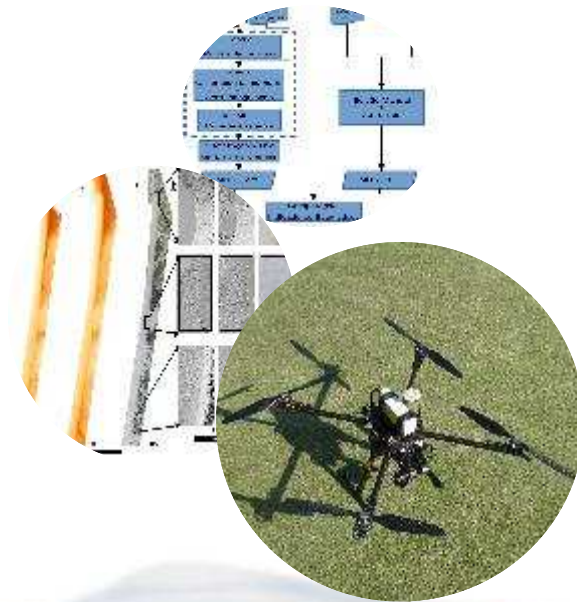


# Avaliação da qualidade e adequabilidade de MDS obtidos por drones *low-cost* na monitorização de dunas primárias

**Gil GONÇALVES**

II Conferência Nacional de Geodesição




## **Colaboradores:**

Diogo DUARTE, Juan A. PÉREZ, Alan D. ATKINSON,  
Manuel SÁNCHEZ-FERNÁNDEZ, João DUARTE

# Objectivos

- Avaliar a qualidade e adequabilidade de drones *low-cost*
  - Qualidade posicional = exatidão vertical
  - Adequabilidade do sistema numa autarquia = facilidade de uso, custo, ...
- Contexto: Monitorização topográfica das dunas primárias
  - Qualidades geomorfológicas
- Palavras chave: MDS, Drones, Correlação Densa, Fotogrametria, Open Source, Filtragem, Laser Terrestre

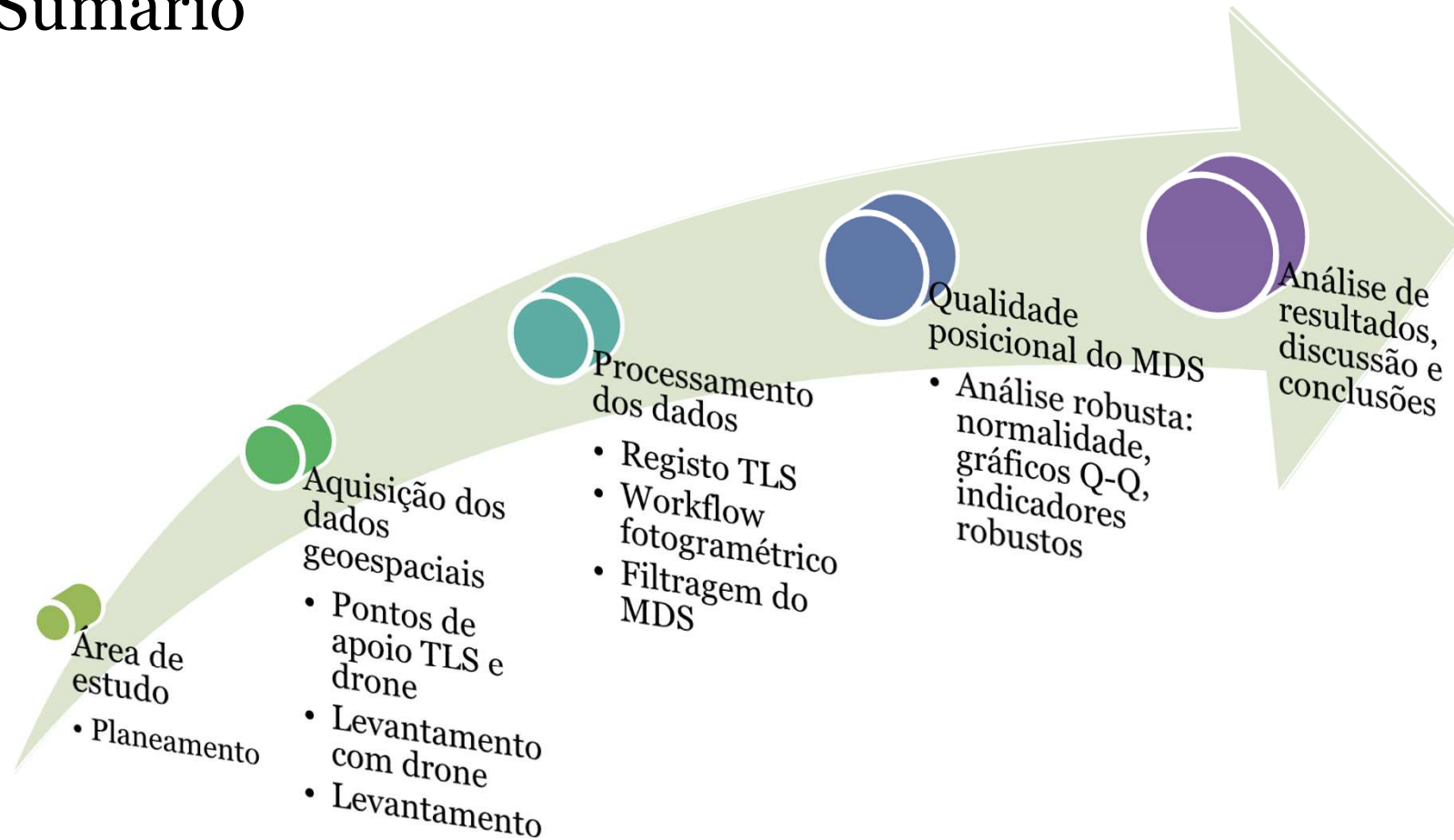
Plataforma	
Tipo de quadro:	Quadcopter plegable Tarot Iron Man 650
Motores:	4 T-Motor Navigator MN3110 470KV
Dimensões e peso:	95 cm e 1,5 kg com todo o equipamento
Modo de voo:	Manual Baseado no controlo wireless
Autonomia:	Máx. 18 Minutos
Camara Digital	
Suporte:	Walkera G-2D Brusless gimble
Configuração:	GoPro Hero4 Silver
	Sensor: CMOS - 12 megapixeis - 1/2.3"
	Tipo de lente: Lente de vidro grande angular
	Equivalente a 35 mm: 15 - 30 mm
	f2.8 - f2.8
	Peso: 84g
	Dimensões (hlp) em mm: 41.0x59.0x29.6
Controlo Remoto	
Controladora:	DJI Naza V2(GPS)
Comando de voo:	Futaba 8J FHSS - FUTABA
	2-stick, 8-channel, S-FHSS system, Built-in
	Dual Antenna Diversity
	Transmitting frequency: 2.4GHz band
FPV - Tx/Rx:	DJI Video Link 5.8Ghz 500mw
Monitor:	Lcd de 7"
Custo total: 9000 € (montagem feita pelos autores)	



