



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

JÉSSICA FERREIRA RODRIGUES

**VERIFICAÇÃO DA FREQUÊNCIA DE REALIZAÇÃO DE INVESTIGAÇÃO DE
SUBSOLO EM OBRAS DA REGIÃO DO ALTO OESTE POTIGUAR – RN**

PAU DOS FERROS/RN

2022

JÉSSICA FERREIRA RODRIGUES

**VERIFICAÇÃO DA FREQUÊNCIA DE REALIZAÇÃO DE INVESTIGAÇÃO DE
SUBSOLO EM OBRAS DA REGIÃO DO ALTO OESTE POTIGUAR – RN**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA,
Campus Pau dos Ferros para obtenção do título
de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador (a): Prof. Esp. Samuel Gadelha
Guimarães – UFERSA

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

R685v Rodrigues, Jéssica Ferreira.
Verificação da frequência de realização de
investigação de subsolo em obras da região do Alto
Oeste Potiguar - RN / Jéssica Ferreira Rodrigues.
- 2022.
65 f. : il.

Orientador: Samuel Gadelha Guimarães.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
2022.

1. Sondagem. 2. Solo. 3. Fundação. 4. Economia.
I. Guimarães, Samuel Gadelha , orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Biblioteca Campus Pau dos Ferros
Bibliotecária: Erlanda Maria Lopes da Silva
CRB: 1115

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

JÉSSICA FERREIRA RODRIGUES

**VERIFICAÇÃO DA FREQUÊNCIA DE REALIZAÇÃO DE INVESTIGAÇÃO DE
SUBSOLO EM OBRAS DA REGIÃO DO ALTO OESTE POTIGUAR - RN**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi Árido - UFERSA,
como requisito para a obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

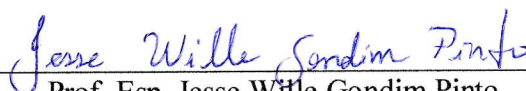
Defendida em: 13 / 06 / 2022

BANCA EXAMINADORA

SAMUEL GADELHA
GUIMARAES:05771917303

Assinado de forma digital por SAMUEL
GADELHA GUIMARAES:05771917303
Dados: 2022.06.13 20:33:16 -03'00'

Prof. Esp. Samuel Gadelha Guimarães
UFERSA



Prof. Esp. Jesse Wille Gondim Pinto
CISNE – Faculdade Tecnológica de Quixadá

Fernanda Lígia dos
Santos de Oliveira

Assinado de forma digital por
Fernanda Lígia dos Santos de Oliveira
Dados: 2022.06.14 16:03:12 -03'00'

Esp. Fernanda Lígia dos Santos de Oliveira
USP – Escola de Engenharia de São Carlos

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por ter me proporcionado alcançar este objetivo.

Agradeço a toda a minha família, principalmente aos meus pais Cicera Ferreira Rodrigues e Geovanildo Rodrigues Torres, e meus irmãos Joice Ferreira Rodrigues e José Thiago Ferreira Rodrigues, que sempre me apoiaram nos momentos difíceis e me incentivaram a persistir.

Agradeço ao meu namorado Paulo Wendrill, pela paciência durante este período além da ajuda durante os momentos que necessitei.

As minhas amigas Gizele Gonçalves, Anábia Vitória, Tatiane da Silva e Isabely Keyva, pelos momentos de companheirismo e paciência.

Agradeço o meu orientador Prof. Esp. Samuel Gadelha Guimarães, pelo interesse demonstrado, correções, críticas e ensinamentos repassados.

Por fim, agradeço a todos que me apoiaram e tornaram este momento possível.

RESUMO

Um dos pontos de fundamental importância para o desenvolvimento de um adequado projeto de fundações é o conhecimento das características do solo local, sendo que somente conhecendo tais características um ideal dimensionamento estrutural pode vir a ser elaborado. Assim, destaca-se a importância da realização de ensaios de sondagem em obras de pequeno a grande porte, tendo em vista que tal procedimento proporciona que as condições e características do solo sejam conhecidas. O presente trabalho visa apresentar a frequência com que são realizadas investigações de subsolo em algumas das obras executadas na região do Alto Oeste Potiguar – RN. Para desenvolvimento da pesquisa, foram consultados profissionais que atuam na área da construção civil, onde estes, segundo sua disponibilidade, vieram a responder alguns questionamentos realizados. Assim, foram obtidos dados acerca de 9 municípios da região em estudo. Várias foram as informações levantadas a partir dos questionamentos aplicados, tais como: quantidade de obras executadas pelo profissional em que foram ou não realizados métodos de ensaio de sondagem, assim como quais os procedimentos adotados por estes diante da não realização de investigações de solos em suas obras. A partir dos dados levantados, observou-se que em cerca de 97,80% das obras executadas nos municípios estudados não foram utilizados ensaios de sondagem, enquanto somente em 2,20% das obras foi feito uso de tal procedimento. Desta forma, é notável a quantidade insatisfatória de sondagens realizadas na região, onde tal déficit está relacionado a diversos fatores, sendo o principal atrelado à redução de custos.

Palavras – chave: Sondagem. Solo. Fundação. Economia.

ABSTRACT

One of the points of fundamental importance for the development of an adequate project of foundations is the knowledge of the characteristics of the soil *in situ*, and only by knowing such characteristics, an ideal structural design can be elaborated. Thus, the importance of performing drilling tests on soils in small to large constructions is highlighted, considering that such a procedure provides that the conditions and characteristics of the soil are known. The present work aims to present the frequency with which underground explorations are carried out in some constructions executed in the region of Alto Oeste Potiguar - RN. For the development of the research, professionals who work in civil construction were consulted, where, according to their availability, they came to answer some questions made. Thus, data were obtained about 9 municipalities in the region under study. There was several information gathered from the questions applied, such as: number of constructions executed by the professional in which site investigations methods were or were not performed, as well as what procedures were adopted by them facing the non-execution of underground investigations in their construction sites. From the data collected, it was observed that in about 97.80% of the constructions carried out in the municipalities studied, subsoil drilling tests were not used, while only in 2.20% of the constructions these procedures were used. Therefore, the unsatisfactory number of soil surveys carried out in the region is remarkable, where this deficit is related to several factors, the main one being linked to the construction cost reduction.

Keywords: Ground Investigation. Soil. Foundation. Economy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Curva granulométrica característica para alguns solos brasileiros.	17
Figura 2 - Curvas granulométricas.	18
Figura 3 - Ensaio do limite de liquidez (LL).....	20
Figura 4 - Ensaio do limite de plasticidade (LP).....	22
Figura 5 - Amostra de solo no início e no final do ensaio de limite de contração.	23
Figura 6 - Sistema para determinação do volume da amostra de solo seco.	23
Figura 7 - Constituição de uma amostra de solo.	24
Figura 8 – Ensaio do frasco de areia.	27
Figura 9 – Método de classificação de solos segundo a granulometria destes segundo o Sistema Unificado de Classificação (SUCS).	31
Figura 10 – Carta de Plasticidade de Casagrande.	32
Figura 11 - Esquema para classificação de solos segundo sua granulometria e plasticidade pelo Sistema Unificado de Classificação (SUCS).....	33
Figura 12 – Tipos de trados manuais.....	36
Figura 13 – Tipos de trados mecânicos.	37
Figura 14 - Equipamento utilizado na realização de sondagens a percussão.	38
Figura 15 – Perfuração do solo através do ensaio de sondagem a percussão.....	39
Figura 16 – Número mínimo de furos de sondagem segundo a área construída do terreno ...	42
Figura 17 – Cone de penetração utilizado no ensaio CPT.....	43
Figura 18 – Esquema de procedimento de realização de um ensaio CPT.....	44
Figura 19 – Região do Alto Oeste Potiguar no estado do Rio Grande do Norte.....	51

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Gráfico para classificação de solos segundo o ensaio CPT.	45
Gráfico 2 - Quantitativo de obras executadas nos municípios analisados em um período de cinco anos..	54
Gráfico 3 – Quantidade de obras que não realizaram ensaios de sondagem do solo por município avaliado.	55
Gráfico 4 – Quantidade total de obras associada a cada município avaliado, juntamente com a quantidade de obras que realizaram ou não investigações de subsolo.	56
Gráfico 5 - Métodos de ensaio de sondagem utilizados nas obras analisadas.....	57

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação dos solos segundo diâmetro dos grãos.....	16
Quadro 2 - Códigos para classificação de solos segundo o sistema unificado de classificação (SUCS).	30
Quadro 3 – Sugestão de espaçamento entre pontos de investigação do terreno.	34
Quadro 4 – Parâmetros de resistência do solo em função dos resultados obtidos com a aplicação do ensaio SPT.	41
Quadro 5 - Problemas relacionado a não realização de investigações de subsolo.....	48
Quadro 6 – PIB por município.	52
Quadro 7 - IDH por município.....	52

LISTA DE SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira De Normas Técnicas

CC - Coeficiente De Curvatura

CPT - Ensaio De Cone

CU - Coeficiente De Uniformidade

HRB - Sistema Rodoviário De Classificação

IDH - Índice De Desenvolvimento Humano

IP - Índice De Plasticidade

LL - Limite De Liquidez

LP - Limite De Plasticidade

NBR - Norma Brasileira

PIB - Produto Interno Bruto

SPT - Sondagem À Percussão

SUCS - Sistema Unificado De Classificação

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	15
2.1 OBJETIVO GERAL	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3 REFERENCIAL TEÓRICO	16
3.1 ENSAIOS GERAIS DE CARACTERIZAÇÃO DO SOLO	16
3.1.1 Ensaio de Granulometria	16
3.1.2 Limites de Atterberg	19
3.1.2.1 Limite de Liquidez (LL)	20
3.1.2.2 Limite de Plasticidade (LP)	21
3.1.2.3 Limite de contração (LC)	22
3.1.3 Índices Físicos	24
3.1.3.1 Umidade (h)	25
3.1.3.2 Peso específico real e aparente	26
3.2 CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS	28
3.2.1 Sistema unificado de classificação (SUCS)	28
3.2.2 Sistema Rodoviário de Classificação (HRB)	32
3.3 MÉTODOS DE INVESTIGAÇÃO DE SUBSOLO	33
3.3.1 Sondagem à trado	35
3.3.2 Sondagem à percussão (SPT)	37
3.3.3 Ensaio de cone (CPT)	42
4 METODOLOGIA	50
4.1 CLASSIFICAÇÃO DO TIPO DE PESQUISA	50
4.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	50
4.3 ETAPAS DA PESQUISA	53
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
6 CONCLUSÃO	60
REFERENCIAS	62
APÊNDICE A	66

1 INTRODUÇÃO

O mercado da construção civil marca um dos pilares da economia brasileira contribuindo de forma direta com a geração de empregos e consequentemente com a economia do país. Segundo Nunes *et al.*, (2020), a construção civil contribuiu satisfatoriamente com a geração de empregos no Brasil, chegando a representar cerca de 5,3% da economia do país nos últimos anos, evidenciando, deste modo, como o setor encontra-se relacionado diretamente com o desenvolvimento e a base de produção do Brasil.

A realização de investigações de subsolo em uma determinada obra proporciona vários benefícios para a edificação. Além do mais, assim como é apresentado por Galvão *et al.*, (2019) a realização de tal procedimento representa menos de 1% do custo total de uma obra, além de proporcionar a esta, economia em outras etapas do processo construtivo, como é o caso do dimensionamento de fundações, deixando desta forma claro o custo benefício que a utilização de métodos de ensaios de sondagem pode vir a proporcionar em uma edificação.

Diante disto, conhecimento do solo da região onde será executada uma determinada construção é de fundamental importância para o desenvolvimento do projeto de fundações, tendo em vista que somente conhecendo as características do solo local é possível determinar o melhor tipo de fundação, assim como realizar o correto dimensionamento destas.

Minozzo *et al.*, (2016) afirmam que a realização de um ensaio de sondagem no terreno onde se pretende executar uma determinada edificação é de fundamental importância para a adequada escolha dos elementos de fundação, bem como para o ideal dimensionamento destes. Além do mais, os autores afirmam que a não realização de tais ensaios podem proporcionar um subdimensionamento na fundação, o que pode vir a acarretar o surgimento de rupturas no solo, rupturas estas relacionadas a recalques não previstos. O subdimensionamento dos elementos de fundações pode ainda vir a comprometer a função estrutural e funcional da edificação, além de proporcionar uma elevação considerável no custo total da edificação.

Do mesmo modo, o conhecimento prévio das características do solo proporciona que seja realizada uma ideal concepção do dimensionamento estrutural de uma determinada obra, tendo em vista que através dos ensaios de sondagem é possível se obter informações tais como: resistência apresentada pelo solo local, nível do lençol freático, declividade do terreno, tipo de solo que compõe o local etc. Tais características impactam diretamente na concepção dos elementos estruturais de uma certa edificação, tendo em vista que somente após conhecimento destas características é possível que seja determinada as possíveis reações do solo quando submetido a carregamentos. Portanto, o conhecimento prévio de tais propriedades possibilita

que os elementos sejam dimensionados de forma a garantir economia e segurança (VENTURA JUNIOR *et al.*, 2022; SALOMÃO, JAHEL, 2019).

Sendo assim, é notável a importância da realização de ensaios de sondagem no solo de forma prévia à execução de uma determinada edificação, independente do porte da obra, tendo em vista que somente através da realização de tais ensaios é possível que se venha a conhecer as propriedades do solo local, propriedades estas que são imprescindíveis para a concepção e elaboração dos projetos da edificação.

Sabe-se que somente através da aplicação de métodos que proporcionem o conhecimento do tipo de solo é possível realizar as devidas previsões do comportamento do solo após a construção da edificação. Diante disto, tem-se que tais previsões propiciam que o responsável pelo desenvolvimento dos projetos da obra venha a incorporar os possíveis comportamentos do solo no dimensionamento dos elementos da edificação, o que possibilita que estes sejam concebidos de forma a garantir a segurança e o cumprimento das funções ao qual a obra será destinada durante sua vida útil.

Por tais motivos, o presente trabalho busca verificar a frequência com que são realizadas as investigações de subsolo nas obras da região do Alto Oeste Potiguar – RN. Realizando, para este meio, o levantamento do quantitativo de obras onde tal procedimento não é empregado e a análise dos motivos relacionados à falta de execução dessa etapa, verificando a influência e impacto da presença/ausência de sondagens realizadas nos projetos e execução das obras.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Realizar o levantamento do quantitativo de obras com investigação/sondagem do solo na região do Alto Oeste Potiguar – RN.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar o método de sondagem mais utilizado na região do Alto Oeste Potiguar – RN;
- Analisar os motivos para a não execução de investigações de subsolo na região em estudo;
- Analisar a influência da presença/ausência de sondagens nos projetos e obras em questão.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 ENSAIOS GERAIS DE CARACTERIZAÇÃO DO SOLO

3.1.1 Ensaio de Granulometria

A identificação do tipo de solo pode ser realizada em laboratório através da aplicação da análise granulométrica dos grãos de solo, regulamentada pela norma NBR 7181: Solos – Análise granulométrica. O ensaio de granulometria visa determinar o tamanho dos grãos de uma determinada amostra de solo, sendo possível determinar através desta propriedade o tipo de solo que compõe tal amostra. Tal análise dos solos pode ser realizada através da aplicação do ensaio de peneiramento, do ensaio de sedimentação ou ainda através da junção dos mencionados ensaios (ABNT, 2016a; SANTOS E DAILBERT, 2014).

A classificação dos solos segundo sua granulometria, definida pela NBR 6502: Solos e rochas - Terminologia, pode ser vista no Quadro 1.

Quadro 1 - Classificação dos solos segundo diâmetro dos grãos.

CLASSIFICAÇÃO	DIÂMETRO DOS GRÃOS
Argila	Menor que 0,002 mm
Silte	Entre 0,002 e 0,06 mm
Areia fina	Entre 0,06 e 0,20 mm
Areia média	Entre 0,20 e 0,60 mm
Areia grossa	Entre 0,60 e 2,00 mm
Pedregulho fino	Entre 2,00 e 6,00 mm
Pedregulho médio	Entre 6,00 e 20,0 mm
Pedregulho grosso	Entre 20,0 e 60,0 mm

Fonte: ABNT, 2022.

