

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAPÁ  
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL  
CAMPUS MACAPÁ

TAYLOR ELIAN SOUSA GUIMARÃES  
SIMONE DIAS AGUIAR

**ANÁLISE DE SOLOS POR MEIO DE SONDADEGEM SPT - ESTUDO DE CASO NA  
CIDADE DE MACAPÁ-AP**

MACAPÁ - AP  
2025

TAYLOR ELIAN SOUSA GUIMARÃES  
SIMONE DIAS AGUIAR

**ANÁLISE DE SOLOS POR MEIO DE SONDAAGEM SPT - ESTUDO DE CASO NA  
CIDADE DE MACAPÁ-AP**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá, em cumprimento às exigências legais como requisito avaliativo à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Natasha Cristina da Silva Costa

Biblioteca Institucional -  
IFAP  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

---

- G963a    Guimaraes, Taylor Elian Sousa  
          Análise de solos por meio de sondagem SPT - Estudo de caso na cidade de Macapá-AP /  
          Taylor Elian Sousa Guimaraes, Simone Dias Aguiar . - Macapá, 2025.  
          30 f.
- Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -- Instituto Federal de Educação,  
          Ciência e Tecnologia do Amapá, Campus Macapá,  
          Bacharelado em Engenharia Civil, 2025.
- Orientadora: Dr<sup>a</sup> Natasha Cristina da Silva Costa.
1. análise de solos . 2. laudo SPT. I. Aguiar , Simone Dias. I. Costa, Dr<sup>a</sup> Natasha  
          Cristina da Silva, orient. II. Título.
- 


Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica do  
IFAP com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

TAYLOR ELIAN SOUSA GUIMARÃES  
SIMONE DIAS AGUIAR

**ANÁLISE DE SOLOS POR MEIO DE SONDAAGEM SPT - ESTUDO DE CASO NA  
CIDADE DE MACAPÁ-AP**


Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá, em cumprimento às exigências legais como requisito avaliativo à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

**BANCA EXAMINADORA**

Documento assinado digitalmente  
 **NATASHA CRISTINA DA SILVA COSTA**  
Data: 29/01/2026 13:46:44-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


---

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Natasha Cristina Da Silva Costa - Presidente**  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá

Documento assinado digitalmente  
 **AGOSTINHO ALVES DE OLIVEIRA JUNIOR**  
Data: 29/01/2026 17:33:27-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Prof. Dr. Agostinho Alves De Oliveira Junior, Membro da banca – Examinador**  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá

Documento assinado digitalmente  
 **MARCIO RODRIGO NUNES DE SOUZA**  
Data: 29/01/2026 14:56:52-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Prof. Dr. Marcio Rodrigo Nunes De Souza, Membro da banca - Examinador**  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá

Apresentado em: 10/12/2025.  
Conceito/Nota: 100

"Entrega o teu caminho ao Senhor; confia nele, e ele tudo fará." - Salmos 37:5

## AGRADECIMENTOS

Escrever estas linhas tem um significado que transcende a conclusão de um curso. Chegar até aqui foi uma batalha diária. Minha trajetória foi marcada por caminhos sinuosos e por uma luta silenciosa, repleta de altos e baixos na minha saúde. Houve momentos em que o corpo pediu pausa, em que a dor ou o cansaço tentaram me paralisar e em que o sonho do diploma pareceu distante. Mas a vontade de vencer foi o meu melhor remédio.

Ser uma das primeiras da minha família a conquistar o ensino superior é a prova de que a resiliência corre no meu sangue. Este diploma não é apenas meu; é a materialização de um esforço coletivo.

Agradeço, primeiramente, à Vida, por me permitir estar aqui hoje, e ao Universo, por conspirar para que eu encontrasse forças onde nem sabia que existiam, renovando minha esperança a cada amanhecer.

Minha eterna gratidão à minha avó, Maria Filismina. Minha matriarca, a senhora é a rocha da nossa família. Sua força atravessa gerações e foi o seu exemplo de mulher guerreira que me ensinou a levantar a cabeça para superar todos os problemas.

Aos meus pais, Wane Belo e Marcelo Padilha, que me deram a vida e lutaram bravamente para que eu tivesse um futuro. Obrigada por todo o cuidado, por cada sacrifício feito em silêncio.

Ao meu namorado, Lucas Vasconcelos, o amor da minha vida e meu maior parceiro. Obrigada por segurar minha mão não só nas alegrias, mas principalmente nos momentos de crise. Sua paciência em respeitar meu tempo e seu incentivo constante foram o combustível que eu precisava para não desistir. Você tornou essa jornada possível e muito mais leve.

À minha orientadora, Profa. Dra. Natasha Costa, minha profunda gratidão. Obrigada pela maestria na condução deste trabalho, pela paciência e por acreditar na minha capacidade acadêmica mesmo diante dos meus desafios pessoais. Sua orientação foi um farol fundamental para a conclusão desta etapa.

Por fim, agradeço aos amigos, familiares e professores que compreenderam minhas limitações, respeitaram meus momentos de ausência e vibraram com minhas vitórias. Eu venci, e essa conquista é nossa.

*Simone Dias Aguiar*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, por sustentar cada passo da minha trajetória, por me conceder força nos momentos difíceis, serenidade diante dos desafios e determinação para chegar até aqui. Sua presença foi meu guia constante em toda esta caminhada.

À minha família, minha maior riqueza e razão de tantas conquistas, deixo minha profunda gratidão. Ser o primeiro graduado da família é um privilégio e também uma responsabilidade que carrego com orgulho. Esta vitória representa não apenas o meu esforço, mas o sonho de todos que acreditaram em mim desde o início.

À minha mãe, Lenilce, mesmo distante fisicamente, sua presença sempre se fez sentir em cada conselho, em cada palavra de apoio e em cada demonstração de amor. A saudade nunca diminuiu, mas sua força me acompanhou todos os dias, especialmente nos momentos em que pensei em desistir. Obrigado, mãe, por ser meu exemplo e meu porto seguro mesmo de longe.

À minha avó, Zeneide, cuja distância nunca foi capaz de diminuir o carinho, a fé e a inspiração que sempre me ofereceu. Suas palavras e seu amor atravessaram quilômetros para me fortalecer e lembrar de onde venho e para onde quero chegar.

Aos meus tios e tias, que nunca deixaram a distância impedir o apoio, o incentivo e o cuidado. Estar em outro estado, longe de todos, não teria sido possível sem cada gesto de presença que recebi, mesmo estando sozinho. Vocês foram parte essencial para que eu permanecesse firme no propósito.

A todos vocês, minha gratidão eterna. Este TCC é fruto de estudo e dedicação, mas também do amor, da força e do apoio que recebi, mesmo com tantos quilômetros entre nós. Esta conquista é nossa.

Muito obrigado.

*Taylor Elian Sousa Guimaraes*

## RESUMO

Este trabalho analisa 62 laudos de sondagem SPT realizados em 20 bairros da cidade de Macapá, no Amapá, com o objetivo de identificar os tipos de solo predominantes, avaliar sua resistência e verificar as implicações para o dimensionamento de fundações. A metodologia incluiu a coleta de dados de perfis estratigráficos, valores de NSPT e nível d'água, aplicando fórmulas empíricas reconhecidas, como as de Terzaghi & Peck, Meyerhof e Décourt & Quaresma, para estimativa da capacidade de carga admissível. Os resultados mostram grande variabilidade geotécnica, com solos moles e orgânicos em áreas alagadiças e solos mais resistentes em regiões elevadas. Bairros como Nova Esperança, Açaí e Beiril apresentam solos de baixa resistência, exigindo fundações profundas. Já Infraero, Santa Inês e São Lázaro possuem solos compatíveis com fundações rasas. O estudo reforça a importância de investigações geotécnicas específicas e de critérios de projeto adaptados às condições do subsolo de Macapá.

