



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE MARABÁ  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E ENGENHARIAS  
FACULDADE DE GEOLOGIA

OZINEIDE CARVALHO DE SOUZA

**ANÁLISE GEOTÉCNICA NO NÚCLEO NOVA MARABÁ BASEADA EM  
RELATÓRIOS DE SONDAGEM, MARABÁ- PARÁ.**

MARABÁ-PA

2018.

OZENEIDE CARVALHO DE SOUZA

**ANÁLISE GEOTÉCNICA NO NÚCLEO NOVA MARABÁ BASEADA EM  
RELATÓRIOS DE SONDAGEM, MARABÁ- PARÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Geologia da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará – UNIFESSPA, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Bacharel em Geologia.

Orientadora: Prof. Dr. Ana Valéria dos Reis Pinheiro.

MARABÁ-PA

2018

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**  
**Biblioteca II da UNIFESSPA. Marabá,PA**

---

Souza, Ozeneide Carvalho de

Análise geotécnica no núcleo Nova Marabá baseada em relatórios de sondagem, Marabá- Pará / Ozeneide Carvalho de Souza ; orientadora, Ana Valéria dos Reis Pinheiro. — 2018.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Campus Universitário de Marabá, Instituto de Geociências e Engenharias, Faculdade de Geologia, Marabá, 2018.

1. Geologia – Marabá (PA). 2. Mapeamento do solo. 3. Mecânica do solo. 4. Solo - Uso I. Pinheiro, Ana Valéria dos Reis, orient. II. Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará. III. Título.

CDD: 23. ed.: 551.098115

---

Elaborado por Nádya Lopes Serrão  
Bibliotecária-Documentalista CRB2/575

OZENEIDE CARVALHO DE SOUZA

**ANÁLISE GEOTÉCNICA NO NÚCLEO NOVA MARABÁ BASEADA EM  
RELATÓRIOS DE SONDAGEM, MARABÁ- PARÁ.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Geologia da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará – UNIFESSPA, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Bacharel em Geologia.

Orientadora: Prof. Dr. Ana Valéria dos Reis Pinheiro.

Data de aprovação: 01 / 03 / 2018

Conceito: EXCELENTE

Banca Examinadora



---

Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup> Ana Valéria dos Reis Pinheiro.



---

Prof.<sup>a</sup>. Ms. Aderson David Pires de Lima

Membro



---

Prof.<sup>a</sup>. Ms. Francisco Ribeiro da Costa

Membro

MARABÁ-PA 2018

Aos meus pais, Onézio e Maria dos Remédios.

A minha irmã Daniele.

A minha orientadora Ana Valéria.

## AGRADECIMENTOS

Meu maior agradecimento vai para meus pais Onézio e Maria dos Remédios, por tem acreditado em meu sonho, pelo apoio incondicional, amor, carinho e por sempre serem meus melhores amigos e exemplos.

A minha orientadora e amiga Ana Valéria por ter acreditado neste trabalho, pela paciência, alegria, carinho e doçura não só comigo, mas com todos os alunos.

À língua Jairo Viveiros por todos os nossos momentos de irmandade, carinho, brigas (que foram muitas, tinha até agressão física, mas na brincadeira), obrigada por me fazer engordar comendo porcarias durante o curso (risos).

A minha amiga, conselheira Rafaela Sousa pela amizade, apoio em momentos difíceis, paciência, nossas aventuras pela cidade, e claro por me salvar quando a moto dava prego ou acabava a gasolina.

Ao meu amigo Josué Passos por apoio, motivação, amizade de longas datas e ajudar fora e dentro da universidade.

Agradeço a minha amiga irmã Daiane Volff, a melhor vizinha de todas, que faz o melhor cachorro quente do planeta, pela amizade, companhia e os rolés.

Ao meu querido amigo Murilo Silva, pelo companheirismo, amizade, conselhos, risadas, montagem de *looks* improvisados, e por toda ajuda em momentos difíceis, pela acolhida, e é claro pelos rolés da vida (risos).

Aos meus amigos Danieli Carvalho, Géssica Freitas, Jeferson Sena, João Paulo, Eneile Paixão, Lourival, Marcílio, Mariane Silva, Lais Wollf, Leilson e aos *crushs* Rondinelli, Marcelo Machado, Leandro Oliveira por tornarem meus dias em Marabá mais alegres e divertidos.

Ao meu professor Antônio Viana que despertou em mim o amor pela Engenharia Geotécnica, e me deu a ideia de desenvolver trabalhos nessa área na cidade de Marabá, meu muitíssimo obrigado Mestre.

As empresas GEOTEC, SONDACIL e GEOSOL pela disponibilização dos dados de sondagem, sem vocês esse trabalho não seria possível.

E à querida Marcia Gonçalves por ter me dado a oportunidade de estagiar pela geologia, oportunidade está que a Faculdade de geologia nunca me proporcionou.

Meu muito obrigada aos meus queridos professores Aderson e Francisco por aceitarem o convite de fazer parte da minha banca.

E em especial ao PROEX pelo auxílio permanecia e moradia concedido a mim, sem o qual seria impossível a permanecia no curso.

Obrigada Deus!

*“O não eu já tenho, vou atrás do sim.”*

*“Tchau, brigaduu!”*

## RESUMO

A construção civil depende fortemente do conhecimento das propriedades físicas e mecânicas do solo e, para esse fim, dispõe de ferramentas que possibilitam a sua caracterização. O presente estudo visa nortear esse conhecimento em uma área previamente estabelecida, através de laudos fornecidos por empresas que atuam na cidade de Marabá-Pa. Para tanto, foi delimitada uma área de estudo dividida em 05 zonas, distribuídas no bairro Nova Marabá, objetivando facilitar a elaboração do mapeamento geotécnico com base no ensaio de penetração padrão (SPT) e mista. Essa caracterização considera o tipo, o perfil, as características geotécnicas e a resistência à penetração ( $N_{spt}$ ) do solo. A partir da análise dos laudos foi gerado um mapa de zonas de risco de recalque, o que nos mostrou que as propriedades do solo podem variar significativamente em áreas próximas e nem sempre as menores resistências ocorrem às margens de cursos d'água.

**Palavras-chave:** SPT, Recalque, Geotecnia.



## **ABSTRACT**

Civil construction depends heavily on the knowledge of the physical and mechanical properties of the soil and, to this end, has tools that enable its characterization. The present study aims to guide this knowledge in a previously established area, through reports provided by companies operating in the city of Marabá-Pa. For this purpose, a study area was divided into 05 zones, distributed in the Nova Marabá neighborhood, aiming to facilitate the preparation of the geotechnical mapping based on the standard and mixed penetration test (SPT). This characterization considers the type, profile, geotechnical characteristics and resistance to penetration (Nspt) of the soil. From the analysis of the reports, a map of zones of risk of repression was generated, which showed that the soil properties can vary significantly in nearby areas and not always the smallest resistances occur at the edges of watercourses.

**Key words:** SPT, Repression, Geotechnics.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de Localização e acesso da área de trabalho.....	15
Figura 2 - Trados tipo concha.....	18
Figura 3 - Ensaio Tipo SPT. Esquema de ensaio a percussão movido a motor. ....	20
Figura 4: Tipos de recalques.....	26
Figura 5: Contexto geológico/geotectônico regional de parte da Amazônia Oriental. ....	30
Figura 6: Mapa de locação dos furos e delimitação da área de estudo.....	35
Figura 7: Mapa Zonas de estudo.....	36
Figura 8: Mapa zona de risco de recalque do núcleo urbano nova marabá.....	43

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1 LOCALIZAÇÃO E ACESSO DA ÁREA DE ESTUDO.....	14
1.2 JUSTIFICATIVA.....	16
1.3 OBJETIVOS .....	16
<b>1.3.1 Objetivo Especifico .....</b>	<b>16</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA .....</b>	<b>17</b>
2.1 PRINCIPAIS METODOS DE INVESTIGAÇÃO GEOTÉCNICA.....	17
2.2 MÉTODOS DE INVESTIGAÇÃO GEOTÉCNICA UTILIZADOS EM MARABÁ ...	18
<b>2.2.1 Trados Manuais .....</b>	<b>18</b>
<b>2.2.2 Sondagem a Percussão com Circulação D'Água – Método SPT .....</b>	<b>19</b>
<b>2.2.3 Sondagem rotativa .....</b>	<b>21</b>
2.3 ENSAIO SPT APLICAÇÕES .....	21
<b>2.3.1 Definição dos Furos e Investigação Insuficiente. ....</b>	<b>23</b>
2.4 FUNDAÇÕES E INTERAÇÃO SOLO ESTRUTURA .....	24
<b>2.4.1 Fundações Superficiais (Rasa).....</b>	<b>25</b>
<b>2.4.2 Fundações Profundas .....</b>	<b>25</b>
<b>2.4.3 Recalque.. .....</b>	<b>25</b>
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>27</b>
3.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA.....	27
3.2 LEVANTAMENTO DOS DADOS GEOTÉCNICOS .....	27
3.3 LEVANTAMENTO DA IMAGEM .....	28
3.4 GEORREFERENCIAMENTO .....	28
3.5 BANCO DE DADOS.....	28
3.6 ELABORAÇÃO DE MAPAS .....	28
<b>4 CARACTERIZAÇÃO DA AREA DE ESTUDO .....</b>	<b>29</b>
4.1 CONTEXTO GEOLOGICO.....	29
4.2. ASPECTOS FISICO E GEOTECNICO .....	32
4.3. ASPECTOS CLIMATICOS .....	33

<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>35</b>
5.1 LOCAÇÕES DOS FUROS E DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	35
5.2 CARACTERIZAÇÃO DO SUBSOLO .....	35
5.2.2 Resistência do solo .....	40
5.2.3 Mapa de risco de recalque.....	42
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>45</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>47</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Para o desenvolvimento de projetos de obras civis de forma econômica e segura o conhecimento geológico-geotécnico das características de um terreno se faz necessário, uma vez que, dados acerca das condições do subsolo podem ser utilizadas pelos órgãos públicos no planejamento urbano, pois é através de suas características físico-ambientais que se pode dar a destinação adequada a cada território.

No Brasil a sondagem para simples reconhecimento do solo com realização do ensaio SPT (*Standard Penetration Test*) é mais utilizada, pela sua facilidade e baixo custo. Também conhecido como Sondagem à percussão, os ensaios (seguem a norma NBR 6484/2004) tem como objetivo conhecer o tipo de terreno (argila, areia, rocha e etc.), as camadas dos solos, suas resistências, nível do lençol freático entre outros atributos que possibilitarão definir e dimensionar o tipo de fundação mais adequado da obra ou até mesmo, decidir pela necessidade de estudos geológicos mais aprofundados (HACHICH *et al.*, 1998)

As sondagens permitem análise minuciosa das camadas permite determinar o perfil do solo, a resistência do solo e o possível nível de água nas camadas analisadas do terreno, onde se pretende efetuar o empreendimento. Atualmente a construção civil dispõe de várias ferramentas construtivas para essa caracterização do solo, sejam instrumentos científicos de grande complexidade à pequena complexidade. Assim o trabalho focou sua análise nos dados coletados pelo ensaio de penetração padrão (SPT), disponibilizados por empresas atuantes na região (SALAME & ALENCAR JUNIOR, 2006).

Levando em consideração a precariedade de estudos de natureza geotécnica na cidade de Marabá, no estado do Pará, o estudo disponibilizou a caracterização do solo em zonas pré-estabelecidas, a compreenderem 05 zonas de influência no bairro Nova Marabá. A análise abrange os parâmetros de confiabilidade estabelecidos por laudos anteriores executados nessa área de influência, delimitando alguns aspectos desses laudos tais como: comparação das características quanto à formação do solo, identificação das camadas existentes do solo, comparação da quantidade de golpes ao longo da profundidade, identificação do nível d'água (quando existente) e correlacionar o ganho de resistência ao longo da profundidade de perfuração.