O ensaio de peneiramento consiste no peneiramento de uma determinada massa de solo, pré-estabelecida, em peneiras de variados diâmetros, onde as peneiras que apresentam menor diâmetro se encontram na base da disposição das peneiras. Para realização do ensaio de peneiramento deve-se inicialmente preparar a amostra de solo, previamente seca em estufa, seguida do destorroamento dos grãos para obtenção de partículas menores. Após tais

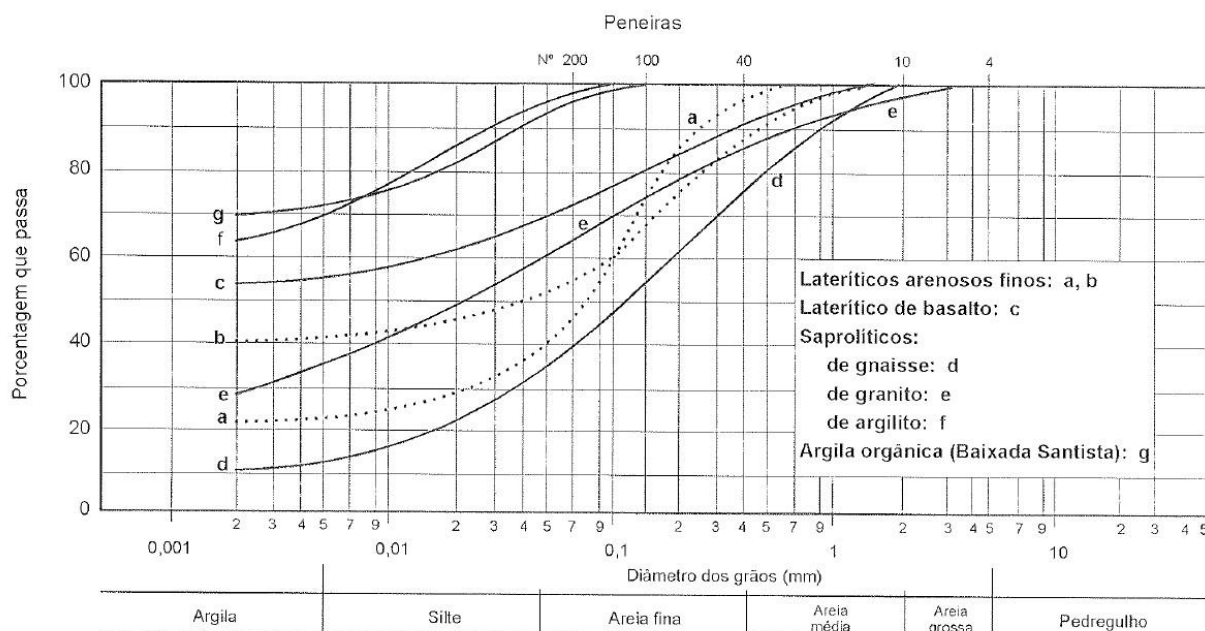
procedimentos a amostra de solo é submetida ao peneiramento. A massa de solo retida em cada peneira utilizada no ensaio deve ser coletada de forma individual e então mensurada a porcentagem de solo retido pela determinada peneira, ou seja, a porcentagem de solo que apresenta o diâmetro equivalente correspondente aos da peneira (DAS, 2019; BOTELHO, 2014).

Botelho (2014) afirma que a porcentagem de solo que passe na peneira de nº 200, de abertura de 0,075mm (peneira com menor diâmetro) deve ser submetida a um ensaio de sedimentação, visando determinar se o solo passante corresponde a um solo argiloso ou siltoso.

Segundo apresentado por Das (2019), o ensaio de sedimentação é realizado a partir da adição de uma determinada quantidade de solo em uma proveta de volume conhecido, assim é adicionado a amostra uma estabelecida quantidade do dispersante hexametáfosfato de sódio. O sistema utilizado para realização do ensaio é dotado de um densímetro com função de mensurar a concentração de sólidos nas diversas posições do volume contido na proveta.

Os dados obtidos com a realização dos mencionados ensaios são adicionados a uma curva granulométrica, utilizada para identificação da composição da amostra. A Figura 1 apresenta a curva granulométrica de alguns solos brasileiros:

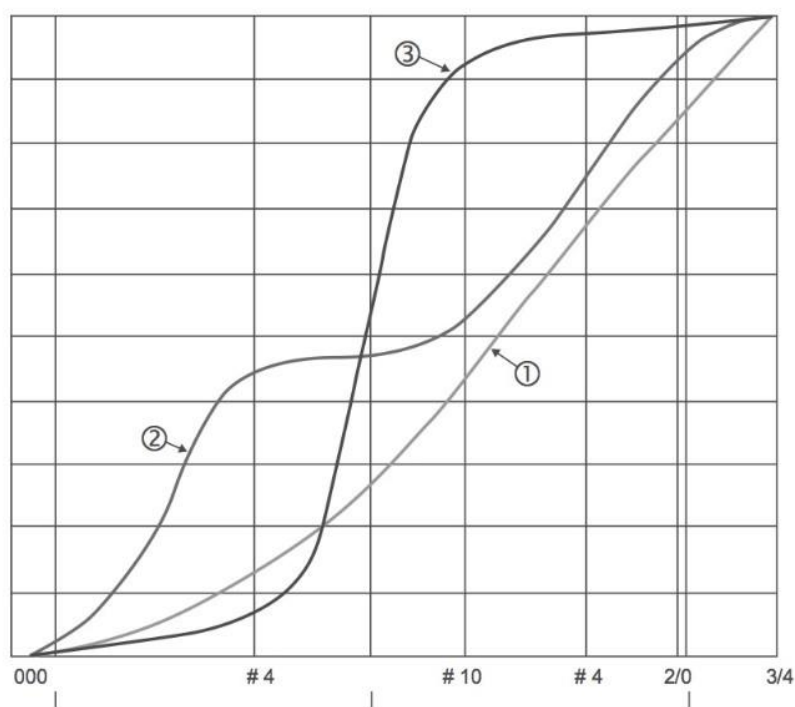
Figura 1 - Curva granulométrica característica para alguns solos brasileiros.



Fonte: PINTO, 2006.

Através da curva granulométrica, Santos e Dailbert (2014) afirmam que é possível determinar algumas características adicionais da amostra de solo analisada. Tal determinação se dá pelas características apresentadas pela curva obtida após realização dos ensaios necessários. De acordo com os autores, a curva granulométrica pode apresentar as características apresentadas na Figura 2:

Figura 2 - Curvas granulométricas.



Fonte: SANTOS e DAILBERT, 2014.

De acordo com Das (2019), solos que proporcionem a obtenção da curva granulométrica identificada como 1, apresenta uma granulometria contínua e constitui um solo heterogêneo, bem graduado ou desuniforme; já quando se obtém uma curva semelhante a curva identificada como 2, tem-se que a granulometria da amostra de solo é descontínua, constituindo ainda um solo heterogêneo de granulação aberta, mal graduado; contudo, quando após realização dos ensaios pertinentes a curva granulométrica apresentar características semelhantes a curva apresentada como 3, tem-se a presença de um solo que apresenta granulometria contínua uniforme, mal graduado, correspondendo a um solo homogêneo.

3.1.2 Limites de Atterberg

A plasticidade é uma propriedade característica dos solos finos, sendo a mesma compreendida como a capacidade apresentada pelo solo em ser moldado. A plasticidade encontra-se diretamente ligada a umidade apresentada pela amostra de solo, onde este ao apresentar um determinado teor de umidade pode ser submetido a consideráveis deformações sem que venha a apresentar ruptura, fissuras ou ainda variação no seu volume. Diante do apresentado, a resistência dos solos finos se encontra relacionada ao teor de umidade apresentado por este, tendo em vista que quanto maior o teor de umidade menor será a resistência apresentada pelo maciço de solo (SANTOS e DAILBERT, 2014).

Os limites de Atterberg, também conhecidos como limites de consistência, são divididos em quatro grupos, onde estes estão relacionados ao teor de umidade apresentado pela amostra (FLORIANO, 2016). Esses limites servem para classificar o comportamento dos solos argilosos segundo sua umidade, sendo que quando os solos apresentam alto teor de umidade, eles se comportam como um líquido, já quando perdem uma porcentagem da sua umidade se comportam de forma plástica e por fim, quando se encontram secos tornam-se quebradiços (PINTO, 2006).

De acordo com Santos e Dailbert (2014), os limites de consistência apresentados pelos solos finos são:

- **Sólido:** A amostra de solo não apresenta variação em seu volume durante o período necessário para secagem do solo, ou seja, o solo não apresenta retração durante sua secagem;
- **Semissólido:** Os solos ditos com consistência semissólida são semelhantes aos solos sólidos, contudo durante o período de secagem da amostra, o solo apresenta retração, ou seja, apresenta variação no seu volume inicial;
- **Plástico:** Neste estado de consistência o solo se apresenta deformável de tal forma que não venha a sofrer ruptura;
- **Líquido:** Quando o solo apresenta consistência líquida não apresenta uma forma definida, além do mais a resistência ao cisalhamento apresentada por este é nula, em síntese, tem-se que o solo apresenta comportamento semelhante a um líquido.

A definição dos limites de Atterberg é realizada através de três limites, sendo estes: o limite de liquidez (LL), o limite de plasticidade (LP) e o limite de contração (LC).

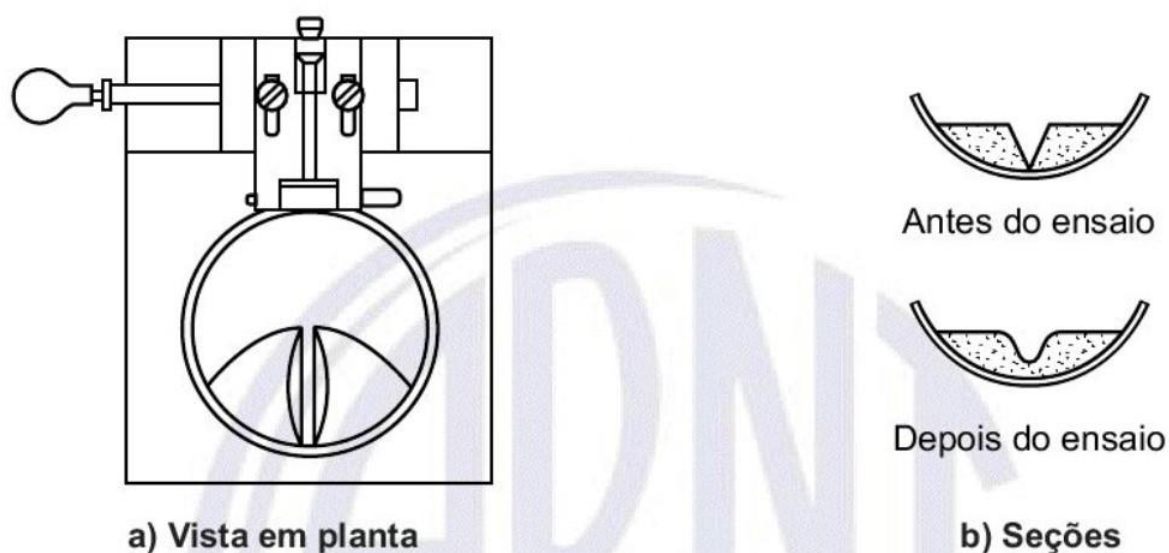
3.1.2.1 Limite de Liquidez (LL)

O limite de liquidez, segundo Floriano (2016), pode ser compreendido como o teor de umidade apresentado pelo solo que separa o solo do estado líquido com o estado plástico. O ensaio é normatizado pela norma NBR 6459: Solo – Determinação do limite de liquidez (ABNT, 2016b).

O procedimento para realização do ensaio de liquidez se inicia com a preparação da amostra de solo, que em seguida é colocada em recipiente adequado e então misturada a uma quantidade conhecida de água destilada até que uma massa homogênea seja obtida. Após obtida a mistura, parte da amostra deve ser transferida para a concha do aparelho de Casagrande, onde deve ser moldada de tal forma que a parte central da amostra apresente espessura de aproximadamente 10 mm (ABNT, 2016b).

Moldada a amostra na concha, a norma ABNT NBR 6459 afirma que é necessária a realização de uma ranhura no centro da amostra com o auxílio de um cinzel. A condição que deve ser obtida na realização da ranhura no solo pode ser visualizada na Figura 3:

Figura 3 - Ensaio do limite de liquidez (LL)



Fonte: ABNT NBR 6459, 2016b.

Seguido os procedimentos mencionados anteriormente, a norma ABNT NBR 6459 menciona que devem ser aplicados golpes na base do equipamento, devendo ser anotados o número de golpes necessários para que as bordas inferiores da ranhura realizada na amostra fechem em uma extensão de 13 mm de comprimento. Obtidas as condições apresentadas, a

amostra deve ser transferida para um recipiente adequado, onde é realizada a mensuração do teor de umidade apresentado pelo solo.

3.1.2.2 Limite de Plasticidade (LP)

O limite de plasticidade pode ser compreendido como o teor de umidade apresentado por uma determinada amostra de solo que propicia a esta ser moldada em um cilindro de diâmetro de 3 mm (PINTO, 2006).

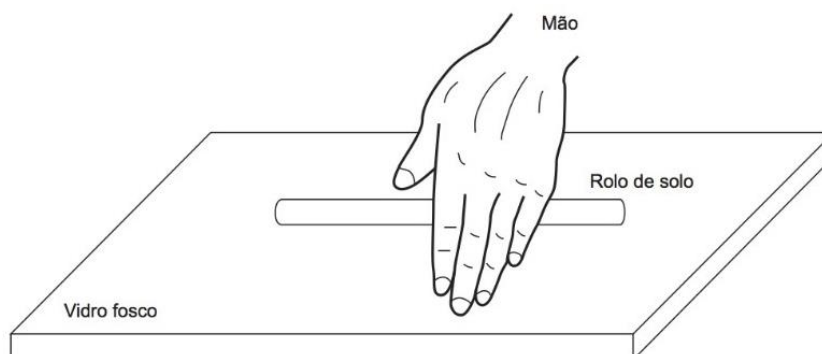
Segundo Barnes (2016), o ensaio de limite de plasticidade é realizado com o auxílio de uma placa de vidro e um cilindro padrão de diâmetro igual a 6 mm de espessura e cerca de 50 mm de comprimento. Além do mais, a amostra de solo deve apresentar inicialmente teor de umidade próximo ao teor de umidade necessário para se atingir o limite de liquidez do solo analisado.

O ensaio do limite de plasticidade é normatizado pela norma NBR 7180: Solo – Determinação do limite de plasticidade (ABNT, 2016c). O procedimento geral que deve ser seguido para a execução do ensaio, se inicia com a preparação da amostra de solo, disposição desta em um recipiente adequado e mistura a uma quantidade definida de água destilada, buscando deste modo se obter uma mistura homogênea de aparência plástica.

Preparada a amostra de solo, deve-se separar um total de 10 gramas desta para execução do ensaio, deste modo, a massa de solo coletada deve ser moldada previamente em formato esférico. Após, deve ser posicionada sobre uma placa de vidro e rolada sobre tal superfície visando deste modo se obter um cilindro de 3 mm de diâmetro (ABNT NBR 7180, 2016c).

De acordo com a ABNT NBR 7180, em casos em que a amostra de solo se fragmente durante o processo de modelagem do cilindro, esta deve ser direcionada novamente à um novo recipiente onde será acrescentada uma quantidade adicional de água destilada, visando elevar o teor de umidade da amostra. O ensaio deve ser interrompido para mensuração do teor de umidade da amostra de solo, quando se obter um cilindro de 3 mm de diâmetro e comprimento aproximado de 10 cm. A Figura 4 representa a execução do ensaio do limite de plasticidade:

Figura 4 - Ensaio do limite de plasticidade (LP).



Fonte: Santos e Dailbert (2014).

3.1.2.3 Limite de contração (LC)

O limite de contração é descrito por Das (2019) como o teor de umidade apresentado pelo solo quando este se encontra em um estado de equilíbrio, ou seja, o volume de solo não apresentará modificações mesmo que o teor de umidade venha a diminuir.

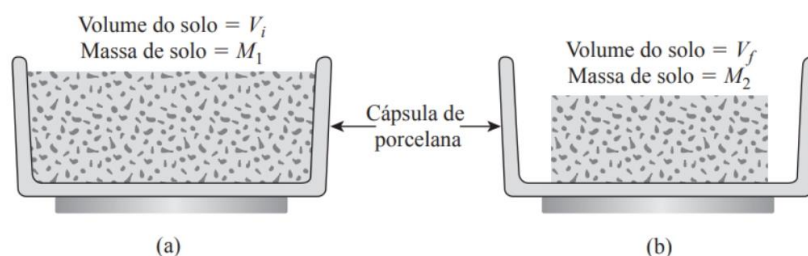
De acordo com a norma DNER – ME 087: Solos – Determinação dos fatores de contração (DNER, 1994) para a determinação do limite de contração através da realização de ensaios específicos, é necessário que inicialmente seja tomada como amostra cerca de 50 g do solo a ser analisado.

Separada a amostra de solo necessária, esta é direcionada a uma cápsula de porcelana e água é adicionada em proporções controladas para que se atinja a consistência necessária para realização do ensaio. Um ponto importante é a realização da aplicação de vaselina antes da colocação da amostra na cápsula, tendo em vista que tal processo evitará que o solo adira a superfície do recipiente ao qual encontra-se contido (DNER, 1994).

Segundo apresentado pelo DNER (1994), a amostra de solo deve ser inserida na cápsula de porcelana em parcelas, adicionando $\frac{1}{3}$ do solo a cada parcela. Tal procedimento é necessário para que, através de batidas a cada adição de solo, este venha a ocupar em sua totalidade os espaços vazios da capsula.

O seguinte procedimento a ser executado, conforme o DNER (1994), é aguardar que o solo seque naturalmente até que este apresente mudanças em sua tonalidade. Ao ser atingido tal ponto, a amostra de solo deve ser direcionada a estufa onde deve ser mantida até que não seja mais verificada variações de peso, assim a amostra é pesada e o resultado obtido anotado. A Figura 5 apresenta a amostra de solo no início do ensaio e a amostra de solo seco:

Figura 5 - Amostra de solo no início e no final do ensaio de limite de contração.