Palavras-chave: investigação geotécnica; SPT; classificação de solos; Macapá; carga admissível.

## **ABSTRACT**

This study analyzes 62 SPT (Standard Penetration Test) reports conducted in 20 neighborhoods of Macapá, Amapá, aiming to identify the predominant soil types, evaluate their resistance, and understand their implications for foundation design. The methodology involved collecting stratigraphic profiles, NSPT values, and groundwater levels. Empirical formulas widely used in geotechnical engineering, such as those proposed by Terzaghi & Peck, Meyerhof, and Décourt & Quaresma, were applied to estimate the allowable bearing capacity. The results show high geotechnical variability, with soft and organic soils in lowland and floodprone areas, and more resistant soils in higher regions. Neighborhoods such as Nova Esperança, Açaí, and Beírol present low-resistance soils requiring deep foundations, while areas like Infraero, Santa Inês, and São Lázaro have soils suitable for shallow foundations. The study reinforces the importance of localized geotechnical investigations and the adoption of design criteria adjusted to the subsoil conditions of Macapá.

Keywords: geotechnical investigation; SPT; soil classification; bearing capacity; Macapá; foundations.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVO .....</b>	<b>11</b>
<b>2.1</b>	<b>Geral.....</b>	<b>11</b>
<b>2.2</b>	<b>Objetivos específicos .....</b>	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>12</b>
<b>4</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>13</b>
<b>4.1</b>	<b>Ensaio SPT (Standard Penetration Test).....</b>	<b>13</b>
<b>4.2</b>	<b>Determinação da resistência do solo.....</b>	<b>13</b>
<b>4.3</b>	<b>Boletim de sondagem.....</b>	<b>14</b>
<b>4.4</b>	<b>Solos .....</b>	<b>16</b>
<b>5</b>	<b>ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>17</b>
<b>5.1</b>	<b>Coleta e organização dos dados .....</b>	<b>21</b>
<b>6</b>	<b>RESULTADOS OBSERVADOS .....</b>	<b>22</b>
<b>6.1</b>	<b>Cálculos da capacidade de carga admissível.....</b>	<b>22</b>
<b>6.2</b>	<b>Análise dos solos reconhecidos nas áreas estudadas .....</b>	<b>26</b>
<b>6.2.1</b>	<b>Presença de solos orgânicos e argilas moles .....</b>	<b>26</b>
<b>6.2.2</b>	<b>Solos resistentes em profundidades intermediárias.....</b>	<b>27</b>
<b>6.2.3</b>	<b>O ensaio SPT como ferramenta de decisão.....</b>	<b>27</b>
<b>6.2.4</b>	<b>Necessidade de diretrizes técnicas locais.....</b>	<b>28</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>29</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>30</b>

## **1 INTRODUÇÃO**

A investigação geotécnica é fundamental no planejamento de obras, pois permite conhecer as características do subsolo e escolher fundações seguras e adequadas. Dentre os métodos mais utilizados, destaca-se o Ensaio de Penetração Padrão (SPT), regulamentado pela NBR 6484 (2020), que fornece dados sobre a resistência do solo e sua estratigrafia, sendo amplamente utilizado como base para o projeto de fundações conforme as diretrizes da NBR 6122 (2019). Na cidade de Macapá, essa etapa se torna ainda mais essencial devido à presença de solos com baixa resistência e alta variabilidade, comuns em regiões de várzea e áreas alagadas.

A ausência de uma investigação detalhada pode gerar problemas como recalques, instabilidade e aumento de custos nas obras. Este trabalho tem como objetivo analisar 62 laudos de sondagem SPT realizados em bairros de Macapá, buscando identificar os tipos de solo predominantes, avaliar sua resistência e compreender as implicações para o dimensionamento das fundações.

## **2 OBJETIVO**

### **2.1 Geral**

Analisar os laudos de sondagem SPT da região de Macapá, visando identificar os tipos predominantes de solo, sua resistência e implicações na escolha de fundações adequadas para edificações e infraestrutura urbana.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Levantar e organizar dados de sondagens do tipo SPT realizadas na cidade de Macapá;
- Determinar a Resistência dos solos a partir dos dados coletados dos laudos de sondagem;
- Classificar os tipos de solos encontrados com base na estratigrafia e resistência à penetração (NSPT);
- Identificar áreas com presença de solos problemáticos, como argilas orgânicas e solos de baixa resistência;
- Contribuir com informações técnicas que subsidiem o planejamento urbano e a segurança das construções na cidade de Macapá.

### 3 METODOLOGIA

Este estudo foi conduzido com abordagem quantitativa e caráter descritivo. Foram analisados 62 laudos de sondagens do tipo SPT (Standard Penetration Test), com diversos furos para cada laudo, utilizando uma média de 5 a 6 furos por laudo, realizados em bairros da cidade de Macapá, Amapá. Os laudos foram emitidos por empresas registradas no CREA, atendendo aos seguintes critérios de seleção: localização dentro do município de Macapá, conformidade com a norma NBR 6484:2020 e completude dos dados (valores de NSPT, perfil estratigráfico e nível d'água).

As informações extraídas incluíram profundidade total, tipo de solo por camada (com base em classificação tátil-visual), valores de NSPT por metro, presença de materiais orgânicos ou pedregulhos e observações sobre consistência. Os dados foram sistematizados em planilha eletrônica e classificados conforme os critérios estabelecidos pela NBR 6502:1995, além dos parâmetros empíricos de Terzaghi & Peck (1967), Meyerhof (1956), Décourt & Quaresma (1978), em consonância com as recomendações para investigação geotécnica e dimensionamento de fundações estabelecidas pela NBR 6122:2022.

As análises realizadas incluíram: cálculo da média de NSPT entre 2 e 7 metros de profundidade; distribuição dos tipos de solo por bairro; identificação de camadas críticas ( $NSPT < 5$ ); e estimativas de capacidade de carga admissível por meio das formulações propostas por Terzaghi & Peck (1967), Meyerhof (1956) e Aoki & Décourt & Quaresma (1978). O conjunto de dados obtido serviu de base para avaliar a adequação de fundações rasas ou profundas, conforme o perfil estratigráfico e a resistência dos solos encontrados em cada localidade, atendendo aos critérios de segurança e desempenho previstos na NBR 6122:2022.

## 4 REFERENCIAL TEÓRICO

### 4.1 Ensaio SPT (Standard Penetration Test)

O Ensaio de Penetração Padrão (SPT – Standard Penetration Test) é amplamente empregado na investigação geotécnica devido à sua capacidade de fornecer informações quantitativas e qualitativas sobre o solo. Ele permite avaliar a resistência à penetração do solo e determinar sua estratigrafia, sendo fundamental para a concepção de projetos de fundações e estruturas de contenção, é um ensaio normatizado pela NBR 6484 (2020).

- Os principais objetivos e aplicações do ensaio SPT incluem:
- Determinação do Índice de Resistência à Penetração (NSPT)
- Classificação e Estratigrafia do Solo
- Escolha do Tipo de Fundação

### 4.2 Determinação da resistência do solo

A partir dos valores de NSPT, é possível correlacionar a resistência do solo com sua capacidade de suporte, utilizando fórmulas empíricas baseadas na literatura geotécnica. As fórmulas utilizadas para estimar a capacidade de suporte dos solos com base no NSPT são as propostas por Terzaghi & Peck (1967), Meyerhof (1956), Décourt & Quaresma (1978).