Faz-se mister ressaltar, que Marabá é carente em furos de sondagens, pois na região não se teve por parte de algumas construtoras atuantes ou que atuaram, a preocupação com o

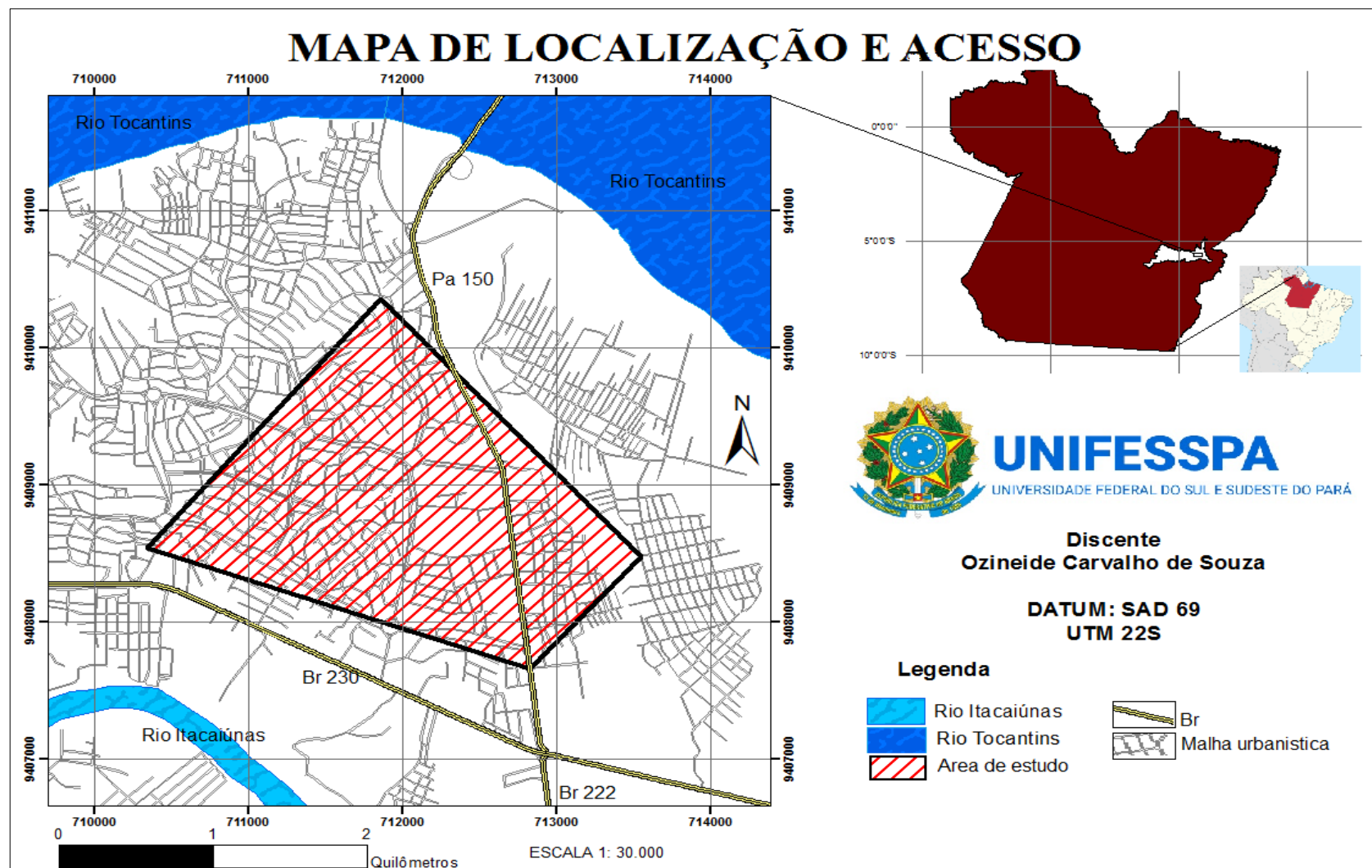
emprego da norma NBR 8036/83 que estabelece que as sondagens devem ser, no mínimo, de uma para cada 200m<sup>2</sup> de área da projeção em planta do edifício, até 1.200m<sup>2</sup> de área. Sabe-se que, o número de sondagens deve ser suficiente para fornecer um quadro, o melhor possível, da provável variação das camadas do subsolo do local em estudo.

### 1.1 LOCALIZAÇÃO E ACESSO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo encontra-se no núcleo urbano Nova Marabá, cidade de Marabá. A cidade está localizada no Sudeste paraense situada entre as coordenadas geográficas 05°17'38'' e 49°03'00'' e 49°08'53'' W Gr., está entre o limite das cidades Itupiranga, Jacundá e Rondon do Pará ao Norte, São Geraldo do Araguaia, Curionópolis, Parauapebas e São Félix do Xingu ao Sul, Bom Jesus do Tocantins e São João do Araguaia ao Leste e Senador José Porfírio ao Oeste do estado. A distância que separa Marabá, da capital Belém é de 485 km (PREFEITURA MUNICIPAL DE MARABÁ, 2016). O acesso principal é, a partir de Belém, por via aérea. Por via terrestre, a cidade de Marabá é alcançada através de rodovias BR-222 e BR-230.

A cidade divide-se em cinco núcleos urbanos distintos (Figura 1): Marabá Pioneira ou Velha Marabá localizada as margens dos rios Tocantins e Itacaiúnas, Cidade Nova, onde se situa o aeroporto, Nova Marabá onde os bairros recebem o nome de folhas numeradas, São Felix I e II, situados depois da ponte sobre o rio Tocantins e Morada Nova, a 20 km de Marabá. E por fim alguns autores consideram o Distrito Industrial e Distrito de Expansão Urbana como núcleos urbanos independentes (PREFEITURA MUNICIPAL DE MARABÁ, 2016).

Figura 1 - Mapa de Localização e acesso da área de trabalho.



Fonte – Autora.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Pela carência de estudos geotécnicos na região e pelo uso e ocupação desordenada do solo em locais inadequados para habitações, tornou-se imprescindível o desenvolvimento desse trabalho, uma vez que, as informações geotécnicas obtidas servirão como um instrumento de auxílio no planejamento do uso e ocupação do solo, em especial nos processos de expansão urbana e sua interação com o meio, para a comunidade e pesquisa acadêmica de Marabá-PA.

Além de ser subsídio para muitas propostas de pesquisa do meio acadêmico, esse trabalho é pioneiro na cidade, e dará referência quanto ao tipo de fundação a ser utilizada na região, uma vez que com o conhecimento do subsolo as empreiteiras podem definir a capacidade de carga do solo bem como efetuar estimativas de recalques.

## 1.3 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho consiste em caracterizar o subsolo da área urbana do núcleo Nova Marabá da cidade de Marabá-Pa, baseando-se do estudo de relatórios de sondagens já existentes.

### 1.3.1 Objetivo Especifico

Dos objetivos específicos foram estabelecidas as seguintes condicionantes:

- Conhecer a localização de cada zona estudada.
- Verificar a existência do nível da água.
- Correlacionar as camadas obtidas entre os furos de sondagem.
- Mensuração da resistência de cada camada do subsolo.
- Comparar a resistência das zonas analisadas.
- Gerar mapa de risco de recalque.



## 2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

O estudo geotécnico em áreas urbanas se faz necessário e cada vez mais novas técnicas e normas são desenvolvidas. Este capítulo sumariza os aspectos técnicos e normativos utilizados no estudo geotécnico de recalques.

### 2.1 PRINCIPAIS METODOS DE INVESTIGAÇÃO GEOTÉCNICA

Segundo Hachich (1998), os métodos de classificação geotécnica são diversos eles são aplicados de acordo com o tipo de obra (tamanho, custo, importância, finalidade, etc..). Eles podem ser classificados em Métodos indiretos, Métodos semidiretos e Métodos diretos.

- a) O Método indireto baseia-se em processos de determinação indireta das propriedades das camadas do subsolo, através de correlação geológica e análise geofísica. Os índices medidos mantêm correlações com a natureza geológica dos diversos horizontes, podendo-se ainda conhecer as suas respectivas profundidades e espessuras.
- b) O Método semidireto é um método que possibilita a extração de amostras, buscam a identificação de informações do solo através de correlações indiretas.
- c) Métodos diretos é o conjunto de operações destinadas a observar diretamente o solo ou obter amostras ao longo de uma perfuração. Exemplos: Manuais: Poços; Trincheiras; Trados manuais. Mecânicos: Sondagens à percussão; Sondagens rotativas; Sondagens mistas; Sondagens especiais com extração de amostras indeformadas.

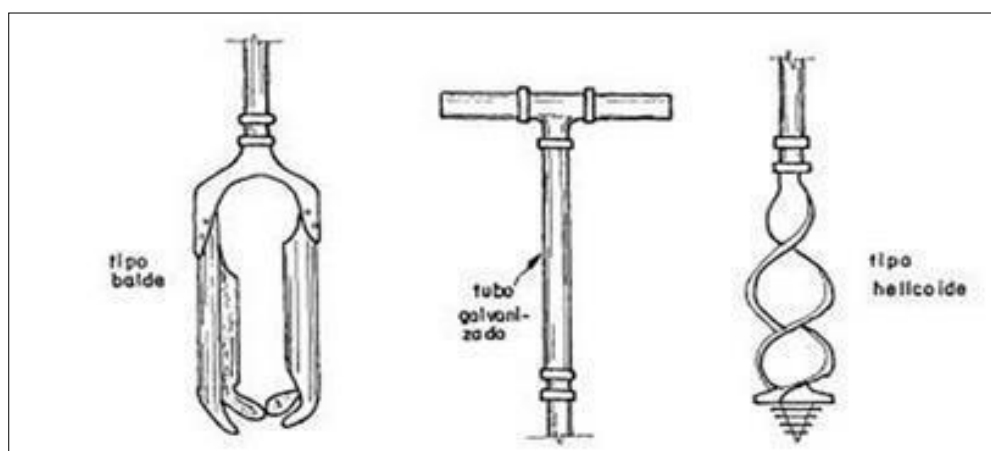
## 2.2 MÉTODOS DE INVESTIGAÇÃO GEOTÉCNICA UTILIZADOS EM MARABÁ

Os ensaios diretos são mais utilizados por serem mais satisfatórios para fundamentação de um projeto de fundação e é o que mais atendem aos objetivos de uma investigação geotécnica. Marabá se encaixa nessa tendência, uma vez que, dos aproximadamente 100 laudos de furo de sondagem reunidos da cidade, as técnicas mais empregadas foram: Trado Manuais e Sondagem a Percussão com Circulação D`agua – Método SPT. O presente trabalho se edificou a partir das sondagens trado, percussão e mista.

### 2.2.1 Trados Manuais

A Sondagem a trado é um método de investigação geológico-geotécnica de solos que utiliza como instrumento o trado: um tipo de amostrador de solo constituído por lâminas cortantes, que podem ser espiraladas (trado helicoidal ou espiral) ou convexas (trado concha ou cavadeira) (Figura 2). Tem por finalidade a coleta de amostras deformadas, determinação de profundidade do nível d'água e identificação dos horizontes do terreno. E pode ser executada de forma manual e mecanizada (NBR 9603).

Figura 2 - Trados tipo concha. O primeiro desenho representa o tipo de trado concha, o segundo mostra o tubo galvanizado do equipamento e o terceiro o tipo de trado helicoidal.



Fonte – Salame & Alencar Junior (2006).

A norma que regula esse tipo de sondagem é a NBR 9603/2015, ela fixa as condições exigíveis para sondagem a trado em investigações geológico-geotécnicas, dentro dos limites impostos pelo equipamento e pelas condições do terreno.

