

Composição expedita de ortomosaicos de fotografias aéreas históricas

José Alberto Gonçalves, André Pinhal

 FACULDADE DE CIÊNCIAS
UNIVERSIDADE DO PORTO


OBSERVATÓRIO
ASTRONÓMICO
Prof. Manuel de Barros

Marisa Isabel Silva, Paulo Manuel Patrício,
Cristina Igreja, Rui Filipe Baptista

 d.gTerritório

Sumário da apresentação

- Motivação
 - Objetivos
 - Descrição do problema
 - Dificuldades comuns nas fotos históricas
 - Solução proposta para ortorretificação
 - Resultados
- 

Antes de começar...

Ortorretificação: é mesmo necessária?

Foto original

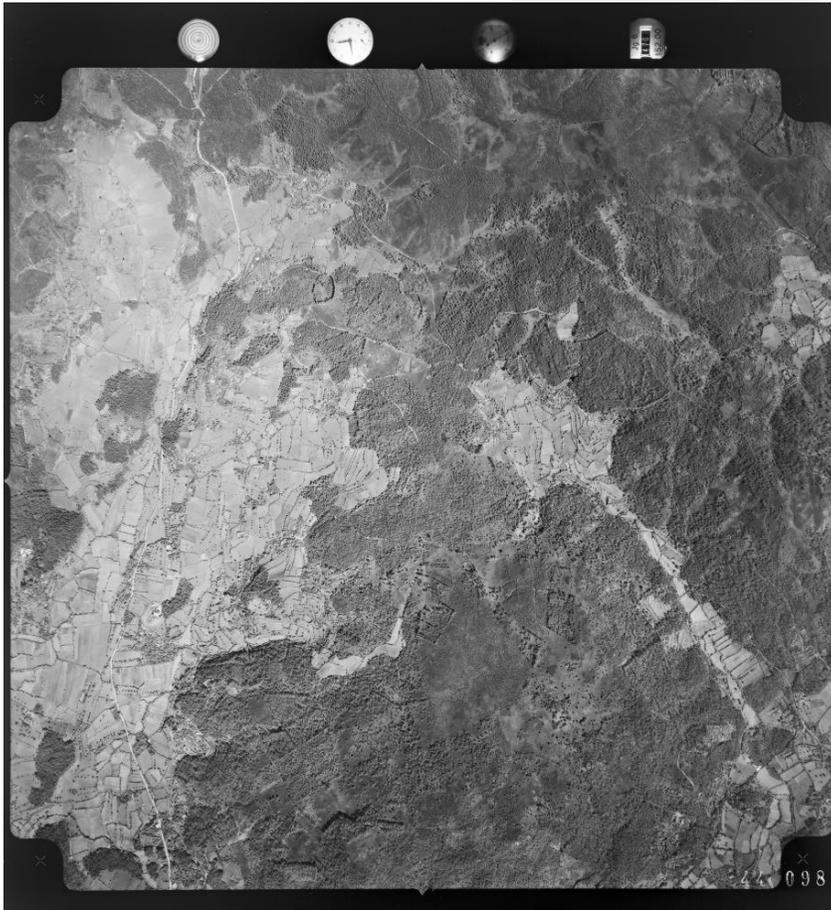
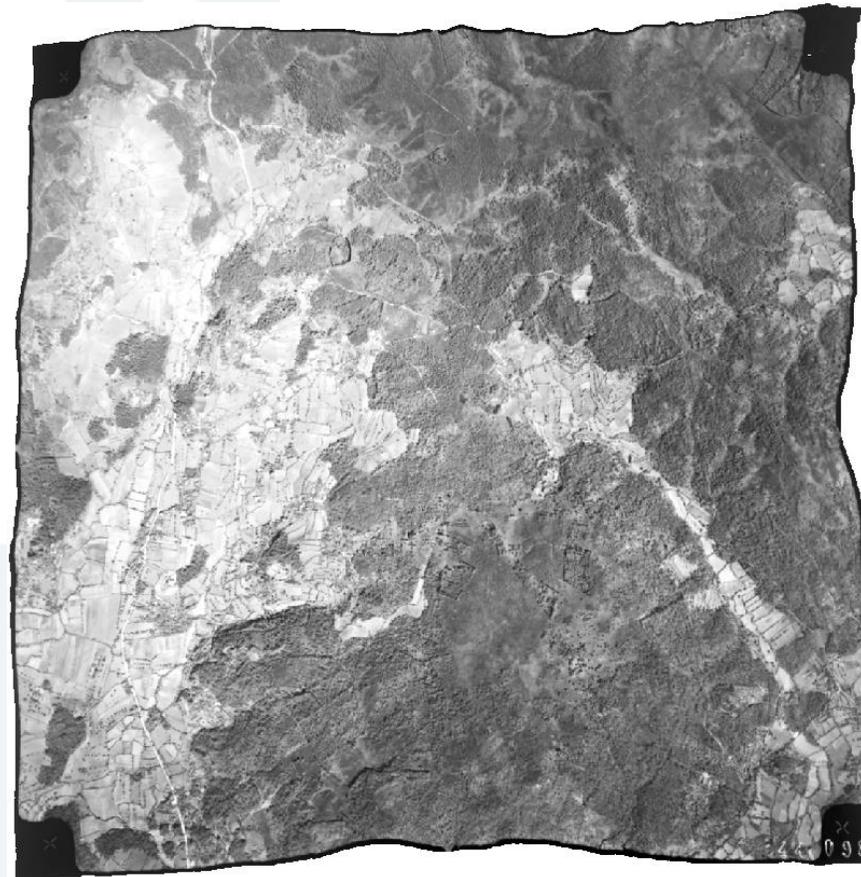


Foto ortorretificada



Motivação

- Importância de disponibilizar camadas de fotografia aérea antiga para estudar o passado e para o presente.
- Contacto com colegas da DGT interessados na ortorretificação de fotos aéreas de arquivo para disponibilização on-line.
- Trabalho prévio
 - Colaboração com colegas arqueólogos e arquitetos paisagistas interessados em dispor de fotografias aéreas antigas com uma georeferenciação rigorosa.
 - Processamento de pequenos conjuntos de fotos de voos USAF (1958) e SPLAL (1947) aplicando desenvolvimentos recentes nos métodos fotogramétricos automáticos:

Structure from Motion – SfM

Arquivos da Direção Geral do Território

- A DGT é detentora de um arquivo de filmes de fotografia aérea analógica com cerca 500.000 fotos, adquiridas entre os anos de 1944 e 2002.
- São de variadas escalas destacando-se as coberturas sistemáticas nas escalas 1:15.000 e 1:30.000 e as escalas 1:5.000 e 1:8.000 para elaboração de cartografia e ortofotocartografia a escalas grandes.
- Já se encontram digitalizadas cerca de 235.000 imagens. Tem sido feito um trabalho de catalogação e identificação de localização aproximada dos centros das imagens, estando disponíveis para consulta em baixa resolução 112.000 fotos (webfototeca).

Digitalização em scanner

- Scanners fotogramétricos com alta resolução (20 a 25 micron).
 - Leica DSW700-460
 - GeoSystem Deltascan
- Scanner não fotogramétrico de média resolução (800 dpi).
 - Mikrotek ScanMaker 9800XL
 - Adaptação de montagem para rolos



Digitalização por fotografia digital

- Câmera Fuji GFX 100
- 100 Mpix (11648 x 8736 pixels)
- Lente com $f = 120$ mm



Objetivos

- Implementar método expedito para ortorretificar coberturas da DGT:
 - Grandes números de fotos a processar em simultâneo
 - Procurar a maior automatização possível
 - Tentar boa georreferenciação com número reduzido de pontos de apoio
 - Tentar garantir rigor posicional de acordo com escala cartográfica associada à escala da fotografia
- O presente trabalho descreve o estudo da ortorretificação de uma cobertura aérea de 1965.