## Contexto: Monitorização topográfica de dunas primárias

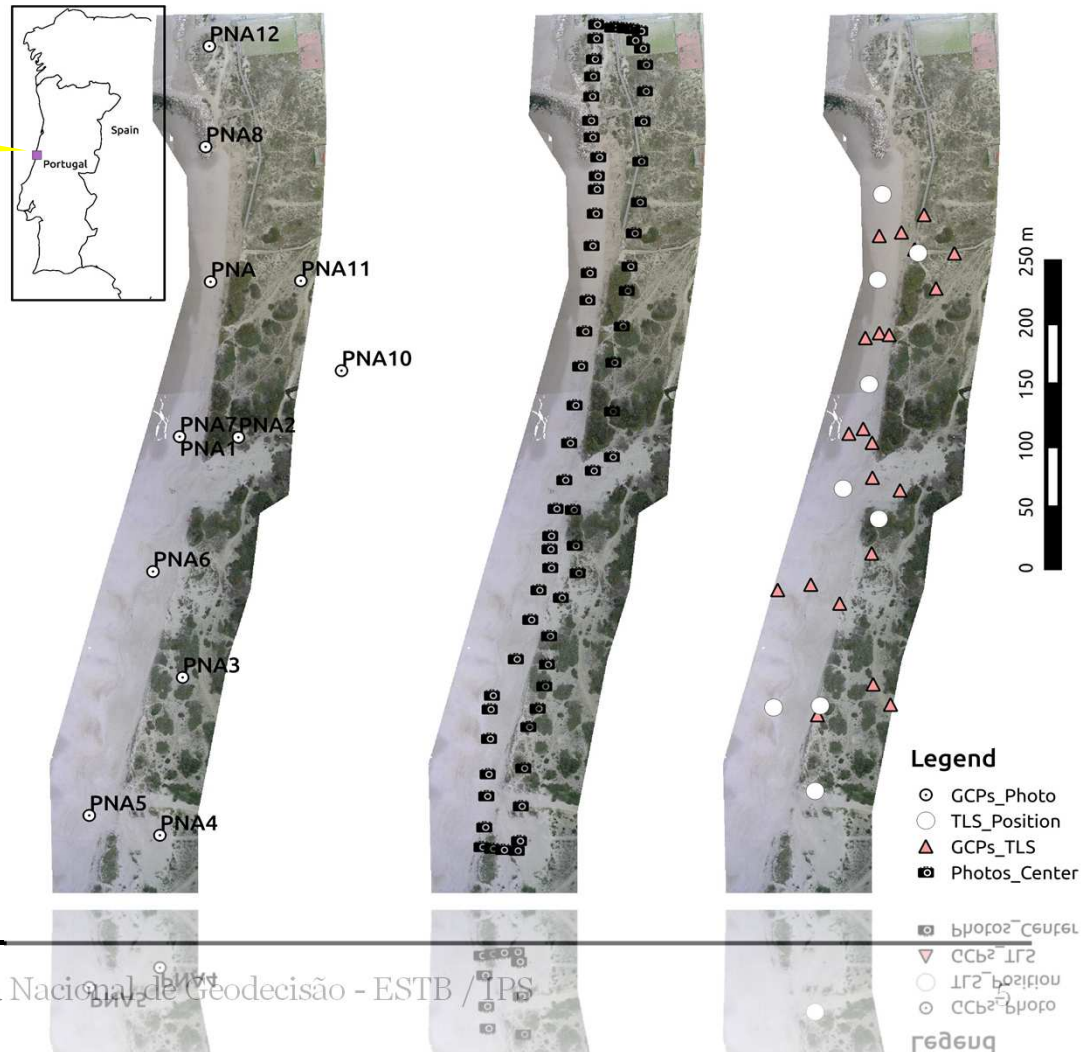
- Dunas primárias
  - Unidade geomorfológica mais próxima do mar
  - Extremamente importantes na defesa do litoral
- Mudança contínua da sua forma, posição e extensão
  - Causas naturais e/ou antropogénicas
- Importância dos sensores de Detecção Remota
  - Detecção, extração e monitorização
- Necessidade de MDS de alta resolução e de grande exactidão

