

Workshop

Instabilidade de Encostas e Taludes de Natureza Vulcânica na Macaronésia

SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO INSTALADO EM MOVIMENTOS DE VERTENTE NA FREGUESIA DO LAJEDO – ILHA DAS FLORES

PROJETO DECISIONLARM

DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE APOIO À DECISÃO PARA
ALERTA E ALARME A MOVIMENTOS DE VERTENTE COM O RECURSO À MONITORIZAÇÃO
CINEMÁTICA E HIDROLÓGICA E À MODELAÇÃO HIDROLÓGICA E GEOTÉCNICA

Paulo Amaral ⁽¹⁾, Paulo.AP.Amaral@azores.gov.pt

Letícia Moniz ⁽¹⁾, Leticia.CM.Moniz@azores.gov.pt

Filipe Marques ⁽¹⁾, Filipe.MP.Marques@azores.gov.pt

Ana Malheiro ⁽¹⁾, Ana.MM.Malheiro@azores.gov.pt

⁽¹⁾Laboratório Regional de Engenharia Civil dos Açores, Portugal

Operação AÇORES-01-0145-FEDER-000055 - DECISIONLARM

Programa Operacional Co-Financiado FEDER FSE AÇORES 2020

ESTRUTURA DA APRESENTAÇÃO

1. INTRODUÇÃO

2. CASO DE ESTUDO: MOVIMENTOS DE VERTENTE NO LAJEDO

3. REDE DE MONITORIZAÇÃO HIDROLÓGICA E GEOTÉCNICA

4. RESULTADOS OBTIDOS

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

1. INTRODUÇÃO

- A ocorrência de movimentos de vertente (de diferentes tipologias) é um dos principais perigos geológicos que coloca em risco a segurança de pessoas e bens no arquipélago dos Açores;



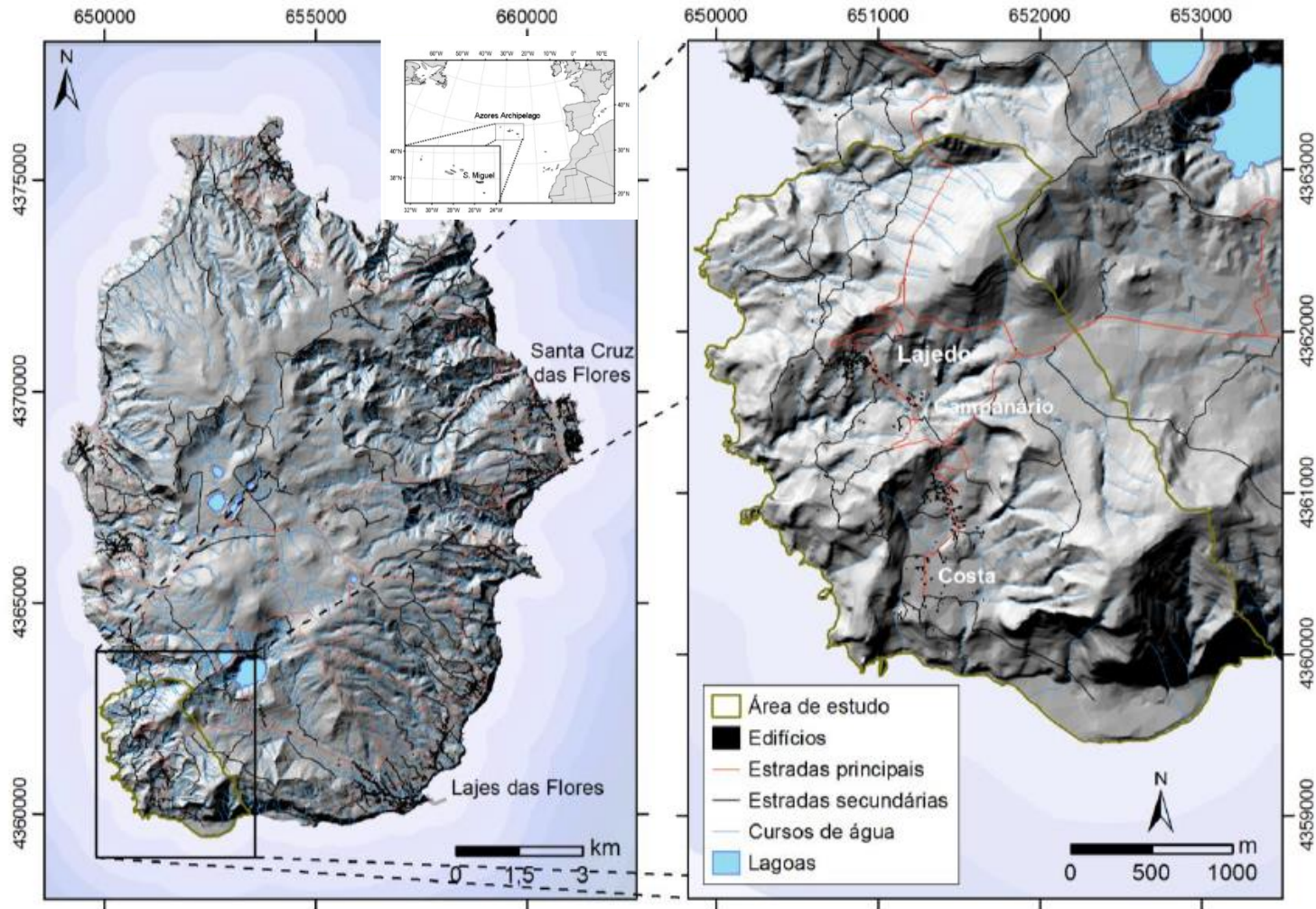
Faial da Terra – 2013
(ilha de S. Miguel)



