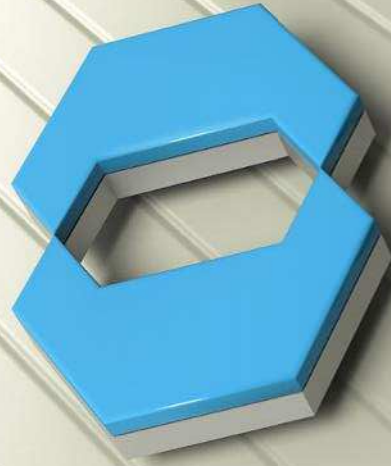




CERIM

Serviço Geológico do Brasil

SENADO FEDERAL

ESTUDOS SOBRE A INSTABILIDADE DO BAIRRO PINHEIRO, MACEIÓ (AL)

Resultados Preliminares dos Estudos



Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial

Brasília 21 de março 2019



SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



1. Equipe
2. Breve Histórico
3. Contextualização do problema
4. Linhas de Investigação/ monitoramento e seus métodos
5. Cronograma
6. Estudos Realizados e Resultados Preliminares
7. Considerações e Providências



SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



Equipe

Coordenação Institucional: Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial – DHT

Coordenação Técnica: Departamento de Gestão Territorial – DEGET

Estudos geologia aplicada: DIGEAP

Estudos geomorfológicos e historicidade da ocupação: DIGATE

Estudos hidrogeológicos: DEHID

Estudos geofísica: DISEGE

Estudos lagunar: DIGEOM



SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



BREVE HISTÓRICO

- Historicamente o bairro Pinheiro, localizado no município de Maceió (AL), vem apresentando surgimentos de inúmeras fissuras em casas e afundamentos em vias públicas.
- Estes fenômenos se intensificaram após fortes chuvas de verão, de 15 fevereiro de 2018, e um abalo sísmico de magnitude 2,4 mR (escala de magnitude regional para o Brasil), no dia 3 de março de 2018 nesta região.
- O evento intensificou a formação de fissuras, trincas e rachaduras em edificações, ruas e passeios em uma área expressiva do bairro, inclusive com a interdição de diversas moradias.



LINHA DE TEMPO

- **14 fev 19: apresentação dos primeiros resultados;**
- 07 jan 19: início dos trabalhos de identificação do Bairro;
- 28 dez 18: entrega do Plano de Trabalho atualizado para a Defesa Civil de Maceió;
- 26 dez: publicação do Decreto de Emergência em Maceió pela Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil;
- 05 dez 18: publicação do Decreto de Emergência pela Prefeitura de Maceió;
- **Out 18: liberação de recurso governamental para contratação de serviços e equipamentos necessários aos estudos;**
- **Junho e setembro 18: "Relatório e Mapa de Intensidade de Evidências";**
- 07 jun 18: reunião do Grupo de Trabalho em Maceió. Apresentação da versão preliminar de um plano de trabalho;
- 23 mai 18: grupo de trabalho multidisciplinar envolvendo Serviço Geológico do Brasil, Agência Nacional de Mineração, Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres – CENAD;
- 15 mai 18: ofício n.º 082/2018 - GSA/SAEDEC solicitando audiência com o diretor-presidente do SGB-CPRM;
- **12 e 14 mar 18: Visita técnica por solicitação da Defesa Civil.**
- **15 fev e 03 mar 18: intensas chuvas e sismo 2.4 mR.**



SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



CONTEXTO GEOLÓGICO

- Geologia típica de bacia do tipo rift que formam a margem continental do leste brasileiro com forte controle estrutural (Bacia de Alagoas);

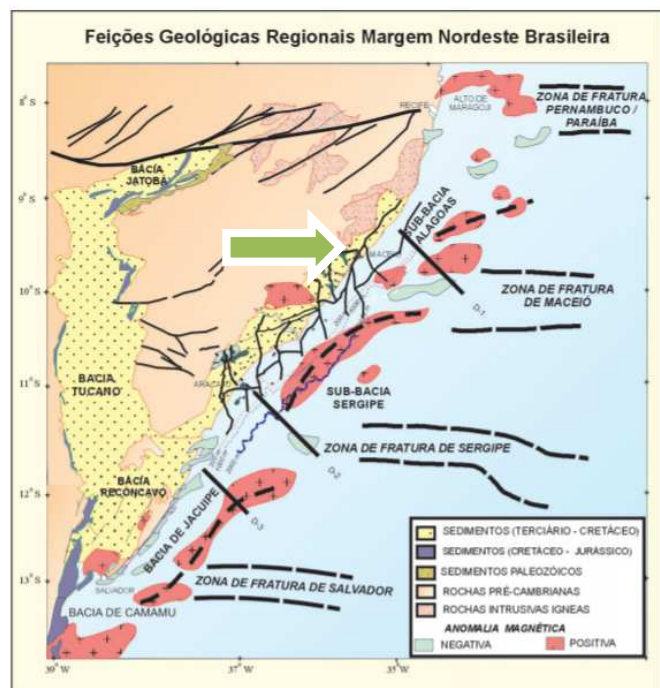
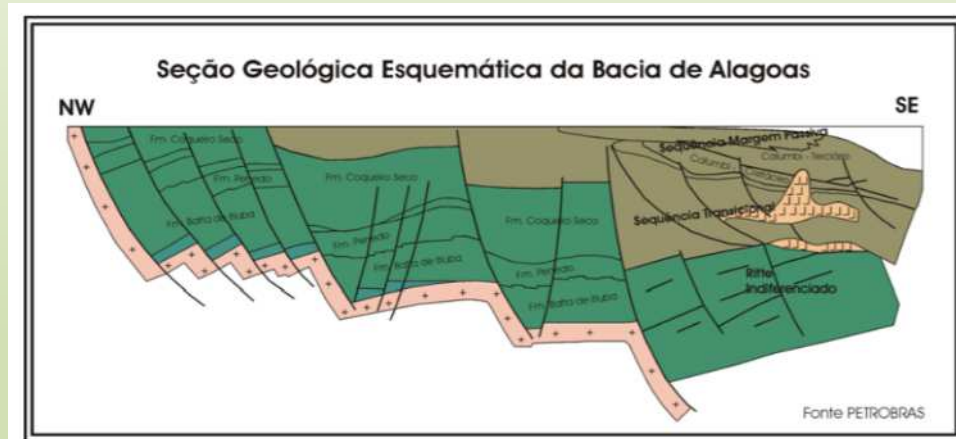
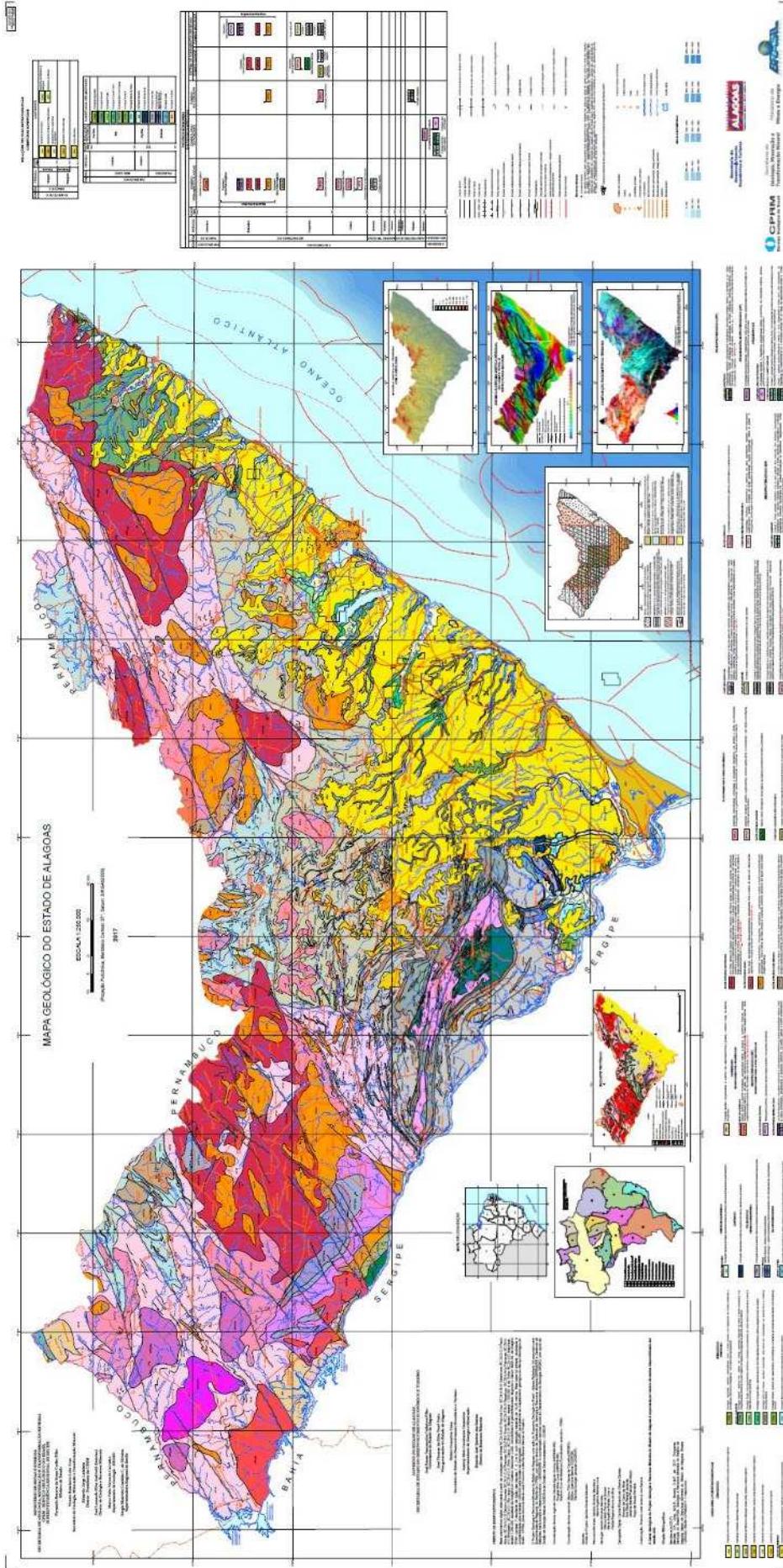


Figura III.49 – Mapa tectônico esquemático do segmento nordeste da margem continental divergente brasileira, mostrando anomalias magnéticas e alinhamentos de zonas de fraturas oceânicas. O mapa mostra a localização aproximada das linhas sísmicas de Alagoas, Sergipe e Jaculpe (D1, D2, e D3, respectivamente)

Figure III.49 – Schematic tectonic map in the northeastern segment of the Brazilian divergent continental margin, showing magnetic anomalies and lineaments related to transform fracture zones. The map shows the approximate location of the seismic transects along the Alagoas, Sergipe and Jaculpe basins (D1, D2 and D3, respectively)