# Sumário



# Área de estudo, pontos de apoio drone, centros das imagens e estações TLS

Trecho de 700 m  
Praia da Cova-Gala  
Figueira da Foz







# Aquisição de dados: pontos de apoio drone e TLS

- Posicionamento NRTK (Network-based Real time Kinematic)
  - Estações CORS (*Continuously Operating Reference Stations*) para modelar no
  - Receptores GNSS de multifrequencia com acesso em tempo real às correções NRTK
  - Exatidões posicionais de ordem centimétrica (Garrido et al., 2013)
- Equipamento utilizado
  - 2 receptores GNSS, Geomax Zenith 10, equipados com antenas de tripla frequência (GPS/GLONASS/Galileo);
  - 2 controladoras de campo wireless (Geomax PS336);
  - acessórios adicionais tais como tripés, bastões telescópicos, smartphone (acesso internet)

## Aquisição de dados: pontos de apoio drone e TLS



## Aquisição de dados: levantamento com drone

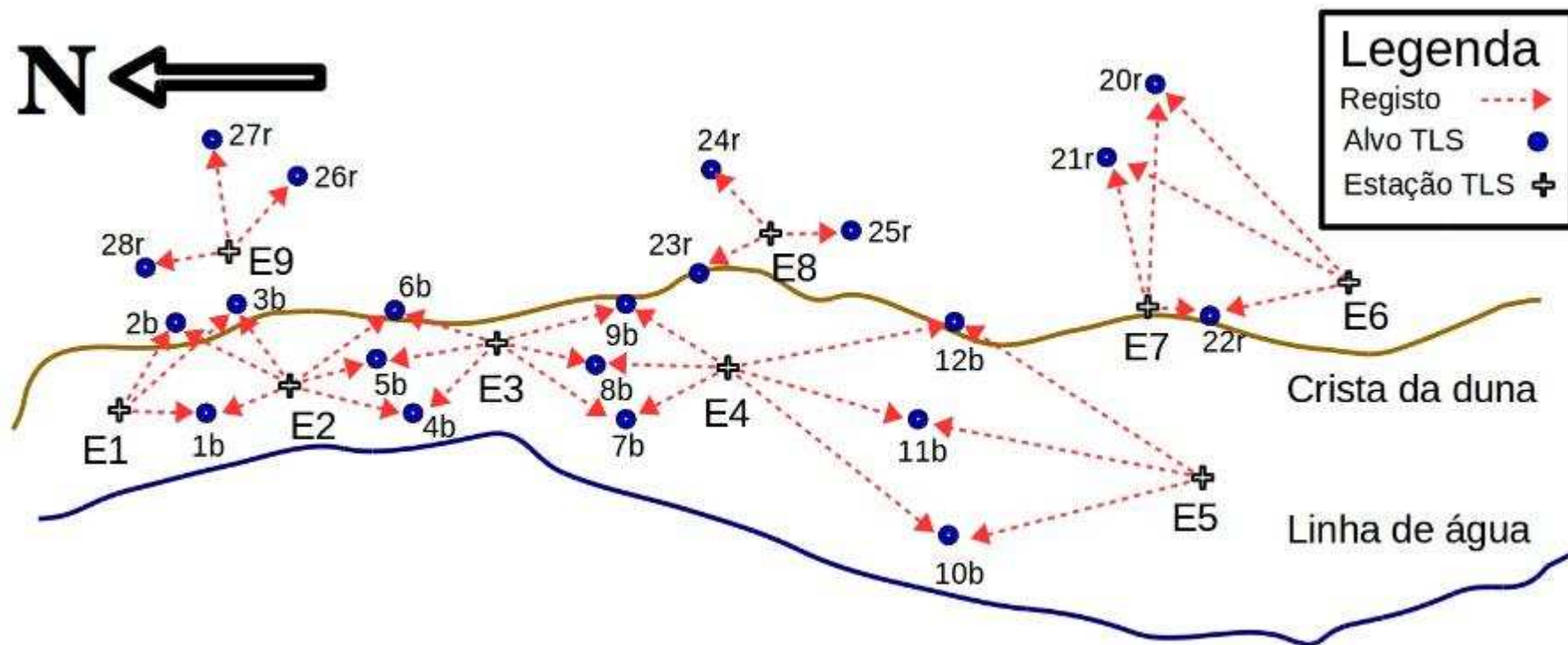
- Operação manual em FPV (First Person view): não existem waypoints
  - Planeamento antecipado do voo utilizando as fórmulas da fotogrametria aérea
  - Cálculo dos parâmetros drone correspondentes: tempo de disparo, velocidade e altura sobre o solo
- Parâmetros utilizados para um GSD de 5cm
  - 2 voos com alturas de 80 e 100m acima do solo
  - velocidade de disparo 5s
  - Velocidade solo de 3-4 m/s