S. Miguel Arcanjo – 2014
(ilha do Pico)

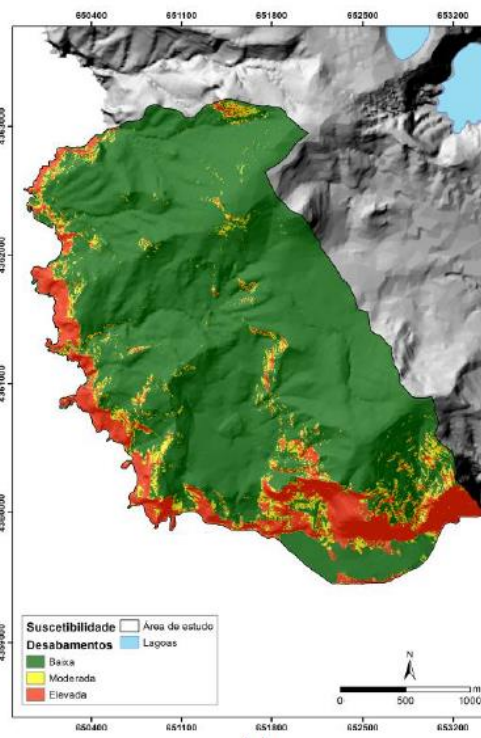
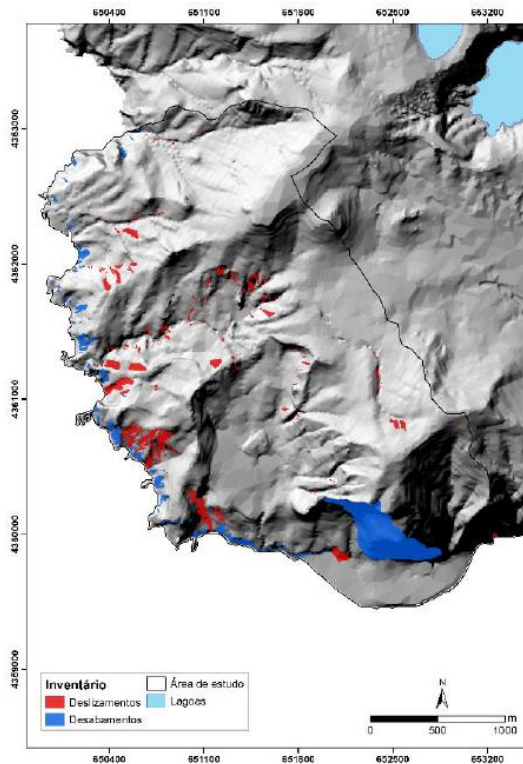
- Projeto DECISIONLARM – Principal objetivo: Implementação de um sistema de monitorização aplicado a diferentes situações de instabilidade geomorfológica que ocorrem no Lajedo (Ilha das Flores), por forma a compreender-se os fatores que os desencadeiam, assim como servir de ferramenta de apoio à tomada de decisão para alerta e alarme em caso de crise.

