



X CONFERÊNCIA NACIONAL DE CARTOGRAFIA E GEODESIA

INFORMAÇÃO GEOESPACIAL PARA OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

INSTITUTO POLITÉCNICO DA GUARDA

02 – 03 NOVEMBRO 2023

Estudo da aplicação de drones para elaboração de cartografia de apoio a planos de reabilitação urbana

Maria CARVALHO^{1,2}, Alexandrina MENESES², José Alberto GONÇALVES¹

¹Faculdade de Ciências da Universidade de Porto (Portugal)

²Câmara Municipal de Santa Maria da Feira (Portugal)

(up201709217@edu.fc.up.pt, Alexandrina.Meneses@cm-feira.pt, jagoncal@fc.up.pt)



ORDEM
DOS
ENGENHEIROS

Sumário

- Objetivos
- Descrição do problema
- Levantamento com drone
- Processamento e geração de ortomosaico e MDS
- Avaliação do rigor posicional
- Análise da informação extraída



X CONFERÊNCIA NACIONAL DE CARTOGRAFIA E GEODESIA
INFORMAÇÃO GEOESPACIAL PARA OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL
02 – 03 NOV. INSTITUTO POLITÉCNICO DA GUARDA



ORDEM
DOS
ENGENHEIROS

Objetivos

- Objetivo geral:
 - Demonstrar que a aplicação de drones para a elaboração de cartografia de apoio a planos de reabilitação urbana pode trazer uma **série de benefícios** para uma Câmara Municipal.
- Objetivos específicos:
 - Estudar a possibilidade de **reduzir ou eliminar** a necessidade de **pontos de apoio** no terreno recorrendo a drones RTK nos levantamentos fotogramétricos de muito alta resolução.
 - **Avaliar qual a informação possível de extrair** dos produtos fotogramétricos resultantes do drone para integração nos levantamentos de apoio aos planos de reabilitação urbana.



Área de estudo



X CONFERÊNCIA NACIONAL DE CARTOGRAFIA E GEODESIA
INFORMAÇÃO GEOESPACIAL PARA OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL
02 – 03 NOV. INSTITUTO POLITÉCNICO DA GUARDA



ORDEM
DOS
ENGENHEIROS

Área de estudo

- Área de estudo a cobrir de 22 ha
- Elevada concentração urbanística
- Voo com um VANT Dji Phantom 4 RTK