Para a sua identificação deverá ser identificada pela sigla ST, seguida do número indicativo de ordem. Em cada obra este número será sempre crescente, independentemente do local, fase ou objetivo da sondagem. Quando for necessária a execução de mais de um furo em um mesmo ponto de investigação, os furos subsequentes terão a mesma numeração do primeiro furo, acrescida das letras A, B, C, etc. (INSTRUÇÃO NORMATIVA PARA EXECUÇÃO DE SONDAÇÃO A TRADO. IN-05/94).

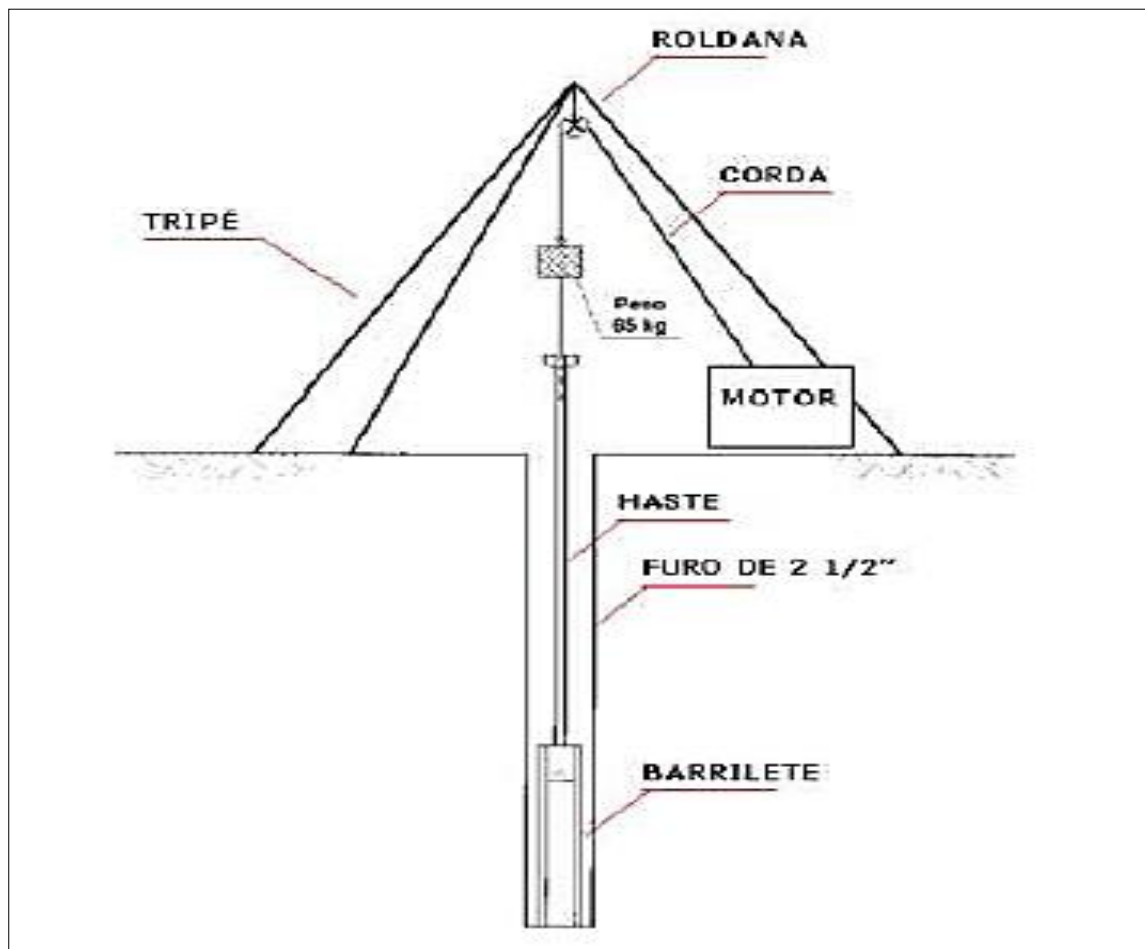
Segundo a NBR 9603, os equipamentos e ferramentas padrões compõem-se dos seguintes elementos: trado concha com diâmetro mínimo de 63,5 mm; trado espiral, com diâmetro mínimo de 63,5 mm; cruzetas, hastes e luvas de ferro galvanizado (diâmetro mínimo de 25,0 mm) ou aço sem costura (diâmetro mínimo de 19,0 mm); ponteira constituída por peça de aço terminada em bisel, com 63,0 mm de largura e comprimento mínimo de 200 mm; chaves de grifo; metro ou trena; recipientes herméticos para amostras tipo copo; parafina; sacos plásticos ou de lona; etiquetas de identificação; e medidor de nível d'água. As hastes deverão ser retilíneas e dotadas de roscas em bom estado que permitam firme conexão com as luvas. As hastes quando acopladas, deverão formar um conjunto retilíneo e apresentar comprimento métricos exatos (por exemplo. 1, 2, 3m, etc...), facilitando a operação de início do furo e evitando emendas sucessivas a maiores profundidades.

### **2.2.2 Sondagem a Percussão com Circulação D'Água – Método SPT**

O *Standard Penetration Test* – SPT (Figura 3) é um tipo de sondagem direta, normalizadas através da NBR-6484 da ABNT, sendo a mais conhecida e utilizada na maioria dos países. Consiste na medição do número de golpes necessários à penetração de um amostrador padrão de 50,2 mm de  $\emptyset$  externo sob a ação de um martelo padronizado de 65 kg em queda livre de uma altura padronizada de 75 cm. O índice de resistência à penetração (N), correspondente ao número de golpes associados à penetração dos últimos 30 cm do amostrador padrão, juntamente com a amostra coletada no amostrador ou por

outro processo, fornece apenas uma indicação qualitativa das propriedades mecânicas e estratigráfica solo.

Figura 3 - Ensaio Tipo SPT. Esquema de ensaio a percussão movido a motor.



Fonte - Salame & Alencar Junior (2006).

Através do número de golpes (N), necessários para cravar os últimos 30 cm do amostrador padrão, pode-se estimar qualitativamente o estado de compactidade ou consistência de solos. O valor do número de golpes (N), associado em certos casos com a profundidade de execução do ensaio e via correlações de natureza empírica, é utilizado para fornecer valores estimados do módulo de elasticidade (E) e o valor do ângulo de resistência ao cisalhamento ( $\phi'$ ) em solos granulares e o valor da resistência ao cisalhamento não drenada ( $S_u$ ) em solos coesivos.

Dentre suas vantagens se destaca a simplicidade e custos relativamente reduzidos; o material é fácil de transportar, podendo ser empregado em locais de difícil acesso; obtém amostra, de forma que se possa avaliá-la táctil e visual. E em contrapartida a sua desvantagem é a interpretação conceitual de decorrência do ensaio é complexa uma vez

que o número de variáveis e as condições de contorno tornam difícil sua simulação matemática. Isto faz com que sua aplicação seja essencialmente empírica. (SALAME & ALENCAR JUNIOR, 2006).

### **2.2.3 Sondagem rotativa**

Sondagem rotativa é um método de investigação geológico-geotécnica que consiste no uso de um conjunto motomecanizado, com a finalidade de obter amostras de materiais rochosos, contínuas e com formato cilíndrico, através da ação perfurante dada basicamente por forças de penetração e rotação que, conjugadas, atuam com poder cortante (IN-07/94- INSTRUÇÃO NORMATIVA DE SONDAGEM ROTATIVA).

É conhecida como Sondagem Mista quando executada junto com SPT, o equipamento avança em solos alterados e rochas, obtendo diretamente as amostras (testemunhos), exatamente sobre a rocha a ser explorada proporcionando oportunidade para uma série de ensaios.

## **2.3 ENSAIO SPT APLICAÇÕES**

O ensaio SPT tem sido usado para muitas aplicações, desde a amostragem para identificação dos diferentes horizontes de solo, previsão da tensão admissível de fundações diretas em solos granulares, até correlações com outras propriedades geotécnicas. A primeira aplicação atribuída ao SPT consiste na simples determinação do perfil do subsolo, como já exemplificado anteriormente, por meio da comparação das amostras obtidas no amostrador padrão com as medidas de resistência à penetração. O sistema de classificação apresentado na Tabela 1, amplamente utilizado no Brasil e recomendado pela NBR 7250/1982, é baseado em medidas de resistência à penetração.

Tabela 1 - Classificação de solos (NBR 7250/1982).

Solo	Índice de resistência a penetração	Designação
Areia e silte arenoso	<4	Fofa
	5-8	Pouco compacta
	9-18	Mediamente compacta
	19-40	Compacta
	>40	Muito compacta
Argila e silte argiloso	<2	Muito mole
	3-5	Mole
	6-10	Média
	11-19	Rija
	>19	Dura

O SPT pode também ser utilizado na prática da engenharia geotécnica para obtenção de parâmetros a serem adotados na análise de problemas geotécnicos (fundações, obras de contenção, barragens, etc.). Várias são as correlações existentes, como o peso específico de solos argilosos (Tabela 2) e a tensão admissível da argila (Tabela 3).

Tabela 2 - Peso específico de solos argilosos.

N (golpes)	Consistência	Peso específico (kN/m <sup>3</sup> )
≤ 2	Muito mole	13
3 - 5	Mole	15
6 - 10	Média	17
11 - 19	Rija	19
≥ 20	Dura	21

Fonte - Oliveira Filho (1988).

Tabela 3 - Tensão admissível da argila.

Nspt (golpes)	Consistência	Tensão admissível (Kg/cm <sup>2</sup> )
<2	Muito mole	< 0,25
2 – 4	Mole	0,25 a 0,5
4 – 8	Média	0,5 a 1
8 – 15	Rija	1 a 2
15 – 30	Muito Rija	2 a 4
>30	Dura	>4

Fonte - Oliveira Filho (1988).

Conclui-se, portanto que as correlações com índice de resistência à penetração dependem do equipamento e dos processos com que são obtidos os N (golpes/30cm). Entende-se, pois a importância da padronização na execução das sondagens à percussão, a fim de que sejam comparáveis os resultados das sondagens executadas por diferentes organizações e válidas a utilização de correlações do SPT com outros parâmetros dos solos (SALAME & ALENCAR JUNIOR, 2006).

Ainda que as correlações baseadas SPT não possam ser consideradas de grande precisão, são, pois sofrem variação em função da metodologia e eficiência do ensaio, além de condicionantes como da profundidade e pressão da camada; envelhecimento da amostra: forma de fundação entre outros, permitem estabelecer uma indicação preliminar bastante útil nos estudos geotécnicos (SALAME & ALENCAR JUNIOR, 2006).

### 2.3.1 Definição dos Furos e Investigação Insuficiente.

Realizado o programa de investigação, o mesmo pode se mostrar inadequado à identificação de aspectos que acabam comprometendo o comportamento da fundação projetada. O número insuficiente de sondagens ou ensaios para áreas extensas ou de subsolo variado, eventualmente cobrindo diferentes unidades geotécnicas (causa comum de problemas em obras correntes, pela extrapolação indevida de informações). Os resultados devem refletir as verdadeiras condições e propriedades de solo relevantes ao problema em estudo (MILITITSKY, 2005).

A NBR 8036 prevê (item 4.1.1.2) que “As sondagens devem ser no mínimo de uma para cada 200 m<sup>2</sup> de área da projeção em planta do edifício até 1200 m<sup>2</sup> de área. Entre 1200 m<sup>2</sup> e 2400 m<sup>2</sup> deve-se fazer uma sondagem para cada 400 m<sup>2</sup> que excederem de 1200 m<sup>2</sup>. Acima de 2400 m<sup>2</sup> o número de sondagens deve ser fixado de acordo com o plano particular da construção” (Tabela 4). Em quaisquer circunstâncias o número mínimo de sondagens deve ser:

- a) dois para área da projeção em planta do edifício até 200 m<sup>2</sup>.
- b) três para área entre 200 m<sup>2</sup> e 400 m<sup>2</sup>.