2. CASO DE ESTUDO: MOVIMENTOS DE VERTENTE NO LAJEDO

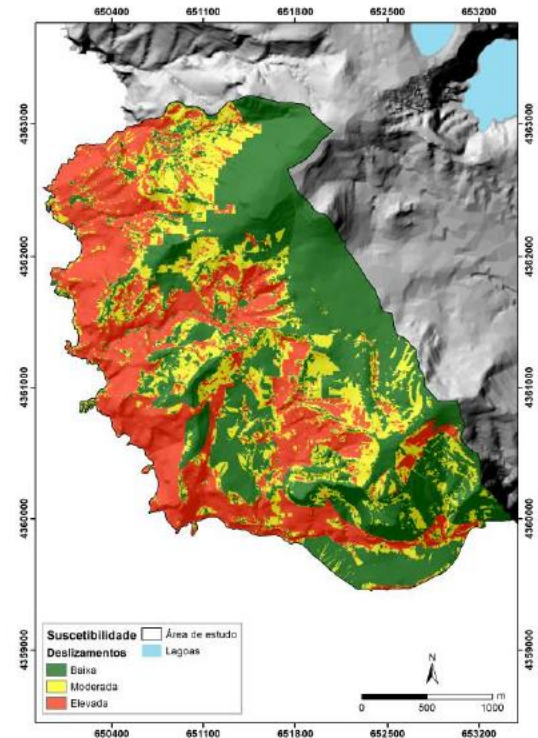


2. CASO DE ESTUDO: MOVIMENTOS DE VERTENTE NO LAJEDO

- ❑ A freguesia do Lajedo é recorrentemente afetada por movimentos de vertente (relatos desde o século XVIII);
- ❑ Cartografados 474 MV: 171 desabamentos; 303 deslizamentos;



(a)

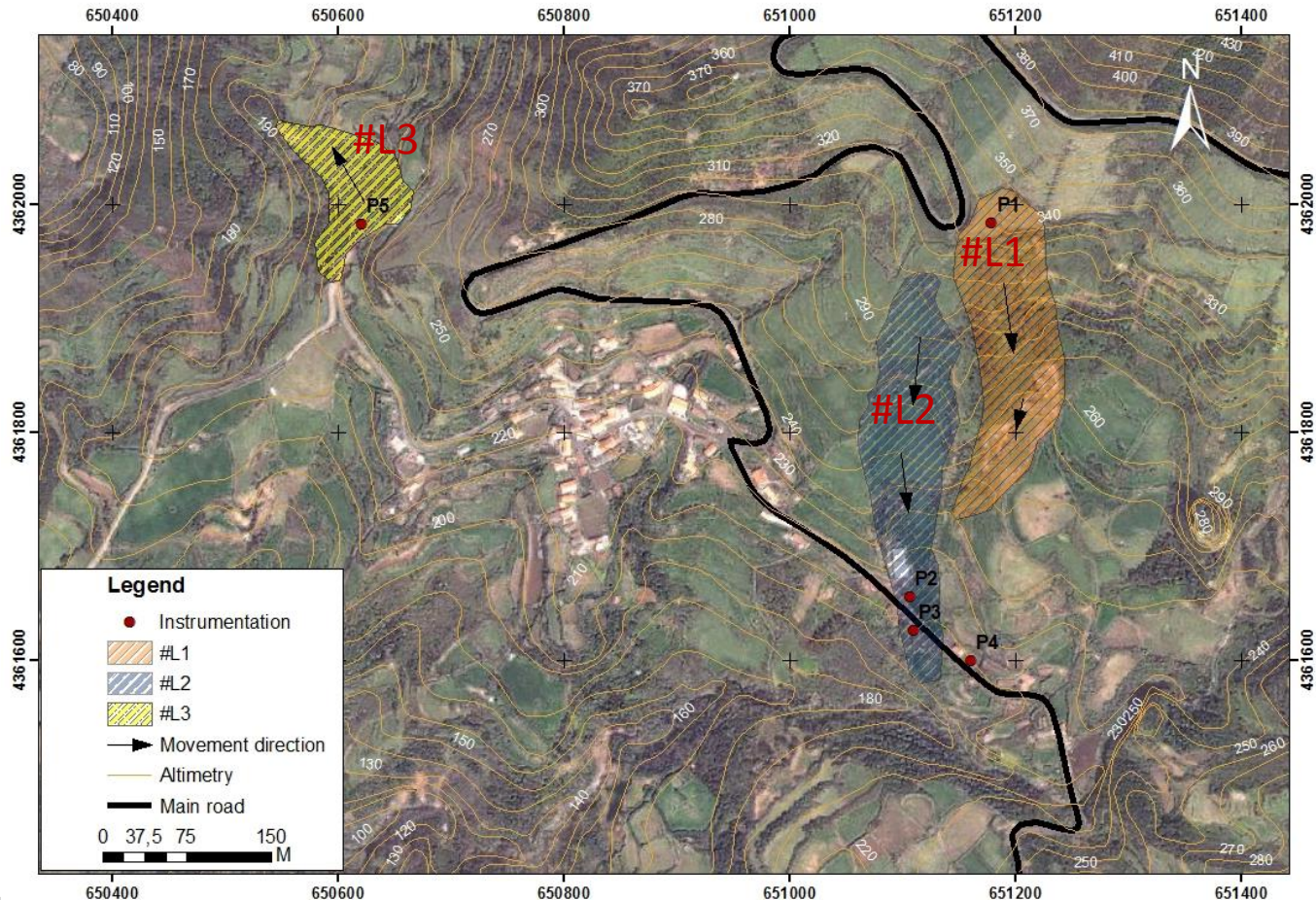


(b)

Mapas de susceptibilidade a desabamentos (a) e deslizamentos (b) com base no método estatístico bivariado do Valor Informativo (Silva, 2018)

2. CASO DE ESTUDO: MOVIMENTOS DE VERTENTE NO LAJEDO

- Em dezembro de 2010 ocorreram três eventos de instabilidade geomorfológica na freguesia do Lajedo (denominados de L1, L2 e L3).