Posição com uma precisão centimétrica em tempo real

Uma lente de 8,8 mm / 24 mm

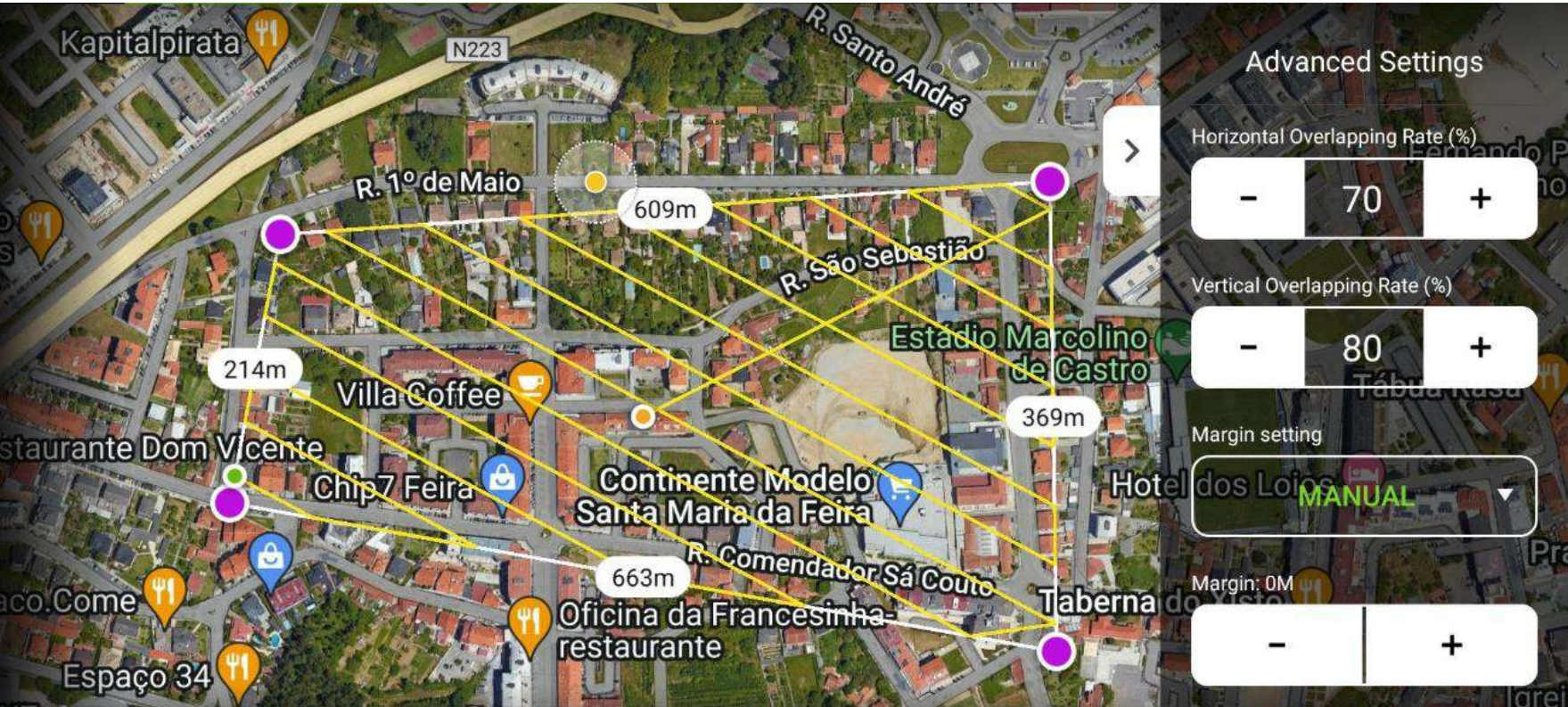


Planeamento de voo

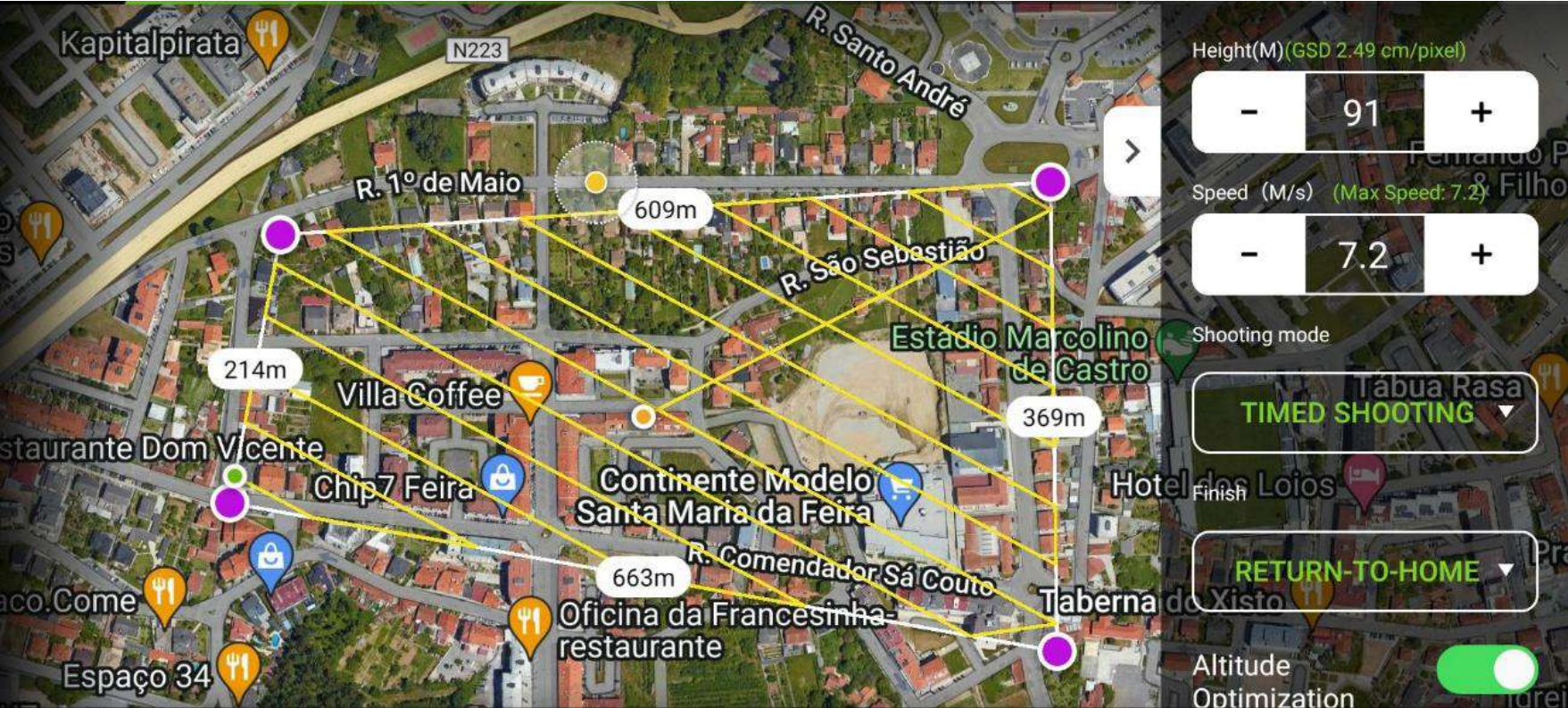
- Opções escolhidas
 - Aquisição de imagens com pixel de 2.5 cm no terreno, a que corresponde altura de voo de 91 m.
 - Sobreposições longitudinal e lateral de 80% e 70%, respetivamente.
 - Escolha da opção “Altitude optimization” (Inclusão de uma linha de voo com câmara oblíqua).
 - Manter a geometria original da câmara, que contém distorção.
- Ligação RTK
 - Escolheu-se a estação permanente da ReNEP EDVD (São João da Madeira), aproximadamente a 6 km.
- A estas opções correspondeu:
 - Total de 369 fotos (19 delas oblíquas), adquiridas com intervalo de disparo de 2 segundos, e velocidade do drone de 7 m/s.
 - Tempo de voo inferior a 20 minutos, que foi realizado com apenas com uma bateria.



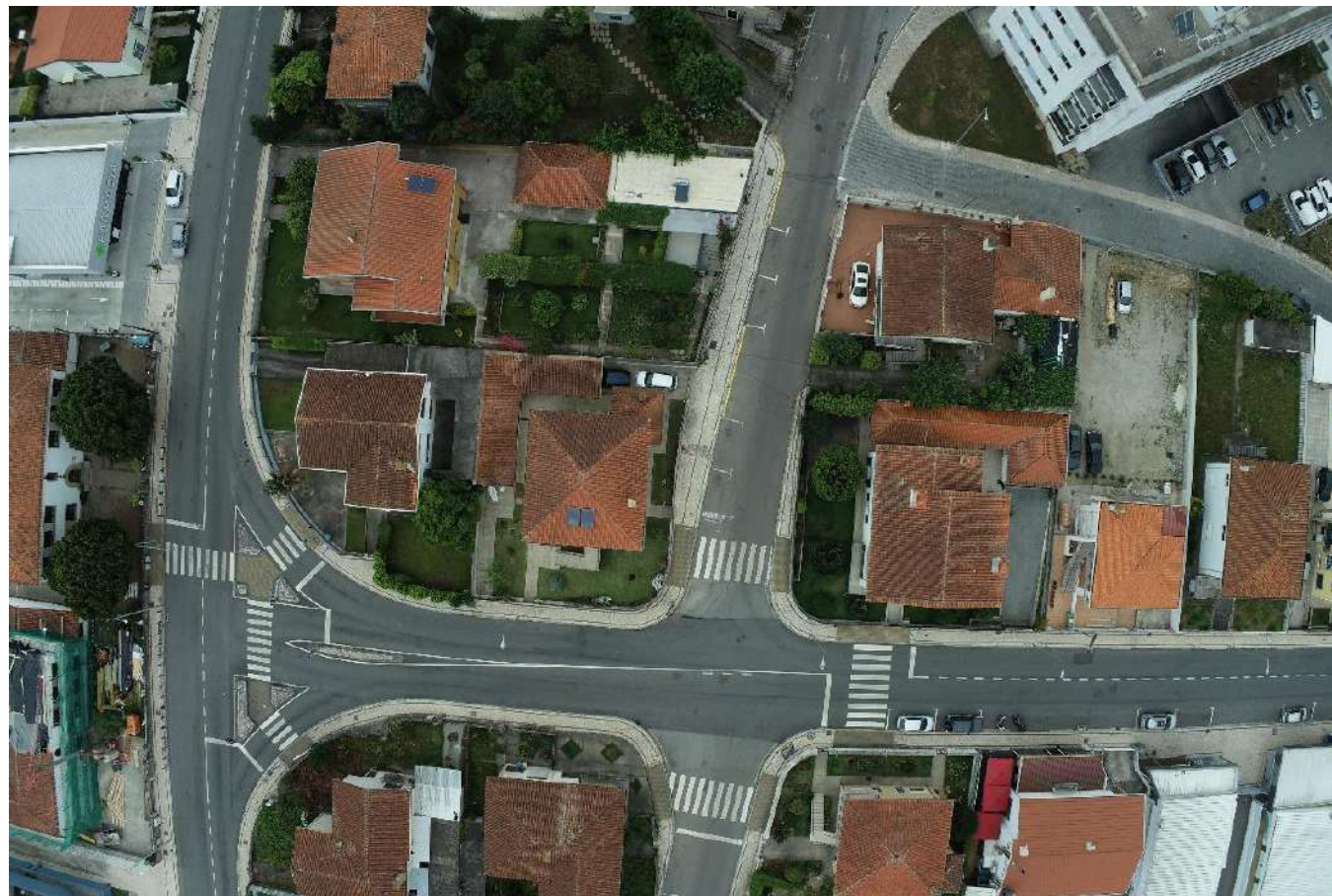
Planeamento de voo



Planeamento de voo



Exemplo de imagem obtida



X CONFERÊNCIA NACIONAL DE CARTOGRAFIA E GEODESIA
INFORMAÇÃO GEOESPACIAL PARA OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL
02 – 03 NOV. INSTITUTO POLITÉCNICO DA GUARDA



ORDEM
DOS
ENGENHEIROS

Processamento

- Utilizou-se o programa Agisoft Metashape
- Orientação do bloco de imagens sem pontos de apoio
 - Todas as fotos tiveram RKT fix. Precisões RTK estimadas foram consideradas na triangulação.
- Geração de nuvem densa de pontos.
- Aplicação de algoritmo de classificação de “Ground Points”
- Geração de MDS e MDT (resolução de 5 cm)
- Geração de ortomosaico (resolução de 2.5 cm)
- Testes de precisão



Nuvem densa de pontos (cor da imagem)



