

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

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

**Volume II**  
RELATÓRIOS TÉCNICOS  
F. Caracterização Geológico-Geotécnica

Rio de Janeiro, maio de 2019



**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 F. Caracterização Geológico-Geotécnica

### Autoria

#### Aspectos Geológico-Geotécnicos

Heródoto Goes

Julio Lana

#### Investigações Geotécnicas

Júlio Cesar Lana

Ítalo Prata de Menezes

#### Análises

Tecnosenge (Realização das sondagens e análises LL e LP)

LAMIN-CPRM Manaus (Análises Granulométricas e DRX)

Raisa Costa (Análises LL e LP)

#### Colaboração

Elton Rodrigo Andretta

José Antônio da Silva

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
ASPECTOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS .....	11
COMPORTAMENTO DOS MATERIAIS EM SUPERFÍCIE E SUBSUPERFÍCIE .....	11
INVESTIGAÇÕES GEOTÉCNICAS .....	16
SONDAGEM PERCUSSIVA .....	16
AMOSTRAGEM.....	16
CARACTERIZAÇÃO MINERAL POR DIFRATOMETRIA DE RAIOS-X.....	17
CARACTERIZAÇÃO GRANULOMÉTRICA .....	17
DETERMINAÇÃO DOS LIMITES DE ATTERBERG .....	18
RESULTADOS.....	19
SONDAGEM PERCUSSIVA .....	19
CARACTERIZAÇÃO GRANULOMÉTRICA .....	23
DETERMINAÇÃO DOS LIMITES DE ATTERBERG .....	24
CARACTERIZAÇÃO MINERAL POR DIFRATOMETRIA DE RAIOS-X.....	27
CONCLUSÕES .....	28
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	29

## INTRODUÇÃO

A caracterização geológico-geotécnica de solos e rochas dos bairros do Pinheiro, Mutange e Bebedouro teve como objetivo auxiliar no entendimento do processo geológico atuante e elucidar as causas dos danos que estão ocorrendo nos bairros supracitados. Os trabalhos de campo executados em 2018 e 2019 no município de Maceió, Alagoas, inicialmente se desenvolveram no Bairro Pinheiro. Posteriormente foram percorridos os Bairros do Bebedouro e trechos limitados do Bairro do Mutange. Nesses locais foram identificadas e cadastradas feições de deformação superficiais tais como fissuras, trincas, rachaduras e abatimentos localizados, observados em pavimentos de ruas, passeios públicos, pisos de edificações, paredes e muros.

O Bairro do Pinheiro ocupa a superfície aplainada do topo do tabuleiro, em maior cota que os dois outros citados (Fig. 1). O Mutange localiza-se em parte da borda do tabuleiro, na superfície de alta declividade da falésia que se estende paralelamente à margem da lagoa e também em parte da planície peri-lagunar situada entre o pé da escarpa e a lagoa (Fig. 2). O Bebedouro assenta-se na região declivosa situada a noroeste do Pinheiro e do Mutange, entre o tabuleiro e a planície peri-lagunar, mas também abrange uma parte da própria planície ao redor da lagoa do Mundaú (Fig. 1).



**Figura 1.** Vista parcial mostrando o bairro do Pinheiro no topo do tabuleiro e parte do bairro do Bebedouro na vertente e margem da lagoa.



**Figura 2.** Trecho do bairro Mutange na área de alta declividade da falésia e também na área plana do entorno da lagoa.

Constata-se que o bairro do Pinheiro apresenta-se bem urbanizado, com ruas e avenidas pavimentadas, casas de bom padrão construtivo e processo de verticalização em curso (Fig. 3). Dessa forma já são raros os locais onde é possível o reconhecimento de afloramentos rochosos ou solo exposto.

O bairro do Bebedouro apresenta menor padrão de urbanização, tanto em densidade de ocupação quanto em relação ao padrão construtivo (Fig. 4). O Mutange é predominantemente caracterizado por ocupações informais e desordenadas e há dificuldade de acesso em função da alta declividade e restrições impostas por conflitos sociais.



**Figura 3.** Bairro do Pinheiro. Notar relevo plano e o grau avançado de urbanização.



**Figura 4.** Trecho do bairro Bebedouro mostrando menor padrão da urbanização, relevo passando de declivoso a relativamente plano nas proximidades da lagoa.

Os três bairros estão assentados sobre os sedimentos argilo-silto-arenosos do Grupo Barreiras e nos poucos locais onde há afloramentos, na face das falésias e nos raros cortes executados para ocupação, fica evidente a presença desses sedimentos. Observam-se, ainda, três tipos básicos de solos que podem ser diferenciados principalmente pela cor e pelo conteúdo de matéria orgânica associada. Na maior parte do tabuleiro, trechos das falésias e áreas do Bairro Bebedouro observa-se um solo castanho amarelado capeando os sedimentos Barreiras, que de acordo com Ker (1998) e Parahyba *et al.* (2008) pode se tratar de Latossolo amarelo (Fig. 5). Há ainda trechos com solo mais acinzentado, notadamente em áreas suscetíveis a alagamento encontradas nos embaciamentos endorreicos do tabuleiro onde se encontra o Bairro Pinheiro (Fig. 6). Esses solos podem se tratar de Latossolos acinzentados, como citado em Ker (1998) ou mesmo Gleissolos (Parahyba *et al.* 2008) (Figs. 7 e 8). Ainda segundo esse autor há ocorrência de Argissolos na área plana do entorno da lagoa do Mundaú, onde se desenvolvem manguezais. Cabe ser ressaltado que parte do bairro do Mutange e do Bebedouro foram implantados em locais antes ocupados por esses manguezais e foram assentados em áreas aterradas sobre esses Argissolos.



**Figura 5.** Talude de corte em área colinosa situada entre o Pinheiro e o Bebedouro, mostrando trecho pedogeneizado dos sedimentos Barreiras. Notar o solo amarelado no topo do corte.



**Figura 6.** Terreno baldio nos fundos do edifício Barcelos onde se observa solo acinzentado.



**Figura 7.** Solo acinzentado em trecho de fossa colapsada ao lado da Igreja do Menino Jesus de Praga, Pinheiro.



**Figura 8.** Sumidouro colapsado ao lado do Condomínio Jardim das Acácias, Pinheiro, mostrando solo cinza a cinza escuro (Fonte: Alagoas 24 horas).