2. CASO DE ESTUDO: MOVIMENTOS DE VERTENTE NO LAJEDO

INSTABILIDADE GEOMORFOLÓGICA #L1

Situação	Tipo de movimento	Inclinação do talude	Material mobilizado	Indicadores de rotura (em 2010)
#L1	Movimento rotacional	18° / 50°	Depósito de vertente e escoadas lávicas muito alteradas	<ul style="list-style-type: none"> - Limites expressos na topografia. Em 2010 apresentava um assentamento de 0,30 m; presentemente: 2,00 m; - Presença de roturas secundárias e fendas transversais; aclives.



2. CASO DE ESTUDO: MOVIMENTOS DE VERTENTE NO LAJEDO

INSTABILIDADE GEOMORFOLÓGICA #L2

Situação	Tipo de movimento	Inclinação do talude	Material mobilizado	Indicadores de rotura (em 2010)
#L2	Deslizamento complexo	18°	Depósito de vertente	<ul style="list-style-type: none"> · Rotura de um muro; · Deformação e fendas na estrada; · Rotura e separação do lancil do passeio (≈ 0,6 m) .



2. CASO DE ESTUDO: MOVIMENTOS DE VERTENTE NO LAJEDO

INSTABILIDADE GEOMORFOLÓGICA #L3

Situação	Tipo de movimento	Inclinação do talude	Material mobilizado	Indicadores de rotura (em 2010)
#L3	Movimento complexo	10° / 30°	Depósito de vertente	<ul style="list-style-type: none"> · Abertura de fendas em terrenos agrícolas e trilho pedestre; · Destruição de um estábulo agrícola.



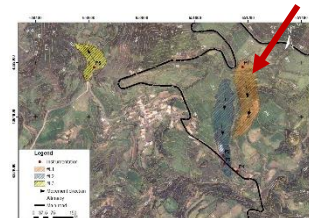
3. REDE DE MONITORIZAÇÃO HIDROLÓGICA E GEOTÉCNICA