Na Tabela 1 apresenta-se o valor de  $f$  para cada tipo de solo e na Tabela 2 são apresentadas as formulas matemáticas.

Tabela 1 - Representação de  $f$  para cada tipo de solo.

<b>Tipo de Solo</b>	<b>Intervalo comum de <math>f</math> (kPa)</b>
Argila muito mole	20 – 30
Argila mole	30 – 50
Argila média	50 – 80
Argila rija	80 – 100
Argila muito rija / dura	90 – 120
Areia fofa	30 – 50
Areia média	50 – 80
Areia compacta	80 – 120

Fonte: Autores (2025).

Tabela 2 - Fórmulas empíricas relacionando resistência do solo com capacidade de suporte.

<b>Autor</b>	<b>Fórmula empírica</b>	<b>Observações</b>
Terzaghi & Peck (1967)	$q_{adm} = 0,4 \times N \times 100 \text{ kpa}$	Solo arenoso, fundações rasas, profundidade até 2 m
Meyerhof (1956)	$q_{adm} = N \times 100 \text{ kpa}$	Solo arenoso ou coesivo com $N > 10$
Décourt & Quaresma (1978)	$q_{adm} = f \times N \text{ kpa}$	f varia de 20 a 120 conforme tipo de solo

Fonte: Autores (2025).

A aplicação dessas fórmulas deve ser feita com cautela, considerando as características geológicas locais, o histórico da região e sempre que possível complementadas por ensaios laboratoriais. No contexto da cidade de Macapá, onde predominam solos de baixa resistência e alta variabilidade, essas estimativas fornecem uma base preliminar importante para a escolha do tipo de fundação mais adequado, especialmente em áreas onde os valores de NSPT variam significativamente com a profundidade.

#### 4.3 Boletim de sondagem

O boletim de sondagem é um documento técnico que registra todas as informações obtidas durante a execução de uma sondagem geotécnica, especialmente do tipo SPT (Standard Penetration Test). Ele é fundamental para a caracterização do solo, servindo de base para o dimensionamento de fundações e outras decisões de projeto na engenharia civil.

Esse boletim é elaborado por empresas especializadas em investigações geotécnicas, devidamente registradas no CREA (Conselho Regional de Engenharia e Agronomia), e deve ser assinado por um profissional legalmente habilitado, geralmente um engenheiro civil ou geotécnico. A elaboração e formatação dos boletins seguem as normas técnicas da ABNT, especialmente a NBR 6484:2020, que trata da execução de sondagens de simples reconhecimento dos solos com SPT.

Os dados contidos no boletim incluem a descrição das camadas do solo, os valores de resistência à penetração (NSPT), a presença de água, a profundidade atingida e observações sobre o tipo de material encontrado.

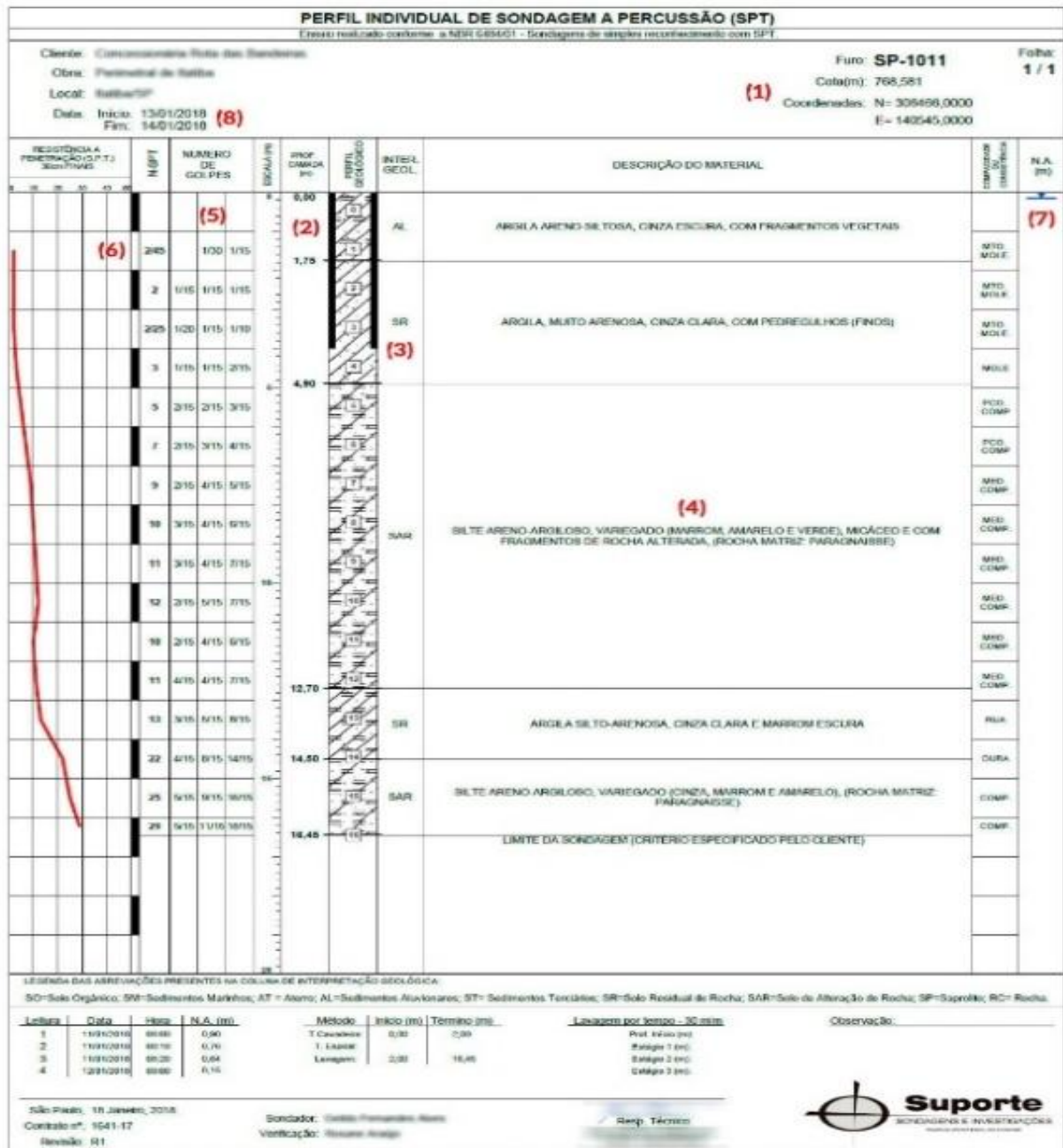
Também podem constar informações como coordenadas geográficas, cota da boca do furo e interpretação geológica preliminar.

Esse documento é indispensável em projetos de fundações, contenções, obras

de pavimentação e planejamento urbano, pois oferece subsídios técnicos essenciais para a análise da capacidade de suporte do solo e a identificação de possíveis riscos geotécnicos.

O Boletim de Sondagem deve trazer informações do solo investigado, tais como as descritas na NBR 6484 (2020). Na figura 1 apresenta-se um modelo de boletim SPT.

Figura 1 - Modelo de Boletim de Sondagem a Percussão (SPT) com destaque para os 8 itens solicitados pela NBR 6484 (2020).



Fonte: SUPORTE SOLOS. Sondagem a percussão (SPT): informações que devem conter no relatório de sondagem (2021).