Cobertura de 1965

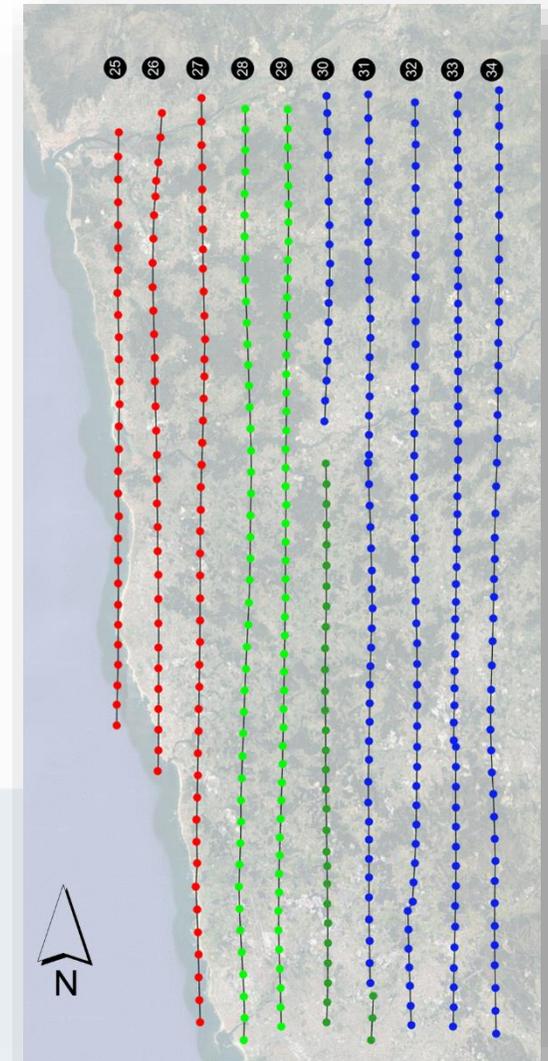
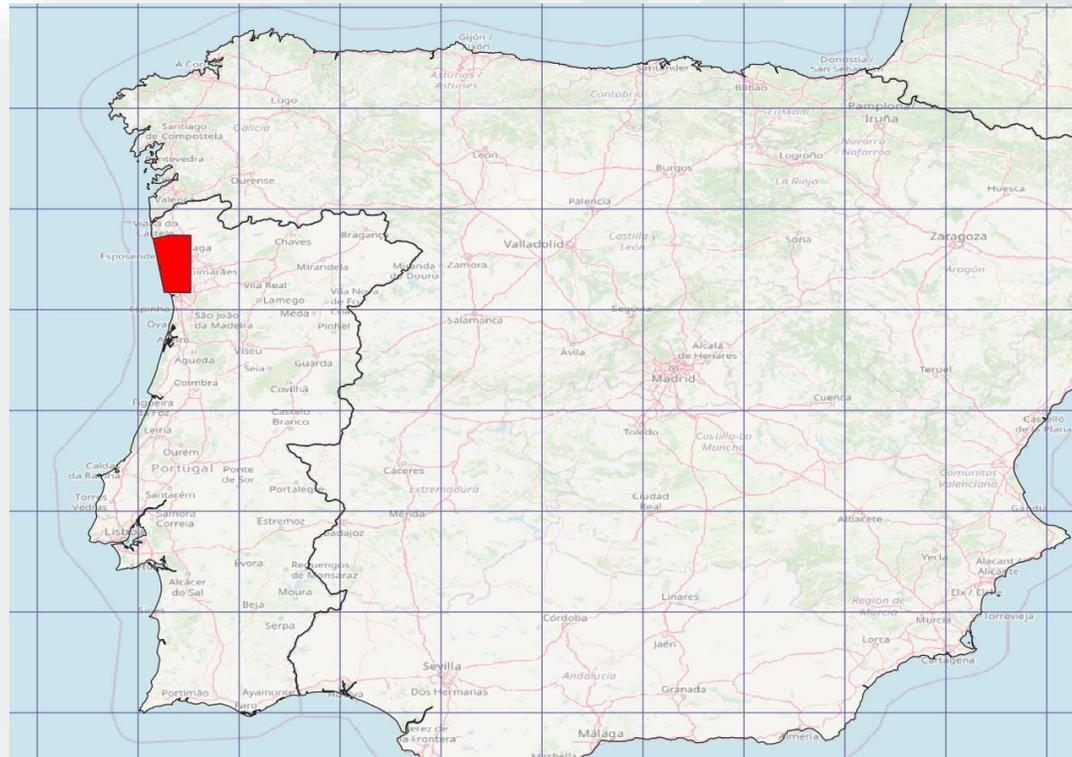
- Cobertura nacional à escala 1:15.000
- Filme de 230 mm
- Distância focal 152 mm
- Tem marcas fiduciais nos cantos
- Não é conhecido o modelo da câmara nem existe relatório de calibração

Cobertura de 1965

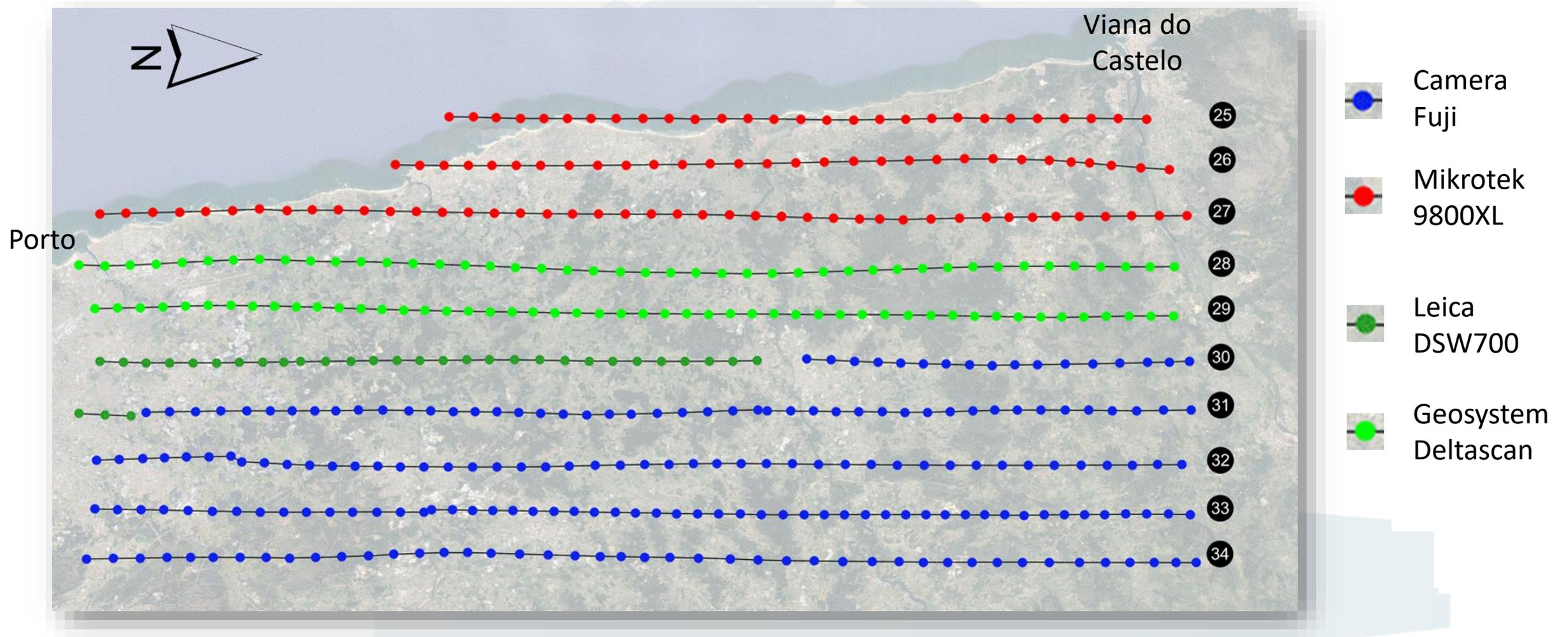
- Digitalização com pixel de 25 microns origina pixel no terreno próximo de 0.4 m.
- Considerou-se como aceitável uma escala do produto final de 1:10.000.
- Nesta escala o erro de graficismo (0.2 mm) corresponderia a 2 m no terreno.
- Tomaremos este erro como referência aceitável, ou eventualmente flexibilizar um pouco, por exemplo, para 3 m.
 - Podem ocorrer dificuldades por exemplo pela má qualidade da imagem, pelo desconhecimento dos parâmetros da câmara ou pela dificuldade em identificar pontos de apoio.

Cobertura de 1965

- Total de 433 fotos disponibilizadas, cobrindo área maior que 1600 km².



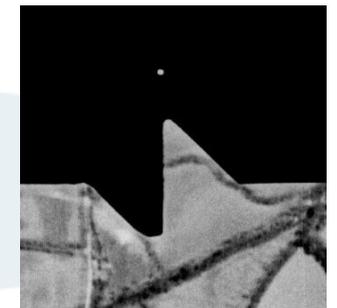
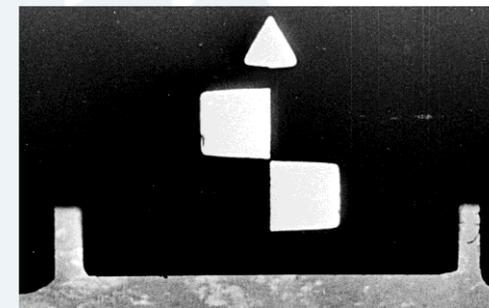
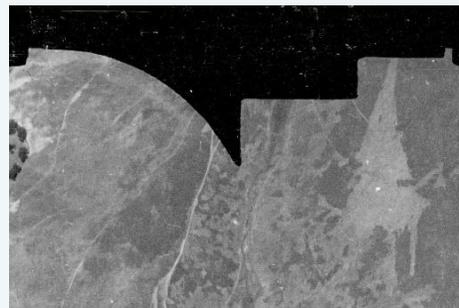
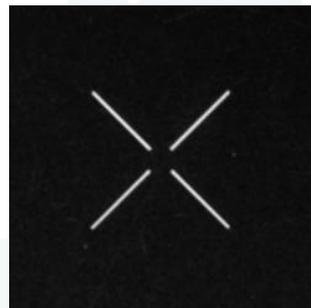
Cobertura de 1965



Dificuldades com fotos aéreas de arquivo:

- Programas tradicionais da fotogrametria esperam o conhecimento de parâmetros característicos da câmara aérea:
 - Qual a distância focal?
 - Onde estão as marcas fiduciais? E o ponto principal?
 - Quais as suas coordenadas fotográficas?

Frequentemente não existe essa informação.



Dificuldades com fotos aéreas de arquivo:

- Alterações para a atualidade poderão ser muito grandes, dificultando a identificação de pontos comuns para apoio fotogramétrico.