X CONFERÊNCIA NACIONAL DE CARTOGRAFIA E GEODESIA

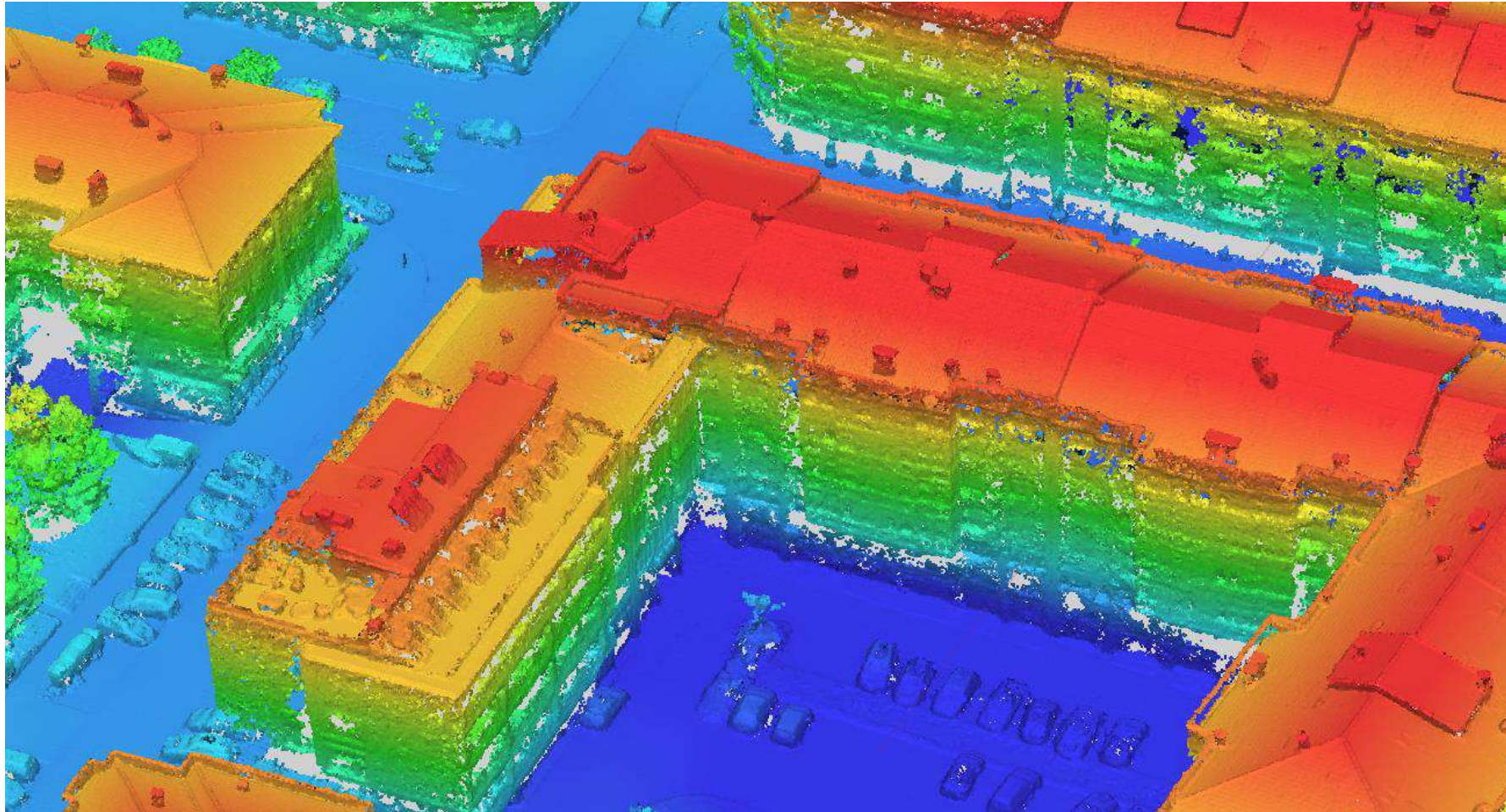
INFORMAÇÃO GEOESPACIAL PARA OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

02 – 03 NOV. INSTITUTO POLITÉCNICO DA GUARDA



ORDEM
DOS
ENGENHEIROS

Nuvem densa de pontos (altitudes)

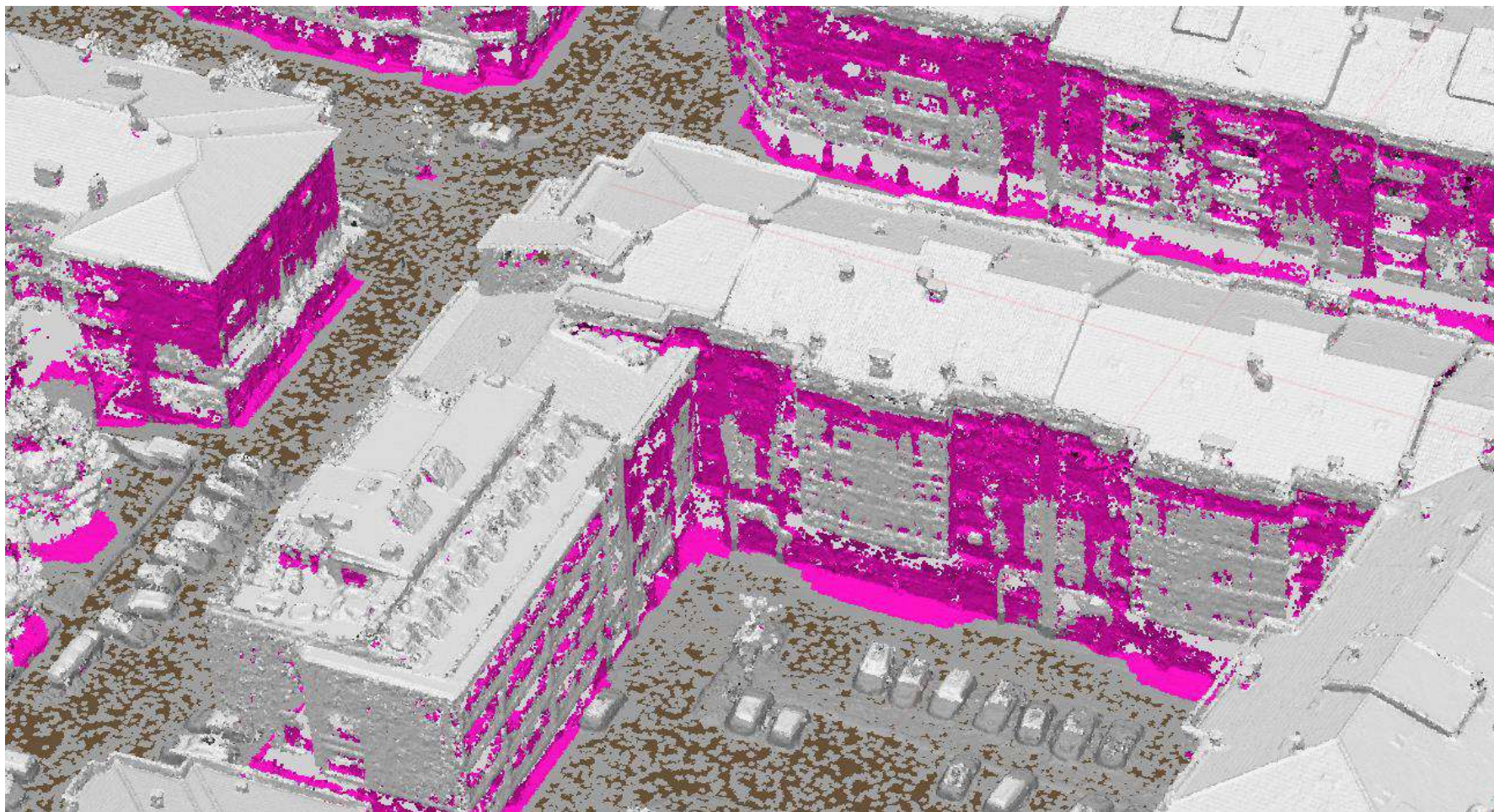


X CONFERÊNCIA NACIONAL DE CARTOGRAFIA E GEODESIA
INFORMAÇÃO GEOESPACIAL PARA OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL
02 – 03 NOV. INSTITUTO POLITÉCNICO DA GUARDA