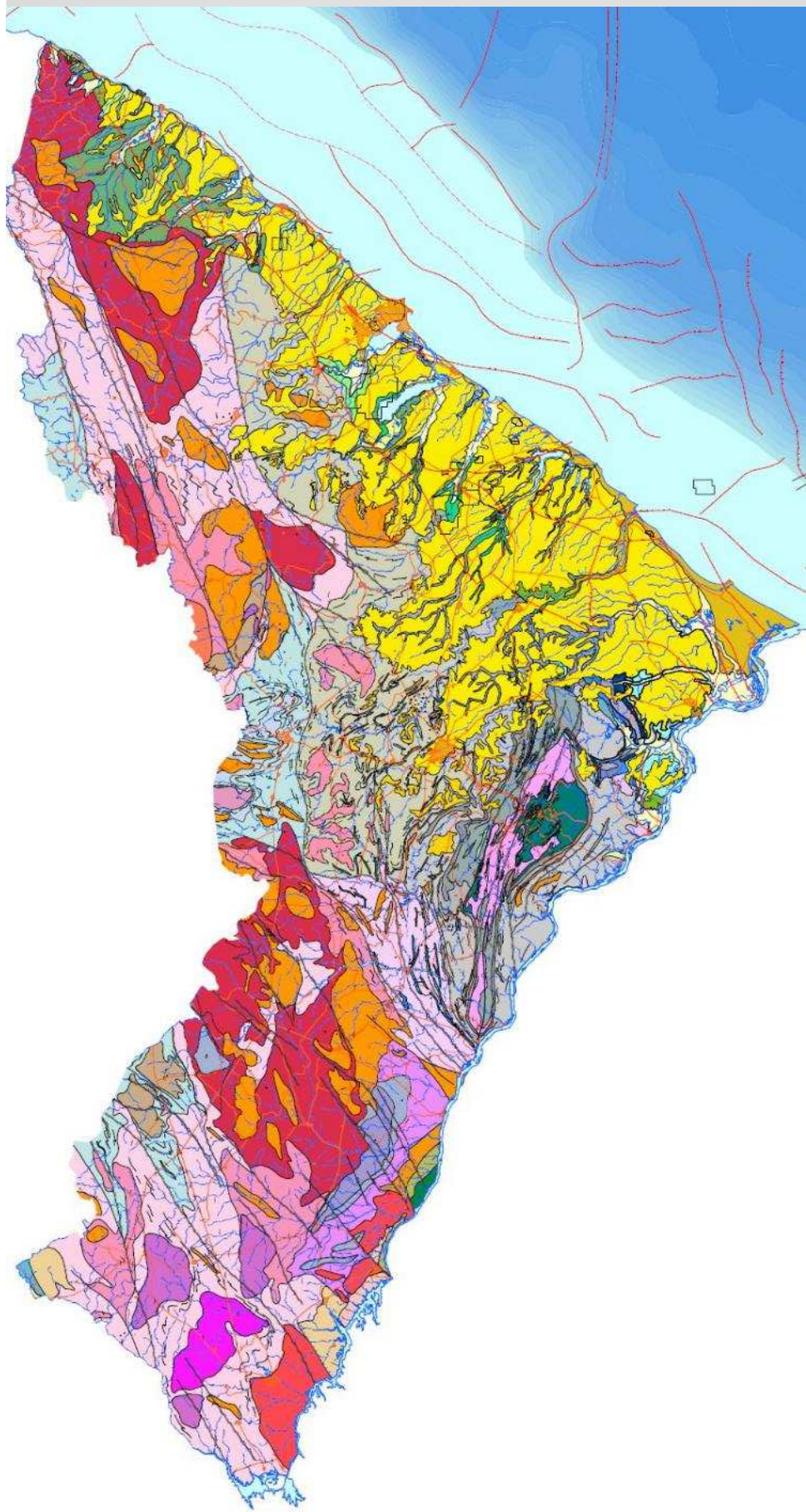


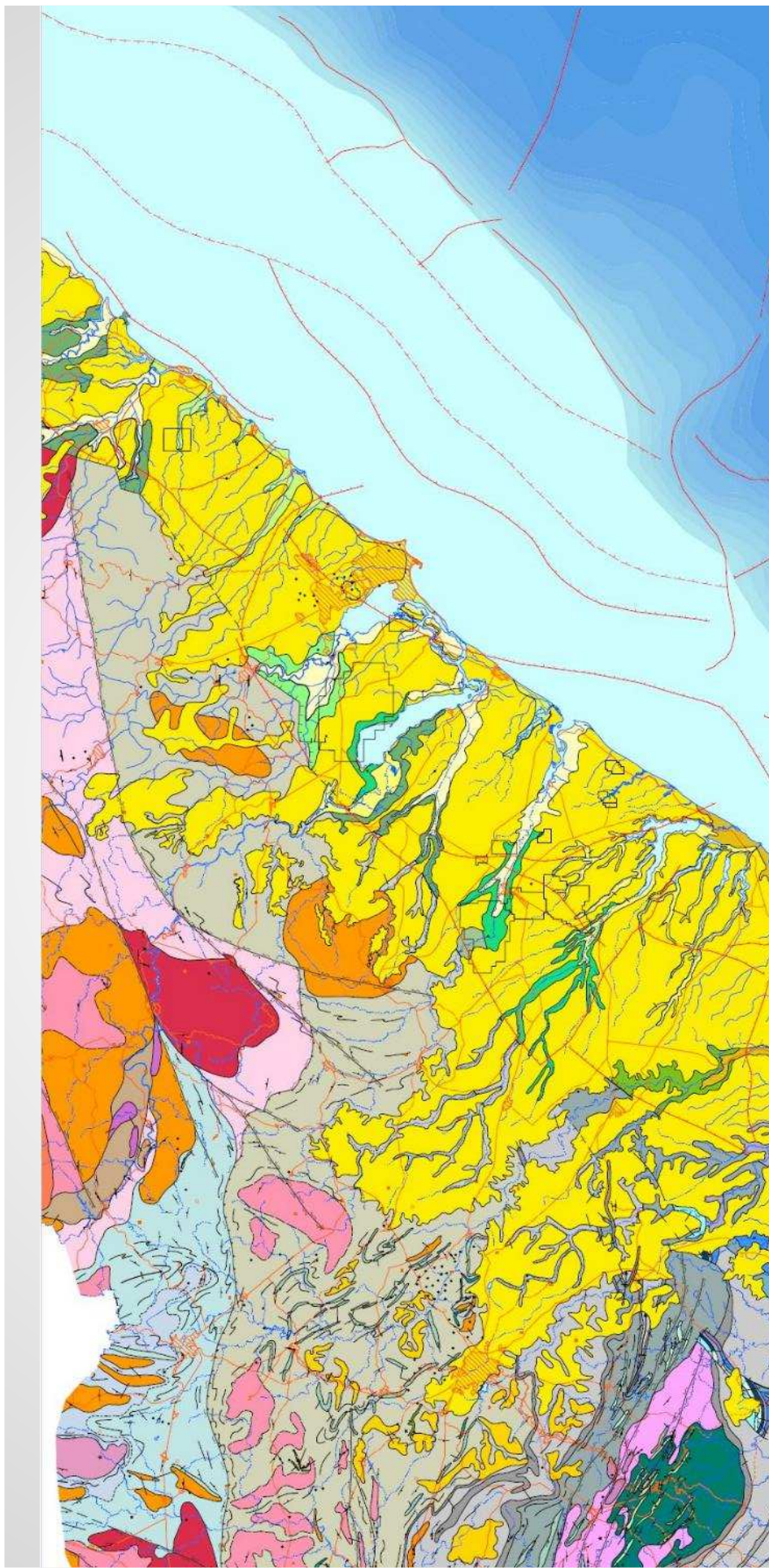
CPRM
Serviço Geológico do Brasil

SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA







SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

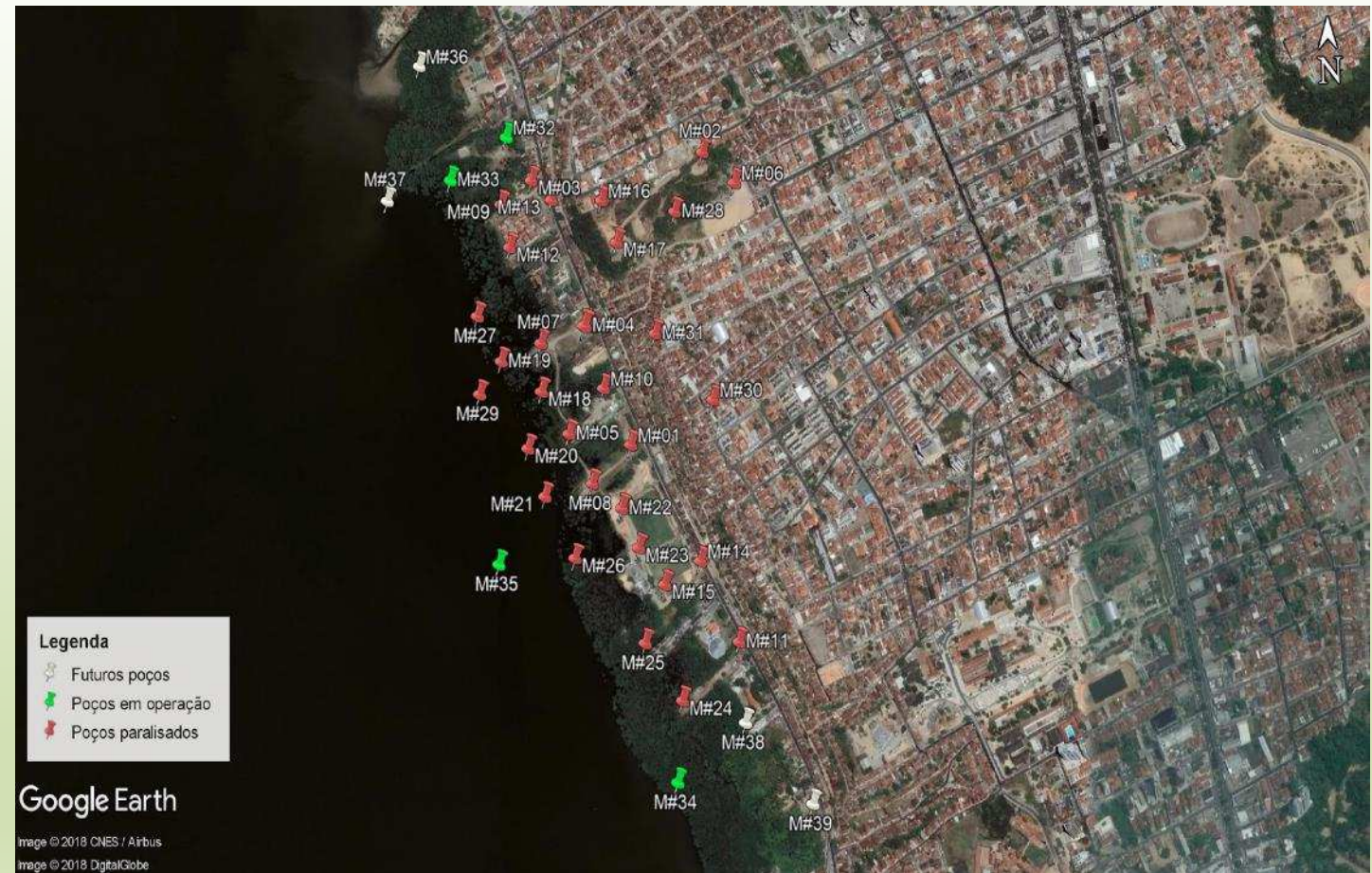


PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL

CONTEXTO

USO E OCUPAÇÃO

- Área densamente ocupada;
- Moradias com rede de esgotamento ineficiente;
- Extração de salgema e água subterrânea desde a década de 70.



LINHAS DE INVESTIGAÇÕES E SEUS MÉTODOS (executado, em execução, a ser executado)

1. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DOS SOLOS DA REGIÃO E FORMA DE OCUPAÇÃO DO BAIRRO

- Levantamento do histórico de ocupação do bairro
- Estudos geológico-geotécnicos (sondagens)
- Carta Geotécnica da Região Metropolitana de Maceió
- Sondagem Rotativa com Recuperação Integral da Coluna Estratigráfica

2. PRESENÇA DE VAZIOS (CAVIDADES, CAVERNAS) NO SOLO E SUBSOLO DA REGIÃO, DECORRENTE DE CAUSAS NATURAIS OU DE AÇÕES ANTRÓPICAS

3. ESTRUTURAS/FEIÇÕES TECTÔNICAS ATIVAS NA REGIÃO (FALHAS E DESCONTINUIDADES, POR EXEMPLO)

- Aplicação de método geofísico GPR dentro de residências e em vias públicas
- Levantamento Geofísico - Método Eletrorresistividade
- Levantamento Geofísico – Gravimetria
- Levantamento Geofísico - Método áudio-Magnetotelúrico
- Levantamento batimétrico sísmico - Lagoa Mundaú
- Estudos neotectônicos e sismicidade
- Instalação da rede sismográfica

4. EXTRAÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

- Construção de poços de monitoramento da água subterrânea.

LINHAS DE MONITORAMENTO E SEUS MÉTODOS (executado, em execução, a ser executado)

1. Levantamento interferométrico (radar via satélite);
2. Levantamento Cartográfico - Controle topográfico da superfície do bairro através do nivelamento dos poços e voo VANT;
3. Rede sismográfica;
4. Monitoramento de águas subterrâneas através da instalação de equipamentos do RIMAS.



SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA





**Atividades
Executada / Prevista**

[illegible]

ESTUDOS REALIZADOS E RESULTADOS PRELIMINARES

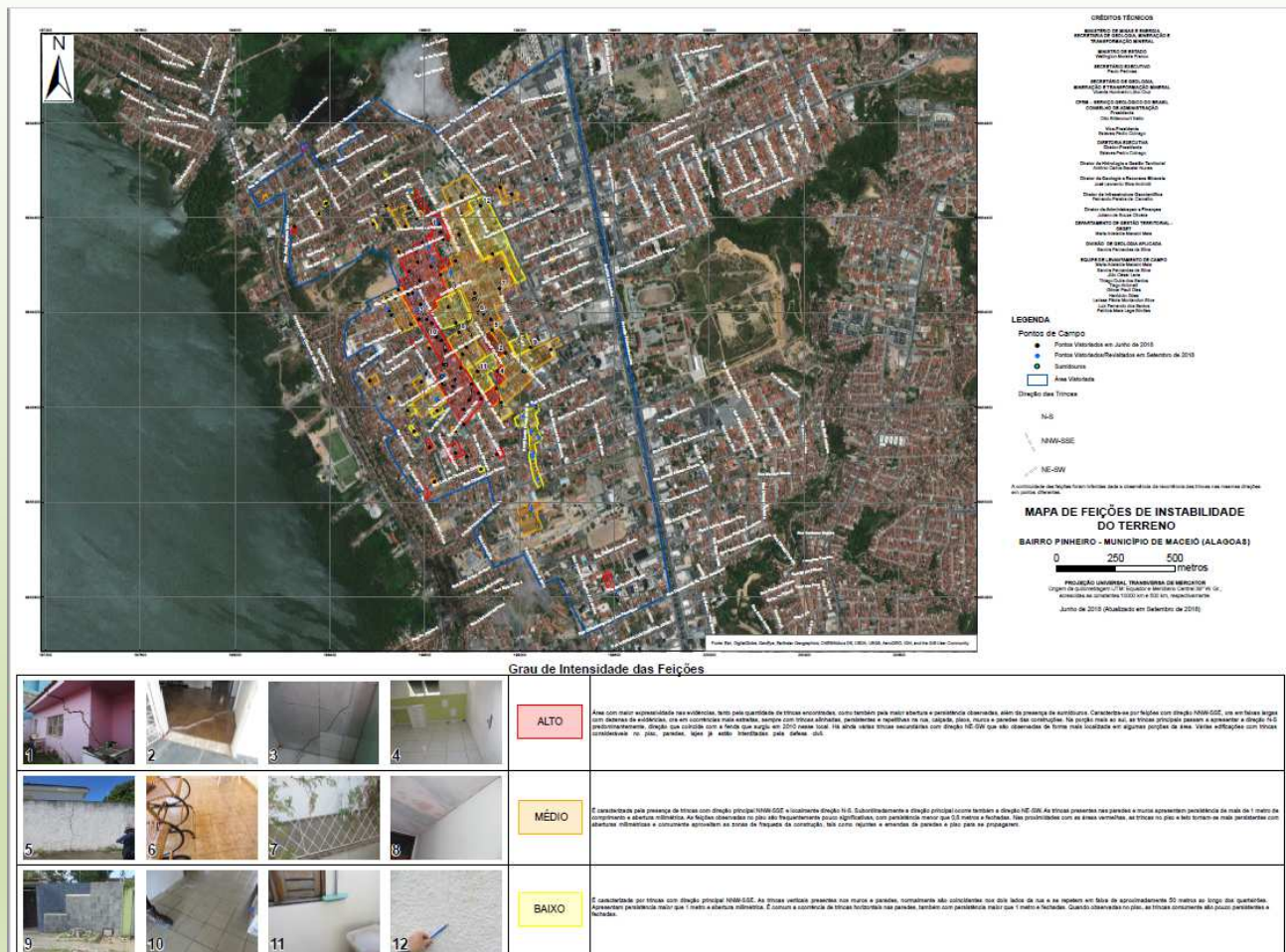


SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



1. Mapeamento de evidência de instabilidade do terreno



Zoneamento do Bairro em três classes de intensidade de instabilidade/deformação.

Critério: direção, abertura e persistência

ALTO

NNW-SSE e localmente direção N-S: Alternam em faixas. ora largas com dezenas de evidências, ora em ocorrências mais estreitas, sempre com trincas alinhadas, persistentes e repetitivas na rua, calçada, pisos, muros e paredes das construções. Presença de sumidouros nas ruas.

MÉDIO

NNW-SSE e localmente direção N-S: Presentes em paredes e muros. Nas paredes - persistência de mais de 1 metro de comprimento e abertura milimétrica. Pisos são frequentemente pouco significativas, com persistência menor que 0,8 metros e fechadas.

BAIXO

NNW-SSE: Apresentam persistência maior que 1 metro e abertura milimétrica nas paredes. Nos pisos, as fissuras comumente são pouco persistentes e fechadas.

ALTO



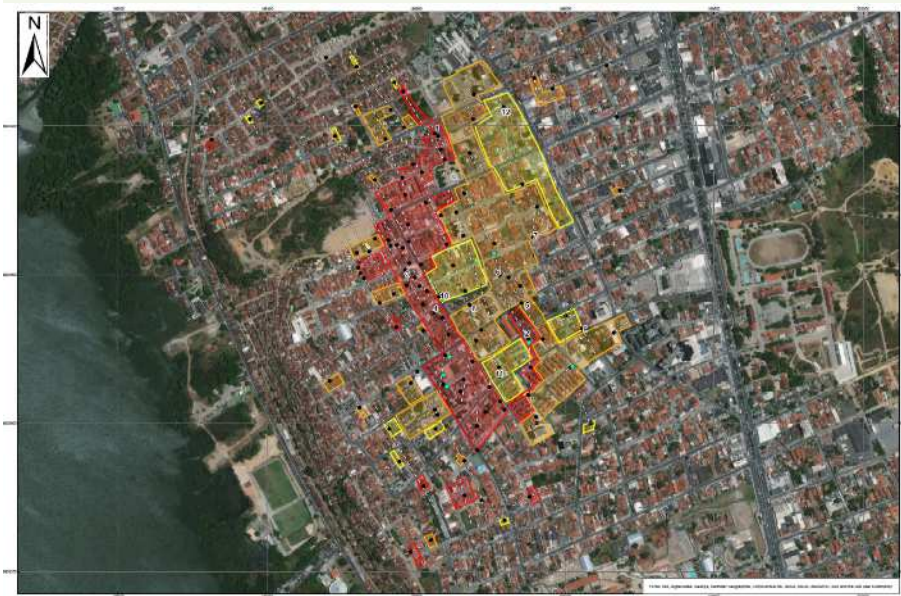
MÉDIO



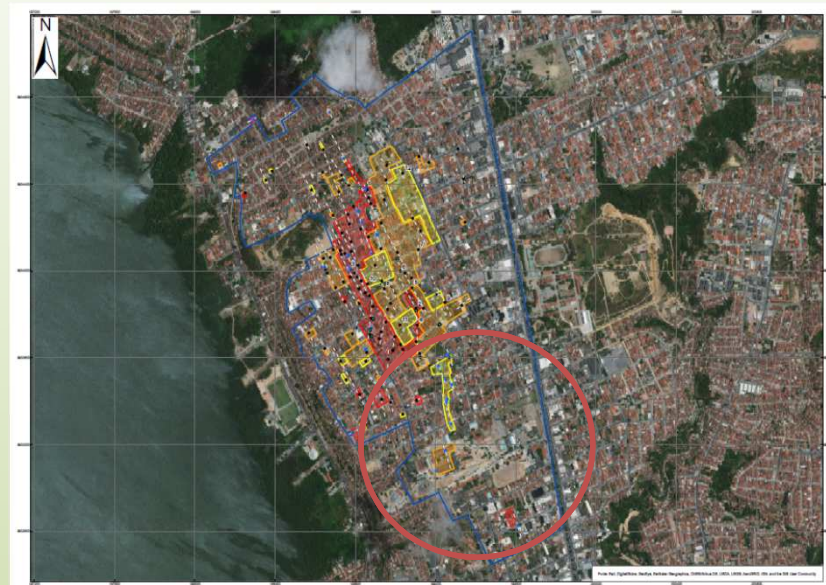
BAIXO



Pequena ampliação de área com registro de evidência de instabilidade/deformação



Junho-18

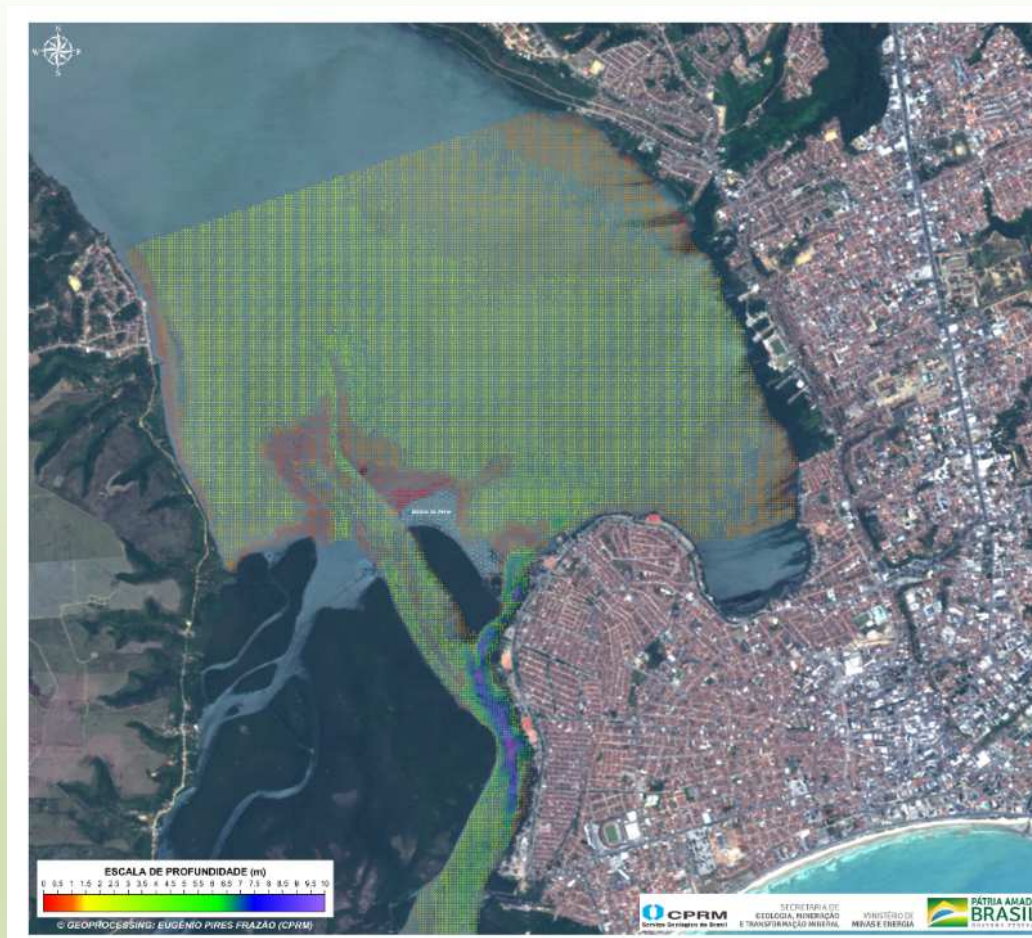


Setembro-18

Terceira atualização inicia em março 2019.

2. Batimetria Lagoa Mundaú (Etapa 1)

- Extremamente assoreada
- Lâmina d'água variando entre 0,70 e 10 m
- Suspeita-se de afloramento na margem oposta da lagoa
- **Próxima etapa:** realização de sísmica e coleta de amostras para descobrir se os sedimentos que assoream a lagoa são oriundos do bairro Pinheiro.



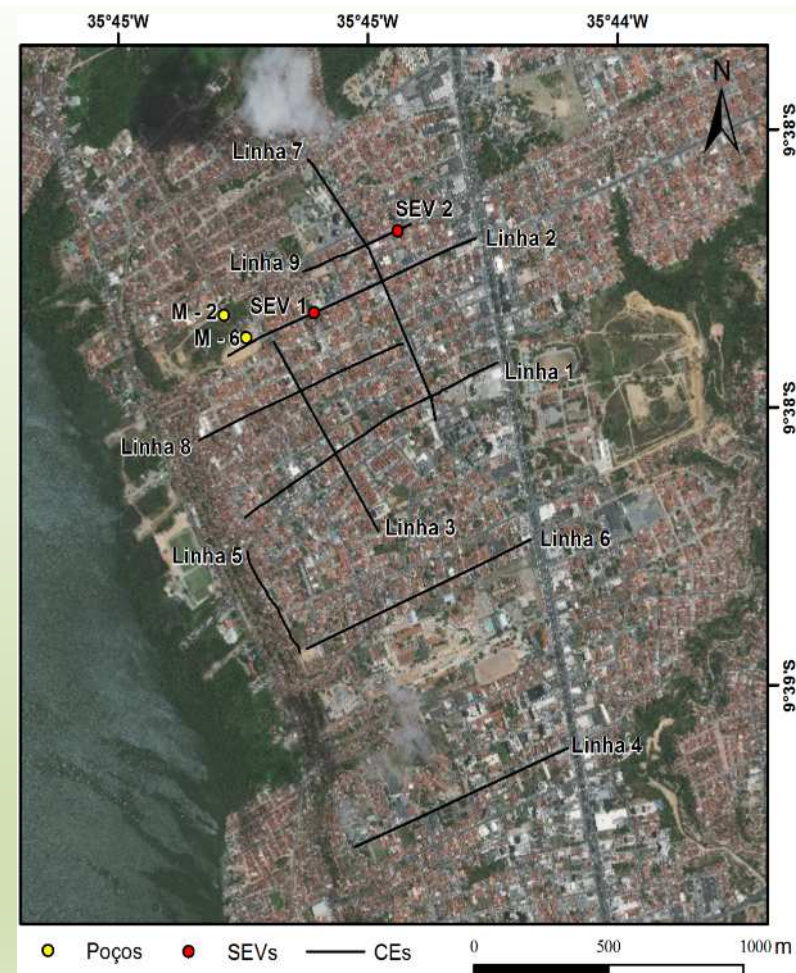
3. Levantamento Geofísico: Eletrorresistividade (Etapa 1)

