

GESTÃO DE RISCOS DE DESLIZAMENTOS EM ENCOSTAS NATURAIS

Prof. Dr. Roberto Kochen

Diretor Técnico

GeoCompany Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

Eng. MSc. Danielle Melo

Gerente de Projetos

OBJETIVO

- Apresentar as tecnologias que estão sendo utilizadas para detecção antecipada de instabilidade de encostas naturais
- Apresentar tecnologias observadas durante visita ao Japão em maio/2024
 - Parceria com CKC e Prof. Vitor Aly

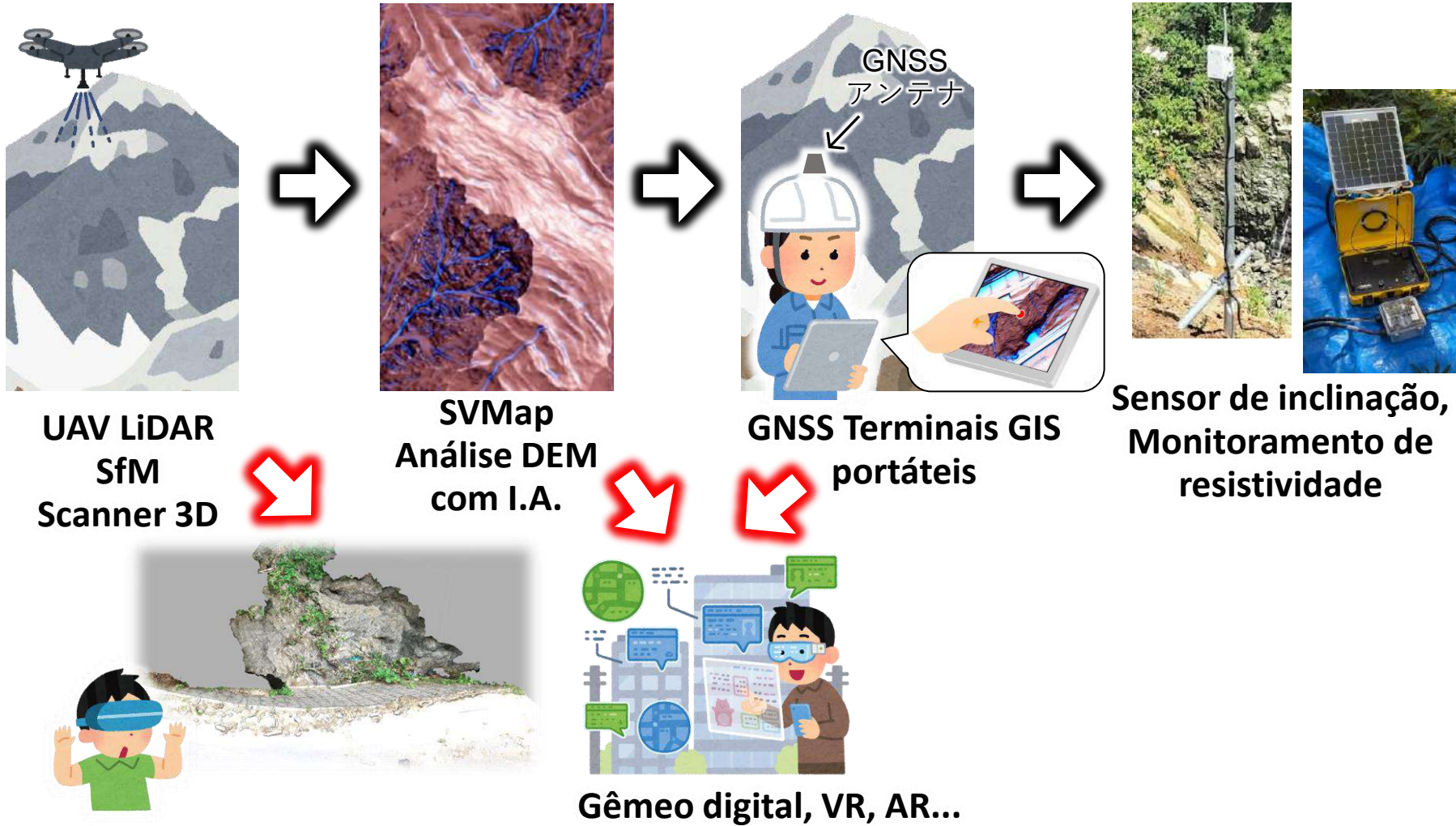
GEOLOGIA DX

- Tecnologia de processamento de nuvem de pontos
 - Iniciativas da **Geologia DX**:
 1. UAV LiDAR;
 2. SfM;
 3. SVMMap;
 4. Avaliação de Risco por I.A..
- } Aquisição de tecnologia de processamento de nuvem de pontos
- } Tecnologia de visualização de riscos geológicos.

Monitoramento dos locais de alto risco

GEOLOGIA DX

Futuro do levantamento geológico e das ferramentas DX (exemplo)



GEOLOGIA DX – UAV LIDAR

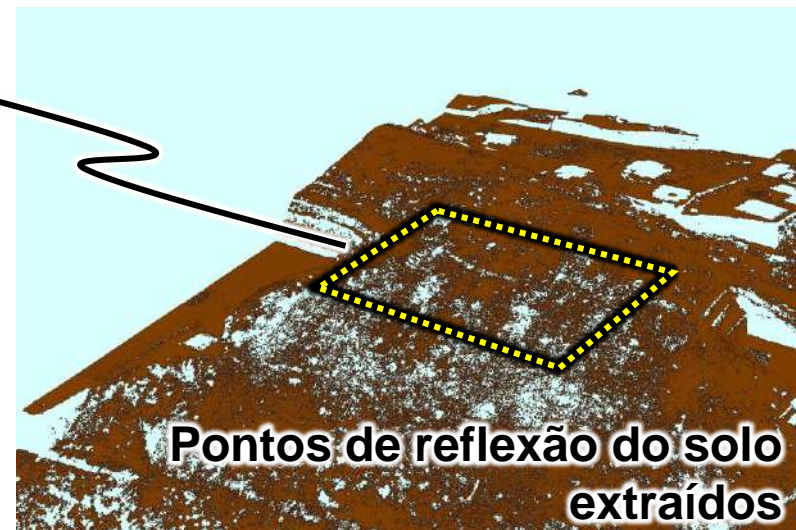
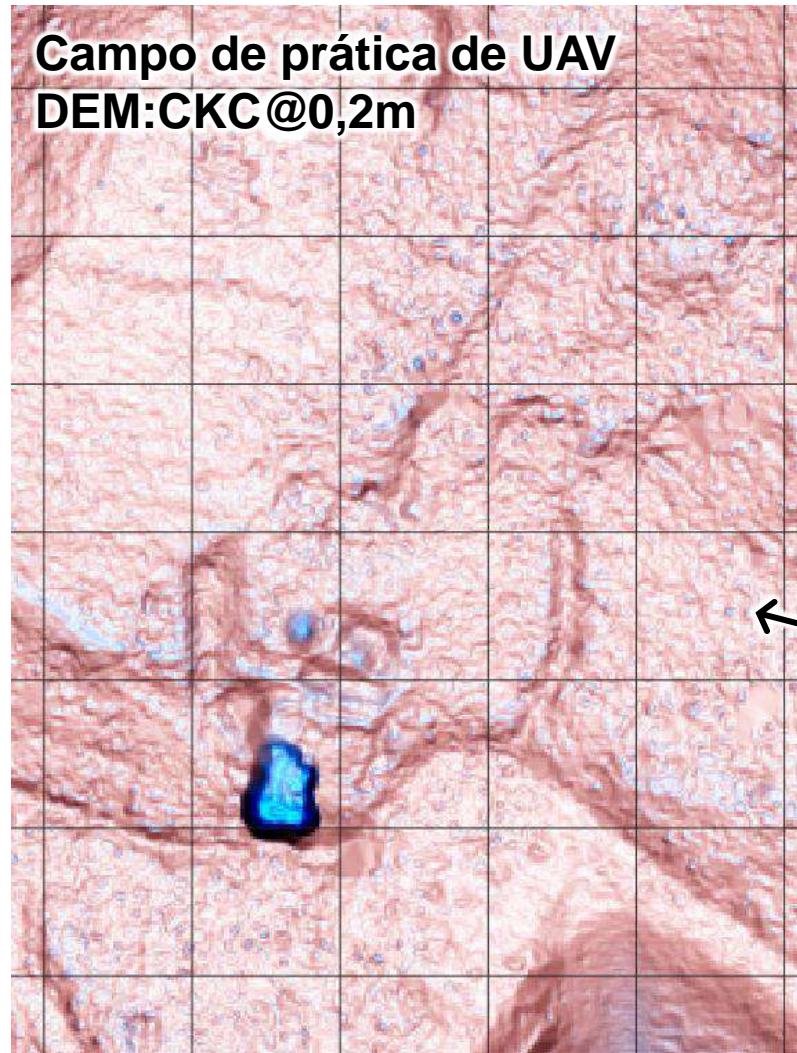


DJI Matrice300RTK
810 x 670 x 430 mm
Aprox. 6,3 kg (com 2 baterias)
Tempo máximo de voo 55 min.