Após os eventos catastróficos que afetaram a região serrana do estado do Rio de Janeiro, em janeiro de 2011, a CPRM/SGB passou a integrar o Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta aos Desastres Naturais (PNGRRDN), juntamente com o Centro Nacional de Desastres (CENAD), Centro de Monitoramento e Alerta de desastres Naturais (CEMADEN), Ministério das Cidades, e outros órgãos do Governo Federal. No Plano Plurianual (PPA) 2012-2015 a CPRM recebeu a missão de realizar o mapeamento de riscos geológicos (deslizamentos e inundações) em 821 municípios prioritários. O Serviço Geológico do Brasil deu continuidade aos trabalhos de mapeamento de riscos, no PPA 2016-2019.

Nesse contexto o município de Maceió foi setorizado quanto aos riscos geológicos pelo Serviço Geológico do Brasil em 2017 e nesse trabalho foram identificados 26 setores de risco. A área do Mutange, nesse mapeamento, foi classificada como de risco Alto para processos de deslizamentos e erosão, afetando aproximadamente 1800 pessoas em 450 moradias. Deste modo, a região do Mutange, assim como os demais 25 setores de riscos identificados em Maceió, deve receber a atenção devida relacionada com ações de prevenção e proteção dos moradores em função da possível ocorrência de chuvas intensas ou prolongadas, cujas precipitações acumuladas de 80 milímetros em três dias, são estatisticamente, relacionadas como desencadeadoras de processos de deslizamentos e erosões.

No âmbito da “Ação Emergencial no Bairro Pinheiro - Maceió - AL” foram realizados estudos geotécnicos com a finalidade de caracterizar, de maneira geral, o terreno que constitui o Bairro Pinheiro até profundidade máxima de 20 metros.

Tais estudos empregaram ensaios de penetração realizados em campo, por meio de sondagens percussivas, e análises laboratoriais para caracterização granulométrica, mineralógica e determinação dos Limites de Atterberg em 16 amostras coletadas durante as perfurações.

A campanha de sondagens foi realizada entre os dias 21 e 29 de janeiro de 2019, em oito áreas selecionadas no Bairro Pinheiro, Maceió/AL.

## ASPECTOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS

### COMPORTAMENTO DOS MATERIAIS EM SUPERFÍCIE E SUBSUPERFÍCIE

As principais características desses solos/rochas em subsuperfície podem ser observadas e melhor compreendidas através de sondagens SPT executadas para a construção de edificações. Algumas dessas sondagens foram fornecidas por terceiros ao SGB-CPRM e permitiram o entendimento básico sobre as características geotécnicas do solo superficial e do subsolo na região. Dos grupos de sondagens que foram fornecidos ao SGB-CPRM, dois estão sumariamente descritos a seguir, uma com quatro furos relacionados ao Edifício Barcelos e outra com nove furos relacionados ao Conjunto Jardim Acácia.

No Edifício Barcelos, os quatro SPTs apresentam variações parecidas, com valores próximos a 30 golpes em superfície e redução até aproximadamente 5, de 1 metro até mais ou menos 6 metros de profundidade. Daí os valores aumentam e ultrapassam 25 a partir dos 12m de profundidade (Fig. 9). Cabe ressaltar que o nível freático não foi encontrado em nenhuma das sondagens (Rocha Júnior 2002).

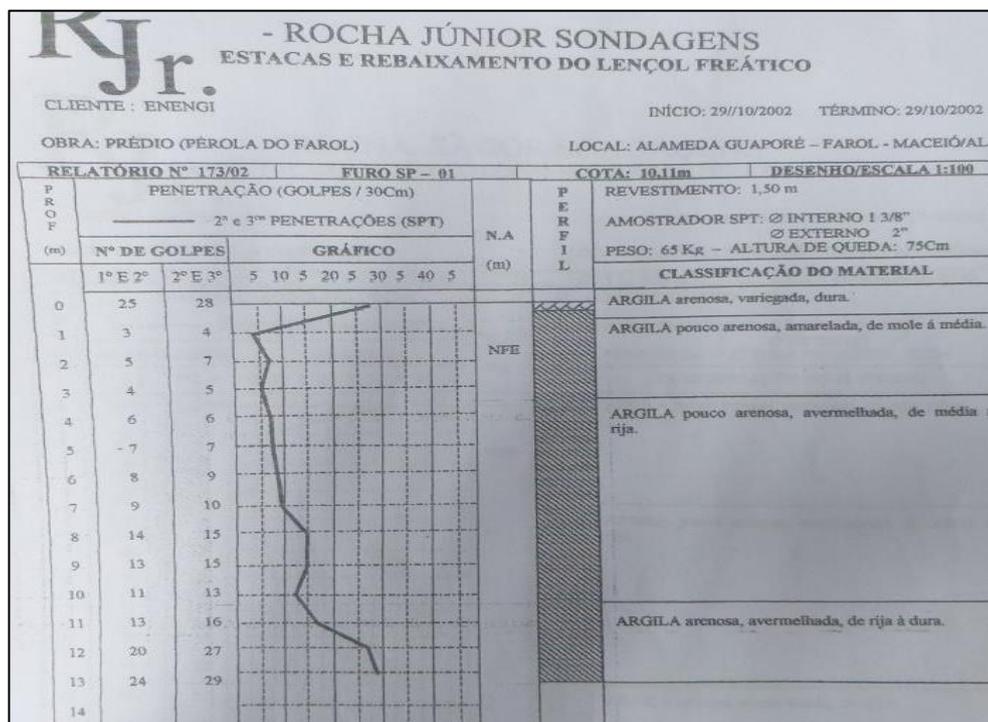


Figura 9. Gráfico SPT do furo SP-01 no atual Ed. Barcelos (Fonte: Relatório Técnico de Sondagem - Rocha Júnior)

O Edifício Barcelos foi construído com fundações a 18 metros de profundidade, segundo informação verbal dada por vários moradores, portanto, apoiado em camada com SPT acima de 30/35 ou mesmo no impenetrável. No entanto, observam-se trincas e rachaduras no piso da garagem, paredes e pilares, com aberturas significativas e grande persistência. Há uma junta de dilatação com abertura significativa, anômala, visível na garagem do edifício. Além disso, já há fissuras e pequenas trincas em paredes de alguns apartamentos.

Nove SPTs foram executados no Conjunto Jardim Acácia, principalmente em função de trincas surgidas, tanto nas edificações, quanto no solo ao redor. Um desses furos apresentou valores anômalos, pois foi localizado em um sumidouro desativado e aterrado segundo o relatório apresentado (AGM 2010). As demais sondagens foram resumidamente descritas como solos constituídos de argilas siltosas, com pouca areia, de consistência crescente com a profundidade, variando de muito mole a dura (AGM 2010). A interpretação desse resultado acabou por recomendar o estaqueamento dos edifícios Palmas e Araçá. Cabe ressaltar que, segundo moradores, foram usadas 123 estacas, de até 11 metros, como reforço das fundações do Edifício Araçá, no entanto, essa solução geotécnica não evitou a continuidade do processo de trincamento da edificação.

