



X CONFERÊNCIA NACIONAL DE CARTOGRAFIA E GEODESIA

INFORMAÇÃO GEOESPACIAL PARA OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

INSTITUTO POLITÉCNICO DA GUARDA

02 – 03 NOVEMBRO 2023

MONITORIZAÇÃO COM INSAR DE ENCOSTAS NA VIZINHANÇA DE UMA ALBUFEIRA DURANTE O PRIMEIRO ENCHIMENTO

Dora ROQUE¹, Ana Paula FALCÃO²

¹ Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa

² CERIS e Departamento de Engenharia Civil, Arquitetura e Georrecursos, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa (IST-UL), Lisboa

(droque@lnec.pt; ana.p.falcao@tecnico.ulisboa.pt)



ORDEM
DOS
ENGENHEIROS

Introdução

- Alterações do volume de água numa albufeira interferem nas propriedades do maciço rochoso
- Primeiro enchimento da albufeira
 - Acumulação de grande volume de água
 - Infiltração de água no maciço rochoso
- Aumento da suscetibilidade à ocorrência de deslizamentos de terra
- Pode comprometer a segurança da barragem e da sua vizinhança

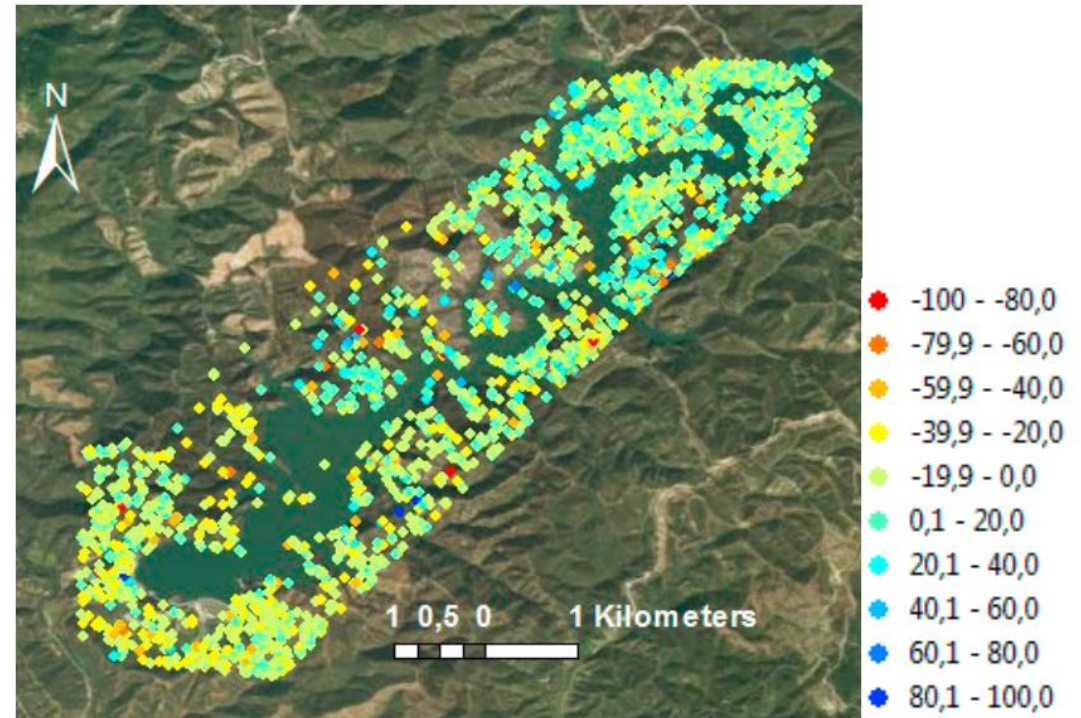


Zhang *et al.* (2015)



Introdução

- Encostas raramente monitorizadas por métodos *in situ*
- InSAR – vantagens
 - Monitorização de grandes áreas
 - Alvos naturalmente existentes no terreno
 - Precisão milimétrica
- InSAR – desvantagens
 - Lacunas em zonas com vegetação e em encostas íngremes



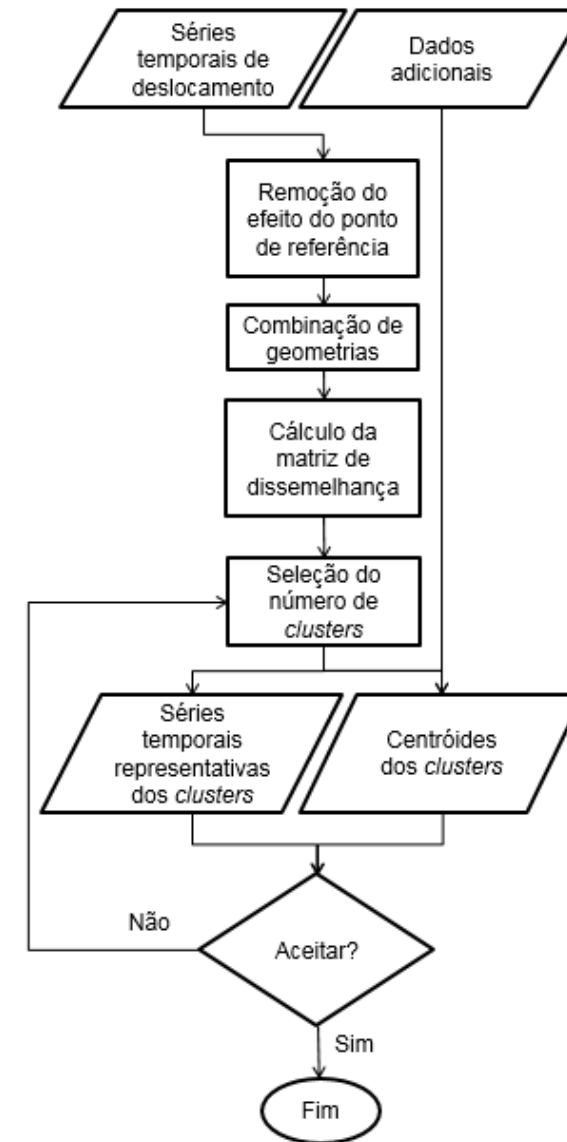
Deslocamento acumulado na vizinhança da albufeira de Odelouca (2006-2011)