Nove caminhamentos elétricos (CE)

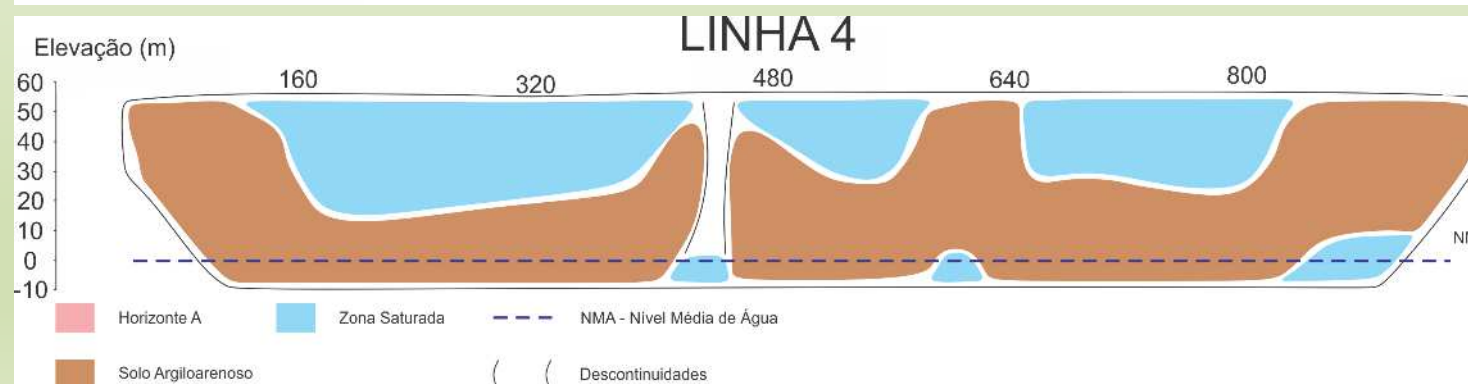
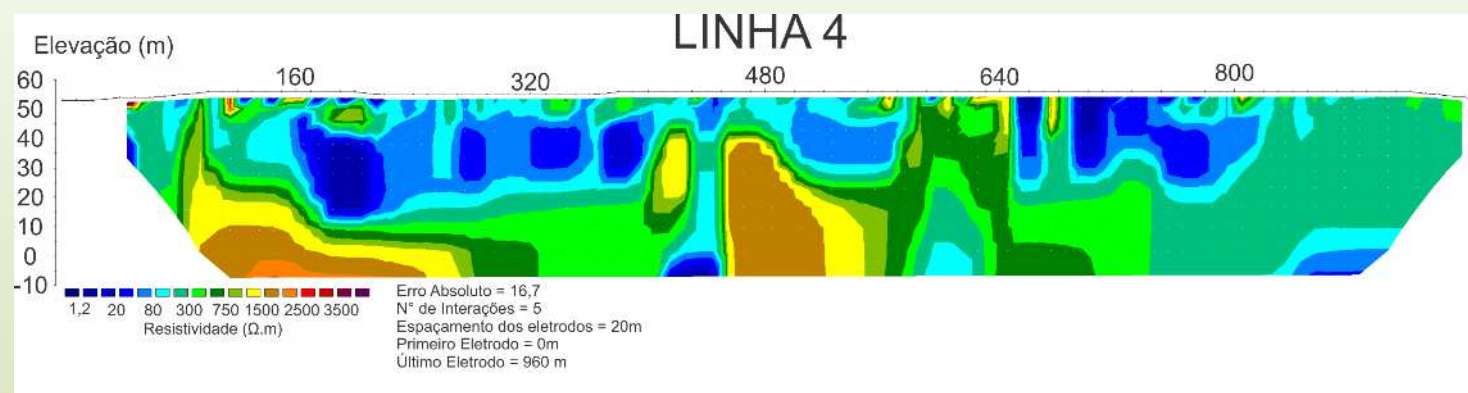
- Oito no Bairro Pinheiro e uma no Bairro Farol (comparativo)
- Profundidade teórica de investigação – aproximadamente 60m

Duas sondagens elétricas verticais (SEV).

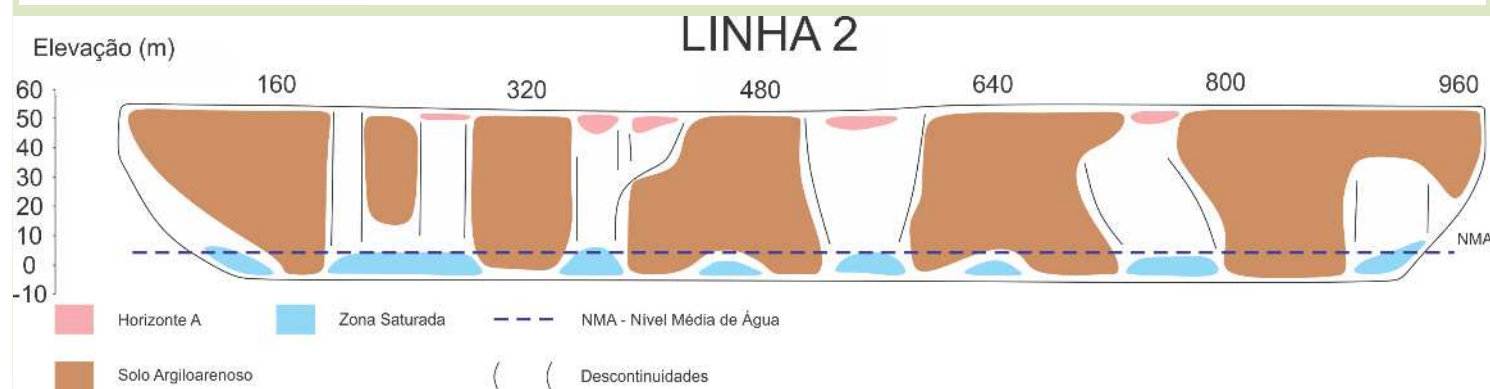
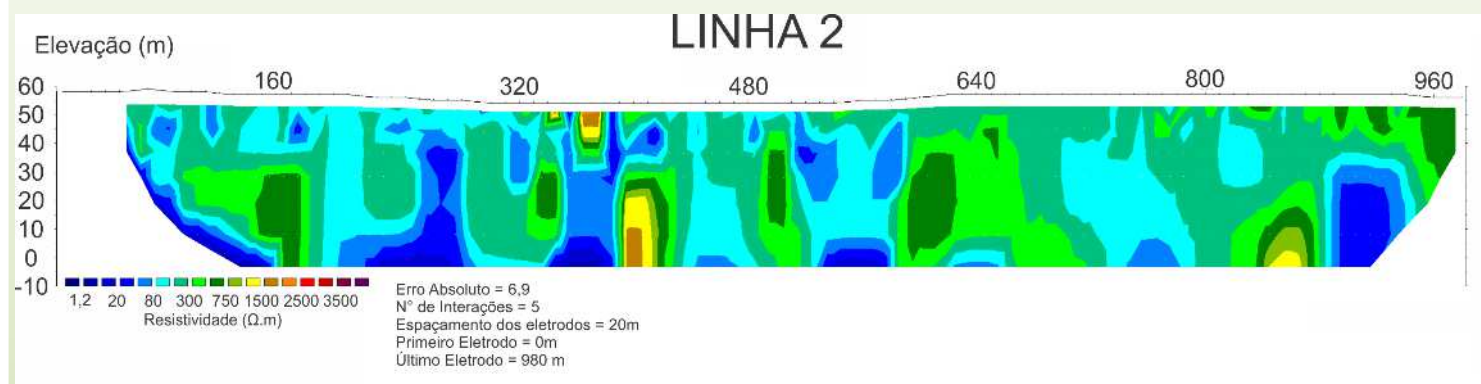
- Profundidade teórica de investigação – aproximadamente 200m

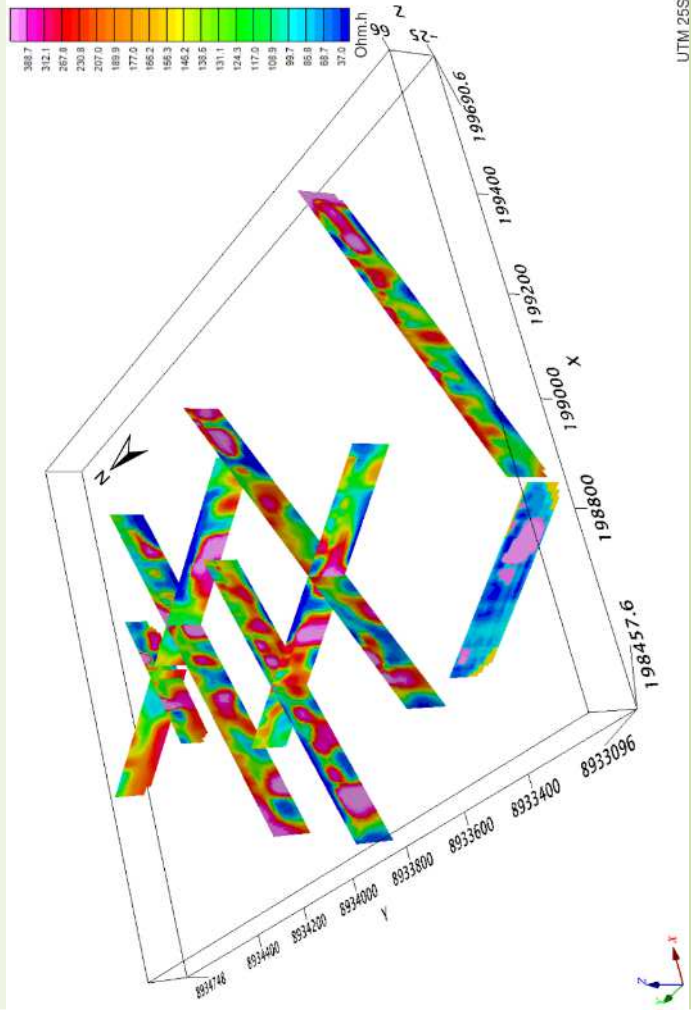
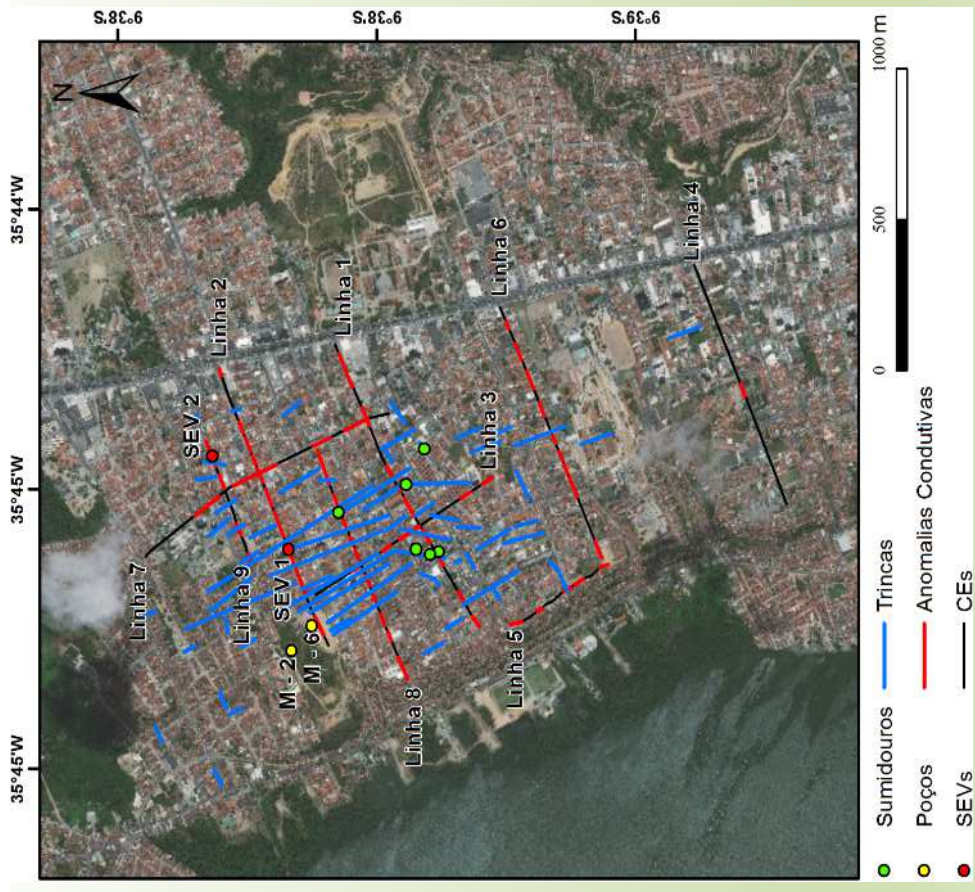