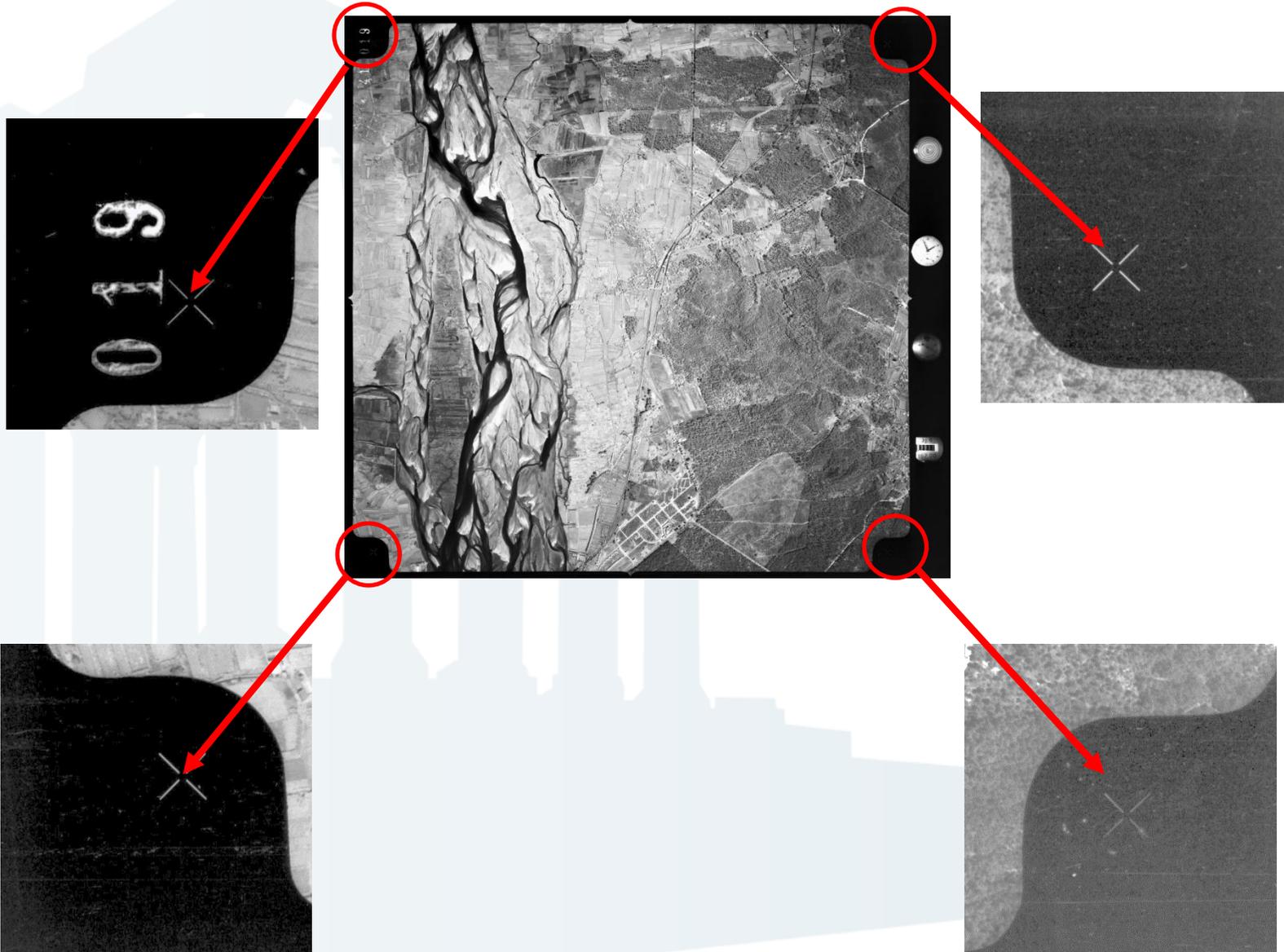
O método - analogia com processamento de imagens de UAV

- Utiliza “Structure from Motion” (Agisoft Metashape)
- Requer preparação inicial das fotos fazendo um registo entre imagens de forma a reamostrar todas para a mesma dimensão.
- Apenas precisa de dimensão do pixel e distância focal aproximada. Assume câmara com distorções, fazendo uma auto-calibração.
- Orientação com pontos de apoio (originados em orto e DEM atuais).
- Extração de nuvem de pontos, geração de DEM, ortorretificação e composição de mosaico.

Registo entre imagens utilizando marcas fiduciais:

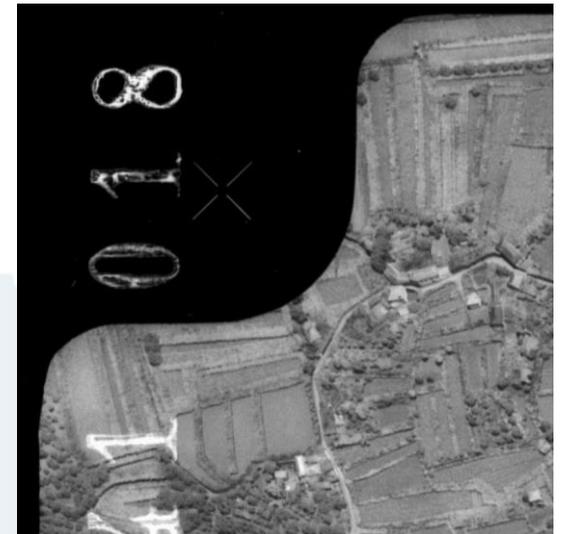
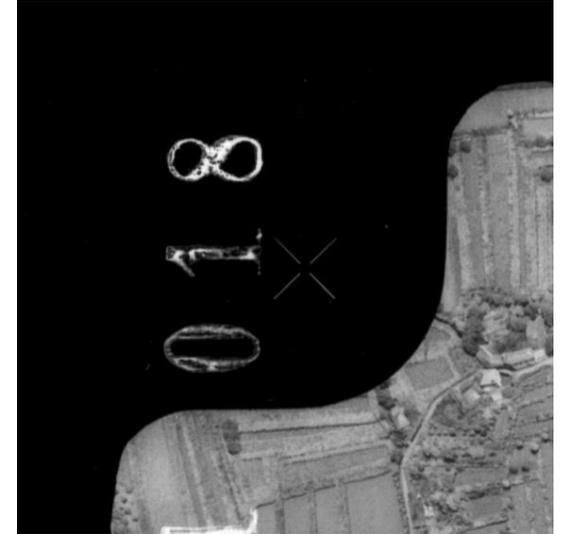
Marcas fiduciais definem um quadrado
com lado 212 mm.

(Situação típica das câmaras Wild)



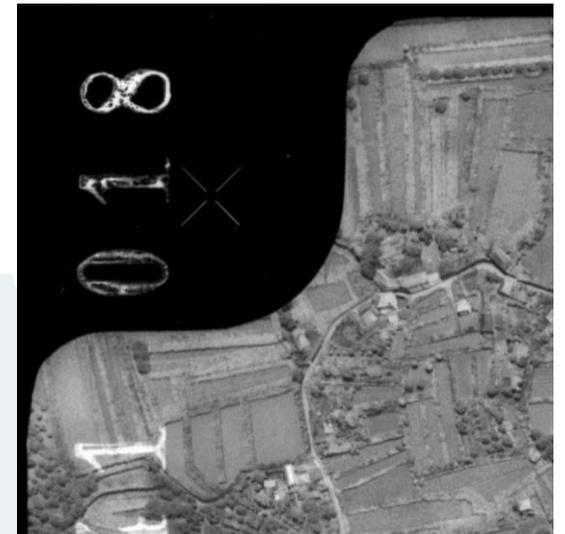
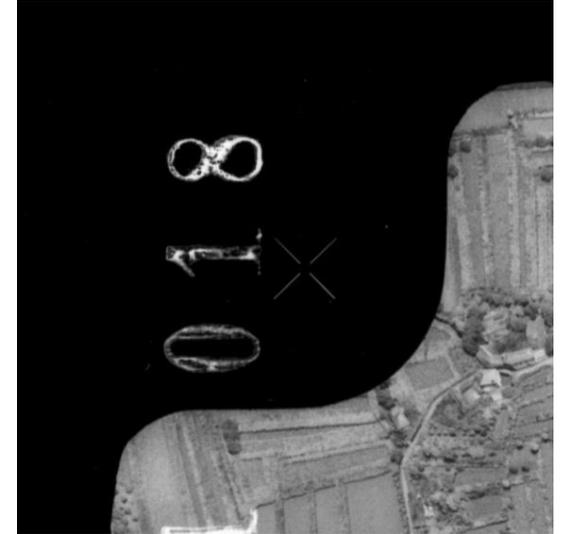
Registo entre imagens utilizando marcas fiduciais:

- Primeira foto é tomada como referência.
- Marcas são identificadas manualmente.
- Nas restantes fotos as marcas são pesquisadas automaticamente por correlação. Espaço de procura é pequeno
- Depois de detetadas as 4 marcas, a imagem é registada por transformação afim, com reamostragem.



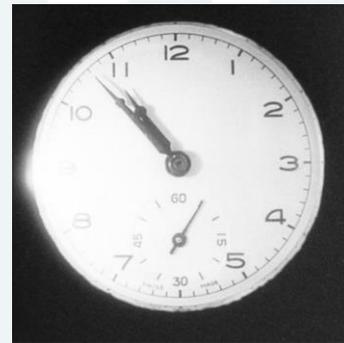
Registo entre imagens utilizando marcas fiduciais:

- Primeira foto é tomada como referência.
- Marcas são identificadas manualmente.
- Nas restantes fotos as marcas são pesquisadas automaticamente por correlação. Espaço de procura é pequeno
- Depois de detetadas as 4 marcas, a imagem é registada por transformação afim, com reamostragem.