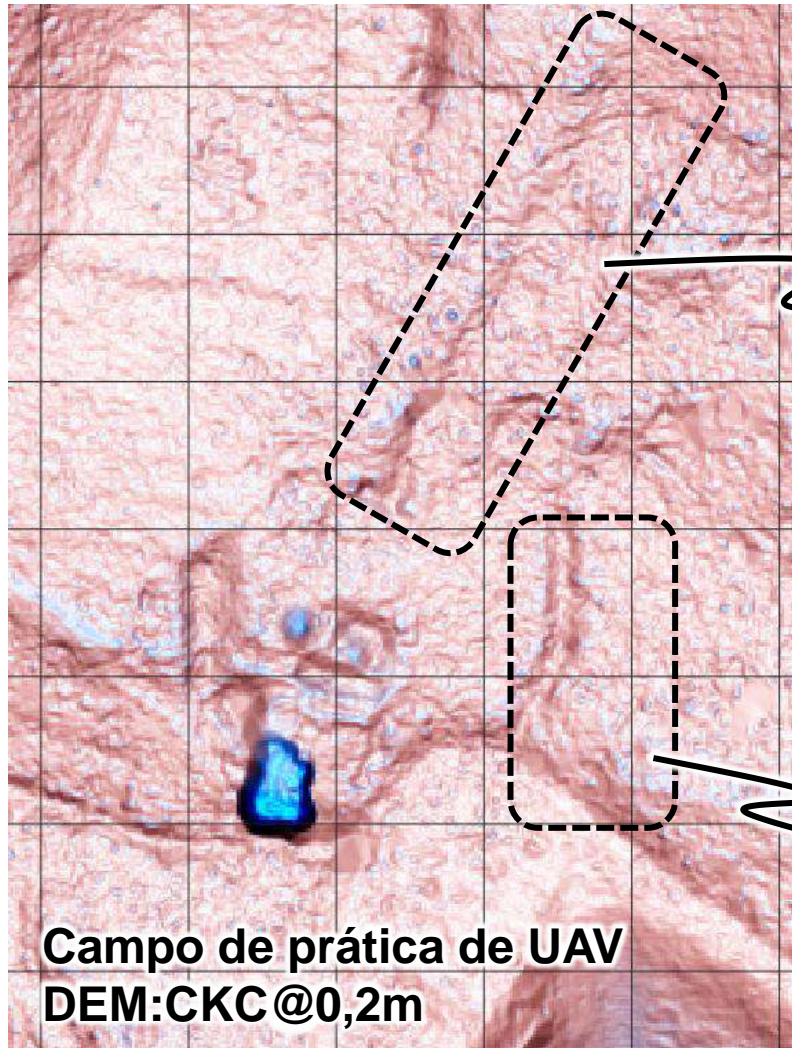
Zenmuse L1
152 x 110 x 169 mm
930g
Precisão do LiDAR 3cm@100m
- Medidas topográficas em hectares.

GEOLOGIA DX – MAPA SV



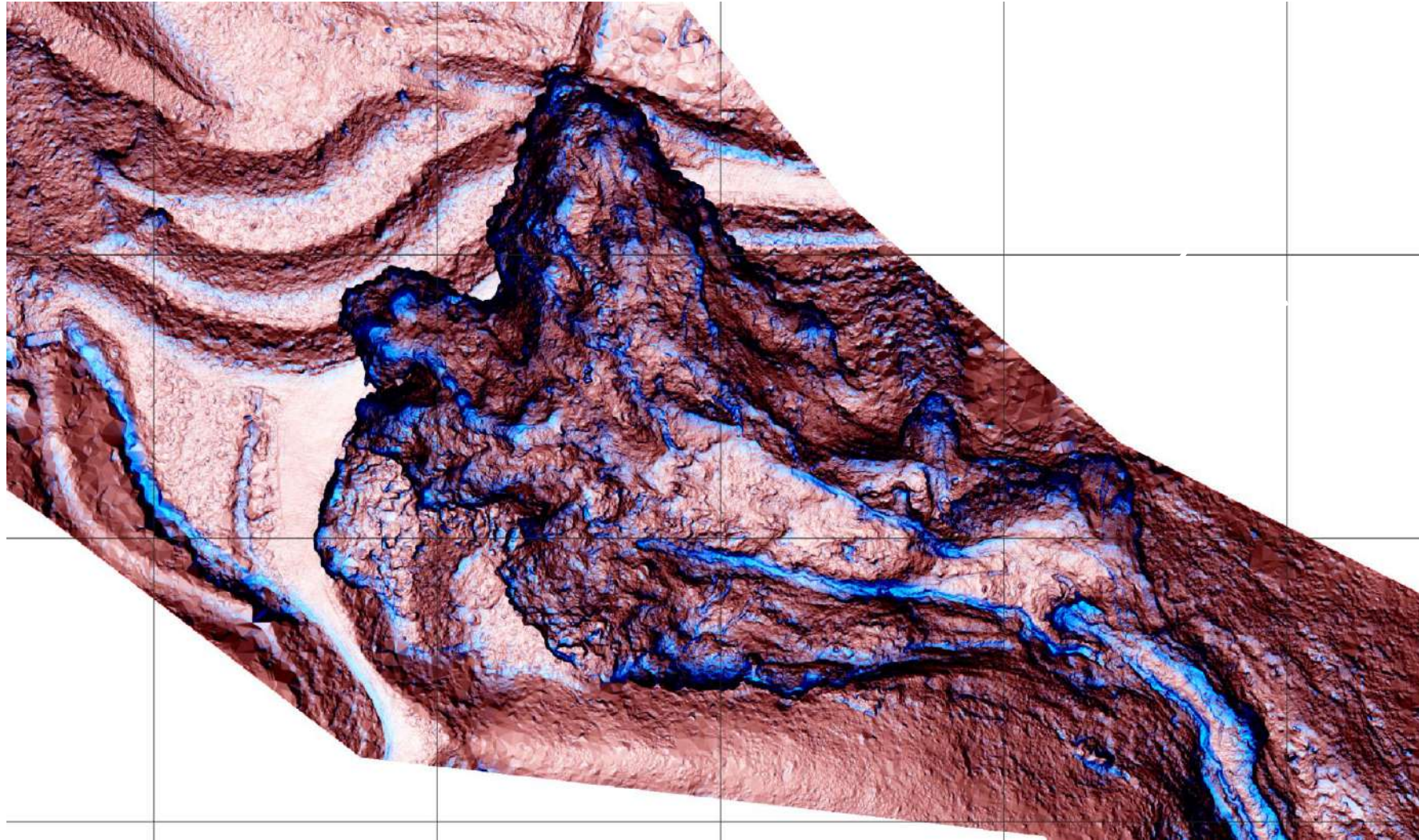
(Desenvolvido em conjunto pela Story Inc. e Chuou Kaihatsu)

GEOLOGIA DX – MAPA SV



(Desenvolvido em conjunto pela Story Inc. e Chuou Kaihatsu)

GEOLOGIA DX – MAPA SV



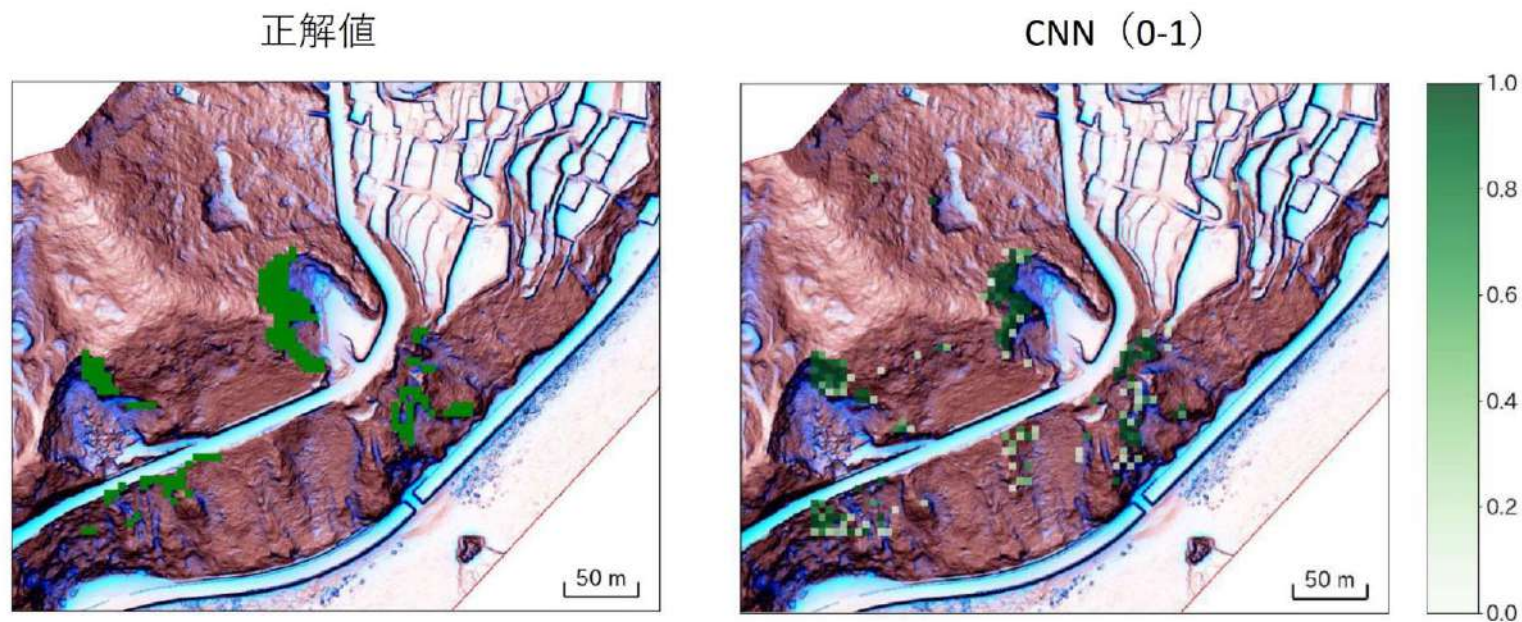
Interpretação de fotos
↓
Mapa de representação
microtopográfica
↓
3D também é usado para
interpretação
↓
Interpretação por IA

(Desenvolvido em conjunto pela Story Inc. e Chuou Kaihatsu)

GEOLOGIA DX – MAPA SV

Avaliação de risco de ruptura com SV Maps usando CNN (algoritmo de aprendizado profundo usado na área de reconhecimento de imagem).

Dados de avaliação:



Criando um mapa SV, é possível realizar a **triagem primária** para avaliação de risco.

