

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

ESTUDOS SOBRE A INSTABILIDADE DO TERRENO NOS BAIRROS PINHEIRO, MUTANGE E BEBEDOURO, MACEIÓ (AL)

Volume II
RELATÓRIOS TÉCNICOS
B. Levantamento Interferométrico

Rio de Janeiro, maio de 2019



 **CPRM**
Serviço Geológico do Brasil

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Bento Albuquerque

Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Alexandre Vidigal de Oliveira

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor Presidente

Esteves Pedro Colnago

Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial

Antônio Carlos Bacelar Nunes

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

José Leonardo Silva Andriotti

Diretor de Infraestrutura Geocientífica

Fernando Pereira de Carvalho

Diretor de Administração e Finanças

Juliano de Souza Oliveira

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

ESTUDOS SOBRE A INSTABILIDADE DO TERRENO NOS BAIRROS PINHEIRO, MUTANGE E BEBEDOURO, MACEIÓ (AL)

Volume II RELATÓRIOS TÉCNICOS B. Levantamento Interferométrico

Autoria

Leandro Galvanese Kuhlmann
Bruce Fabini Franco Chiba
Daniel Moreira
Denílson de Jesus
Juliana Moraes
Maria Adelaide Mansini Maia
Pedro Augusto dos Santos Pfaltzgraff

Validação em campo

Heródoto Goes
Bruno Eldorf
Gilmar Pauli Dias
Juliana Moraes
Leandro Galvanese Kuhlmann
Pedro Augusto dos Santos Pfaltzgraff
Rodrigo Luiz Gallo Fernandes
José Antônio da Silva
Rubens Pereira Dias
Fernando Lúcio Borges Cunha

Rio de Janeiro, maio de 2019

COORDENAÇÃO INSTITUCIONAL

Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial (DHT): Antônio Carlos Bacelar Nunes

COORDENAÇÃO TÉCNICA-EXECUTIVA

Coordenador-Geral: Thales de Queiroz Sampaio

Coordenação técnica: Maria Adelaide Mansini Maia e Jorge Pimentel, Departamento de Gestão Territorial (DEGET)

Assessoria: Helion França Moreira e Ricardo Moacyr de Vasconcellos, Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial (DHT)

Estudos de geologia aplicada: Sandra Fernandes da Silva, Divisão de Geologia Aplicada (DIGEAP)

Estudos de geomorfológicos e historicidade da ocupação: Marcelo Eduardo Dantas, Divisão de Gestão Territorial (DIGATE)

Estudos hidrogeológicos: Fernando Antônio Carneiro Feitosa, Departamento de Hidrologia (DEHID)

Estudos geofísicos: Lucia Maria da Costa e Silva, Gerência de Geologia e Recursos Minerais/Sup. Reg.de Belém (GEREMI/SUREG-BE), e Luiz Gustavo Rodrigues Pinto, Divisão de Sensoriamento Remoto e Geofísica (DISEGE)

Estudos batimétricos: Hortência Assis, Divisão de Geologia Marinha (DIGEOM)

Estudos cartográficos: Fabio Costa, Divisão de Cartografia (DICART)

Modelagem geológica em ambiente 3D: Ricardo Wosniak e Eduardo Grissolia, Divisão de Economia Mineral e Geologia Exploratória (DIEMGE)

Geoprocessamento: Denilson de Jesus, Divisão de Geoprocessamento (DIGEOP)

EQUIPE TÉCNICA

Alexandre Borba (Geólogo)

Alexandre Lago (Geólogo)

Amaro Luiz Ferreira (Geólogo)

Bruce Fabini Franco Chiba (Geofísico)

Bruno Elldorf (Geólogo)

Cipriano Gomes de Oliveira (Téc. em Geociências)

Daniel Moreira (Eng. Cartógrafo)

Dario Dias Peixoto (Geólogo)

Denilson de Jesus (Eng. Cartógrafo)

Eduardo Moussalle Grissolia (Geólogo)

Eugênio Pires Frazão (Geólogo)

Fábio Silva da Costa (Eng. Cartógrafo)

Fernando Antônio Carneiro Feitosa (Geólogo)

Fernando Lúcio Borges Cunha (Geólogo)

Giana Grupioni Rezende (Eng. Cartógrafo)

Gilmar Pauli Dias (Geólogo)

Heródoto Goes (Geólogo)

Hiran Silva Dias (Analista de sistemas)

Hortência Maria Barboza de Assis (Geóloga)

Ítalo Prata de Menezes (Geólogo)

Ivan Soares dos Santos (Téc. em Geociências)

Jairo Jamerson Correia de Andrade (Geofísico)

João Batista Freitas de Andrade (Geólogo)

Jorge Pimentel (Geólogo)

Jose Antônio da Silva (Geólogo)

Juliana Moraes (Geóloga)

Júlio Cesar Lana (Geólogo)

Larissa Flávia Montandon Silva (Geóloga)

Leandro Galvanese Kuhlmann (Geólogo)

Loury Bastos Mello (Geóloga)

Lúcia Maria da Costa e Silva (Geóloga)

Luiz Antônio R. Almendra (Téc. em Geociências)

Luiz Gustavo Rodriguez Pinto (Geofísico)

Marcelo Ambrósio Ferrassoli (Geólogo)

Marcelo de Queiroz Jorge (Geólogo)

Marcelo Eduardo Dantas (Geógrafo)

Marcio Junger Ribeiro (Téc. em Geociências)

Márcio Martins Valle (Oceanógrafo)

Maria Adelaide Mansini Maia (Geóloga)

Marília de Araújo Costa Rodrigues (Geofísica)