Linha no Bairro farol – balizamento: **Perfil característico das áreas sem evidências de deformação do terreno**

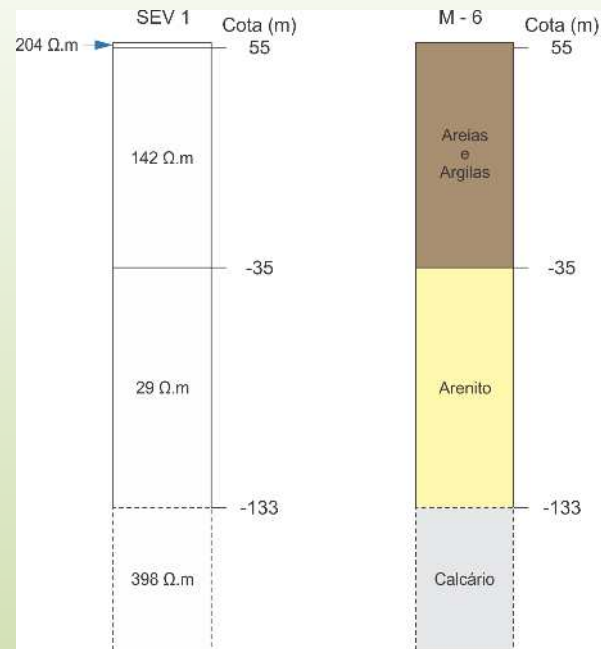


Linha perpendicular = descontinuidades mapeadas no Bairro. **Falhas, vazios, áreas saturadas ?**

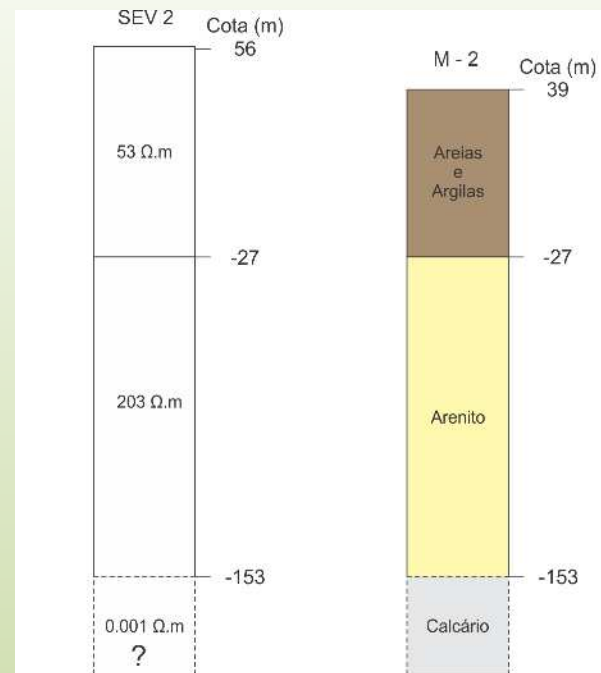




Levantamentos de Geofísica - SEV



LITOLOGIA	RESISTIVIDADE ($\Omega.m$)	ESPESSURA (m)
Horizonte A / Aterro	204	2
Areias e Argilas	142	90
Arenito	29	98
Calcário	398	



LITOLOGIA	RESISTIVIDADE ($\Omega.m$)	ESPESSURA (m)
Areias e Argilas	53	83
Arenito	203	126
Calcário	Não Investigado	

4. Sondagens SPT

Oito sondagens

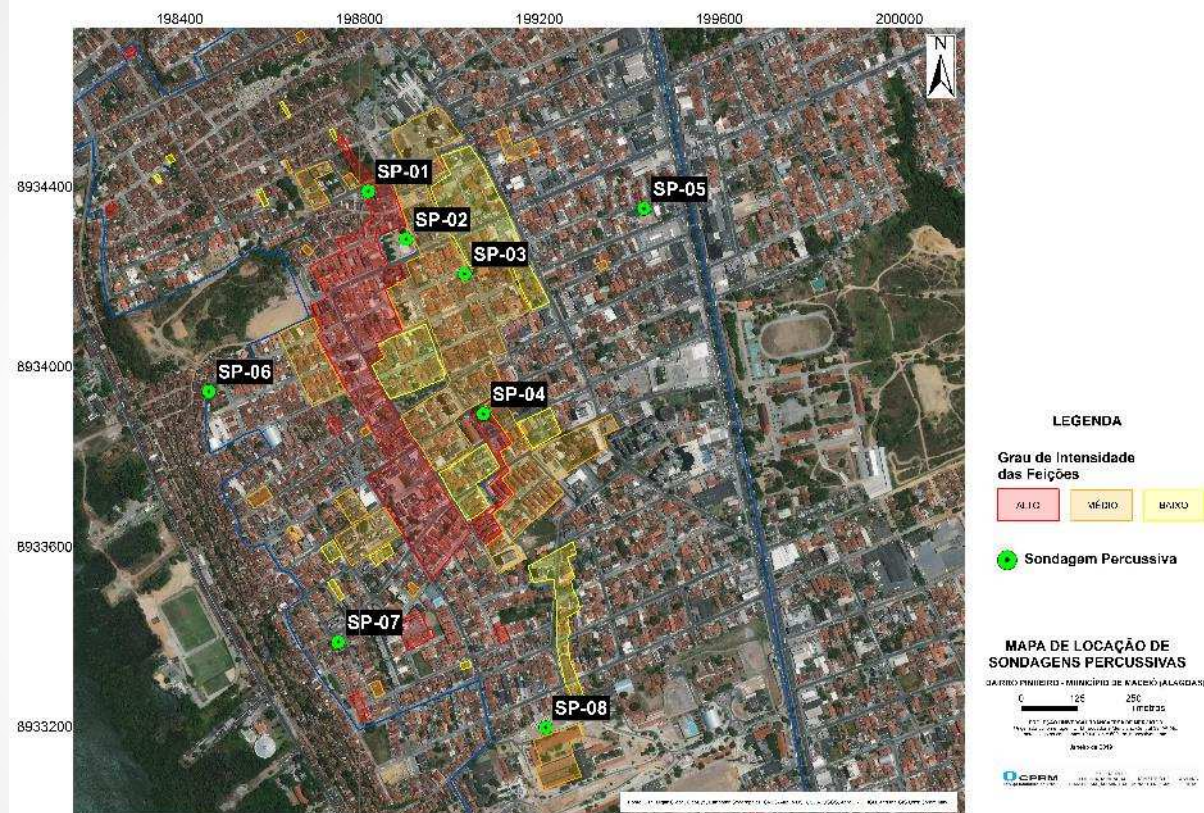
Seis locadas nas áreas com deformações cartografadas

Duas foras das áreas cartografadas -
balizamento, comparação

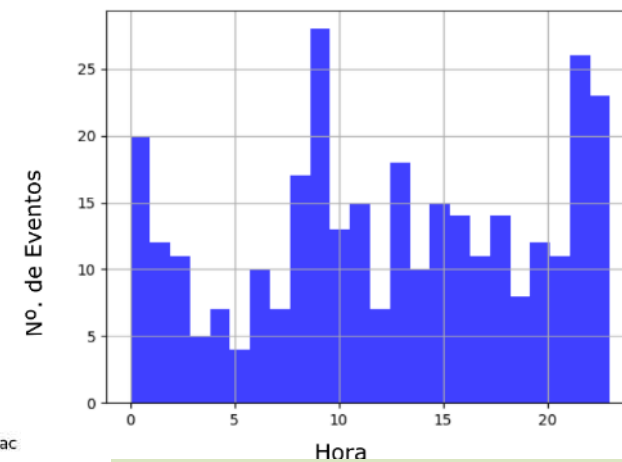
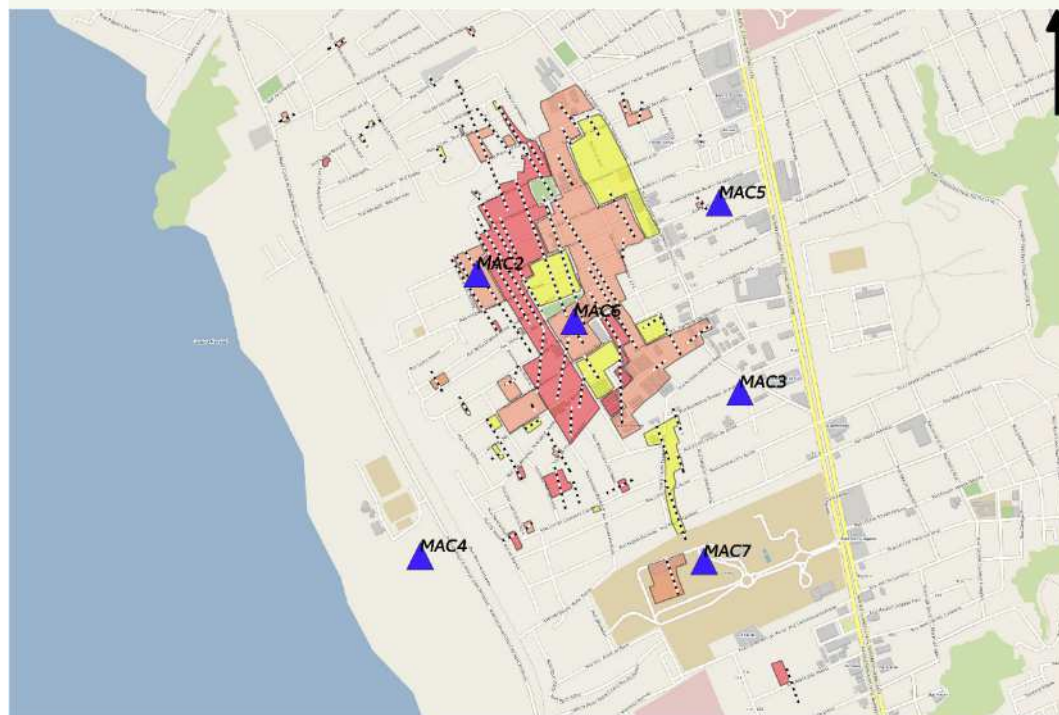
- Profundidade de investigação – entre 08 e 18 metros
- SP4 - menor profundidade de investigação - 08 metros.
Material hidromórfico nos dois metros iniciais

Ensaio de caracterização

Granulometria, Limites de plasticidade e Difractometria de raio X



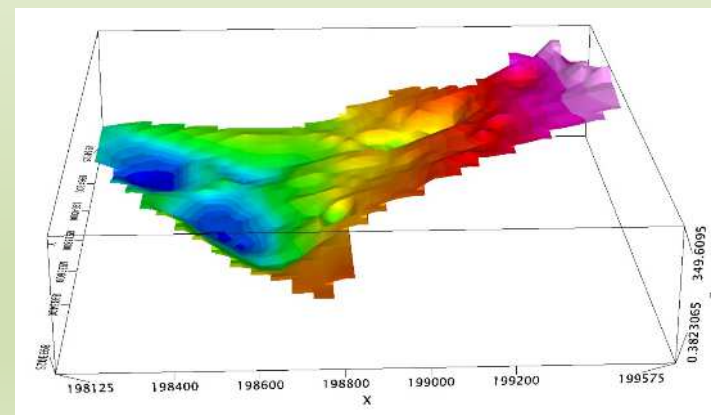
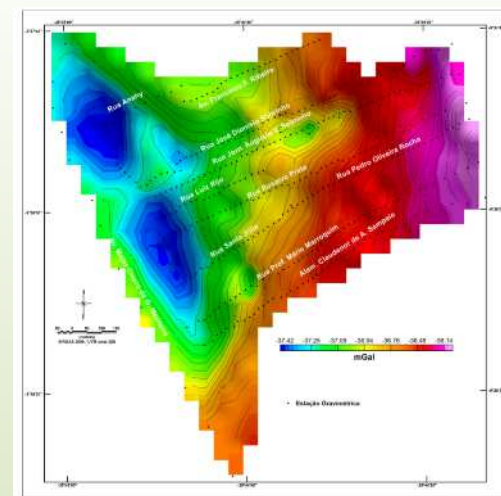
5. Levantamentos de Geofísica – Rede Sismográfica



6. Gravimetria (Etapa 1)



Ocorrência de importantes anomalias gravimétricas a serem detalhadas



7. Audiomagnetotelúrico

Cerca de 100 pontos amostrados

Alcance de 1500 m de profundidade

Encontra-se em fase de processamento e interpretação.
Resultados em abril 19.