EQUIPAMENTOS INSTALADOS

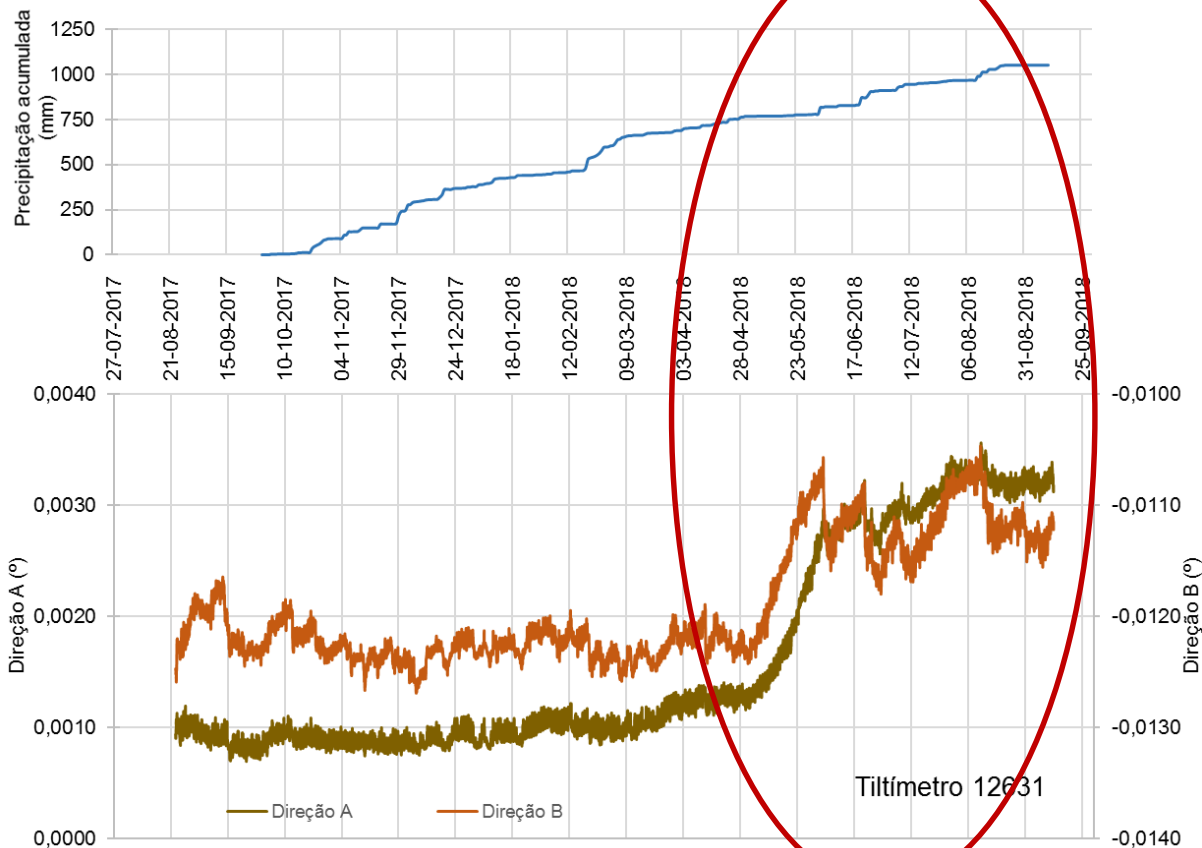


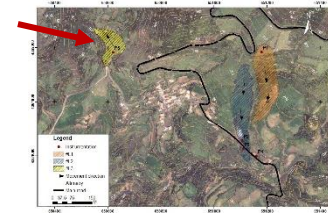
4. RESULTADOS OBTIDOS

LOCAL (#L1)



MEDIÇÕES COM TILTIMETROS



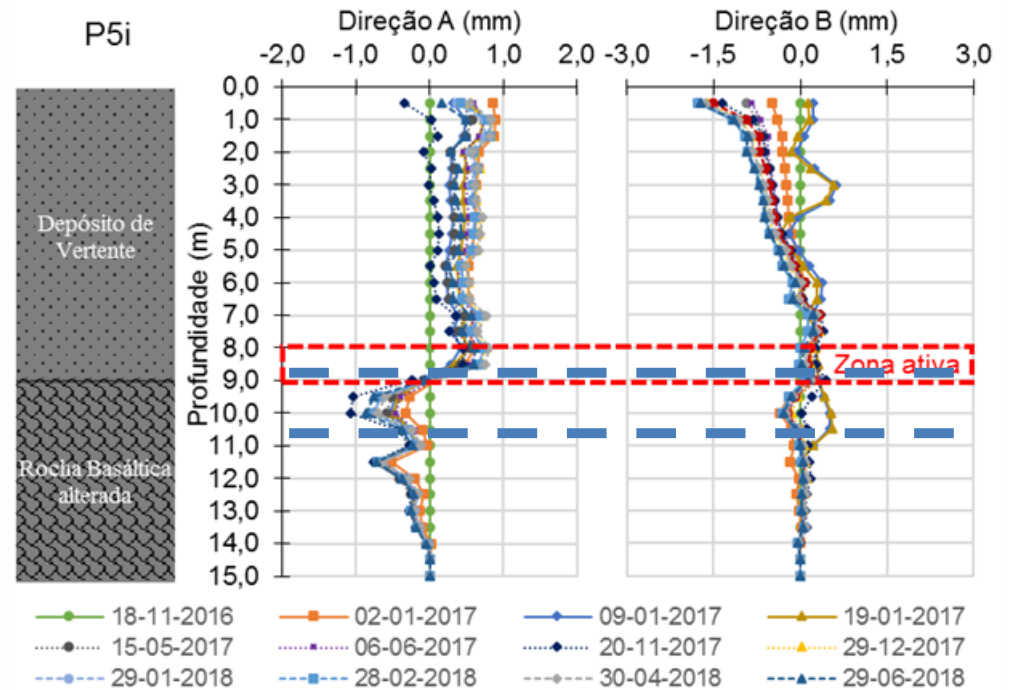


4. ANÁLISE DE RESULTADOS

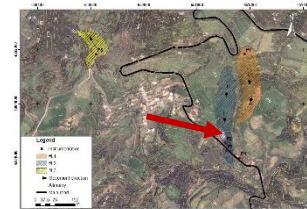
LOCAL (#L3)

- ❑ O deslocamento máximo foi praticamente insignificante, contudo é notório uma tendência da movimentação na zona de contacto litológico
- ❑ Plano de rotura na interface do depósito de vertente e da rocha basáltica alterada (≈ 8-9 m);

MEDIÇÕES INCLINOMÉTRICAS (#L3)