Nilo Costa Pedrosa Júnior (Geólogo)

Patrícia Durringer Jacques (Geóloga)

Pedro Augusto dos Santos Pfaltzgraff (Geólogo)

Rafael Corrêa de Melo (Geólogo)

Ricardo Cavalcanti Santiago (Geofísico)

Ricardo Duarte de Oliveira (Eng. Cartógrafo)

Ricardo Wosniak (Geólogo)

Roberto Gusmão de Oliveira (Geólogo)

Rodrigo Luiz Gallo Fernandes (Geólogo)

Ronaldo Gomes Bezerra (Geólogo)

Rubens Esteves Kenup (Eng. Cartógrafo)

Rubens Pereira Dias (Geólogo)

Sandra Fernandes da Silva (Geóloga)

Thales de Queiroz Sampaio (Geólogo)

Thiago Dutra dos Santos (Geólogo)

Tiago Antonelli (Geólogo)

Valter José Marques (Geólogo)

Vanildo Almeida Mendes (Geólogo)

Victor Augusto Hilquias Silva Alves (Geólogo)

ASSESSORIA DE COMUNICAÇÃO

Warley Aparecido Pereira (Jornalista)
Letícia de Barros Alves Peixoto (Jornalista)
Pedro Henrique Pereira dos Santos (Comunicador Organizacional)

ASSESSORIA JURÍDICA

Vilmar Medeiros Simões (Consultor Jurídico)

COLABORAÇÃO E AGRADECIMENTOS

Prof. Dr. Aderson Farias do Nascimento, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)
Prof. Dr. André Etienne Ferraz, Universidade Federal Fluminense (UFF)
Prof. Dr. André Ferrari, Universidade Federal Fluminense (UFF)
Prof. Dr. Emanuel Jardim de Sá, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)
Geólogo Guilherme Estrela, Ex-diretor de Exploração e Produção da Petrobras
Prof. Dr. Luiz Antônio Pierantoni Gamboa, Universidade Federal Fluminense (UFF)
Geólogo Ricardo Latgé Milwart de Azevedo, Conselho-Diretor do Clube de Eng. e Conselheiro do Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio de Janeiro (CREA-RJ)
Prof. Me. Abel Galindo Marques, Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
Profa. Dra. Regla Toujaguez La Rosa Massahud, Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
Prof. Me. Nagib Charone, Universidade Federal do Pará (UFPA)
Governo do Estado de Alagoas
Prefeitura de Maceió
Defesa Civil Nacional
Defesa Civil do Estado de Alagoas
Defesa Civil de Maceió
59º Batalhão de Infantaria Motorizada
Equatorial Energia Alagoas
United States Geological Survey (USGS)

APOIO CPRM

Coordenação de Eventos e Cerimonial (DIG)	Divisão de Cartografia (DICART)
Departamento de Gestão Territorial (DEGET)	Divisão de Informática (DIINFO)
Departamento de Hidrologia (DEHID)	Superintendência Regional de Belém (SUREG-BE)
Departamento de Administração de Material e Patrimônio (DEAMP)	Superintendência Regional de Belo Horizonte (SUREG-BH)
Departamento de Contabilidade, Orçamento e Finanças (DECOF)	Superintendência Regional de Goiânia (SUREG-GO)
Departamento de Informações Institucionais (DEINF)	Superintendência Regional de Manaus (SUREG-MA)
Divisão de Editoração Geral (DIEDIG)	Superintendência Regional de Recife (SUREG-RE)
Divisão de Gestão Territorial (DIGATE)	Superintendência Regional de Salvador (SUREG-SA)
Divisão de Geologia Aplicada (DIGEAP)	Superintendência Regional de São Paulo (SUREG-SP)
Divisão de Sensoriamento Remoto e Geofísica (DISEGE)	Residência de Fortaleza (REFO)
Divisão de Geologia Marinha (DIGEOM)	Residência de Porto Velho (REPO)
Divisão de Economia Mineral e Geologia Exploratória (DIEMGE)	Residência de Teresina (RETE)
Divisão de Geoprocessamento (DIGEOP)	Escritório do Rio de Janeiro
	Sede Administrativa Brasília/DF

APRESENTAÇÃO

Historicamente, o bairro Pinheiro, localizado no município de Maceió (AL), vem apresentando inúmeras fissuras, trincas, rachaduras e afundamentos em moradias e vias públicas. O fenômeno se intensificou com a forte chuva de verão de 15 fevereiro de 2018 e o evento sísmico de magnitude regional igual a 2,4 de 3 de março de 2018 ocorridos na região, que levaram inclusive à interdição de diversas moradias.

Em decorrência, foi solicitada a presença de técnicos do Serviço Geológico do Brasil - CPRM por meio dos ofícios nº 044/2018 – CEDEC-AL e nº 34/2018 – PJC/MPE/AL para auxiliar na investigação das causas do fenômeno responsável pelos danos gerados a alguns imóveis e vias públicas localizados no bairro Pinheiro, posteriormente identificados também nos bairros vizinhos do Mutange e Bebedouro, o que levou à extensão da investigação.

Os resultados obtidos até a presente data pelos diversos métodos investigativos utilizados pela CPRM no período de junho de 2018 a abril de 2019 estão organizados nos seguintes três volumes, com pormenores sobre a metodologia utilizada, de modo a responder a portaria MME nº 20 de 11 de janeiro de 2019, que se refere à designação do Serviço Geológico do Brasil para elucidar as causas do fenômeno.

➤ **Volume I – Estudos sobre a instabilidade do terreno nos bairros Pinheiro, Mutange e Bebedouro, Maceió (AL): relatório síntese dos resultados nº 1.**

Apresenta os principais resultados obtidos nas investigações de forma resumida e adequada ao público não especialista.