EQUIPAMENTO DE MEDIÇÃO DE PREVENÇÃO / MITIGAÇÃO DE DESASTRES

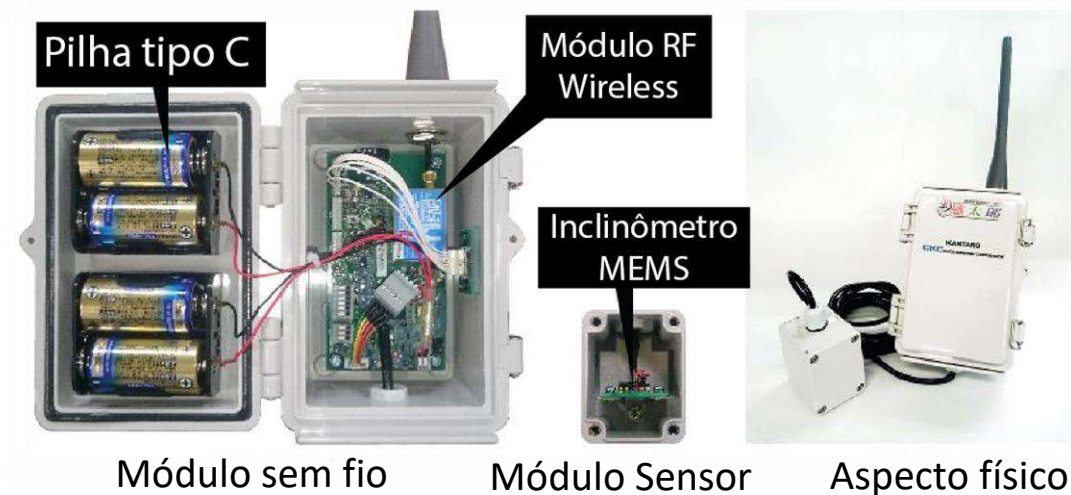
Sensor de detecção de colapso nas encostas (Sensor de declividades)

Pesquisa em conjunta com a Universidade de Tokyo e laboratório de Geotecnia



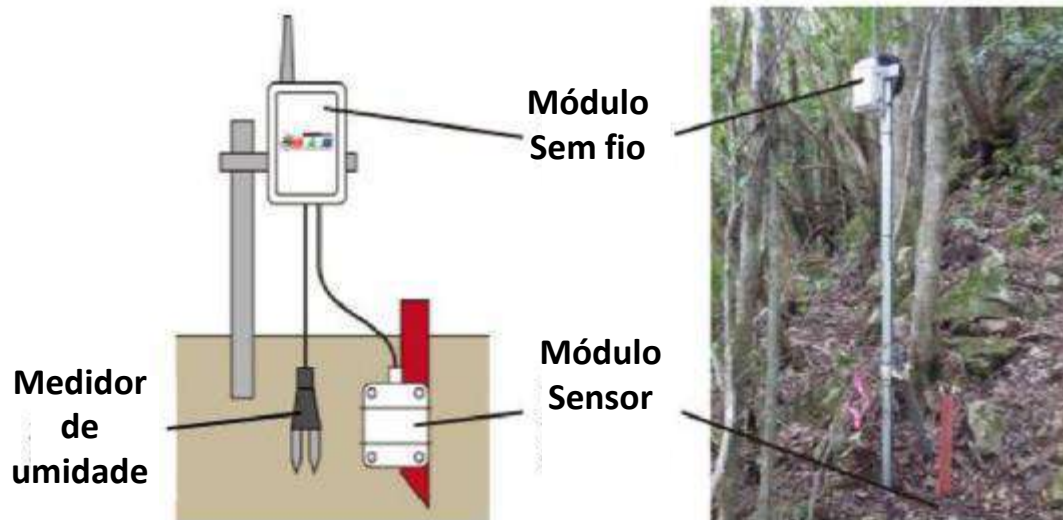
【Nome: **KANTARO**】

Batizado pelo professor Taro Uchimura de Universidade de Tokyo



O objetivo é medir as variações de ângulo de inclinação da superfície e detectar sinais de colapso, assim poderá prevenir e reduzir o impacto dos desastres

SENSOR KANTARO



Módulo sem fio:

- Padrão: ARIB STD-T67;
- Frequência de transmissão: 429.2500~429.7375MHz;
- Alcance de transmissão: aprox. 600m (sem barreiras);
- Logger: Cartão micro SD (1 medição a cada 10 min).

Sensor:

- Sensor de aceleração MEMS em 2 eixos (x e y), range de medição: $-30^{\circ} \sim +30^{\circ}$, resolução: $0,02^{\circ}$;
- Funções como sensor de medição da temperatura interna e a medição da autonomia restante da pilha.

1. Alta precisão, baixo custo, fácil instalação
2. Equipado com função de comunicação sem fio
3. Economia de energia (Autonomia de quase 1 ano com 4 pilhas)

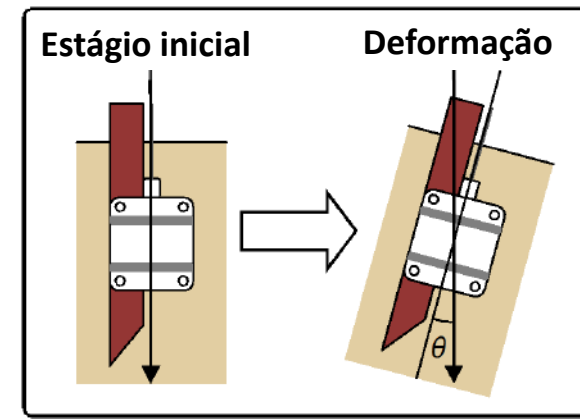


Imagem da medição



Instalação subterrânea

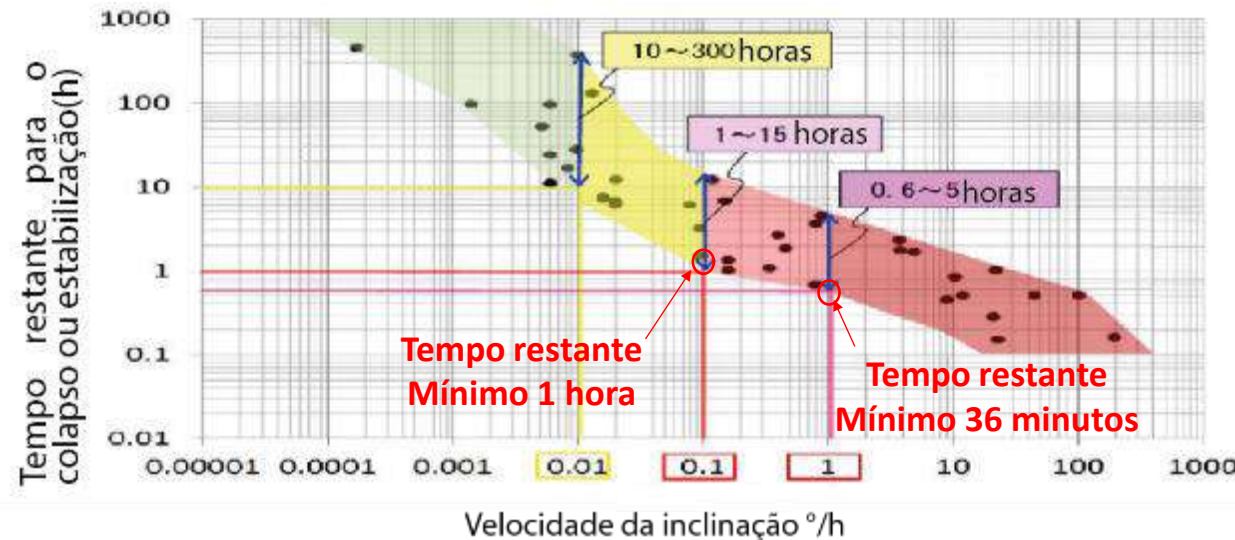


Instalação em rocha

Instalação do sensor

RESULTADOS OBTIDOS PELO KANTARO

RELAÇÃO ENTRE VELOCIDADE ANGULAR DE INCLINAÇÃO E TEMPO RESTANTE ATÉ O COLAPSO:



Colapso/desestabilização confirmados
CKC

Nacional: 8 lugares, 14 pontos

Exterior: 3 lugares, 10 pontos

RECOMENDAÇÕES PARA O VALOR DO Nº DE GERENCIAMENTO:

Nível de Alerta	Veloc. de inclinação	Tempo restante para o colapso ou reestabilização	Ação	Observação
Nível 3	1°/h	Mínimo 36 minuto	Evaquação imediata	Serão considerados apenas os valores acumulados e não os valores momentâneos. O nível de alerta 1 é definido de acordo com a situação real.
Nível 2	0,1°/h	Mínimo 1 hora	Preparo para a evauação	
Nível 1	0,05°/5h	Mínimo 5 hora	Estado de alerta	

Valores calibrados de acordo com geologia da área

RESULTADOS OBTIDOS PELO KANTARO

Estudo de caso:

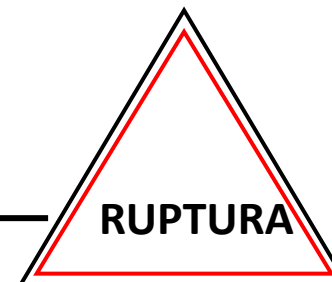
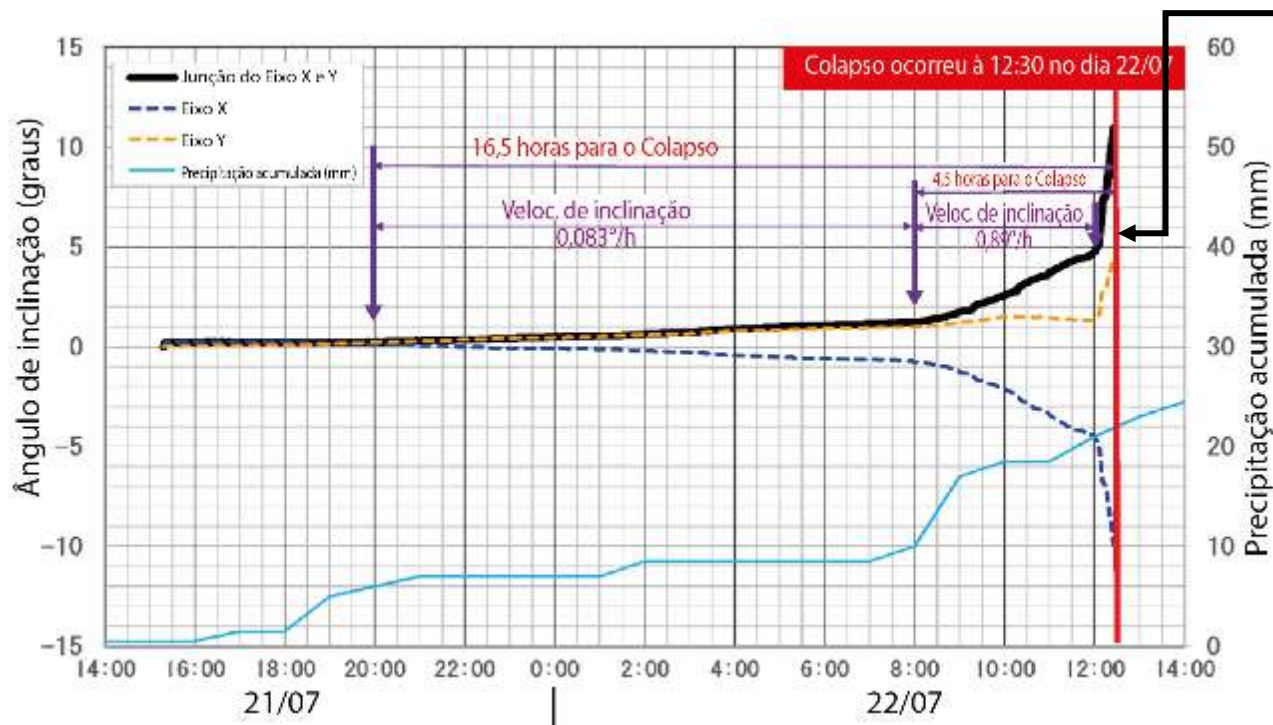


Gráfico de um caso real de medida dos sensores para prever ruptura.