#### 4.4 Solos

A caracterização do solo é um dos aspectos mais importantes em qualquer estudo geotécnico, pois as propriedades físicas e mecânicas do subsolo influenciam diretamente na escolha do tipo de fundação, no comportamento da estrutura ao longo do tempo e na segurança da edificação.

No presente trabalho, foram analisados 62 laudos de sondagem realizados na região da cidade de Macapá, com base nos quais foi possível identificar a composição estratigráfica predominante e classificar os tipos de solo mais recorrentes segundo critérios tátil-visuais e o índice de resistência à penetração (NSPT).

A apresentação e descrição dos solos foram realizadas conforme os boletins de sondagem padrão definidos pela ABNT NBR 6484:2020. Essa norma orienta que cada camada identificada seja descrita com base em aspectos como textura (argilosa, arenosa, silto-argilosa, etc.), cor, presença de materiais orgânicos ou pedregulhos, consistência e grau de umidade. Além disso, a sequência e espessura das camadas são registradas, juntamente com os valores de NSPT obtidos a cada metro.

A descrição e a classificação dos solos são etapas fundamentais nos estudos geotécnicos, especialmente no contexto da elaboração de laudos de sondagem. Os diferentes tipos de solo encontrados em subsolos urbanos e naturais influenciam diretamente o comportamento das fundações e das estruturas, sendo imprescindível sua identificação adequada por meio de critérios padronizados. Conforme estabelecido pela NBR 6484:2020, os laudos de sondagem devem registrar a estratigrafia do solo com base em observações táteis e visuais feitas durante a perfuração. Esses registros incluem características como cor, textura, consistência, presença de água, matéria orgânica, pedregulhos ou outros elementos relevantes.

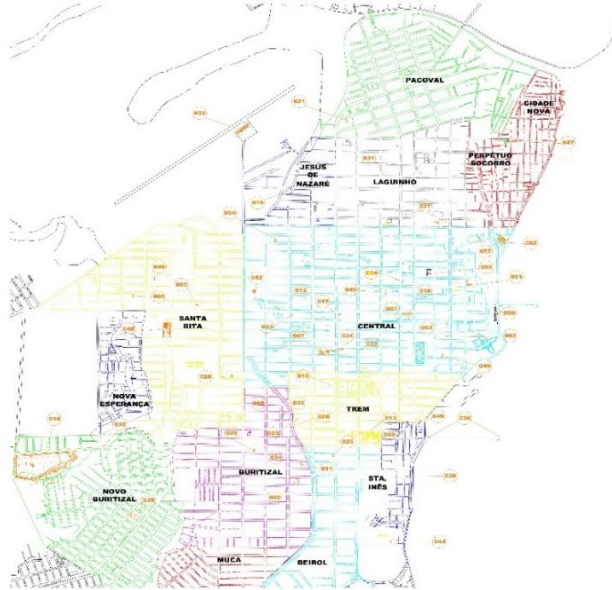
## 5 ESTUDO DE CASO

De acordo com IBGE (2022) em 2024, a área do município de Macapá é de 6.563,849 km<sup>2</sup>, o que o coloca na posição 9 de 16 entre os municípios do estado e 221 de 5570 entre todos os municípios. Atualmente Macapá conta com 64 bairros, sendo eles: Açaí, Alvorada, Amazonas, Araxá, Beiol, Bella Ville, Bioparque, Boné Azul, Brasil Novo, Burity, Burityal, Cabralzinho, Cajari, Central, Chefe Clodoaldo, Cidade Nova, Congós, Coração, Fazendinha, Goiabal, Igarapé da Fortaleza, Ilha Mirim, Infraero I, Infraero II, Ipê, Jardim América, Jardim das Acácias, Jardim Equatorial, Jardim Felicidade I, Jardim Felicidade II, Jardim Marco Zero, Jesus de Nazaré, KM 9, Lago da Vaca, Lagoa Azul, Laguinho, Macapaba, Marabaixo I, Marabaixo II, Marabaixo III, Morada das Palmeiras, Muca, Murici, Nova Esperança, Novo Burityal, Novo Horizonte, Pacoval, Palácio das Águas, Pantanal, Parque Aeroportuário, Parque dos Jardins, Pedrinhas, Perpétuo Socorro, Renascer, Santa Inês, Santa Rita, São José, São Lázaro, Sol Nascente, Trem, Universidade, Vale Verde, Zerão, Cuba de Asfalto.

Na Figura 2 apresenta-se a divisão de bairros na cidade de Macapá. Estão identificados os bairros Pacoval, Cidade Nova, Perpétuo Socorro, Laguinho, Jesus De Nazaré, Central, Santa Rita, Nova Esperança, Trem, Santa Inês, Beiol, Burityal, Muca E Novo Burityal, onde há sondagens que foram analisadas neste trabalho.

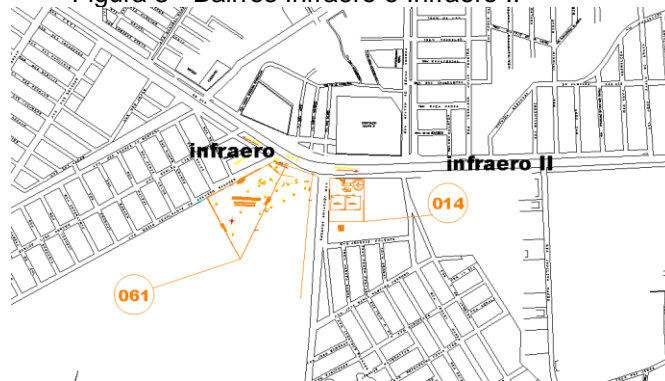
Na Figura 3 apresenta-se a divisão de bairros na cidade de Macapá identificando os bairros, Infraero e Infraero II onde há sondagens que foram analisadas neste trabalho. Na figura 4 apresenta-se as delimitações do bairro cuba de asfalto. Na figura 5 apresenta-se as limitações do bairro açaí. Na figura 6 apresenta-se os limites do bairro Marabaixo I e na figura 7 apresenta-se os limites dos bairros Jardim Marco Zero, Zerão e Universidade. Em todos estes bairros foram coletadas informações de furo de sondagem para análise.

Figura 2 - Divisão dos bairros na cidade de Macapá com os furos de sondagem(SPT)



Fonte: Retirada dos projetos da empresa credenciada responsavel pelos laudos e adaptada pelos autores (2025).

Figura 3 - Bairros Infraero e Infraero II



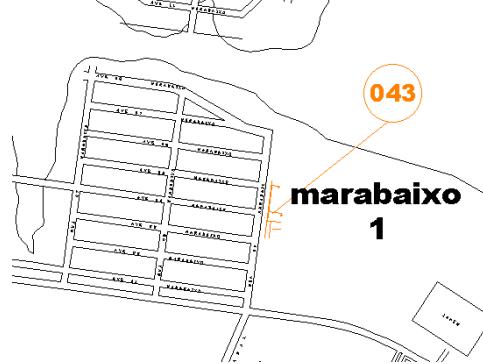
Fonte: Retirada dos projetos da empresa credenciada responsavel pelos laudos e adaptada pelos autores (2025).

Figura 4 - Limites do Bairro Açai



Fonte: Retirada dos projetos da empresa credenciada responsavel pelos laudos e adaptada pelos autores.

Figura 5 - Limites do Bairro Marabaixo I



Fonte: Retirada dos projetos da empresa credenciada responsavel pelos laudos e adaptada pelos autores.