Tabela 4 - Número mínimo de sondagem segundo a NBR 8036.

LIMITES	QTDE	MEMORIAL DE CALCULO
até 1200	200	2
	400	3
	600	3
	800	4
	1000	5
	1200	6
1200 a 2400	1600	7
	2000	8
	2400	9
acima 2400	*	Definição do Projetista

Nos casos em que não houver ainda disposição em planta dos edifícios, como nos estudos de viabilidade ou de escolha de local, o número de sondagens deve ser fixado de forma que a distância máxima entre elas seja de 100m, com um mínimo de três sondagens.

## 2.4 FUNDAÇÕES E INTERAÇÃO SOLO ESTRUTURA

Fundações são elementos estruturais cuja função é transmitir as ações atuantes na estrutura à camada resistente do solo. Os elementos estruturais de fundações devem apresentar resistência adequada para suportar as tensões geradas pelos esforços solicitantes. Além disso, uma fundação deve transferir e distribuir seguramente as ações



da superestrutura ao solo, de modo que não cause recalques diferenciais prejudiciais ao sistema estrutural nem a própria ruptura do solo. (NBR 6122).

#### **2.4.1 Fundações Superficiais (Rasa)**

A fundação superficial, também chamada fundação rasa ou direta, é definida no item 3.1 da NBR 6122 como o “*elemento de fundação em que a carga é transmitida ao terreno pelas tensões distribuídas sob a base da fundação, e a profundidade de assentamento em relação ao terreno adjacente à fundação é inferior a duas vezes a menor dimensão da fundação.*” O elemento de fundação superficial mais comum é a sapata, que pela área de contato base-solo transmite as cargas verticais e demais ações para o solo, diretamente.

A definição de um projeto de fundações sobre fundações superficiais deve atender a uma adequada profundidade de assentamento, segurança contra ruptura e recalques admissíveis, total ou diferenciais. Deve ainda avaliar a possibilidade de danos às estruturas vizinhas, além de avaliar o risco de erosão, degradação ou colapsabilidade do solo.

#### **2.4.2 Fundações Profundas**

As fundações profundas por sua vez são é o elemento, definido na NBR 6122 (item 3.7) como o “*elemento de fundação que transmite a carga ao terreno ou pela base (resistência de ponta) ou por sua superfície lateral (resistência de fuste) ou por uma combinação das duas, devendo sua ponta ou base estar assente em profundidade superior ao dobro de sua menor dimensão em planta, e no mínimo 3,0 m. Neste tipo de fundação incluem-se as estacas e os tubulões.*”

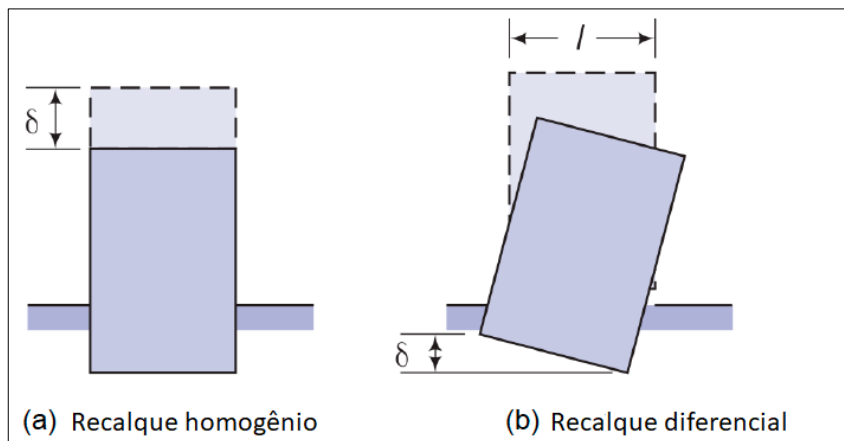
#### **2.4.3 Recalque**

De acordo com a NBR 6122 (1996) o recalque define-se como sendo o deslocamento vertical para baixo sofrido pela base da fundação em relação à superfície do terreno. Esse deslocamento é resultante da deformação do solo proveniente da

aplicação de cargas ou devido ao peso próprio das camadas sobre a qual se apoia o elemento da fundação. Recalque é o fenômeno de rebaixamento de uma edificação devido ao adensamento do solo sob sua fundação. Se esse recalque ocorrer sob uma parte da estrutura da edificação, não ocorrendo na outra, vai provocar o recalque diferencial.

Recalque em fundações acontece quando o contato entre fundação e solo se rompe, fazendo assim com que a fundação afunde mais do que o projetado. Quando ocorre em toda a fundação é chamado de recalque total, quando ocorre em apenas um trecho é chamado de recalque diferencial (Figura 4) (MILITITSKY, 2005). Em toda obra ocorre recalque em fundações, sendo os recalques admissíveis parte importante nas análises e projetos de fundações, definindo um limite a partir do qual se considera problemática a segurança ou o desempenho da estrutura (MILITITSKY, 2005). Os danos causados por recalques podem ser divididos em três grupos: visuais e estéticos (sem riscos de qualquer natureza), danos comprometendo o uso e funcionalidade do prédio e danos estruturais pondo em risco a segurança dos usuários (MILITITSKY, 2005).

Figura 4 - Tipos de recalques.



Autor: BUDHU (2013).

Com finalidade de dar uma noção de ordem de grandeza dos valores, podem-se usar as relações entre recalques máximos e recalques diferenciais máximos admissíveis, sendo para fundações isoladas 25 mm para recalque diferencial e 40 mm para recalque total; para *radiers* recalques máximos da ordem de 50 mm e para fundações em solos argilosos recalques máximos de 40 mm (MILITITSKY, 2005).

Variadas são as causas que geram recalque, uma delas é o Recalque por adensamento de camadas profundas; os perfis de terreno que apresentam camadas subjacentes com SPT menor que na camada sobrejacente, pode causar recalques. Portanto, caso ocorram solos de menor valor do SPT adotado abaixo da cota de apoio da fundação, uma análise de recalques pelo processo teórico será indispensável.

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

Foram utilizados diferentes materiais e métodos distribuídos em etapas as quais serão descritas a seguir.

#### **3.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA**

O levantamento bibliográfico será realizado para buscar os aspectos geológicos, físicos e geotécnicos, aspectos do clima da área estudada e aos diversos temas abordados durante o desenvolvimento do trabalho, através de consultas de livros e artigos sobre temas relacionados. Isso para melhor análise dos dados de campo oriundos de furo de sondagem mista e à percussão.

#### **3.2 LEVANTAMENTO DOS DADOS GEOTÉCNICOS**

Foram levantados 31 furos de sondagem até o presente momento, os quais se encontram distribuídos no núcleo Nova Marabá. As informações geotécnicas que serão utilizadas estão reunidas em 15 relatórios de sondagem mista e 16 de sondagem à percussão, que foram realizados pelas empresas de sondagem GEOTEC, SONDACIL e GEOSOL.

### 3.3 LEVANTAMENTO DA IMAGEM

A partir das coordenadas contidas em todos os relatórios de sondagem foi possível plotar os pontos de todos os furos no *software Google Earth Pro* para a determinação e delimitação da área de estudo.

### 3.4 GEORREFERENCIAMENTO

Para melhor representação dos resultados do estudo por meio de mapas gerados a partir de processos computacionais se fez imprescindível alimentar o sistema de análise espacial com dados georreferenciados por coordenadas (X, Y, Z). As coordenadas dos furos de sondagem mista e à percussão estão contidas em seus relatórios. Desta forma será realizado o georreferenciamento de cada relatório para exposição dos resultados do estudo por meio de mapas a partir dos *softwares Google Earth Pro* e *QGIS 2.2*.

### 3.5 BANCO DE DADOS

Após a triagem dos relatórios de sondagem e do georreferenciamento faz-se necessário a confecção de um banco de dados digital para o armazenamento das informações obtidas, objetivando equipar uma base para o desenvolvimento dos mapas digitais temáticos da Nova Marabá. Os Dados foram organizados e armazenados em tabelas, fazendo uso do *software Microsoft® Excel*. Com os dados dos furos foi possível gerar gráficos de tensão admissível do solo e de composicional do solo.

### 3.6 ELABORAÇÃO DE MAPAS

Serão utilizados *softwares QGis 2.2* para edição dos mapas, *Global Mapper 15.0* para extração das curvas de nível, a partir de imagens de mosaicos de radar *Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)*. Esses mapas serão confeccionados em escala adequada para a melhor indicação das diferentes zonas de risco encontradas no subsolo.

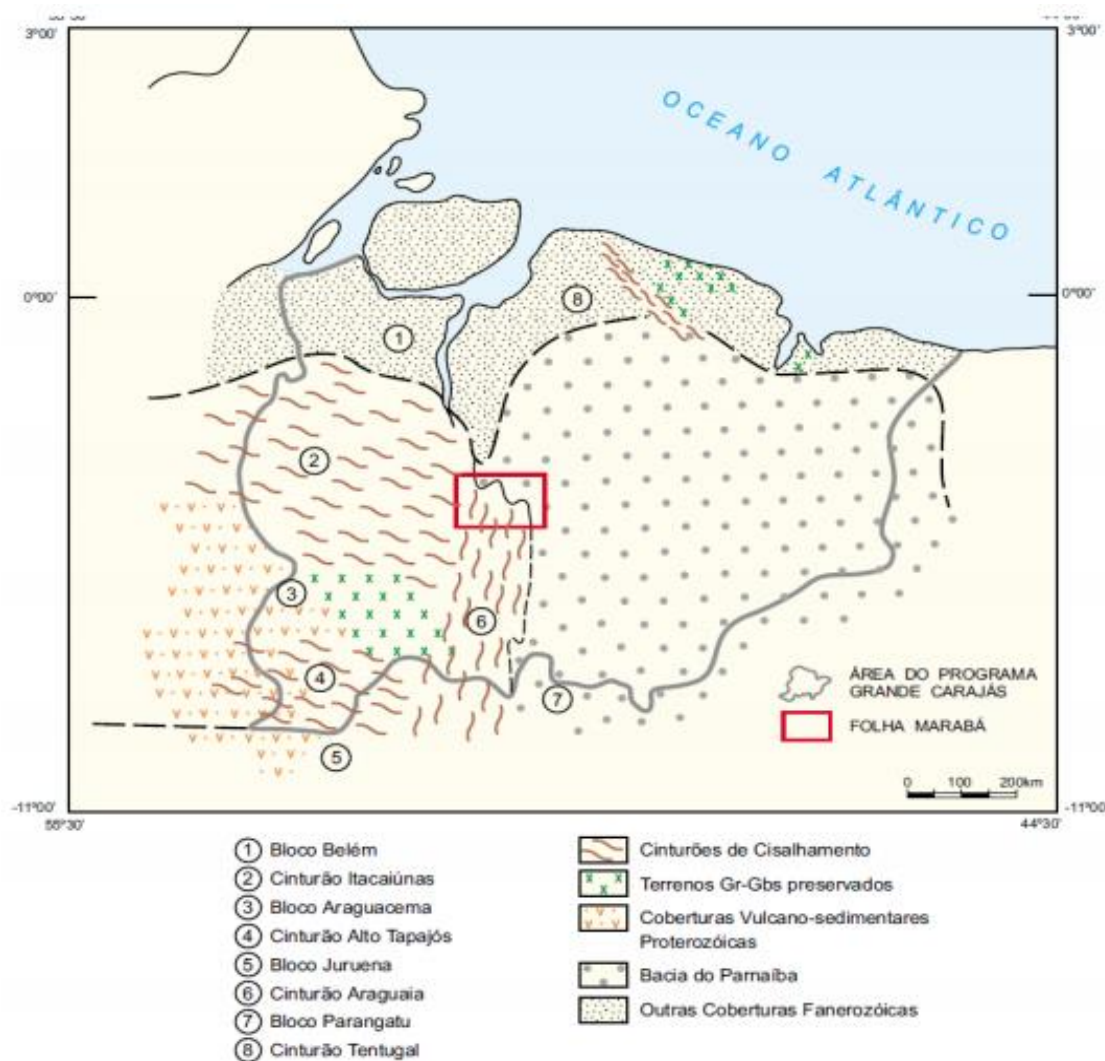
## **4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

A cidade de Marabá apresenta vários aspectos geológicos e geotécnicos distintos, sendo necessária uma contextualização referente à Folha Marabá (SB.22-X-D) em âmbito regional e geotécnico relativo ao núcleo Nova Marabá.