Roque *et al.* (2018)



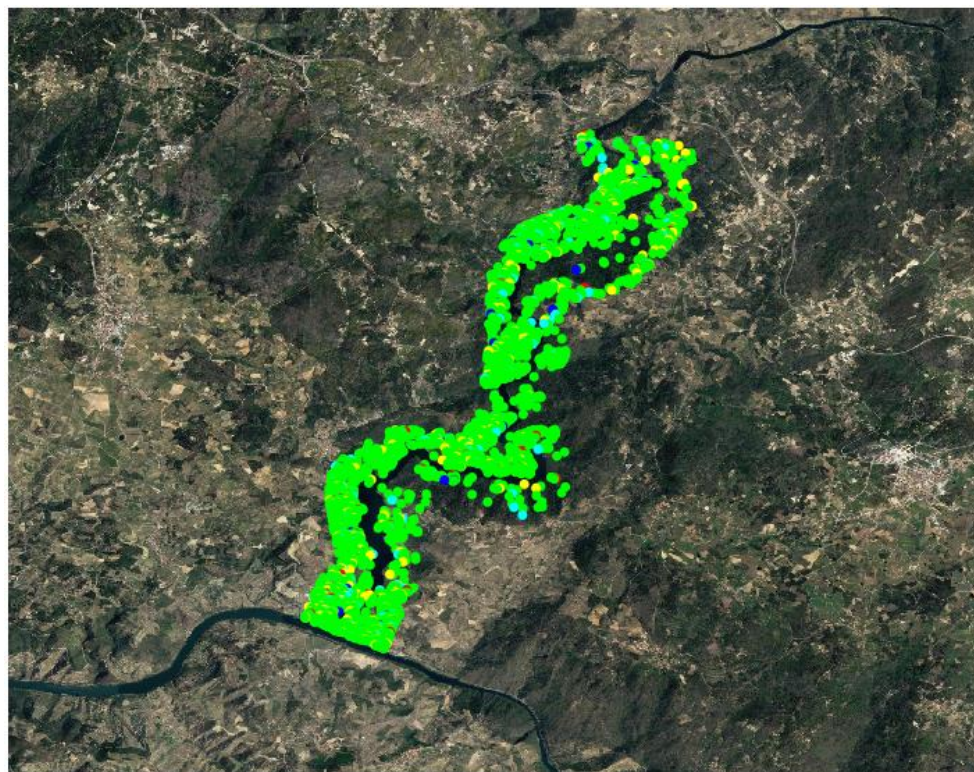
Método SARClust

- Centenas ou milhares de pontos / km²
- Centenas de épocas de observação para cada ponto
- Estruturas e envolvente com comportamento não linear
- Método para identificação de padrões nas séries temporais de deslocamento
 - Construção de *clusters* de pontos com comportamento semelhante

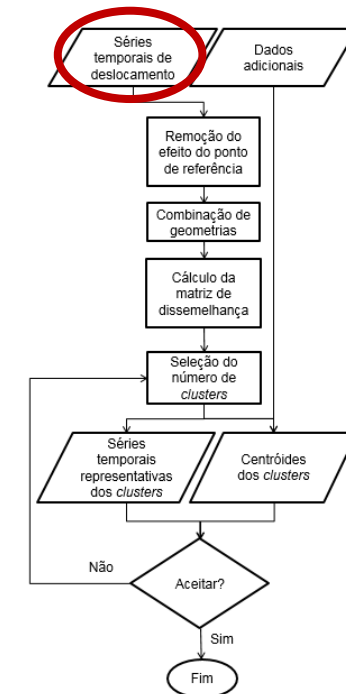


Método SARClust

- Caso de estudo: Foz Tua
- Algoritmo InSAR: *Persistent scatterers interferometry* (SARPROZ)
- 59 épocas de observação
- Passagem descendente
- Imagens: Sentinel-1A
- Período de revisita: 12 dias
- Intervalo de tempo: 2016 – 2018
- 4000 pontos
- Área: 30 km²