Figura 6 - Limites dos bairros Jardim Marco Zero, Zerão e Universidade.



Fonte: Retirada dos projetos da empresa credenciada responsável pelos laudos e adaptada pelos autores (2025).

Este estudo de caso foi desenvolvido com base na análise de 62 laudos de sondagem do tipo SPT (Standard Penetration Test), coletados em 20 bairros, sendo eles: Açaí, Amazonas, Araxá, Beírol, Buritizal, Central, Cidade Nova/ Perpétuo Socorro, Cuba De Asfalto, Infraero 1, Infraero 2, Jardim Marco Zero, Jesus De Nazaré, Marabaixo I, Nova Esperança, Pacoval, Santa Inês, Santa Rita, São Lázaro, Trem, Universidade.

A distribuição espacial dos furos de sondagem abrange áreas com diferentes níveis de urbanização, proximidade com corpos hídricos (como o Rio Amazonas e canais urbanos), presença de aterros, áreas baixas, regiões densamente habitadas e zonas de expansão urbana. Essa abrangência é essencial para compreender a diversidade de perfis geotécnicos presentes no município, permitindo uma análise mais realista das condições do subsolo e de suas implicações na construção civil local. Na Tabela 3 apresenta-se um resumo dos dados coletados nos 62 laudos coletados para estudo.

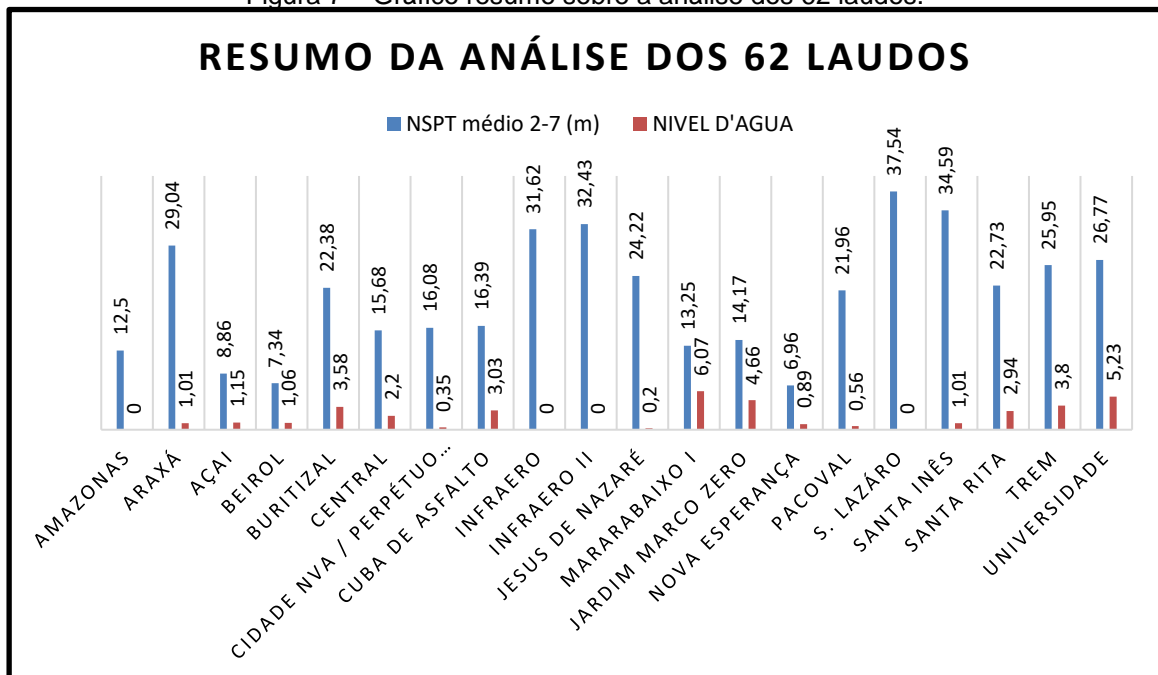
Tabela 3 - Principais dados coletados dos 62 laudos analisados

Nº do laudo	Bairro	Tipo de Solo (tátil-visual) PREDOMINANTE	NSPT médio 2-7 (m)	NIVEL D'AGUA (m)
41	amazonas	Argila sito arenoso, esbranquiçada, muito rija.	12,5	-
58;44	ARAXÁ	Argila Cinza Claro, dura	29,04	1,01
37	AÇAÍ	Argila silto arenosa, c/ pedregulho, cor variegada, muito mole.	8,86	1,15
11;23;25;26;34;	BEIROL	Argila arenosa, cor escura, mole.	7,34	1,06

5;20;28;29;39	BURITIZAL	Argila Silto Arenosa, c/ pedregulho, cor esbranquiçada, dura.	22,38	3,58
1;2;4;7;12;17;19;22;24;27;33;46;50;51;53;54;55;57;62	CENTRAL	Argila Arenosa, cor escura, muito mole.	15,68	2,2
47	CIDADE NVA / PERPÉTUO SOCORRO	Argila silto arenosa, cinza escura, variegado, m. rija	16,08	0,35
18	CUBA DE ASFALTO	Argila silto Arenosa, c/ pedregulho, cor esbranquiçada, rija.	16,39	3,03
61	INFRAERO	Argila Arenosa, c/ pedregulho, cor esbranquiçada, dura	31,62	-
14	INFRAERO II	Argila silto Arenosa, c/ pedregulho, cor variegada, dura.	32,43	-
15;31;32	JESUS DE NAZARÉ	Argila silto arenosa, c/ pedregulho, esbranquiçada, dura	24,22	0,2
43	MARARABAIXO I	Argila silto arenosa, c/ pedregulho, esbranquiçada, rija.	13,25	6,07
42,16	JARDIM MARCO ZERO	Argila silto arenosa, c/ pedregulho, cor variegada, muito rija.	14,17	4,66
38	NOVA ESPERANÇA	Argila Arenosa, cor escura, muito mole.	6,96	0,89
21	PACOVAL	Argila silto arenosa, c/ pedregulho, cor esbranquiçada, dura.	21,96	0,56
60	S. LAZÁRO	Argila Arenosa, c/ pedregulho, cor esbranquiçada, dura	37,54	-
59;49;36;30	SANTA INÊS	Argila silto arenosa, c/ pedregulho, cor cinza clara, dura.	34,59	1,01
3;9;12;17;29;40;48;52;54;56	SANTA RITA	Argila Esbranquiçada, c/ pedregulho, dura	22,73	2,94
35;24;22;10	TREM	Argila Silto Arenosa, c/ pedregulho, cor esbranquiçada, dura.	25,95	3,8
8;6	UNIVERSIDADE	Argila silto arenosa, c/ pedregulho, cor esbranquiçada, dura.	26,77	5,23

Fonte: Autores (2025).

Figura 7 – Gráfico resumo sobre a análise dos 62 laudos.



Fonte: Autores (2025).

## 5.1 Coleta e organização dos dados

Os laudos foram digitalizados e organizados em planilhas eletrônicas contendo informações padronizadas como: Identificação do furo (SP); Profundidade da sondagem; Descrição tátil-visual do solo; Valores de NSPT (golpes iniciais e finais); Presença e profundidade do nível d'água. Sendo feita a média de coleta de 5 furos para cada laudo, para análise dos dados que mais se repetiam e predominavam-se, para utilizar no estudo.

