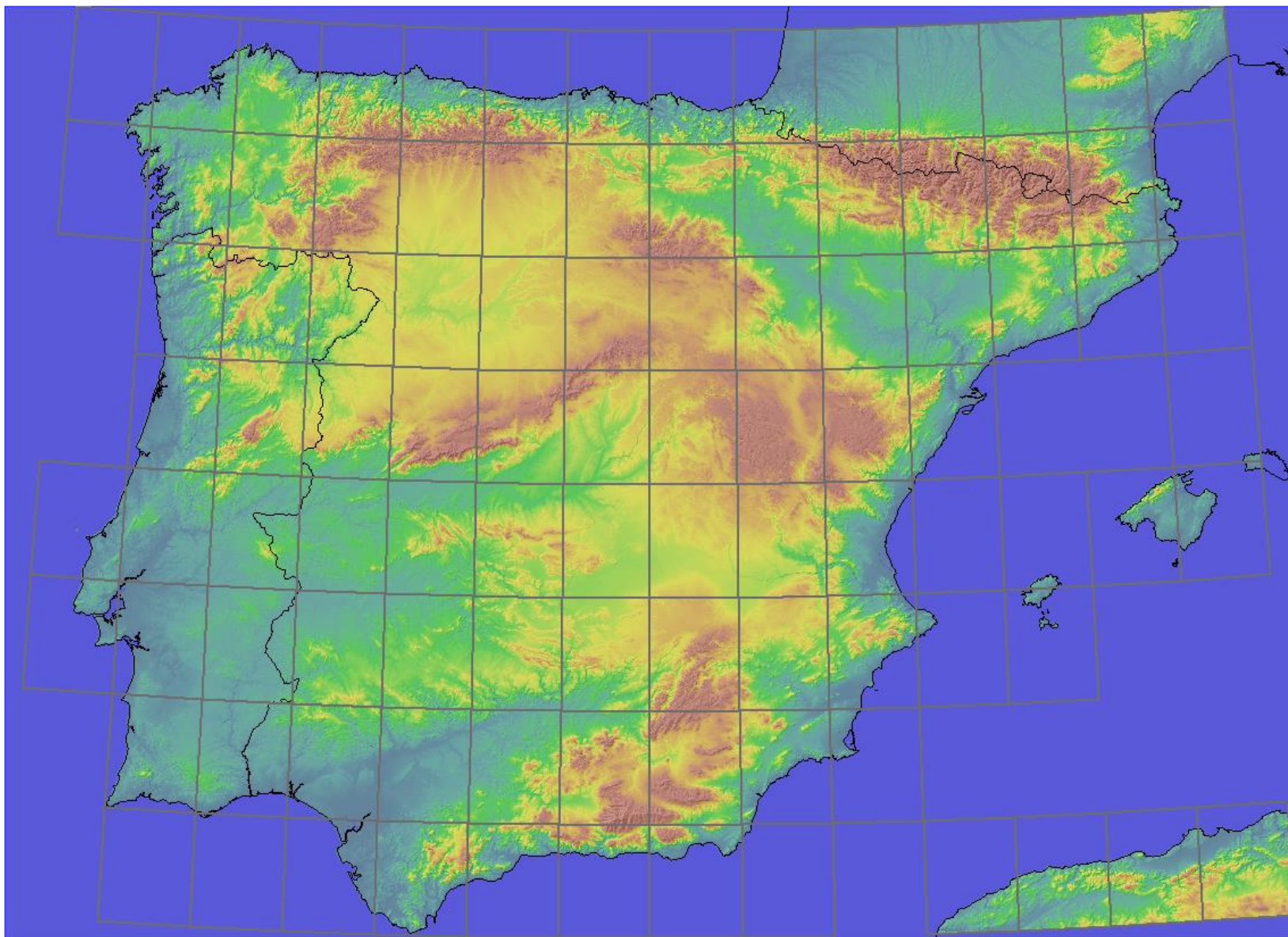
```
Gdalwarp -s_srs "+init=epsg:4326" -t_srs "+init=epsg:32630"  
-tr 80 80 -tap -r bilinear  
-srcnodata -32768 -dstnodata 0  
Iberia_dem.tif Iberia_dem_UTM.tif
```

```
Gdaladdo -r average ib2_utm.tif 4 8 16 32 64 128 256
```