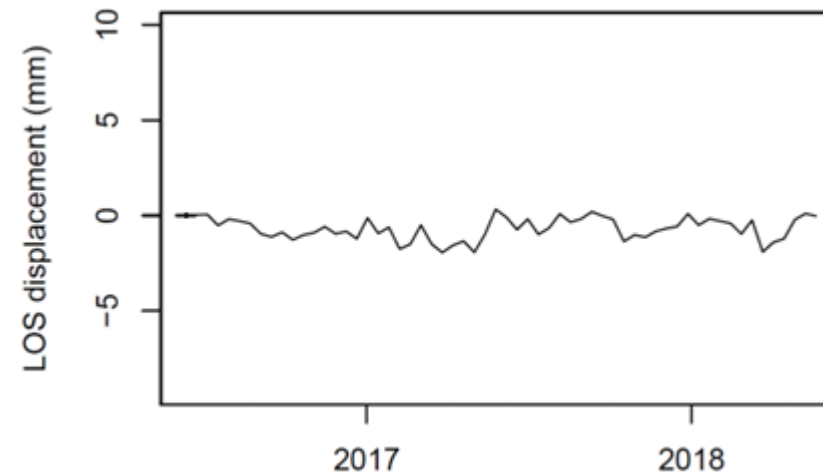


Deslocamento acumulado 2016 – 2018

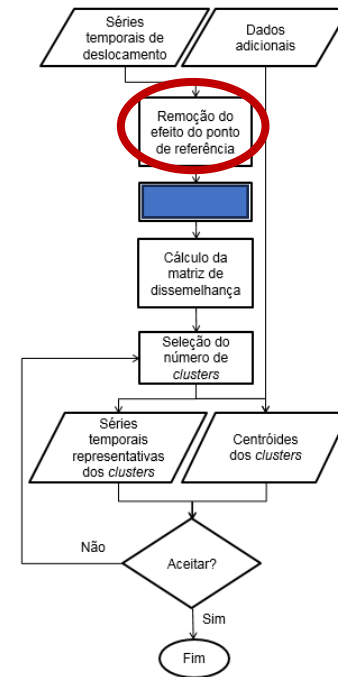


Método SARClust

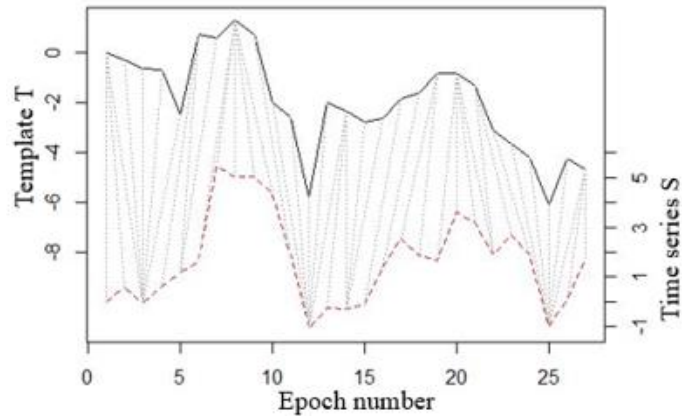
- Correções às séries temporais de deslocamentos
 - Remoção do efeito do ponto de referência
 - Mitigação de artefactos atmosféricos



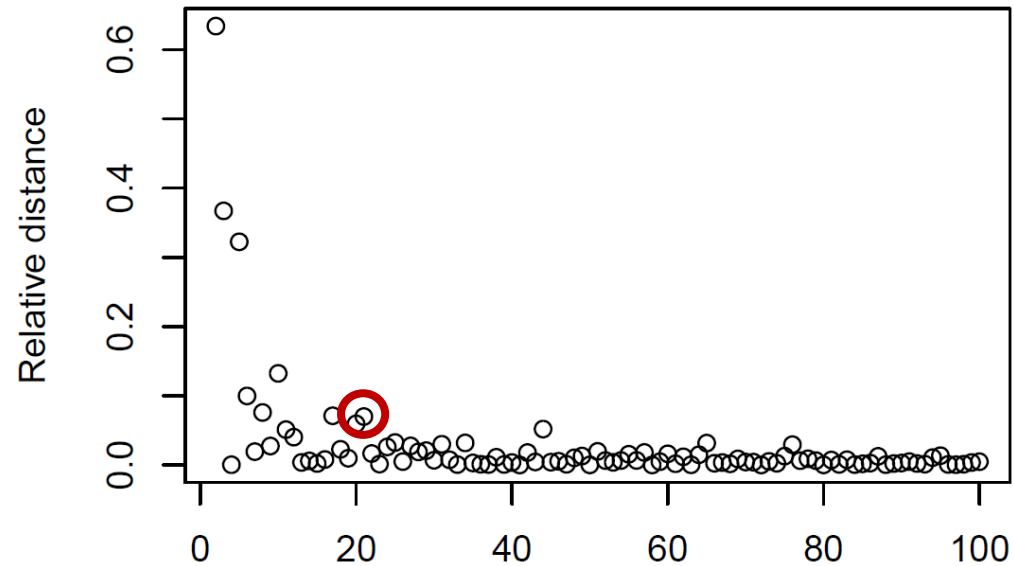
Correção do efeito do ponto de referência



Método SARClust

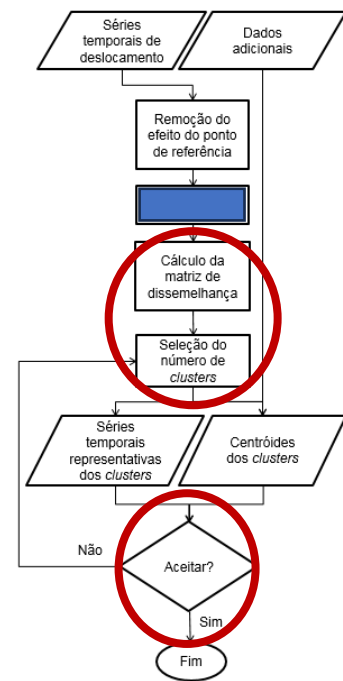


- Dissemelhança entre séries temporais com *dynamic time warping*



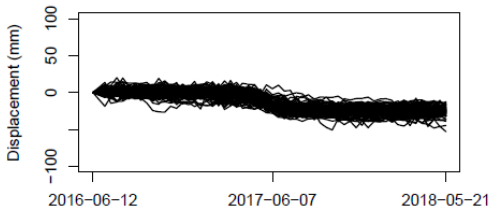
- Seleção do número de *clusters* – 21

- Agregação iterativa de *clusters* de pontos com séries temporais semelhantes – *clustering* hierárquico