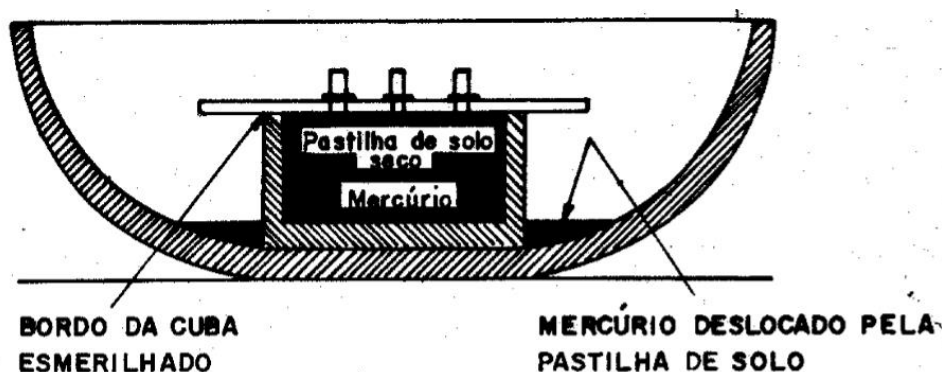


Fonte: DAS, 2019.

Em seguida, uma cuba de vidro com mercúrio é preparada e a pastilha de solo seco preparada anteriormente é adicionado sobre o mercúrio contido no sistema. Assim, com o auxílio da placa de vidro, é exercida uma pressão controlada sobre a amostra de solo seco proporcionando que esta venha a submergir completamente no volume de mercúrio, tal feito proporciona que parte do mercúrio seja deslocado. O volume deslocado de mercúrio deve ser medido com o auxílio de uma proveta e o valor obtido é tomado como o volume do solo seco analisado. (DNER, 1994)

A Figura 6 apresenta a execução da determinação do volume do solo seco segundo apresentado anteriormente:

Figura 6 - Sistema para determinação do volume da amostra de solo seco.



Fonte: DNER, 1994.

De acordo com o DNER (1994), após realização dos procedimentos mencionados anteriormente o limite de contração pode ser determinado através da Equação 1:

$$LC = \left(\frac{V_S}{P_S} \cdot \mu_a - \frac{1}{\delta} \right) \times 100 \quad (1)$$

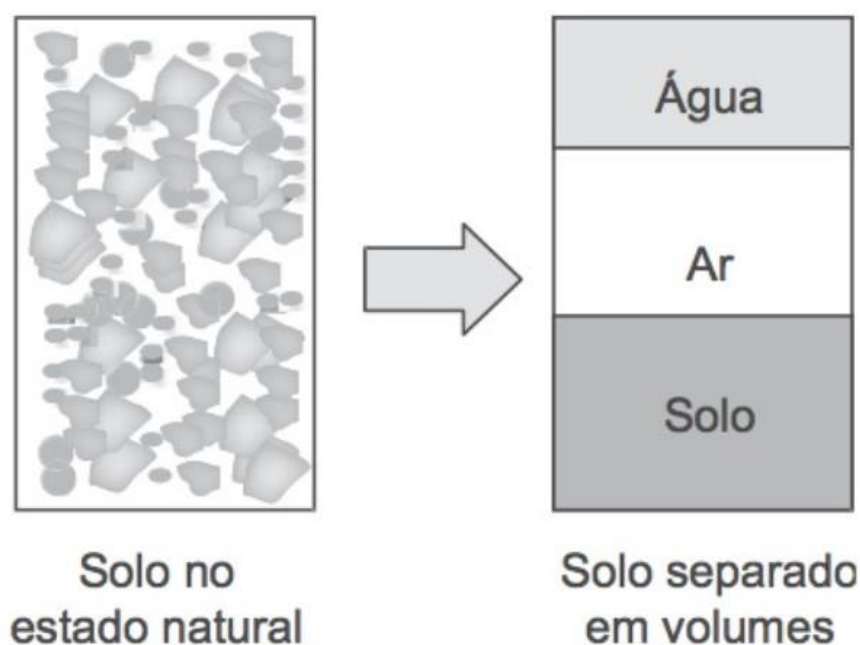
Onde μ_a representa a massa específica da água, δ corresponde a densidade real do solo, P_s representa o peso do solo seco e V_s o volume obtido para o solo seco.

3.1.3 Índices Físicos

De acordo com Neto (2018), os índices físicos do solo podem ser compreendidos como as condições que uma determinada amostra de solo apresenta em seu estado natural.

Para realização dos ensaios que fornecem os índices físicos do solo, deve-se inicialmente conhecer os elementos que constituem o solo. Segundo Caputo *et al.*, (2015), o solo pode ser compreendido como um material constituído por três fases distintas: fase sólida, fase líquida e fase gasosa. A Figura 7 apresenta as fases constituintes do solo:

Figura 7 - Constituição de uma amostra de solo.



Fonte: SANTOS E DAILBERT, 2014.

Santos e Dailbert (2014) apresentam que o solo em seu estado natural é constituído por partículas sólidas de solo, sendo que entre os espaços existentes entre os grãos do solo tem-se a existência de vazios. Existem ainda casos em que a água ocupa os espaços vazios existentes no solo, compondo deste modo um solo saturado.

Vários são os índices físicos utilizados para determinação de propriedades do solo em seu estado natural, dentre estes tem-se: umidade, peso específico real e peso específico aparente.

3.1.3.1 Umidade (h)

A umidade do solo, de acordo com Pinto (2006), pode ser entendida como a relação apresentada entre o peso da água contida no solo e o peso dos sólidos da amostra de solo.

De acordo com Caputo *et al.* (2015), o teor de umidade de uma determinada amostra de solo é obtida através da relação expressa na Equação 2:

$$h\% = \frac{P_a}{P_s} \times 100 \quad (2)$$

Em que P_a representa a diferença entre o peso inicial da amostra e o peso da amostra seca, enquanto P_s corresponde a diferença entre o peso da amostra seca e o peso da tara utilizado.

O ensaio para determinação do teor de umidade dos solos é normatizado pela NBR 6457: Amostras de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. A norma NBR 6457 (ABNT, 2016d) apresenta que inicialmente deve-se separar uma determinada quantidade de solo da amostra, onde o mesmo deve ser destorroado e armazenado em cápsulas metálicas fechadas, pesando o conjunto e anotando o seu peso em seguida.

Seguido da preparação da amostra de solo, a ABNT NBR 6457 define que a cápsula onde o solo está sendo armazenado deve ser destampada e o conjunto direcionado à estufa, onde deve ser submetido a temperaturas variando entre 105°C e 110°C, até que a variação de massa do solo se estabilize. Após realizado tal processo, a amostra de solo deve ser retirada da estufa e direcionada à um dessecador, onde deve permanecer até atingir temperatura ambiente.

Por fim, conforme a ABNT NBR 6457, a cápsula contendo a amostra de solo deve ser tampada, visando conservar a umidade do solo, e o conjunto deve ser novamente pesado, anotando o peso obtido na verificação. Segundo a referenciada norma, o procedimento do ensaio deve ser realizado no mínimo três vezes, para que resultados mais precisos sejam obtidos.

Pinto (2006) afirma que o teor de umidade obtido no ensaio de umidade varia a depender do tipo de solo que está sendo analisado, contudo, tem-se que normalmente o teor de umidade dos solos em seu estado natural varia de 10 a 40% de umidade. Já Santos e Dailbert (2014) apresentam que solos brasileiros, quando em seu estado natural, apresentam normalmente teor de umidade de cerca de 50%, com exceção de solos classificados como orgânicos, que chegam a apresentar umidade superior a 100%.

3.1.3.2 Peso específico real e aparente

Segundo Knappett e Craig (2018), o peso específico aparente de um solo pode ser compreendido como a relação entre a massa total do solo natural (P_t) e o volume total (V_t), sendo obtido através da Equação 3:

$$\gamma = \frac{P_t}{V_t} \quad (3)$$

Neto (2018) apresenta que a o peso específico aparente do solo corresponde a análise de uma amostra de solo que se encontra em seu estado natural, enquanto o peso específico real do solo leva em consideração a massa de solo seca. Deste modo, o autor afirma que para determinação do peso específico aparente do solo, a umidade apresentada por este deve ser igual a umidade apresentada no local de coleta da amostra. Contudo, para determinação do peso específico real do solo, este deve apresentar umidade nula, ou seja, antes da realização do ensaio utilizado para tal determinação, é necessário que a amostra de solo seja submetida a um segundo ensaio para que se obtenha a umidade desejada.

Como apresentado por Caputo *et al.*, (2015), o peso específico real do solo (P_s) é obtido através da relação entre a massa do solo seco e o volume total (V_t), como observado na Equação 4:

$$\gamma = \frac{P_s}{V_t} \quad (4)$$

Um dos métodos de ensaio que pode ser utilizado para determinação do peso específico aparente do solo é o ensaio do frasco de areia, normatizado pela NBR 7185: Solo – Determinação da massa específica aparente, *in situ*, com emprego do frasco de areia (ABNT, 2016e).

Segundo a ABNT NBR 7185 é necessário que inicialmente seja determinada a massa de areia contida no frasco utilizado para realização do ensaio, pesando a massa da areia e identificando-a como areia padrão.

Para realização da determinação do peso específico aparente do solo, deve-se inicialmente realizar um furo cilíndrico no solo local, apresentando cerca de 15 cm de profundidade. A massa do solo escavado deve então ser recolhida e sua massa e teor de umidade determinadas (ABNT NBR 7185, 2016e).

Como apresentado pela ABNT NBR 7185, o conjunto funil e frasco de areia deve ser instalado no orifício escavado e o sistema acionado até que a movimentação da areia contida no interior do frasco seja cessada. Assim, deve-se determinar o peso da areia restante no frasco,

sendo que a massa de areia deslocada será dada pela diferença entre a massa do conjunto frasco/areia no início do ensaio e a massa do conjunto após realização do mesmo. Determinada a massa de solo, deve-se subtrair da mesma a massa de solo que se encontra contida no funil do sistema, onde a resultante de tal operação será a massa de areia que preenche o furo realizado.

Obtidas tais massas, tem-se que a massa específica aparente do solo será dado pela seguinte Equação 5:

$$\rho_d = \rho_{areia} \times \frac{M_u}{M_{10}} \times \frac{100}{100 + w} \quad (5)$$

Onde:

ρ_d corresponde a massa específica aparente do solo;

ρ_{areia} corresponde a massa específica aparente da areia;

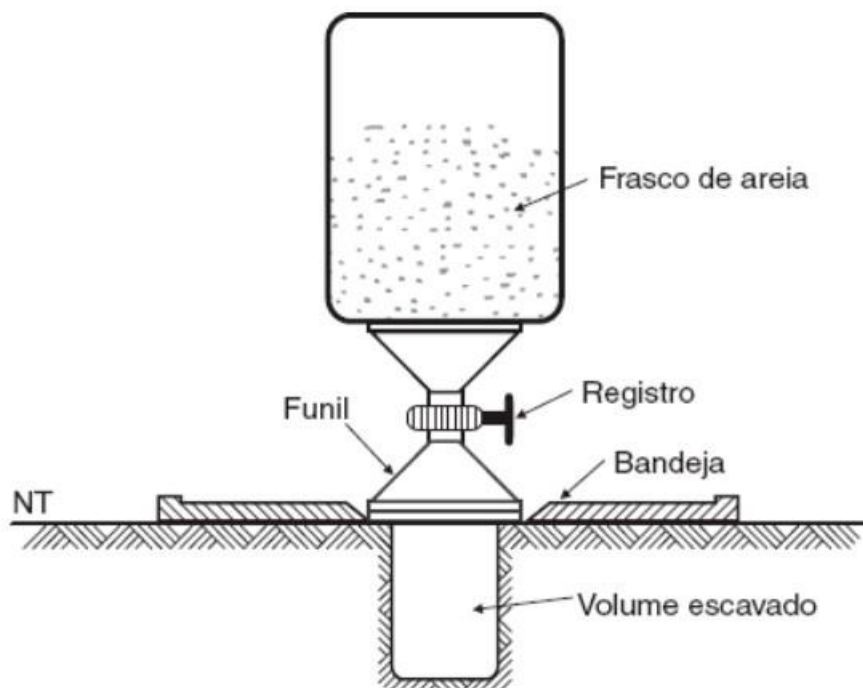
M_u corresponde a massa de solo extraída do furo realizado;

M_{10} corresponde a massa da areia contida no funil após realização do ensaio;

w corresponde ao teor de umidade apresentado pela amostra de solo.

O sistema utilizado para realização do ensaio de frasco de areia pode ser visualizado através da Figura 8:

Figura 8 – Ensaio do frasco de areia.



Fonte: CAPUTO *et al.*, 2015.

3.2 CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS

De acordo com Floriano (2016), é de fundamental importância para a engenharia que se faça uso de uma classificação de solo, tendo em vista que os diversos tipos de solos apresentam propriedades e características distintas entre si. Assim, o conhecimento de um determinado solo propicia que decisões sejam melhor tomadas levando em consideração as características únicas do solo de uma determinada região. Desse modo, a utilização dos sistemas de classificação dos solos é utilizada pelos profissionais como um guia preliminar, sendo que este direciona os mesmos a preverem os comportamentos geomecânicos de uma determinada porção de solo.

Para Knappett e Craig (2018) é necessário que haja uma padronização na descrição dos tipos de solos, para que deste modo o tipo de solo de um determinado local seja identificado por qualquer indivíduo que tenha acesso a classificação realizada. Os autores afirmam ainda que a classificação de um solo em um determinado tipo o inclui em um grupo específico de comportamentos, sendo considerado para tal determinação as características do material; deste modo, a classificação dos solos não está restrita às condições apresentadas por este no local de análise.

Segundo Caputo *et al.*, (2015), a classificação dos solos é dividida em dois principais sistemas: o sistema unificado de classificação (SUCS) e a classificação rodoviária HRB.

3.2.1 Sistema unificado de classificação (SUCS)

Conforme Floriano (2016), o Sistema unificado de classificação (SUCS) é baseado em duas propriedades principais: a plasticidade e a granulometria apresentada pelos grãos de solo analisado. Pela determinação da granulometria, pode-se dividir os solos em bem ou mal graduados. Para o autor, solos que apresentem uma variedade considerável na dimensão dos grãos são ditos como solos bem graduados, por outro lado, solos que apresentem uma pequena variação no diâmetro dos grãos são considerados solos mal graduados.

Caputo *et al.* (2015) apresentam que os solos podem ser classificados segundo sua granulometria em três grupos: solos grossos, solos finos e turfas. O autor dessa forma, os solos podem ser enquadrados nos grupos apresentados quando possuírem as seguintes características:

- Solos grossos: Os solos podem ser considerados grossos quando apresentarem grãos com diâmetros majoritariamente superiores a 0,074 mm, ou seja, ao se realizar o ensaio de granulometria na massa de solo cerca de 50 % desta será retida na peneira nº 200;
- Solos finos: Os solos serão classificados como finos quando apresentarem diâmetro de

seus grãos predominantemente menores que 0,074 mm;

- Turfas: O solo é catalogado como uma turfa quando este é excessivamente orgânico, sendo em sua maioria solos fibrilares e altamente compressíveis.

Floriano (2016) apresenta que para a identificação do tipo de solo a partir do ensaio de granulometria é necessário que três principais parâmetros sejam conhecidos: os diâmetros efetivos (D_{10} , D_{30} e D_{60}), o coeficiente de uniformidade (C_u) e o coeficiente de curvatura (C_c).

Segundo Das (2019), o diâmetro efetivo D_{10} corresponde a 10% dos grãos menores contidos na amostra de solo. De forma semelhante tem-se os diâmetros efetivos D_{30} e D_{60} , o qual D_{30} equivale ao diâmetro de 30% dos menores grãos, do mesmo modo em que o D_{60} representa o diâmetro de 60% dos grãos menores da massa de solo analisada.

De acordo com Pinto (2006), o coeficiente de uniformidade permite conhecer a distribuição do tamanho dos grãos de solo em uma amostra, onde ao se obter um coeficiente próximo a 1 tem-se que o diâmetro de grãos não possuem uma grande variedade entre si, ao passo em que resultados menores de coeficiente de uniformidade representam uma maior variação nas partículas de solo. O coeficiente de uniformidade pode ser obtido através da Equação 6:

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad (6)$$

Para Floriano (2016) os resultados obtidos para o coeficiente de uniformidade podem classificar os solos como apresentado a seguir:

- $C_u < 5$: Coeficiente de uniformidade menores que 5 representa solos uniformes;
- $C_u > 15$: Quando o coeficiente de uniformidade apresenta resultados maiores que 15 tem-se solos considerados desuniformes;
- $5 \leq C_u \leq 15$: Solos com coeficiente de uniformidade compreendidos no intervalo apresentado se classificam como solos medianamente uniformes.