ORDEM
DOS
ENGENHEIROS

Nuvem densa de pontos classificada



X CONFERÊNCIA NACIONAL DE CARTOGRAFIA E GEODESIA

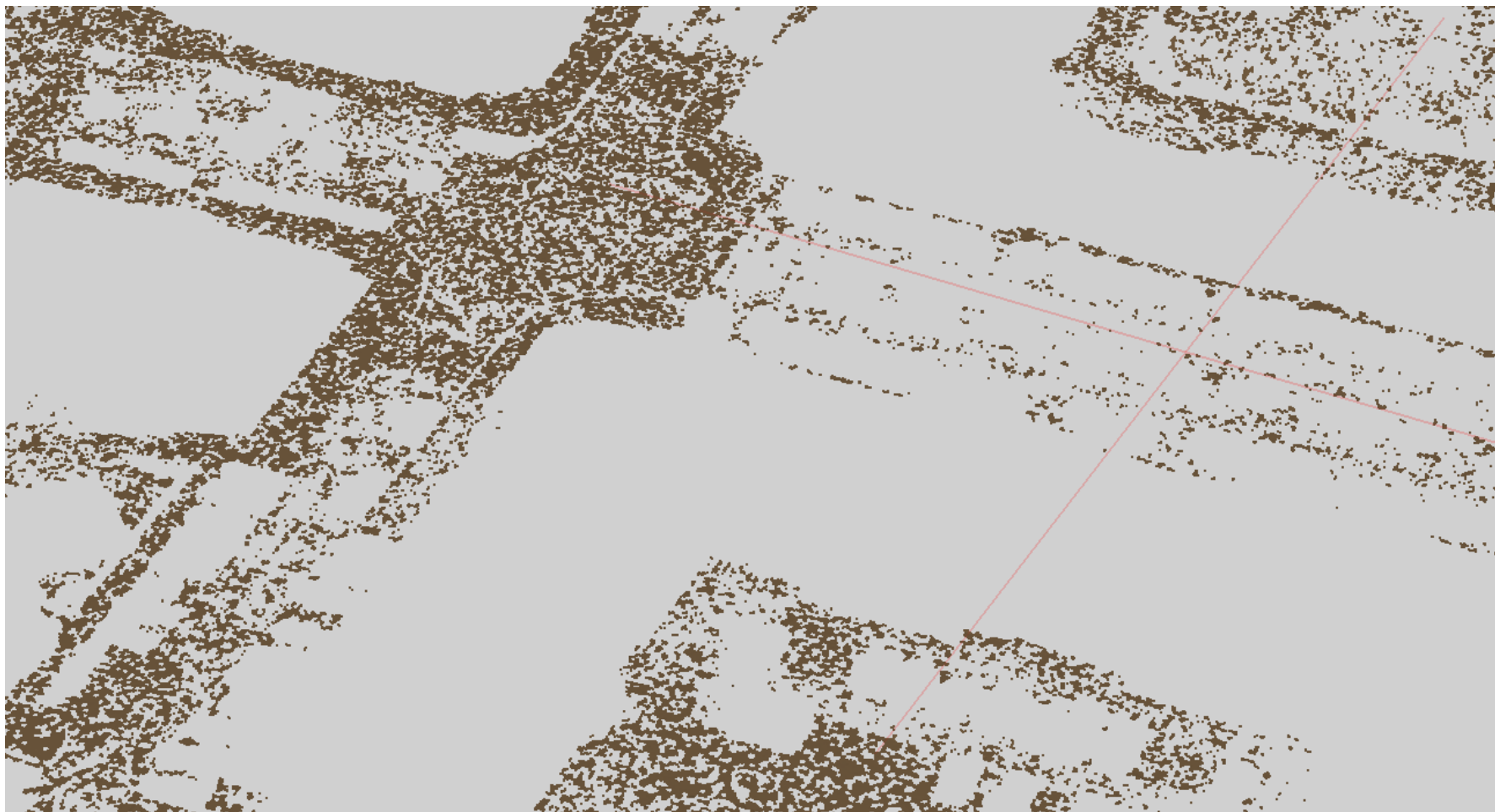
INFORMAÇÃO GEOESPACIAL PARA OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

02 – 03 NOV. INSTITUTO POLITÉCNICO DA GUARDA



ORDEM
DOS
ENGENHEIROS

Nuvem densa de pontos classificada (apenas "Ground")



X CONFERÊNCIA NACIONAL DE CARTOGRAFIA E GEODESIA

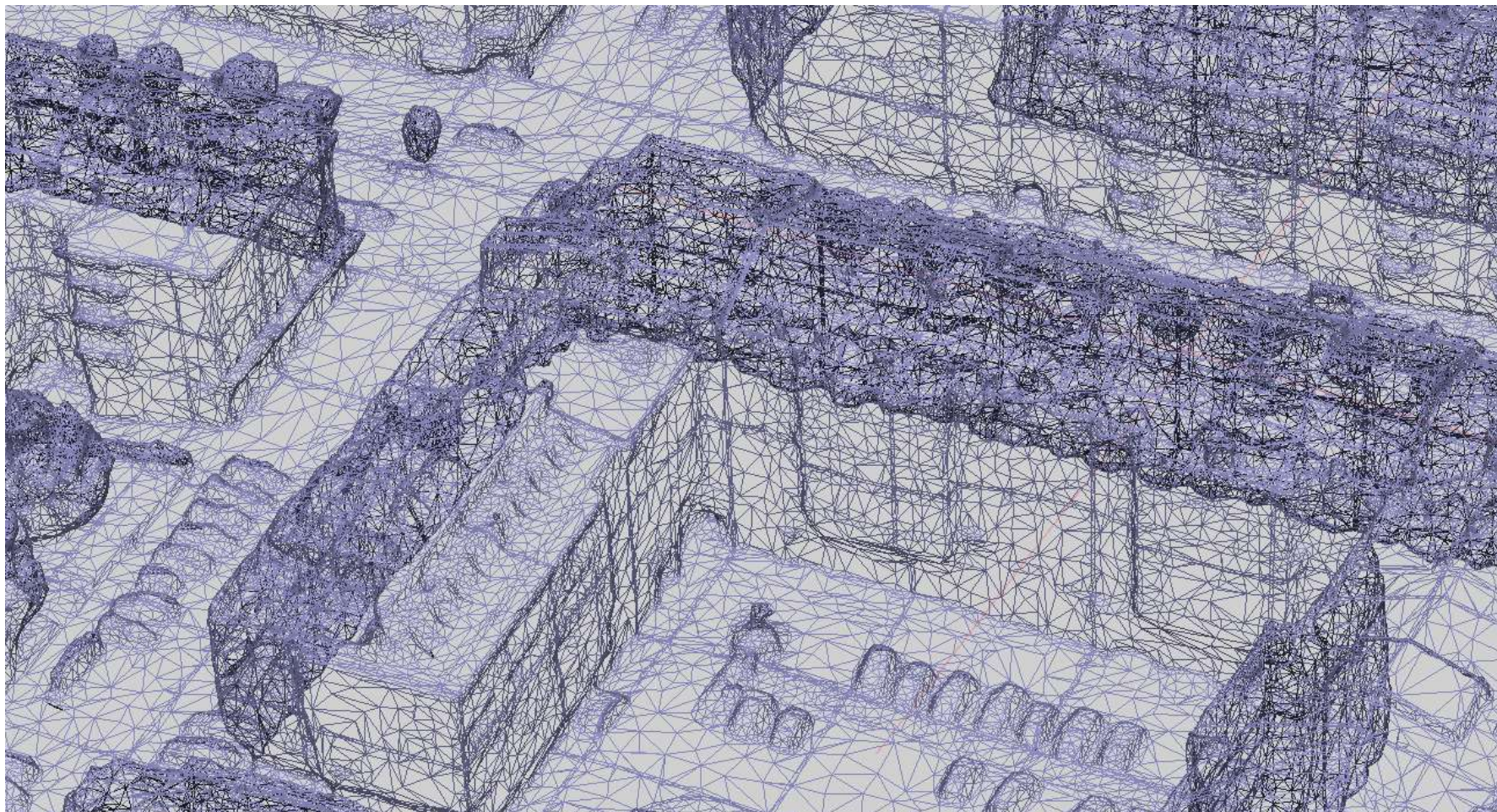
INFORMAÇÃO GEOESPACIAL PARA OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