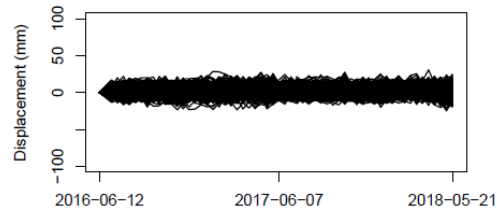


Resultados – séries temporais

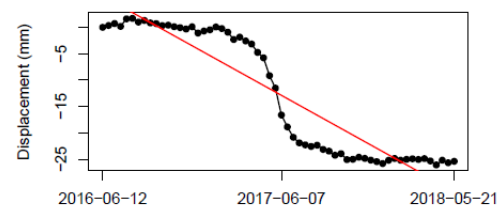
All time series cluster 1



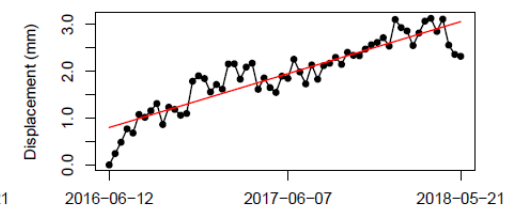
All time series cluster 2



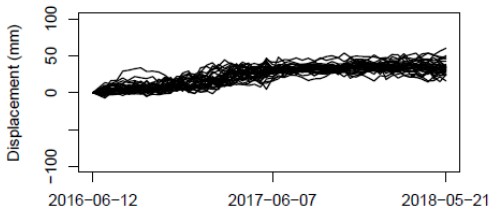
Representative time series of cluster 1



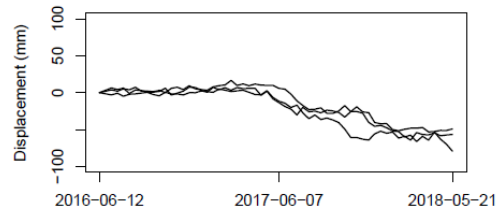
Representative time series of cluster 2



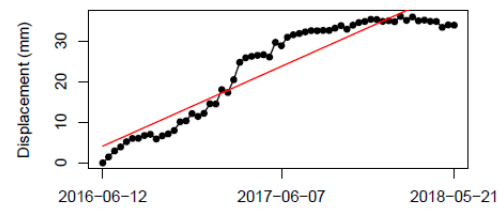
All time series cluster 3



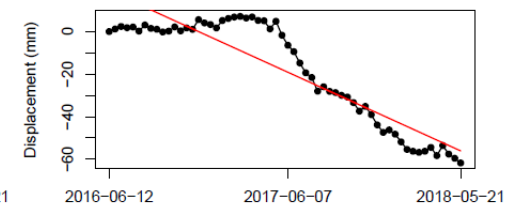
All time series cluster 4



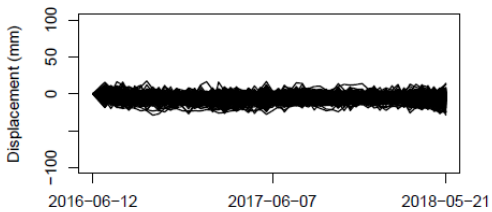
Representative time series of cluster 3



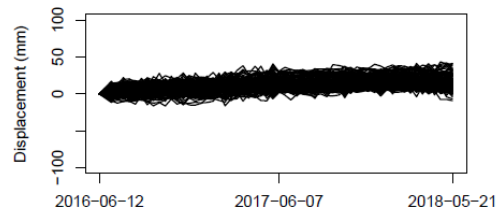
Representative time series of cluster 4



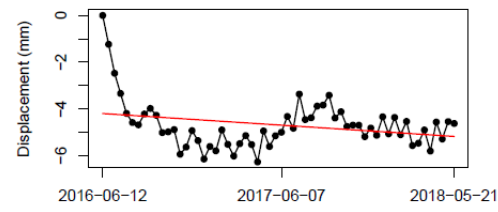
All time series cluster 5



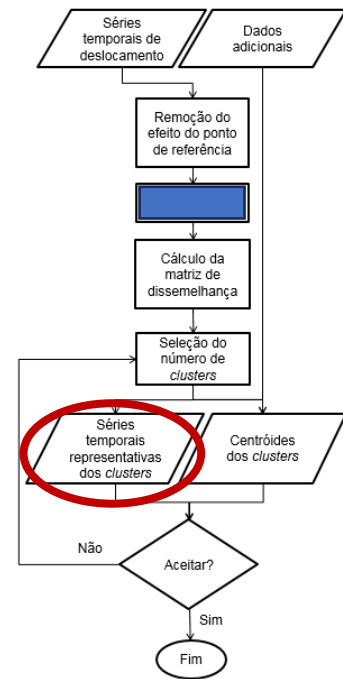
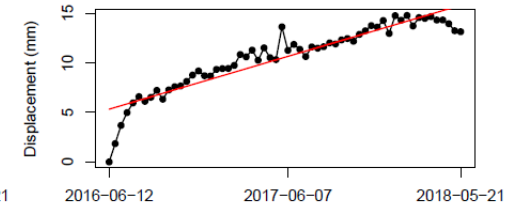
All time series cluster 6