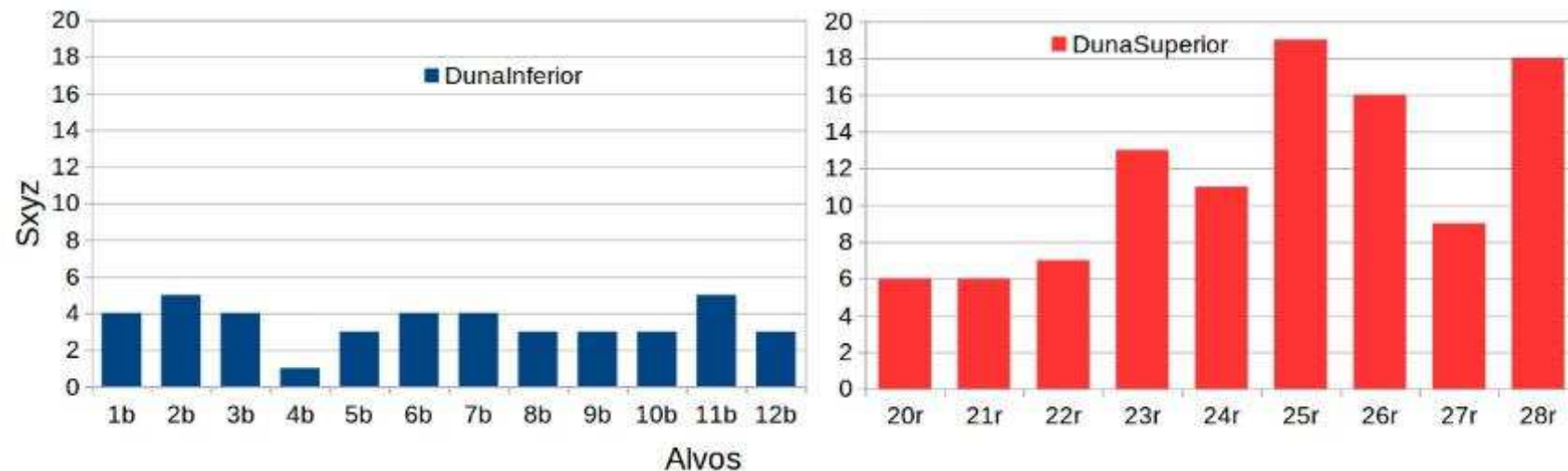
## Aquisição de dados: levantamento TLS

- Leica C10: 9 estações (E1 a E9) e 21 posições georeferenciadas com GNSS NRTK de três alvos

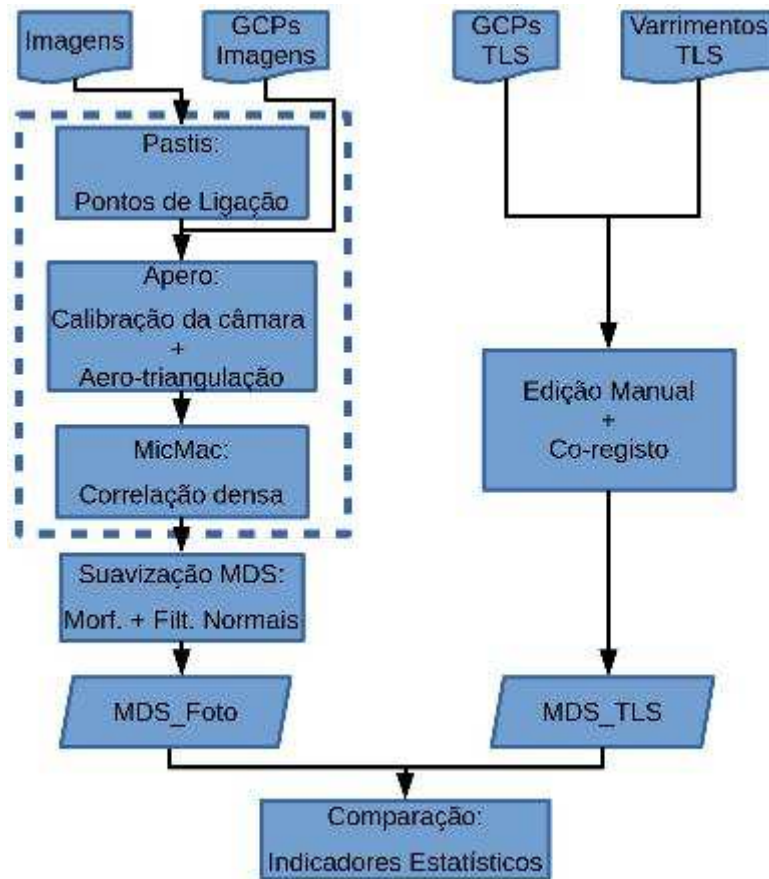


## Processamento: registo dos dados TLS

- Objectivos: definição precisa do talude da duna primária + rapidez no processamento
- O registo seguiu duas metodologias diferentes (Leica Cyclone):
  - Duna inferior (azul): Os varrimentos foram coregistrados entre si e no final utilizou-se a melhor combinação de alvos (georeferenciados por NRTK) que conduziu ao melhor ajuste
  - Duna superior (vermelho): cada varrimento foi georeferenciado à custa de 3 alvos