16,5 horas antes do colapso houve um acréscimo dos ângulos (**velocidade de inclinação: aprox. $0,1^{\circ} /h$**)

4,5 horas antes do colapso houve uma variação ainda maior dos ângulos (**velocidade de inclinação: aprox. $1,0^{\circ} /h$**)

No final foi confirmada a ruptura

É importante observar a taxa de aumento do ângulo de inclinação.

APLICAÇÃO EM ENCOSTAS

Possíveis riscos de desastre em encostas:

- Fluxo de detritos, colapso de encostas íngremes, deslizamento de terra, queda de rochas.

Visualização do risco de desastre em encostas:

- Extração de áreas de risco;
- Avaliação de risco de desastres em encostas;
- Gerenciamento de monitoramento/manutenção.

Gerenciamento de riscos de taludes:

- Gerenciamento de riscos (prevenção, mitigação, retenção, transferência);
- Garantir a segurança e a proteção, garantindo a funcionalidade;
- Demonstração da redução do risco de rupturas por meio de tecnologia digital.

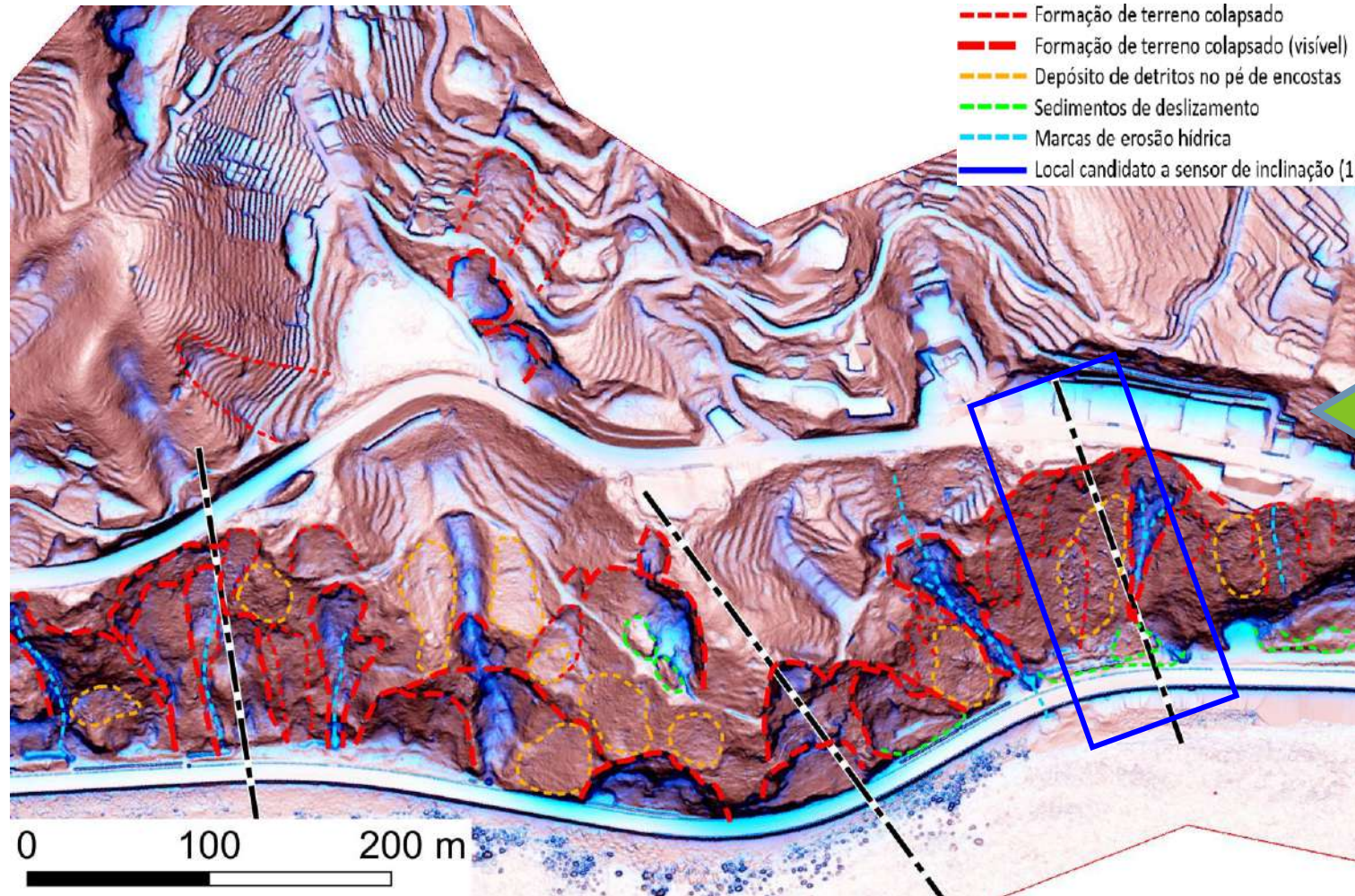
APLICAÇÃO EM ENCOSTA DE ESTRADA

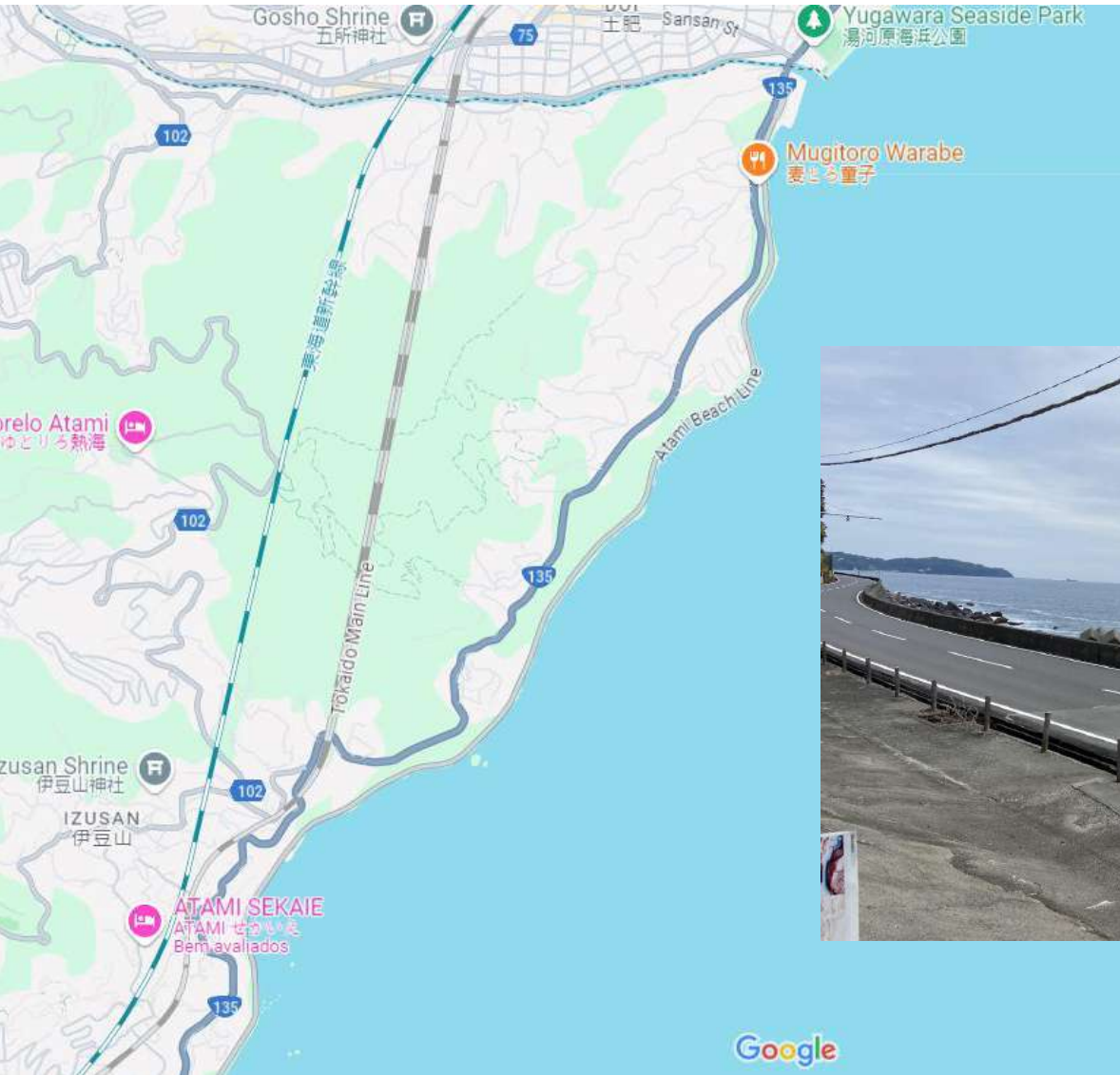
ORGANIZAÇÃO DE DADOS DIGITAIS (DADOS DE NUVEM DE PONTOS 3D):