Montagem de mosaico SRTM



Montagem de mosaico SRTM

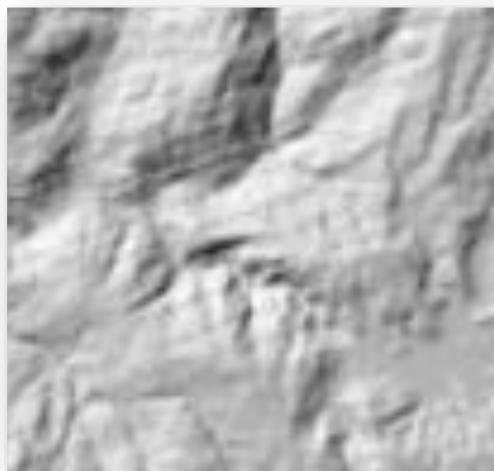


Montagem de mosaico SRTM

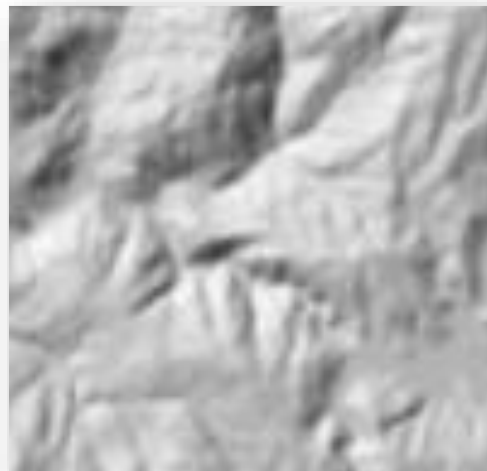
❑ Dimensão dos ficheiros (Lat Long, 16 bits):

- *Sem compressão* 322.7 Mb, (351.2 Mb com pirâmides)
- *Com compressão:* 166.9 Mb, (187.7 Mb com pirâmides)

❑ Importância da reamostragem:



Nearest Neighbour



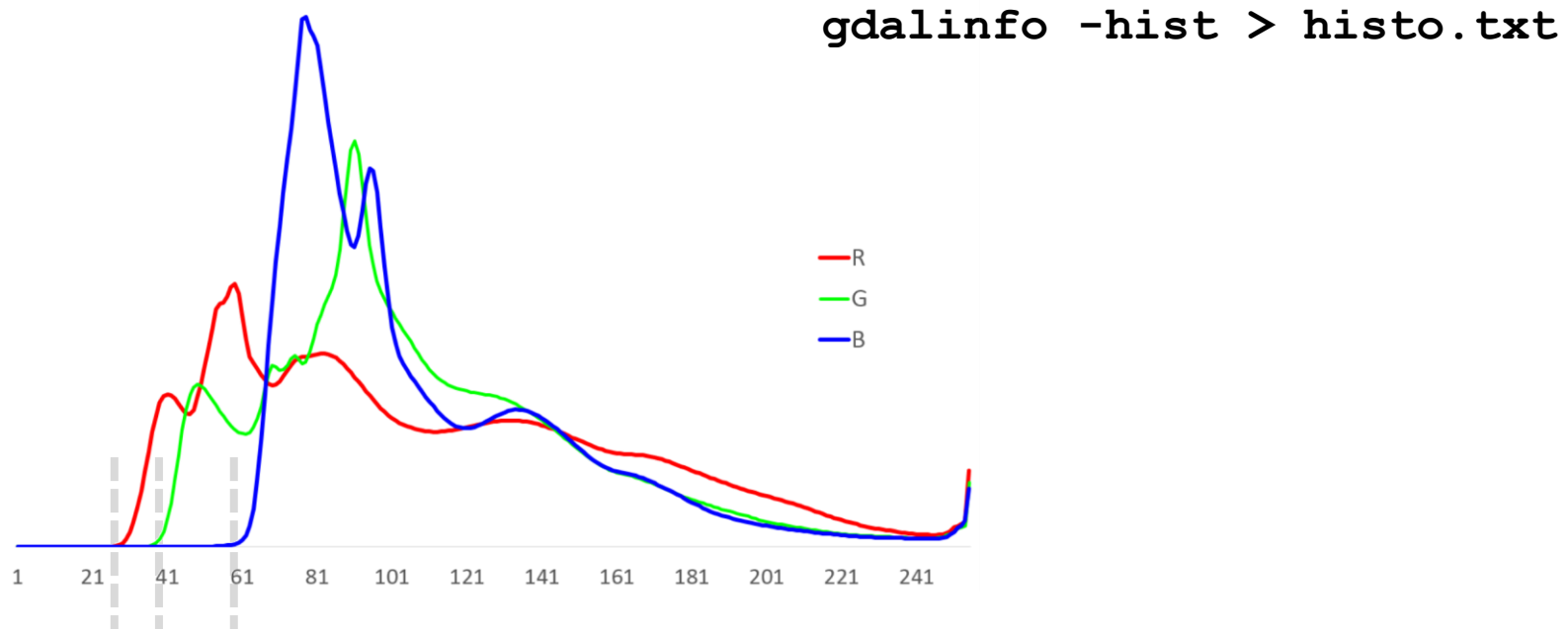
Bilinear

EXEMPLO 2



Montagem de mosaico de ortos do Porto

- ❑ Ortofotos com resolução de 0.25 m, em 27 ficheiros de 8160 por 5160 pixels. Cada ficheiro tem 129 Mb em TIFF não comprimido.
- ❑ Calculou-se o histograma de uma imagem para efectuar ajuste de contraste.



Montagem de mosaico de ortos do Porto

- ❑ Montagem de um ficheiro único:

```
gdalbuildvrt porto1.vrt *.tif
```

- ❑ Separação em bandas e alteração de contraste:

```
Gdal_translate -b 1 -scale 30 255 0 255 porto1.vrt R.tif
```

```
Gdal_translate -b 2 -scale 38 255 0 255 porto1.vrt G.tif
```

```
Gdal_translate -b 3 -scale 59 255 0 255 porto1.vrt B.tif
```

- ❑ Reconstrução da composição RGB:

```
gdalbuildvrt -separate porto.vrt R.tif G.tif B.tif
```