### **4.1 CONTEXTO GEOLÓGICO**

A cidade de Marabá, inserida geograficamente na Folha Marabá (SB.22-X-D), que está inserido no contexto de três amplas províncias geotectônicas (Figura 5), as quais são denominadas de Cinturão de Cisalhamento Itacaiúnas, Cinturão de Cisalhamento Araguaia e Bacia do Parnaíba. (CPRM, 2001). Não obstante, estudos recentes (BARBOSA 2011, SILVA 2012, SOUZA 2012) realizados por graduandos da Faculdade de Geologia de Marabá – UNIFESSPA (FAGEO) apontam a ocorrência de estratos rochosos característicos da sub-bacia do Mocajuba pertencente ao sistema de Gráben do Marajó.

Figura 5 - Contexto geológico/geotectônico regional de parte da Amazônia Oriental.



Fonte - Adaptado de Hasui *et al.*, 1984 e Hasui e Haralyi, 1985 *apud* Almeida et al. 2001.

O Cinturão Itacaiúnas representa o contexto mais antigo deste quadro, sua evolução é atribuída a uma tectônica colisional oblíqua, que incorpora componente direcional sinistral e movimentação de massas rochosas de SW para NE no final do Arqueano a Proterozoico Inferior. Ocupa cerca de 10% da folha sendo dividido em dois domínios litoestruturais.

O Cinturão Itacaiúnas compreende o domínio imbricado com transcorrências associadas, envolvendo rochas da Suíte Metamórfica Bacajaí e do Complexo Xingu, dispostas em padrão anastomosado na direção geral E-W, com inflexões para NW-SE e NE-SW. Suíte Bacajaí ocupa a maior parte do flanco ocidental da folha, compreende

rochas com uma variação de faciologia metamórfica, com paragêneses compatíveis com fácies anfibolito alto a granulito. O Complexo Xingu compreende rochas granitoides (tonalitos, granodioritos e monzogranitos). Situado no extremo-sudoeste da folha, o Grupo Rio Novo constitui uma sequência supracrustal metavulcano-sedimentar, enquanto que, de forma restrita de ocorrência o Grupo Tapirapé, é caracterizado por um conjunto de metabasitos ortoderivados. O Grupo Paredão situa-se de modo geral no flanco sudoeste da folha, e são representados por arenitos ortoquartzíticos.

Já o Cinturão de Cisalhamento Araguaia é representado pelo domínio transcorrente, com cavalgamentos associados onde comparecem rochas dos grupos rio Novo, Tapirapé e Paredão, os quais encontram-se também dispostos em padrão anastomótico com orientação geral WNW-ESE (CPRM, 2001). Segundo CPRM, 2001 o Cinturão Araguaia relacionado ao Proterozoico Inferior a Médio é resultante da atuação de regime compressivo oblíquo sinistral com vergência de SE para NW. Ocupa 40% da folha sendo representado pelas formações Xambioá, Pequizeiro e Couto Magalhães, as quais se apresentam segundo um padrão de imbricamento generalizado. As grandes anisotropias observadas apresentam duas orientações preferenciais. Uma de direção submeridiana configurando os traços das zonas de cisalhamento com caráter de cavalgamento oblíquo sinistral e outra com orientação geral WNW-ESE, representando as zonas de cisalhamento transcorrentes.

Na Formação Couto Magalhães, observa a predominância de um aspecto bastante homogêneo, para a maior parte da unidade, o que se encontra refletido nos sensores remotos de caráter fotográfico. Em termos regionais esta Formação compreende litótipos como filitos, ardósias, xistos (de granulação fina), quartzitos e calcários com baixo grau de metamorfismo. As fácies metamórficas situam-se de xisto-verde baixo a médio, alcançando o grau anquimeta-mórfico caracterizada pela predominância de componentes finos, com destaque para quartzo microcristalino, sericita e clorita. As rochas representativas dos xistos de granulação fina apresentam bandamento composicional paralelo à xistosidade. As espécies pelíticas têm constituição quase monominerálica, compreendendo essencialmente sericita com algum quartzo disseminado (CPRM, 2001).

E a Bacia do Parnaíba possui evolução e deposição de suas unidades geológicas, tanto no Paleozoico quanto no Mesozoico, através da implantação de um regime

distensivo controlado pela estruturação antiga de seu embasamento. No Paleozoico, o referido regime extensional teve o eixo de estiramento máximo orientado segundo a direção NW-SE, enquanto no Mesozoico tal eixo orientou-se segundo a direção NE-SW. Completam o quadro geológico da folha as coberturas cenozoicas compreendendo lateritos, coluviões, eluviões e aluviões, muitas vezes controladas por neoestruturas (CPRM, 2001).

No que se refere ao sistema de Gráben do Marajó, ele abrange uma área de aproximadamente 180.000 Km<sup>2</sup>, sendo formado por um conjunto de sub-bacias: Mexiana, Limoeiro, Cameté e Mocajuba, de noroeste para sudeste, originadas durante abertura do oceano Atlântico Equatorial, no Eocretáceo. O preenchimento das sequências sedimentares da sub-bacia de Mocajuba é representado pelas formações: Jacarezinho/Breves (Albo-Cenomaniano), Anajás (Cenomaniano/Turoniano), Limoeiro (Cretáceo Superior/Terciário Inferior), Marajó (Paleoceno/Mioceno) e Tucunaré/Pirarucu (Quaternário), estas se apresentam empilhados verticalmente em sub-superfície. Já em depósitos sedimentares observados superficialmente, que afloram nas proximidades das cidades de Marabá, Ulianópolis, Paragominas e Salinópolis, têm sido designados de formações: Itapecuru (Albo-Cenomaniano), Ipixuna (Cretáceo Superior/Terciário Inferior), Barreiras (Mioceno), Sedimentos Pós-Barreiras (Plio-Pleistoceno) e coberturas holocênicas (SUGUIO & FULFARO, 1977; LIMA et al., 1987; MELO JR., 1998; VASQUEZ et al., 2008).

#### 4.2. ASPECTOS FÍSICO E GEOTÉCNICO

As unidades geomorfológicas que podem ser encontradas no perímetro urbano de Marabá, tendo como principais unidades a planície fluvial, terraço fluvial, dissecação tabular, dissecação convexa e pediplanos retocado desnudado (MASCARENHAS & VIDAL, 2016).

Segundo a EMBRAPA (2006), solo é uma coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais de origem mineral e orgânica são influenciados pelos organismos, sob a ação de fatores como o clima e o tempo.



Os solos de maior evidência na região estudada são os latossolos vermelho-amarelado, vermelho escuro, cinza escuro e amarelo claro com texturas variáveis de média a argilosa, associados comumente a solos pedzólico. Os latos solos ocorrem quase sempre em chapadões ou superfícies de erosão estabilizada e antiga, nas peneplanícies e flúvio planícies interiores. Nas regiões centrais e sul, predominam os cambissolos distróficos e litólicos, dependendo da natureza litológica do substrato (CASA DA CULTURA DE MARABÁ, 2009).

#### 4.3. ASPECTOS CLIMÁTICOS

O clima é tropical quente e úmido e apresenta duas estações bem definidas: o Verão ou estação seca, entre os meses de abril e outubro; o Inverno ou estação chuvosa, entre novembro e março a temperatura tem uma oscilação entre 23°C a 40°C (CASA DA CULTURA DE MARABÁ, 2009).

##### a) *Umidade Relativa do Ar*

Varia entre 74,7% e 87,6%, tendo o maior índice no mês de fevereiro e o menor em agosto. É importante ressaltar que a umidade a partir do mês de maio até ao meado do mês de novembro é denominado de umidade de transição que pode durante o período apresentar acréscimos e decréscimo.

##### b) *Temperatura do ar*

A temperatura no município de Marabá apresenta média anual de 29,7°C, com máxima mediana de 34,5°C e mínima de 22,8°C, com amplitude térmica de na média de 13,6°C, apresentando na última década o mês de agosto como o mais frio com 21°C e setembro como o mês mais quente com 39,8° C.

##### c) *Vento*

A direção do vento tem predominância para nordeste (NE) e sua velocidade média mensal é de aproximadamente 1,53 m/s, a variação está entre 1,10 m/s e 2,28 m/s, correspondendo aos meses de março e setembro respectivamente. No verão os ventos são mais fortes que na estação chuvosa.

d) *Precipitação Pluviométrica*

A média anual é de 2.052,5 mm, sendo que no período entre os meses de dezembro a abril o índice de precipitação são maiores que nos meses de junho a outubro de menor precipitação anual. O período de transição do inverno para o verão ocorre no mês de maio, ao passo que ao inverso ocorre no mês de novembro.

e) *Evaporação*

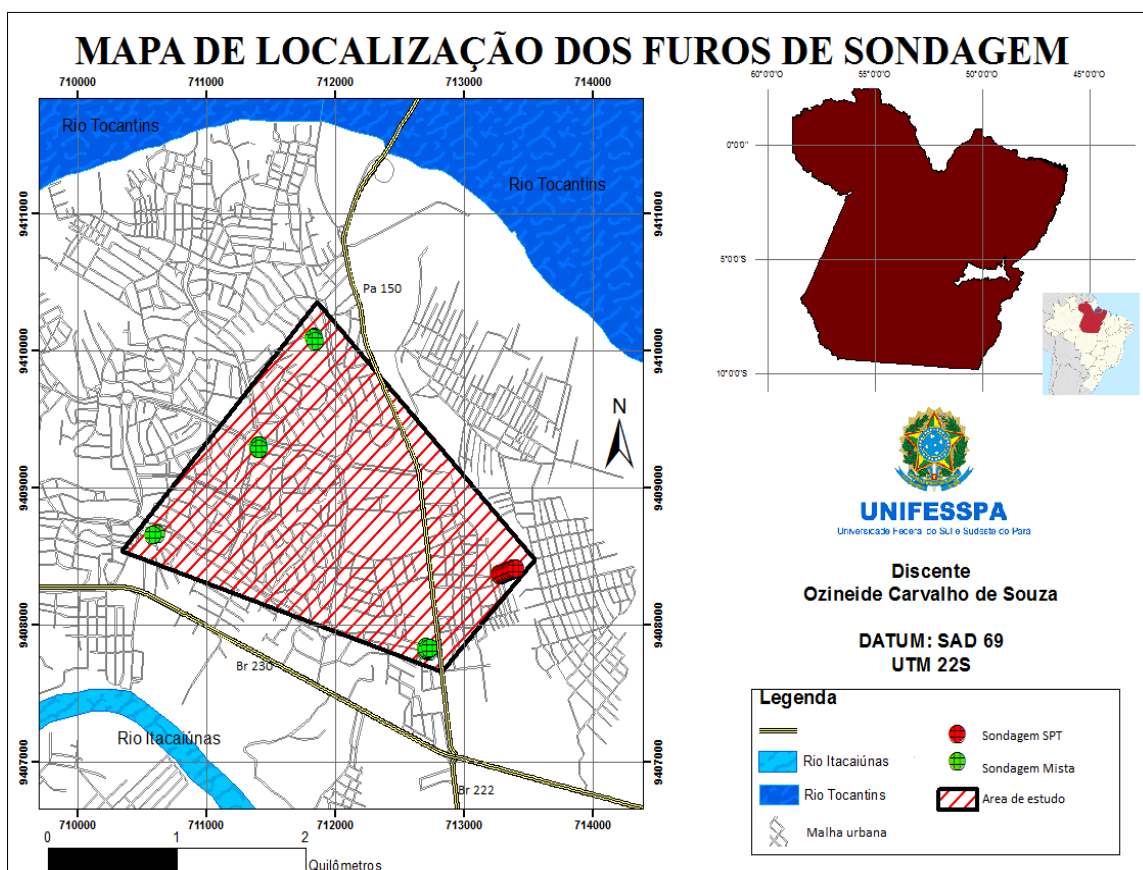
As maiores médias de evaporação acontecem no mês de agosto (33,7mm) devido a temperaturas mais elevadas e chuvas típicas de verão. O menor índice de evaporação é registrado geralmente no mês de fevereiro.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 LOCAÇÕES DOS FUROS E DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A locação dos 15 furos de sondagem mista e 16 a percussão, resultou na delimitação da área de estudo, que abrange cerca de 65,40 km<sup>2</sup>, estando situada no núcleo urbano Nova Marabá no município de Marabá – PA. O mapa da Figura 6 apresenta os limites da área em questão e a distribuição dos 31 (trinta e um) furos inseridos no banco de dados para confecção dos gráficos e mapas digitais temáticos.