➤ **Volume II – Relatórios Técnicos**

Compreende os seguintes relatórios que embasaram o volume I, que poderão sofrer seja atualização, seja aprofundamento, com o avanço dos trabalhos ou aquisição de novas informações:

- A. Mapa de feições de instabilidade do terreno
- B. Levantamento interferométrico
- C. Levantamento cartográfico
- D. Aspecto geológico e estrutural
- E. Aspecto geomorfológico e do histórico de ocupação do bairro
- F. Caracterização geológico-geotécnica
- G. Geofísica – Radar de Penetração do Solo (GPR) em residências e em vias públicas
- H. Geofísica – Batimetria na lagoa Mundaú
- I. Geofísica – Eletrorresistividade

- J. Geofísica – Gravimetria
- K. Geofísica – Audiomagnetotelúrico (AMT)
- L. Geofísica – Sismologia
- M. Hidrogeologia
- N. Integração de dados geológicos e de extração de sal em ambiente 3D

➤ **Volume III – Sistema de Informações Geográficas**

Reúne as informações vetoriais e matriciais georreferenciadas (geoinformação) utilizadas ou geradas pelo presente estudo, organizadas no Sistema de Informação Geográfica (SIG), para uso em *softwares* de geoprocessamento. Os dados estão no formato *shapefile*, com projeção cartográfica Universal Transversa de Mercator (UTM) 25S, Datum SIRGAS2000.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	7
PROCESSAMENTO E INTERPRETAÇÃO	8
ANÁLISE GERAL DOS DADOS	8
ANÁLISE CINEMÁTICA: VELOCIDADE E ACELERAÇÃO	8
MOVIMENTAÇÃO DO TERRENO.....	10
CORRELAÇÃO COM AS FEIÇÕES DE EVIDÊNCIAS DO FENÔMENO.....	14
DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	15
CONCLUSÃO	16
APÊNDICE A.....	17
RELATÓRIO: ANÁLISE DE DEFORMAÇÃO DE TERRENO ATRAVÉS DA	
TÉCNICA PSP-IFSAR – TELESPAZIO	

INTRODUÇÃO

O presente relatório apresenta a análise dos resultados de interferometria adquiridos para o bairro Pinheiro e seu entorno (Fig. 1), no período de abril de 2016 a dezembro de 2018. O estudo adquirido teve como objetivo promover a análise de deformação de terreno através da técnica PSP-IFSAR.



Figura 1. Área de interesse delimitada pelo polígono vermelho.

A análise PSP-IFSAR dos dados SAR do COSMO-SkyMed foram adquiridos em geometria ascendente. O conjunto de dados usado no processamento PSP-IFSAR compreende 60 imagens SAR com resolução espacial de 3 m x 3 m. Os estudos foram realizados pela empresa TELESPAZIO, cuja informações sobre a técnica e resultados encontra-se disponibilizado no Relatório 01/2019 e banco de dados associado. (**APÊNDICE A - VOLUME II**)

Cerca de 1 milhão de pontos (*Persistent Scatterers* – PS) foram analisados ao longo dos anos de 2016, 2017 e 2018, com coerência (qualidade da informação) entre 0 e 1, indicando um alto nível de confiabilidade dos resultados. O banco de dados gerado fornece medidas referentes a posição do PS, velocidade média do PS no período analisado (coordenadas geográficas) em milímetros por ano (mm/ano) e evolução temporal do deslocamento do PS

(mm). Nos valores apresentados para a área de estudo, o SAR é praticamente insensível aos movimentos na direção Norte-Sul (N), enquanto é sensível aos movimentos na direção Leste-Oeste (E) e particularmente sensível aos movimentos verticais (direção H).

As informações detalhadas sobre a técnica de levantamento PSP IFSAR, descrição do conjunto de dados fornecidos, etapas de processamento e uma breve análise dos resultados encontram-se disponível no **APÊNDICE A - VOLUME II**

A seguir são apresentadas análises dos resultados produzidos pela Telespazio visando compreender a dinâmica de deformação do terreno e subsidiar tomadas de decisões quanto à variação de deformação do terreno.

PROCESSAMENTO E INTERPRETAÇÃO

Através do *software* ArcGIS, QGIS, EXCEL e Oasis Montaj (Geosoft), foi realizada análise quantitativa e qualitativa dos dados de interferometria e sua comparação com os resultados obtidos nos demais estudos.

ANÁLISE GERAL DOS DADOS

Primeiramente os dados da interferometria foram analisados de forma global, a partir da evolução do processo do ponto de vista da movimentação do terreno, ao longo do período entre 2016 e 2018. Importante ressaltar que a escala de cores aplicada nas imagens não tem relação com escalas de cores de outros produtos, tais como mapa de feições da CPRM ou de Risco da Defesa Civil, e tem como única finalidade a representação espacial dos valores aqui discutidos.

ANÁLISE CINEMÁTICA: VELOCIDADE E ACELERAÇÃO

A presente análise tem por objetivo avaliar a tendência de movimentação durante o período contratado. Para isso foram considerados apenas os pontos com coerência maior ou igual a 72%, que é a coerência média dos pontos.

A velocidade média (v_m) é a razão entre a variação de altura (Δh) e o tempo decorrido a partir do início do estudo:

$$v_m = \frac{\Delta h}{\Delta T}$$

A aceleração média (a_m), por sua vez, é obtida a partir da razão entre a variação da velocidade média e o intervalo entre as aquisições:

$$a_m = \frac{\Delta v_m}{\Delta t}$$

A tabela 1 lista as datas de aquisição dos dados usados na presente análise, para intervalos aproximadamente semestrais dos dados fornecidos pela TELESPAZIO. O resultado é mostrado na figura 2.