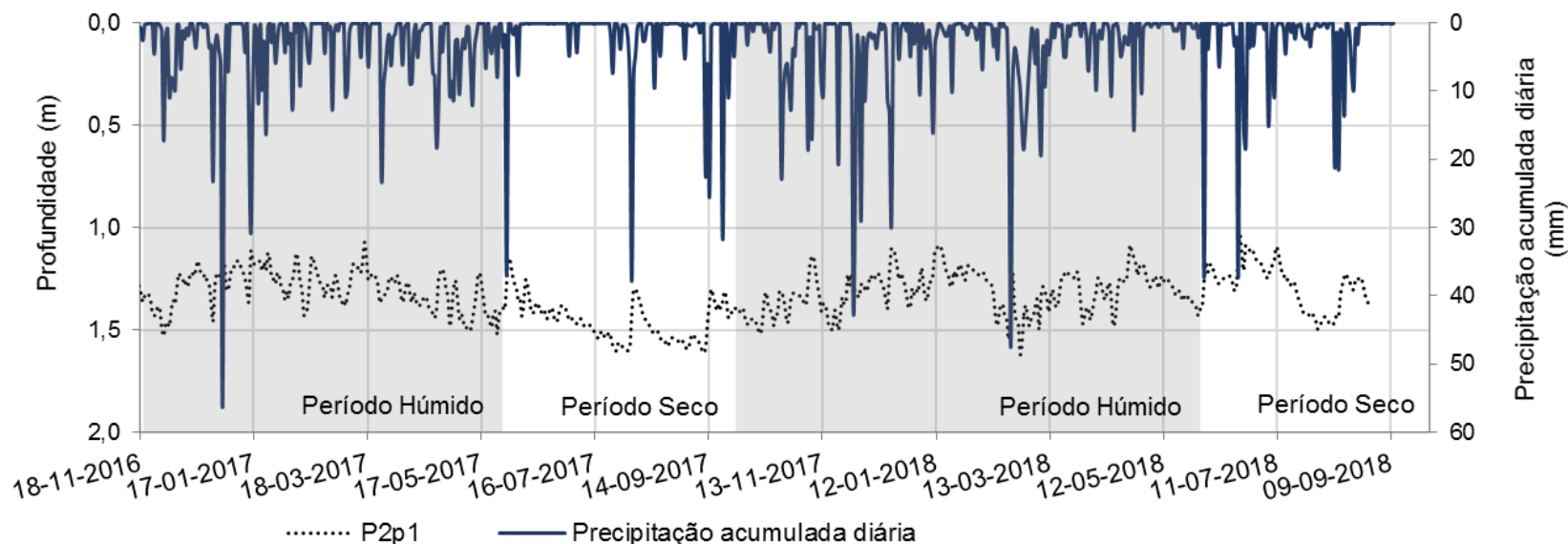
NA



4. ANÁLISE DE RESULTADOS

LOCAL (#L2)

PRESSÃO DE ÁGUA (#L2)



- ❑ A profundidade do nível de água no período de observação variou entre os 1,0 m e os 1,6 m.
- ❑ Resposta rápida do nível freático quando ocorre um período de precipitação intensa ou continua. Permeabilidade moderada a alta do solo, ou a existências de fissuração no solo, que permite a rápida recarga do nível de água no subsolo.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

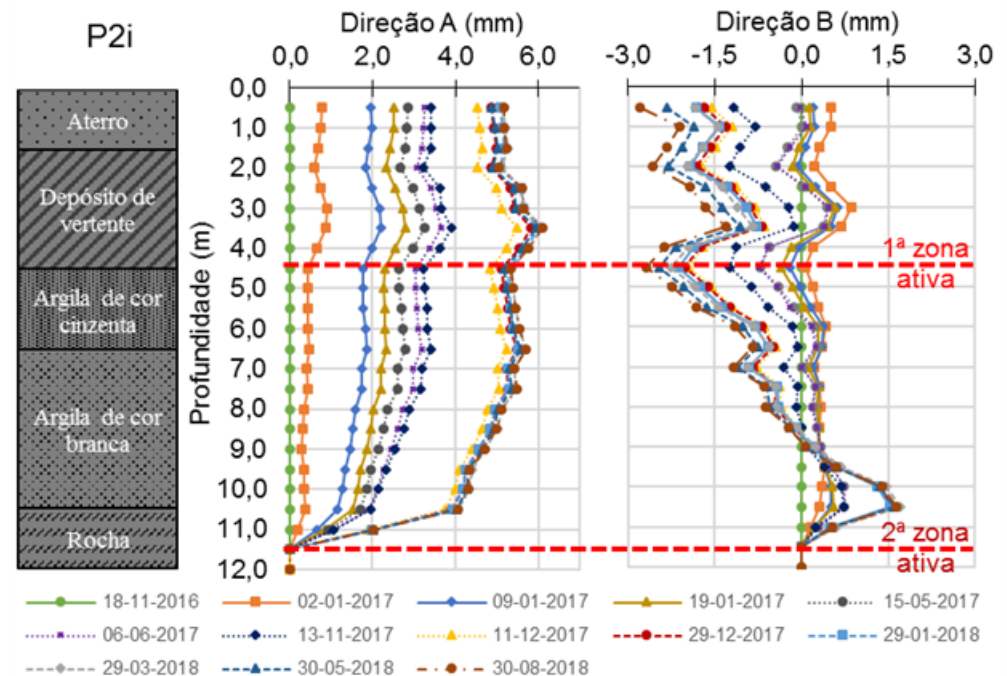
LOCAL (#L2)