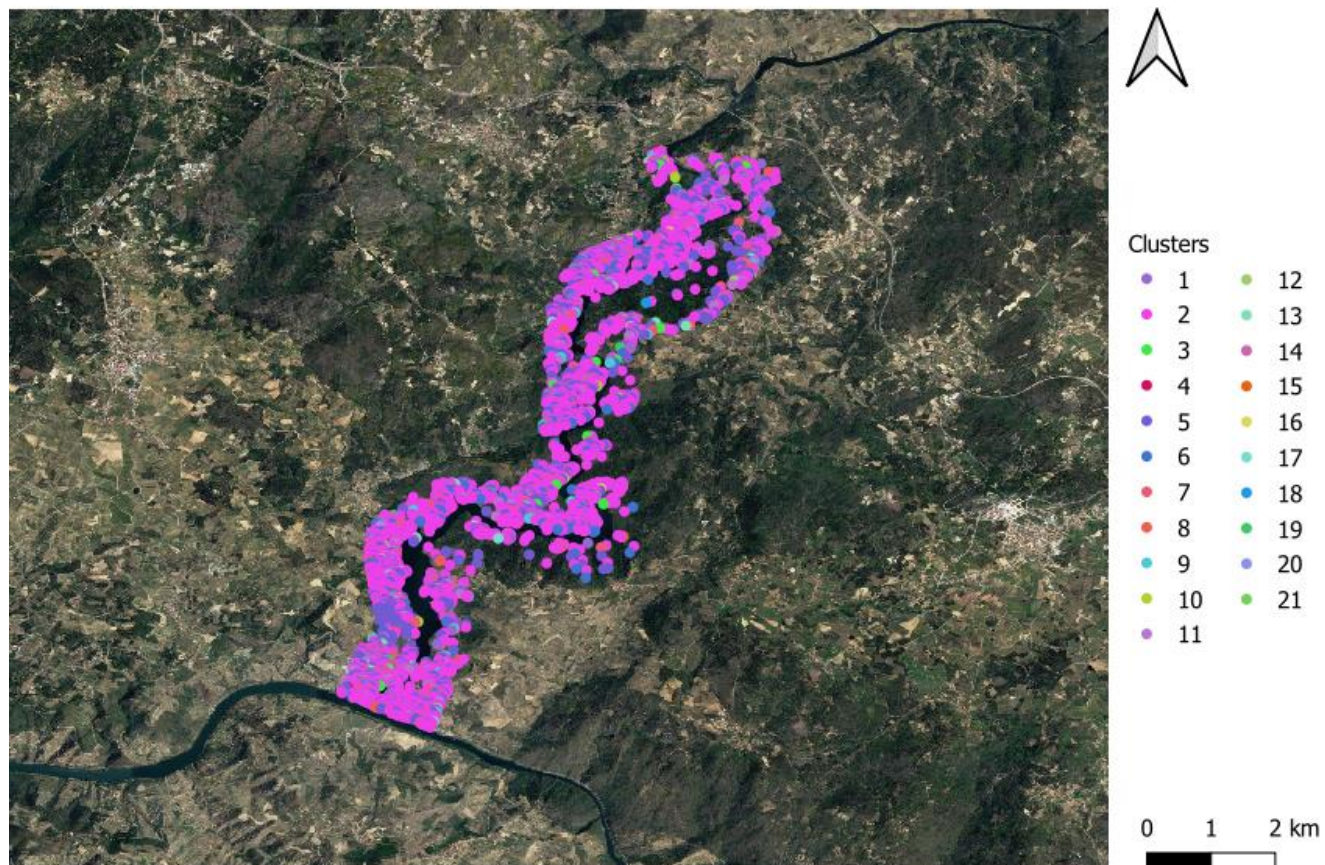
Representative time series of cluster 5



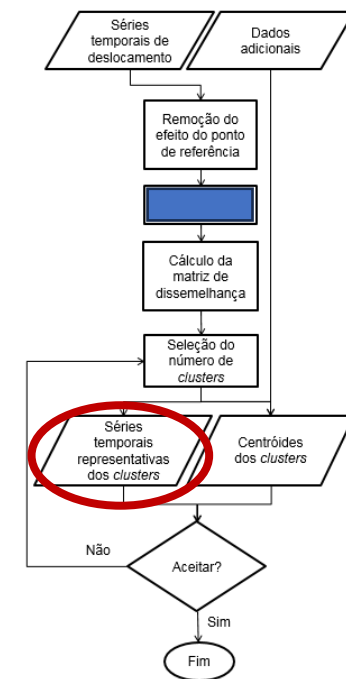
Representative time series of cluster 6



Resultados – séries temporais



Distribuição espacial dos *clusters*



X CONFERÊNCIA NACIONAL DE CARTOGRAFIA E GEODESIA

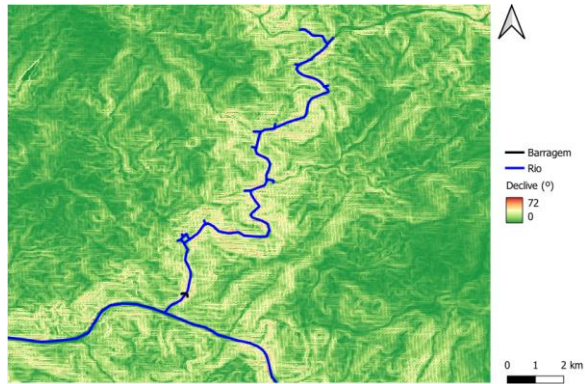
INFORMAÇÃO GEOESPACIAL PARA OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