As características do subsolo nesse local poderiam sugerir a existência de argilas expansíveis ou mesmo adensamento diferenciado de material argiloso no subsolo, no entanto, as providências geotécnicas efetuadas seriam suficientes para resolver esse problema, o que não ocorreu. Além disso, edificações com fundações profundas, como do Edifício Barcelos deveriam evitar esse tipo de consequência. De toda forma, a caracterização dos solos realizada nas oito sondagens de SPT contratadas pelo SGB-CPRM e que é descrita no final desse capítulo refuta causas geotécnicas mais superficiais para o evento e que poderiam envolver solos expansíveis ou solos colapsíveis. Isto posto, fica claro que a causa da movimentação do terreno é mais profunda e não se relaciona a características geotécnicas do substrato mais superficial.

Outro fato marcante, notadamente no platô do bairro Pinheiro, é a existência de embaciamentos endorreicos que geravam alagamentos de grande duração durante períodos chuvosos, isto segundo informação verbal dos moradores do bairro. Essas áreas foram parcialmente aterradas e depois edificadas, além disso, foi construído um sistema de drenagem subterrânea que gerou exutórios artificiais para conduzir as águas pluviais para fora do bairro através da encosta do bairro Mutange e em direção ao Córrego do Reginaldo. Esse sistema de drenagem deve estar muito danificado pelas trincas e rachaduras que ocorrem no bairro e parcialmente obliterado, pois os alagamentos voltaram a ocorrer, notadamente no entorno dos condomínios Jardim Acácia e Divaldo Suruagy.

O desenvolvimento dos trabalhos de campo permitiu identificar três direções principais de fraturamento superficial nos bairros mapeados, NW-SE, N-S e NE-SW. As direções NW-SE são mais abrangentes e persistentes, enquanto as NE-SW são menos expressivas, no entanto muito importantes no entorno da lagoa.

A direção N-S apresenta uma singularidade marcante, é nessa direção que se observam as trincas com maior evolução erosiva, fato que pode ser constatado por observação direta nos locais afetados e nos materiais divulgados pela imprensa, tanto durante o evento de 2010, quanto por ocasião das chuvas mais intensas de 2018 e 2019. Em 2010 foi aberta uma fenda de direção N-S no entorno do Conjunto Jardim Acácia, com cerca de 80 metros de comprimento, mais de 10 cm de largura em alguns pontos de profundidade de cerca de 10 metros, profundidade observada nas paredes de um sumidouro que colapsou e que estava conectado a essa fratura (Figs. 10 e 11). Foi por essa fenda que fluuiu rapidamente a maior parte dos 70 cm de alagamento observado naquele evento chuvoso (AGM 2010).



**Figura 10.** Local aproximado da abertura da fenda em 2010 (Imagem: Google Earth)



**Figura 11.** Trinca e sumidouro colapsado em 2010 (Fonte: Alagoas 24 horas)

As rachaduras observadas no entorno do Condomínio Divaldo Suruagy, a partir de 2018, também se caracterizam pela direção N-S e pelo grande desenvolvimento erosivo, como pode ser observado nas figuras 12, 13 e 14 dadas a seguir.



**Figura 12.** Grande desenvolvimento erosivo de trinca N-S no entorno do condomínio Divaldo Suruagy.



**Figura 13.** Detalhe das feições erosivas da imagem anterior.



**Figura 14.** Posição aproximada das rachaduras com forte evolução por ação pluvial (Imagem: Google Earth).

Cabe ressaltar que a evolução erosiva dessas trincas também pode ser relacionada ao fato de estarem nos pontos de menor cota nos embaciamentos do bairro. Os fluxos pluviais se concentram em grande volume nesses dois locais, penetram nas trincas e rachaduras e agem produzindo erosão tipo “*pipping*”, esculpindo cavidades e condutos por baixo de pisos, passeios e da pavimentação asfáltica. Outro fato marcante é a conexão das linhas de fraturas com as centenas ou mesmo milhares de fossas e sumidouros (Fig. 15). É notório que as

trincas conectam o sistema de drenagem, fossas, sumidouros e até cisternas de abastecimento de água, como já foi observado no Edifício Belo Horizonte, no Condomínio Barcelona (colapso do sumidouro) e no Condomínio São Francisco (cisterna desativada por contaminação por esgotos). Tanto a rachadura do entorno do Condomínio Divaldo Suruagy quanto à do Conjunto Jardim Acácia conectaram-se a sumidouros e fossas, com colapso parcial dos mesmos.



**Figura 15.** Trinca conectada a sumidouro (Fonte: Defesa Civil de Maceió)

## **INVESTIGAÇÕES GEOTÉCNICAS**

### **SONDAGEM PERCUSSIVA**

As perfurações foram iniciadas com emprego de trado até o primeiro metro, seguindo-se a instalação de tubo de revestimento dotado de sapata cortante. O avanço da perfuração se dá por meio do próprio trado, quando viável, ou pela circulação de água, empregando-se o trépano padronizado para esta finalidade.

A composição de perfuração é constituída por tubos de aço com diâmetro nominal interno de 25mm e massa teórica de 3,23kg/m. O amostrador padrão, com corpo bipartido, tem diâmetro externo de 50,8mm e interno de 34,9mm. O martelo para cravação consiste de uma massa de ferro de 65kg, de forma cilíndrica, dotado de um coxim de madeira na parte inferior.

Os ensaios de resistência à penetração dinâmica foram realizados conforme procedimento recomendado pela norma NBR 6484/2001, mediante a cravação do amostrador padrão tipo Raymond. Posicionado o amostrador no fundo do furo e estacionado o martelo no topo das hastes de perfuração, é cravado um total de 0,45m dividido em três segmentos iguais de 0,15m. Para efetuar a penetração do amostrador, o martelo é erguido até a altura de 0,75m, de onde é solto em quedas livres e sucessivas. O valor da resistência à penetração consistirá no número de golpes necessários à cravação dos 30 cm finais do barrilete-amostrador. A cravação do barrilete será interrompida quando se obtiver penetração inferior a 5 cm após dez golpes consecutivos, não se computando os cinco primeiros golpes do teste, ou quando o número de golpes ultrapassar 50 num mesmo ensaio. Nestas condições, o material será considerado impenetrável ao SPT, devendo ser anotados o número de golpes e a penetração respectiva.