□ Dois planos de rotura ativos:

- aos 4,5 m na interface de depósito de vertente e camada de argila de cor cinza;
- aos 11,5 m na transição da argila branca com rocha basáltica;

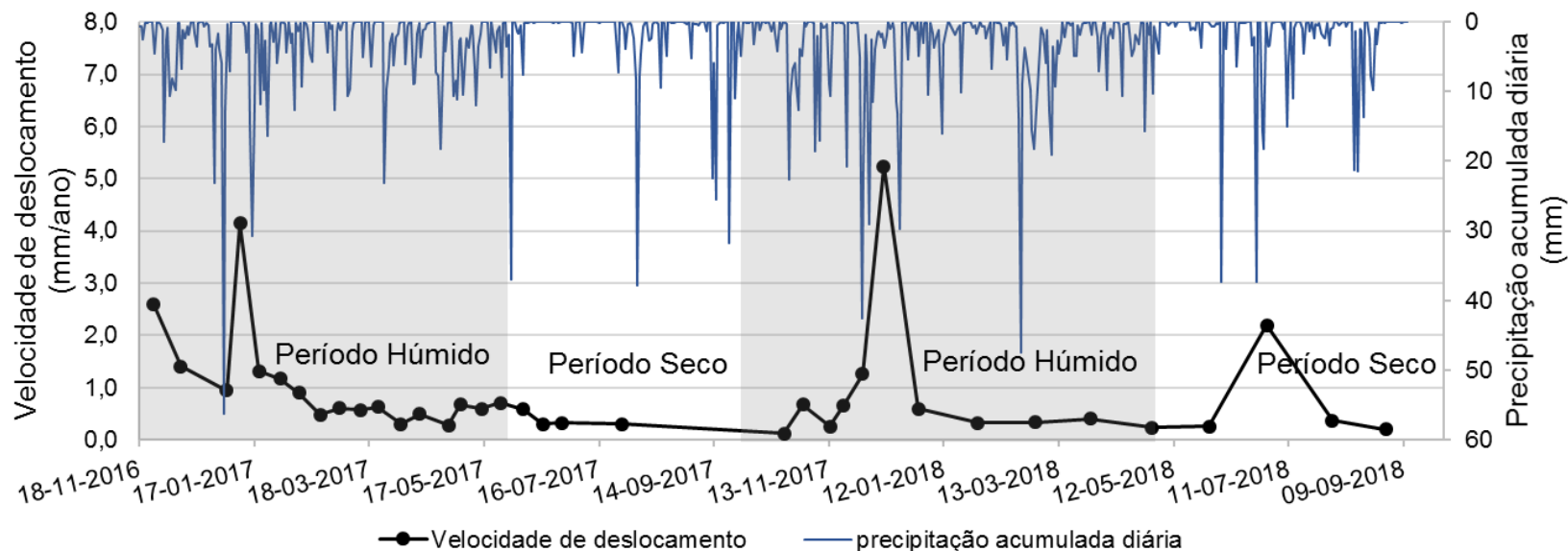
□ Velocidade média anual de 4,8 mm/ano.

MEDIÇÕES INCLINOMÉTRICAS (#L2)



4. ANÁLISE DE RESULTADOS

DESLOCAMENTO (#L2)



- Reativações do sistema nos meses chuvosos (outubro a maio) e desacelerações nos meses secos (junho a setembro);
- As 3 reativações observadas correspondem a valores de precipitação entre os 40 a 60 mm/dia;
- Este deslizamento apresenta um comportamento ativo e intermitente.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

ANÁLISE DE ESTABILIDADE (#L2)

- Foi realizada uma análise de estabilidade baseada no modelo de talude infinito, de modo a determinar o FS da massa instável para diferentes posições do nível freático.

$$FS = \frac{c'}{H\gamma_{sat}\cos^2\beta\tan\beta} + \frac{(\gamma_{sat} - m\gamma_w)\tan\phi'}{\gamma_{sat}\tan\beta}$$