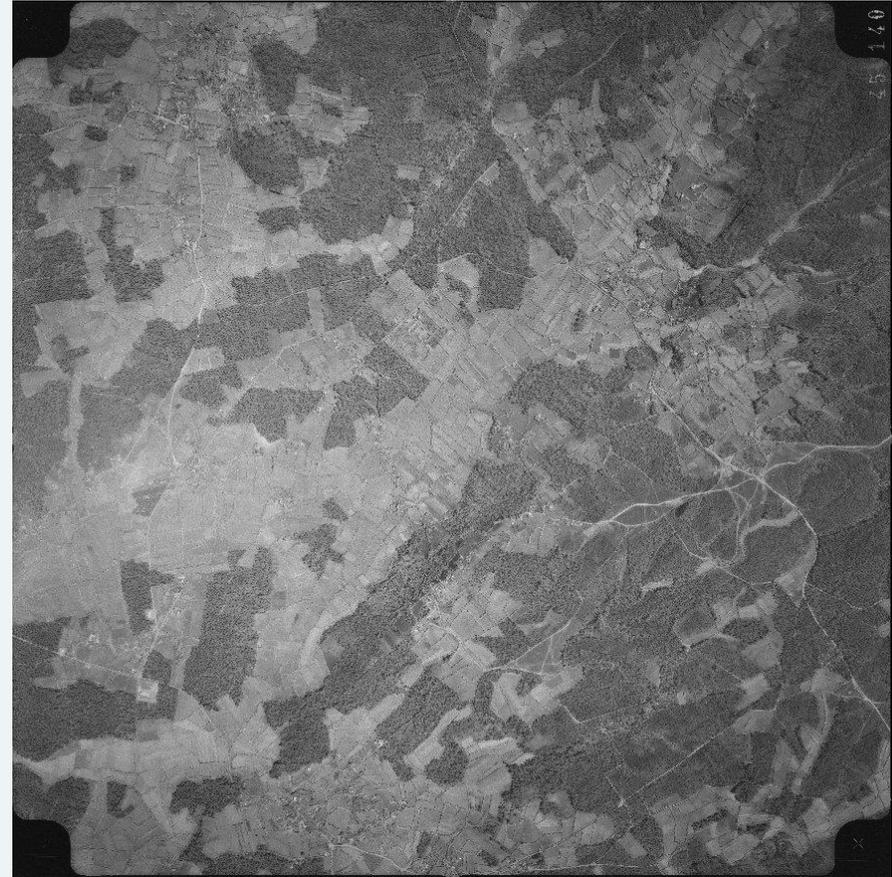
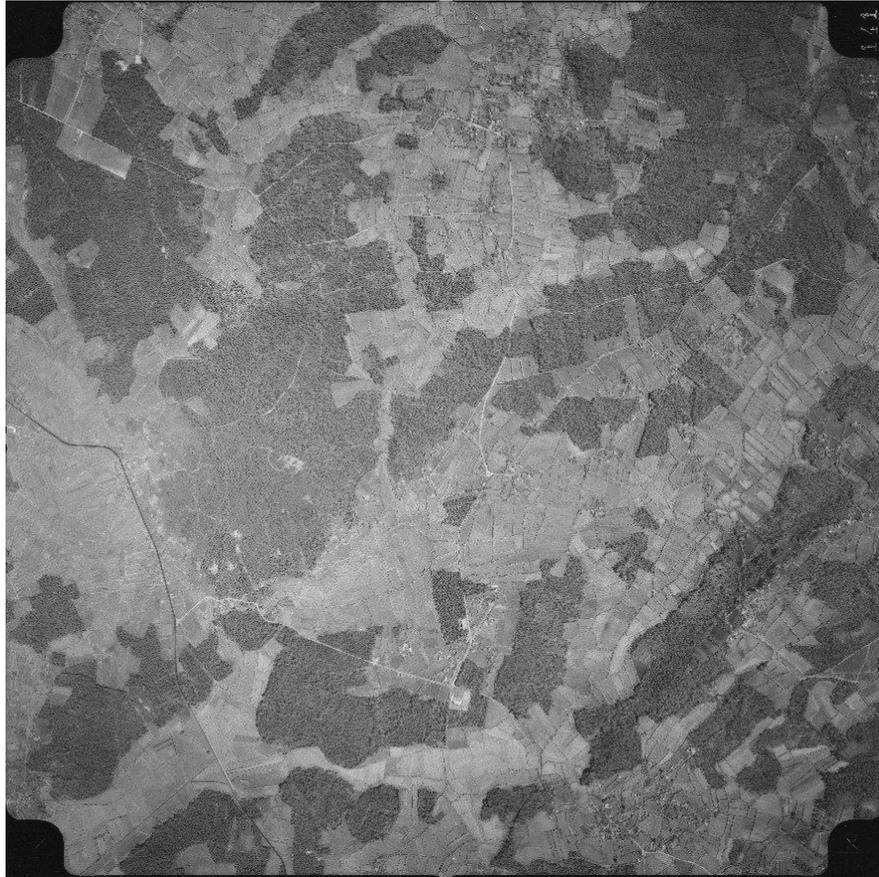
Registo entre imagens utilizando marcas fiduciais:

- Erros médios quadráticos no registo são em geral inferiores a 2 pixéis.
- No caso das fotos digitalizadas com câmara fotográfica é provável que a câmara não esteja rigorosamente vertical.
- Registo deve ser feito com uma transformação projetiva e não com a afim. Não há redundância, sendo necessário uma posterior verificação de concordância de outros pormenores na cercadura da imagem.



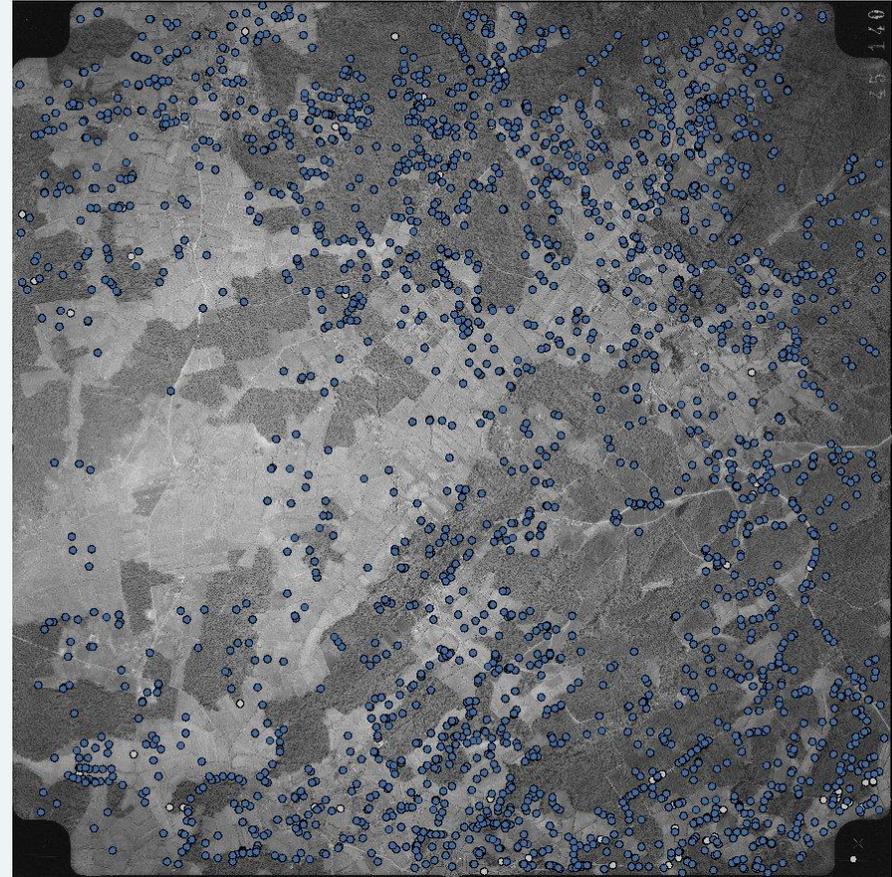
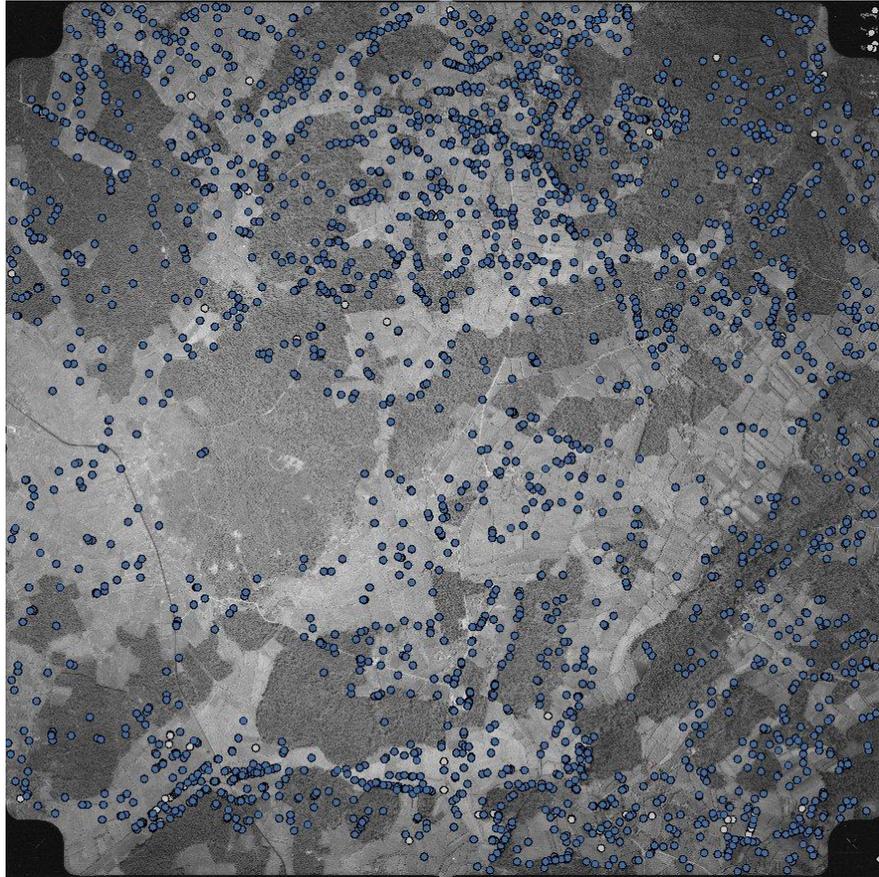
Alinhamento das imagens (orientação relativa do bloco)

- Utiliza pontos de ligação obtidos automaticamente (SIFT, etc...)