02 – 03 NOV. INSTITUTO POLITÉCNICO DA GUARDA



ORDEM
DOS
ENGENHEIROS

Triangulação dos pontos da nuvem (“Mesh”)



X CONFERÊNCIA NACIONAL DE CARTOGRAFIA E GEODESIA
INFORMAÇÃO GEOESPACIAL PARA OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL
02 – 03 NOV. INSTITUTO POLITÉCNICO DA GUARDA



ORDEN
DOS
ENGENHEIROS

Modelo Mesh texturizado



X CONFERÊNCIA NACIONAL DE CARTOGRAFIA E GEODESIA
INFORMAÇÃO GEOESPACIAL PARA OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL
02 – 03 NOV. INSTITUTO POLITÉCNICO DA GUARDA



ORDEM
DOS
ENGENHEIROS

Modelo Digital de Superfície (MDS)



X CONFERÊNCIA NACIONAL DE CARTOGRAFIA E GEODESIA

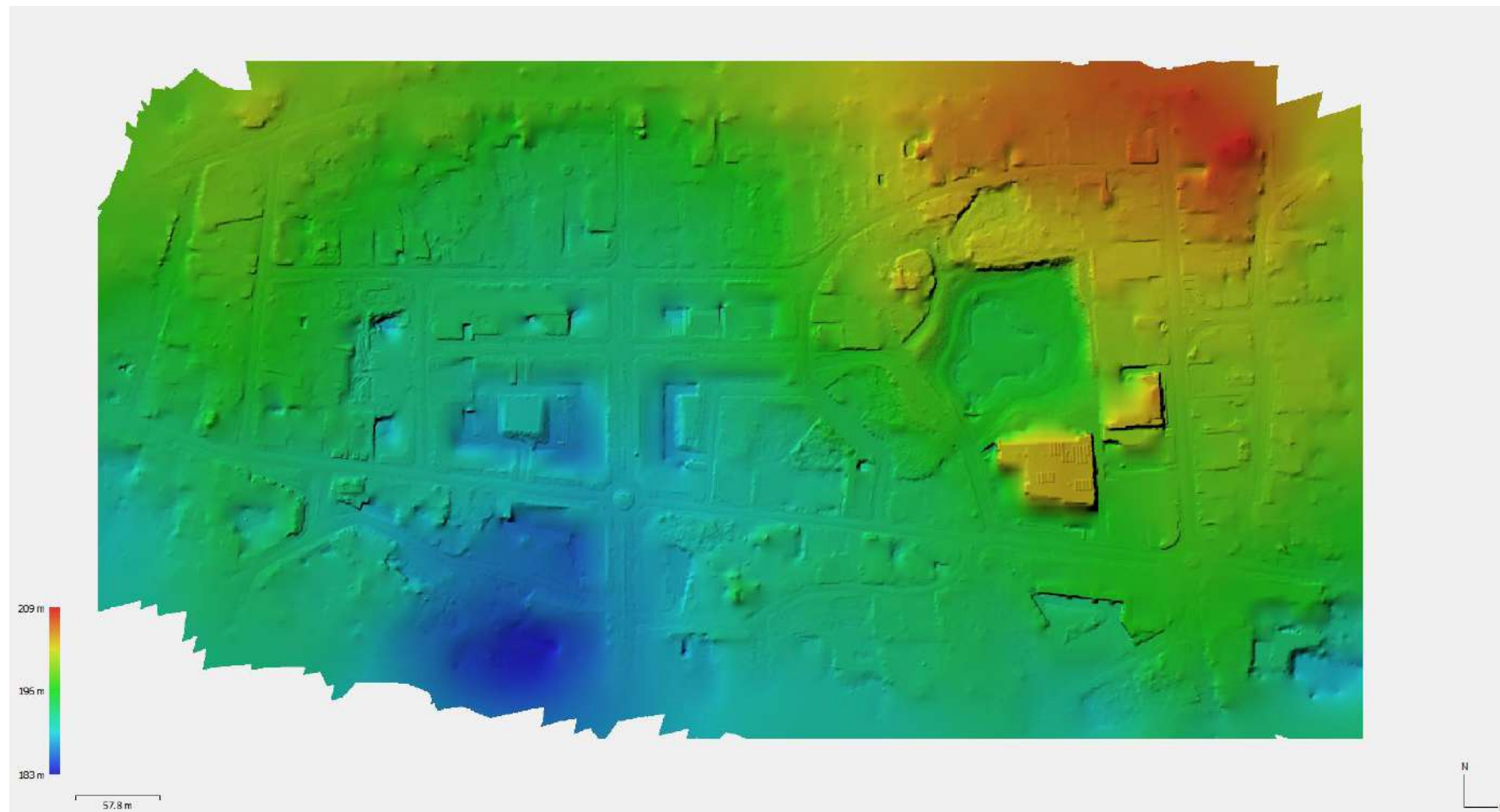
INFORMAÇÃO GEOESPACIAL PARA OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

02 – 03 NOV. INSTITUTO POLITÉCNICO DA GUARDA



ORDEM
DOS
ENGENHEIROS

Modelo Digital de Terreno (MDT)

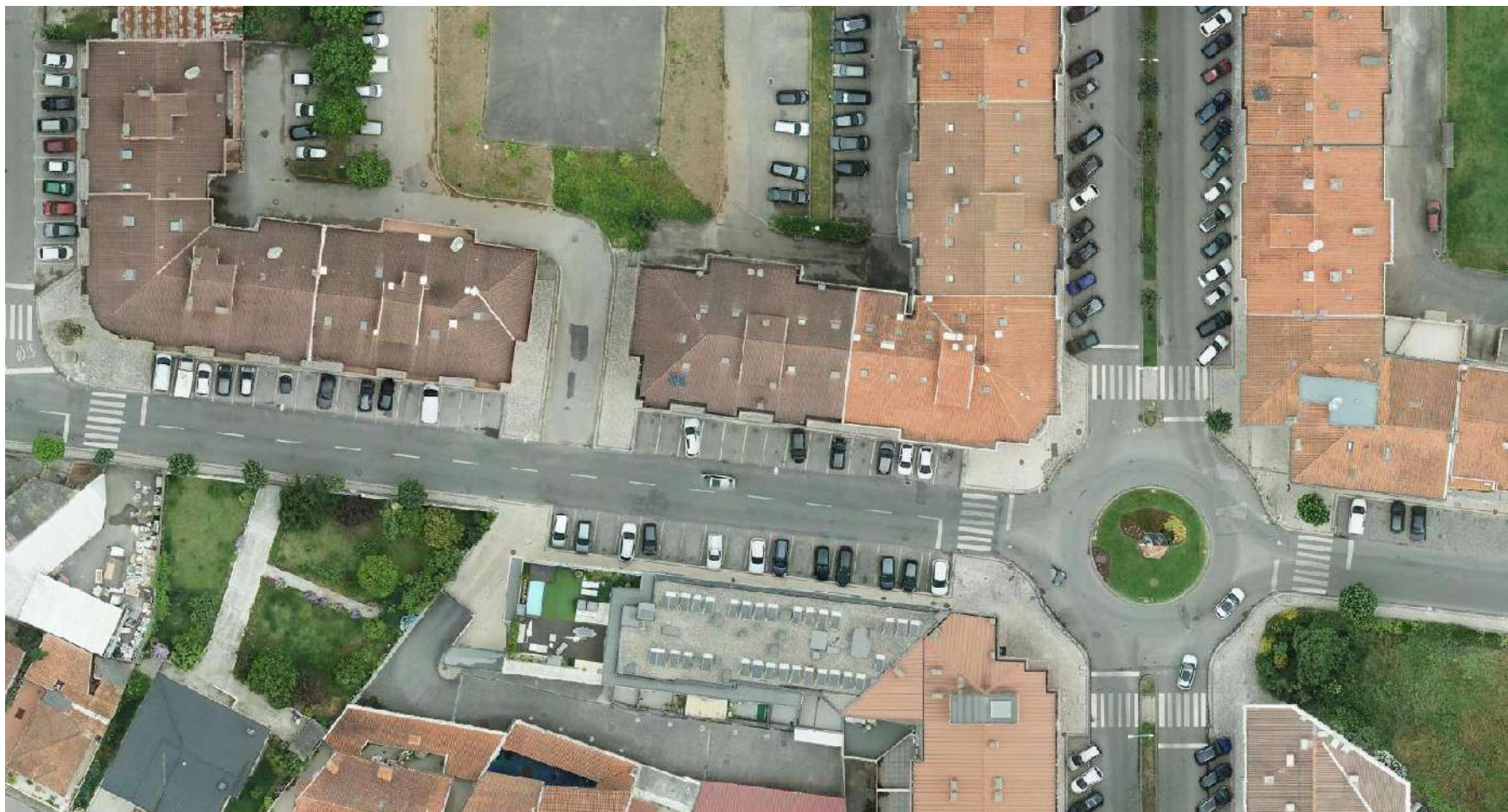


X CONFERÊNCIA NACIONAL DE CARTOGRAFIA E GEODESIA
INFORMAÇÃO GEOESPACIAL PARA OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL
02 – 03 NOV. INSTITUTO POLITÉCNICO DA GUARDA