Caso a sondagem intercepte o nível do lençol freático, é feita a medida da profundidade por meio de medidor eletrônico de nível d'água e os resultados dessas determinações são apresentados nos perfis de sondagem.

### **AMOSTRAGEM**

As amostras foram coletadas a cada metro de profundidade, a partir da sondagem percussiva e acondicionadas em recipientes apropriados, devidamente identificados.

Todas as amostras coletadas passaram por um processo de caracterização tátil-visual, com objetivo de identificar aspectos mineralógicos e texturais utilizados posteriormente como

critério para a definição das diferentes camadas que constituem o terreno em profundidade, bem como para a seleção das amostras a serem encaminhadas para análises laboratoriais.

## **CARACTERIZAÇÃO MINERAL POR DIFRATOMETRIA DE RAIOS-X**

As análises foram realizadas em Difratorômetro de raios-x modelo X'PERT PRO MPD (PW 3040/60), marca PANalytical, com Goniômetro PW3050/60 (Theta/Theta) e com tubo de raios-x cerâmico de anodo de Cu ( $K\alpha_1$  1,5406 Å), modelo PW3373/00, foco fino longo, 2200W, 60kv. O detector utilizado é do tipo RTMS, Pixel/1D.

A aquisição de dados foi feita com o software X'Pert Data Collector, versão 2.1a, e o tratamento dos dados com o software X'Pert HighScore versão 3.0d, também da PANalytical.

Foram utilizadas as seguintes condições de análise: *Voltage* (kV): 40; *Current* (mA): 40; *Scan range* ( $^\circ$  2 $\theta$ ): 5-70; *Step size* ( $^\circ$  2 $\theta$ ): 0,02; *Scan mode*: Continuous; *Counting time* (s): 50; *Divergence slit*: Slit Fixed 1/2 $^\circ$ ; *Mask Fixed* 10 mm; *Anti-scatter slit Name*: 5,7mm;

A identificação dos minerais é feita através da comparação do difratograma obtido com padrões (fichas) do banco de dados do ICDD-PDF (*International Center for Diffraction Data – Powder Diffraction File*). As fichas são específicas para cada mineral (por ex., quartzo, 46-1045), podendo haver diferentes fichas para o mesmo mineral, principalmente, quando há variações na composição química, soluções-sólidas, etc.

## **CARACTERIZAÇÃO GRANULOMÉTRICA**

A análise granulométrica foi feita pelo método de espalhamento a laser, por meio do equipamento Mastersizer 2000 acoplado ao dispersor de amostra Hydro 2000MU, da fabricante Malvern Mastersizer.

Antes do início da análise de cada amostra, coloca-se no mínimo 3 béqueres com 800 mL de água para a limpeza do equipamento (um de cada vez) e 1 béquer com 800 mL de 20 mL de NaOH para a medição da base (background) do equipamento.

A amostra deve ser previamente seca e peneirada em peneira de 1 mm. Essa amostra é então homogeneizada e retirada uma pequena alíquota significativa (<0,5g, varia conforme a obscuração do equipamento) e adicionada a um béquer com 800 ml de água de torneira e 20 mL de NaOH a 0,1 mol/L. Coloca-se o béquer no equipamento agitando a amostra a 2100

rpm e liga-se o ultrassom (acoplado ao granulômetro) por 5 minutos. Ao término desses 5 minutos, ainda sob agitação, faz-se a leitura da amostra, escolhendo-se dados de dispersante (geralmente água) e metodologia (geralmente Fraunhofer). O tempo por análise é de 30 segundos com 5 segundos entre cada medição, gerando ao final de três análises uma média da triplicata. Realiza-se no mínimo 3 triplicatas, buscando-se no mínimo duas em que os resultados estejam praticamente iguais, escolhendo-se uma destas triplicatas para elaboração do laudo.

## **DETERMINAÇÃO DOS LIMITES DE ATTERBERG**

Os ensaios para determinação dos limites de Atterberg foram realizados conforme as normas NBR 7180:2016 e NBR 6459:2016.

O ensaio para determinação do limite de liquidez do solo é realizado por meio do aparelho de Casagrande, formado por uma base dura (ebonite), uma concha de latão, um sistema de fixação da concha à base e um parafuso excêntrico ligado a uma manivela que movimentada a uma velocidade constante, de duas rotações por segundo, elevará a concha a uma altura padronizada para a seguir deixá-la cair sobre a base. O solo utilizado no ensaio é a fração que passa na peneira de 0,42mm (# 40) de abertura e uma mistura homogênea é preparada e moldada na concha; utilizando um cinzel, é aberta uma ranhura na amostra. O ensaio é realizado até que os dois lados se juntem, longitudinalmente, por um comprimento igual a 10,0 mm, interrompendo-se o ensaio nesse instante e anotando-se o número de golpes necessários para o fechamento da ranhura. Retirando-se uma amostra do local onde o solo se uniu, determina-se o teor de umidade por pesagem e secagem em estufa, obtendo-se assim um par de valores, “teor de umidade x número de golpes”, que definirá um ponto no gráfico de fluência. A repetição deste procedimento para teores de umidade diversos, permitirá construir o gráfico. Por convenção, no ensaio de Casagrande, o teor de umidade correspondente a 25 golpes, necessários para fechar a ranhura, é o limite de liquidez.

Para determinação do limite de plasticidade do solo utiliza-se uma placa de vidro com uma face esmerilhada e um cilindro padrão com 3mm de diâmetro. O ensaio de obtenção do Limite de Plasticidade consiste, basicamente, na determinação do teor de umidade do solo quando uma amostra começa a fraturar ao ser moldada com a mão sobre uma placa de vidro, na forma de um cilindro com cerca de 10 cm de comprimento e 3 mm de diâmetro.