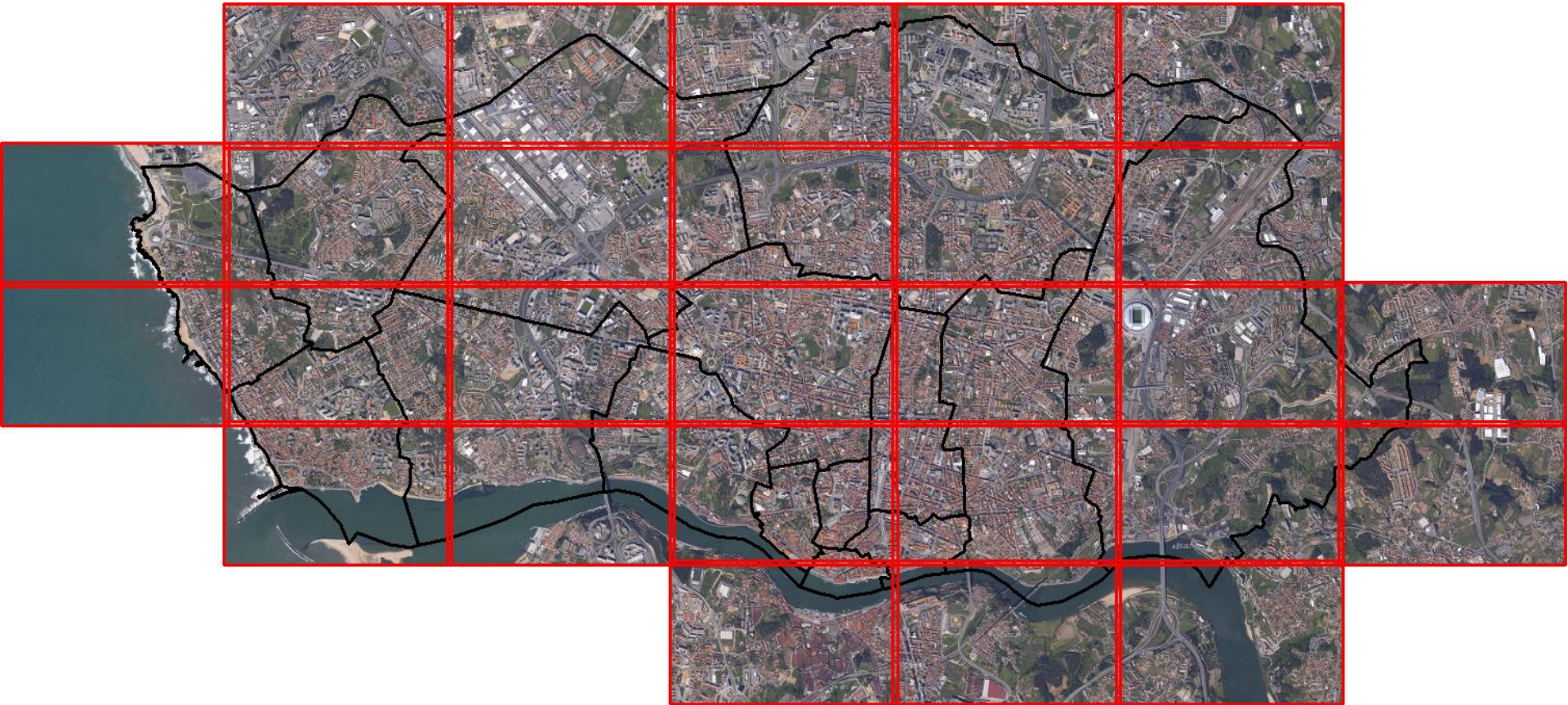
Montagem de mosaico de ortos do Porto

- ❑ Projeção para sistema de coordenadas PT-TM06 e aplicação de uma máscara resultante de buffer de 500 metros à volta do limite do concelho:

```
gdalwarp -s_srs "+init=pt:d73hg" -t_srs "+init=pt:pttm06  
-cutline buffer_500.shp -cl buffer_500  
-dstalpha  
-co TILED=YES -co COMPRESS=JPEG  
porto2.vrt porto.tif  
  
gdaladdo -r average porto.tif 4 8 16 32 64 128 256
```



Montagem de mosaico de ortos do Porto



Montagem de mosaico de ortos do Porto



Montagem de mosaico de ortos do Porto



Montagem de mosaico de ortos do Porto

- ❑ Características dos ficheiros:

Dimensão da imagem: 50 160 por 25 160 pixéis

Tamanho sem compressão: 3.8 Gb

Tamanho com compressão: 579 Mb (com pirâmides)

- ❑ Carregamento e navegação sobre o ficheiro único com esta estruturação são muito rápidos.