ORDEM
DOS
ENGENHEIROS

Orto de 2022 – Drone Phantom 4 RTK (pixel 2.5 cm)



X CONFERÊNCIA NACIONAL DE CARTOGRAFIA E GEODESIA
INFORMAÇÃO GEOESPACIAL PARA OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL
02 – 03 NOV. INSTITUTO POLITÉCNICO DA GUARDA



ORDEM
DOS
ENGENHEIROS

Orto de 2021 – DGT (pixel 25 cm)



X CONFERÊNCIA NACIONAL DE CARTOGRAFIA E GEODESIA
INFORMAÇÃO GEOESPACIAL PARA OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL
02 – 03 NOV. INSTITUTO POLITÉCNICO DA GUARDA



ORDEM
DOS
ENGENHEIROS

Ortomosaico de toda a área



X CONFERÊNCIA NACIONAL DE CARTOGRAFIA E GEODESIA
INFORMAÇÃO GEOESPACIAL PARA OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL
02 – 03 NOV. INSTITUTO POLITÉCNICO DA GUARDA



ORDEM
DOS
ENGENHEIROS

Planta Topográfica (levantamento de campo GNSS+ET)



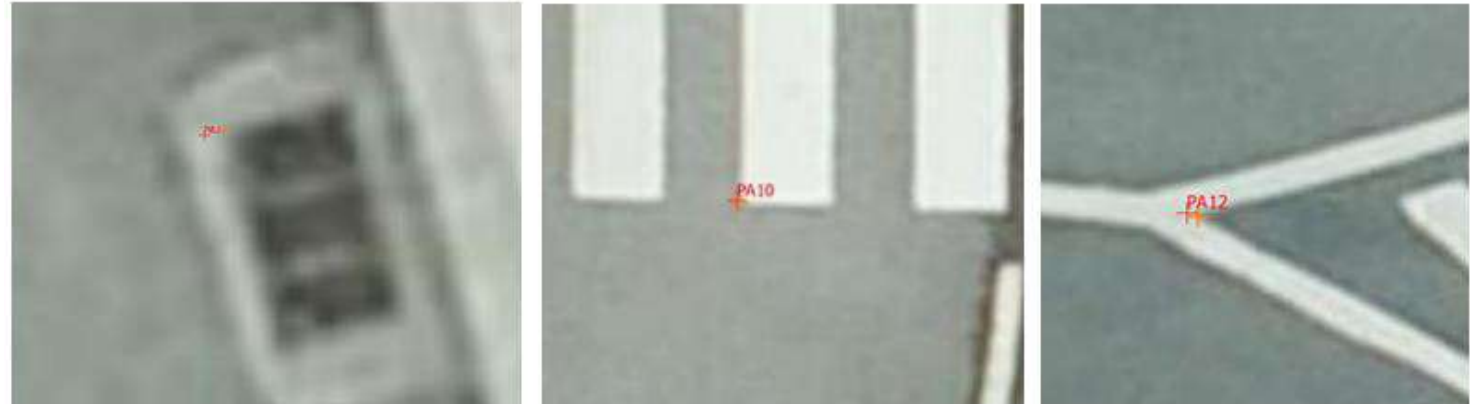
X CONFERÊNCIA NACIONAL DE CARTOGRAFIA E GEODESIA
INFORMAÇÃO GEOESPACIAL PARA OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL
02 – 03 NOV. INSTITUTO POLITÉCNICO DA GUARDA



ORDEM
DOS
ENGENHEIROS

Testes para validação posicional - planimetria

- Levantamento de pontos de validação com GNSS (ligação a EDVD).
- Leitura de coordenadas no ortomosaico no QGIS
- Cálculo de erros e estatísticas.
 - Média
 - Desvio padrão
 - Erro Médio Quadrático (EMQ)



| | Erro _x (m) | Erro _y (m) | Norma |
|---------------|-----------------------|-----------------------|-------|
| Nº de pontos | 26 | 26 | |
| Média | 0.036 | 0.002 | |
| Desvio padrão | 0.020 | 0.021 | |
| EMQ | 0.041 | 0.021 | 0.046 |



Testes para validação posicional - altimetria

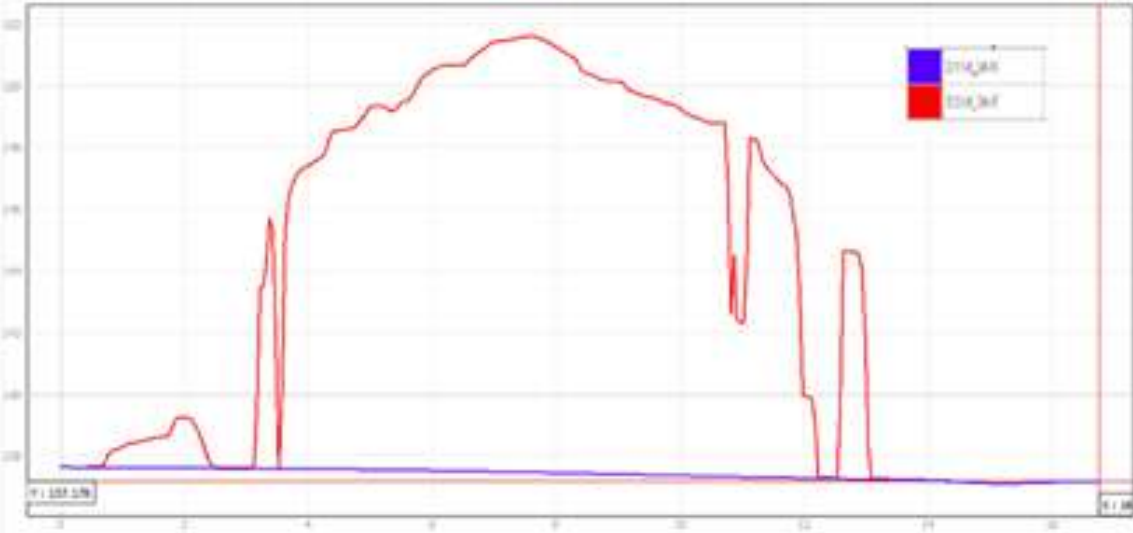
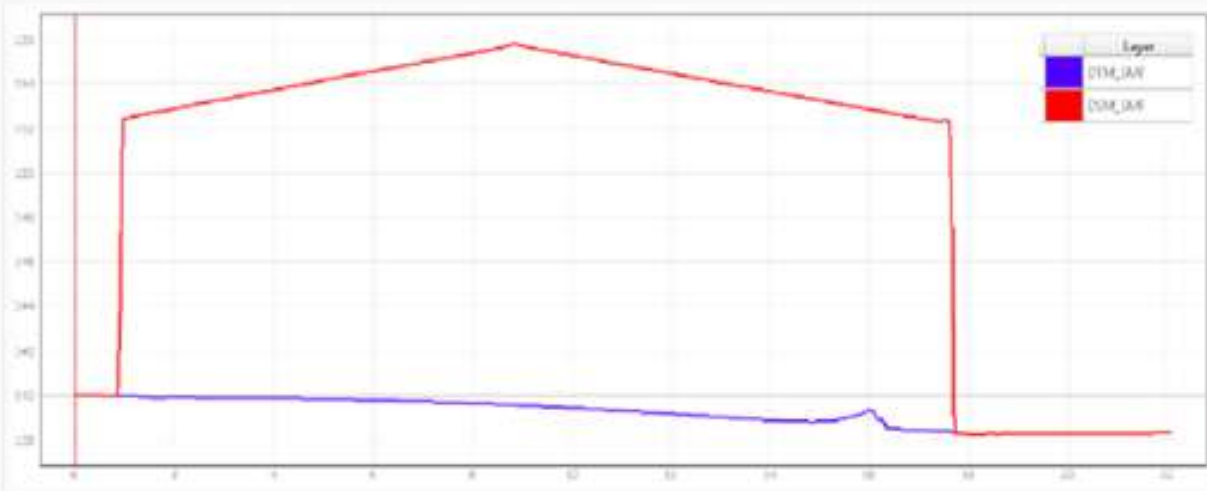
- Obtenção de cotas no DSM com o plugin Point Sampling Tool.
- Dois testes:
 1. DSM obtido com todas as fotos
 2. DSM obtido sem fotos oblíquas