Todos os dados foram extraídos de empresas credenciadas que atuam até hoje no mercado de trabalho com a obtenção de laudos. Cada linha da base de dados representa uma camada do solo identificada em um furo específico, totalizando centenas de registros. A análise levou em conta tanto os dados numéricos (NSPT) quanto as descrições qualitativas dos solos (cor, textura, presença de matéria orgânica ou pedregulhos), conforme recomendação da NBR 6484:202.

## 6 RESULTADOS OBSERVADOS

### 6.1 Cálculos da capacidade de carga admissível

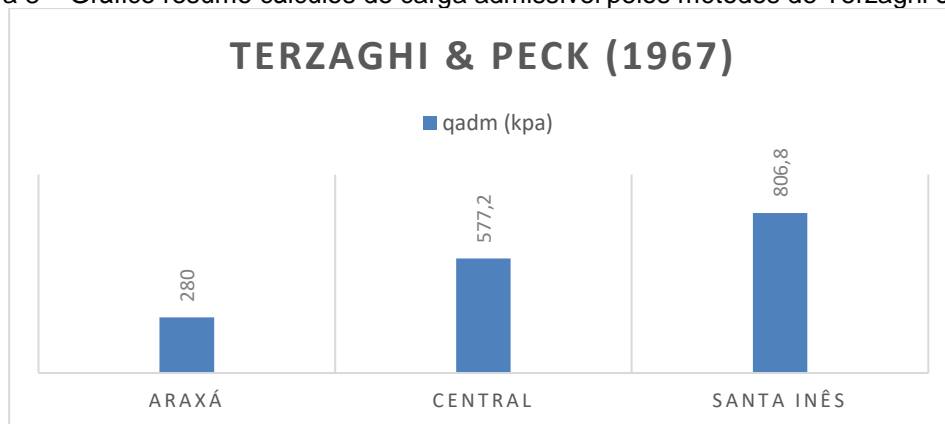
Foram utilizadas as fórmulas propostas por: Terzaghi & Peck (1967); Meyerhof (1956); Décourt & Quaresma (1978); para o cálculo da capacidade de carga admissível dos dados da Tabela 3. Os cálculos de carga admissível pelo método de Terzaghi & Peck (1967) são apresentados na Tabela 4. Os cálculos de carga admissível pelos métodos de Meyerhof (1956) são apresentados na Tabela 5. Os cálculos de carga admissível pelos métodos de Décourt & Quaresma (1978) são apresentados na Tabela 6.

Tabela 4 - cálculos de carga admissível pelos métodos de Terzaghi & Peck (1967);

<b>Terzaghi &amp; Peck (1967)</b>					
<b>SOLOS ARENOSOS ≤ 2M</b>		<b>Equação: <math>q_{adm} = 0,4 \times N \times 100kpa</math></b>			
BAIRRO	TIPO DE SOLO	NSPT (MÉDIO)	constante	kpa	$q_{adm}$ (kpa)
ARAXÁ	Areia argilosa, cor escura, fofa	7	0,4	100	280
CENTRAL	Areia argilosa, cor escura, fofa	14,43	0,4	100	577,2
SANTA INÊS	Areia argilosa, cor escura, compacta	20,17	0,4	100	806,8

Fonte: Autores (2025).

Figura 8 – Gráfico resumo cálculos de carga admissível pelos métodos de Terzaghi & Peck.



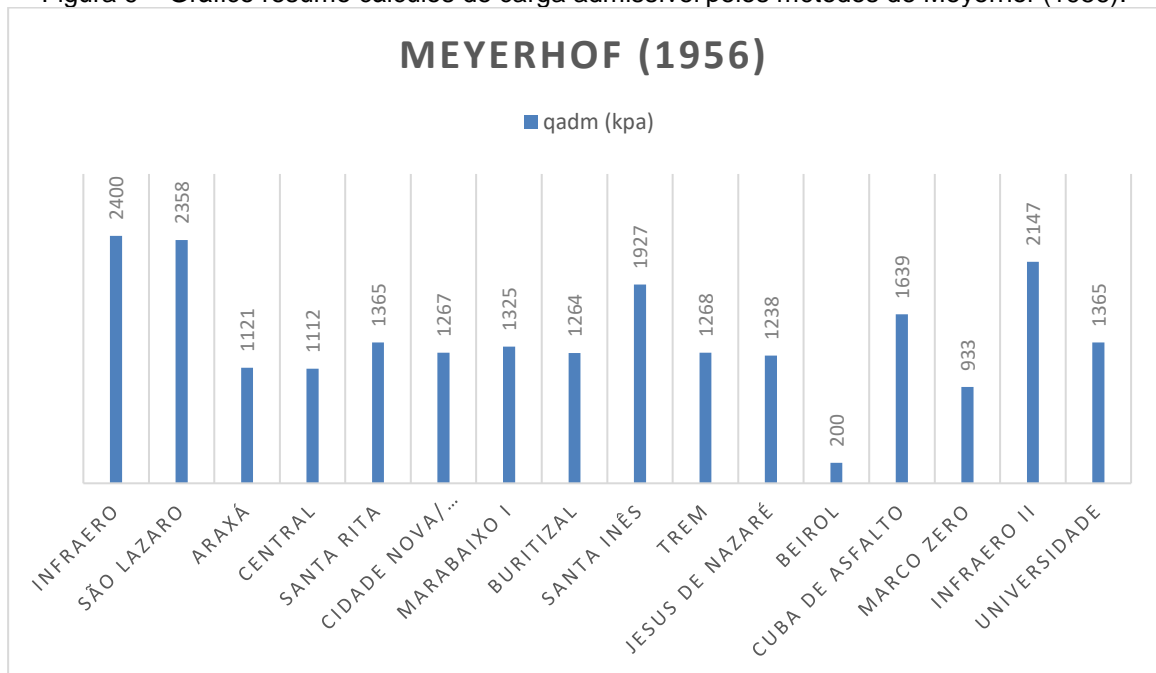
Fonte: Autores (2025).

Tabela 5 - cálculos de carga admissível pelos métodos de Meyerhof (1956).

<b>Meyerhof (1956)</b>				
Para solos arenosos e coesivos $N > 10$	Formula: $q_{adm} = N \times 100 \text{ kpa}$	fundação rasa/superficiais $\leq 3\text{m}$		
<b>BAIRRO</b>	<b>TIPO DE SOLO</b>	<b>NSPT (médio) 2 a 4m</b>	<b>kpa</b>	<b>qadm (kpa)</b>
Infraero	Argila silto Arenosa, c/ pedregulho, cor variegada, muito rija	24	100	2400
São lazaro	Argila Arenosa, c/ pedregulho, cor esbranquiçada, dura	23,58	100	2358
Araxá	Areia argilosa, cor escura, fofa	11,21	100	1121
Central	Areia Argilosa, cinza escura, pouco compacta	11,12	100	1112
Santa rita	Argila Arenosa, c/ pedregulho, cor variegada. Rija	13,65	100	1365
Cidade Nova/ Perpétuo Socorro	Argila silto arenosa, cinza escura, variegado, rija	12,67	100	1267
Marabaixo I	Argila silto arenosa, c/ pedregulho, variegada, muito rija.	13,25	100	1325
Buritizal	Argila silto arenosa, c/ pedregulho, cor variegada, muito rija	12,64	100	1264
Santa Inês	Areia argilosa, cor escura, compacta	19,27	100	1927
Trem	Argila silto arenosa, c/ pedregulho, cor variegada, muito rija.	12,68	100	1268
Jesus de Nazaré	Argila silto arenosa, c/ pedregulho, cor variegada, rija	12,38	100	1238
Beirol	Argila Arenosa, c/ mat. Orgânica, cor escura, muito mole	2	100	200
Cuba de Asfalto	Argila silto Arenosa, c/ pedregulho, cor esbranquiçada, rija.	16,39	100	1639
Marco Zero	Silte areno argiloso, cor amarela, pouca compacta.	9,33	100	933
Infraero II	Argila silto arenosa, c/ pedregulho, cor variegada, m. rija.	21,47	100	2147
Universidade	Silte areno argiloso, cor amarela, pouco compacta.	13,65	100	1365

Fonte: Autores (2025).