Tabela 1. Valores utilizados para cálculo da velocidade e aceleração média no período 2016 a 2018.

Data Aquisição	Tempo decorrido ΔT (em anos)	Intervalo entre aquisições Δt (em anos)
05/04/2016	0.0000	0.0000
01/12/2016	0.6667	0.6667
07/06/2017	1.1889	0.5222
16/12/2017	1.7222	0.5333
14/06/2018	2.2222	0.5000
07/12/2018	2.7111	0.4889

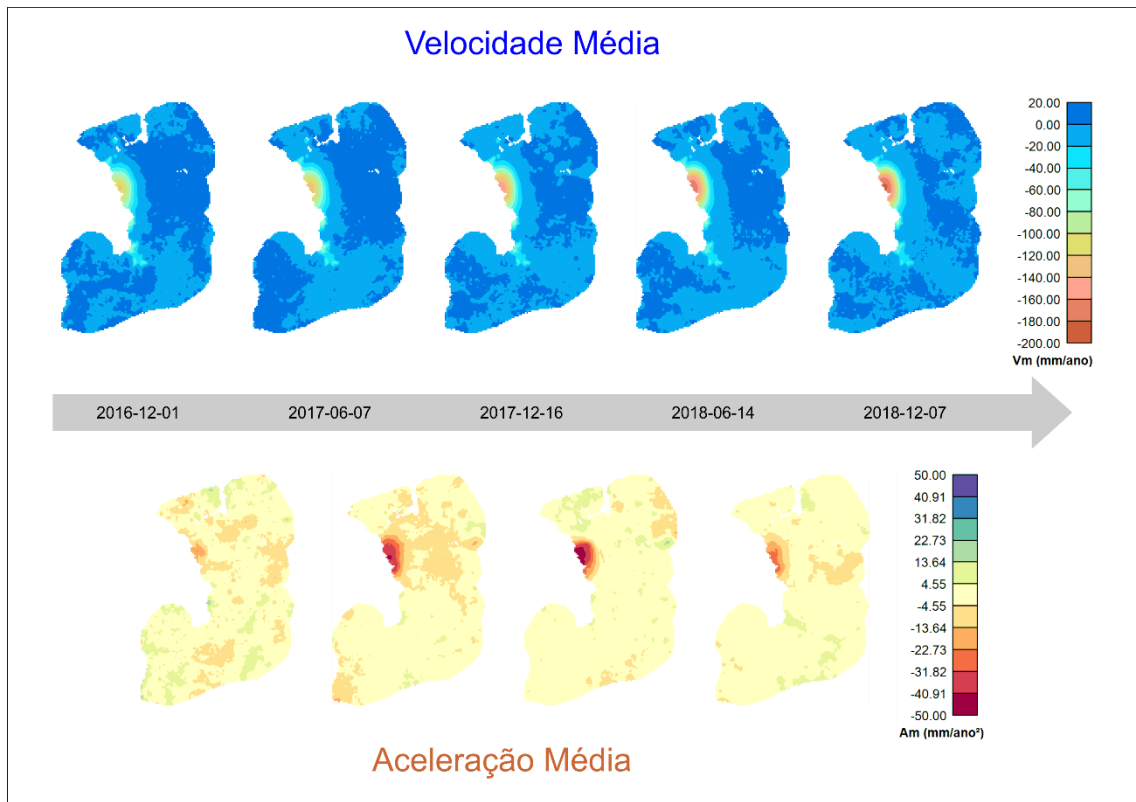


Figura 2. Evolução de velocidade (acima) e aceleração (abaixo) com intervalo semestral (aproximadamente).

A velocidade retrata um movimento de subsidência em uma região de formato aproximadamente semicircular às margens da lagoa Mundaú. Esse formato pode estar truncado pela falta de dados sobre a lagoa, uma vez que o levantamento de interferometria não coleta dados na superfície da água. Logo, a porção não amostrada pode estar sofrendo subsidência em região relativamente simétrica àquela identificada, como mostra a figura 3.

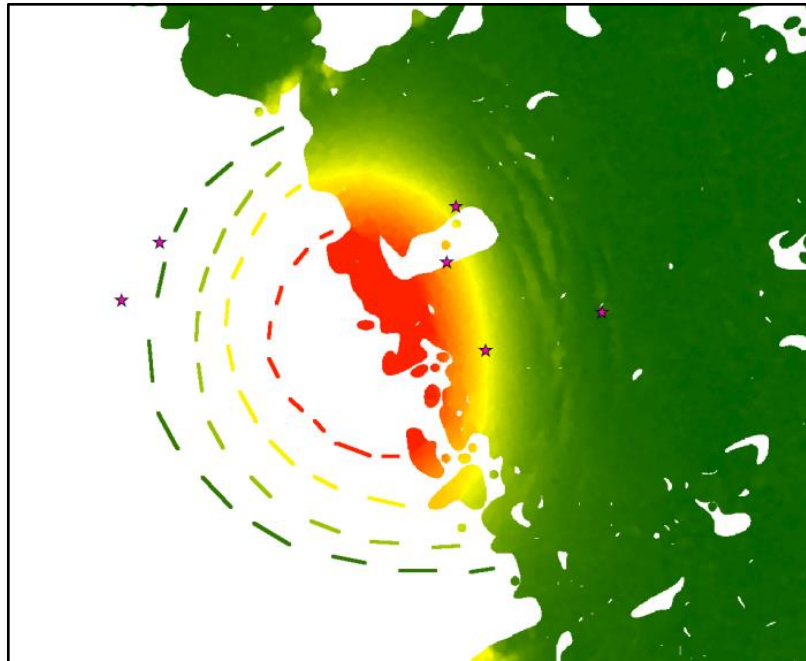


Figura 3. Projeção do comportamento esperado para a área não amostrada sob a lagoa do Mundaú.