Pinto (2006) apresenta que o coeficiente de curvatura identifica a forma e a simetria apresentada pela curva granulométrica, proporcionando deste modo identificar se o solo é bem ou mal graduado. O coeficiente de curvatura é dado pela Equação 7:

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \cdot D_{10}} \quad (7)$$

De acordo com Floriano (2016) as seguintes conclusões podem ser obtidas através dos resultados obtidos com o coeficiente de curvatura:

- $C_c < 1$: O solo apresenta a ausência de um determinado diâmetro, provocando assim

uma descontinuidade na curva granulométrica;

- $C_c > 3$: O solo apresenta grãos com diâmetros aproximados ou idênticos, proporcionando deste modo uma uniformidade na curva granulométrica;
- $1 \leq C_c \leq 3$: Neste o solo é considerado bem graduado, ou seja, apresenta grãos com diâmetros diversos, ocasionando assim a obtenção de uma curva suave.

Santos e Dailbert (2014) apresentam que no SUCS os diversos tipos de solo são identificados pela junção de duas letras, onde a primeira letra representa o principal tipo de solo e a segunda letra corresponde a uma descrição complementar do solo. O Quadro 2 apresenta as letras utilizada pelo sistema de classificação para identificação dos solos:

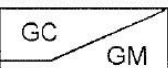
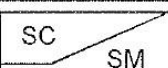
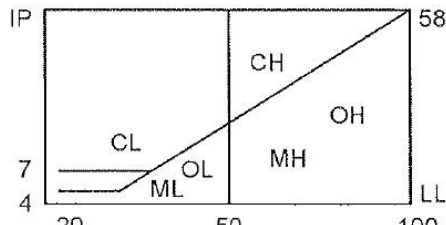
Quadro 2 - Códigos para classificação de solos segundo o sistema unificado de classificação (SUCS).

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
G	Pedregulho
S	Areia
M	Silte
C	Argila
O	Solo orgânico
W	Bem graduado
P	Mal graduado
H	Alta compressibilidade
L	Baixa compressibilidade
Pt	Turfas

Fonte: Santos e Dailbert (2014).

De acordo com Das (2019), os solos grossos são compostos pelos pedregulhos e areias, enquanto os solos finos são compostos pelos siltes e argilas. Pinto (2006) afirma que a classificação dos solos pode ser realizada através do ensaio de granulometria, onde os mesmos podem ser identificados através da porcentagem de solo retida nas peneiras utilizadas no ensaio. O esquema apresentado pelo autor para classificação de solos segundo o sistema de classificação SUCS pode ser visualizado na Figura 9:

Figura 9 – Método de classificação de solos segundo a granulometria destes segundo o Sistema Unificado de Classificação (SUCS).

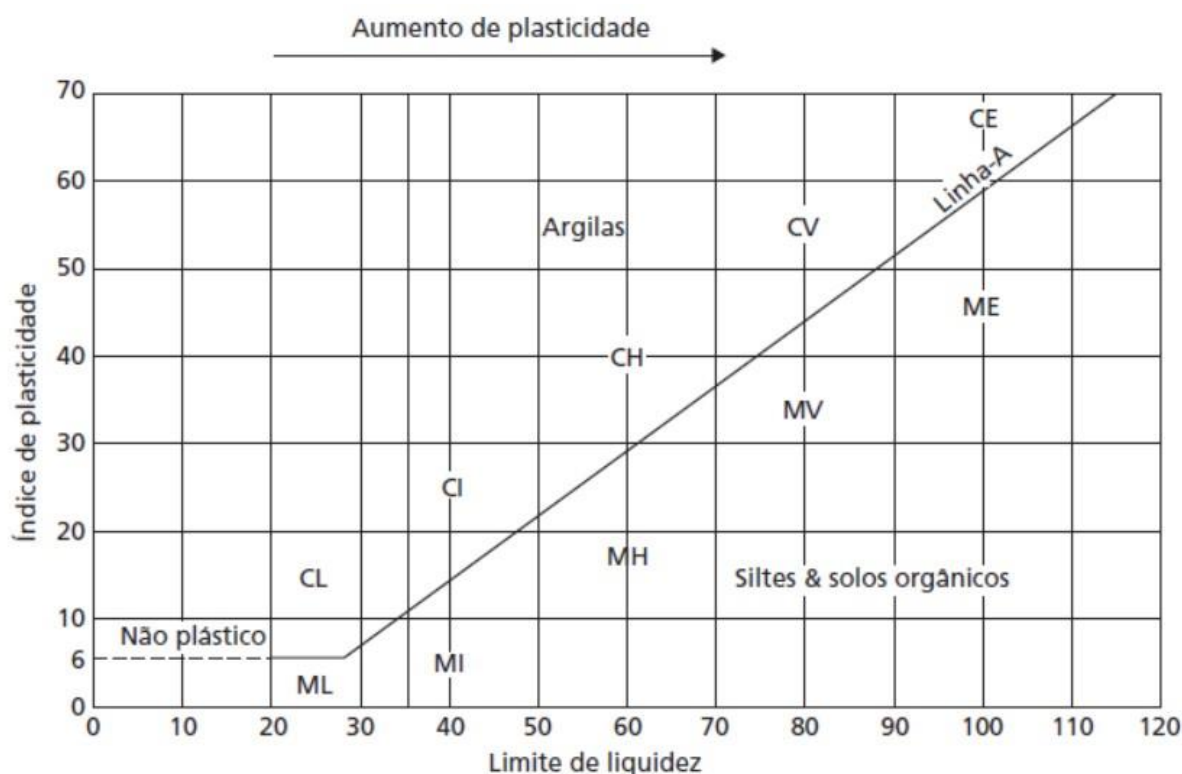
% P #200 < 50	G > S : G		% P #200 < 5	GW CNU > 4 e 1 < CC < 3
				GP CNU < 4 ou 1 > CC > 3
			% P #200 > 12	GC 
				GM
	S > G : S		5 < #200 < 12	GW-GC, GP-GM, etc.
			% P #200 < 5	SW CNU > 6 e 1 < CC < 3
				SP CNU < 6 ou 1 > CC > 3
			% P #200 > 12	SC 
			SM	
		5 < #200 < 12	SW-SC, SP-SC, etc.	
% P #200 > 50	C	CL		
		CH		
	M	ML		
		MH		
	O	OL		
		OH		

Fonte: Pinto (2006).

Para os solos finos, devem-se utilizar a plasticidade do solo para sua classificação. Floriano (2016) afirma que solos que apresentem partículas menores que 0,075 mm, definidos a partir do ensaio de granulometria, são considerados solos finos, sendo deste modo necessário utilizar a carta de plasticidade de Casagrande para classificá-los, onde tal carta apresenta um gráfico de plasticidade do solo, relacionado os limites de consistência (limite de liquidez e limite de plasticidade) apresentados por estes.

Como apresentado anteriormente, o limite de liquidez e o índice de plasticidade são utilizados como padrão para determinação dos solos finos, onde para tal faz-se uso da carta de plasticidade de Casagrande para classificação dos solos finos. A carta de plasticidade de Casagrande pode ser visualizada na Figura 10:

Figura 10 – Carta de Plasticidade de Casagrande.



Fonte: KNAPPETT e CRAIG, 2018.

A linha A apresentada no gráfico de plasticidade representa a separação entre os solos argilosos e os siltes. Ao posicionar o ponto, correspondente a plasticidade e limite de liquidez apresentado pelo solo analisado, a identificação do mesmo é realizada segundo a faixa em que o mesmo se encontra posicionado no gráfico apresentado (KNAPPETT e CRAIG, 2018).

3.2.2 Sistema Rodoviário de Classificação (HRB)

Segundo Caputo *et al.*, (2015) o Sistema Rodoviário de Classificação, também conhecido como sistema HRB (*Highway Research Board*), classifica os solos conforme sua granulometria e sua plasticidade. Santos e Dailbert (2014) afirmam que no sistema de classificação HRB os solos são identificados através da letra A acompanhada de um número de 1 a 7.

De acordo com Das (2019) os grupos de solos classificados como A-1, A-2 e A-3 possuem um total de 35% de suas partículas passantes na peneira nº 200, e os demais grupos de classificação, ou seja, A-4, A-5, A-6 e A-7 possuem grãos de solo com dimensões que possibilitam que mais de 35% da amostra passe pela peneira nº 200. A Figura 11 apresenta o esquema utilizado para classificação de solos segundo o sistema HRB:

Figura 11 - Esquema para classificação de solos segundo sua granulometria e plasticidade pelo Sistema Unificado de Classificação (SUCS).

		% P #10 2,0 mm	% P #40 0,42 mm	% P #200 0,075 mm	IP
% P #200 < 35	A-1a	< 50	< 30	< 15	< 6
	A-1b		< 50	< 25	< 6
	A-3		> 50	< 10	NP
	A-2	IP			
	A-2-4				
A-2-5					
A-2-6					
A-2-7					
% P #200 > 35	A-4	IP			
	A-5				
	A-6				
	A-7-5				
	A-7-6				
	A-7-6				

Fonte: Pinto (2006).

Como visualizado na Figura 11, os solos classificados nos grupos A-2 ao A-7, por se tratar de solos mais finos, são subclassificados segundo os índices de consistência (índice de plasticidade e limite de liquidez) apresentado pelo solo analisado.

3.3 MÉTODOS DE INVESTIGAÇÃO DE SUBSOLO

Antes de se iniciar os projetos de uma determinada edificação é necessário que se faça um levantamento de algumas características do local onde a obra será executada. Diante do apresentado, um dos pontos que deve ser analisado é as características do solo local, tendo em vista que tais características apresentam grande influência para o sucesso da obra a ser executada.

Knappett e Craig (2018) afirmam que as investigações de subsolo devem ser executadas com o intuito de se obter informações que proporcionem a elaboração de projetos seguros e

econômicos. Tem-se ainda que a realização de uma investigação de subsolo possui como objetivo:

“(1) Determinar a sequência, as espessuras e a dimensão lateral dos estratos do solo e, quando apropriado, o nível do substrato rochoso; (2) obter amostras representativas dos solos (e rochas) para identificação e classificação e, se necessário, para o uso em ensaios de laboratório a fim de se obter os parâmetros adequados do solo; (3) identificar as condições da água subterrânea.” (KNAPPETT e CRAIG, 2018, p. 155)

Para Knappett e Craig (2018), terrenos que apresentem uma grande variação nas suas condições necessitam de uma quantidade maior de pontos de sondagem, assim os autores apresentam uma sugestão de espaçamentos adequados entre pontos de sondagem, sendo tais espaçamentos relacionados ao tipo de obra a ser realizada. A sugestão de espaçamentos apresentada pelos autores pode ser visualizada no Quadro 3:

Quadro 3 – Sugestão de espaçamento entre pontos de investigação do terreno.

TIPO DE CONSTRUÇÃO	ESPAÇAMENTO DOS PONTOS DE INVESTIGAÇÃO
Estruturas de grande altura ou indústrias	Padrão da malha, com espaçamento de 15 – 40 m
Estruturas de grandes áreas	Padrão de malha, espaçamento $\leq$ 60 m
Estruturas lineares (por exemplo, rodovias, ferrovias, muros de contenção etc.)	Ao longo da linha da estrutura, com espaçamento de 20 – 200 m
Estruturas especiais (por exemplo, pontes, chaminés, fundações de equipamentos)	2 – 6 pontos de investigação por fundação
Represas e barragens	Espaçamento de 25 – 75 m, ao longo das seções mais importantes

Fonte: Adaptado de KNAPPETT E CRAIG, 2018.

Existem vários métodos que podem ser utilizados para obtenção das características e propriedades do solo, dentre quais encontra-se a realização de ensaios de investigação de subsolo, tais como: sondagem à trado, sondagem à percussão (SPT) e o ensaio de cone (CPT).

3.3.1 Sondagem à trado

A sondagem à trado é realizada com o auxílio de um trado, sendo este um equipamento manual, ou em alguns casos mecânico, que consiste em basicamente na utilização de uma rosca de aço posicionada em uma das extremidades de uma haste metálica com comprimento adicionável; deste modo, o trado é posicionado no local onde se deseja realizar a sondagem e, através da ação humana, ou da utilização de equipamento mecânico, o equipamento é acionado (BOTELHO, 2015).

Barnes (2016) afirma que o trado manual apresenta em sua maioria um diâmetro de 100 mm, e sua aplicação consiste na rotação de uma cruzeta conectada a haste do equipamento e posicionada acima do nível do terreno.

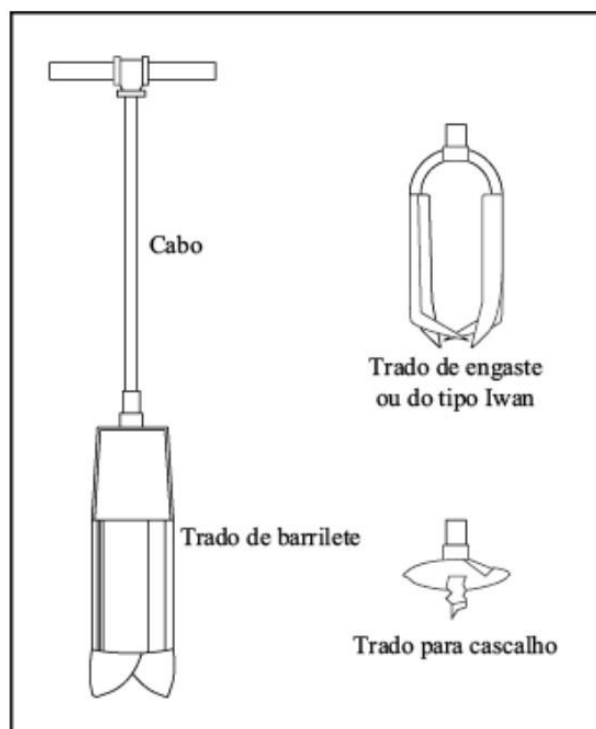
Para Das (2019), a sondagem à trado pode ser considerado o método mais simples de ensaio de sondagem. O autor afirma que o trado manual pode ser utilizado para inspeção de solo a uma profundidade média de 3 a 5 metros de profundidade, onde o solo pode ser identificado através de análise das amostras de solo presas ao trado. Vale salientar que as amostras de solo coletadas com o auxílio do trado manual são consideradas amostras deformadas, contudo as mesmas podem ser utilizadas para ensaios laboratoriais.

Segundo Knappett e Craig (2018), a sondagem à trado é utilizada em solos que apresentem uma maior resistência, tendo em vista que se recomenda que este seja utilizado em locais onde as laterais do furo executado não necessite de sustentações laterais. Além do mais, os autores afirmam que em alguns casos é possível se obter amostras indeformadas de solo, contudo isto só é possível em casos em que o trado utilizado apresente um pequeno diâmetro.

Caputo *et al.* (2015) alega que as sondagens à trado são mais recomendadas para sondagens a uma pequena profundidade, como é o caso de sondagens necessárias para obras de pavimentação.

De acordo com Barnes (2016), o trado cilíndrico é mais utilizado para a realização de sondagens em solos argilosos, enquanto o trado circular plano com uma válvula de charneira é mais utilizado em solos pedregulhosos. A Figura 12 apresenta alguns tipos de trados manuais:

Figura 12 – Tipos de trados manuais.



Fonte: BARNES, 2016.

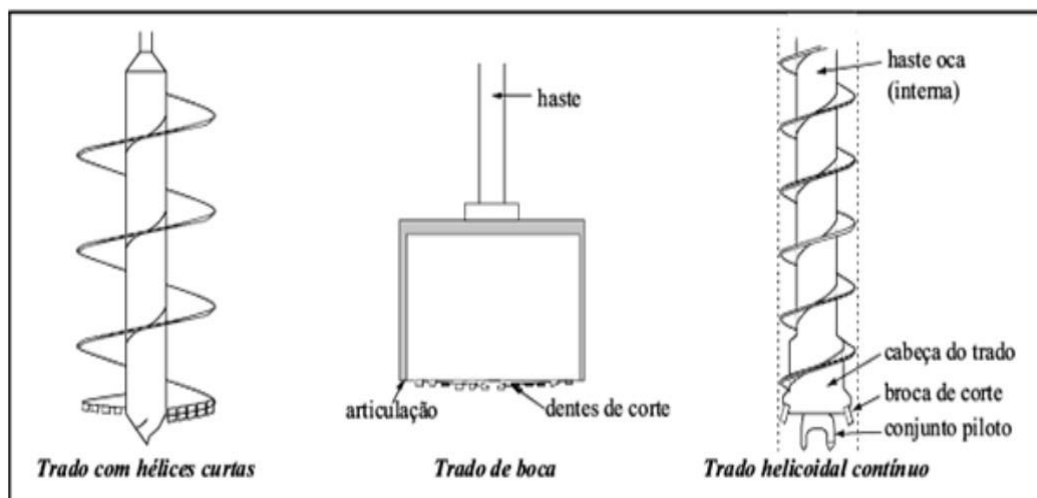
Das (2019) cita que em casos em que seja necessário se alcançar maiores profundidades, ou seja, profundidades acima de 5 metros, recomenda-se fazer uso dos trados mecânicos, sendo o método mais empregado o trado helicoidal contínuo.

Para Barnes (2016), os dois principais trados mecânicos utilizados são o trado de fundo com haste mecânica e o trado helicoidal contínuo com haste oca. O autor afirma que o trado helicoidal de haste curta pode ser classificado como um trado de fundo, sendo que este apresenta normalmente um diâmetro de 600 mm. Do mesmo modo, tem-se o trado de boca com lâminas, onde este pode ser catalogado como um trado de fundo; este apresenta normalmente diâmetro variando entre 300 mm e 1800mm.