Figura 9 – Gráfico resumo cálculos de carga admissível pelos métodos de Meyerhof (1956).



Fonte: Autores (2025).

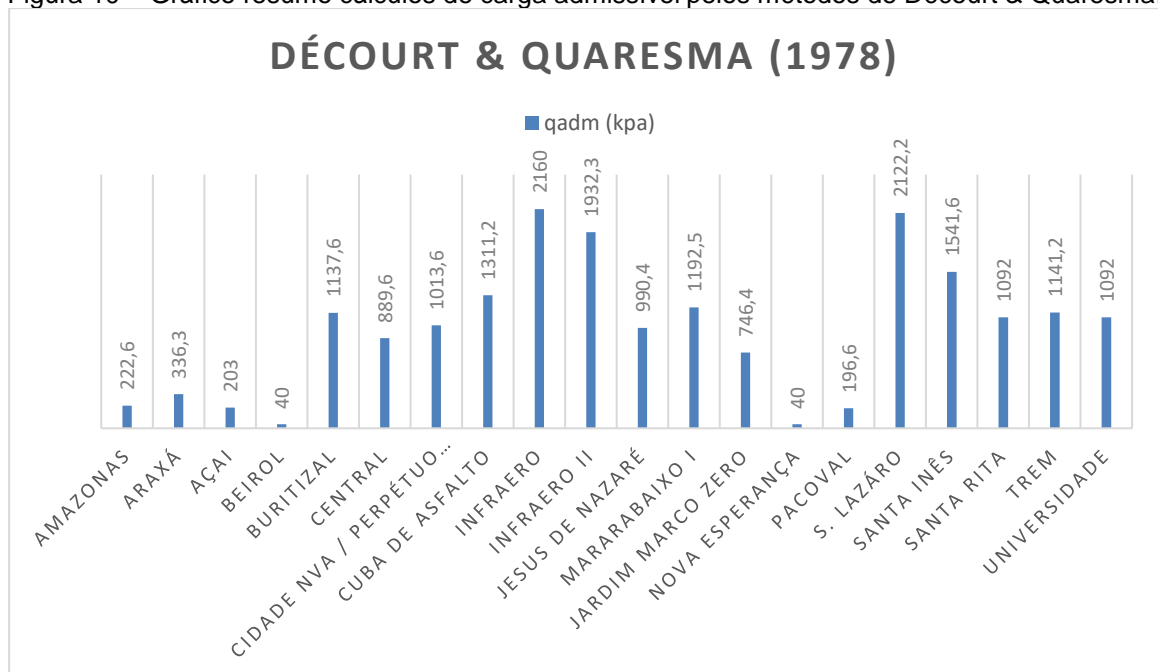
Tabela 6 - Cálculos de carga admissível pelos métodos de Décourt &amp; Quaresma (1978);

<b>Décourt &amp; Quaresma (1978)</b>				
fundação rasa/superficiais ≤ 3m				
BAIRRO	TIPO DE SOLO	NSPT (médio) 2 a 4 m	f	qadm (kpa)
amazonas	Argila silto arenosa, esbranquiçada, mole	7,42	30	222,6
ARAXÁ	Areia argilosa, cor escura, fofa	11,21	30	336,3
AÇAI	Argila silto arenosa, c/ pedregulho, cor variegada, média	4,06	50	203
BEIROL	Argila Arenosa, c/ mat. Orgânica, cor escura, muito mole	2	20	40
BURITIZAL	Argila silto arenosa, c/ pedregulho, cor variegada, muito rija	12,64	90	1137,6
CENTRAL	Areia Argilosa, cinza escura, pouco compacta	11,12	80	889,6
CIDADE NVA / PERPÉTUO SOCORRO	Argila silto arenosa, cinza escura, variegado, rija	12,67	80	1013,6
CUBA DE ASFALTO	Argila silto Arenosa, c/ pedregulho, cor esbranquiçada, rija.	16,39	80	1311,2
INFRAERO	Argila silto Arenosa, c/ pedregulho, cor variegada, muito rija	24	90	2160
INFRAERO II	Argila silto Arenosa, c/ pedregulho, cor variegada, m. rija.	21,47	90	1932,3

JESUS DE NAZARÉ	Argila silto arenosa, c/ pedregulho, cor variegada, rija	12,38	80	990,4
MARARABAIXO I	Argila silto arenosa, c/ pedregulho, variegada, muito rija.	13,25	90	1192,5
JARDIM MARCO ZERO	Silte areno argiloso, cor amarela, pouca compacta.	9,33	80	746,4
NOVA ESPERANÇA	Argila Arenosa, cor escura, muito mole.	2	20	40
PACOVAL	Argila arenosa, cor escura, muito mole	9,83	20	196,6
S. LAZÁRO	Argila Arenosa, c/ pedregulho, cor esbranquiçada, dura	23,58	90	2122,2
SANTA INÊS	Areia argilosa, cor escura, compacta	19,27	80	1541,6
SANTA RITA	Argila Arenosa, c/ pedregulho, cor variegada. Rija	13,65	80	1092
TREM	Argila silto arenosa, c/ pedregulho, cor variegada, muito rija.	12,68	90	1141,2
UNIVERSIDADE	Silte areno argiloso, cor amarela, pouco compacta.	13,65	80	1092

Fonte: Autores (2025).

Figura 10 – Gráfico resumo cálculos de carga admissível pelos métodos de Décourt & Quaresma.



Fonte: Autores (2025)

## 6.2 Análise dos solos reconhecidos nas áreas estudadas

A análise dos 62 laudos de sondagem SPT realizados em 20 bairros de Macapá revelou predominância de solos do tipo argiloso com variações silto-arenosas e presença frequente de pedregulhos, refletindo o caráter sedimentar da região. A resistência do solo, expressa pelo valor médio de NSPT entre 2 e 7 metros, variou de 6,96 até 37,54, indicando uma significativa heterogeneidade geotécnica.

Nos bairros com maior resistência do solo, destacam-se: São Lázaro (NSPT médio 37,54) – Argila arenosa dura com pedregulho; Infraero II (32,43) e Infraero I (31,62) – Argila silto-arenosa dura; Santa Inês (34,59) – Argila silto-arenosa dura; Trem (25,95) e Universidade (26,77) – Argilas esbranquiçadas e densas.

Esses bairros apresentam boas condições para fundações rasas, como sapatas e radiers, dependendo o porte da obra, desde que confirmada a continuidade e espessura das camadas resistentes.

Em contrapartida, bairros como: Nova Esperança (6,96), Açaí (8,86) e Beiril (7,34) apresentam solos de baixa resistência, com predominância de argilas moles ou orgânicas, com valores de NSPT inferiores a 10. Nessas áreas, há maior risco de recalques diferenciais, sendo recomendável o uso de fundações profundas, como estacas, que alcancem camadas mais competentes.