## RESULTADOS

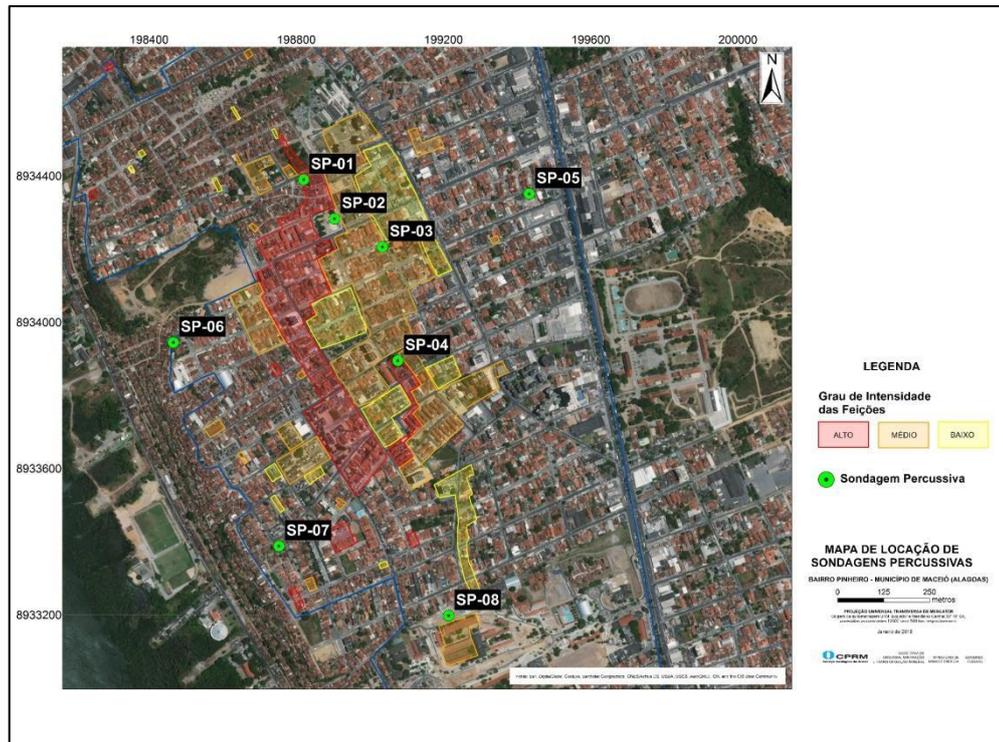
### SONDAGEM PERCUSSIVA

Foram realizadas 8 sondagens percussivas, conforme exposto no quadro 1 e na figura 16. A seleção dos locais para realização das sondagens levou em consideração:

- Maior representatividade amostral possível, tendo em vista que existem áreas com diferentes graus de intensidade de feições de deformação;
- Inclusão de áreas sem ocorrência significativa de feições de deformação, a fim de obter critério de comparação com as áreas mais intensamente afetadas pelo processo de deformação;
- Possibilidade de acesso dos equipamentos empregados nas perfurações;
- Possibilidade de perfuração do terreno em condições seguras, sem causar prejuízos às edificações públicas e privadas, bem como ao trânsito de pessoas e veículos.

**Quadro 1.** Relação das sondagens percussivas executadas no Bairro Pinheiro.

Sondagem	Coordenadas UTM		Endereço	Profundidade do impenetrável (metros)
SP-01	198828	8934389	Av. Francisco Freire Ribeiro (Pracinha Pública) – Ao lado do Edifício Belo Horizonte – nº 237	10,10
SP-02	198904	8934282	Parque Gertrudes de A Leão	14,23
SP-03	199034	8934205	Terreno na esquina da Rua Jornalista Augusto Vaz Filho com Rua Jovino Lopes Lira.	11,40
SP-04	199076	8933894	R. Joaquim Gouveia de Albuquerque nº 29 (Antiga Rua Acre) – do lado esquerdo da Igreja Católica.	8,21
SP-05	199433	8934350	R. Luiz Rizo (Moacyr T. Lopes) – Alagoas Transportes – Ao lado do nº 110.	9,25
SP-06	198466	8933944	Esquina da R. Jornalista Augusto Vaz Filho com R. Djalma Barreto de Menezes (R. Cor. Aurélio Mousinho)	13,07
SP-07	198753	8933387	Alameda São Benedito – Esquina com R. José Luiz Soares Neto.	18,24
SP-08	199214	8933197	CEPA – Ao lado da quadra coberta e da Escola Professor Vitorino da Rocha.	14,07



**Figura 16.** Localização das sondagens percussivas executadas no Bairro Pinheiro.

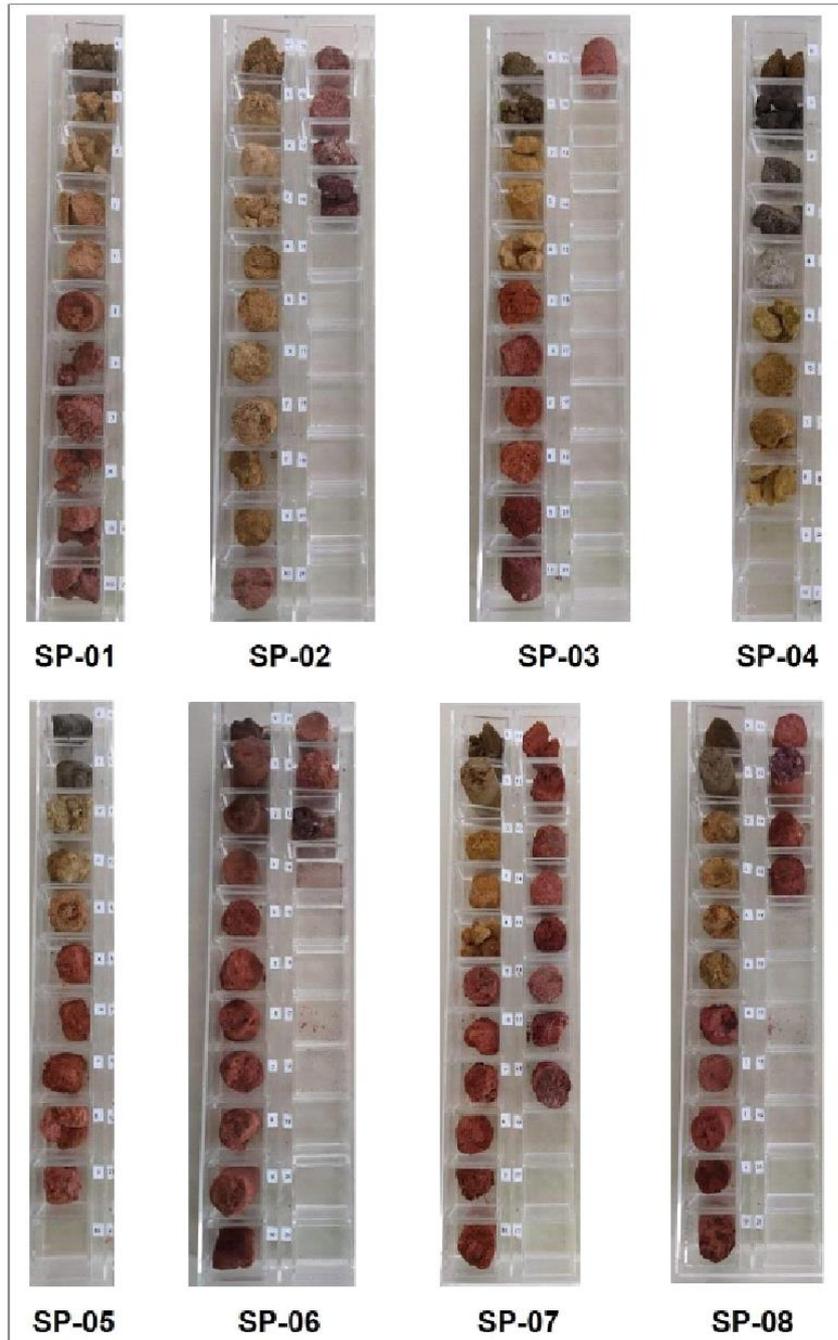
Conforme observa-se no quadro 1, apesar de estarem programadas para serem desenvolvidas até no máximo 20 metros, as sondagens atingiram o nível impenetrável em profundidades que variaram de 8,21 a 18,24 metros.