A análise da aceleração média mostra que, entre meados de 2017 e meados de 2018, a região esteve submetida a um maior desequilíbrio das forças de sustentação do subsolo, tendo atingido a intensidade máxima no primeiro semestre de 2018. No segundo semestre de 2018, houve uma diminuição da aceleração do movimento de subsidência, que permaneceu até o final do período de amostragem, ou seja, a velocidade média de subsidência continuou aumentando, mas com taxas menores.

MOVIMENTAÇÃO DO TERRENO

Como mencionado, a interferometria mostrou subsidência maior em área na margem leste da lagoa de Mundaú e, a partir daí o espalhamento radial do fenômeno com intensidades decrescentes conforme aumenta a distância à área na margem da lagoa.

As áreas com subsidência podem ser divididas em três zonas principais: A (bairro Bebedouro), B (bairro Levada e Bom Parto) e C (bairro Pinheiro, Mutange e Bebedouro). Essas zonas foram eleitas com base na distribuição espacial dos valores e sua persistência temporal, para validação no campo. As demais áreas da

cidade não apresentam padrões condizentes, até o momento, com o objeto do estudo e por isso não são abordadas em detalhe (Fig. 4).



Figura 4. Tela do mapa de velocidades médias dos PSs da análise PSP-IFSAR dos dados COSMO-SkyMed.

As zonas A e B abrangem cerca de 0,05 e 0,30 quilômetros quadrados (km²) com afundamentos médios de 1 e 4 cm/ano, respectivamente. Elas estão associadas às áreas onde originalmente existiam manguezais, posteriormente aterrados, conforme mostram cartas topográficas da década de 60, imagens de satélite e levantamento de campo. Ressalta-se ainda que ao avaliar a movimentação dos terrenos desde 2016 até 2018 (período de obtenção dos dados) não se vê variação expressiva de velocidade nestas duas áreas que sugira um afundamento expressivo (Fig. 5).

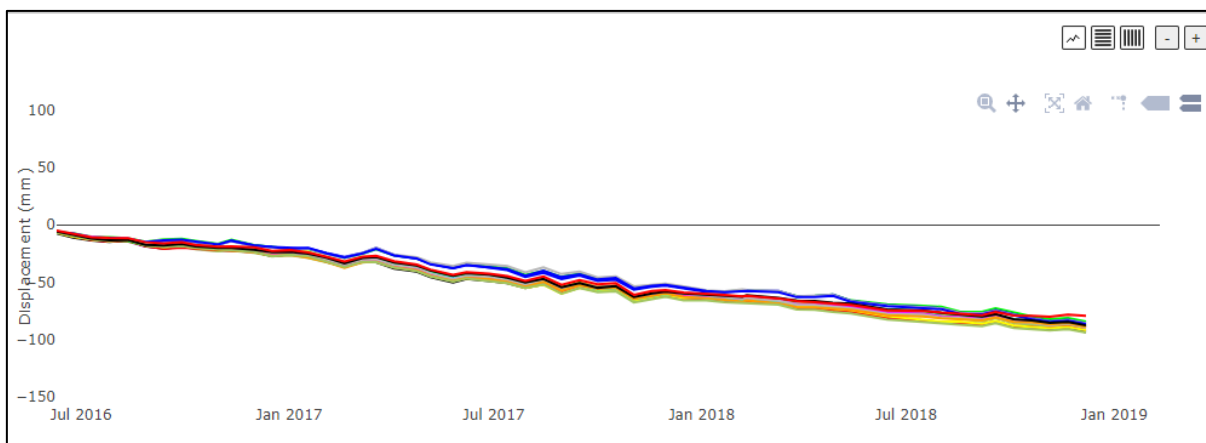


Figura 5: Tela do programa visualizador de dados AWARE exemplificando o comportamento homogêneo de subsidência encontrado nas zonas A e B (proximidades do cruzamento da avenida Senador Rui Palmeira com a travessa Nova Vida, Levada).

Já a zona C abrange uma área de aproximadamente 2 km², onde se registram subsidência de diversas magnitudes, afundamentos com taxas irregulares (Fig. 6), que se dissipam de forma concêntrica a partir de núcleo central na avenida Major Cícero de Góes Monteiro, no bairro do Bebedouro (proximidades do Casarão Colonial e a Planta química da Braskem), em direção à avenida Fernandes Lima. Com isso, observa-se que as deformações presentes não estão subordinadas a um compartimento geológico, geomorfológico ou geotécnico como as zonas A e B.