Figura 6 - Mapa de localização dos furos e delimitação da área de estudo.



Fonte - Autor.

### 5.2 CARACTERIZAÇÃO DO SUBSOLO

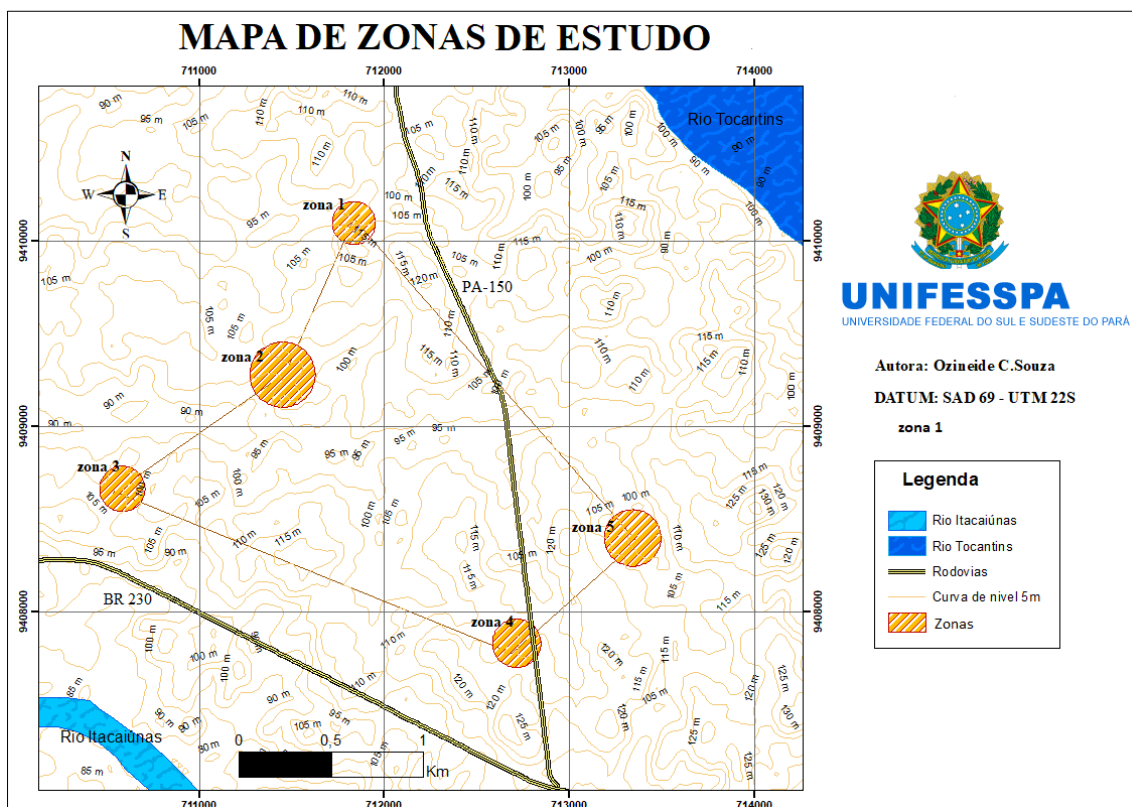
A caracterização do subsolo deu-se pela sua estratigrafia, seus índices de resistência, com os quais foi possível, gerar gráficos de composição das camadas versus profundidade, tensão admissível e zonas de recalque.

Sendo assim, apresentados pelos subitens a seguir o estudo determina a caracterização do subsolo por meio de mapas digitais temáticos que exibem as zonas com dados geotécnicos estudados e o gráfico do comportamento do solo.

### 5.2.1 Mapa de Zonas

Para uma análise inicial, separou-se o polígono de estudo em 05 zonas distintas. (Figura 7). Sendo que as zonas foram determinadas em locais diferentes para se obter um mapeamento do solo mais abrangente.

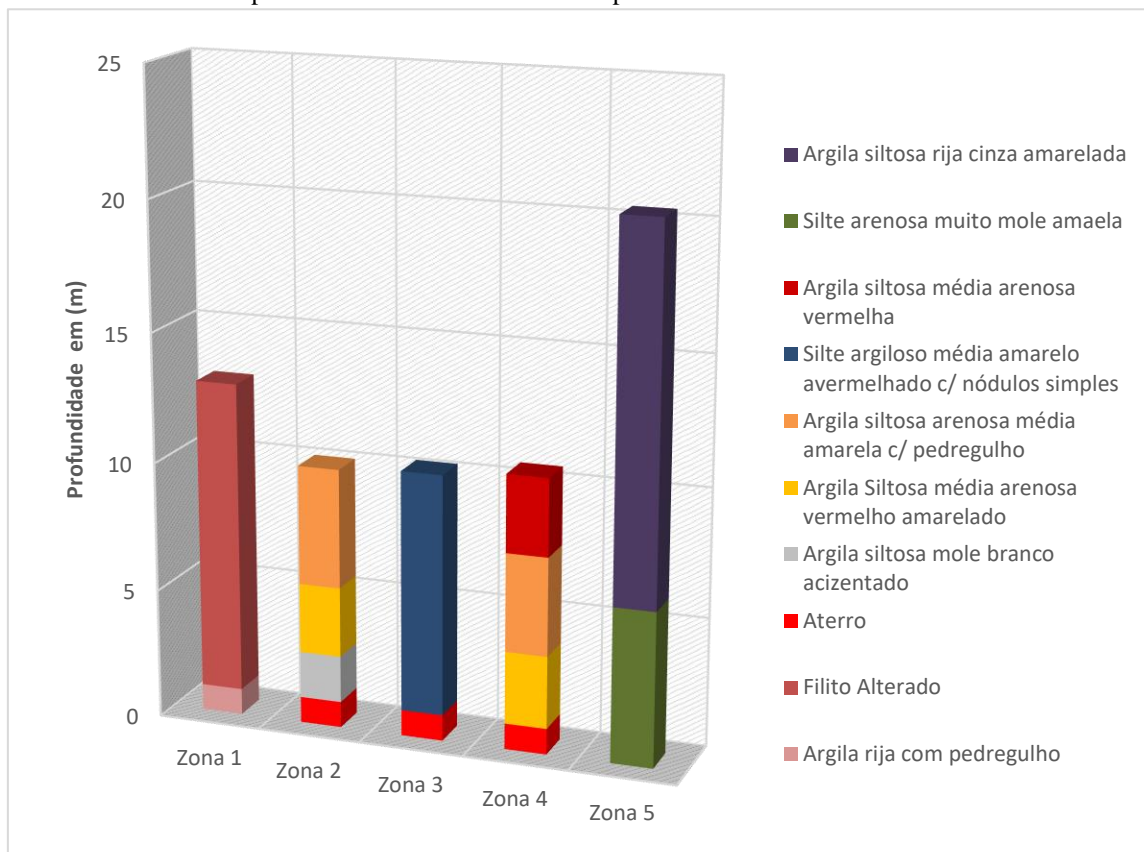
Figura 7 – Mapa de Zonas de estudo.



Fonte - Autor.

A variação das camadas de solo conforme a profundidade estabelecida durante a análise das áreas sondadas é distribuída nas zonas pré-estabelecidas das regiões equidistantes, onde cada área analisada comprovou variações bruscas de composição e tensão admissível do solo. Os tipos de camadas foram distribuídos de acordo com o gráfico 01. Esse gráfico foi gerado utilizando os perfis mais representativos de cada zona.

Gráfico 1 - Gráfico de profundidade média das camadas por zona.



Fonte - Autor.

Observa-se inicialmente, no Gráfico 01, a ocorrência considerável de argila siltosa em todas as 05 zonas e quantidades de silte argiloso, o qual é menos expressivo. Outras observações foram feitas a seguir:

### *Zona 1*

Esta zona se caracteriza por apresentar o pacote de solo menor em comparação com as demais zonas. Os 03 furos que a constituem possuem um pequeno pacote de argila rija com clastos de quartzo com aproximadamente 01 metro de profundidade e um espesso pacote de Filito alterado variando de 12 a 14 metros de profundidade.

### *Zona 2*

Nesta zona foram identificados três tipos de variação de camadas a primeira é uma argila siltosa branca acinzentada, a subjacente é a argila siltosa arenosa vermelha amarelada e a mais antiga a argila siltosa arenosa amarelada. Nota-se que a partir da segunda camada o perfil torna-se mais arenoso. Esta zona é constituída de 06 furos de sondagem, com profundidade média de 10 metros.

### *Zona 3*

Esta zona possui uma única camada espessa de silte argiloso amarelo avermelhado com nódulos branco acinzentados. Estes nódulos aparecem apenas nessa zona de estudo. Seu pacote chega a 10,3 metros de profundidade, constituída de 02 furos de sondagem.

### *Zona 4*

Esta zona é essencialmente argilosa, possui 03 camadas das quais são: a primeira argila siltosa amarela com pedregulhos, argila siltosa arenosa avermelhada e a argila siltosa vermelho amarelado, a profundidade média dos seus furos são 11 metros. Esta zona possui 05 furos de sondagem.

### *Zona 5*

Esta zona é a que possui maior heterogeneidade de camadas dos 15 perfis que a constituem, possuem pacotes mais espessos entre todas as zonas, chegando em profundidades de até 20,45 metros. As suas camadas mais representativas estão constituídas de silte arenoso amarelado e a mais antiga de argila siltosa cinza amarelada.

De acordo com as observâncias da NBR 7250, analisa-se através desses resultados expostos, um solo argilo siltoso predominante para região da Nova Marabá e subordinadamente um solo siltoso argiloso, a areia presente ocorre com maior frequência em forma de veios. Esse resultado composicional do solo corrobora afirmações feitas por pesquisadores da EMBRAPA, (1998) onde diz que os solos de Marabá são Latossolo (zona 05 e 03), Argissolo distroférico (zona 02 e 04) e Cambissolo (zona 01), são típicos de textura argilosa e textura argilosa cascalhenta respectivamente, provenientes de filitos, rochas xistosas, siltitos entre outros.