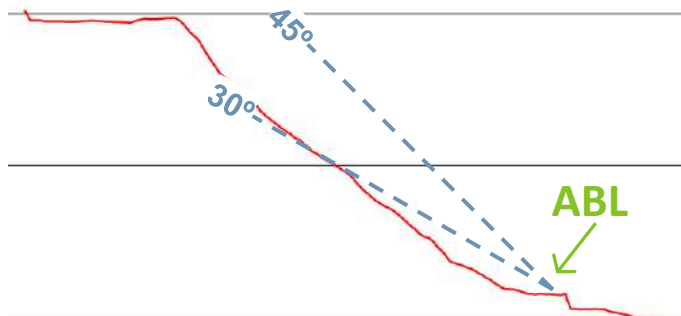
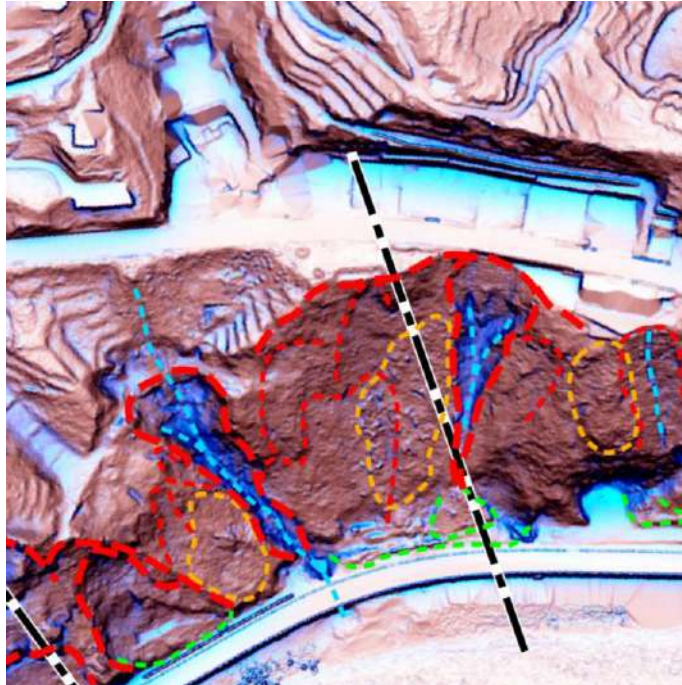
- **Alvo:** Daikokuzaki ~ Narusawa.
- **DEM:** Central Japan Airlines Co, em 2014:
Dados de malha de 0,5 m do TIN.
- Descrição do trabalho Criação de mapas de representação microtopográfica (Sky View Map):
⇒ **Análise do terreno** ⇒ **Desenho em seção transversal** ⇒ **Seleção de área de risco**

RESULTADOS DA INTERPRETAÇÃO DO TERRENO USANDO MAPAS DE REPRESENTAÇÃO MICROTOPOGRÁFICA





EXEMPLO DE ÁREAS DE RISCO IDENTIFICADA



- Acúmulo de material na parte inferior do talude
- Relevo de vale erodido em ambos os lados da encosta, causado por nascentes;
- O alcance do sedimento pode atingir a costa marinha
- Área com risco extremamente alto de colapso e impacto significativo na Costa Marinha em caso de colapso;
- Existem blocos de rochas que podem causar queda de rochas;
- Foi proposto o monitoramento com sensores de inclinação;
- Prioridade [1].