Knappett e Craig (2018) afirmam que os trados mecânicos são montados em veículos compatíveis ou ainda podem ser utilizados com o auxílio de tripés de sustentação. Com relação a pressão exercida pelo equipamento, o autor apresenta que ela irá depender do tipo e do tamanho do equipamento e do tipo de solo em que o ensaio de sondagem será realizado, além do mais a pressão exercida para perfuração do solo poderá ser realizada de forma hidráulica, mecânica ou ainda através do peso próprio do equipamento.

Alguns tipos de trados mecânicos utilizados para realização de ensaios de sondagem podem ser visualizados na Figura 13:

Figura 13 – Tipos de trados mecânicos.



Fonte: BARNES, 2016.

De acordo com Botelho (2015), independentemente do tipo de trado utilizado, após a perfuração de uma determinada amostra de solo, esta é retirada e posicionada de forma cuidadosa no terreno próximo ao furo realizado. Vale salientar que se deve atentar ao posicionamento das amostras de solo retiradas, tendo em vista que as mesmas devem ser dispostas no terreno de forma ordenada de escavação.

Seguido do procedimento de coleta das amostras de solo, Botelho (2015) afirma que é necessário que um profissional experiente realize a identificação do solo local, ou ainda deve-se embalar as amostras de solo e direcioná-las ao laboratório para que sejam adequadamente identificadas.

3.3.2 Sondagem à percussão (SPT)

De acordo com a norma NBR 6484: Solo – Sondagem de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio (ABNT, 2020), a sondagem à percussão, ou sondagem SPT, nada mais é do que um ensaio utilizado para mensuração da resistência à penetração de uma determinada massa de solo, consistindo na perfuração do maciço de solo através da cravação de um amostrador – padrão, a cada metro do solo, tornando possível que o solo do local seja identificado e o índice de resistência deste seja determinado. Além do mais, a mesma norma afirma que tal ensaio proporciona ainda a identificação do nível do lençol freático local, informação está de elevada importância para a tomada de decisões acerca dos procedimentos de execução de uma determinada obra.

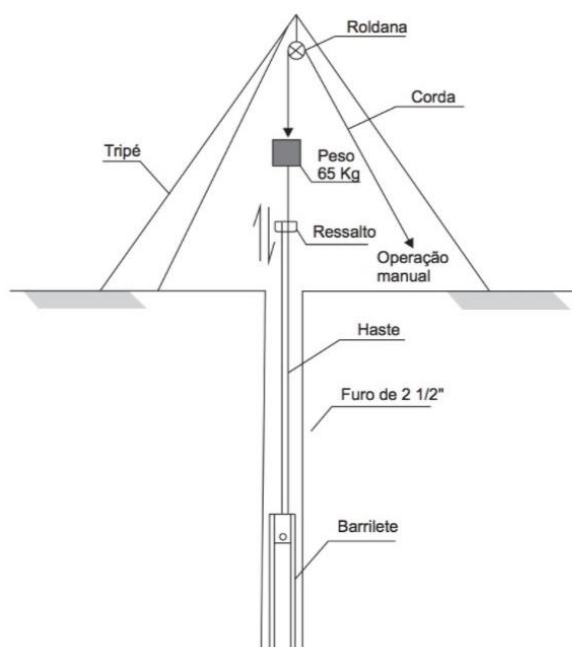
Segundo Santos e Daibert (2014) o método de sondagem a percussão consiste na realização de furos no terreno analisado através da utilização de equipamentos capazes de penetrar o solo através da aplicação de golpes.

De acordo com Knappett e Craig (2018) o equipamento utilizado para a realização de ensaios SPT constitui-se em: uma torre de elevação (tripé), uma unidade de força e um guincho composto por um cabo de aço passante em uma roldana localizada no topo do tripé para elevação da unidade de força.

Segundo a ABNT NBR 6484, o amostrador padrão utilizado para perfuração e coleta do solo deve possuir um diâmetro externo de 50,8 mm e diâmetro interno de 34,9 mm. Além do mais, a mesma norma afirma que o martelo utilizado para realização da cravação do amostrador padrão no solo deve possuir formato prismático ou cilíndrico com massa total de 65 kg.

Para Floriano (2016), o martelo de cravação do amostrador padrão é elevado através do sistema de roldana e corda de sisal, onde a roldana utilizada deve possuir 8" facilitando assim a elevação do martelo. A representação do equipamento utilizado para realização da sondagem a percussão pode ser visualizada na Figura 14:

Figura 14 - Equipamento utilizado na realização de sondagens a percussão.



Fonte: SANTOS E DAIBERT, 2014.

A ABNT NBR 6484 aponta que para realização do ensaio SPT deve-se inicialmente realizar a perfuração do solo até uma profundidade de um metro, com o auxílio de um trado-

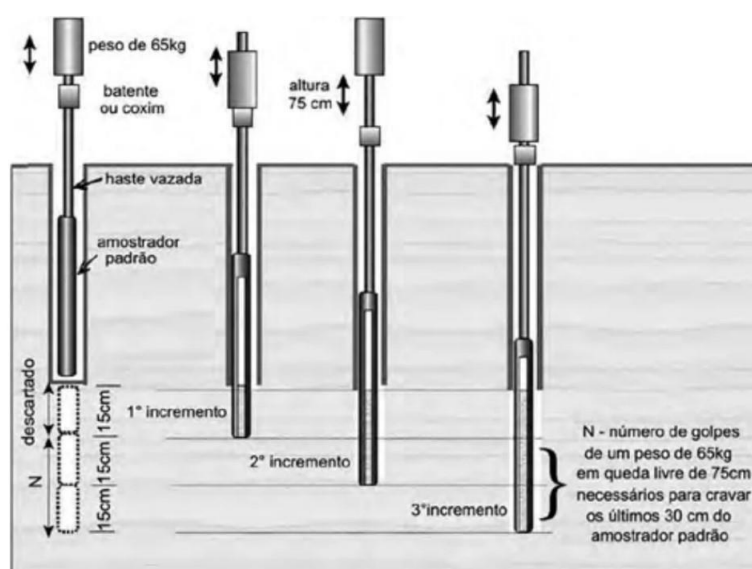
concha ou de uma cavadeira manual. Vale salientar que no relatório de sondagem apresentado após a conclusão do ensaio de sondagem, o primeiro metro de solo é desconsiderado.

Seguido do processo de retirada do primeiro metro de solo, Floriano (2016) afirma que deve ser realizada a perfuração do solo com o uso do equipamento de ensaio SPT, onde na base da haste metálica é posicionado o amostrador padrão, assim é dada início a perfuração do solo através de golpes dados no amostrador com o auxílio do martelo de cravação. Vale ressaltar que a coleta das amostras de solo é realizada a cada metro de solo perfurado.

Como apresentado na ABNT NBR 6484, os golpes executados no amostrador padrão para cravação deste no solo devem ser realizados com o auxílio do martelo de cravação, sendo içado até uma altura de 75 cm e então solto para cravar o amostrador no solo.

Botelho (2015) apresenta que a cada metro de solo perfurado deve-se desprezar os resultados obtidos para cravação dos primeiros 15 cm de solo, sendo necessário somente realizar a consideração do número de golpes necessários para cravação dos 15 cm seguintes, e dos próximos 15 cm; em síntese, o autor afirma que é necessário considerar somente o número de golpes necessários para cravação do amostrador padrão dos últimos 15 cm de solo. O procedimento mencionado pode ser melhor compreendido através da representação apresentada na Figura 15:

Figura 15 – Perfuração do solo através do ensaio de sondagem a percussão.



Fonte: FLORIANO, 2016.

Segundo Floriano (2016), o índice de resistência a penetração corresponde ao número de golpes necessário para perfuração dos 30 cm finais de cada camada de um metro perfurada.

Entretanto, existem casos em que a penetração dos 45 cm de solo necessário não é atingida, assim a representação dos resultados obtidos pode ser expressa através de frações ordinais. O autor afirma ainda que existem casos em que somente o peso do amostrador padrão proporciona a perfuração do solo, assim nestes casos o índice de penetração pode ser considerado 0 (zero).

Para que o ensaio de sondagem seja encerrado é necessário que algumas condições sejam satisfeitas. Deste modo, de acordo com a ABNT NBR 6484 o procedimento do ensaio é encerrado em casos em que após realizados 30 golpes com o martelo de cravação o amostrador padrão não perfurar um dos seguimentos de 15 cm, ou em casos em que após a aplicação de cinco golpes consecutivos o amostrador padrão não penetrar o solo.

De acordo com Floriano (2016), as amostras de solo devem ser acondicionadas de forma adequada em recipientes devidamente identificados, com local e cota de coleta, posterior a tais procedimentos as amostras devem ser cuidadosamente encaminhadas para laboratório, onde serão realizadas análises tátil-visuais nas amostras. O intuito da realização de análises nas amostras de solo é a identificação de forma correta do tipo de solo coletado, assim como demais informações pertinentes que venham a ser observadas.

Com relação ao nível do lençol freático, Floriano (2016) afirma que o mesmo deve ser identificado durante o processo de perfuração do furo de sondagem e após o término dos furos necessários no terreno. O autor afirma que antes dos furos serem fechados, estes devem ser esgotados completamente e após um período de 24 horas devem ser verificados, analisando deste modo a posição do nível do lençol freático local. Após obtidas todas as informações relevantes e necessárias, deve ser redigido um relatório de sondagem, onde este apresentará todas as informações necessárias, tais como a identificação do solo a cada camada.

Como apresentado por Caputo *et al.*, (2015) os resultados de resistência do solo obtidos através da realização do ensaio de sondagem a percussão podem ser utilizados para a identificação de alguns parâmetros do solo, tais como: o tipo de solo, o índice e consistência e a coesão não drenada do solo. Tais parâmetros podem ser obtidos através de consulta ao Quadro 4:

Quadro 4 – Parâmetros de resistência do solo em função dos resultados obtidos com a aplicação do ensaio SPT.

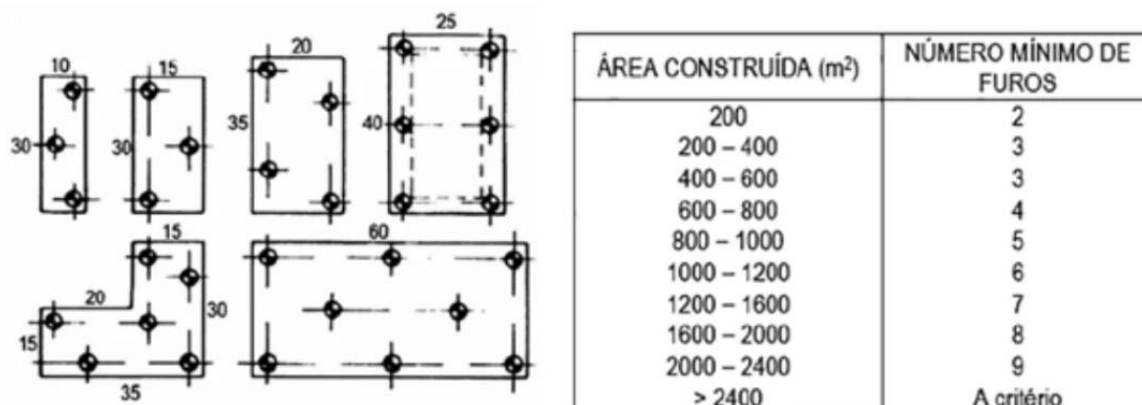
Solos	Nº de golpes N (SPT)	Índice de consistência (IC)	Coesão não drenada Cu (kN/m²)
ARGILAS			
Muito mole	≤ 2	0	< 10
Mole	2 – 4	0 – 0,25	10 – 25
Média	4 – 8	0,25 – 0,5	25 – 50
Rija	8 – 15	0,5 – 0,75	50 – 100
Muito rija	15 – 30	0,75 – 1,0	100 – 200
Dura	≥ 30	> 1,0	> 200
AREIAS		Grau de compactidade (GC) ou densidade relativa (Dr)	Ângulo de atrito (ϕ)
Muito fofa	< 4	< 0,2	< 30°
Fofa	4 – 10	0,2 – 0,4	30° - 35 °
Média	10 – 30	0,4 – 0,6	35° - 40°
Compacta	30 – 50	0,6 – 0,8	40° - 45°
Muito compacta	> 50	> 0,8	> 45°

Fonte: Adaptado de CAPUTO *et al.*, 2015.

Para determinação da posição e quantidade de furos que devem ser realizados em um determinado terreno, a norma NBR 8036: Programação de sondagens de simples reconhecimento do solo para fundações de edifícios - Procedimento (ABNT, 1983) estabelece que os furos devem ser definidos em função da área total do terreno a ser analisado. Além do mais, a norma afirma que os pontos de sondagem devem ser posicionados de forma a se obter a maior variação das camadas de solo local, não sendo deste modo aconselhável que os furos sejam alinhados e posicionados a uma distância de menos de 100 m um dos outros.

A quantidade de furos e uma possível forma de posicionamento destes, seguindo as recomendações da norma ABNT NBR 8036, pode ser visualizado na Figura 16:

Figura 16 – Número mínimo de furos de sondagem segundo a área construída do terreno



Fonte: FLORIANO, 2016.

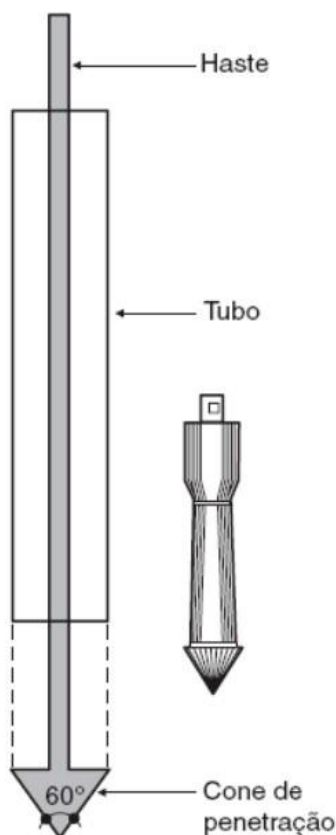
3.3.3 Ensaio de cone (CPT)

Uma das normas responsáveis pela normatização do ensaio de cone, ou ensaio CPT é a ASTM D 3441: *Standard test method for mechanical cone penetration test of soil* (ASTM, 1998), onde ela afirma que o ensaio consiste na determinação da resistência do solo a partir do atrito lateral do equipamento e extremidade deste, sendo que para esta determinação faz-se necessário a penetração lenta do equipamento no solo.

De acordo com Das (2019) o ensaio de sondagem CPT é realizado com o auxílio de um dispositivo dotado de um cone com 60° e área de seção transversal de 10 cm², este equipamento é então penetrado no solo permitindo deste modo que a resistência deste seja mensurada. O autor afirma ainda que a grande maioria dos dispositivos utilizados para tal ensaio, são dotados de uma luva de atrito posicionada acima do cone, tais luvas permitem que informações detalhadas quanto a resistência do cone e da resistência ao atrito sejam obtidas, vale salientar que as luvas de atrito possuem em média uma área exposta de cerca de 150 cm².

Segundo Caputo *et al.*, (2015), os equipamentos utilizados para a determinação da resistência do solo pelo método do ensaio CPT podem ser de três tipos: cone mecânico, cone elétrico e piezocone. A representação de um cone de penetração pode ser visualizada na Figura 17:

Figura 17 – Cone de penetração utilizado no ensaio CPT.



Fonte: CAPUTO *et al.*, 2015.

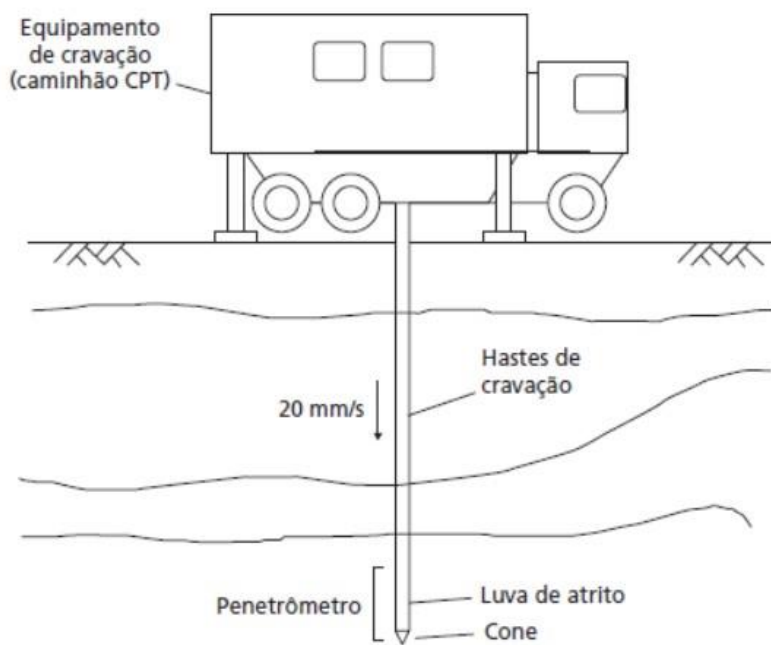
Segundo Knappett e Craig (2018) quando a investigação de subsolo deve ser realizada em terrenos que apresentem solo mais firme, o equipamento utilizado para a realização do ensaio CPT normalmente encontra-se acoplado a uma viatura CPT, o qual possui elevada massa, que será empregada para a cravação do cone de penetração no solo.