Além disso, bairros como Central (15,68), Cidade Nova/Perpétuo Socorro (16,08) e Cuba de Asfalto (16,39) mostraram resistência intermediária, com variações que exigem atenção especial ao perfil estratigráfico. A presença de camadas alternadas de solo mole e rijo entre 2 e 5 metros foi comum, exigindo interpretação cuidadosa para evitar decisões equivocadas de fundação.

O nível d'água também variou significativamente, com valores médios de 0,2 m (Jesus de Nazaré) até 6,07 m (Marabaixo I), influenciando a escolha do tipo de fundação e a execução da obra. De forma geral, a cidade de Macapá apresenta uma grande variabilidade espacial dos solos, sendo essencial a realização de mais de uma sondagem por terreno, conforme previsto na NBR 8036, para garantir segurança, economia e eficiência técnica nos projetos estruturais.

### 6.2.1 Presença de solos orgânicos e argilas moles

Nos bairros Nova Esperança, Açaí e Beiril, foram identificadas camadas

superficiais com solos de consistência muito mole, apresentando valores médios de NSPT inferiores a 9. A composição predominante nesses setores inclui argilas arenosas e silto-arenosas de coloração escura, com presença de material orgânico, características que indicam elevada compressibilidade e baixa resistência ao cisalhamento.

Tais condições tornam inviável o uso de fundações rasas, conforme descrito por Décourt & Quaresma (1978), que recomendam o emprego de elementos de fundação profunda capazes de transferir as cargas estruturais para camadas mais rígidas. Esse entendimento está em consonância com a NBR 6122:2022, que estabelece diretrizes para o projeto e a execução de fundações, recomendando a adoção de fundações profundas em situações de solos com baixa capacidade de suporte, elevada compressibilidade ou presença de níveis d'água elevados. A proximidade dessas áreas com canais urbanos, várzeas e zonas de alagamento reforça o comportamento geomecânico crítico observado.

#### 6.2.2 Solos resistentes em profundidades intermediárias

Em bairros como Santa Rita, Trem, Universidade e Buritizal, os laudos indicam presença de camadas com solos argilosos e silto-arenosos de consistência rija a muito rija, localizadas entre 2 e 5 metros de profundidade, com valores médios de NSPT superiores a 20.

De acordo com Bowles (1996), essas condições são compatíveis com o emprego de fundações superficiais, desde que as camadas competentes apresentem espessura suficiente e continuidade lateral adequada. A adoção de sapatas isoladas ou radiers pode representar solução estrutural tecnicamente viável e economicamente vantajosa, reduzindo a profundidade das escavações e otimizando o uso de recursos.

#### 6.2.3 O Ensaio SPT como ferramenta de decisão

O ensaio de penetração padrão (SPT) demonstrou ser um instrumento eficaz na caracterização do subsolo em Macapá. A análise integrada dos índices de resistência à penetração (NSPT) e da descrição tátil-visual permitiu estimar a capacidade de suporte dos solos por meio de correlações empíricas consolidadas (Terzaghi & Peck, Meyerhof, Décourt & Quaresma).

A aplicação de médias estratificadas e a avaliação da variabilidade dos valores entre diferentes locais contribuíram para a identificação de zonas de transição geotécnica e áreas críticas para fundações, orientando com maior precisão as decisões de projeto.

#### 6.2.4 Necessidade de diretrizes técnicas locais

Os resultados obtidos apontam para a carência de diretrizes geotécnicas locais que considerem as particularidades dos solos de Macapá, como a presença de matéria orgânica, alta umidade e variação abrupta das propriedades mecânicas. Ainda que fórmulas empíricas amplamente difundidas na literatura técnica sejam utilizadas com frequência, sua aplicação direta pode não refletir fielmente o comportamento dos solos amazônicos.

Nesse contexto, recomenda-se a elaboração de parâmetros de correlação regionais, com base em bases de dados locais e validação estatística, visando aumentar a confiabilidade dos projetos, padronizar critérios técnicos e reduzir margens de erro nas estimativas de capacidade de carga admissível.

## 7 CONCLUSÃO

A análise técnica de 62 laudos de sondagem SPT, distribuídos por 20 bairros do município de Macapá, permitiu identificar padrões relevantes quanto à resistência e composição estratigráfica dos solos locais. Os resultados evidenciam a predominância de solos argilosos, silto-arenosos e com presença de pedregulhos, associados a um comportamento geotécnico altamente variável tanto vertical quanto horizontalmente.

Foram identificadas áreas com solos de baixa resistência e alta compressibilidade, como ocorre em Beírol, Açaí e Nova Esperança, nas quais a adoção de fundações superficiais é contraindicada. Por outro lado, bairros como Santa Rita, Buritizal e Universidade apresentaram camadas intermediárias com resistência satisfatória ( $NSPT > 20$ ), tecnicamente compatíveis com fundações rasas, desde que haja confirmação da continuidade e espessura dessas camadas.

A aplicação de fórmulas empíricas clássicas, como as de Terzaghi & Peck (1967), Décourt & Quaresma (1978) e Meyerhof (1956), possibilitou estimativas preliminares da capacidade de carga admissível dos solos, atendendo ao objetivo geral deste trabalho. No entanto, observou-se que a adoção dessas correlações exige cautela diante das particularidades do subsolo amazônico, o que justifica a proposição de critérios de dimensionamento locais, fundamentados em dados regionais e análises estatísticas.

Conclui-se que o ensaio SPT permanece como ferramenta indispensável para a tomada de decisões em projetos de fundações na região, mas sua interpretação deve considerar as limitações associadas à heterogeneidade geotécnica de Macapá. A ampliação do banco de dados regional, aliado ao desenvolvimento de normas e parâmetros técnicos específicos, poderá contribuir para maior precisão, segurança e economia nos projetos de infraestrutura urbana da cidade.

## REFERÊNCIAS

ALONSO, Ulpiano R. **Capacidade de carga de fundações superficiais com uso de sondagens SPT**. [S. l.]: Unesp, 2017. Apostila de Geotecnia.

AOKI, Nelson; VELLOSO, Danilo. An Approximate Method to Estimate the Bearing Capacity of Piles. In: PAN-AMERICAN CONFERENCE ON SOIL MECHANICS AND FOUNDATION ENGINEERING, 5., 1975, Buenos Aires. **Proceedings[...]** Buenos Aires: [s. n.], 1975. v. 1, p. 367–376.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122**: projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6484**: solo: sondagens de simples reconhecimento com SPT: método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6502**: rochas e solos: terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8036**: programação de sondagens de simples reconhecimento dos solos para fundações de edifícios. Rio de Janeiro: ABNT, 1983.

BOWLES, Joseph E. **Fundações e análise de solo**. 5. ed. São Paulo: Pini, 1996.

CAPUTO, Homero P. **Mecânica dos solos e suas aplicações**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

DÉCOURT, Ladislau; QUARESMA, Antonio R. **Fundações**: teoria e prática. São Paulo: Pini, 1978.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades e Estados**: Macapá (AP). Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ap/macapa.html>. Acesso em: 10 jun. 2025.

MEYERHOF, G. G. Penetration tests and bearing capacity of cohesionless soils. **Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division**, ASCE, v. 82, n. 1, p. 1–19, 1956.

SUPORTE SOLOS. **Sondagem a percussão (SPT)**: quais informações deve conter no relatório de sondagem. Disponível em: <https://suportesolos.com/sondagem-a-percussao-spt/>. Acesso em: 10 jun. 2025.

TEIXEIRA, Sandra H. C.; CINTRA, Julio C. A. **Fundações**: teoria e prática. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

TERZAGHI, Karl; PECK, Ralph B. **Soil mechanics in engineering practice**. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1967.