MONITORAMENTO



MONITORAMENTO

Inclinômetro K-1



Medidor de vibração S-1



Inclinômetro K-2

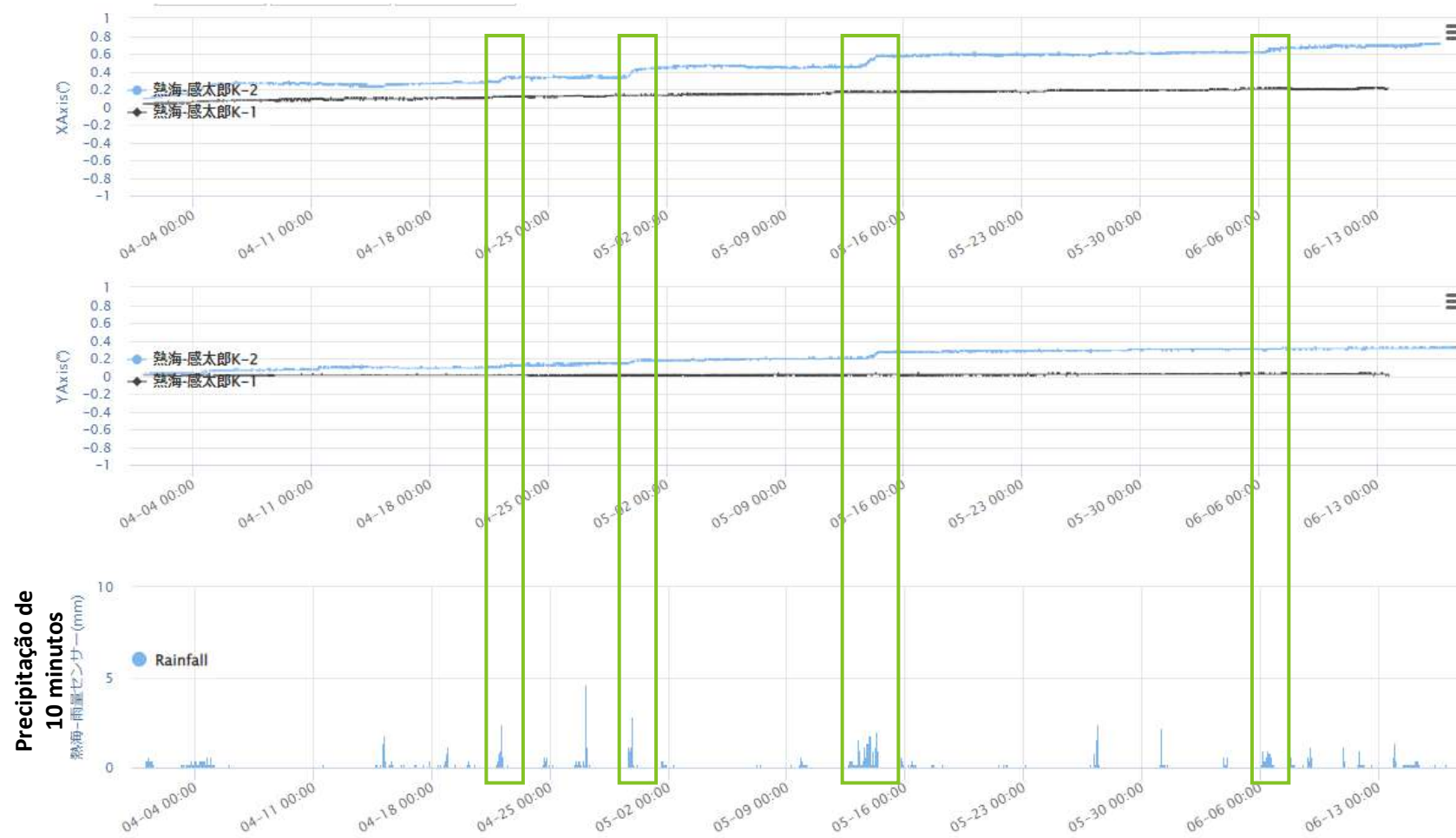


Medidor de vibração S-2

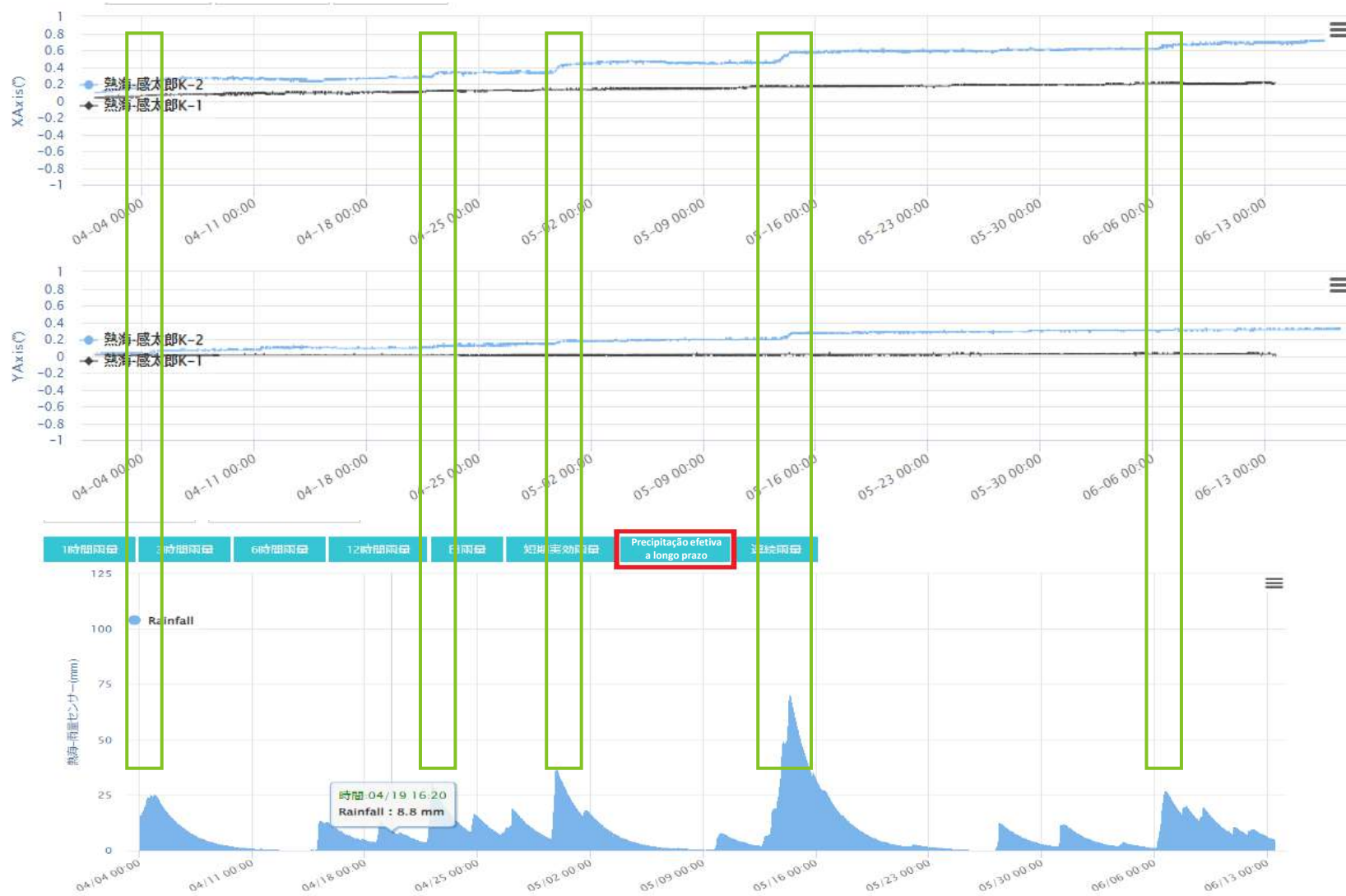


Estação base

RESULTADO GRÁFICO DO MONITORAMENTO

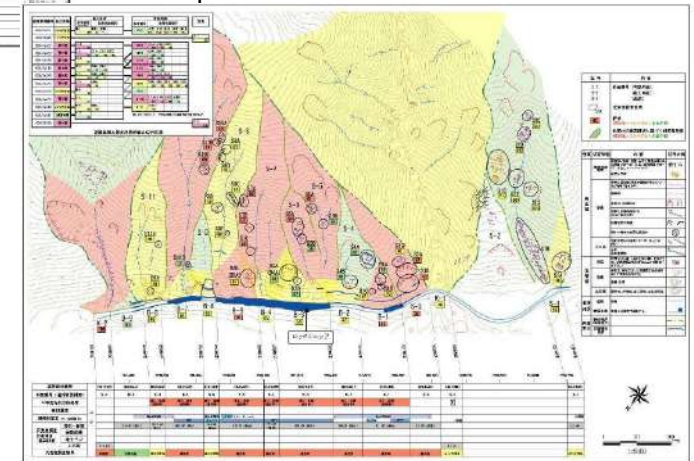
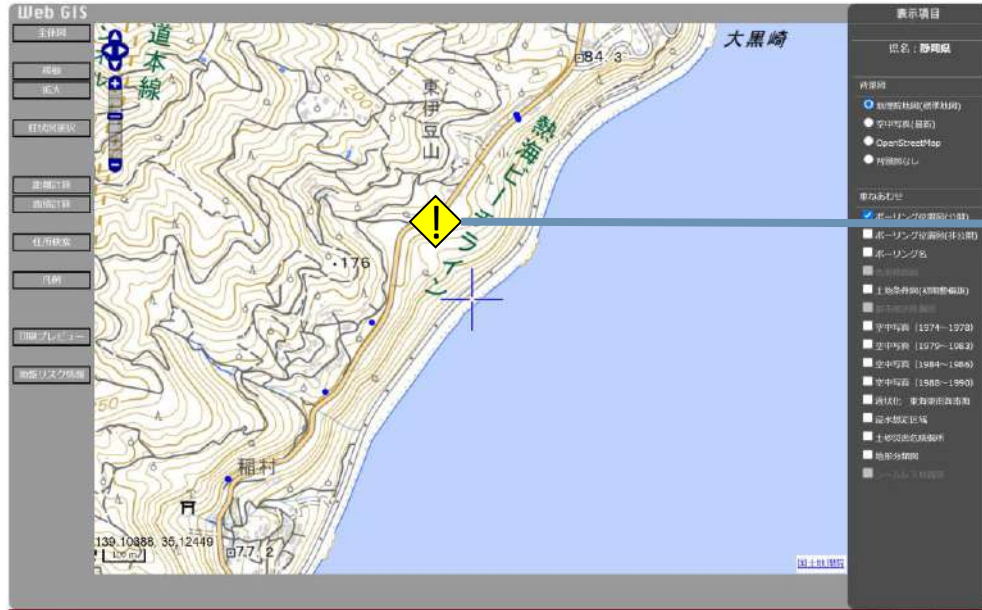


RESULTADO GRÁFICO DO MONITORAMENTO



CRIAÇÃO DE UMA PLATAFORMA INTEGRADA DE GERENCIAMENTO DE TALUDES

INFORMAÇÕES INTEGRADAS PARA O GERENCIAMENTO DE TALUDES:



Ao clicar, apresenta pontos de risco no mapa em uma janela separada.

- Informações do registro de prevenção de desastres rodoviários;
- Um banco de dados do histórico de investigações anteriores também está disponível.

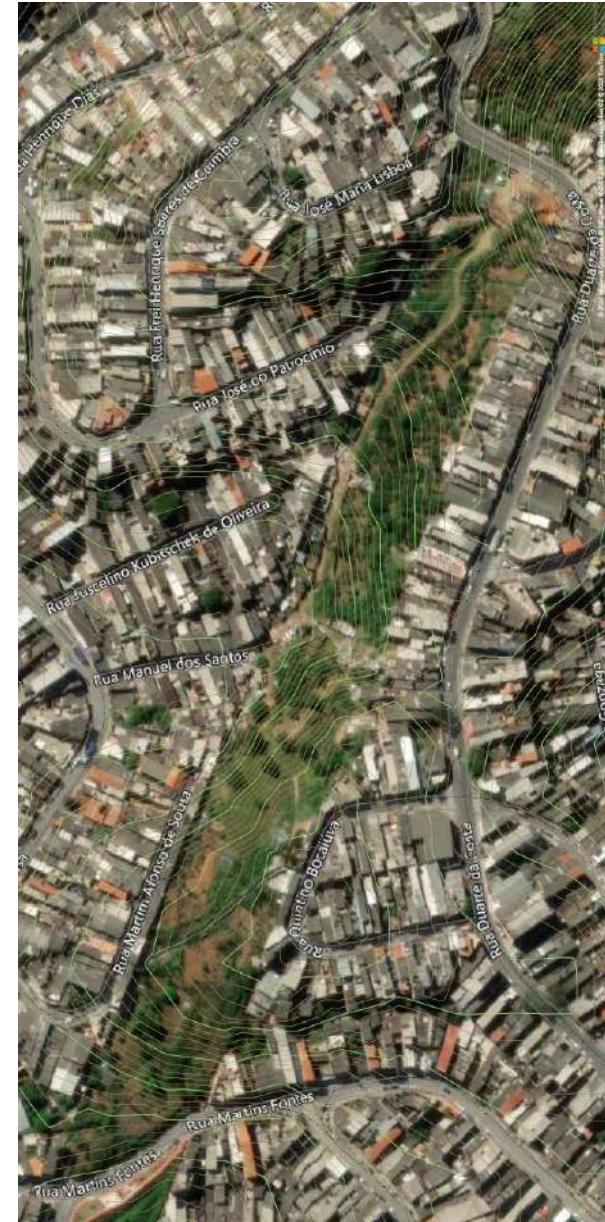
Gráfico de prevenção de desastres rodoviários

MONITORAMENTO - BRASIL

- 3 áreas monitoradas
 - Barueri
 - Franco da Rocha
 - Praia Grande
- Visita ao local
- Análise da localização e definição do nº de equipamentos
- Instalação
- Monitoramento

BARUERI – SP

- Região metropolitana densamente habitada inclusive, em áreas de risco para escorregamento
- Proposta de introduzir um monitoramento e alerta como ferramenta para reduzir as consequências
- Premissas: equipamentos pequenos, fácil instalação, medidas precisas e em tempo real



BARUERI – SP

- Talude experimental;
- Monitoramento entre 09/2022 e 12/2023;
- Objetivos: Testar e aferir o funcionamento;
- Adaptar a metodologia e o algoritmo para a realidade do Brasil;
- Obter dados de precipitação e variação no ângulo de rotação.



BARUERI – SP

-26 04:51

Análise do ângulo de inclinação

koki30622



2

Accumulate variation Y-max:

0.2

Five-hour variation Y-max:

1.2

One-hour variation Y-max:

BARUERI – SP

- Os limites são conservadores – foi realizada uma revisão nos valores;
- Obtenção de dados pluviométricos da região;
- Interrupção de medição – permitiu maior conhecimento dos desafios a enfrentar;
- Não foi observada correlação direta entre precipitação e movimentos

*XXI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
X Simpósio Brasileiro de Mecânica das Rochas
X Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
24 a 27 de setembro de 2024 – Balneário Camboriú/SC*



Monitoramento Para Antecipação de Instabilidade de Talude

Melo, Danielle Fernanda Morais
Gerente de Projetos Geotécnicos, GeoCompany Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente Ltda, Barueri – SP, Brasil, danielle.melo@geocompany.com.br

Nakamoto, Flávio
Engenheiro Civil, GeoCompany Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente Ltda, Barueri – SP, Brasil, flavio.nakamoto@geocompany.com.br

Ino, Shin Ithi
Arquiteto, CKC Consultoria de Engenharia, São Paulo – SP, Brasil, shin@ckcbrasil.com.br

Santos, Nicolas Job Dos
Engenheiro Civil, CKC Consultoria de Engenharia, São Paulo – SP, Brasil, nicolas@ckcbrasil.com.br

Kochen, Roberto
Prof. Dr. Escola Politécnica da USP, GeoCompany Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente Ltda, Barueri – SP, Brasil, kochen@geocompany.com.br

BARUERI – SP

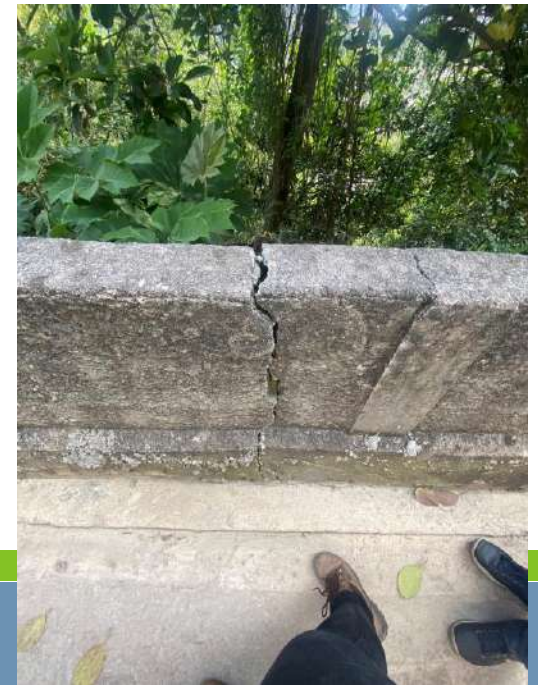


FRANCO DA ROCHA – SP



FRANCO DA ROCHA – SP

- Elevada declividade
- Ocorrência de alguns escorregamentos ao longo do tempo
- Densa ocupação na área