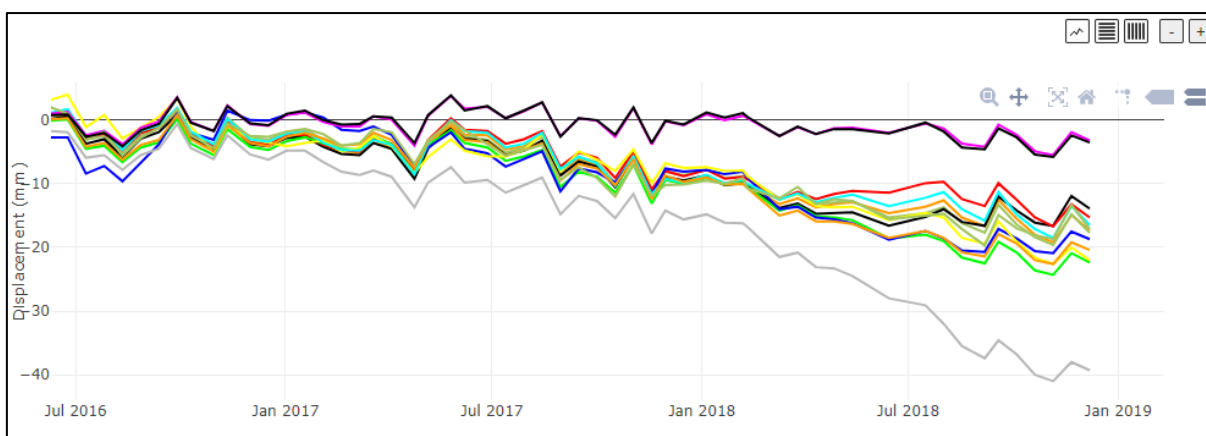


Figura 6. Tela do programa visualizador de dados AWARE exemplificando o comportamento irregular de subsidência encontrados na zona C (cruzamento rua Augusto Calheiros com rua Cônego Cavalcante de Oliveira, Pinheiro).

A subsidência que afeta a área C foi registrada durante todo o período de monitoramento pela interferometria. A figura 7 apresenta também dois perfis analisados ao longo do período de aquisição. O primeiro perfil, mostrado na figura 8, é da Rua Luiz Rizzo, rua que corta a região de maior subsidência. O segundo perfil, apresentado na figura 9, é da Rua Mario Marroquim, onde uma das propriedades mais afetadas (nº 491) está localizada.

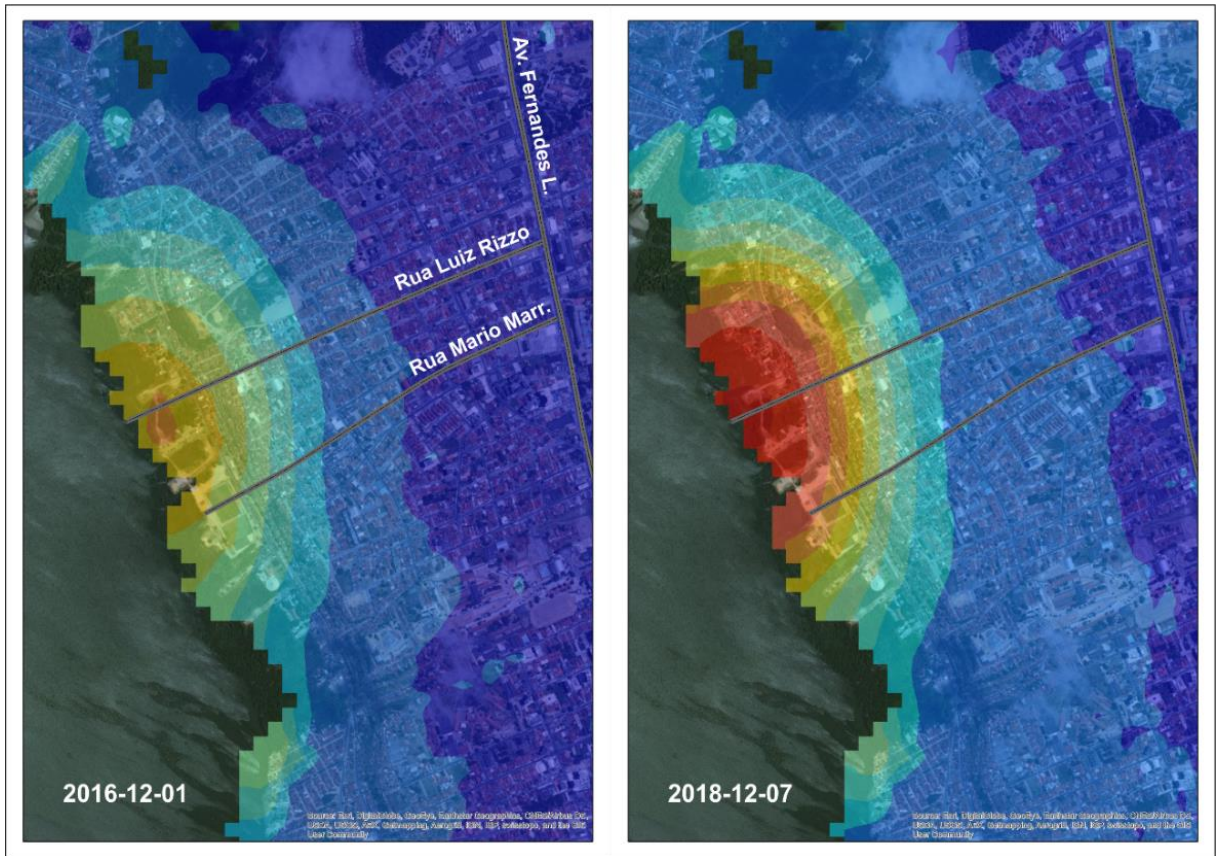


Figura 7. Velocidade média (transparência 50%) sobreposta à imagem de satélite em dois momentos (2016 e 2018). Nota: Legenda de cores na figura 2.