As perfurações interceptaram níveis constituídos por aterro, em geral até profundidades de cerca de 1,5 metros, abaixo dos quais foram identificados exclusivamente sedimentos atribuídos ao Grupo Barreiras, com exceção da sondagem SP-04, que atingiu material similar a Gleissolo até 4 metros de profundidade (Fig. 17).

A descrição tátil-visual das amostras indicou que se tratam de sedimentos detríticos siliciclásticos, pouco a medianamente consolidados, em geral mal selecionados, de coloração variegada, com partículas cuja granulometria varia de argila a areia grossa. Visualmente, distinguem-se grãos de quartzo emersos em matriz argilosa e alguns níveis de concreção laterítica.

Os ensaios de resistência à penetração indicaram que, conforme classificação dos estados de compactidade e de consistência proposta pela NBR 6484:2001 (Quadro 2) e considerando os sedimentos como siltes arenosos, os sedimentos são, em geral, medianamente compactos até cerca de 6,5 metros de profundidade, a partir de onde tornam-se compactos, com exceção

da sondagem SP-04, que interceptou apenas sedimentos compactos e muito compactos (Figura 18).

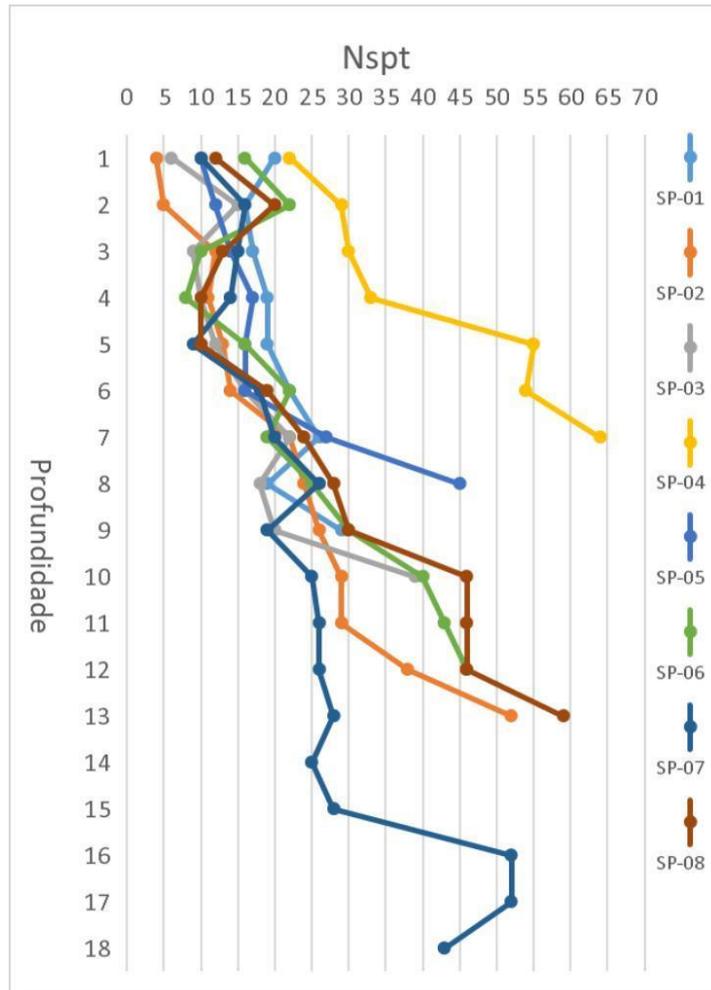


**Figura 17.** Amostras provenientes das sondagens percussivas executadas no Bairro Pinheiro.

**Quadro 2.** Estados de compactidade e de consistência segundo a NBR 6484/2001.

<b>Solo</b>	<b>Índice de resistência à penetração (N)</b>	<b>Designação*</b>
Areias e siltes arenosos	≤ 4	Fofa (o)
	5 a 8	Pouco compacta (o)
	9 a 18	Medianamente compacta (o)
	19 a 40	Compacta (o)
	> 40	Muito compacta (o)
Argilas e siltes argilosos	≤ 2	Muito mole
	3 a 5	Mole
	6 a 10	Média (o)
	11 a 19	Rija (o)
	> 19	Dura (o)

\*As expressões empregadas para a classificação da compactidade das areias (fofa, compacta, etc.), referem-se à deformabilidade e resistência destes solos, sob o ponto de vista de fundações, e não devem ser confundidas com as mesmas denominações empregadas para a designação da compactidade relativa das areias ou para a situação perante o índice de vazios críticos, definidos na Mecânica dos Solos.



**Figura 18.** Gráfico que expõe o padrão de variação do índice de resistência à penetração, em função da profundidade.

## CARACTERIZAÇÃO GRANULOMÉTRICA

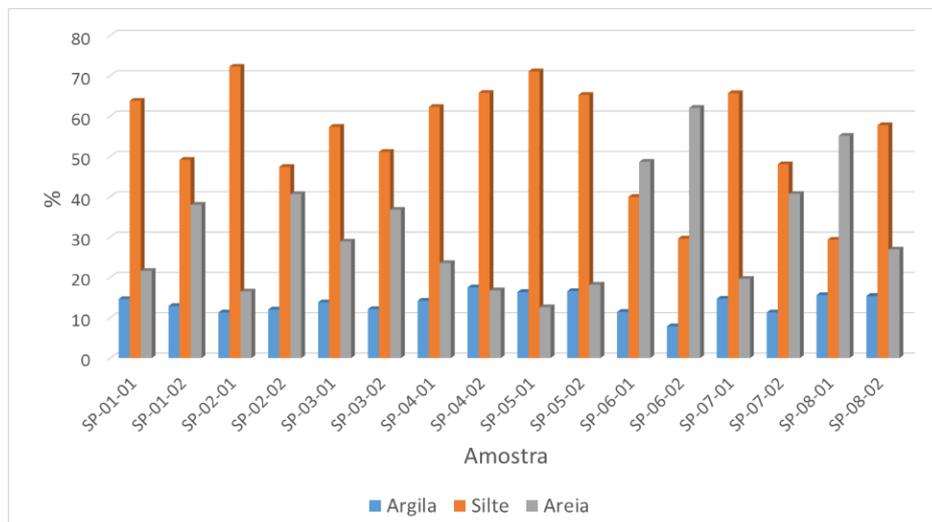
A caracterização granulométrica foi realizada em 16 amostras provenientes das sondagens percussivas, conforme apresentado no quadro 3.