A Tabela 05 abaixo faz uma síntese de uma comparação das zonas estudadas na Cidade de Marabá, núcleo urbano Nova Marabá. Tal comparação permitiu a extração da média aritmética dentro de cada zona, onde pode se perceber as diferenças nas quantidades de camadas, índice de penetração e presença ou ausência do nível do lençol freático.

A zona 01 e zona 03 apresentam o mesmo número de camadas de solo em seus perfis geotécnicos, em contrapartida exibem o menor número de camadas que as demais zonas.

Apenas as zonas 01 e 05 apresentam presença de água em seus furos. Essas zonas detêm as mais profundas camadas da área de estudo até o impenetrável a percussão.

Tabela 5 - Tabela de dados de comparação entre zonas.

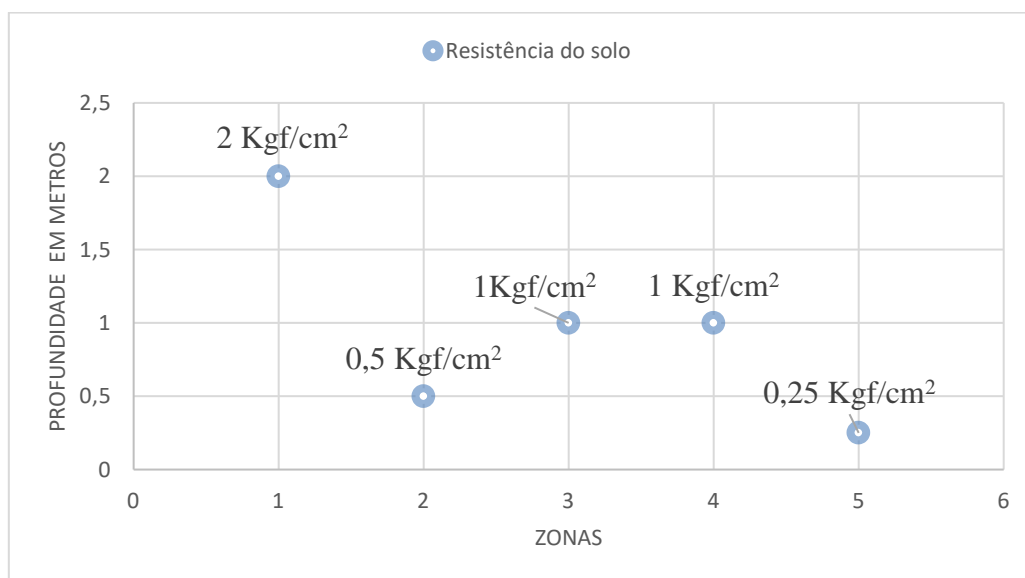
Zonas	Nº de camadas	Quantidade de laudos por zona	N.A (m)	Limite de Sondagem (m)
1	2	3	2 a 8	14
2	3	6	*	9,1
3	2	2	*	8,1
4	5	3	*	12,3
5	1 a 6	15	1,78 a 7	20,45

Fonte - Autor.

### 5.2.2 Resistência do solo

Já a análise das zonas referente à resistência do solo, dá-se conforme a estratigrafia e o número de golpes, com os quais foram utilizados para obtenção do coeficiente de tensão admissível. A tabela utilizada para extrair o valor da tensão é fornecida por Oliveira Filho (1988) (ver Tabela 03). Os valores foram distribuídos por zonas de forma comparativa, adotando profundidades de 03m e 06m, conforme os Gráficos 02 e 03. Esses valores de profundidade foram escolhidos como parâmetros para cálculos de fundações adotados pela NBR 6122.

Gráfico 2 - Tensão admissível X Profundidade 3m.



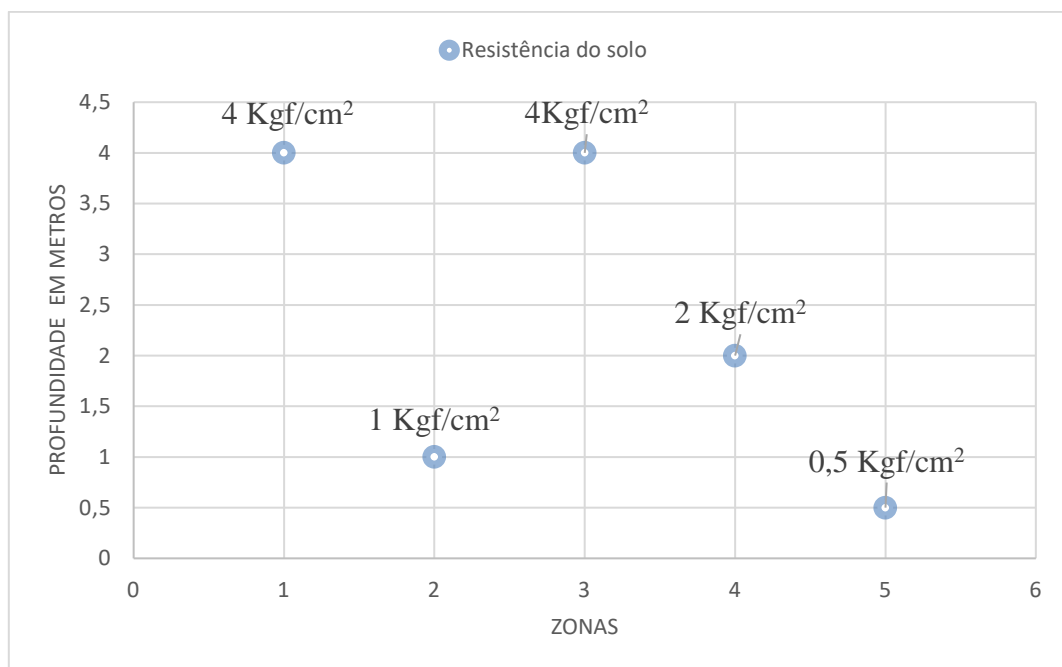
Fonte: Autor.



Observando a o Gráfico 02, com profundidade de 3 m destaca a resistência admissível do solo:

- Zona 01, média de 13 golpes e tensão admissível no solo de 2 kgf/cm<sup>2</sup>.
- Zona 02, média de 5 golpes em sua camada, onde o mesmo atinge uma tensão admissível no solo de 0,5 kgf/cm<sup>2</sup>.
- Zona 03, média 6 golpes e uma tensão admissível no solo de 1 kgf/cm<sup>2</sup>.
- Zona 04, média de 7 golpes e a tensão admissível no solo de 1 kgf/cm<sup>2</sup>.
- Zona 05 teve de 1 a 15 golpes em suas camadas, contudo foi adotado o menor valor, por critério de segurança, logo sua tensão admissível no solo foi 0,25 kgf/cm<sup>2</sup>.

Gráfico 3 - Tensão admissível X Profundidade 6m.



Fonte – Autor.

Observando o Gráfico 03, com profundidade de 6 m destaca a resistência admissível do solo:

- Zona 01, média de 26 golpes e tensão admissível no solo de 4 kgf/cm<sup>2</sup>.
- Zona 02, média de 10 golpes em sua camada, onde o mesmo atinge uma tensão admissível no solo de 1 kgf/cm<sup>2</sup>.
- Zona 03, média 22 golpes e uma tensão admissível no solo de 4 kgf/cm<sup>2</sup>.

- Zona 04, média de 18 golpes e a tensão admissível no solo de 2 kgf/cm<sup>2</sup>.
- Zona 05 tiveram ambos 2 golpes em suas camadas, e conseqüentemente a mesma tensão admissível no solo de 0,25 kgf/cm<sup>2</sup>.

### *Intepretação dos gráficos*

Para a intepretação dos gráficos mister se faz lembrar de algumas definições da NBR 6122, no que diz respeito a fundações rasas e profundas. Em síntese as fundações rasas são aquelas que a carga da estrutura é transmitida diretamente ao solo pela fundação, com profundidade máxima de 3,0m. E as fundações profundas são aquelas em que a carga proveniente da superestrutura é transmitida para a fundação por meio da resistência de ponta e/ou atrito lateral, com profundidade mínima de 3 metros.

Atentando para as definições da NBR 6122, amarrou-se a profundidade de 03 e 06 metros, para se fazer saber, qual ou quais tipo(s) de fundação são mais adequada(s) para cada zona estudada, pois segundo Oliveira Filho (1988) os valores de tensão do solo defini o projeto de ocupação urbana.

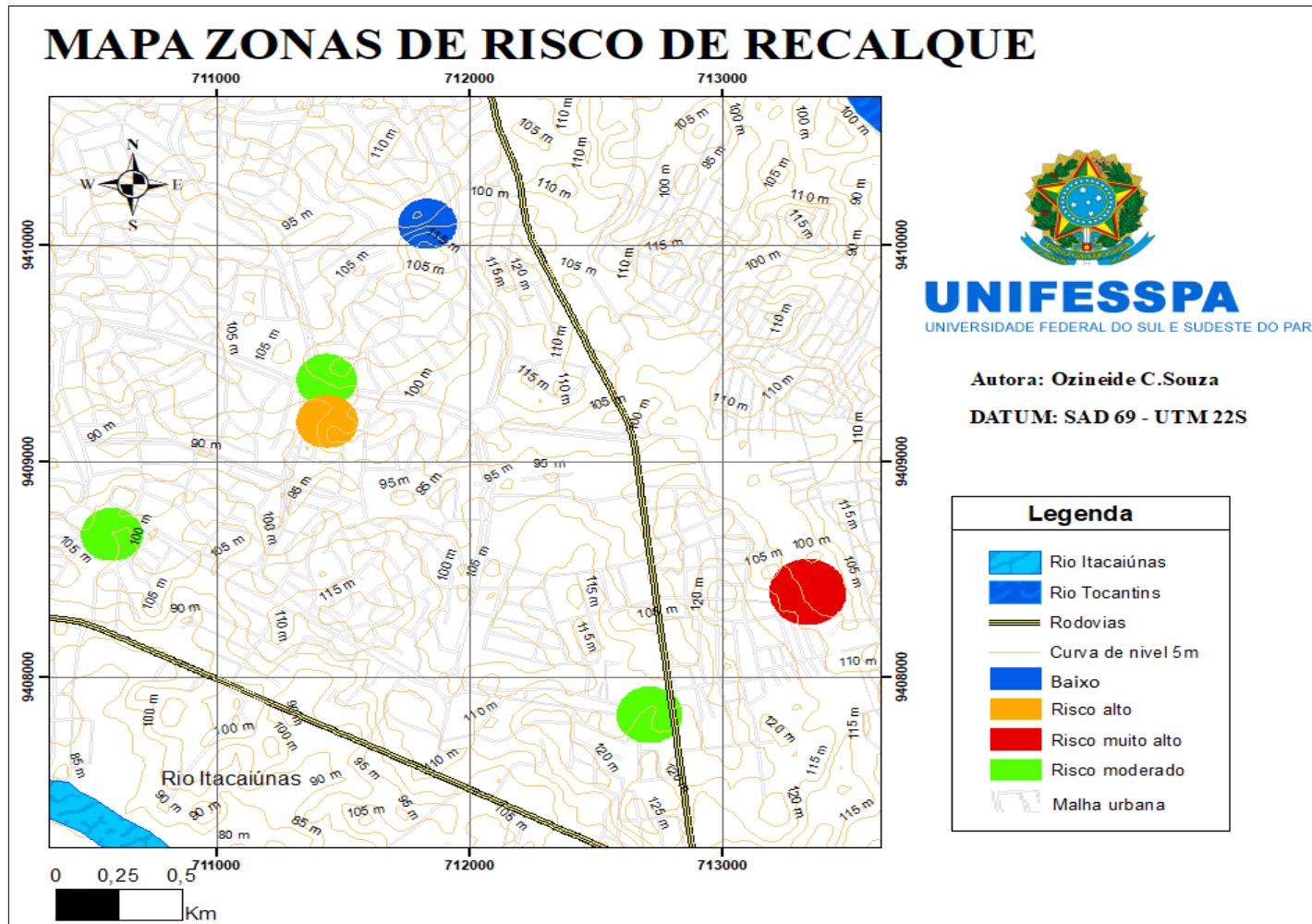
Analisando o Gráfico 2, e correlacionando os seus valores com a tabela de Oliveira filho (1988), as zonas 01,02,03 e 04 oferecem valores de tensão admissível com potencial de resistência para fundações diretas (até 3m) para pequenas cargas.