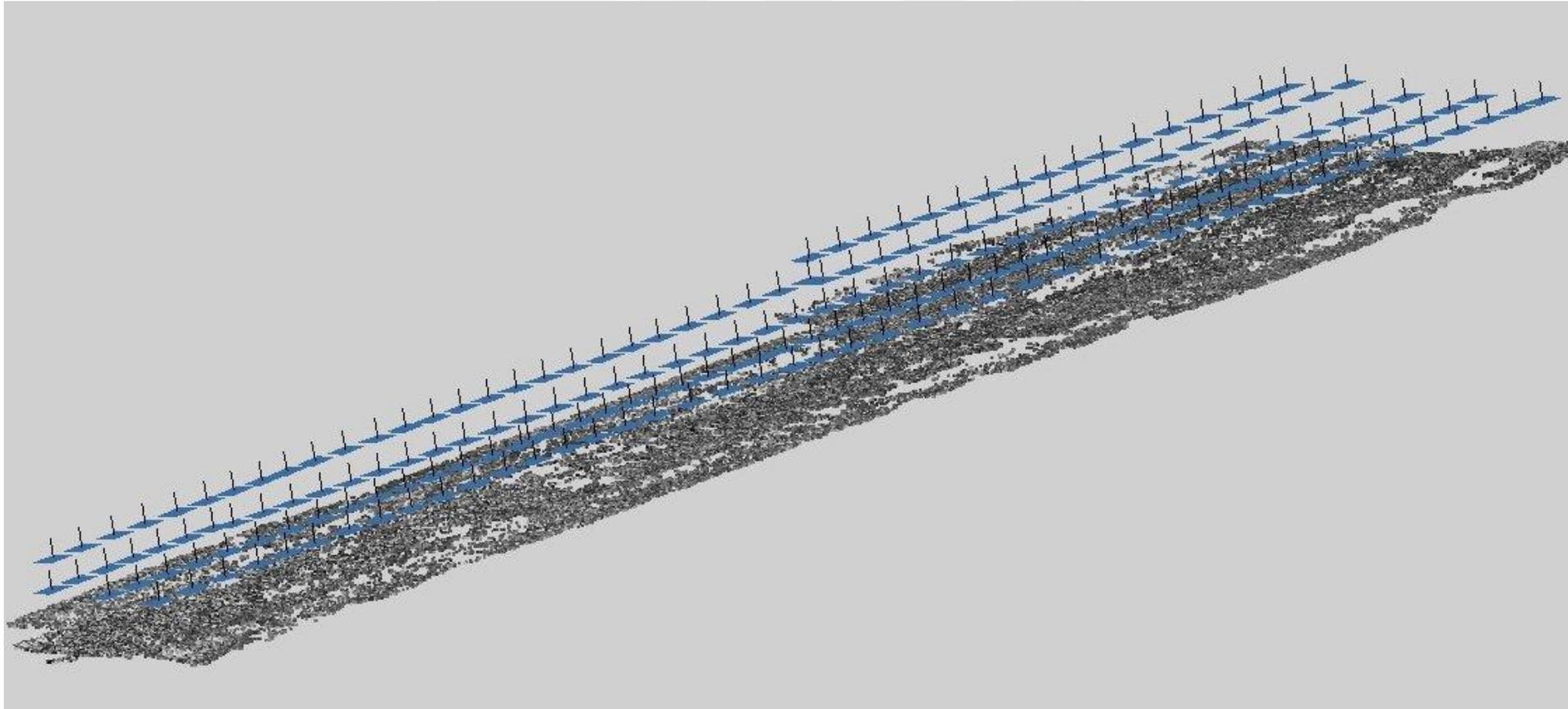
Alinhamento das imagens (orientação relativa do bloco)

- Utiliza pontos de ligação obtidos automaticamente (SIFT, etc...)



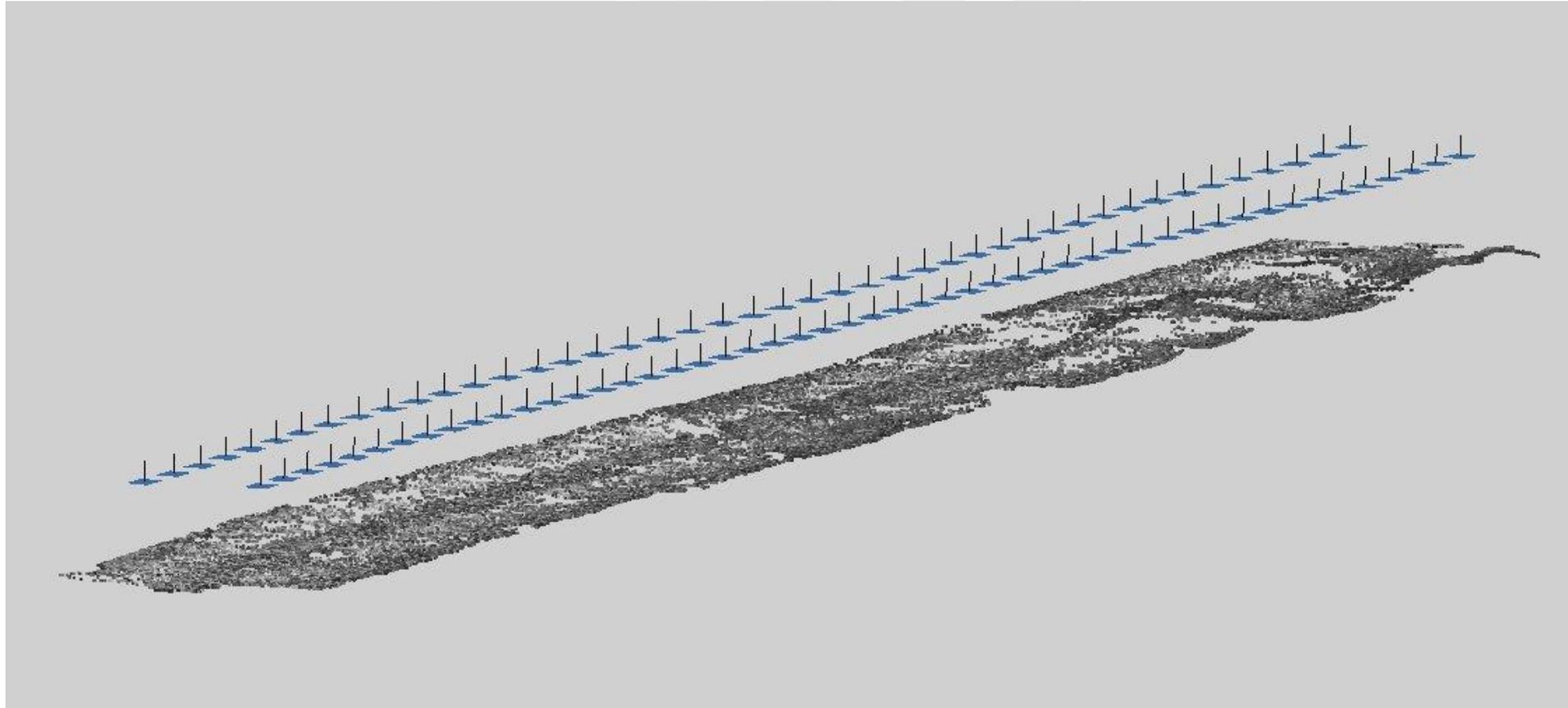
Alinhamento das imagens (orientação relativa do bloco)

- Processamento em grupos, de acordo com o método de digitalização



Alinhamento das imagens (orientação relativa do bloco)

- Processamento em grupos, de acordo com o método de digitalização

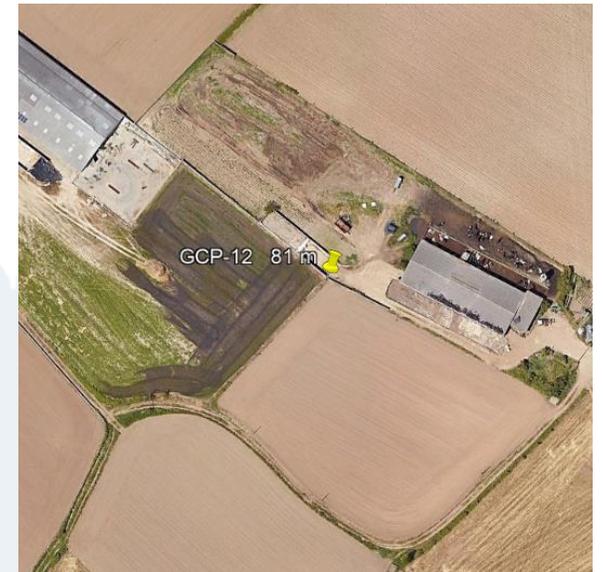
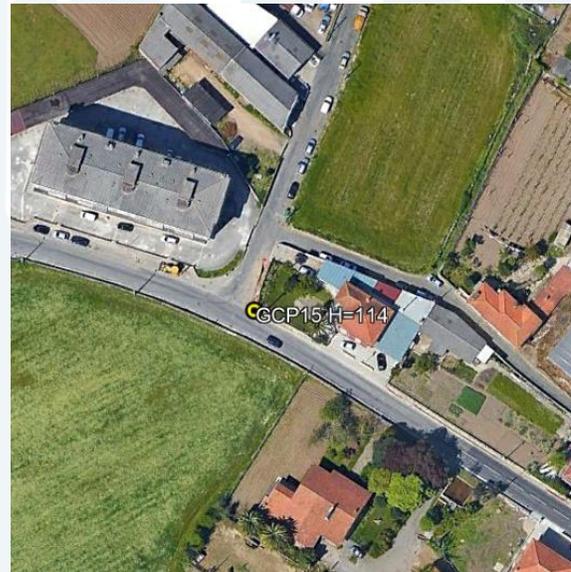