Knappett e Craig (2018) afirmam que a carga aplicada nestes casos varia de 15 a 20 toneladas, permitindo deste modo que em solos como areias densas ou argilas rijas, o ensaio chegue a profundidades de cerca de 30 metros. Para casos em que haja a necessidade da realização de investigações mais profundas, os autores afirmam que a carga utilizada para penetração do cone no solo pode ser aumentada, ou em alguns casos o cone pode vir a ser ancorado de forma temporária no solo.

Como mencionado por Caputo *et al.*, (2015) o ensaio CPT é realizado através da cravação de um equipamento específico no solo através da aplicação de cargas, para tal feito pode ser feito uso de sistemas hidráulicos. O autor afirma ainda que a cada metro perfurado há

a necessidade do posicionamento de uma nova haste no furo realizado. A Figura 18 representa um esquema do procedimento de realização do ensaio CPT:

Figura 18 – Esquema de procedimento de realização de um ensaio CPT.



Fonte: KNAPPETT E CRAIG, 2018.

Albuquerque e Garcia (2020) afirmam que, para a realização do ensaio CPT, é imprescindível que a velocidade de cravação seja mantida constante, tendo em vista que variações na velocidade podem vir a manifestar alterações indesejadas nos resultados obtidos. Além do mais, as ponteiros utilizadas não devem apresentar nenhum tipo de deformação, deformação esta que venha a alterar a geometria padronizada pela legislação vigente, o que pode vir a proporcionar, assim como as alterações de velocidade, resultados imprecisos.

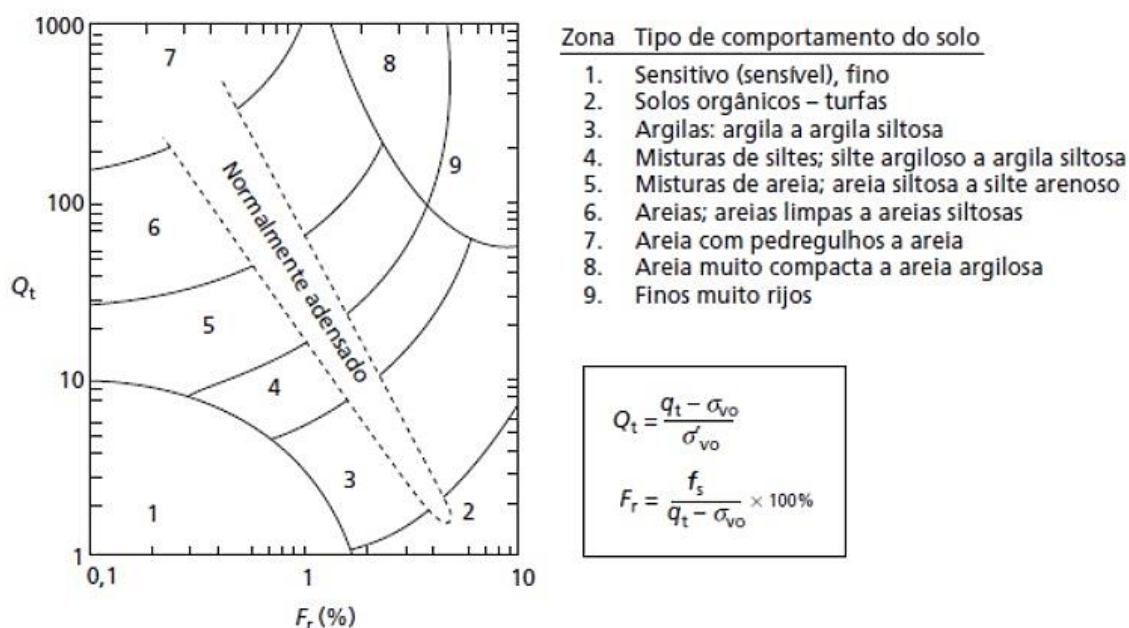
Segundo Caputo et al., (2015), o ensaio de cone, ou ensaio CPT, assim como o ensaio de sondagem SPT pode ser utilizado para a determinação estratigráfica do perfil de um determinado solo, além de ser utilizado para a determinação das propriedades e características do solo. Ainda segundo o autor, o procedimento do ensaio se baseia na cravação de uma ponteira no solo do terreno a ser analisado, cravada a uma velocidade de 20 mm/s.

De acordo com Caputo *et al.*, (2015) uma das principais vantagens de utilização do ensaio CPT consiste na documentação constante da resistência à penetração das camadas de solo, o que possibilita a obtenção de uma estratigrafia detalhada do solo local.

Segundo Albuquerque e Garcia (2020) é recomendável que juntamente ao ensaio CPT seja realizado o ensaio de simples reconhecimento. A realização do ensaio SPT de forma antecedente ao ensaio CPT, proporciona uma pré-identificação do solo presente no local, evitando deste modo que possíveis danos sejam causados ao equipamento utilizado para realização do ensaio CPT. Tal procedimento é necessário, tendo em vista que o equipamento utilizado no ensaio CPT é considerado mais sensível que o equipamento utilizado nos demais tipos de sondagem, além de que apresenta um custo mais elevado que os demais.

Knappett e Craig (2018) apontam que a partir da aplicação do ensaio CPT é possível obter resultados quanto aos parâmetros de resistência da ponta do cone e a resistência ao cisalhamento, tais parâmetros podem ser utilizados para identificação do tipo de solo através de análise ao Gráfico 1:

Gráfico 1 - Gráfico para classificação de solos segundo o ensaio CPT.



Fonte: KNAPPETT E CRAIG, 2018.

3.4 IMPORTÂNCIA DA INVESTIGAÇÃO DE SUBSOLO

Minozzo *et al.*, (2016) afirmam que é necessário que sejam realizados ensaios de caracterização do subsolo em toda obra que se venha a executar, tendo em vista que somente através da obtenção de tais resultados é possível adotar a fundação mais adequada para a edificação, sendo que a mesma proporcione segurança para a obra. Os autores afirmam ainda que não se deve levar em consideração ensaios realizados em obras próximas ao local onde se

deseja executar uma determinada edificação, tendo em vista que mesmo em pequenas distâncias as propriedades do solo podem diferir entre si.

Segundo Ventura Junior *et al.*, (2021) a não realização de investigações de subsolo podem vir a acarretar grandes riscos à segurança estrutural da edificação, considerando que a realização adequada de ensaios de caracterização do subsolo pode vir a prevenir a ocorrência de desabamentos, desmoronamento e deslizamentos e evita o surgimento de manifestações patológicas ligadas a estrutura de uma determinada edificação.

Para Sampaio (2017) uma das principais etapas no desenvolvimento de um projeto de fundações e a investigação de subsolo, onde somente ao se conhecer as propriedades do solo é possível prever a interação entre o terreno, os elementos de fundação e a estrutura da edificação.

Milititsky *et al.*, (2015) afirmam que uma das principais causas de patologias em fundações está relacionada a inexistência de uma investigação de subsolo, ou ainda a inadequada realização desta.

Sampaio (2017) apresenta um estudo de caso em que algumas manifestações patológicas foram visualizadas na edificação, e a partir de uma análise realizada, verificou-se que tais manifestações decorriam da atuação de recalques diferenciais no solo local, sendo que a edificação foi construída acima de um aterro. Assim, a não realização da investigação do subsolo não identificou o solo local, o que proporcionou que medidas cabíveis não fossem tomadas pela equipe de projeto e execução da edificação, acarretando posteriormente o aparecimento de fissuras ao longo da estrutura da edificação.

Um outro estudo de caso que apresenta manifestações patológicas decorrentes da ausência da realização de ensaios de sondagem foi apresentado por Godoi (2014), onde a autora afirma que várias manifestações patológicas decorrentes de infiltração por capilaridade foram visualizadas no local de estudo.

Como apresentado por Godoi (2014), a causa apontada como responsável pelo surgimento das patologias no estudo desenvolvido estão relacionadas com a inexistência da realização de ensaios de sondagem no local, assim não foi identificado previamente a posição do lençol freático, assim posteriormente a água contida no subsolo passou a infiltrar nos elementos de fundação e alvenaria da edificação, provocando assim o surgimento de diversas patologias apresentadas no estudo de caso.

Outro estudo que comprova a importância da realização de investigações de subsolo em qualquer tipo de obra foi realizado por Troyack e Freitas (2021), onde as autoras apresentam um estudo de caso de uma residência unifamiliar que apresenta fissuras em vários pontos da edificação, assim após análise do caso concluiu-se que tais fissuras e trincas decorriam da

ocorrência de recalques no solo local, recalques estes que poderiam ter sido previstos e contornados se tivesse sido realizado ensaios de subsolo no terreno antes do início de execução da obra.

A segurança de uma edificação está atrelada ainda a correta execução de investigações de subsolo, tendo em vista que assim como apresentado por Milititsky *et al.*, (2015) uma investigação mal executada pode vir a não apresentar características importantes sobre a estratigrafia local. O autor afirma que podem ser associados a ensaios de sondagem mal executados ensaios que apresentem um número insuficiente de sondagens, assim como escolha inadequada do método aplicado para realização da investigação do subsolo. Outro problema associado e com relação a interpretação inadequada dos resultados obtidos, o que pode vir a proporcionar equívocos na tomada de decisões relacionadas as etapas de projeto e execução de uma edificação.

A pesquisa desenvolvida por Silva e Cunha (2021) aponta a importância da escolha de empresas conhecidas no mercado para a execução de ensaios de investigação de subsolos em um determinado local. Segundo o estudo de caso desenvolvido pelos autores, onde estes analisaram dois laudos de sondagem emitidos para um mesmo terreno por duas empresas identificadas como A e B, casos em que se contrata empresas sem acervo técnico para execução de ensaios de sondagem pode resultar em resultados equivocados sobre o solo local.

A comprovação da afirmação anteriormente apresentada é descrita na pesquisa desenvolvida por Silva e Cunha (2021), onde a empresa A ao não seguir as especificações descritas pela normatização brasileira e por adotar um método de ensaio não compatível com o solo local forneceu um laudo de sondagem com resultados imprecisos ao contratante. Por outro lado, a empresa B, ao seguir todas as exigências descritas pela legislação vigente e identificar previamente qual seria o método de ensaio de sondagem mais adequado para o solo local, veio a fornecer resultados mais coerentes com a estratigrafia do terreno em análise.

Claudino e Oliveira (2021) apresentam algumas das principais problemáticas encontradas devido à falta da realização de ensaios de sondagem, onde os mesmos podem ser visualizados no Quadro 5:

Quadro 5 - Problemas relacionado a não realização de investigações de subsolo.

TIPO DE FUNDAÇÃO	PROBLEMAS DECORRENTES
Superficiais	• Tensões excessivas, incompatíveis com as características do solo, tendo como consequência assentamentos inaceitáveis e/ou ruptura. • Fundações em solos/aterros heterogêneos, provocando assentamentos diferenciais. • Solos compressíveis sem análise de possíveis assentamentos, resultando em deformações. • Fundações apoiadas em materiais com desempenhos diferentes, sem junta, originando assentamentos diferenciais. • Fundações apoiadas em camadas duras sobreposta em solos moles levando a ruptura ou grandes deslocamentos.
Profundas	• Estacas inadequadas, geometria e tipo inadequada, comprimento e/ou diâmetro inferiores e mal dimensionadas ao necessário. • Atritos negativos não previsto, reduzindo a carga admissível adotada para a estaca.

Fonte: CLAUDINO E OLIVEIRA, 2021.

De acordo com Claudino e Oliveira (2021), em obras de pequeno e médio porte é comum que seja realizada a escolha de um determinado tipo de fundação e dimensionamento deste sem a posse de um laudo de sondagem, sendo que, segundo o autor um dos principais fatores atrelados à dispensa desta etapa de projeto está relacionada a fatores financeiros dos proprietários da edificação.

Contudo, segundo Galvão *et al.*, (2019) afirmam que em médio os custos voltados para a etapa de investigação de subsolo, em comparação ao custo total de uma obra é menor que 1% do custo total da edificação, além do mais, a realização de tal procedimento proporciona economia voltado aos elementos de fundações da edificação.

Para Teixeira (2015), casos em que se realizam investigações de subsolos observa-se uma economia considerável voltada para a fundação da edificação, onde segundo estudo

desenvolvido pelo autor, a economia relacionada para a comparação entre fundações desenvolvidas sem a posse de resultados de laudos de sondagem e fundações dimensionados com tais resultados corresponde a cerca de 77%, sendo deste modo extremamente vantajoso principalmente para edificações de pequeno e médio porte.

4 METODOLOGIA

4.1 CLASSIFICAÇÃO DO TIPO DE PESQUISA

A pesquisa desenvolvida pode ser classificada como uma pesquisa do tipo descritiva e exploratória segundo seus objetivos e seus procedimentos, respectivamente. Além destas pode-se classificar ainda a pesquisa como uma pesquisa bibliográfica e um estudo de caso (GIL, 2002).

A pesquisa pode ser compreendida como descritiva devido ao fato desta buscar descrever todos os pontos desenvolvidos e discutidos no presente trabalho. Com relação ao caráter exploratório, a pesquisa se classifica neste tipo tendo em vista que através do desenvolvimento desta é possível adquirir um maior conhecimento acerca do assunto abordado.

A pesquisa descrita como exploratória pode ser classificada em alguns subgrupos, sendo a presente pesquisa enquadrada como uma pesquisa do tipo bibliográfica, já que para sua elaboração torna-se necessária a realização de um levantamento bibliográfico com o intuito de se obter maior aperfeiçoamento sobre o assunto abordado.

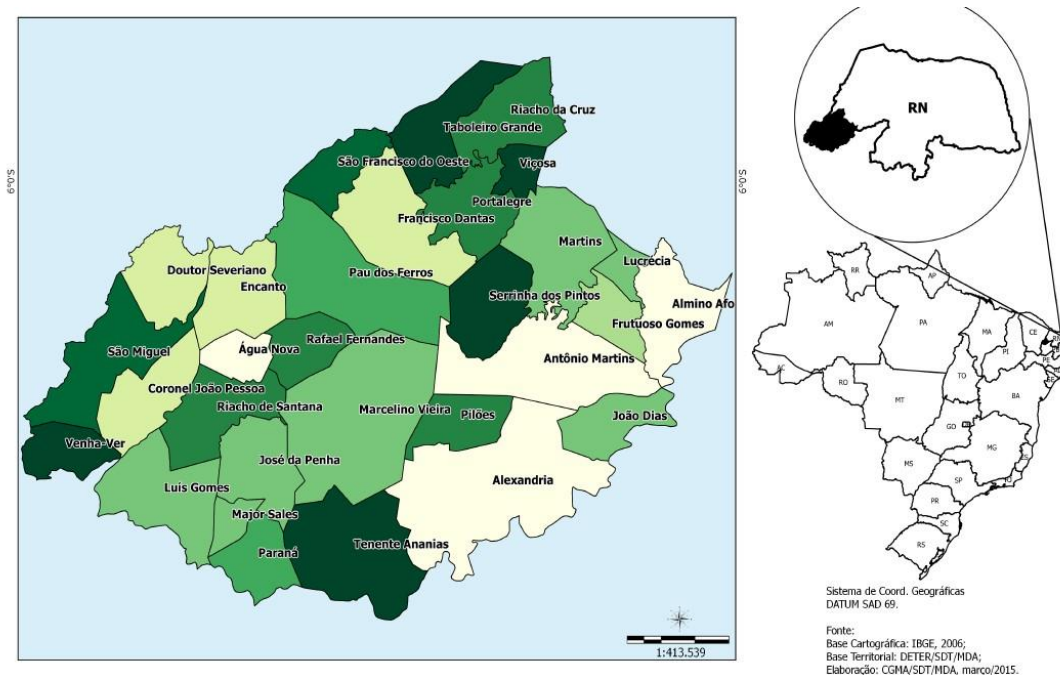
Por fim, a pesquisa pode ainda ser entendida como um estudo de caso, definido por Lima *et al.* (2012) como uma forma de realização de investigações acerca de um dado assunto de forma prática permitindo deste modo um aprofundamento acerca do assunto abordado, uma vez que se fez necessário a realização de um levantamento de dados junto a profissionais de Engenharia Civil que atuam na região do Alto Oeste Potiguar.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Segundo apresentado por Brasil (2015), a região do Alto Oeste Potiguar está localizada na região nordeste no estado do Rio Grande do Norte, sendo constituída por um total de 30 municípios, sendo estes: Água Nova, Alexandria, Almino Afonso, Antônio Martins, Coronel João Pessoa, Doutor Severiano, Encanto, Francisco Dantas, Frutuoso Gomes, João Dias, José da Penha, Lucrécia, Luís Gomes, Major Sales, Itaú, Marcelino Vieira, Martins, Paraná, Pau dos Ferros, Pilões, Portalegre, Rafael Fernandes, Riacho da cruz, Riacho de Santana, São Francisco do Oeste, São Miguel, Serrinha dos Pintos, Taboleiro Grande, Tenente Ananias, Venha – Ver e Viçosa.

A identificação dos municípios que compõem a região em estudo no estado do Rio Grande do Norte pode ser visualizada na Figura 19:

Figura 19 – Região do Alto Oeste Potiguar no estado do Rio Grande do Norte.