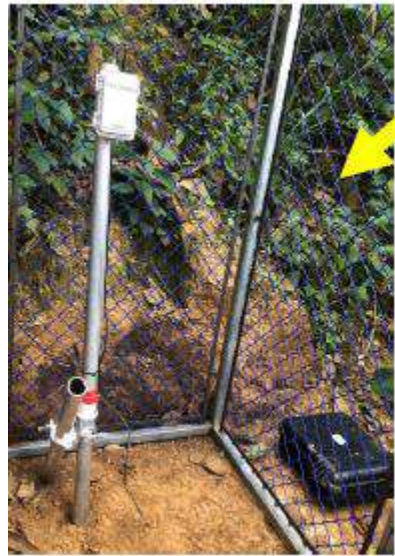




FDR-No.2



FDR-No.3



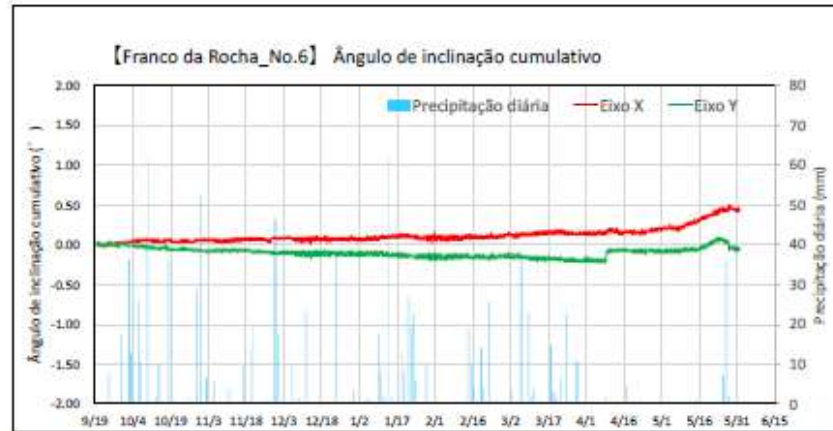
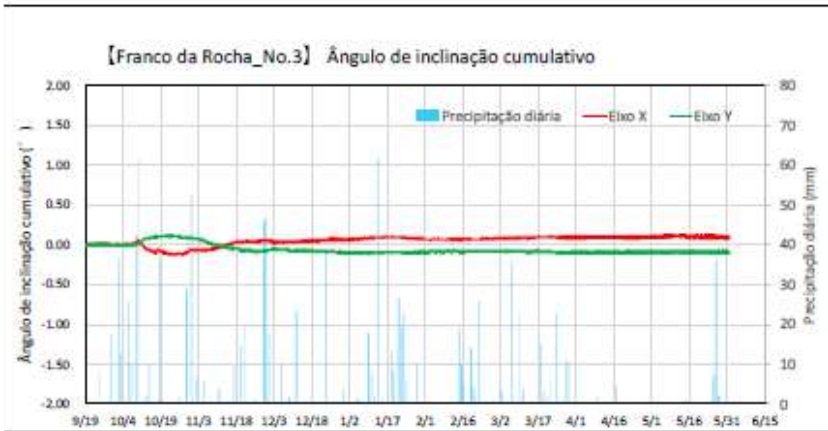
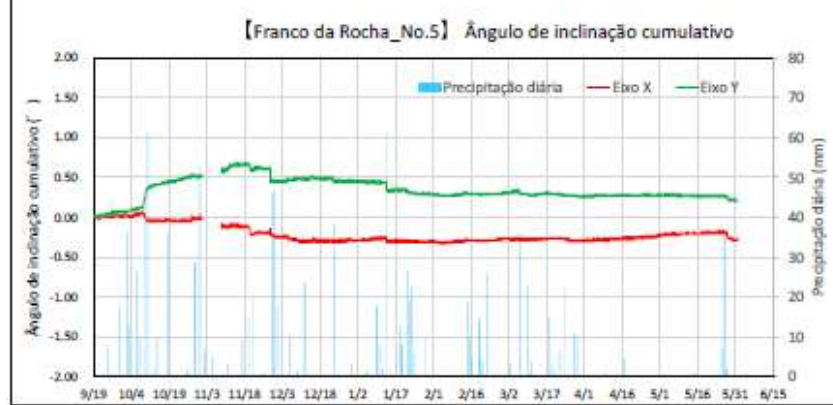
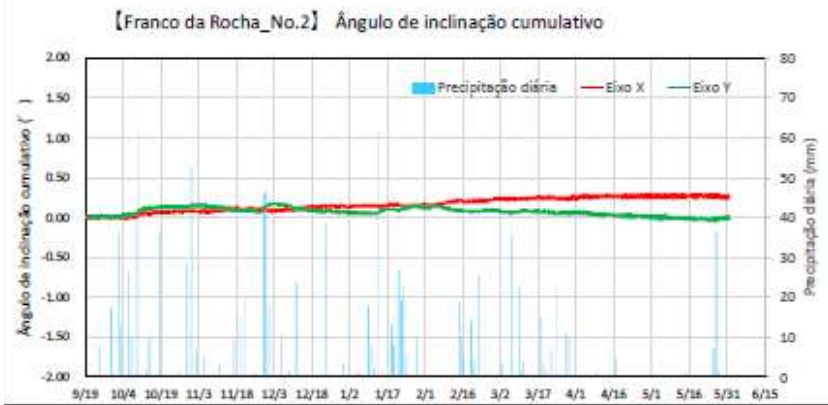
FDR-No.4



FDR-No.5

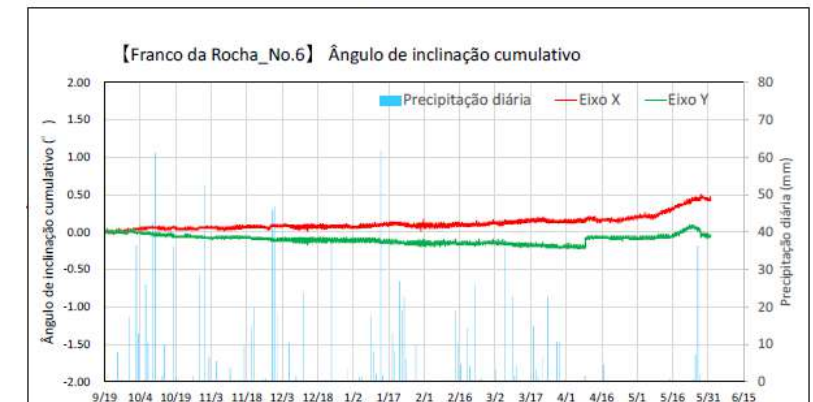
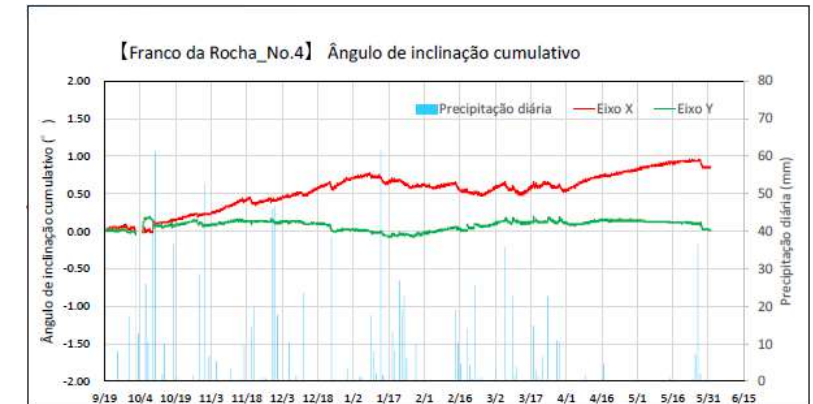


FDR-No.6

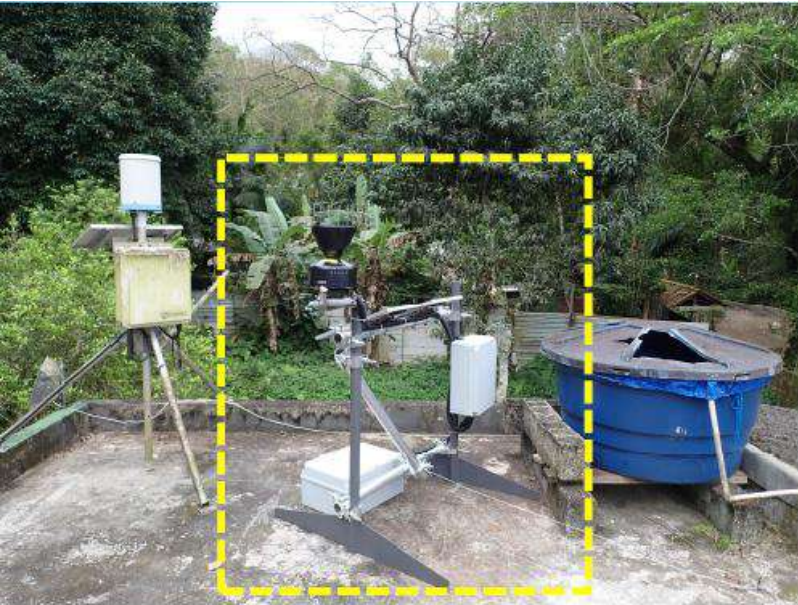


FRANCO DA ROCHA – SP

- 2 instrumentos apresentam movimentação contínua
- Apesar da movimentação contínua a velocidade é baixa e não indica alerta
- Nos demais sensores movimentações abaixo do nível de alerta nas duas direções
- 1 evento de precipitação de 61mm – foram observadas rotações em todos os sensores
- Monitoramento em andamento



PRAIA GRANDE – SP



CKC-Praia Gde._rain gauge (Station)



CKC-Praia Gde._rain gauge (Station)



- CKC-Praia Gde._No.3
- CKC-Praia Gde._No.2
- CKC-Praia Gde._No.1
- CKC-Praia Gde._rain gauge