02 – 03 NOV. INSTITUTO POLITÉCNICO DA GUARDA

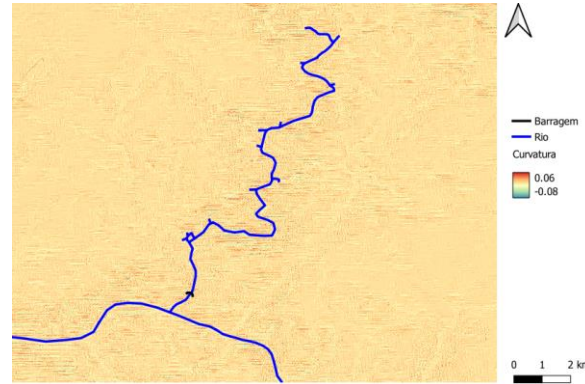


ORDEM
DOS
ENGENHEIROS

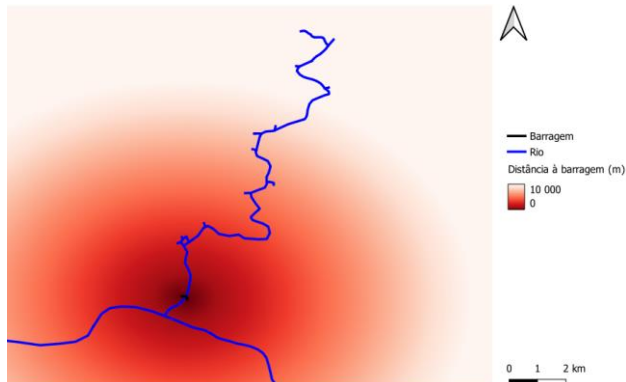
Resultados – centroides



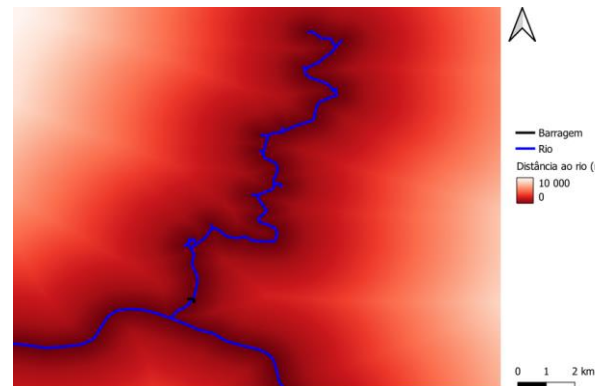
Declive



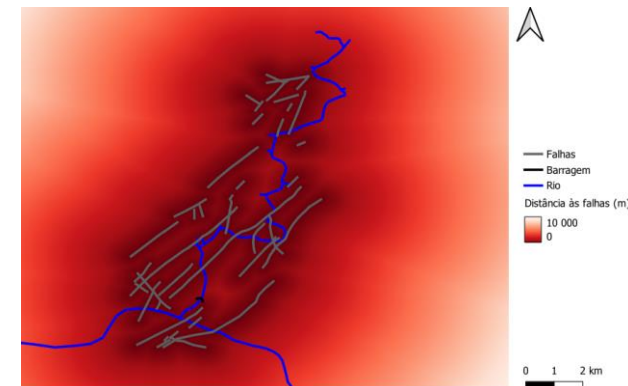
Curvatura



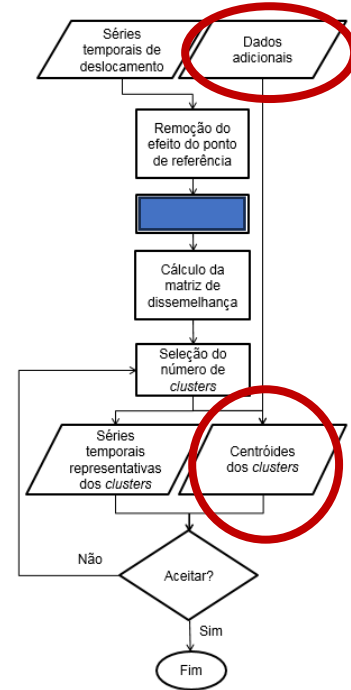