Fonte: BRASIL, 2015.

De acordo com Filho e Júnior (2019), a região em estudo conta com uma área total de aproximadamente 5.265,573 Km² de extensão, o que corresponde a cerca de 10% do território do Rio Grande do Norte. A região possui cerca de 242.006 habitantes, população esta que corresponde a aproximadamente 7,6% da população total do estado. Vale mencionar que cerca de 67% (162.200) dos habitantes do estado residem na zona urbana, enquanto os 23% (26.633) restantes residem em zona rural.

Filho e Júnior (2019) afirmam que as principais cidades do Alto Oeste potiguar correspondem às cidades de Pau dos Ferros, São Miguel e Alexandria, uma vez que estas apresentam maior influência nas cidades em seu entorno. Nesta pesquisa, devido a disponibilidade de acesso aos dados, os seguintes municípios da região Alto Oeste foram estudados: Água Nova, Encanto, Itaú, José da Penha, Martins, Marcelino Vieira, Pau dos Ferros, Rafael Fernandes e São Miguel. Desse modo, os nove (09) municípios em estudo contam com uma população de 90.720 habitantes, o que representa aproximadamente 37,5% da população inteira da região do Alto Oeste potiguar.

Segundo o IBGE (2022), o Produto Interno Bruto (PIB) para o estado do Rio Grande do Norte, no ano de 2019, corresponde a R\$ 71.336.780,00. Com relação ao PIB para os principais municípios estudados, tem-se os valores apresentados no Quadro 6:

Quadro 6 – PIB por município.

MUNICÍPIO	PIB <i>per capita</i> (R\$)
Água Nova	8.585,50
Encanto	8.874,85
Itaú	9.936,95
José da Penha	9.618,58
Martins	9.569,79
Marcelino Vieira	8.467,06
Pau dos Ferros	19.008,79
Rafael Fernandes	9.134,88
São Miguel	10.250,81

Fonte: Adaptado de IBGE, 2022.

Com relação ao Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), o IBGE (2022) apresenta que no ano de 2010 para o estado do Rio Grande do Norte, o IDH corresponde a 0,684, já para os municípios estudados da região do Alto Oeste Potiguar, estão apresentados no Quadro 7:

Quadro 7 - IDH por município.

MUNICÍPIO	IDH
Água Nova	0,616
Encanto	0,629
Itaú	0,614
José da Penha	0,608
Martins	0,622
Marcelino Vieira	0,609
Pau dos Ferros	0,678
Rafael Fernandes	0,608
São Miguel	0,606

Fonte: Adaptado de IBGE, 2022.

De acordo com Brasil (2010), o setor de comércio e serviços na região em estudo são movidos a partir de pequenos negócios, sendo estes em sua maioria empreendimento informais. O autor afirma ainda que os principais produtos movimentados na região correspondem a alimentos, remédios, materiais de construção e insumos.

4.3 ETAPAS DA PESQUISA

Inicialmente, buscou-se realizar um levantamento bibliográfico, sendo este desenvolvido com a finalidade de se obter um maior aprofundamento acerca do assunto a ser abordado no decorrer deste trabalho.

Em seguida, foi realizada uma pesquisa nos municípios que compõe o Alto Oeste Potiguar acerca da disponibilidade de fornecimento de informação por parte dos profissionais que atuam na área da construção civil, chegando a um total de 9 municípios: Martins, São Miguel, Pau dos Ferros, Itaú, Marcelino Vieira, Rafael Fernandes, José da Penha, Encanto e Água Nova.

Deste modo, em um primeiro momento os profissionais foram contatados sobre as informações necessárias para o desenvolvimento da pesquisa. Através da aplicação de questionário (Apêndice A) realizado a 16 profissionais, foi possível realizar a coleta de dados acerca do quantitativo de investigações de subsolo que cada profissional realizou nas obras executadas dentro de um período de cinco anos, ou seja do ano de 2017 ao início do ano de 2022. Além disso, foi obtida a quantidade de obras executadas em que tais ensaios de subsolo não foram realizados.

Aos profissionais que executaram algum método de investigação de subsolo em uma de suas obras, foi questionado qual o método utilizado para identificação do solo, tornando possível identificar qual o método de ensaio mais utilizado na região. Já para os profissionais que não realizaram qualquer tipo de investigação de subsolo em suas obras, foi questionado o principal motivo que os levou a não realização de tal procedimento.

Por fim foi realizado o questionamento aos profissionais acerca do porte das obras em que foram realizados tais ensaios, possibilitando deste modo visualizar quais obras estão mais propensas a serem realizadas investigações prévias sobre o solo local.

Após a elaboração das etapas mencionadas, foi realizada uma análise e interpretação dos dados obtidos durante a pesquisa de campo, possibilitando deste modo que a redação dos resultados fosse realizada.

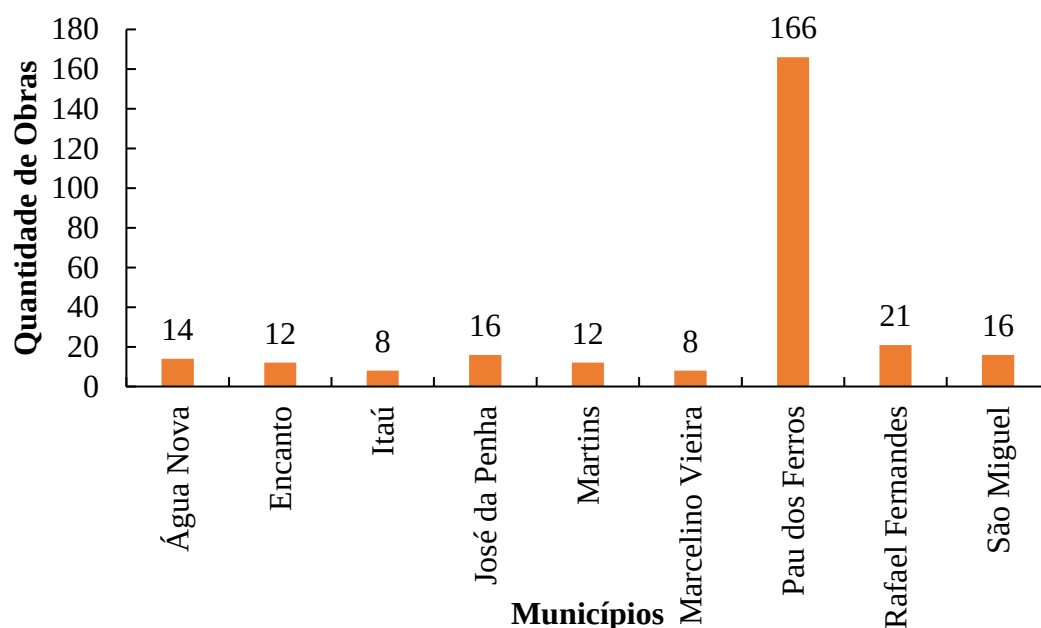
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da realização de questionamentos junto a alguns profissionais de engenharia civil que atuam em algumas das cidades que compõem a região do Alto Oeste Potiguar – RN, foi possível realizar a obtenção de dados referentes a realização de ensaios de investigação de subsolo na região em estudo. Diante dos dados fornecidos, obteve-se um total de 273 obras executadas na região no período solicitado.

Diante do total de obras levantado para desenvolvimento da pesquisa foi realizado um estudo estatístico buscando determinar a relevância da amostra obtida, para que desta forma seja definido se o tamanho da amostra atingido é apropriado para a pesquisa desenvolvida. Assim, para uma população de 90.720 habitantes (apenas dos nove municípios estudados), considerando um grau de confiança 90% e uma margem de erro de 5%, tem-se que a amostra mínima necessária para a pesquisa seria de 272. Portanto, comprova-se que as 273 obras analisadas nesta pesquisa representam um tamanho de amostra aceitável para que a torne relevante.

O quantitativo de obras executadas em cada um dos nove municípios apontados anteriormente pode ser visualizado através de consulta ao Gráfico 2:

Gráfico 2 - Quantitativo de obras executadas nos municípios analisados em um período de cinco anos.



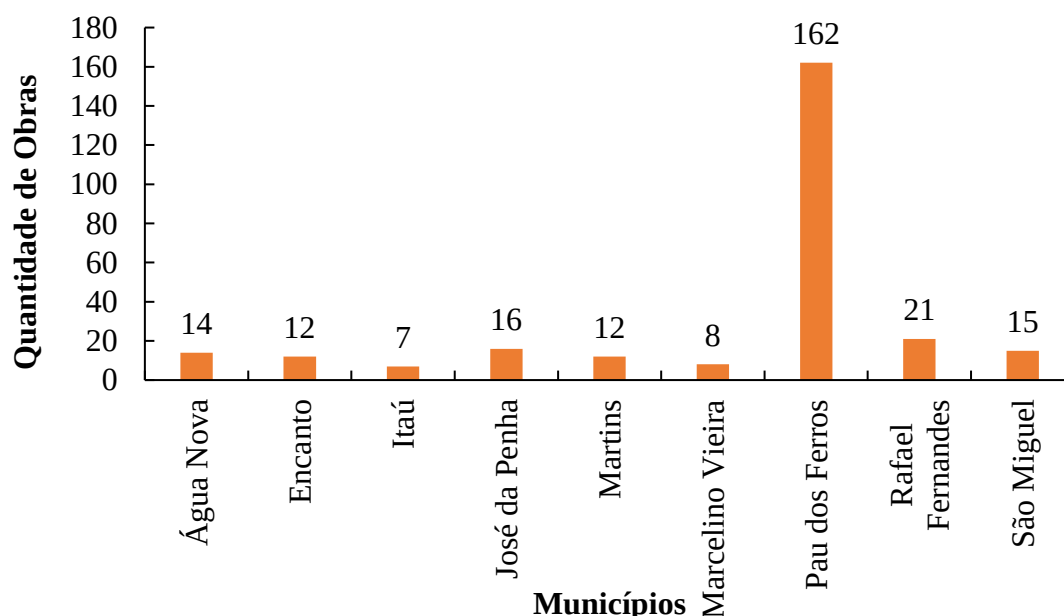
Fonte: Autoria Própria.

Como pode ser observado no Gráfico 2, o município que apresentou um maior quantitativo de obras executadas desde o ano de 2017 foi o município de Pau dos Ferros contando com uma quantia de 166 obras executadas, sendo que tal valor corresponde a 60,81% dos dados levantados. Já os municípios de Itaú e Marcelino Vieira apresentaram menor quantitativo de obras dentre os municípios analisados, contando com 8 obras executadas em cada município, correspondendo assim a 2,93% do levantamento total de obras da região

Dentre as obras avaliadas tem-se que 97,80%, ou seja, 267 obras não realizaram qualquer tipo de sondagem de solo. Desse valor a parcela mais relevante de municípios que não possuem sondagem corresponde ao município de Pau dos Ferros, contando com 162 (60,67%) obras, sendo procedido pelos municípios de Água Nova, com 14 (5,24%) obras, Encanto com 12 (4,49%) obras, Martins com 12 (4,49%) obras, José da Penha com 16 (5,99%) obras, Marcelino Vieira com 8 (3,00%) obras, Rafael Fernandes com 21 (7,87%) obras, Itaú com 7 (2,62%) obras e São Miguel com 15 (5,62%) obras.

O Gráfico 03 apresenta a quantidade de obras realizadas sem utilização de métodos de ensaio de sondagem relacionada a cada município avaliado:

Gráfico 3 – Quantidade de obras que não realizaram ensaios de sondagem do solo por município avaliado.

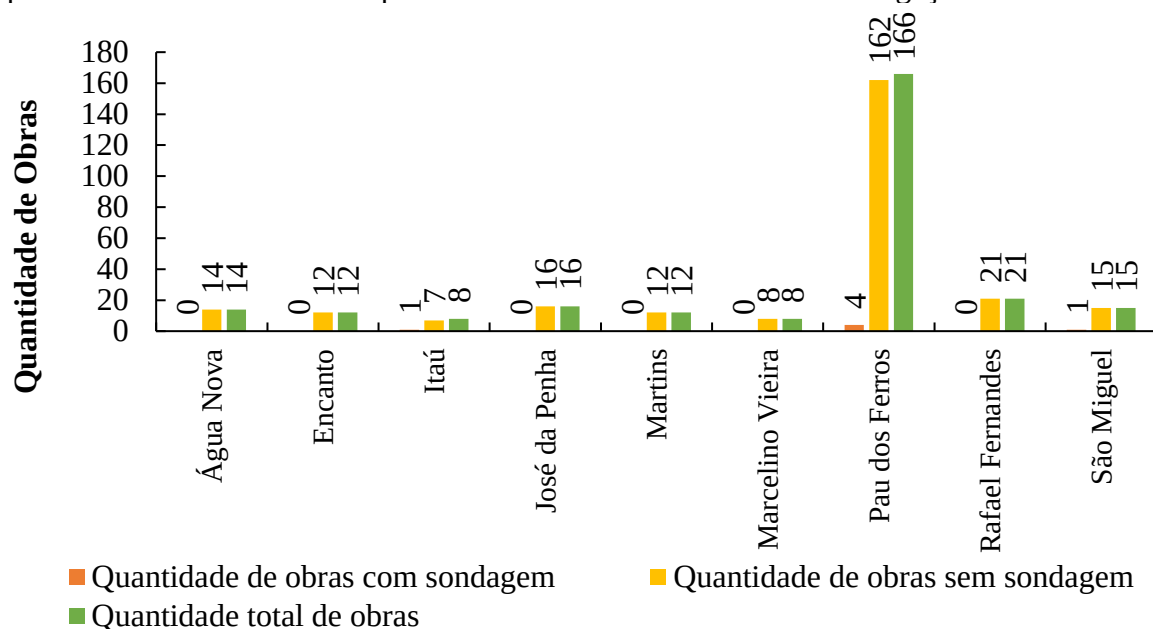


Fonte: Autoria Própria.

Ao analisar o total de obras executadas com realização de sondagem de solo, obteve-se um total de 6 obras, equivalendo assim a 2,20% das obras avaliadas. O Gráfico 04 apresenta a

relação entre o levantamento total de obras por município, assim como o total de obras executadas com e sem utilização de ensaios de sondagem:

Gráfico 4 – Quantidade total de obras associada a cada município avaliado, juntamente com a quantidade de obras que realizaram ou não investigações de subsolo.



Fonte: Autoria Própria.

Avaliando os resultados por município, verifica-se que os municípios com menores quantidades de obras que utilizaram sondagens de solo correspondem a Água Nova, Encanto, José da Penha, Martins, Marcelino Vieira e Rafael Fernandes com 100% de obras sem o procedimento.

Quando se trata dos municípios que realizaram algum procedimento de sondagem de solo tem-se os municípios de Itaú, Pau dos Ferros e São Miguel, onde para estes foram obtidos resultados distintos apresentando 16,67% (1) das obras para os municípios de Itaú e São Miguel, e 66,67% (4) das obras para o município de Pau dos Ferros.

A partir dos resultados observa-se que uma percentagem insatisfatória da quantidade total de obras foi realizada a partir de resultados de ensaios de sondagem, resultados estes de elevada importância para ideal dimensionamento dos elementos de fundação de uma edificação. O município de maior destaque é o município de Pau dos Ferros, onde observa-se que apesar da maior quantidade de obras realizadas, ainda há uma quantidade insuficiente de utilização de ensaios de sondagem.

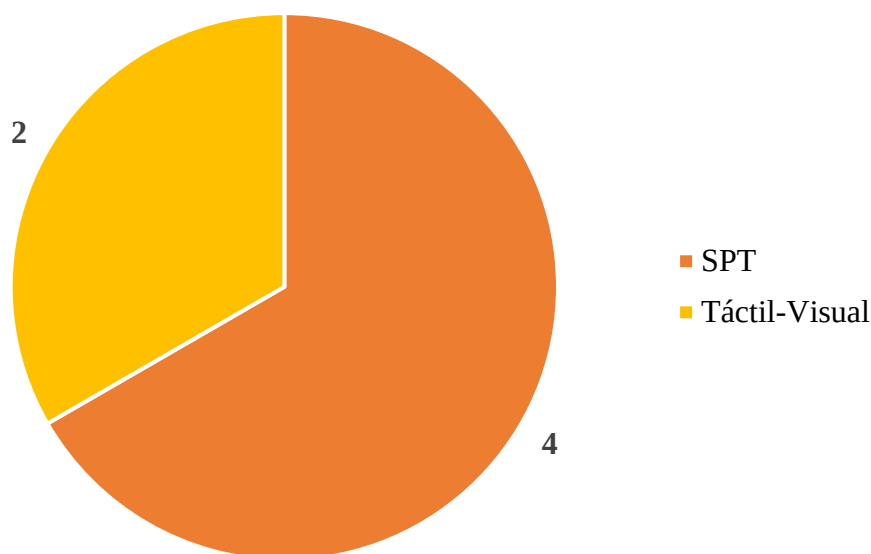
A cidade, considerada como a de maior porte dentre os municípios estudados, é um dos polos da região do Alto Oeste Potiguar, apresentando deste modo tanto uma movimentação

econômica mais elevada como uma população maior que os demais municípios analisados, o que supostamente resultaria em uma maior taxa na execução de um maior número de obras locais.