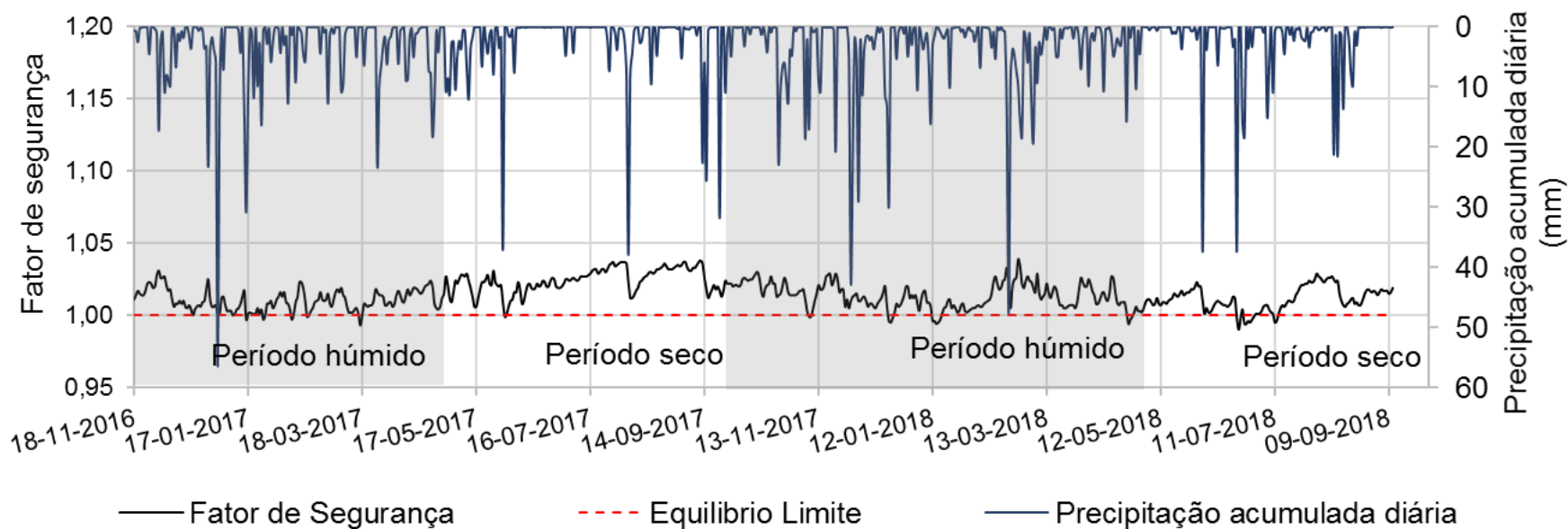
(Skempton and DeLory, 1957)

Ângulo do talude – β (°)	18
Profundidade da rotura – H (m)	11,5 ^a
Ângulo de atrito interno – ϕ_r' (°)	31,8 ^b / 30 ^c
Coesão efetiva – c' (kPa)	1,2 ^b / 1,2 ^c
Peso volúmico saturado – γ_{sat} (kN/m³)	20 ^c

^a – obtido a partir dos dados inclinométricos; ^b – obtidos através de ensaios de laboratório; ^c – obtido através da calibração do modelo.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

ANÁLISE DE ESTABILIDADE (#L2)



- Durante os meses húmidos, em algumas situações, o fator de segurança atinge quantitativos inferiores à unidade, indicando uma reativação do sistema. Este fenómeno é compatível com o observado nos dados inclinométricos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

- ❑ O sistema de monitorização instalado tem a finalidade de se compreender o comportamento das situações de instabilidades com base na observação das velocidades e nas variações dos níveis de água, com vista ao estabelecimento de limiares de reativação;
- ❑ Com os resultados obtidos até à data é possível identificar a resposta quase instantânea do nível de água com a precipitação, bem como a existência de uma relação entre a precipitação e a ocorrência de deslocamentos no movimento de vertente #L2;
- ❑ A reativação do movimento #L2 ocorre em períodos em que a precipitação atinge valores entre os 40 a 60 mm/dia. A precipitação acumulada antecedente não apresenta grande relevância, ao contrário do que seria expectável para estes fenómenos;
- ❑ Os resultados obtidos através da abordagem de talude infinito apresentam indicadores satisfatórios de potenciais reativações do sistema, podendo ser uma ferramenta útil para aferir sobre as condições de estabilidade, de uma forma dinâmica;
- ❑ A melhor estratégia de reduzir os impactos, assenta, essencialmente, na sua avaliação e na adoção de medidas de prevenção e mitigação, que deve de ser suportada por **técnicas de monitorização.**



OBRIGADO PELA VOSSA ATENÇÃO!