# Processamento: workflow fotogramétrico




- MicMac módulos genéricos
  - Pastis
  - Apero
  - MicMac
  - Porto
- MicMac módulos simples
  - Tapioca
  - Tapas
  - Campari
  - Malt
  - Tawny



# Processamento: filtragem do MDS

- Objectivos
- Metodologia (duas fases):
  - Abertura morfológica com um círculo de raio 1 pixel
  - Filtragem das normais, utilizando o algoritmo de (Sun et al., 2007)
- Algoritmo de (Sun et al., 2007) definido sobre uma TIN 2D/3D:
  - Passo 1 (filtragem das normais): atualização iterativa das normais em função dum dada vizinhança e dum parâmetro de corte
  - Passo 2 (atualização dos vértices): atualização iterativa dos vértices tendo em conta as normais filtradas no passo anterior
- Avaliação do grau de filtragem: proposta do índice de similaridade estrutural (SSIM) de (Wang et al., 2004)





## Processamento: notas adicionais

- Aspectos importantes do workflow fotogramétrico
  - Geometria da cobertura fotogramétrica
  - Calibração da câmara
  - Pontos de apoio fotogramétrico
    - Número e distribuição
- Filtragem geomorfológica do MDS:
  - Tema ainda em aberto
  - Os métodos existentes reduzem a definição das linhas características do terreno.



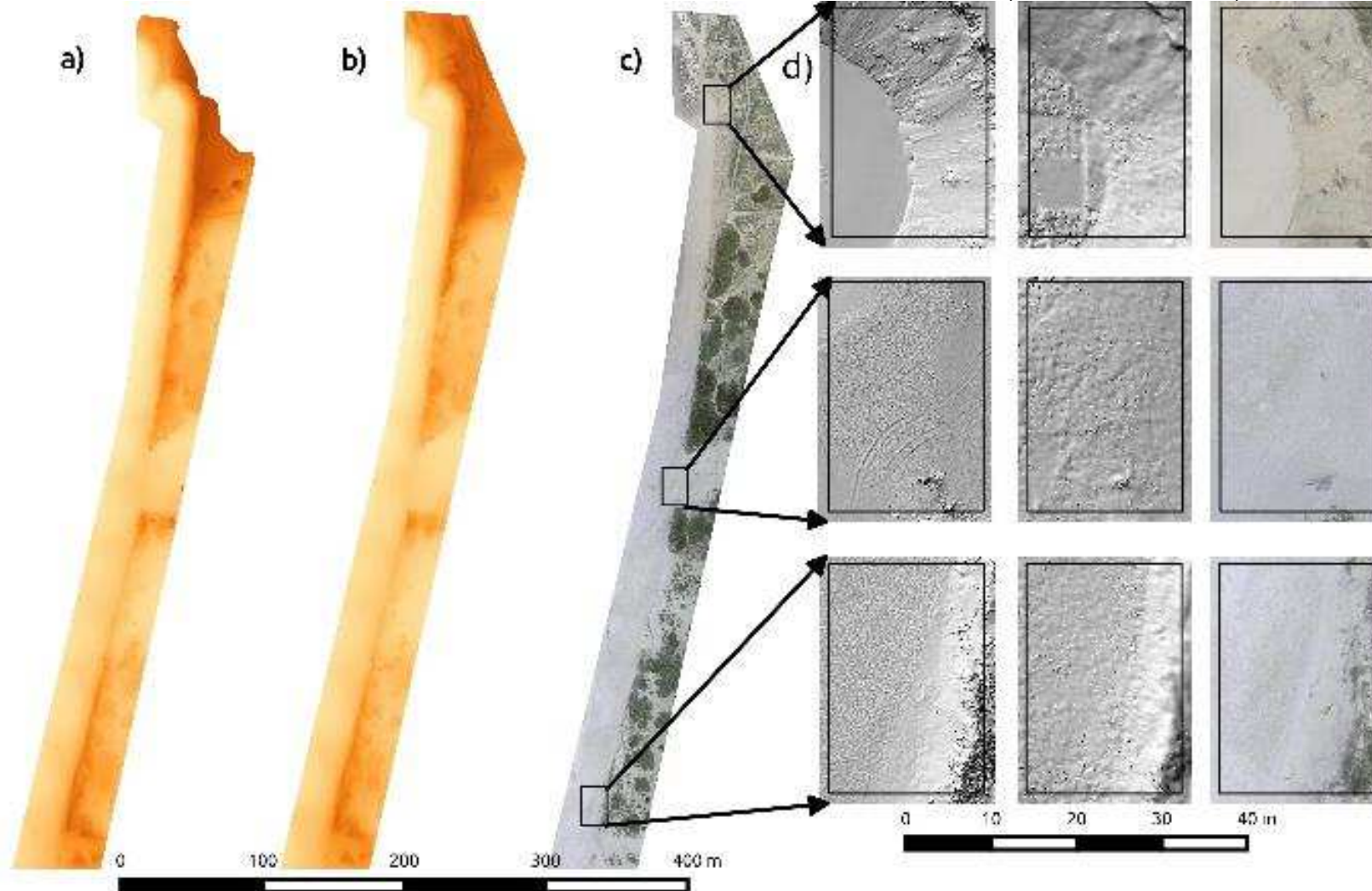
## Avaliação da qualidade posicional do MDS