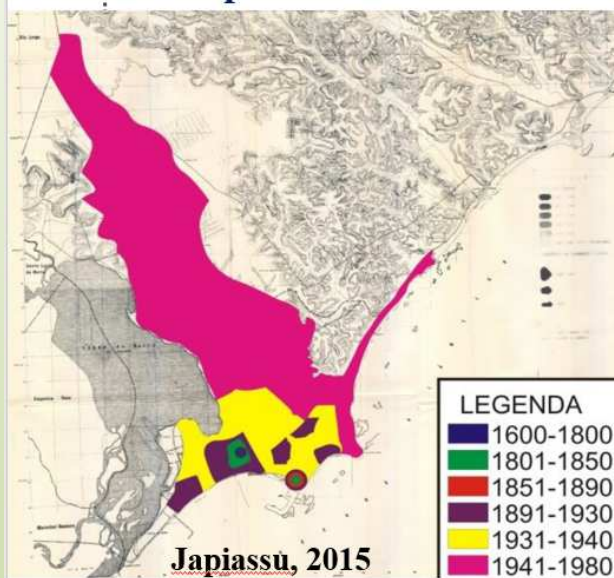
8. Geologia e neotectonica



9. Historicidade da ocupação

Serviço Geológico do Brasil – CPRM Projeto ação emergencial no bairro Pinheiro (Maceió, AL)

Expansão urbana da cidade de Maceió: **Histórico**

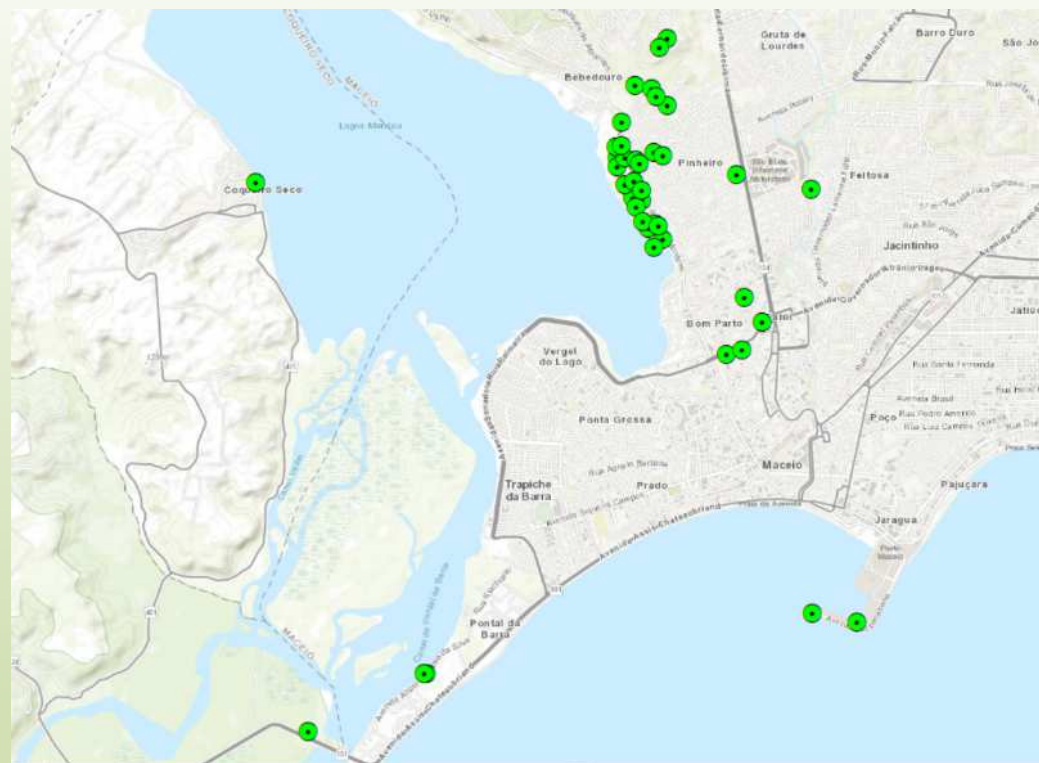


Maceió crescia de forma concêntrica e gradual até a década de 30 a partir do centro antigo e do porto de Jaraguá.

A partir dos anos 40, um novo vetor de crescimento promove uma expansão acelerada da malha urbana de Maceió rumo norte sobre os tabuleiros da margem direita da lagoa Mundaú.

Este vetor foi originado a partir da abertura da Av. Fernandes Lima (BR-104) que interligou Maceió às cidades do interior do estado.

10. Levantamentos cartográficos





PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL



SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

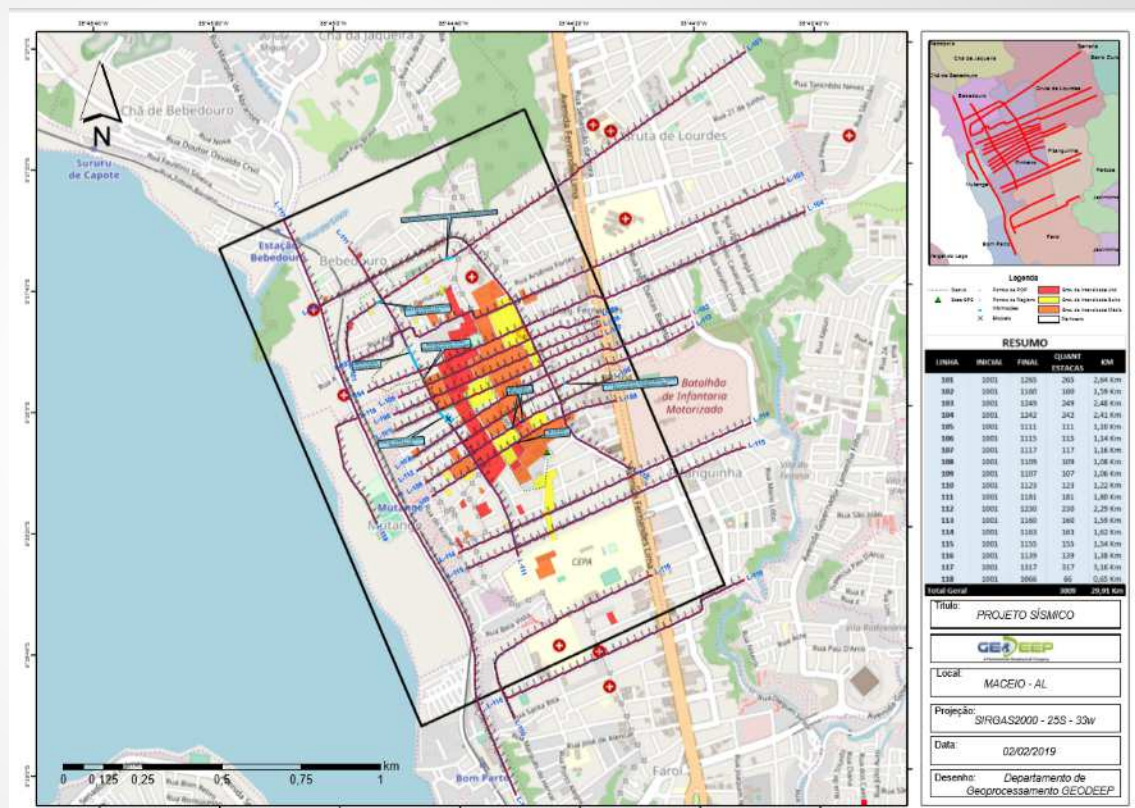
MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

CPRM
Serviço Geológico do Brasil

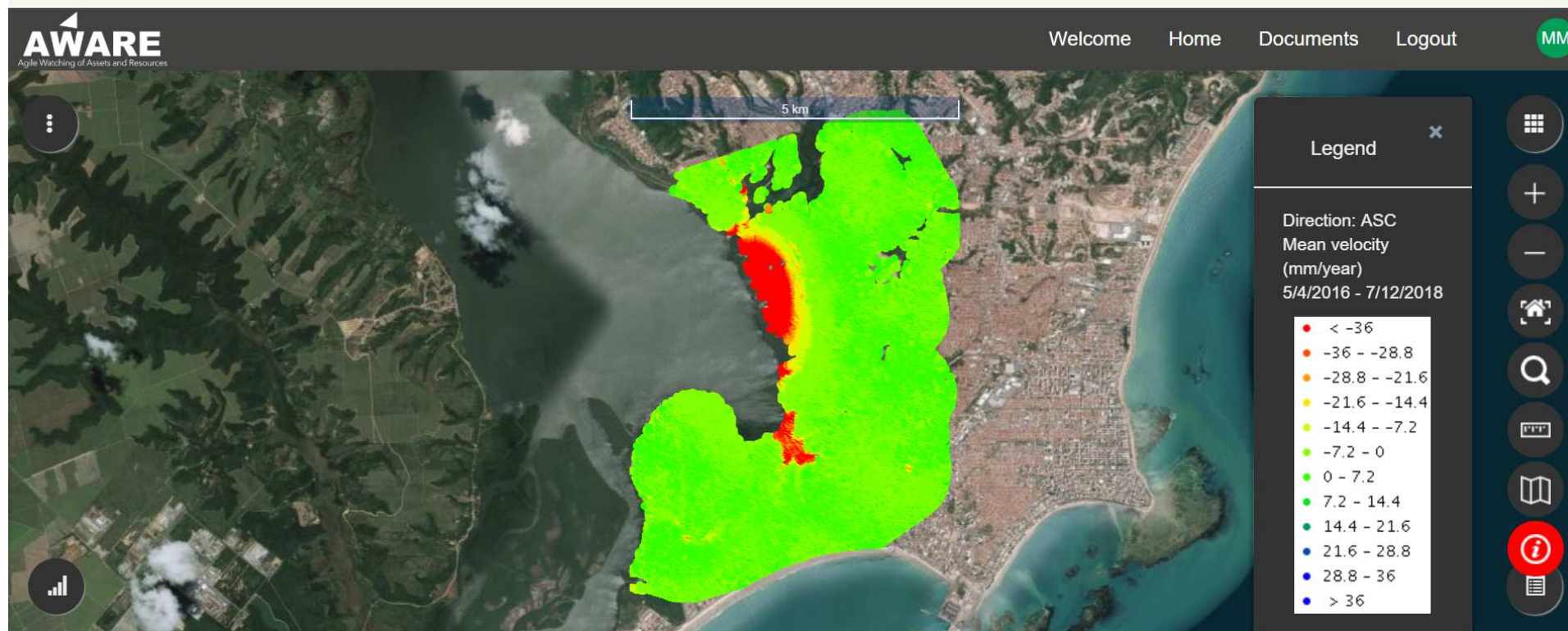
50
ANOS
CPRM

Dados de responsabilidade da Braken

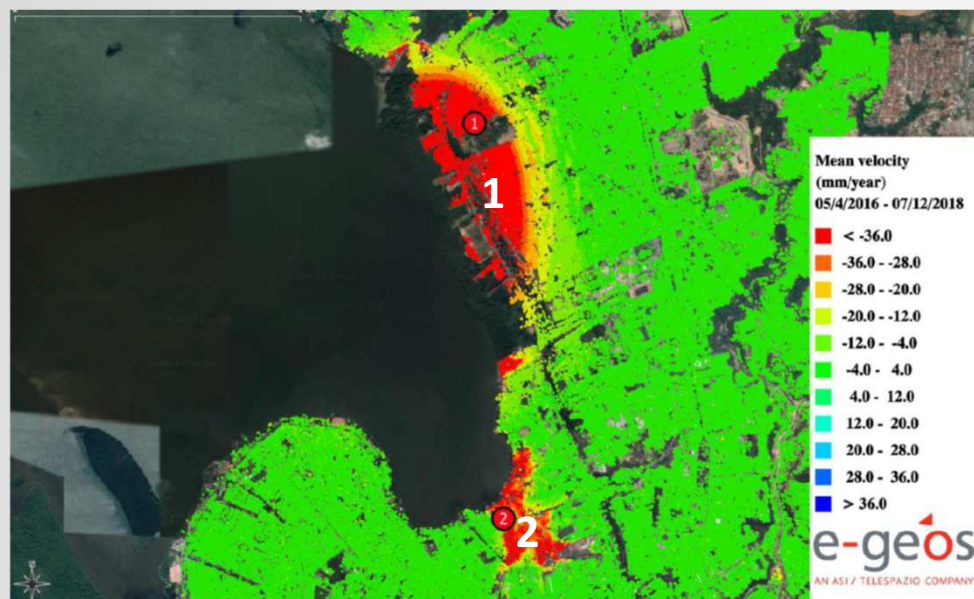
Sísmica AWD



i) Resultado da análise interferométrica de imagens de radar no período de abril 2016 a dez 2018