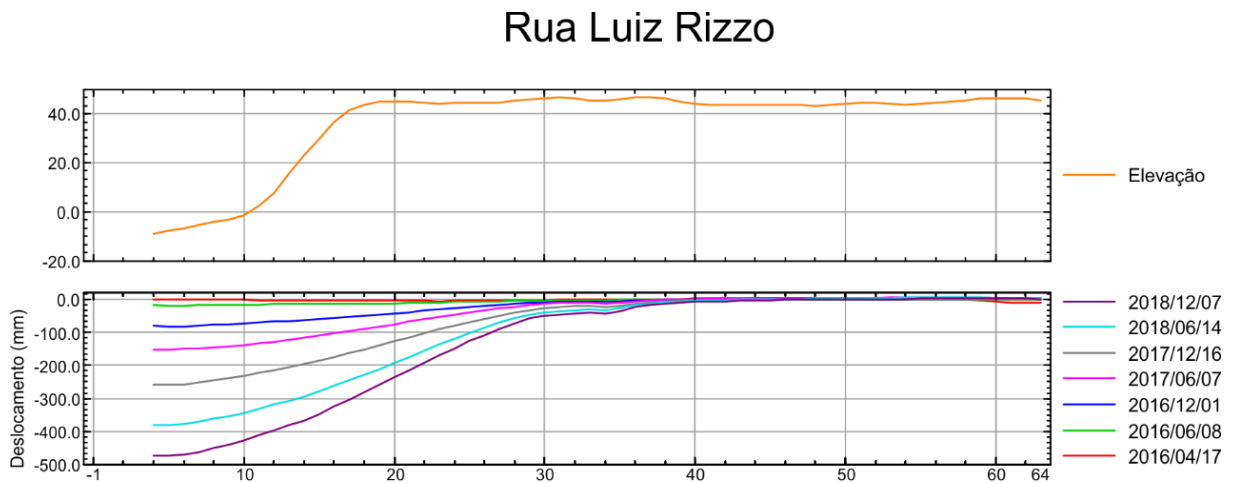


Figura 8. Perfil de elevação e variação da elevação da Rua Luiz Rizzo.

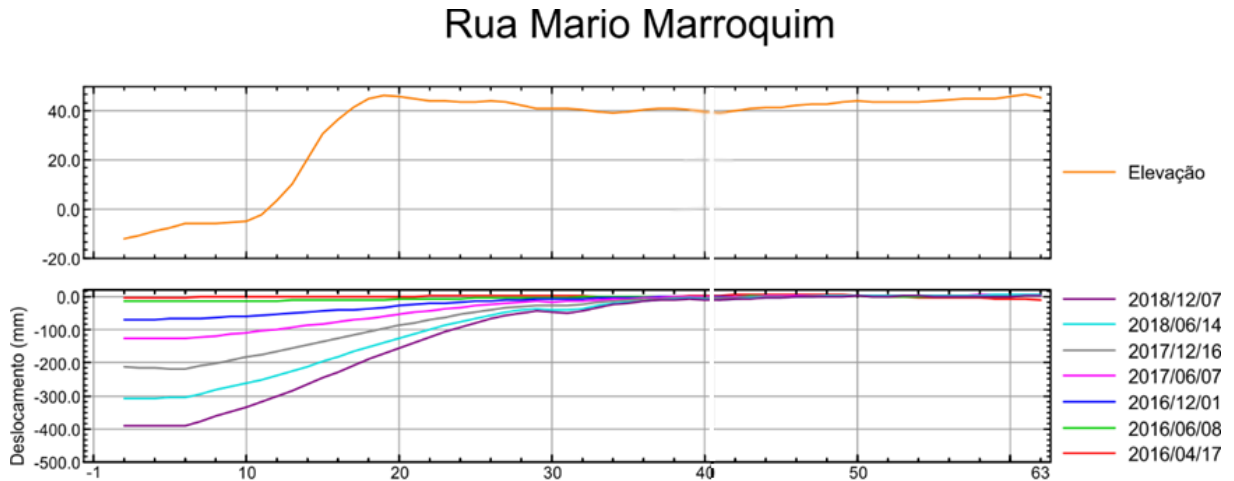


Figura 9. Perfil de elevação e variação da elevação da Rua Mario Marroquim.

CORRELAÇÃO COM AS FEIÇÕES DE EVIDÊNCIAS DO FENÔMENO

Quando comparados os dados da interferometria às feições encontradas no terreno, observa-se que as rachaduras, trincas, afundamentos e demais feições encontradas nas ruas e residências dos bairros Pinheiro, Bebedouro e Mutange corroboram a subsidência observada no mapa interferométrico e indicam deformação concêntrica, conforme se observa nas feições de instabilidade.

No núcleo central da zona C, coincidente com a área de localização dos poços de extração de sal, foram observados afundamentos expressivos, como é o caso do hospital psiquiátrico Miguel Couto, localizado no bairro do Bebedouro, cujo terreno foi parcialmente invadido pela água da lagoa e agora apresenta uma lâmina d'água de mais de 20 cm. Este e outros edifícios próximos, bem como residências localizadas na quebra de relevo (encosta da borda do platô) apresentam trincas e rachaduras que indicam subsidência diferencial do terreno, tanto nas paredes quanto em pisos.

É notável que a área mais afetada por rachaduras e outros danos a estruturas, está localizada na região leste do bairro Pinheiro conforme o Mapa de Feições, marcando uma zona transicional entre a região de maior subsidência e a região estável.

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O afundamento rápido verificado na zona C se propaga ao longo das camadas geológicas de forma radial, diminuindo à medida que se afasta do núcleo até se reduzir significativamente e indicar uma região de estabilidade.

A análise global dos dados interferométricos sugere um desequilíbrio das forças responsáveis pela estabilidade geomecânica da região, que pode ser explicado pelos efeitos da atividade de extração de sal. Os efeitos (rachaduras, fissuras, erosão acelerada, etc.) não se localizam nas regiões com maior subsidência, mas na região limite entre as áreas de maior subsidência e as estáveis. Tal fato pode ser explicado por um efeito de tração, já que uma parte desce e a outra não (Fig. 10). Esse efeito de tração pode ter como origem a abertura de cavidades em sub superfície (Fig. 11).