Distância à barragem



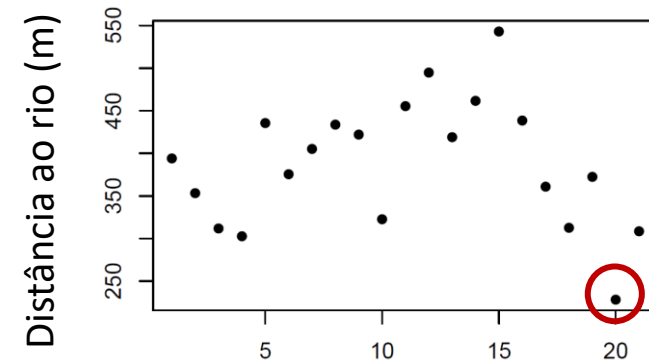
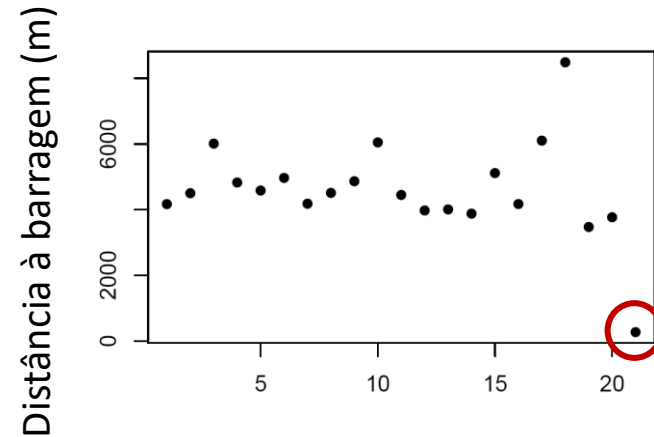
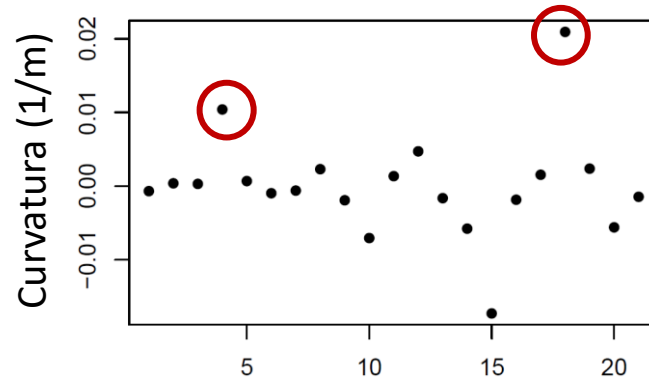
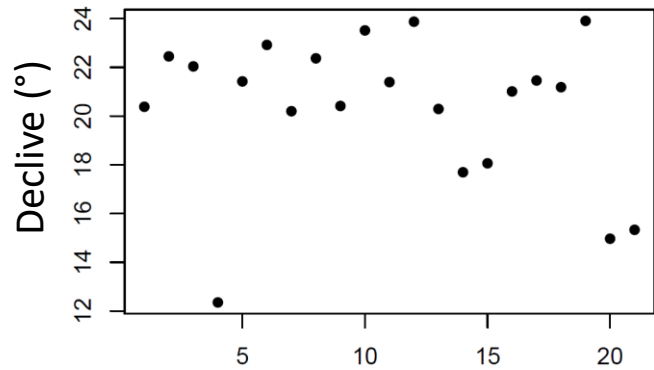
Distância ao rio



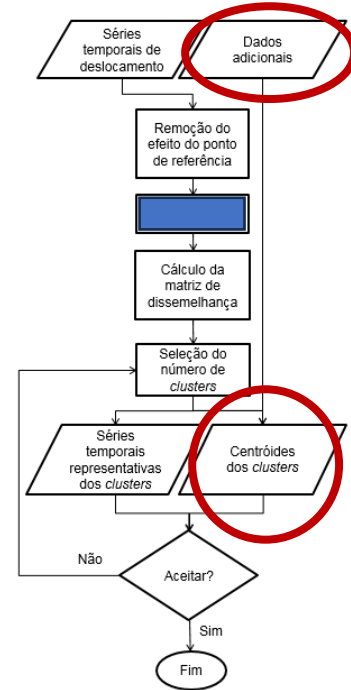
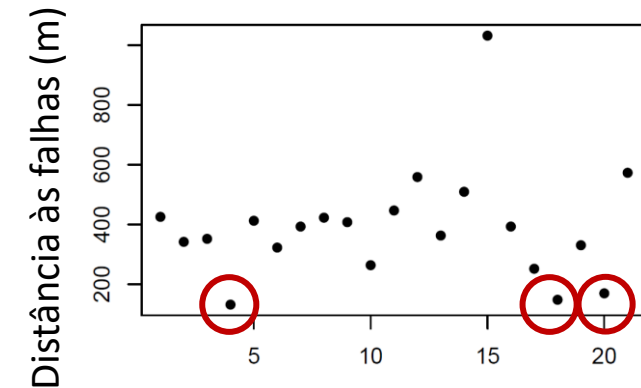
Distância às falhas