Processamento em 4 grupos

- Apesar de todas as fotos serem da mesma câmara, cada processo de digitalização poderá implicar distorções, pelo que cada bloco é considerado como tendo uma câmara diferente.
- Aspeto importante para as fotos digitalizadas por fotografia. O processo poderá introduzir distorção radial que necessitará de parâmetros diferentes.
- Inicialmente fizeram-se os processamentos em separado para análises de resultados. Para obtenção de um único ortomosaico fez-se posteriormente um processamento conjunto, considerando 4 câmaras diferentes.

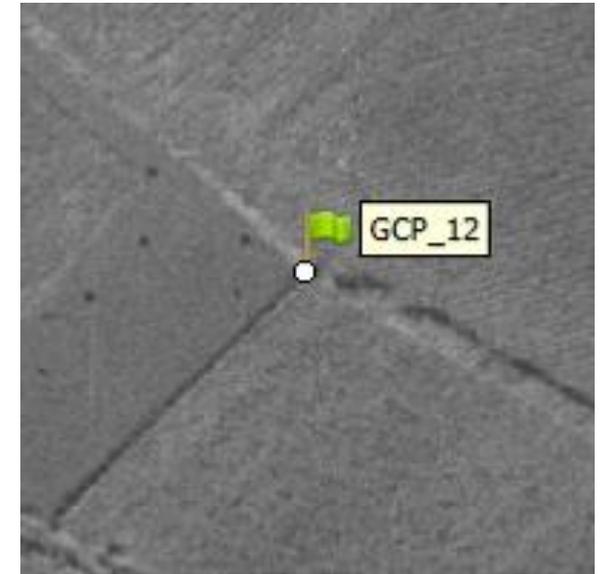
Pontos de apoio

- Leitura de coordenadas em ortofotos atuais.
- Centros históricos fornecem melhores pontos que áreas urbanas desenvolvidas.
- Zonas agrícolas do interior com poucas alterações fornecem alguns pontos nos limites de campos agrícolas.



Pontos de apoio

- Leitura de coordenadas em ortofotos atuais.
- Centros históricos fornecem melhores pontos que áreas urbanas desenvolvidas.
- Zonas agrícolas do interior com poucas alterações fornecem alguns pontos nos limites de campos agrícolas.

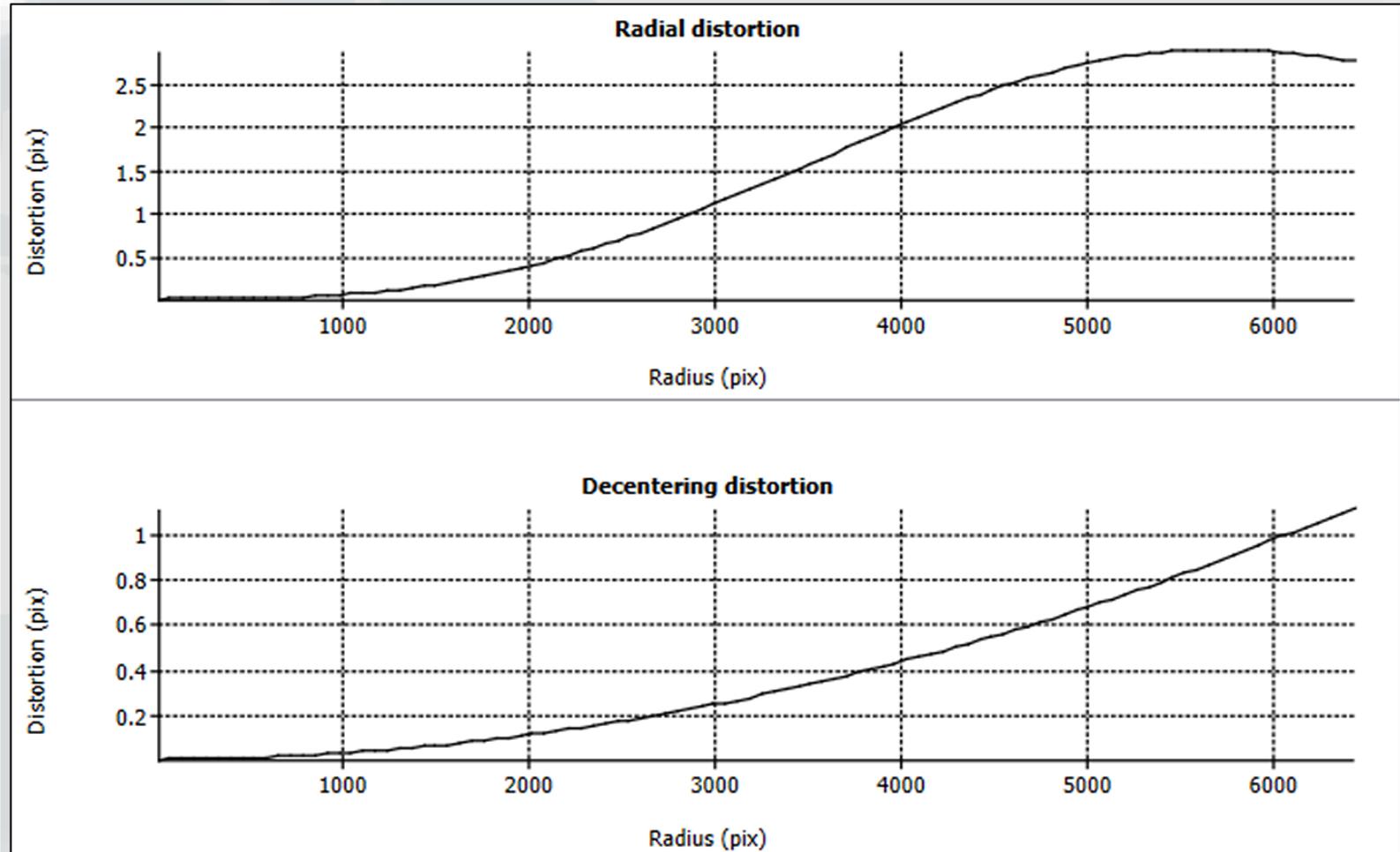


Resultados – EMQ obtidos no *bundle adjustment*

Método de digitalização	Nº de fotos	Nº de GCPs	RMS-E (m)	RMS-N (m)	RMS-H (m)
Leica DSW	32	19	1.2	0.9	1.3
Geosystem Deltascan	94	26	1.1	0.9	1.8
Câmara FUJI GFX 100	206	28	2.8	2.7	4.2
Mikrotek	101	21	2.2	3.2	2.1