- Avaliação da exatidão vertical
  - Passo 1: escolha de 3 áreas de teste e cálculo dos resíduos
  - Passo 2: Avaliação visual da normalidade da distribuição dos resíduos com sobreposição
  - Passo 3: medidas robustas para definir a exatidão vertical:
    - os quantis 50% (), 68.3% () e 95% (),
    - a mediana normalizada das diferenças absolutas
- Avaliação da exatidão planimétrica: utilização de alvos

# Resultados e discussão (1)

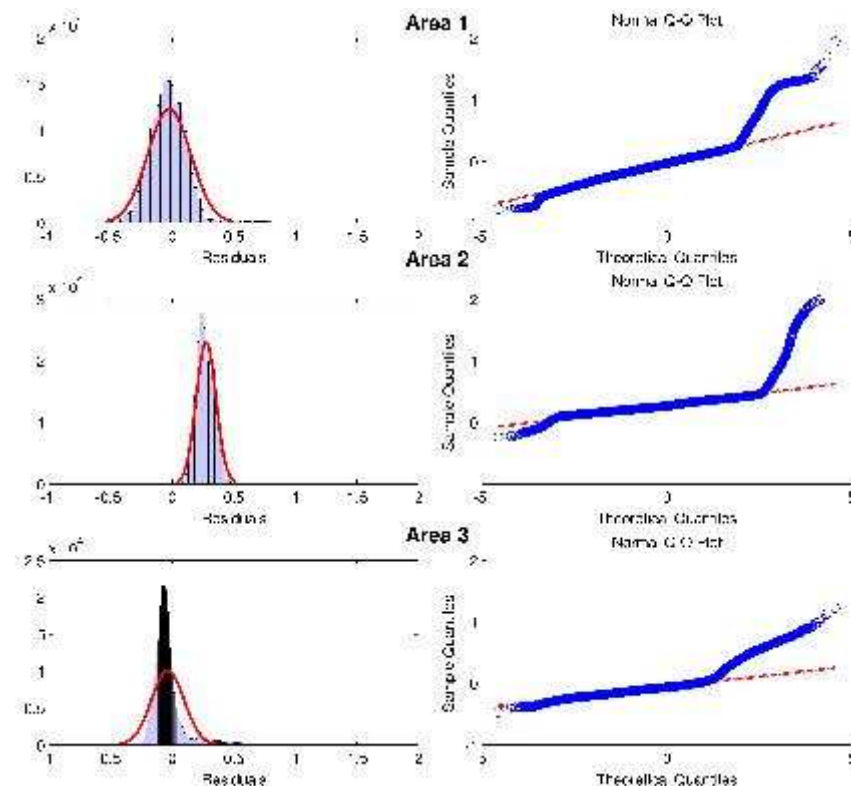
Detalhes  
MDS-TLS; MDS-UAV ; Orto

M



## Resultados e discussão (2)

- Nas áreas 2 e 3 são evidentes os desvios relativamente à distribuição normal pelo facto dos histogramas dos resíduos verticais apresentarem os cumes mais acentuados.
- Na área 1 este efeito não é tão acentuado
- A forma sigmóide dos gráficos Q-Q mostra claramente a não normalidade das distribuições nas três áreas