Para se obter o volume necessário para a execução do ensaio, foram reunidas amostras de níveis sucessivos, seguindo a homogeneidade das camadas sedimentares definidas pela caracterização tátil-visual.

Conforme apresentado na tabela 1 e na figura 19, na grande maioria das amostras analisadas predomina a fração silte, seguida pela fração areia, o que permite caracterizar os sedimentos da região estudada como silto-arenosos.

**Quadro 3.** Relação das amostras utilizadas para as análises de Caracterização Granulométrica.

Amostra	Profundidade	Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)
SP-01-1	1,45 a 5,00	14,6106	63,7733	21,6161
SP-01-2	6,45 a 9,00	12,8849	49,135	37,9802
SP-02-1	3,45 a 7,00	11,284	72,2348	16,4812
SP-02-2	9,45 a 12,00	12,0142	47,3627	40,6231
SP-03-1	1,45 a 5,00	13,8011	57,3156	28,8833
SP-03-2	8,45 a 9,00	12,1321	51,1151	36,7528
SP-04-1	4,45 a 5,85	14,2174	62,245	23,5376
SP-04-2	6,45 a 7,45	17,5088	65,7282	16,7631
SP-05-1	1,45 a 5,00	16,3511	71,0614	12,5874
SP-05-2	5,45 a 8,00	16,5985	65,2182	18,1833
SP-06-1	1,45 a 6,00	11,4357	39,9147	48,6496
SP-06-2	10,45 a 12,00	7,86769	29,6221	62,0317
SP-07-1	1,45 a 2,00	14,7161	65,656	19,628
SP-07-2	8,45 a 9,00 + 14,45 a 15,00	11,2982	48,0319	40,6699
SP-08-1	1,45 a 4,00	15,5929	29,3107	55,074
SP-08-2	5,45 a 11,00	15,3771	57,7153	26,9076
Média		13,6057	54,715	31,648



**Figura 19.** Gráfico que expõe o padrão de distribuição granulométrica dos sedimentos analisados.

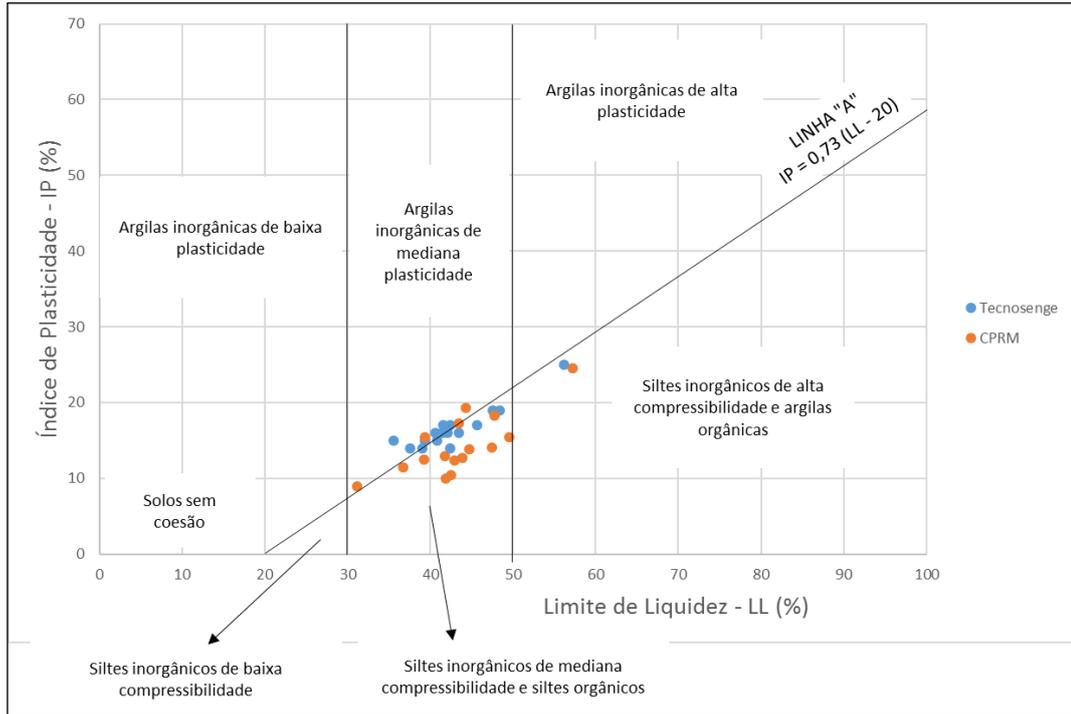
### DETERMINAÇÃO DOS LIMITES DE ATTERBERG

Foram realizados 32 ensaios de determinação dos Limites de Liquidez e Plasticidade (Quadro 4). Os resultados obtidos foram utilizados para classificação dos solos, conforme Sistema Unificado de Classificação dos Solos (SUCS).

Conforme exposto na figura 20, de maneira geral, os Limites de Liquidez variaram entre 30 e 50 e os Índices de Plasticidade entre 10 e 20, com exceção de uma amostra, cujos respectivos valores foram em torno de 56 e 25. Esses valores indicam que os solos da região são caracterizados como siltes e argilas inorgânicas de mediana plasticidade e compressibilidade.