Já em uma comparação do Gráfico 02 com o Gráfico 03 notou-se o aumento nos números de tensão admissível em todas as zonas. Não obstante, para grandes cargas requer estudos mais aprofundados, uma vez que a quantidade de furos utilizada ainda está aquém do necessário para tal conclusão.

### **5.2.3 Mapa de risco de recalque**

Mediante o grande acervo de informações da área, tal como a sua estratigrafia, índice de cada camada, tensão admissível e nível da água (NA), confeccionou-se o mapa de zonas de risco de recalque, no qual se sugere o mais provável comportamento de modo empírico das camadas de argila siltosa, silte argiloso e silte arenoso identificadas nesta monografia presentes no bairro Nova Marabá (Figura 8).

Figura 8 - Mapa zona de risco de recalque do núcleo urbano nova marabá.



Fonte – Autor.

A zona em azul é a de menor risco de recalque por conta dos seus altos valores de tensão admissível, indicando que seu limite de ruptura proporciona um risco baixo de recalque diferencial, contudo mais estudos devem ser feitos. Já as zonas em verde são as áreas com risco moderado, em virtude dos seus valores de tensão admissível próximo aos coeficientes de segurança adotados por (Salame, 1997).

A zona em laranja (porção da zona 2) possui um risco alto e a zona em vermelho (zona 5) risco muito alto, seus valores de  $N_{spt}$  são baixos, e suas primeiras camadas de solo, possuem consistência mole a muito mole. Segundo Caputo (1988) as argilas moles com baixa resistência à penetração se adensam e reduzem de volume, sob o efeito de pressões. Sendo assim por possuírem tais adjetivos, estas zonas são de maiores riscos que as demais.

Vale ressaltar que, essas zonas foram definidas sem levar em consideração valores de interação solo x estrutura, somente a valores de resistência ao cisalhamento sem nenhuma pressão externa.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A área de estudo localiza-se dentro dos limites do município de Marabá –PA, e está inserida no contexto geológico da Formação Couto Magalhães pertencente ao Cinturão de Cisalhamento Araguaia-Tocantins, possuem algumas rochas das formações Barreiras e Pós-Barreiras pertencentes ao sistema Gráben do Marajó. Através do georreferenciamento de dados de 16 relatórios de sondagem a percussão e 15 relatórios de sondagem mista, foram individualizadas cinco zonas de estudos de características heterogêneas, essa diferença se revelava tanto em quantidade de camadas com em valores ao cisalhamento. O que se deteve em comum foi a faciologia dos solos argilo siltoso e silto argiloso, presentes no bairro Nova Marabá.

Dentre todas, a zona 05, a mais complexa da área de estudo, possui maiores quantidades de camadas. O que mais chama atenção é uma variação muito grande do índice de resistência ( $N_{spt}$ ) de um furo para outro, estando esses a distâncias de apenas 06 metros. A diferença dos índices classifica as camadas em muito mole a rija.

Essa brusca variação pode se tornar um grande problema caso não sejam feitos ensaios de estudo do solo mais elaborados, tendo em vista que o uso desordenado e práticas inadequadas dessa natureza podem gerar problemas em futuras construções.

Outras regiões são passíveis desse mesmo problema da área 05, em virtude de que a NBR 8036 recomenda apenas dois furos de sondagem para cada 200m<sup>2</sup> de projeto em planta, ao passo que a melhor recomendação seria um furo de sondagem para cada elemento de fundação, visto que para terrenos heterogêneos e estruturados essa quantidade de sondagem não seria eficiente. Por isso, além de uma revisão da NBR recomenda-se, se possível, a exigência de profissional de geologia na execução, para melhor eficiência do ensaio e para diminuir chances de recalques e geração de patologias na construção.

Determinar as características do solo de um terreno no qual se pretende ocupar é de fundamental importância para o desenvolvimento urbanístico das cidades. Os dados coletados neste trabalho durante os processos de levantamento de sondagem durante 1 ano, mostram a triste realidade da cidade de Marabá a respeito das investigações geotécnicas, pouquíssimos furos foram feitos na cidade, com uma população urbana com pouco mais de 200.000 mil habitantes. Uma sondagem adequada pode evitar gastos, já que, em geral, é mais custoso encontrar soluções para problemas durante a fase de construção do que durante a fase de projeto. As empresas prestadoras desse serviço devem ser fiscalizadas durante a execução tendo em

vista que, conclusões errôneas interferem negativamente na escolha e dimensionamento da fundação, ocupação de áreas de riscos, não somente de recalque, mas de alargamento e desmoronamentos em regiões rebaixadas.

A respeito da tensão admissível, segundo a NBR 6122/96, a capacidade de carga obtida por métodos empíricos consiste na consulta de tabelas com valores pré-fixados em função da descrição do terreno (granulométrica e compacidade). A norma estabelece que esses valores devem servir apenas como orientação inicial, pois a própria norma define que a capacidade de carga de um solo depende do embutimento, dimensão, forma da fundação, características dos solos, nível da água, características da obra (rigidez) e recalques admissíveis.

Estudos preliminares a partir dos resultados demonstrados por este trabalho podem determinar até mesmo a inviabilidade ou viabilidade técnica-econômica para futuros empreendimentos. Porém, não se dispensa a necessidade de executar relatórios de sondagem para elaboração de projetos finais.

Recomenda-se que os estudos geotécnicos em escala de detalhes na cidade de Marabá não se restrinjam somente a esse trabalho, mas que se ampliem as linhas de investigação em todos os núcleos da referida cidade, para que possa fornecer maiores informações acerca das condições do subsolo e serem utilizadas pelos órgãos públicos no planejamento urbano, pois é através de suas características físico-ambientais que se pode dar a destinação adequada a cada território.

Contudo, considera-se que os objetivos propostos na pesquisa foram alcançados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, H.G.; MARINHO, P.A.C.; MARTINS, R.C. **Marabá Folha SB.22-X-D: estados do Pará, Maranhão e Tocantins: escala 1:250.000**. Brasília: CPRM, 2001. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9603 – **Sondagem a trado. Rio de Janeiro** – RJ. 2015.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6484 – **Execução de sondagens de simples reconhecimento dos solos**. Rio de Janeiro – RJ. 2010

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7250 – **Identificação e descrição de amostras de solos obtidas em sondagens de simples reconhecimento dos solos**. Rio de Janeiro – RJ. 1982.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 8036 – **Programação de sondagens de simples**. Rio de Janeiro – RJ. 1983.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6122 – **Projeto e execução de fundações**. Rio de Janeiro – RJ. 1996.

BUDHU, Muni. **Fundações e estruturas de contenção**; [tradução e revisão técnica] Luiz Antônio Vieira Carneiro, Maria Esther Soares Marques. - 1.ed –Rio de Janeiro : LTC, 2013.

BARBOSA, R.C.F. **Análise do Nível de Metais no Rio Itacaiúnas e Afluentes nas Proximidades do Distrito Industrial de Marabá, Sudeste do Pará. Trabalho de Conclusão de Curso** – Universidade Federal do Pará, Marabá. 2011. 83f.

CASA DA CULTURA DE MARABÁ, 2009. Arquivo pessoal fornecido em mídia.

CPRM/DIEDIG/DEPAT.; Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB. Marabá – Folha SB.22-X-D, Estado do Pará, Maranhão e Tocantins. Escala 1:250.000 / Organizado por Herbert Georges de Almeida, Paulo Augusto da Costa Marinho e Ruy Célio Martins – Brasília:, 2001.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos 2ª edição, Embrapa Solos, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento Brasília, DF, 2006.

HACHICH, Waldemar, FALCONI, Frederico F., SAES, José L., FROTA, Régis G. Q., CARVALHO, Celso S., NIYAMA, Sussumu. **Fundações: Teoria e Prática**. 2 ed. São Paulo: Pini, 1998.

HASUI, Y.; TASSINARI, C.C.G.; SIGA, JR., O.; TEIXEIRA, W.; ALMEIDA, F.F.M.; KAWASHITA, K. **Datações Rb-Sr e K-Ar do Centro Norte do Brasil e seu significado geológico-geotectônico**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31., Camboriú, Anais..., 1980. v. 5., p.2659-2667.

INSTRUÇÃO NORMATIVA DE SONDAÇÃO A TRADO, Conselho administrativo do Departamento de estrada e Rodagem, Resolução CA – IN 05/94 Santa Catarina

INSTRUÇÃO NORMATIVA DE SONDAÇÃO ROTATIVA, Conselho administrativo do Departamento de estrada e Rodagem, Resolução CA – IN 07/94 Santa Catarina.

LIMA, H.P. **Notas sobre a análise estratigráfica da Bacia de Marajó**. Belém: Petrobrás, p. 34, 1987.

MASCARENHAS Santos, Abraão Levi; VIDAL, Maria Rita. **Notas Preliminares de Geomorfologia Urbana e Meio Ambiente na Cidade de Marabá-Pa**. Boletim Amazônico de Geografia, v. 2, n. 03, 2016.

MELO JR., H. R.; 1998. **Neotectônica na região da cidade de Marabá-Pa**: 1-63. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal do Pará, Belém.

MILITITSKY, J.; CONSOLI, N. C.; SCHINAID, F. **Patologias das Fundações**. 1ª. ed. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2005. 191p.

OLIVEIRA FILHO.; **Fundações**. vol. 1 – Rio de Janeiro – RJ, 1988.

OLIVEIRA JUNIOR, R.C. de; RODRIGUES, T.E.; SILVA, J.M.L da; VALENTE, M.A. **Caracterização físico-hídrica dos principais solos da região de Marabá-Carajás, Estado do Pará**. Belém: Embrapa-CPATU, 1998. 43p. (Embrapa-CPATU. Boletim de Pesquisa, 205).

PREFEITURA MUNICIPAL DE MARABÁ. Dica de Leitura. Disponível em <http://maraba.pa.gov.br/mapa-da-cidade/>. Acesso em 24/01/2017 as 10:00h.

SALAME, Antônio Massoud; ALENCAR JÚNIOR, Júlio Augusto de. **Fundações em Belém – PA: práticas e mapeamentos**. Belém: UNAMA, 2006. Monografia de Conclusão de Curso.



SILVA, A.N.P. **Levantamento Hidrogeológico no núcleo Cidade Nova, Marabá – PA.** Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal do Pará, Marabá. 2012. 77f.

SOUZA, S. C. R.; 2012. **Fácies e estratigrafia da sedimentação proximal da Formação Barreiras, Sub-Bacia de Mocajuba, Sul do Sistema de Gráben do Marajó, região de Marabá.** 1-48. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal do Pará, Marabá.

SUGUIO, Kenitiro; FULFARO, Vicente José. **Geologia da margem ocidental da bacia do Parnaíba (Estado do Pará).** Bol. IG (online). 1977, vol. 8 pp. 31-54.

VASQUEZ, M. L. et al.; 2008. **Geologia e Recursos Minerais do Estado do Pará: Sistema de Informações Geográficas – SIG:** texto explicativo dos mapas Geológico e Tectônico e de Recursos Minerais do Estado do Pará. Escala 1:1.000.000. Belém: CPRM, 2008.