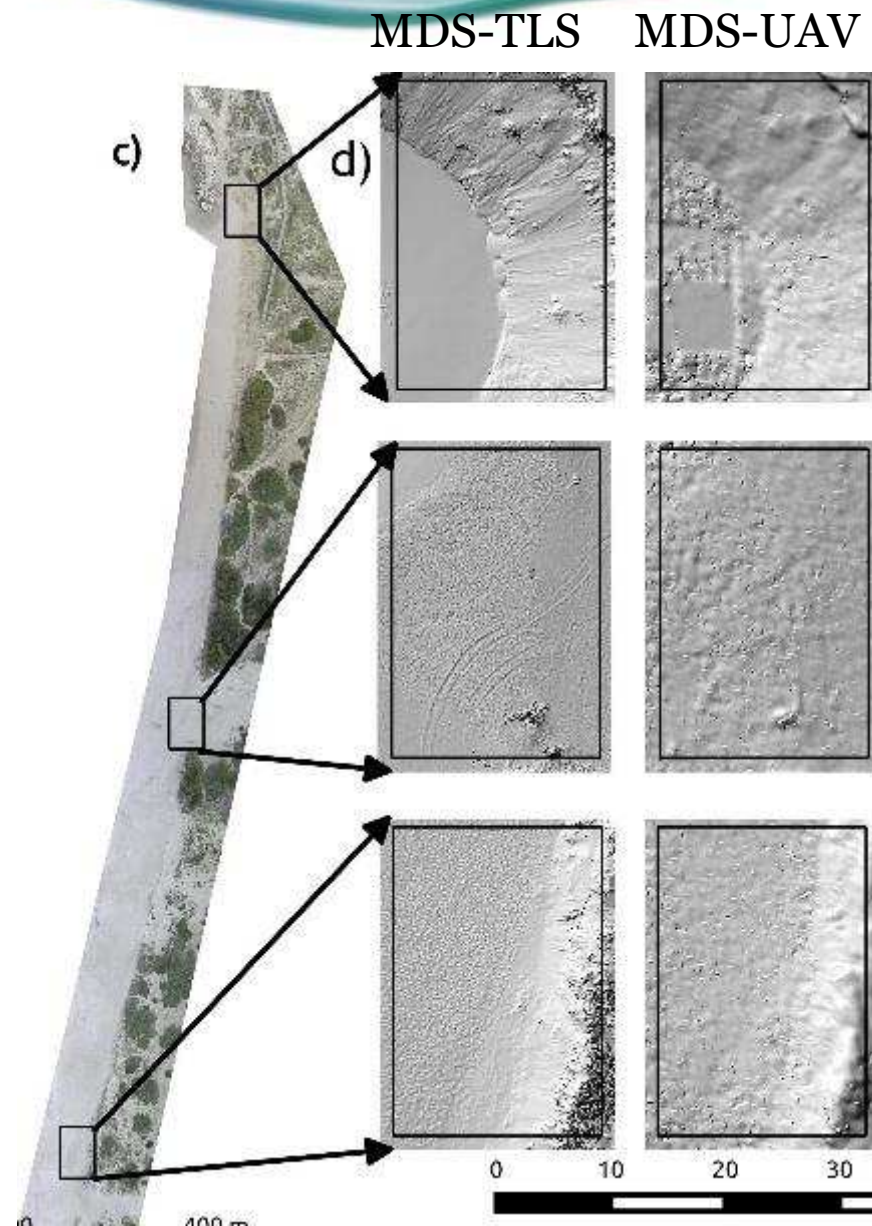




## Resultados e discussão (3)

- Para o remq a área com menos exatidão vertical é a Área 2 e com maior exatidão vertical é a Área 3.
- Para o NMAD as áreas 2 e 3 têm a mesma exatidão vertical e melhor que a área 1.

Area	Npts	REMQ	Q50	NMAD	Q68.3	Q95
Area 1	197465	0.18	-0.03	0.14	0.14	0.31
Area 2	197465	0.29	0.27	0.07	0.31	0.39
Area 3	197465	0.14	-0.06	0.07	0.11	0.27
<b>Global</b>	<b>592395</b>	<b>0.21</b>	<b>0.14</b>	<b>0.22</b>	<b>0.22</b>	<b>0.37</b>



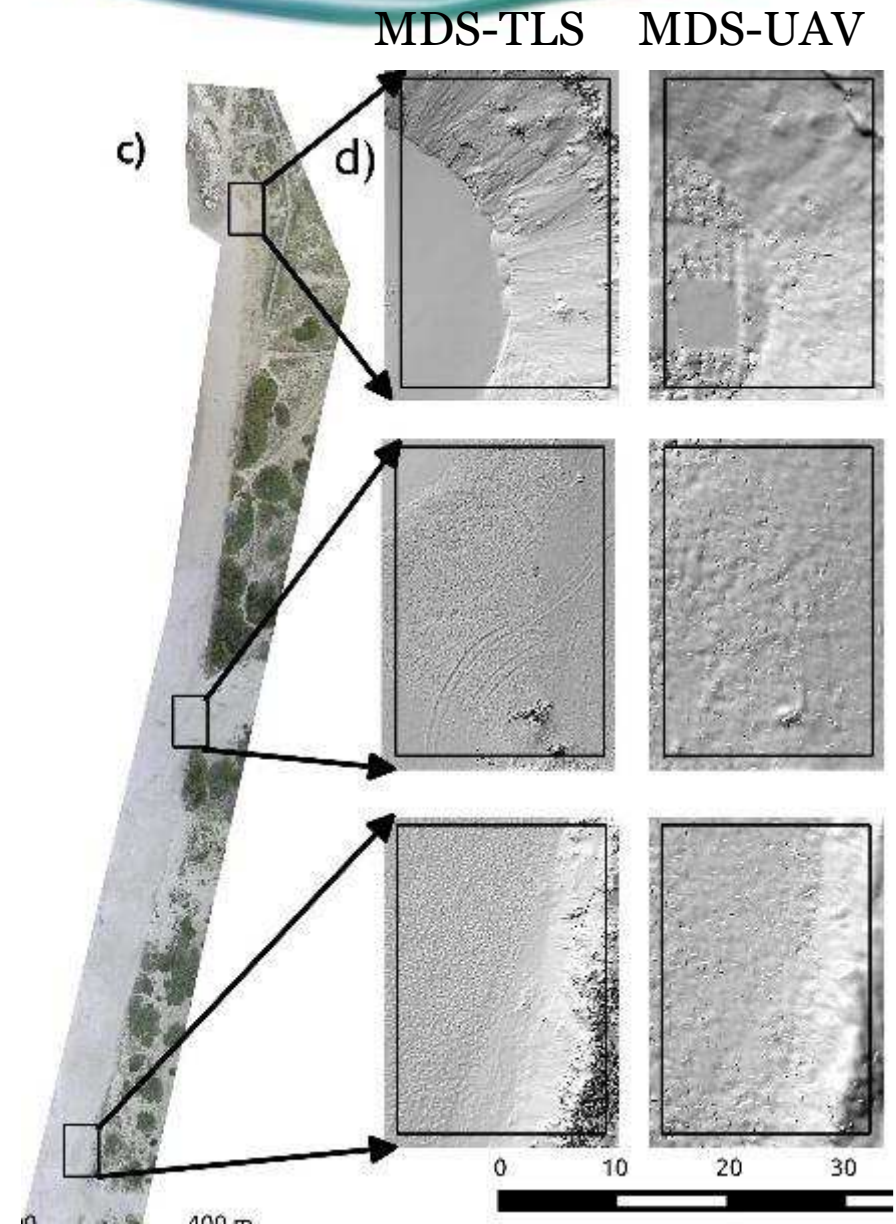
## Resultados e discussão (4)