EXEMPLO 3



Montagem de mosaicos de cartografia de Coimbra

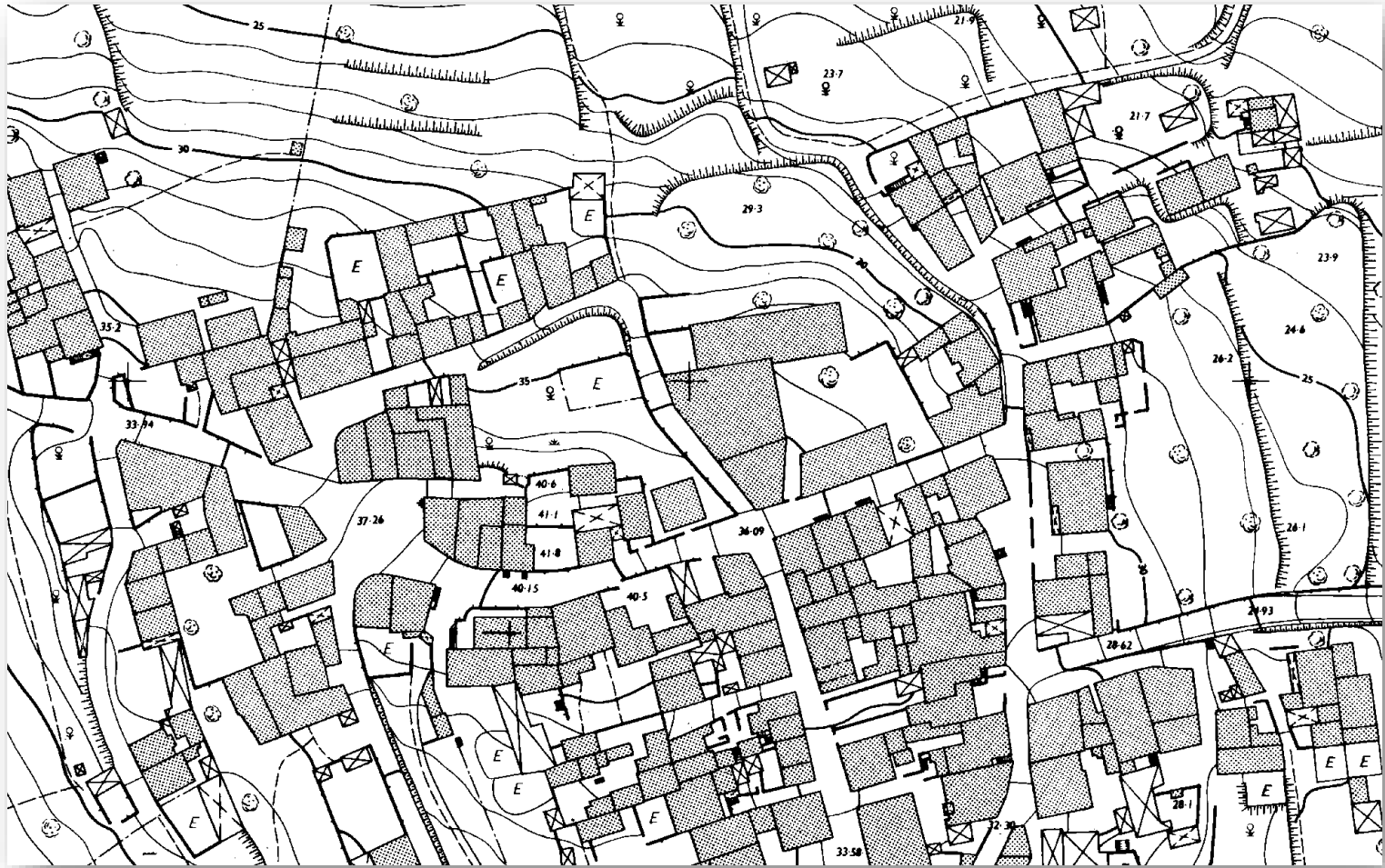
- ❑ Cartografia de 1978, à escala 1:1000 digitalizada e georreferenciada, para utilização em SIG.
- ❑ Total de 195 folhas.
- ❑ Nomenclatura das folhas não é simples
Exemplo: 2402253.tif
- ❑ Cartografia de 1984, à escala 1:5000, de todo concelho, em 54 folhas, digitalizada de forma semelhante.



Montagem de mosaicos de cartografia de Coimbra



Montagem de mosaicos de cartografia de Coimbra



Montagem de mosaicos de cartografia de Coimbra

❑ Opções tomadas (1K):

Pixel de 0.125 m, compressão LZW, utilização de 2 bits.