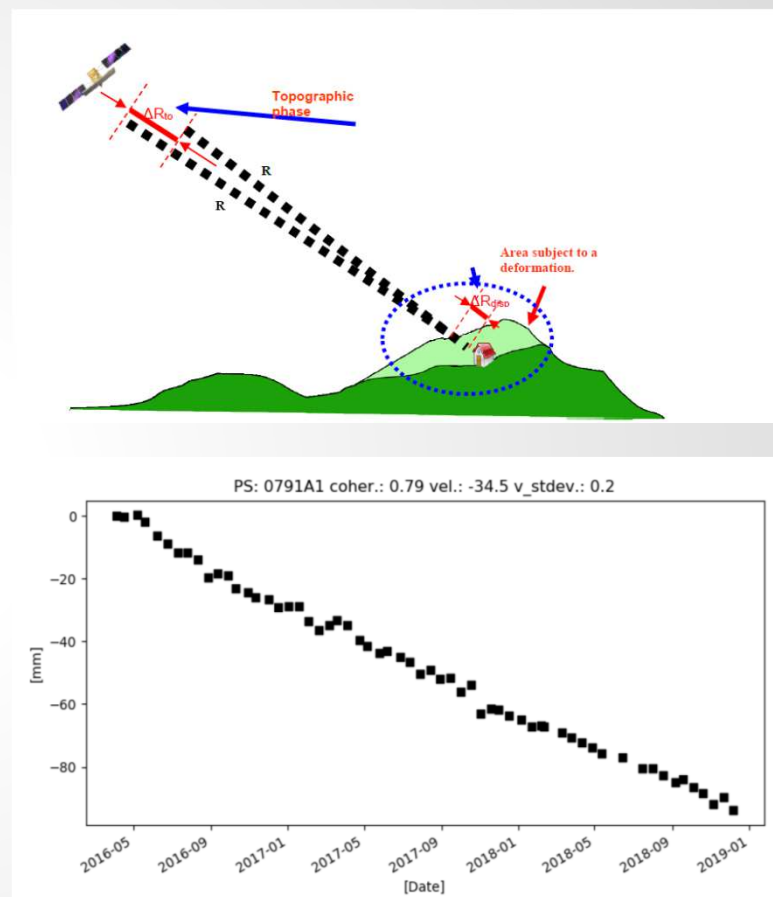


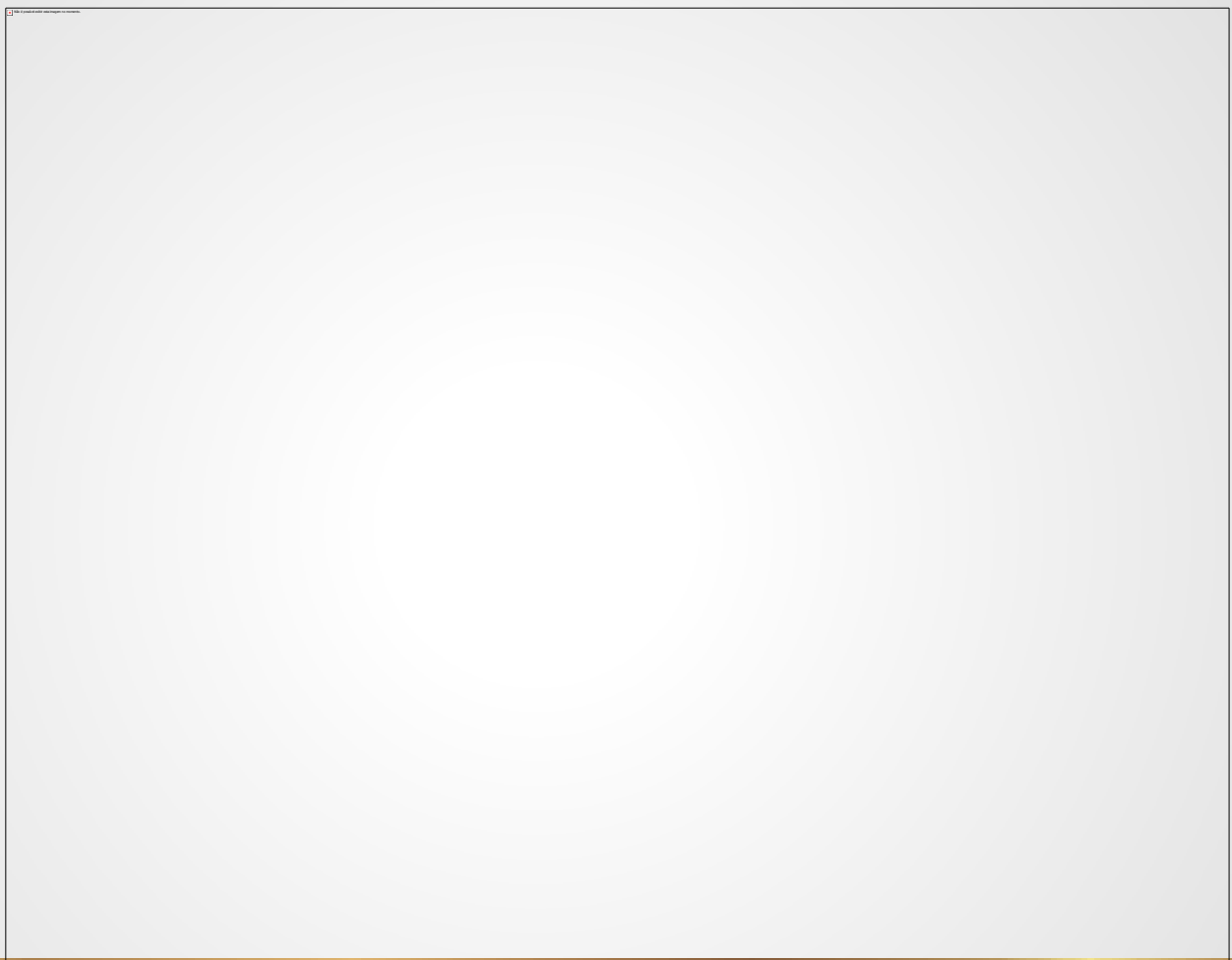
RESULTADO DA ANÁLISE INTERFEROMÉTRICA DE IMAGENS DE RADAS NO PERÍODO DE ABRIL 2016 A DEZ 2018



Um detalhe a ser observado focando nos bairros Pinheiro e Levada: dois PSs com significativo movimento foram marcados como pontos 1 e 2.

O Gráfico mostra a evolução do deslocamento temporal dos dois pontos.