| | DSM com fotos oblíquas Erro em cota (m) | DSM sem fotos oblíquas Erro em cota (m) |
|---------------|--|--|
| Nº de pontos | 26 | 26 |
| Média | -0.015 | 0.256 |
| Desvio padrão | 0.021 | 0.412 |
| EMQ | 0.025 | 0.478 |



Extração de informação

Perfis DSM/DTM - Avaliação de alturas (edifícios, árvores,...)



X CC

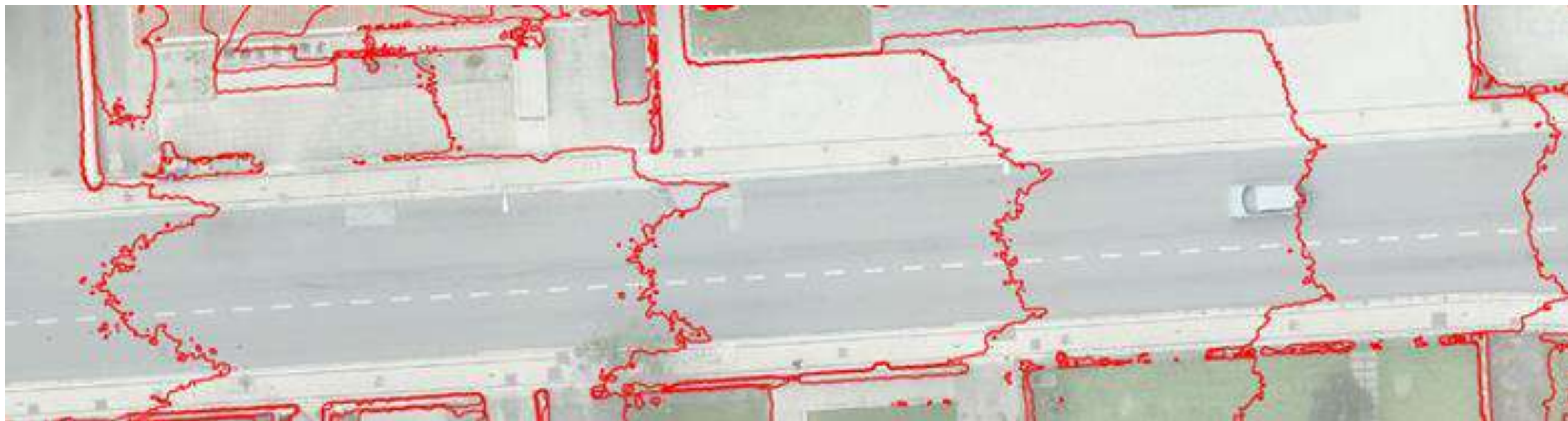
INFORMAÇÃO GEOESPACIAL PARA OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

02 – 03 NOV. INSTITUTO POLITÉCNICO DA GUARDA

Extração de informação

Curvas de nível

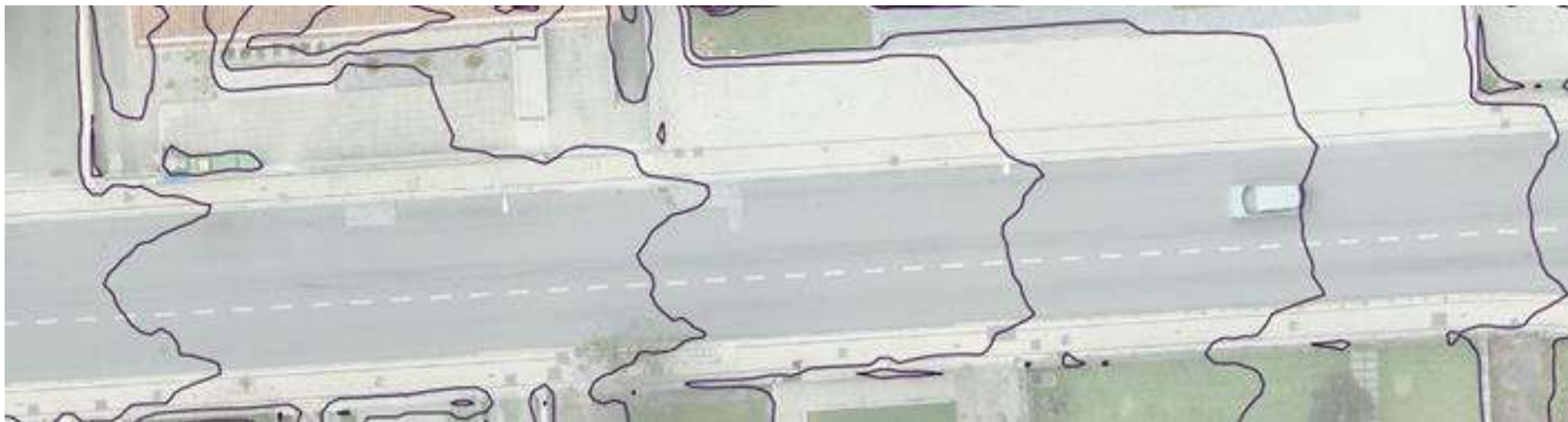
- Será possível traçar curvas de nível do DTM aceitáveis para uma planta topográfica tradicional?
- Curvas de nível do DTM suavizado (resolução de 0.5 m)



Extração de informação

Curvas de nível

- Será possível traçar curvas de nível do DTM aceitáveis para uma planta topográfica tradicional?
- Curvas de nível do DTM original (resolução de 5 cm)