Resultados – centroides



Clusters 4 e 18



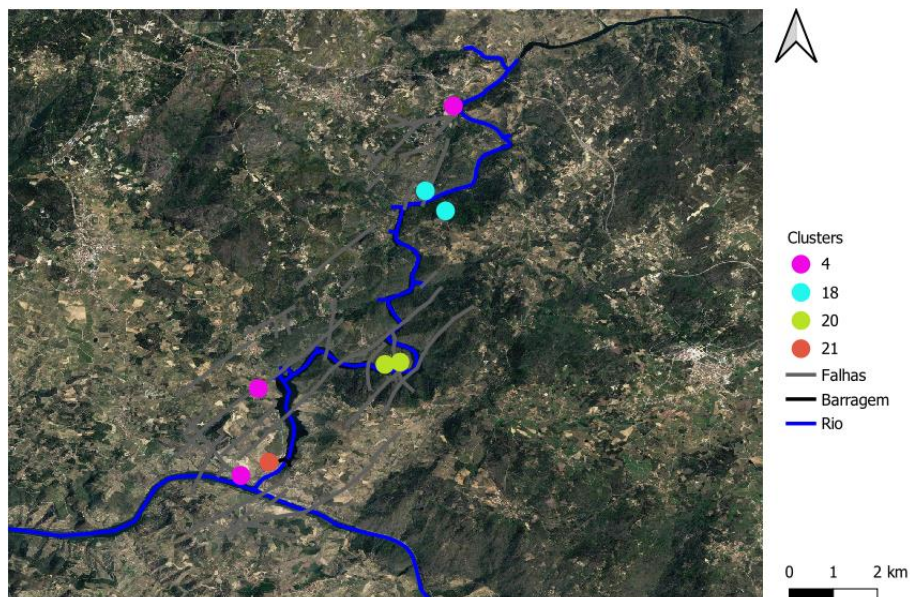
Cluster 21

Cluster 20

Clusters 4, 18 e 20

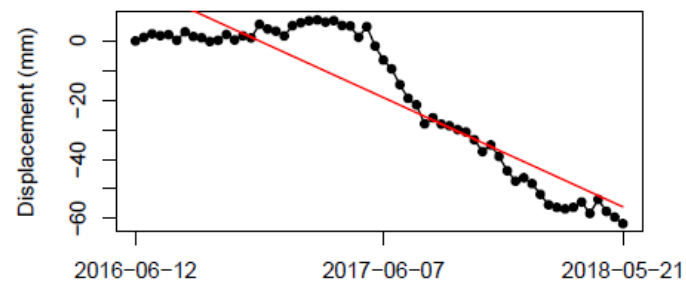


Análise de resultados

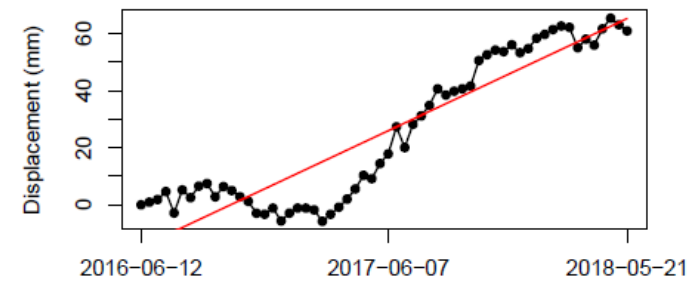


Distribuição espacial dos *clusters* 4, 18, 20 e 21

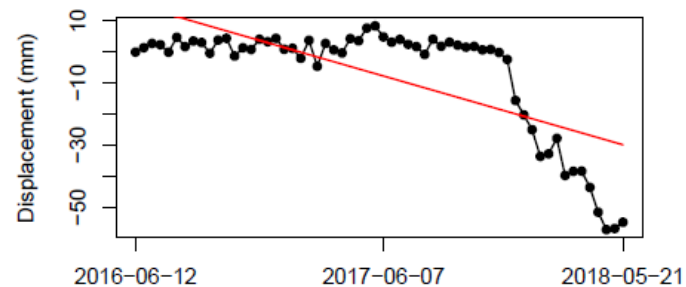
Representative time series of cluster 4



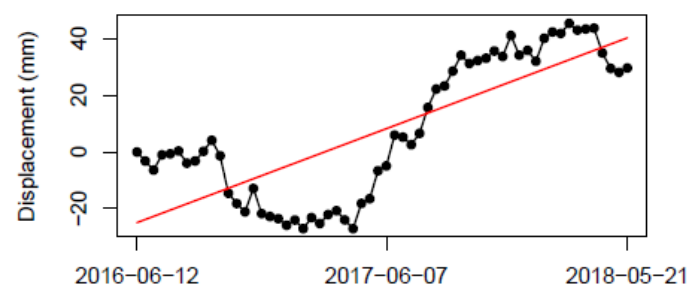
Representative time series of cluster 18



Representative time series of cluster 20



Representative time series of cluster 21



Considerações finais

- As encostas na vizinhança de uma albufeira apresentam diferentes padrões de deslocamento
- A tecnologia InSAR tem capacidade para medir esses deslocamentos
- O método SARClust permite identificar semelhanças nas séries temporais de deslocamentos e agrupar os PS em *clusters*
- A inclusão de variáveis adicionais possibilita a caracterização dos *clusters* de PS e a sua interpretação
- O método proposto pode ser utilizado como alerta para situações de possível instabilidade da encosta e ser utilizado para planejar ações de monitorização *in situ*



Referências

- Zhang, S., Xie, X., Wei, F., Chernomorets, S., Petrakov, D., Pavlova, I., & Tellez, R. D. (2015). A seismically triggered landslide dam in Honshiyuan, Yunnan, China: from emergency management to hydropower potential. *Landslides*, 12, 1147-1157.
- Roque, D., Perissin, D., Falcão, A. P., Amado, C., Lemos, J. V., & Fonseca, A. M. (2018). Analysis of InSAR displacements for the slopes around Odelouca reservoir. *Procedia computer science*, 138, 338-345.



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



X CONFERÊNCIA NACIONAL DE CARTOGRAFIA E GEODESIA

INFORMAÇÃO GEOESPACIAL PARA OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

INSTITUTO POLITÉCNICO DA GUARDA

02 – 03 NOVEMBRO 2023

OBRIGADA

droque@lnec.pt



ORDEM
DOS
ENGENHEIROS