❑ Criação do mosaico:

```
gdal_buildvrt clk.vrt *.rle

gdal_translate -co NBITS=1 -co COMPRESS=LZW clk.vrt clk.tif

gdalwarp -s_srs "+init=pt:dlxhg" -t_srs "+init=pt:pttm06

        -co NBITS=1 -co TILED=YES -co COMPRESS=LZW

        -tr 0.125 0.125 -te -36800 56000 -20000 65000

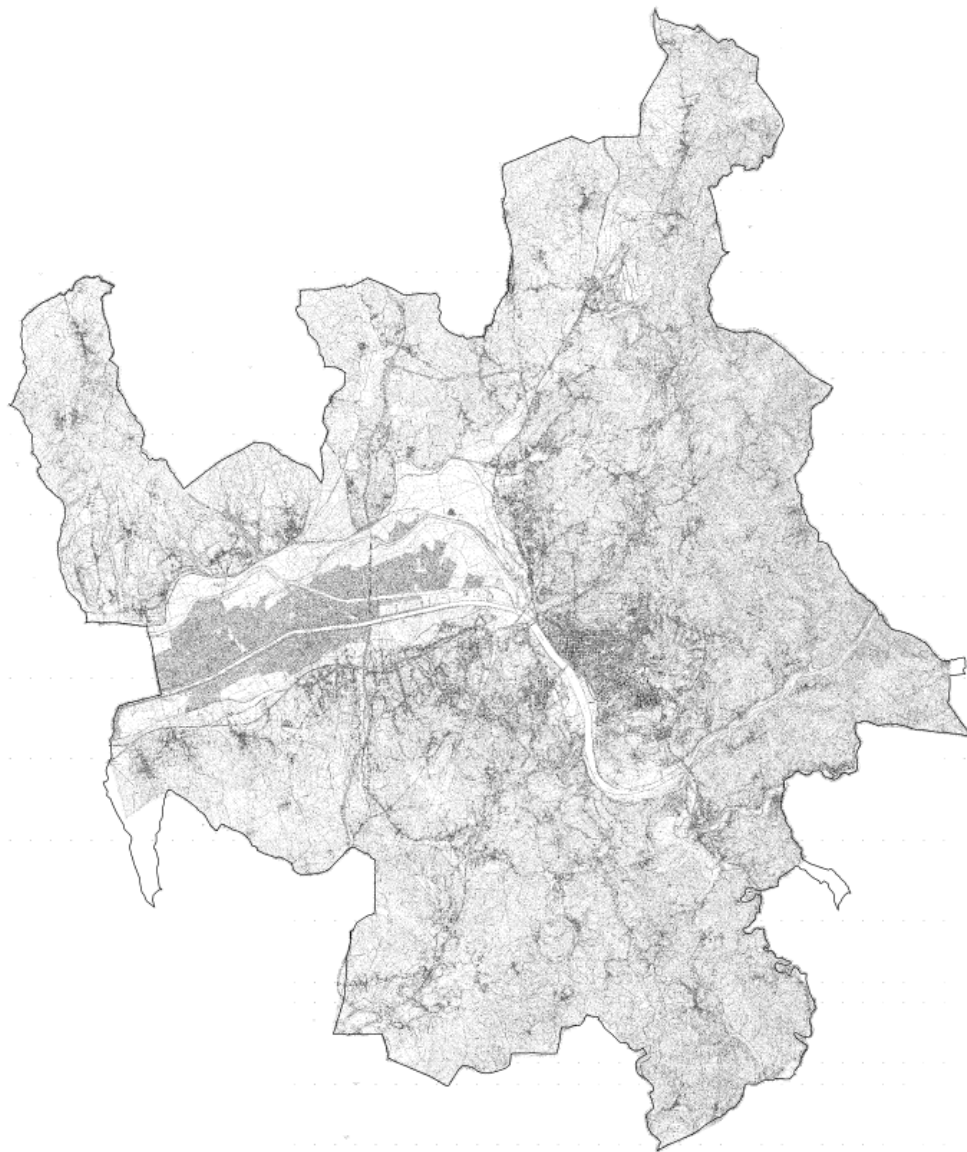
        clk.tif clka.tif

gdaladdo clka.tif 4 8 16 32 64 128 256
```

Montagem de mosaico de cartografia de Coimbra



Montagem de mosaicos de cartografia de Coimbra



Montagem de mosaicos de cartografia de Coimbra

❑ Características dos ficheiros:

1:1000 Dimensão da imagem: 134 400 por 72 000 pixéis

Tamanho sem compressão: 9.7 Gb (8 bits)

Tamanho com compressão: 220 Mb (com pirâmides)

1:5000 Dimensão da imagem: 95 440 por 113 080 pixéis

Tamanho sem compressão: 10.8 Gb (8 bits)

Tamanho com compressão: 210 Mb (com pirâmides)



Conclusões

- ☐ Ferramentas GDAL permitem manipulação avançada de rasters, com grande eficiência.
- ☐ Quantum GIS fornece interfaces gráficos que facilitam a utilização desses programas.
- ☐ Mosaicos de grande dimensão podem ser criados, com dimensões aceitáveis, facilitando o acesso e exploração de rasters.
- ☐ Formato TIFF com compressão JPEG, em tiles, é um formato adequado para esse efeito, permitindo evitar formatos proprietários que requerem licença.