- Avaliação do grau de filtragem/suavização do MDS-UAV com o SSIM

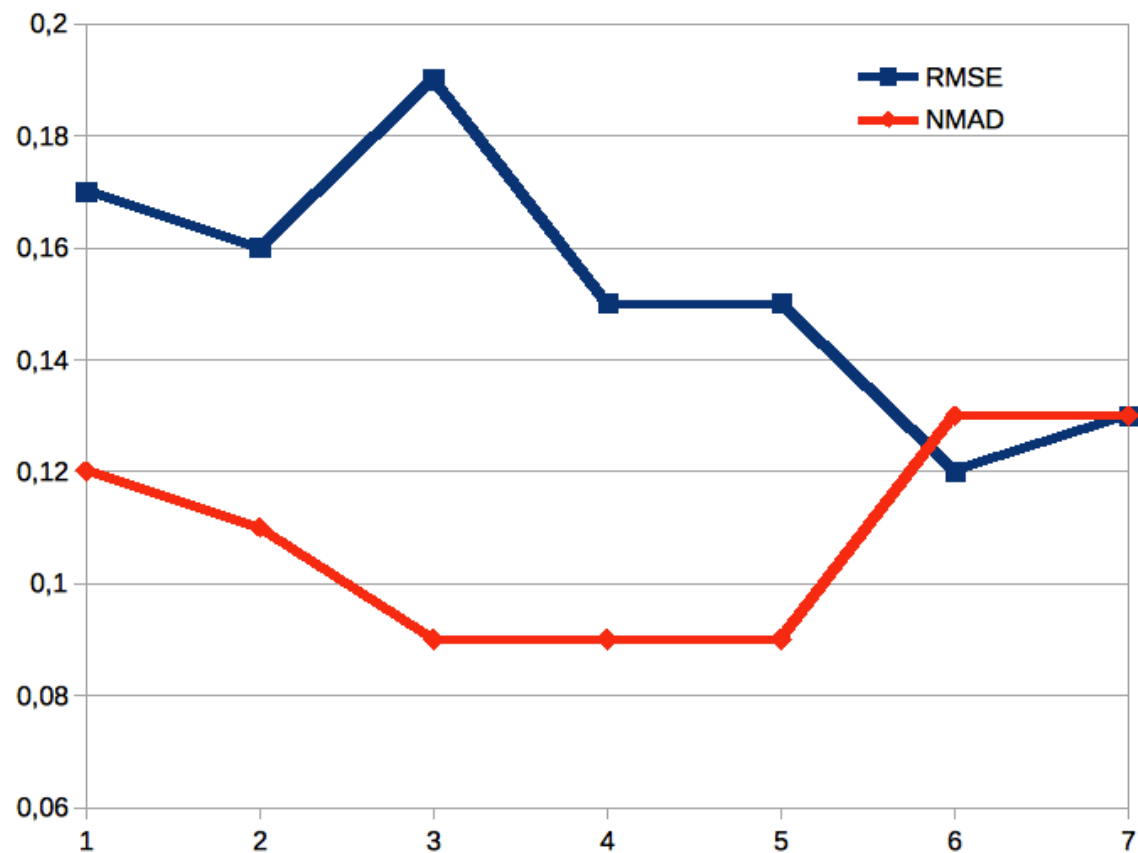
	Area_1	Area_2	Area_3
Original	0.580	0.262	0.368
Denoised	0.859	0.778	0.796

- Nota: para SSIM =1 o MDS-Denoised é igual ao MDSoriginal i.e MDS-TLS)

$$SSIM(x, y) = \frac{(2\mu_x\mu_y + C_1)(2\sigma_{xy} + C_2)}{(\mu_x^2 + \mu_y^2 + C_1)(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + C_2)}$$



## Resultados e discussão (5)





## Conclusões

- A baixa qualidade da câmara de ação (GoPro Hero4Silver) introduziu ruído exagerado no MDS
- Houve necessidade de efetuar uma filtragem adicional do MDS
  - A redução significativa do índice
- A avaliação da exatidão com métodos robustos revelou-se útil
- A exatidão vertical do MDS



# Direções futuras em monitorização das dunas