Extração de informação

Curvas de nível

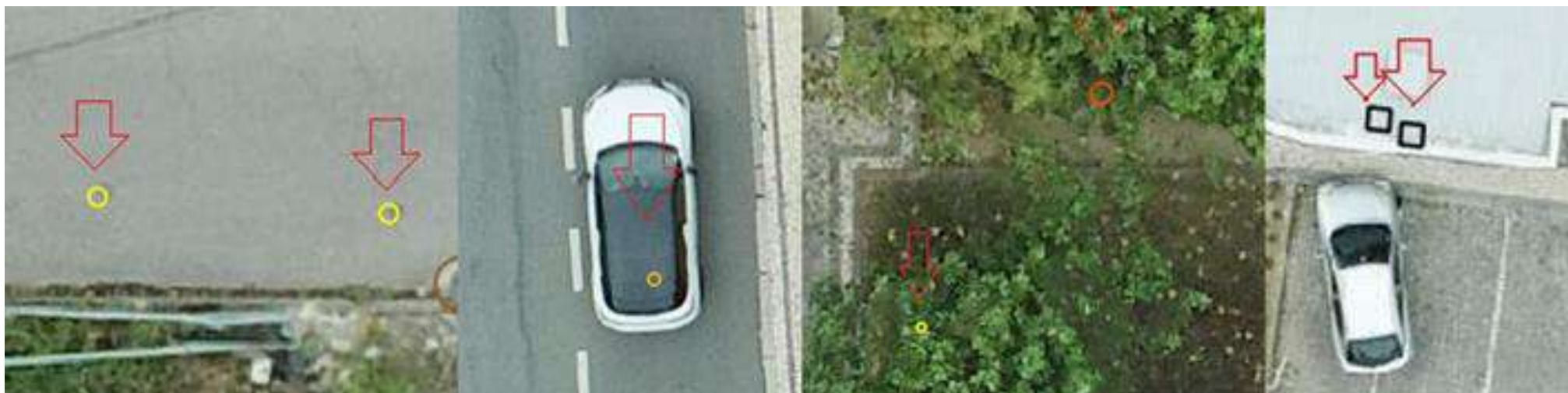
- Será possível traçar curvas de nível do DTM aceitáveis para uma planta topográfica tradicional?
- Curvas de nível do DTM original (resolução de 5 cm)



Extração de informação

Identificação de objetos

- Que objetos de interesse conseguimos extrair para uma cartografia de apoio a planos de reabilitação urbana?
 - Tampas de infraestruturas (gás, eletricidade, saneamento), sarjetas, etc.



X CONFERÊNCIA NACIONAL DE CARTOGRAFIA E GEODESIA

INFORMAÇÃO GEOESPACIAL PARA OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

02 – 03 NOV. INSTITUTO POLITÉCNICO DA GUARDA



ORDEN
DOS
ENGENHEIROS

Extração de informação

Identificação de objetos

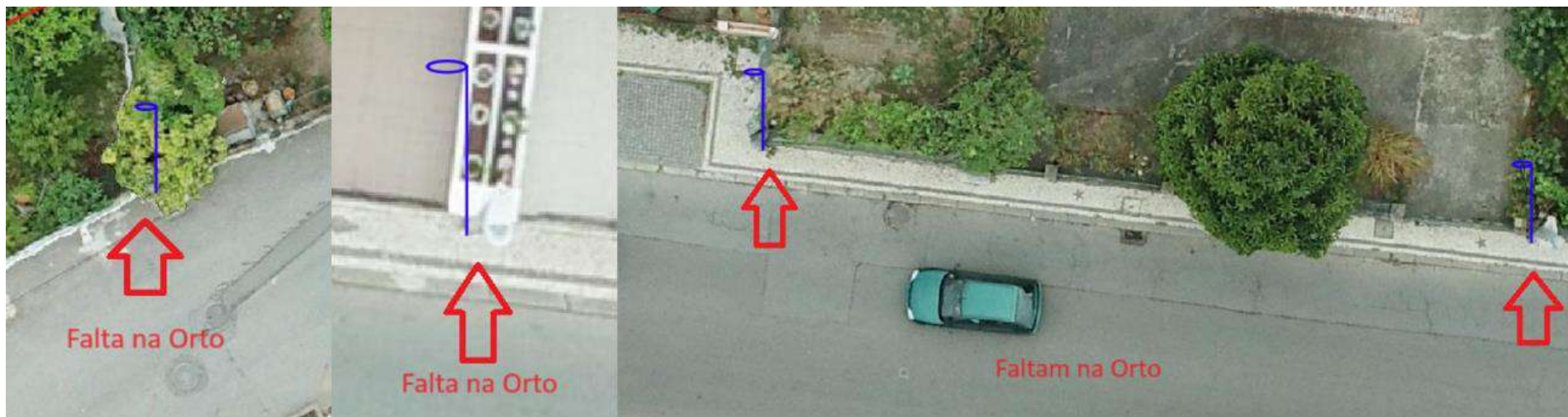
- Que objetos de interesse conseguimos extrair para uma cartografia de apoio a planos de reabilitação urbana?
 - Árvores



Extração de informação

Identificação de objetos

- Que objetos de interesse conseguimos extrair para uma cartografia de apoio a planos de reabilitação urbana?
 - Postes de iluminação



Extração de informação

Identificação de objetos

- Que objetos de interesse conseguimos extrair para uma cartografia de apoio a planos de reabilitação urbana?
 - Postes de telecomunicação



Extração de informação

Identificação de objetos

| | | Levantamentos | Elementos | | | |
|----------------------------|-----------------------|-----------------------------------|------------|--------|---------|--------|
| | | | Observável | Faltas | Excesso | Totais |
| Tampas de infraestruturas: | Total das amostragens | Levantamento topográfico GPS e ET | 629 | 23 | | 652 |
| | | Levantamento topográfico UAS | 533 | 131 | 12 | |
| Árvores: | Total das amostragens | Levantamento topográfico GPS e ET | 56 | | | 56 |
| | | Levantamento topográfico UAS | 53 | 5 | 2 | |
| Postes de iluminação: | Total das amostragens | Levantamento topográfico GPS e ET | 104 | | | 104 |
| | | Levantamento topográfico UAS | 97 | 7 | | |
| Postes Telecomunicação: | Total das amostragens | Levantamento topográfico GPS e ET | 75 | | | 75 |
| | | Levantamento topográfico UAS | 70 | 5 | | |



X CONFERÊNCIA NACIONAL DE CARTOGRAFIA E GEODESIA

INFORMAÇÃO GEOESPACIAL PARA OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

02 – 03 NOV. INSTITUTO POLITÉCNICO DA GUARDA



ORDEM
DOS
ENGENHEIROS

Conclusão

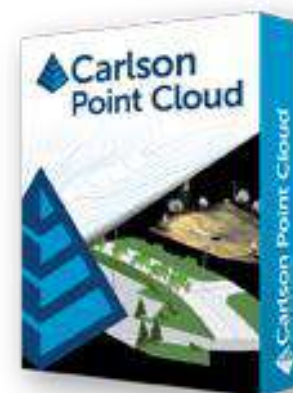
- O voo efetuado com drone permitiu concluir que é possível produzir num prazo muito curto um ortomosaico com elevada resolução, acompanhada de um modelo digital de superfície também muito detalhado.
 - Conseguiu-se uma precisão que cumpre as exigências de elevado rigor, sem pontos de apoio.
 - Verificou-se que isso era apenas possível com a inclusão de uma fiada de imagens oblíquas que otimiza o cálculo da altimetria.
 - Observou-se também que uma aquisição de imagens com céu encoberto é mais favorável para reduzir o impacto das sombras no ortomosaico.
- Fez-se uma avaliação de qual a informação que pode ser obtida vectorialmente para incluir na cartografia.
 - Muita dela, como algum mobiliário urbano, é detetada com boas taxas de sucesso, reduzindo muito o trabalho de campo.
 - Por outro lado, há informação, por exemplo a altimetria na forma de curvas de nível, que é gerada com excessivo rigor para o que se espera numa planta. É necessário aplicar estratégias de simplificação, como a seleção manual de pontos, que melhoram o aspeto final dessa informação.
- De uma forma geral concluiu-se que esta tecnologia pode ser utilizada com grande vantagem no trabalho de uma câmara municipal, tendo-se já avançado para a aquisição de equipamento próprio e realização de formação de forma a operacionalizá-la.



Aplicabilidade do estudo



Autel Evo Pro II V3



X CONFERÊNCIA NACIONAL DE CARTOGRAFIA E GEODESIA
INFORMAÇÃO GEOESPACIAL PARA OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL
02 – 03 NOV. INSTITUTO POLITÉCNICO DA GUARDA



ORDEN
DOS
ENGENHEIROS

Aplicabilidade do estudo



X CONFERÊNCIA NACIONAL DE CARTOGRAFIA E GEODÉSIA
INFORMAÇÃO GEOESPACIAL PARA OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL
02 – 03 NOV. INSTITUTO POLITÉCNICO DA GUARDA



ORDEM
DOS
ENGENHEIROS