**Quadro 4.** Relação das amostras e resultados dos ensaios de determinação dos limites de Atterberg.

Amostra	Profundidade (m)	LL	LP	IP
SP-1-1-T	1 a 5	41,5	25,9	16
SP-1-2-T	6 a 9	42,4	24,9	17
SP-2-1-T	0,5 a 3	42,4	28,1	14
SP-2-2-T	10 a 13	40,8	25,7	15
SP-3-1-T	2 a 5	42,1	26,2	16
SP-3-2-T	6 a 9	39,4	24,5	15
SP-4-1-T	1 a 4	37,6	23,2	14
SP-4-2-T	4 a 5	48,4	28,7	19
SP-5-1-T	2 a 4	45,7	28,7	17
SP-5-2-T	5 a 8	43,5	28	16
SP-6-1-T	3 a 6	41,6	24,2	17
SP-6-2-T	7 a 10	35,6	20,4	15
SP-7-1-T	1 a 5	39	25,1	14
SP-7-2-T	6 a 10	47,5	28,1	19
SP-8-1-T	2 a 6	56,2	31,2	25
SP-8-2-T	6 a 12	40,6	24,9	16
SP-1-1-C	1,45 a 5,00	43,9	31,2	12,7
SP-1-2-C	6,45 a 9,00	39,4	24	15,4
SP-2-1-C	3,45 a 7,00	42,5	32,1	10,4
SP-2-2-C	9,45 a 12,00	43,5	26,2	17,3
SP-3-1-C	1,45 a 5,00	41,8	28,9	12,9
SP-3-2-C	8,45 a 9,00	31,2	22,3	8,9
SP-4-1-C	4,45 a 5,85	44,7	30,9	13,8
SP-4-2-C	6,45 a 7,45	47,4	33,3	14,1
SP-5-1-C	1,45 a 5,00	49,5	34,1	15,4
SP-5-2-C	5,45 a 8,00	57,2	32,7	24,5
SP-6-1-C	1,45 a 6,00	39,2	26,7	12,5
SP-6-2-C	10,45 a 12,00	44,3	25	19,3
SP-7-1-C	1,45 a 2,00	41,9	31,9	10
SP-7-2-C	8,45 a 9,00 + 14,45 a 15,00	36,7	25,3	11,4
SP-8-1-C	1,45 a 4,00	42,9	30,5	12,4
SP-8-2-C	5,45 a 11,00	47,8	29,5	18,3



**Figura 20.** Gráfico de plasticidade conforme Sistema Unificado de Classificação dos Solos (SUCS). A linha "A" separa as características típicas dos siltes e das argilas.

## CARACTERIZAÇÃO MINERAL POR DIFRATOMETRIA DE RAIOS-X

A caracterização mineral por Difractometria de Raios-X foi realizada em 16 amostras provenientes das sondagens percussivas, conforme apresentado no quadro 5.

**Quadro 5.** Relação das amostras caracterizadas por difratometria de Raios-X

Amostra	Profundidade
SP-01-1	1,45 a 5,00
SP-01-2	6,45 a 9,00
SP-02-1	3,45 a 7,00
SP-02-2	9,45 a 12,00
SP-03-1	1,45 a 5,00
SP-03-2	8,45 a 9,00
SP-04-1	4,45 a 5,85
SP-04-2	6,45 a 7,45
SP-05-1	1,45 a 5,00
SP-05-2	5,45 a 8,00
SP-06-1	1,45 a 6,00
SP-06-2	10,45 a 12,00
SP-07-1	1,45 a 2,00
SP-07-2	8,45 a 9,00 + 14,45 a 15,00
SP-08-1	1,45 a 4,00
SP-08-2	5,45 a 11,00

O objetivo principal dessa análise foi investigar a possibilidade de ocorrência de argilominerais expansíveis, ou seja, que aumentam de volume na presença de água e se contraem quando ressecam, podendo então causar deformações no terreno e conseqüentemente nas edificações.

Os resultados indicam que as amostras analisadas são compostas principalmente por Caulinita, Goethita e Quartzo. Não foram detectadas frações quantificáveis de argilominerais expansivos.

## **CONCLUSÕES**

Mesmo tais feições não sendo responsáveis pelo evento da região do Pinheiro, deve-se preocupar com os fluxos pluviais, sua relação com as trincas e rachaduras e suas conexões com as redes de drenagem, fossas e sumidouros, em função de danos que podem ser observados às ruas, passeios e as próprias edificações, durante eventos chuvosos de grande intensidade e duração.

Outro fato que precisa ser investigado é o destino desses fluxos pluviais, onde estão seus exutórios e qual o comportamento das fendas/conduitos em profundidade em função da concentração pluvial durante períodos chuvosos, isso em função, principalmente, da possibilidade de ocorrência de colapsos localizados, que podem envolver ruas ou mesmo edificações, com risco para transeuntes, veículos e seus ocupantes, e moradores.

As análises de caracterização geotécnica efetuadas em oito pontos do Bairro Pinheiro indicam que até cerca de 20 metros de profundidade o solo é constituído por camadas de sedimentos detríticos siliciclásticos, de granulometria silto-arenosa, compostos principalmente por Caulinita, Goethita e Quartzo. Esses sedimentos apresentam mediana plasticidade e compressibilidade e são medianamente compactos até cerca de 6,5 metros de profundidade, a partir de onde tornam-se compactos. Essas análises refutaram a presença de solos expansivos e solos colapsíveis como fatores desestabilizadores das edificações nos três bairros.

Cabe ressaltar que todas as características aqui apresentadas se baseiam na interpolação de análises executadas em oito pontos selecionados do Bairro Pinheiro. Dessa forma, é possível que existam variações pontuais nas características geotécnicas do terreno que não foram identificadas nesse estudo. Portanto, esse trabalho não substitui, de nenhuma forma, estudos específicos de avaliação do terreno para o dimensionamento de fundações de obras de engenharia.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGM GEOTÉCNICA LTDA. **Parecer Geotécnico e Relatório de Sondagem Para Obra de Drenagem da Área do Jardim das Acácias e Estudo de Fundações**, Maceió, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6484: Informação e documentação: Referências**. Rio de Janeiro. 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7180: Informação e documentação: Referências**. Rio de Janeiro. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6459: Informação e documentação: Referências**. Rio de Janeiro. 2016.

Ker, J. C. Latossolos do Brasil: Uma Revisão. **Geonomos**, Belo Horizonte, v. 5, n 1, p.17-40, 1997.

PARAHYBA, C. S.; CAVALCANTI, A. C.; LOPES, O. F.; SILVA, F. H. B. B.; LEITE, A. P.; OLIVEIRA NETO, M. B.; SANTOS, J. C. P. Solos de Maceió – AL. *In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA*, 17., 2008, Rio de Janeiro. **Abstracts [...]** Rio de Janeiro: SBCS; UFRRJ; Embrapa Solos; 2008. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/147540/1/trab-6668-397.pdf>. Acesso em 20 de Abril de 2019.

ROCHA JÚNIOR. **Relatório de Sondagem SPT n. 173/02**. Maceió, 2002.