Além da quantidade de obras executadas por cada profissional consultado, foi questionado aos que afirmaram já terem utilizado algum método de ensaio de sondagem qual método havia sido utilizado, assim dentre as 6 obras executadas em 4 destas foi utilizado o método de ensaio SPT, correspondendo assim a 66,67% dos métodos de ensaios utilizados. Já para as duas obras restantes, que correspondem a 33,33% dos ensaios, foram feitas uso de identificação tátil visual do solo, sendo este um método de sondagem alternativo ao SPT em casos em que o cliente se recusa a realizar um ensaio de sondagem no local da obra.

A visualização dos resultados obtidos pode ser realizada através de consulta ao Gráfico 6, que apresenta a quantidade de ensaios realizados associado ao método de ensaio utilizado:

Gráfico 5 - Métodos de ensaio de sondagem utilizados nas obras analisadas.



Fonte: Autoria Própria.

Ao se analisar o porte das obras em que foram realizadas tais ensaios observou-se que 4 destas consistem em obras de grande porte, enquanto as demais, ou seja, as 2 edificações restantes correspondem a obras de pequeno porte. Nas obras de grande porte, foi utilizado como método de sondagem o ensaio SPT, enquanto nas obras de pequeno porte foi utilizado o método de investigação tátil visual.

Os profissionais que utilizaram o método de ensaio SPT afirmaram que optaram pela utilização de tal método pelo fato deste ser um dos métodos de ensaio mais difundidos na região, diante disto a contratação de empresas que realizem tal processo é de fácil acesso.

Com relação a realização do método de ensaio tátil visual, o profissional consultado afirmou que para realização deste foi executado um furo no solo a uma profundidade aproximada de um metro, deste modo foi observado e identificado o tipo de solo existente no local da obra, assim como qual seria o possível solo em que a base da fundação dimensionada iria se apoiar. Vale salientar que apesar do mencionado método de investigação proporcionar que o tipo de solo local seja previamente identificado, o método não fornece dados importantes como a resistência do solo a perfuração, dado este utilizado no dimensionamento de elementos de fundação.

Como apresentado, tem-se que o método de ensaio mais empregado na região consiste no ensaio SPT, tal escolha pode vir a se basear na premissa de que o mencionado método é um dos mais difundidos no país conforme explica Peeng *et al.*, (2014), que afirmam que, tendo em vista que através dos resultados deste, o ideal sistema de fundação é adotado e dimensionado, além do mais o método se apresenta de fácil execução e com custo acessível. Contudo, deve-se atentar as características locais para ideal escolha do método de ensaio a ser utilizado, logo em alguns casos é necessário que um outro método de ensaio seja empregado.

Como pode ser observado, a maior parcela da quantidade total de obras que executaram algum método de investigação do subsolo corresponde a obras de grande porte, tal fato pode estar relacionado à economia local, tendo em vista que a execução de métodos de sondagem compõe um adicional no custo total de uma obra. Logo, em obras de pequeno e médio porte os proprietários tendem a dispensar tal etapa da obra, para que assim o custo total da edificação seja reduzido.

Ao serem questionados acerca dos motivos para a não utilização de ensaios de sondagem nas obras locais, os profissionais afirmaram de forma unânime que o motivo decorre da opção dos clientes em optarem por não executar tal etapa do processo construtivo. Assim, os clientes consideram que a realização de ensaios de investigação de subsolo encarece o valor final da obra, dispensando assim tal procedimento.

Corroborando com os resultados obtidos, Peeng *et al.*, (2014) observaram que em sua maioria os ensaios de sondagem são realizados em obras de grande porte, identificando uma das possíveis causas para tal o aumento no custo da obra, sendo que em alguns casos os clientes optam por retirar a etapa de sondagem com o intuito de diminuir o orçamento final da obra a ser executada.

Para Melo e Ferreira (2021), apesar de se considerar que o processo de investigação de subsolo contribua para a elevação do custo total de uma edificação, em obras de pequeno e médio porte o mesmo contribui com cerca de 0,2 a 0,5% do valor total da obra. Ainda segundo os autores, de posse dos resultados do ensaio de sondagem o profissional de engenharia pode realizar de forma adequada o dimensionamento estrutural da edificação, assim como evita que possíveis manifestações patológicas venham a surgir com o decorrer do tempo nas edificações.

Ao questionar os profissionais acerca da importância da etapa de sondagem para o processo construtivo de uma edificação, todos afirmaram que consideram de extrema importância tal etapa, contudo em decorrência dos pontos já apresentados, em sua maioria tal procedimento não é realizado. Para contornar a falta de execução de tal processo, os profissionais afirmaram que buscam garantir a segurança estrutural da edificação através da realização de um superdimensionamento dos elementos de fundação.

De acordo com Melo e Ferreira (2021), quando não se realiza quaisquer método de investigação de subsolo nas etapas anteriores ao início de execução de uma obra, os profissionais tendem a realizar um superdimensionamento da edificação, o que acaba por elevar o consumo de materiais e consequentemente encarecer o custo desta, contudo segundo o autor, podem ocorrer casos em que em decorrência das condições do solo local o sistema de fundação empregado e dimensionado não seja adequado para as características da obra, proporcionando assim que a fundação desta seja subdimensionada, o que em casos extremos pode vir a provocar a ruína da edificação.

Além disso, os estudos de Figueira e Cerqueira (2019), Krolow e Quintana (2014), Brizolari *et al.*, (2018), Gouveia *et al.*, (2014) e Dantas (2019), sugerem que a ausência de análises pode gerar manifestações patológicas como: recalques diferenciais, fissura, trincas, rachaduras e tensões de contato excessivas.

6 CONCLUSÃO

Diante dos resultados apresentados, observa-se que apesar da região do Alto Oeste Potiguar contar com uma considerável extensão territorial, e um número considerável de habitantes, a realização de obras em que se faça uso de métodos adequados de investigações de subsolo ainda é pouco difundido em alguns de seus municípios e visto como dispensável em sua maioria.

Contudo, nos poucos casos em que se observa a realização de ensaios de sondagem, tem-se que o ensaio de sondagem SPT é o mais difundido na região, tendo em vista que para alguns dos municípios que compõem a região do Alto Oeste Potiguar o acesso a tal método de sondagem é mais fácil.

É apontado como um dos principais fatores da dispensa da população com relação à realização de tais ensaios seria a ideia de que tais sondagens trarão custos desnecessários para a edificação. Assim, destaca-se a necessidade de se conscientizar a população geral sobre a importância e relevância de tal procedimento para o processo executivo de uma edificação, apontando os benefícios que tal etapa proporciona e evitando problemas diversos futuramente. Outro ponto a ser apresentado consiste na segurança que a execução de um ensaio de sondagem pode vir a proporcionar, realizando o dimensionamento dos elementos da estrutura de forma adequada e garantindo assim economia e segurança estrutural para o cliente.

Outro ponto observado se relaciona com a não realização de ensaios paralelos pelos profissionais consultados. Mesmo diante da recusa do cliente em realizar procedimentos de ensaios que possuem um custo mais elevado, como é o caso do ensaio SPT, métodos alternativos, como por exemplo sondagens à trado, poderiam ser executadas pelos profissionais para uma possível identificação mais adequada do solo local.

Verifica-se ainda a influência que a falta da realização de ensaios de sondagem traz para o dimensionamento das edificações. Para que a segurança estrutural das edificações venha a ser garantida, os profissionais buscam realizar um superdimensionamento dos elementos de fundação para uma determinada edificação. Contudo, tal procedimento não se apresenta como adequado, tanto do ponto de vista financeiro para o cliente, quanto do ponto de vista da segurança da obra.

O superdimensionamento da fundação de uma edificação, apesar de proporcionar, em sua maioria, a melhoria da segurança da obra, não garante o conhecimento do subsolo local. Ou seja, mesmo que tal procedimento busque segurança, em alguns casos para as condições do solo, o superdimensionamento pode se apresentar como insuficiente para resistir às solicitações

ao qual se encontrará submetido. Além do mais, à longo prazo outros problemas podem vir a surgir como é o caso de manifestações patológicas decorrentes de diversos fatores associados à falta de conhecimento das condições do solo local.

Com base no que foi apresentado, recomenda-se como trabalhos futuros a realização de verificações nos municípios locais acerca de possíveis manifestações patológicas decorrentes da falta de realização de ensaios de sondagem. Além do mais, sugere-se a realização de uma maior coleta de dados voltados para a execução de investigações de subsolo, para que através de análises estatísticas determine-se a possível realidade acerca do assunto abordado em todo o estado do Rio Grande do Norte. Por fim, é sugerido a realização do levantamento geotécnico acerca das características do solo local, indicando desta forma o tipo de solo que compõe o subsolo da região em estudo.

REFERENCIAS

ALBUQUERQUE, Paulo José Rocha de; GARCIA, Jean Rodrigo. **Engenharia de fundações**. 1 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2020. 356 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181: Solo – Análise granulométrica**. Rio de Janeiro, 2016a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6502: Rochas e solos - Terminologia**. Rio de Janeiro, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6459: Solo – Determinação do limite de liquidez**. Rio de Janeiro, 2016b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7180: Solo – Determinação do limite de plasticidade**. Rio de Janeiro, 2016c.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6457: Amostras de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização**. Rio de Janeiro, 2016d.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7185: Solo – Determinação da massa específica aparente, *in situ*, com emprego do frasco de areia**. Rio de Janeiro, 2016e.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6484: Solo – Sondagem de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 2020.

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

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **D 3441: Standard test method for mechanical cone penetration test of soil**. 1998

BARNES, Graham. **Mecânica dos solos: princípios e práticas**. 3 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016. 576 p.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Agrário. **Caderno Territorial 134: Alto Oeste – RN**. 2015. Disponível em: < <http://sit.mda.gov.br/download.php>>. Acesso em: 01 de março de 2022.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Agrário. **Plano territorial de desenvolvimento Rural Sustentável Alto Oeste Potiguar**. 2010. Disponível em: < <http://sit.mda.gov.br/download.php>>. Acesso em: 01 de março de 2022.

BRIZOLARI, GUILHERME HENRIQUE SASSO; FLORIAN, F.; MORONI, J. E. Solos colapsáveis: estudos de três casos por meio de sondagem a percussão no município de Araraquara-SP. **Revista Científica Semana Acadêmica**, n. 144, p. 1-18, 2018.

CAPUTO, Homero Pinto; CAPUTO, Armando Negreiros; RODRIGUES, J. Martinho de A. **Mecânica dos solos e suas aplicações**. Vol. 1. 7 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015. 249 p.

CLAUDINO, Infrid Cavalcanti; OLIVEIRA, Fernanda Soares de Souza. **Patologias em fundações: Identificações e prevenções**. 2021.

DAS, Braja M. **Fundamentos de engenharia geotécnica**. 9 ed. São Paulo: Cengage, 2019. 712 p.

DANTAS, Wandick Nascimento. **Investigação e análise de ruptura do subsolo de fundações superficiais - Estudo de caso no município de Mossoró/RN**. Caraúbas, 2019.

DEGANI, Jonathan. **Fundação na construção Civil: Como escolher o tipo e executar bem**. 2019. Disponível em: < <https://www.sienge.com.br/blog/fundacao-na-construcao-civil/> >. Acesso em: 26 de fevereiro de 2022.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **ME 087: Solos – Determinação dos fatores de contração**. 1994.

FILHO, Boanerges de Freitas Barreto; JÚNIOR, Francisco do Ó de Lima. **Hierarquia urbana e desenvolvimento social: um estudo do ISDM no Alto Oeste Potiguar**. XVIII ENANPUR. Natal, 2019.

FIGUEIRA, Sânzia de Oliveira e Souza; CERQUEIRA, Niander Aguiar. Consequências das manifestações patológicas das fundações nas estruturas - Estudo de caso. **Revista interdisciplinar do pensamento científico**. V. 5, n. 72, p. 931 - 946, 2019.

FLORIANO, Cleber. **Mecânica dos solos**. Porto Alegre: SAGAH, 2016. 176 p.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo (org.). **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Editora da Ufrgs, 2009.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GODOI, Marcela. **Patologia das fundações diretas: Estudo de caso bloco da biodiversidade da UFMT, Cuiabá/MT**. UFMG: Cuiabá, 2014.

GALVÃO, Bianca Borba; SANTOS, Juarez Silva; SANTOS, Raoni Camargo; SANTOS, Renan Prado; NOGUEIRA, Rodrigo de Matos; ANDRADE, William Valeriano; SWARTELE, Júlio Cesar; ÓRFÃO, Ronaldo Barros; AMARANTE, Mayara dos Santos. Importância da sondagem SPT na construção civil: Tipos de sondagens, seus métodos e utilidades. **Pesquisa e ação**, V. 5, n. 2, p. 171-178, jun. 2019.

GOUVEIA, Felipe dos Santos, JARDIM, Derek Tavares da Silva, MORAIS, Wilker da Silva Moraes. **Patologia das fundações**. 2014.

IBGE. **Produto Interno Bruto (PIB)**. 2022. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/pib.php>>. Acesso em: 18 abril 2022.

IBGE. **Portal Cidades**. 2022. Disponível em:<<https://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 18 abril 2022.

KNAPPETT, J. A; CRAIG, R.F. **Craig Mecânica dos solos**. 8 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2018. 413 p.

KROLOW, Marcelo; QUINTANA, Lia Maria H. **Patologia em alvenaria - Um estudo de caso**. 2014.

LIMA, João Paulo Cavalcante; ANTUNES, Maria Thereza Pompa; NETO, Octavio Ribeiro de Mendonça; PELEIAS, Ivam Ricardo. Estudos de caso e sua aplicação: Proposta de um esquema teórico para pesquisas no campo da contabilidade. **Revista de contabilidade e organizações**. V. 6, n. 14, p. 127 - 144. 2014.

MELO, Camilla Angélica Oliveira Silva; FERREIRA, Marco Tulio de Sena. **Sondagem de solos: Aplicação do ensaio SPT em fundações e sua importância para o processo construtivo**. UNA: Bom Despacho, 2021.

MINOZZO, Maiely; SAVARIS, Gustavo; COSTA, Guilherme Alan Souza; JUNIOR, Sérgio Antônio Brum. **A importância da investigação do subsolo no dimensionamento de fundações**. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia (CONTECC). Foz do Iguaçu, 2016.

MILITITSKY, Jarbas; CONSOLI, Nilo Cesar; SCHNAID, Fernando. **Patologia das fundações**. 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

NETO, Pedro Murrieta Santos. **Mecânica dos solos**. 1 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.

NUNES, Jéssica Martins; LONGO, Orlando Celso; ALCOFORADO, Luciane Ferreira; PINTO, Gustavo Oliveira. O setor da construção Civil no Brasil e a atual crise econômica. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, V. 9, n. 9, p. 1-31, 2020.

PEENG, Anderson; PARIZOTTO, Guilherme Natan; DOBKOVSKI, Lucília Roberta. **Importância da sondagem de solos na construção civil**. XI ENAPROC. União da Vitória, 2014.

PINTO, Carlos de Sousa. **Curso básico de mecânica dos solos em 16 aulas**. 3 ed. São Paulo: Oficina de textos, 2006. 359 p.

SALOMÃO, Pedro Emilio Amador; JAHEL, Rafael Saúde. Impacto da sondagem de solo no valor da obra. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, V. 8, n. 12, p. 1-17, 2019.

SANTOS, Palloma Ribeiro Cuba dos; DAILBERT, João Dalton. **Análise dos solos**. 1 ed. São Paulo: Érica, 2014. 121 p.

SAMPAIO, Glayson Sampaio. Análise das patologias nas fundações oriundas de recalque diferencial através de um estudo de caso. **Revista construindo**, V. 9, n. 02, p. 16 – 26, 2017.

SILVA, G. C. F; AZEVEDO, R. B; CUNHA, F. R. L. **Avaliação da sondagem SPT via estudo de caso**. PUCG: Goiás, 2021.

TEIXEIRA, Paulo Júnior Rodrigues. **Viabilidade das sondagens de simples reconhecimento de solo para dimensionamento de fundações em obras de baixo custo.** UNIFOR: Formiga, 2015.

TROYACK, Carolina Lopes de Queiroz; FREITAS, Alessandra Conde de. **Patologias comuns em fundações: Estudo de caso de uma edificação residencial localizada em Petrolina - RJ.** XII CBPE. 2021.

VENTURA JUNIOR, Edison de Freitas; PIRES, Rachel Cristina Santos; BISPO, Everton Rangel; GONÇALVES, José Roberto Moreira Ribeiro; MARTINS, Fabiano Battemarco da Silva; ARAUJO, Gilton Júnior Borges. Solos moles: os desafios na construção civil. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, V. 7, n. 5, p. 51803-51824, mai. 2021.

APÊNDICE A**DADOS DO PROFISSIONAL**

Nome:

Data:

QUESTIONÁRIO

- 1) Quantas obras foram realizadas desde o ano de 2017?

- 2) Destas obras em quantas foram executadas investigações de subsolo?

- 3) Quais os métodos de ensaio de sondagem foram utilizados?

- 4) Quais os motivos que levaram a não realização dos ensaios de sondagem nas obras executadas?

- 5) Considera importante a realização deste procedimento?

- 6) Quais métodos são utilizados para contornar a falta de resultados fornecidos pela investigação de subsolo?