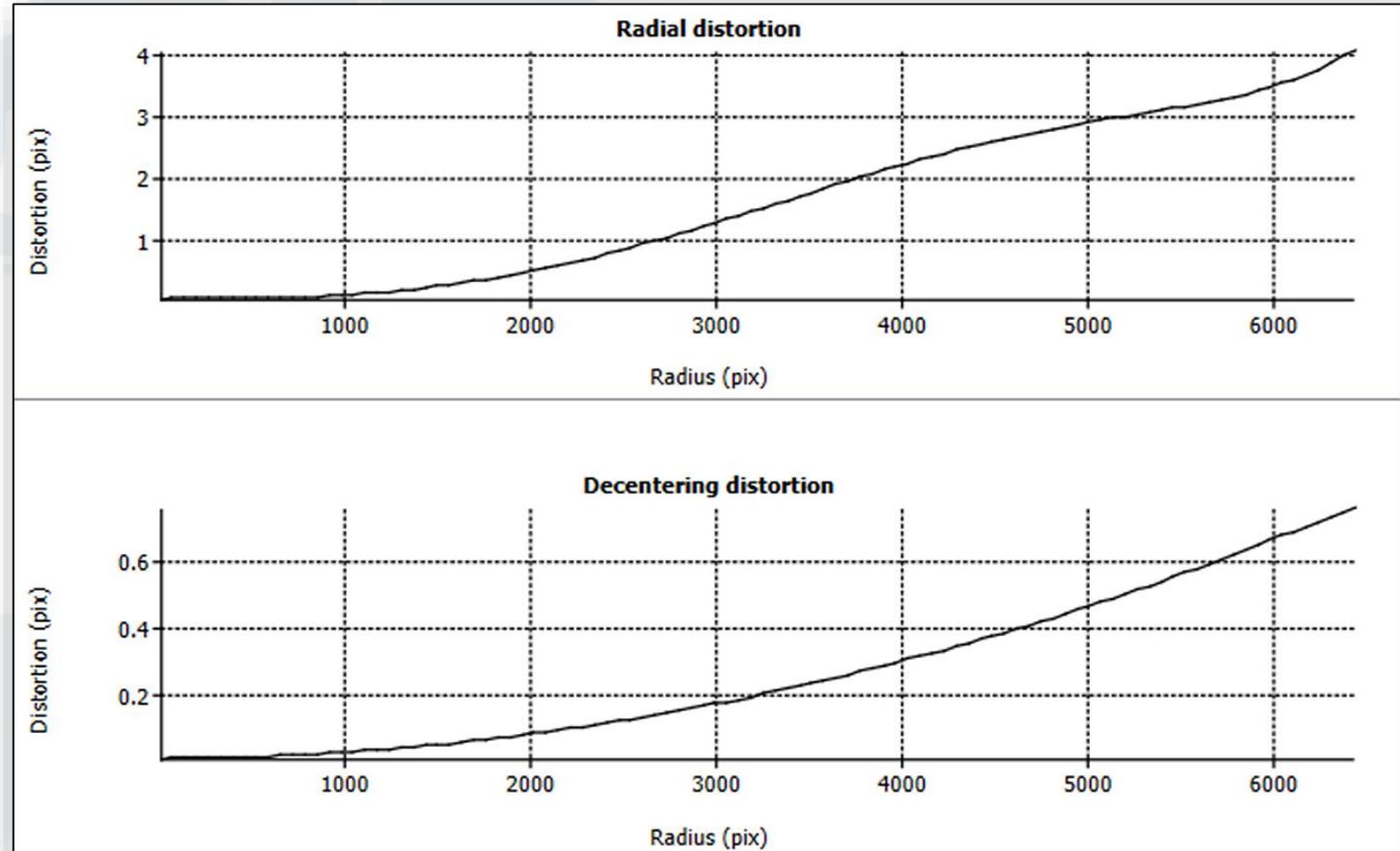
Parâmetros de distorção

Geosystems Deltascan
(Scanner
fotogramétrico)



Parâmetros de distorção

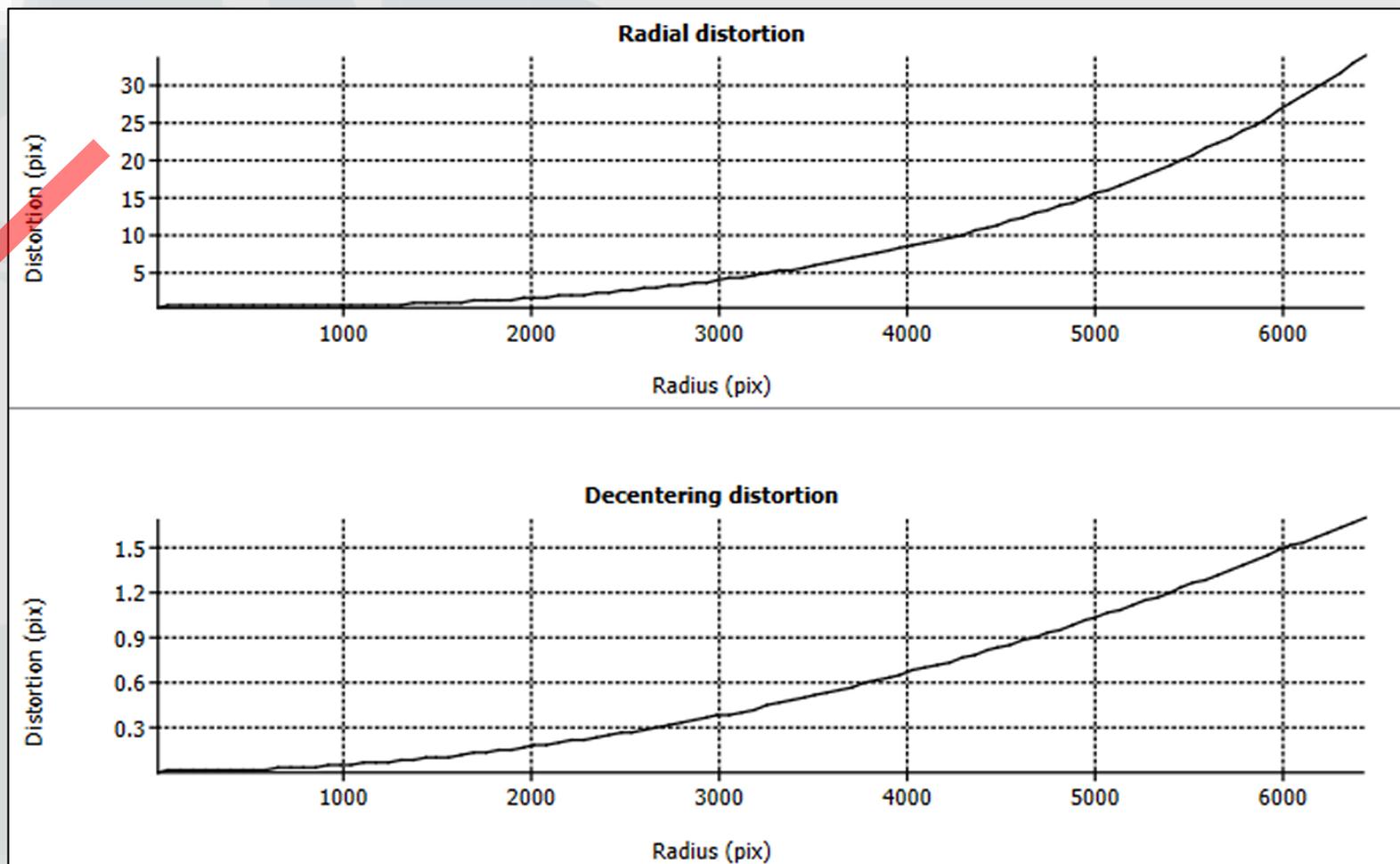
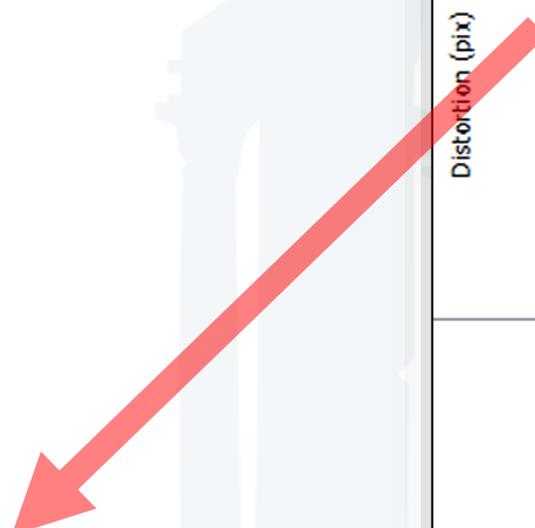
Leica DSW700-460
(Scanner
fotogramétrico)



Parâmetros de distorção

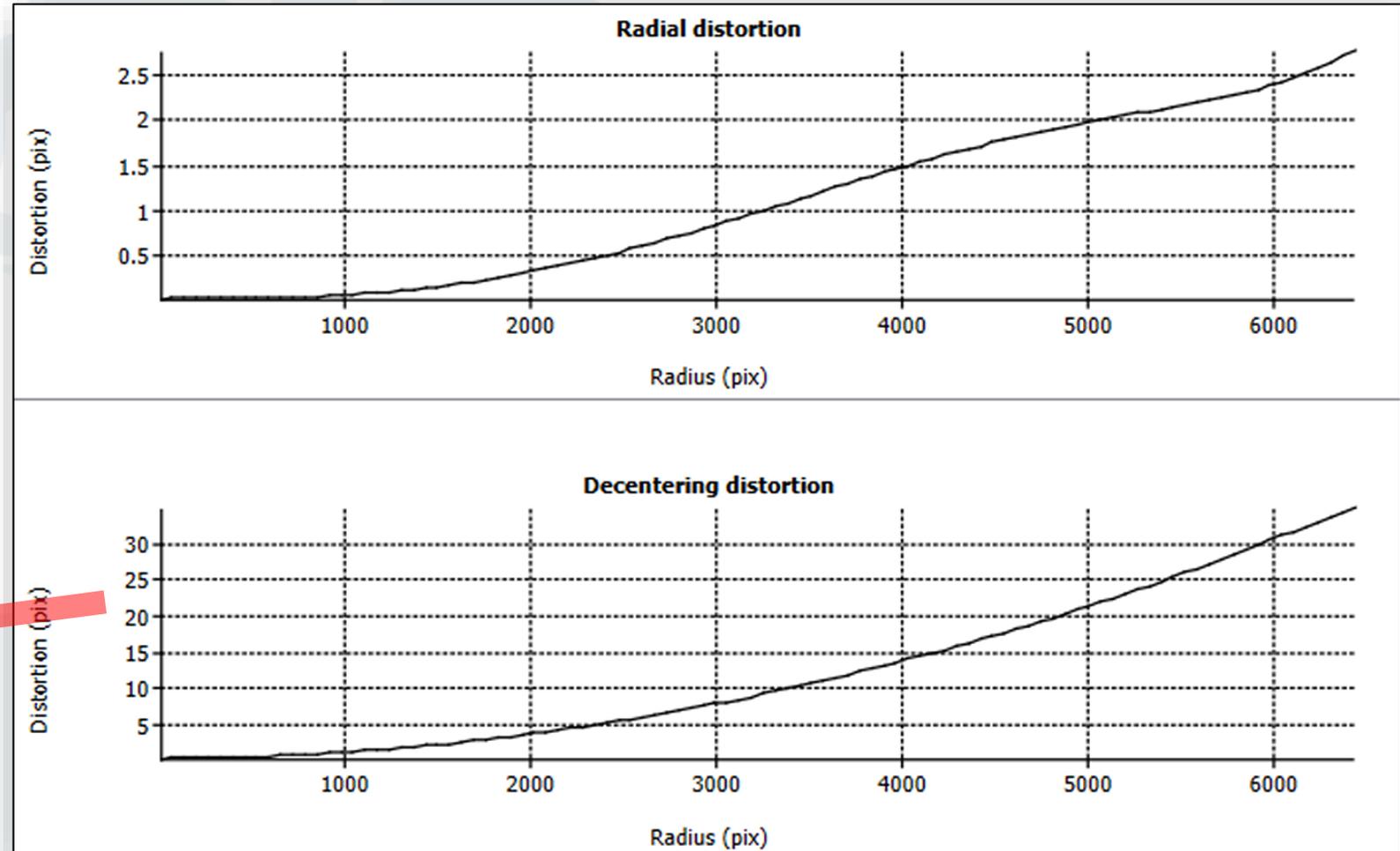
Fuji GFX 100
(Fotografia)