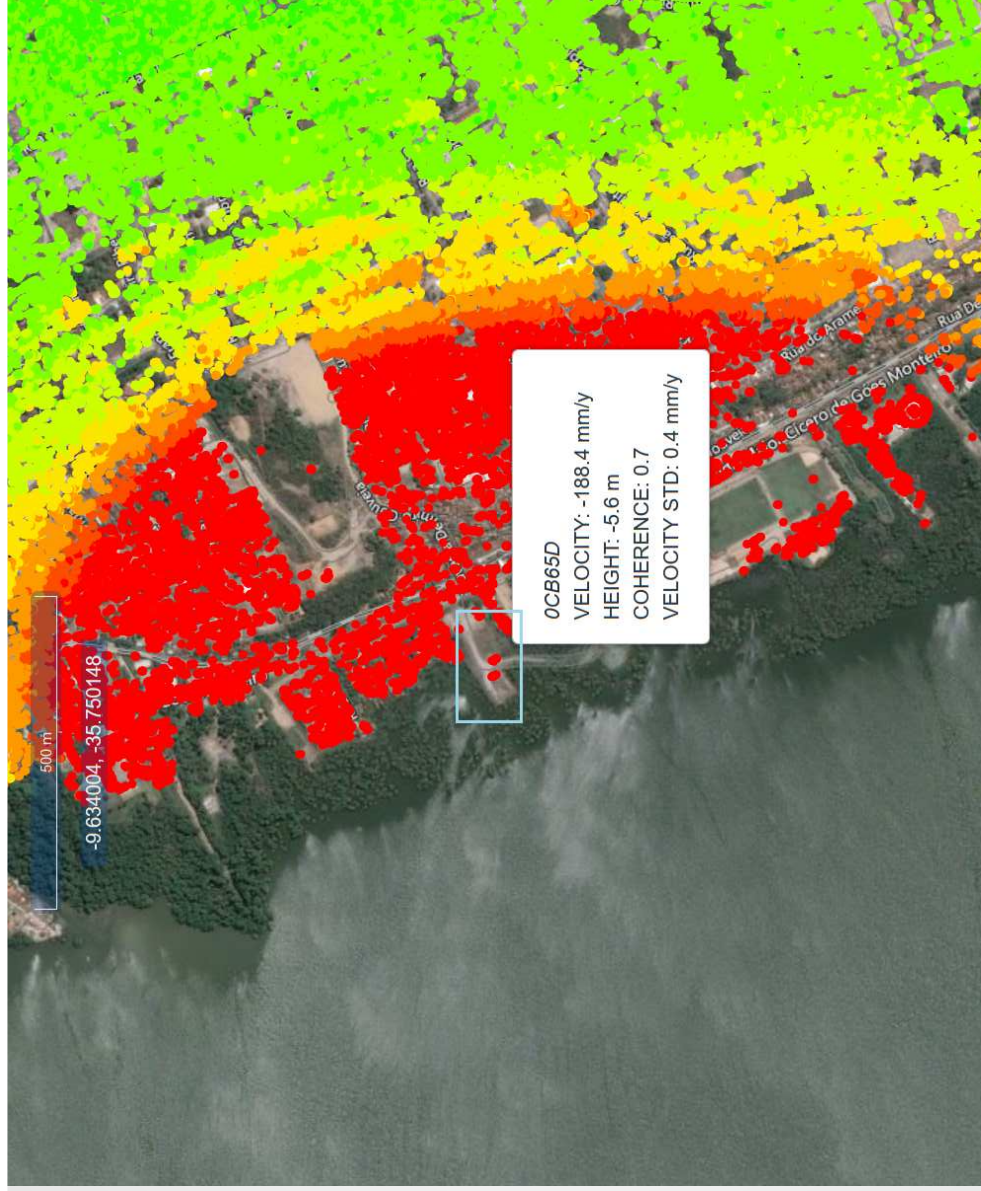




SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA





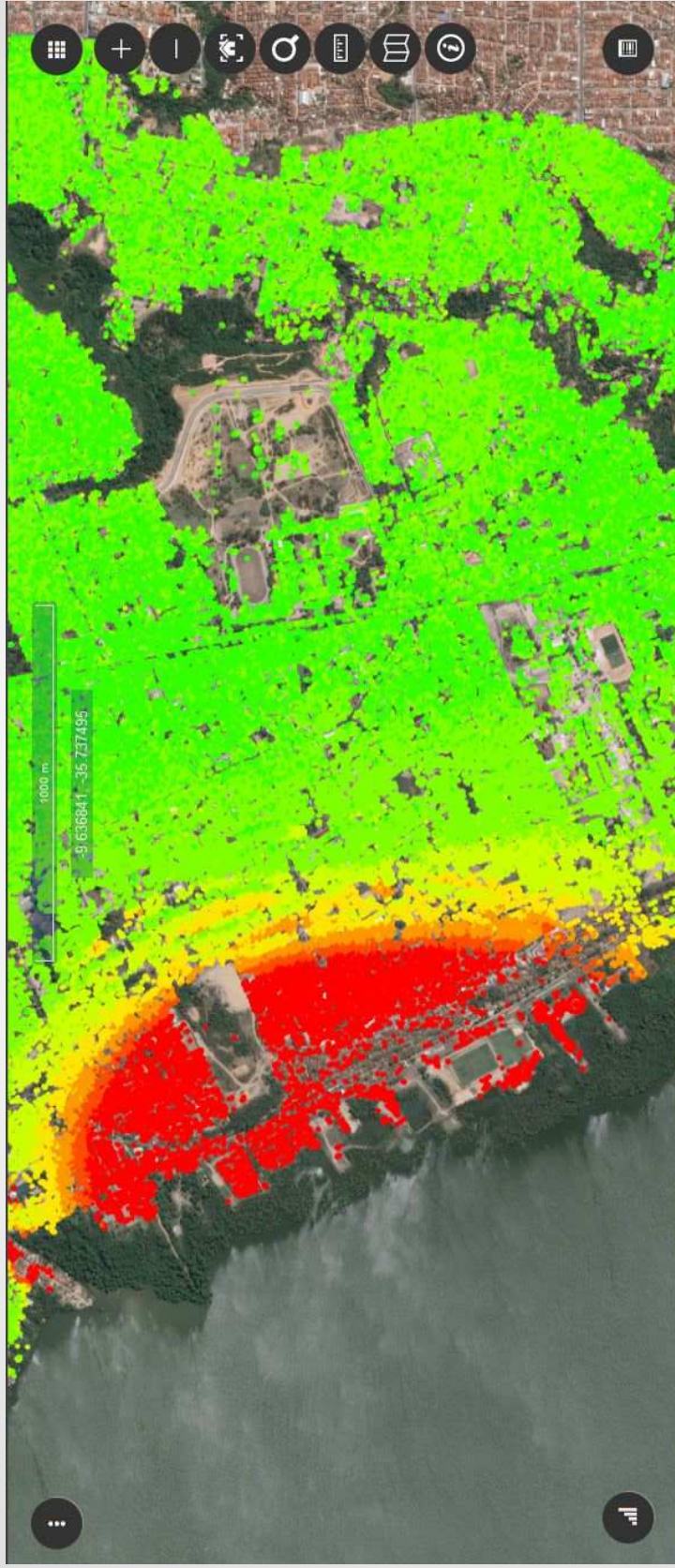




SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

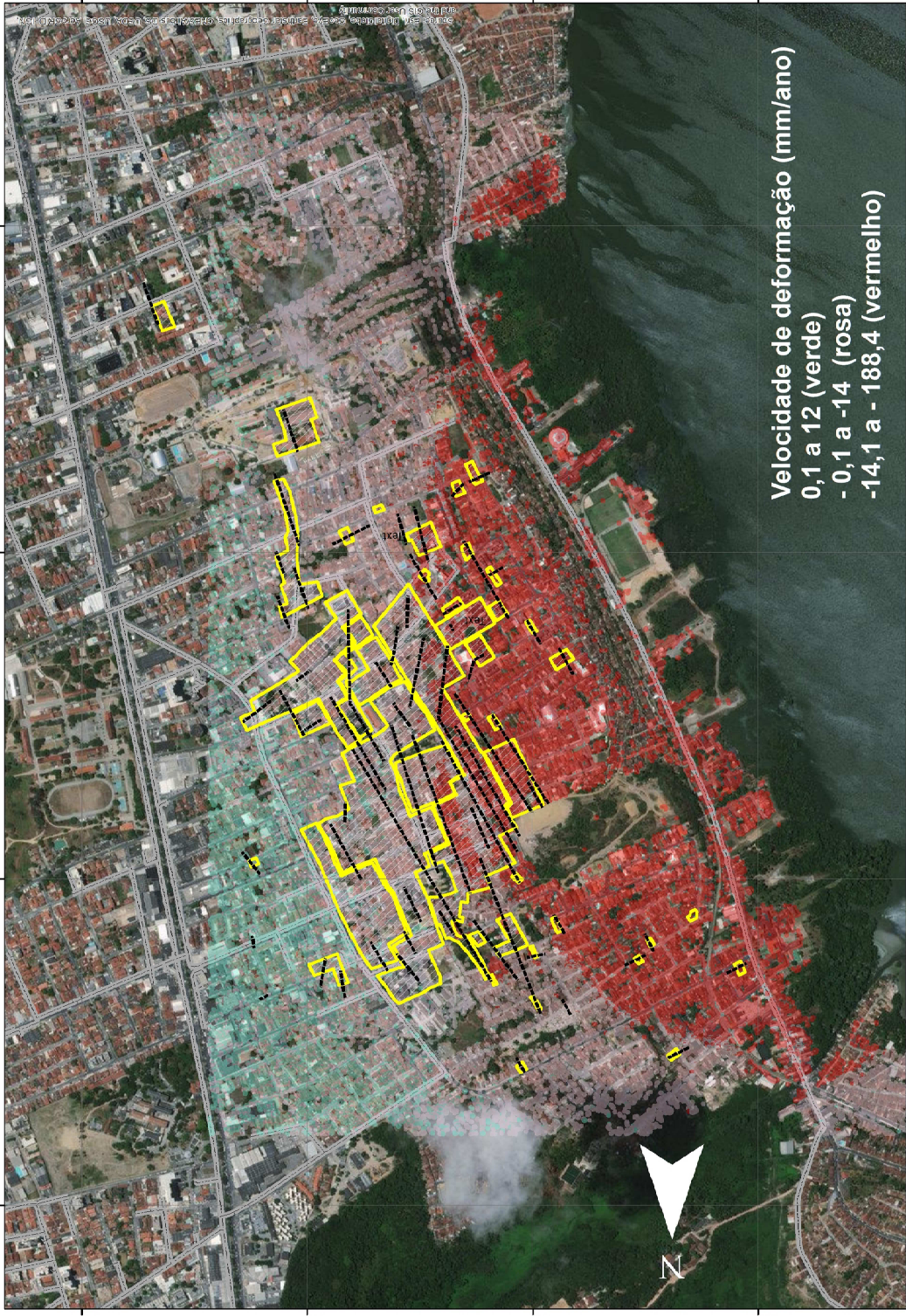


SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



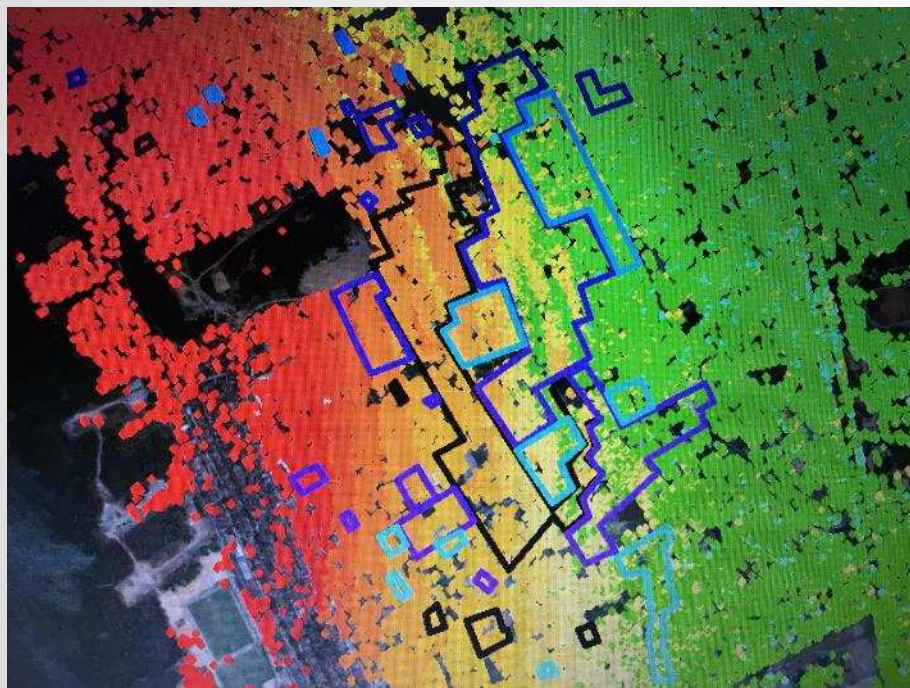
PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL





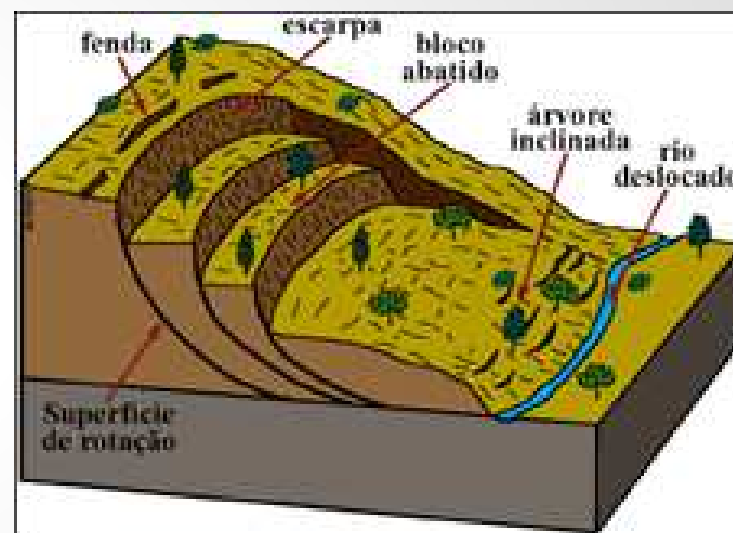
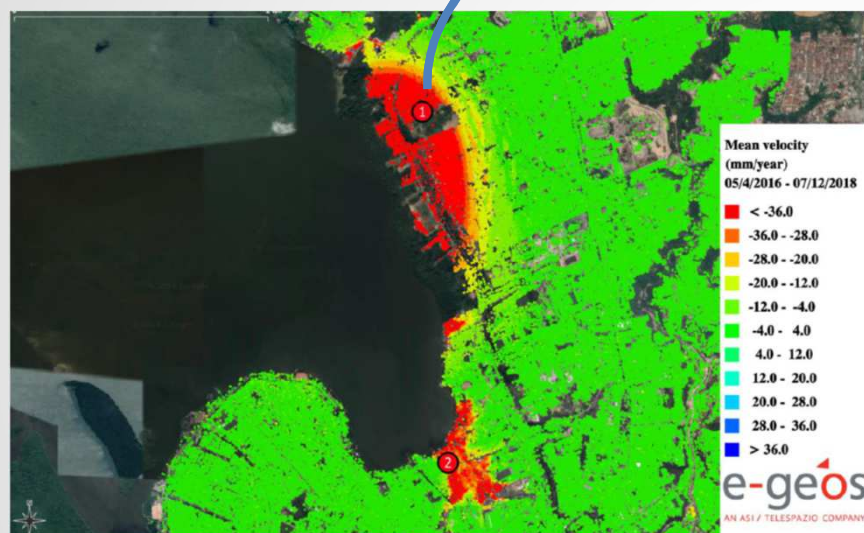
RESULTADO DA ANÁLISE INTERFEROMÉTRICA DE IMAGENS DE RADAR NO PERÍODO DE ABRIL 2016 A DEZ 2018

Velocidade: -188,4 a 13,2 mm/ano





EXEMPLO DE ÁREA AFETADA POR MOVIMENTO ROTACIONAL



O QUE JÁ SE SABE?



SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



HIPÓTESES

O QUE JÁ SE SABE?

1. *Características geotécnicas dos solos da região e forma de ocupação do bairro;*

- Terreno friável e extremamente erosivo;
- Solos pouco compactado;
- Ocupação sobre antigas lagoas aterradas;
- Chuva e falta de esgotamento adequado potencializa o processo de instabilidade.

2. *Presença de vazios (cavidades, cavernas) no solo e subsolo da região decorrente de causas naturais ou de ações antrópicas;*

- Cavidades erosivas se formando no cruzamento de falhas normais em níveis conglomeráticos da Formação Barreiras;
- Inúmeras anomalias conditivas (falhas, vazios, solo saturado?);
- Aguardando conclusão dos estudos geofísicos para verificar a existência dos vazios em profundidade de 100 a 1.500 m.

3. *Estruturas/Feições tectônicas ativas na região (falhas, descontinuidades, por exemplo);*

- Confirmada a presença de falhas no subsolo em uma profundidade de até no mínimo 60 m. Aguardando confirmação da continuidade em profundidade maiores;
- Aguardando o primeiro boletim da rede sísmica;
- Diferentes Velocidades de Deformação (interferometria)

4. *Extração de água subterrânea.*

- Escolha dos locais para a implantação dos poços de monitoramento do aquífero feito;
- Aguardando início da perfuração para o mês de março.

CONSIDERAÇÕES E PROVIDÊNCIAS



SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



Cenários

Com base nos resultados preliminares até então obtidos a CPRM direcionará as ações de levantamento considerando os seguintes cenários:

- a) **Movimento de rompimento brusco:** alertar as autoridades competentes e ajudá-los na definição de rotas de fuga seguras e seleção de pontos de encontro em áreas estáveis. Para isso propõem-se a intensificação dos trabalhos de GPR (Georadar) em vias urbanas em locais com anomalias condutivas de baixa resistividade geolétrica;
- b) **Movimento lento e contínuo:** orientação item “a”, seguida de medidas de monitoramento para auxiliar na tomada de decisão a curto prazo;
- c) **Movimento lento até a estabilização:** orientação item “a”, seguida de medidas de monitoramento para auxiliar na tomada de decisão a longo prazo;



SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



Cenários

As medidas são consideradas **URGENTES** e incluem:

- Ajustar o plano de contingencia em relação aos novos dados.
- Construção da rede de drenagem **PROVISÓRIA ANTES DA CHUVA.**
- Obras de saneamento e de drenagem adaptada ao problema da área
- Contratação de interferometria para os períodos de 2011 a 2016 e 2019 a 2020.
- Contratação de especialista em interferometria para análise de tendências dos dados.
- Sondagem rotativa com recuperação de testemunho.
- Instalação de sensores automáticos de movimento da cota, extensômetro etc;
- Repassar recurso para a Rede Sismográfica Brasileira para manutenção em 2019_e cumprimento do convênio 001/CPRM/2016.
- Instalação permanente da rede sísmica local no bairro Pinheiro e arredores.

Obrigado!



SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