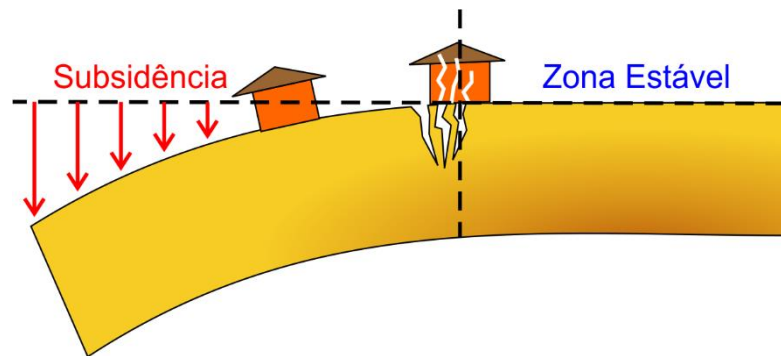


Figura 10. Esquema ilustrativo do processo de subsidência e danos causados na superfície do terreno.

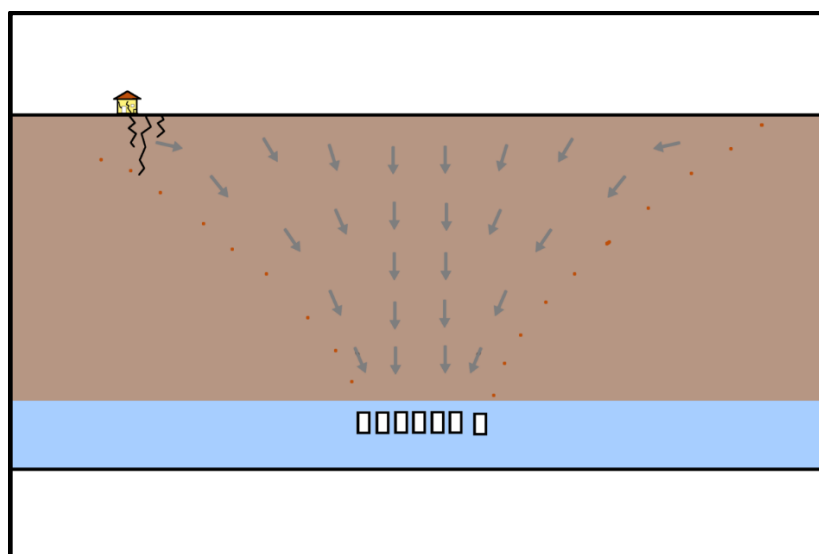


Figura 11. Esquema ilustrativo da distribuição de tensões que pode explicar o conjunto de dados (retângulos brancos correspondem a simulação de cavidades a cerca de 900 m de profundidade).

CONCLUSÃO

A interferometria foi capaz de identificar com precisão milimétrica as deformações do terreno. Apesar de não determinar diretamente a causa da instabilidade da região, ela foi capaz de delimitar novas áreas instáveis que inicialmente não haviam sido consideradas.

A deformação mais significativa atingiu as seguintes áreas, com características distintas: zona A (parte do bairro Bebedouro), B (parte do bairro Levada e Bom Parto) e C (bairro Pinheiro, Mutange e Bebedouro).

É importante construir cenários de tendências de deformação do terreno, para projetar o desenvolvimento futuro do processo.

Das hipóteses estabelecidas para a origem da instabilidade na região, os resultados da interferometria e sua comparação com os resultados parciais dos demais estudos permitem afirmar:

- **Características geotécnicas dos solos da região e forma de ocupação do bairro:** A ocupação em áreas de manguezais são causas prováveis da subsidência nas áreas A e B;
- **Estruturas/feições tectônicas ativas na região (falhas e descontinuidades, por exemplo):** A deformação observada na interferometria possui características distintas daquelas esperadas para movimentos de origem tectônica, visto que não ocorreu por blocos, mas pervasiva às unidades geológicas e com formato curvo/côncavo;
- **Presença de vazios (cavidades, cavernas) no solo e subsolo da região, decorrente de causas naturais ou de ações antrópicas:** o padrão concêntrico na área C é compatível com o esperado de uma deformação com origem nas cavidades de extração de sal e, portanto, corrobora esta hipótese.

APÊNDICE A

RELATÓRIO: ANÁLISE DE DEFORMAÇÃO DE TERRENO ATRAVÉS DA TÉCNICA PSP-IFSAR – TELESPAZIO



ANÁLISE DE DEFORMAÇÃO DE TERRENO ATRAVÉS DA TÉCNICA PSP-IFSAR

RELATÓRIO 01/2019:

ANÁLISE DE REFERÊNCIA
Abril 2016 - Dezembro 2018

CPRM

Fevereiro/2019

TELESPAZIO BRASIL S.A.

Telespazio Brasil S.A.
Sede:
Av. Rio Branco, 01 - 1808 - Centro - Rio de Janeiro
CEP.: 20090-003 - Brasil
Tel. +55 21 21413100 - Fax. +55 21 21413170
marketing@telespazio.net.br
www.telespazio.net.br

Telespazio Brasil S.A.
Filial:
Alameda Santos, 234 - 101/106 - São Paulo
CEP.: 01418-000 - Brasil
Tel. +55 11 38784400 - Fax. +55 11 38784415
marketing@telespazio.net.br
www.telespazio.net.br