Distorção radial grande



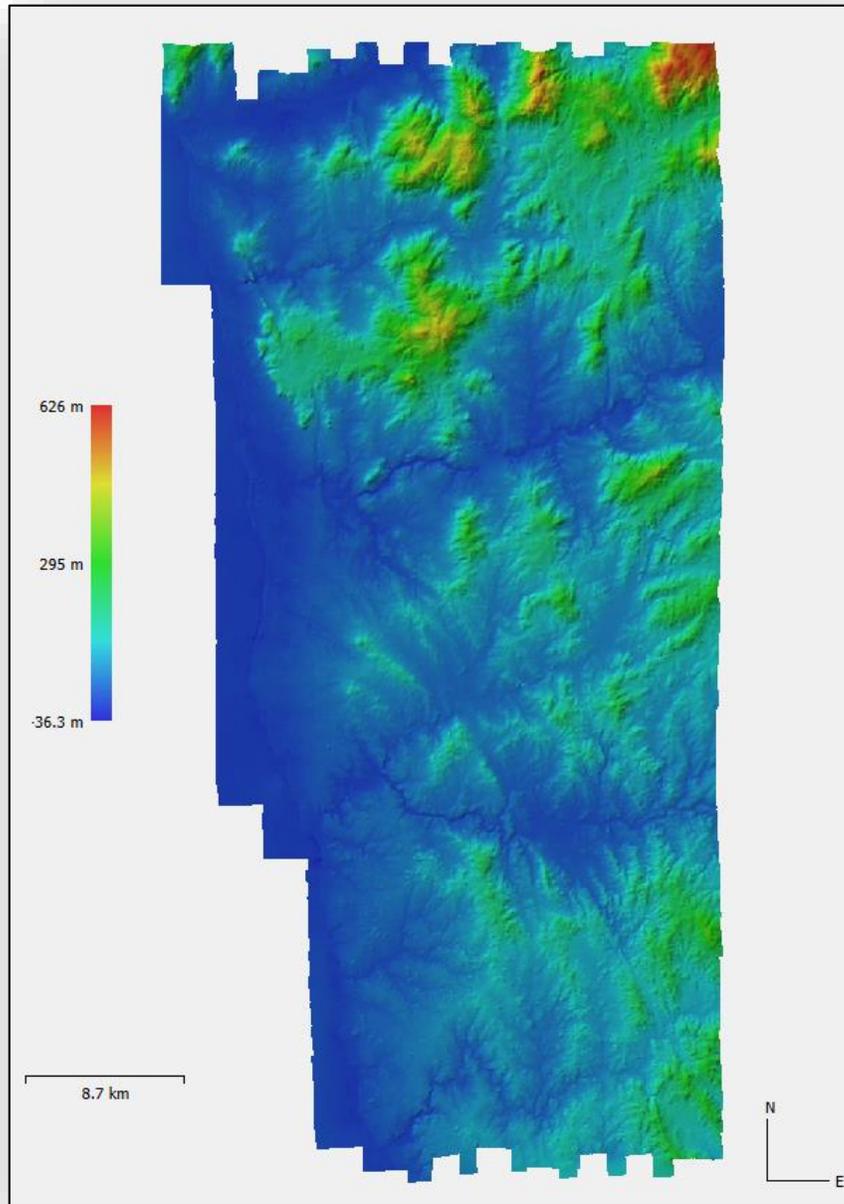
Parâmetros de distorção

Mikrotek
(Scanner não
fotogramétrico)



Distorção
tangencial grande





Ortomosaico resultante

- Ficheiro único Geotiff, com 77500 colunas e 155000 linhas (12 Gb)
- Preparado na forma COG (Cloud Optimized Geotiff), com compressão JPEG.
 - http://gis.ciimar.up.pt/gisData/hist-aerial/dgt1965/DGT1965_ORT.tif

- Tempos de execução:

AMD Ryzen Threadripper 32 cores

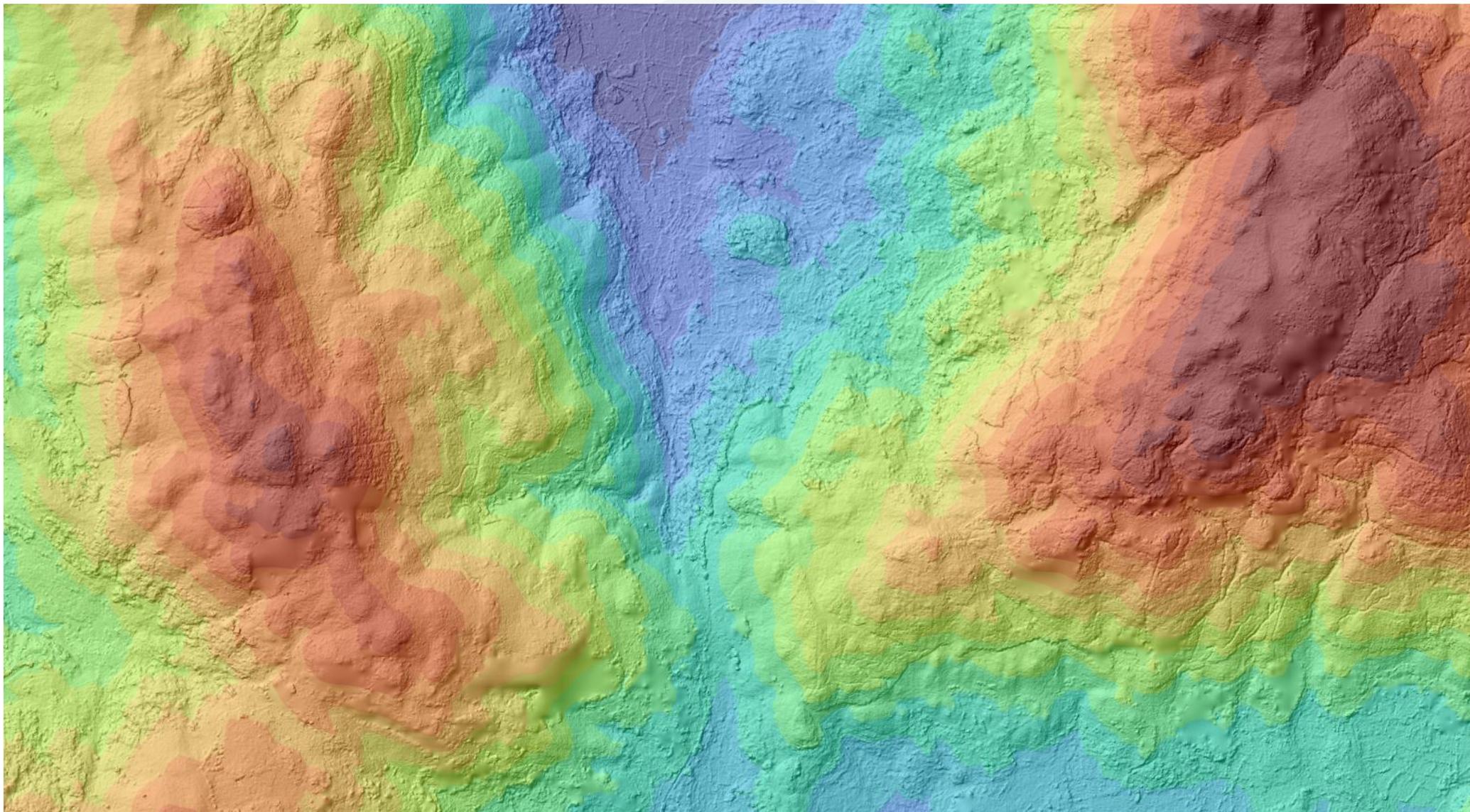
64 Gb RAM

Nvidia Geforce RTX 2080 Ti

Operação	Tempo (mm:ss)
Align	06:29
DepthMaps	13:31
PointCloud	28:32
DEM	04:08
Ortomosaico	32:00



5.0x2.9
km²



5.0x2.9
km²



640x350
m²



640x350
m²



640x350
m²



640x350
m²

Conclusão

- Método implementado permite ortorretificação rápida de blocos de dimensão significativa.
- Preparação das imagens (registo e reamostragem) pode ser automatizada, requerendo pequena intervenção do operador.
- Identificação de pontos de controlo poderá ser a parte mais demorada, devido a envolver uma grande intervenção do operador.
- Resultados com fotos digitalizadas em scanner fotogramétrico apresentam melhor rigor posicional.
- Apesar do rigor inferior, os outros métodos de digitalização originam ortomosaicos aceitáveis.