CKC-Praia Gde._ No.1



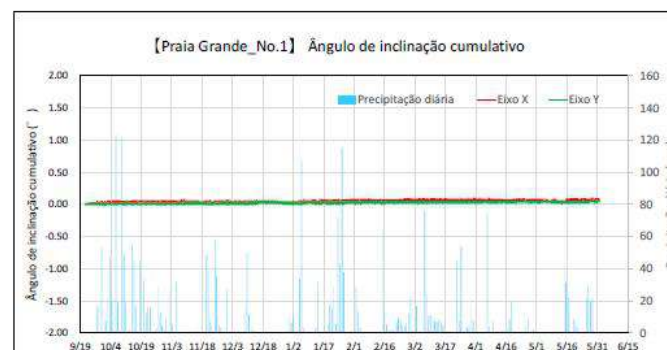
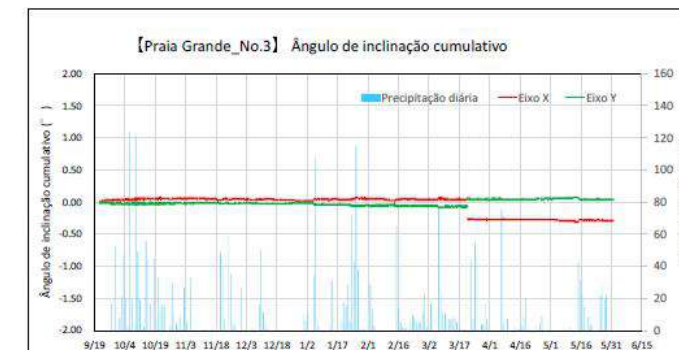
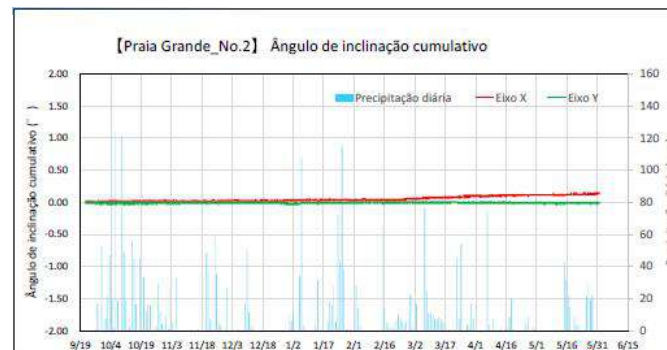
CKC-Praia Gde._ No.2



CKC-Praia Gde._ No.3

PRAIA GRANDE – SP

- Pequenas movimentações sempre abaixo dos critérios de alertas
- Não se observa influência da precipitação
- Monitoramento em andamento



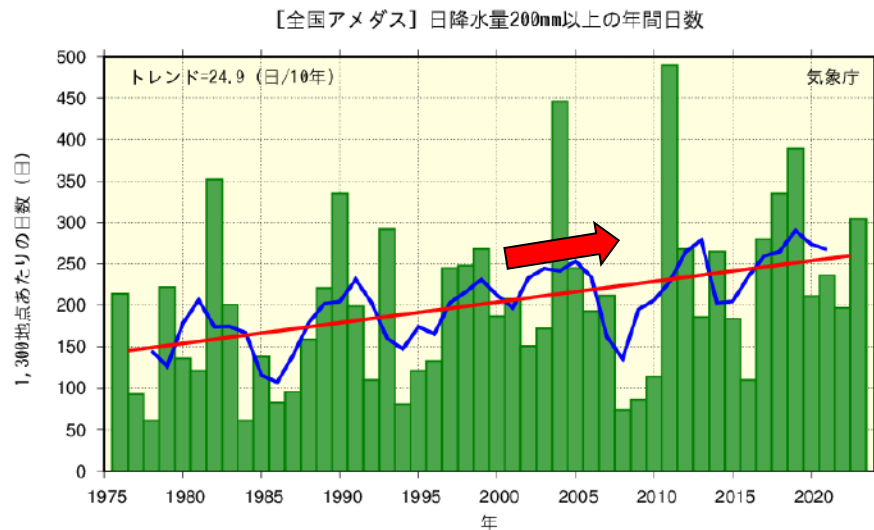
CONCLUSÕES

- Baixa ou pouca relação entre as deformações e as precipitações → insuficientes para definir critério de risco;
- Necessário monitorar também rotações e velocidades: Kantaro;
- Para os casos brasileiros os limites são conservadores → realizada uma revisão nos valores;
- Obtenção de dados pluviométricos da região;
- Aprofundar o estudo para determinação dos parâmetros limítrofes, atualizando os valores limites de alarme para antecipar possíveis deslizamentos;
- Discussão dos novos parâmetros e procedimentos para ações preditivas de desastres;

DESASTRES HÍDRICOS NO JAPÃO



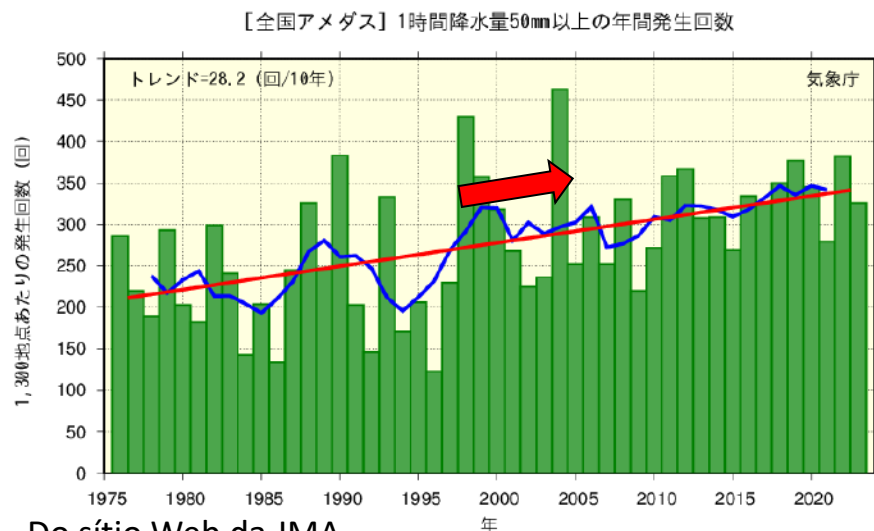
ALTERAÇÕES NA PRECIPITAÇÃO NO JAPÃO



Número de dias com precipitação diária igual ou superior a 200 mm no AMEDAS nacional

Verde: dias e frequência, azul: média móvel de cinco anos, vermelho: tendência de mudança a longo prazo.

- Número de dias com precipitação diária igual ou superior a 200 mm está aumentando significativamente;
- Tendência significativa para o aumento do número anual de ocorrências de precipitação horária, igual ou superior a 50 mm em todo o país.

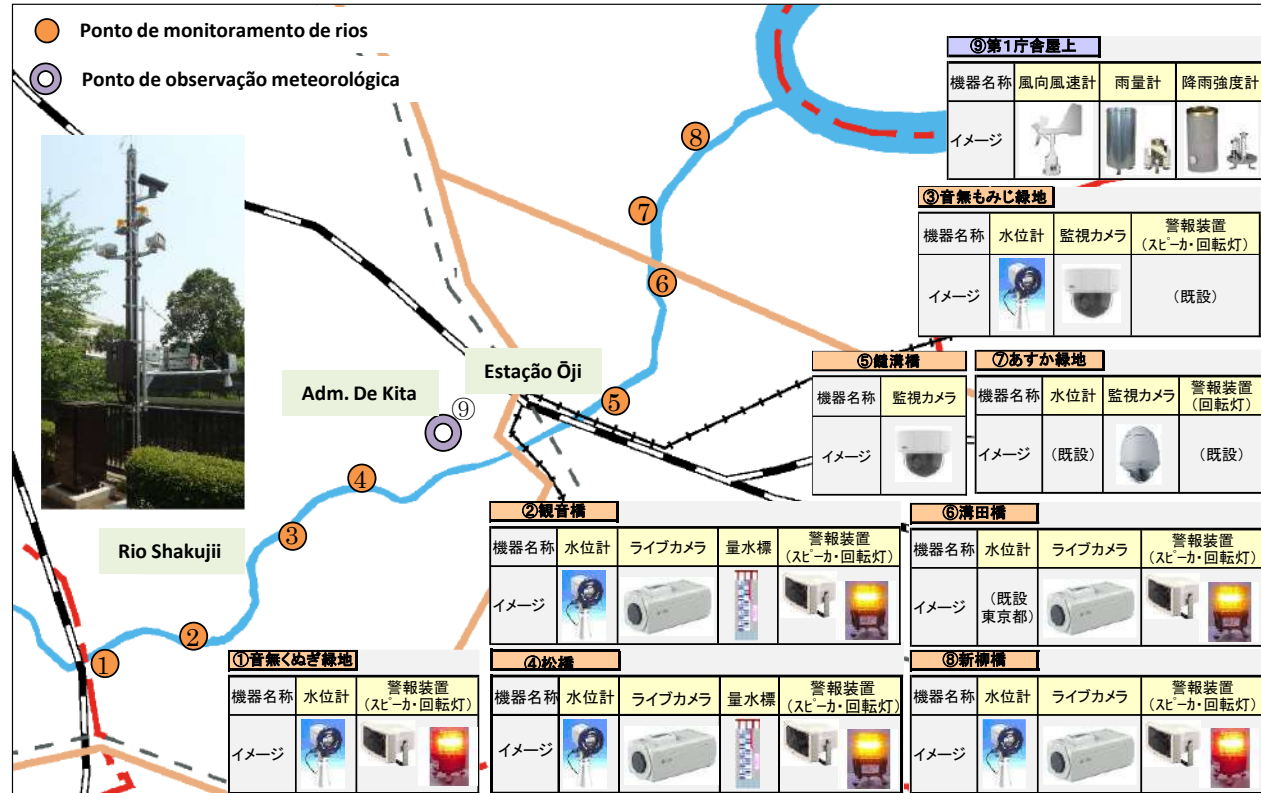


Número de ocorrências anuais com precipitação de 50 mm ou mais em 1 hora de acordo com AMEDAS nacional

Prevê-se que ambas mais do que dupliquem a atual média nacional até ao final do século XXI.

Do sítio Web da JMA.

MONITORAMENTO RIOS – JAPÃO



Ponto de monitoramento do rio - 8 locais:

- Medidor de água;
- Câmera ao vivo;
- Sistemas de alarme (alto-falantes e luzes giratórias).

Ponto de observação meteorológica - 1 local:

- Anemômetro;
- Pluviômetro.

MONITORAMENTO RIOS – JAPÃO

- Bacia de retenção integrada



MONITORAMENTO RIOS



Sirenes
evacuação



Marca d'água com
identificação do risco



Medidor de
nível de água
ultrassônico

Medidor de
nível de água

RESUMO E CONCLUSÕES

- Pluviometria não pode ser o critério único para definir risco
- Rotação possui grande sensibilidade
- Umidade do solo complementa a informação para análise
- Alteração regime de chuvas
- Sistema de alerta e gestão de riscos integrando informações