



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ARIDO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR PAU DOS FERROS
CURSO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

PHILIPPE PIERRE DE SOUSA LOPES

INVESTIGAÇÃO DO SUBSOLO E O PROJETO DE FUNDAÇÕES: UM ESTUDO
ACERCA DE PAU DOS FERROS - RN

PAU DOS FERROS - RN

2020

PHILIPPE PIERRE DE SOUSA LOPES

INVESTIGAÇÃO DO SUBSOLO E O PROJETO DE FUNDAÇÕES: UM ESTUDO
ACERCA DE PAU DOS FERROS - RN

Monografia apresentada à Universidade
Federal Rural do Semi-Arido – UFERSA
Campus Pau dos Ferros para obtenção
do título de Bacharel em Ciência e
Tecnologia.

Orientador: Prof. Esp. José Henrique
Maciel de Queiroz – UFERSA.

PAU DOS FERROS - RN

2020

© 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.

L864i Lopes, Philippe Pierre de Sousa.
INVESTIGAÇÃO DO SUBSOLO E O PROJETO DE
FUNDAÇÕES: Um estudo acerca de Pau dos Ferros - RN
/ Philippe Pierre de Sousa Lopes. - 2020.
56 f. : il.

Orientador: José Henrique Maciel de Queiroz.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2020.

1. Mecânica dos solos. 2. Sondagens. 3.
Fundações. I. Queiroz, José Henrique Maciel de,
orient. II. Título.

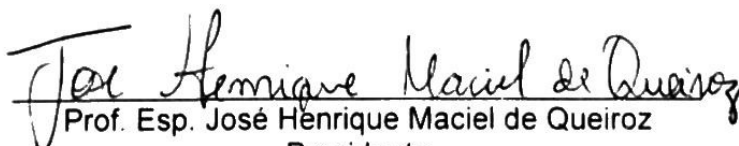
PHILIPPE PIERRE DE SOUSA LOPES

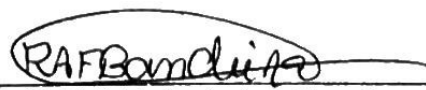
INVESTIGAÇÃO DO SUBSOLO E O PROJETO DE FUNDAÇÕES: UM ESTUDO
ACERCA DE PAU DOS FERROS - RN

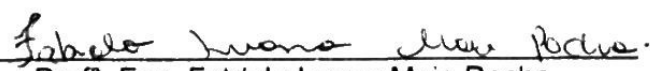
Monografia apresentada à Universidade
Federal Rural do Semi-Arido – UFERSA
Campus Pau dos Ferros para obtenção
do título de Bacharel em Ciência e
Tecnologia.

APROVADO EM: 03 / 02 / 2020

BANCA EXAMINADORA


Prof. Esp. José Henrique Maciel de Queiroz
Presidente


Profª. Drª. Rafaely Angélica Fonseca Bandeira
Primeiro Membro


Profª. Esp. Fabíola Luana Maia Rocha
Segundo Membro

A Deus, por toda Honra e toda Glória.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço ao Nosso Pai Celestial, por estar sempre comigo, ter me sustentado nas derrotas, ter ouvido minhas preces e ter me reerguido para chegar até aqui, onde pude colher os louros dos anos dedicados aos estudos da minha graduação. A Ti, toda honra e toda Glória!

Agradeço aos meus pais, Edgelmo Pereira Lopes e Maria do Socorro de Sousa Lopes, por todo amor incondicional, por todos os esforços para ver seu primogênito trilhar no caminho da bondade, do enfrentamento às batalhas diárias da vida, da dedicação aos estudos, e principalmente da fé. Agradeço por todos os ensinamentos e conselhos. Acima de tudo, agradeço por sempre acreditarem no meu potencial como filho, amigo, futuro profissional e ser humano.

Agradeço a minha irmã Taynah Tâmara de Sousa Lopes, por compartilhar experiências da vida, do meio acadêmico, pelos conselhos, pela motivação, por todo tipo de ajuda que pôde me dar para que eu pudesse atingir minhas metas e objetivos. Pelo maior carinho e amor fraternal que um irmão possa sentir, mesmo à distância.

Agradeço ao meu orientador Professor José Henrique Maciel de Queiroz, pela paciência e dedicação e contribuições que teve durante sua orientação para a conclusão deste trabalho. Pelos ensinamentos acadêmicos que me fizeram desenvolver uma postura mais focada e determinada, ansiando sempre em adquirir cada vez mais conhecimento. Pela amizade construída durante as conversas, encontros e reuniões. Sinto-me privilegiado por absorver seus conhecimentos e aprendizados que compartilhistes.

Não poderia deixar de agradecer a alguns dos meus familiares como: meus queridos tios Edilho e Edgley, pelo companheirismo de sempre, minhas adoráveis tias Maria e Irismar, pelo carinho enorme que têm por mim, e em especial minha inestimável e admirável avó Dona Margarina, a quem dedico esse trabalho, pelo seu amor inesgotável, dedicação e cuidados com toda a nossa família, sou privilegiado por tê-la comigo para poder honrar a conquista desse título tão desejado e

aguardado. Todos vocês que, como assim fizeram meus pais, vocês também fizeram grande diferença em vários momentos que precisei levantar a cabeça e seguir em frente novamente.

Ademais, agradeço todos os meus amigos e companheiros que me ajudaram de alguma forma a chegar até aqui. A eles tenho um grande apreço e toda minha lealdade, pois, como para todos os outros, não chegaria a esse momento de grande satisfação e felicidade sozinho.

“No que diz respeito ao empenho, ao compromisso, ao esforço, à dedicação, não existe meio termo. Ou você faz uma coisa bem feita ou não faz.”

(Ayrton Senna)

RESUMO

O presente trabalho apresenta um estudo de caso realizado na cidade de Pau dos Ferros - RN, o qual apresenta uma análise sobre a representatividade dos ensaios de investigação do subsolo nos projetos estruturais dos profissionais atuantes da região, identificando: os métodos de investigação do subsolo para obras de pequeno porte, bem como se a prática das mesmas atendem critérios mínimos garantidos pelas normas técnicas; os critérios utilizados para escolha e dimensionamento das fundações; a existência de patologias decorrentes de problemas nas fundações. O método tem caráter qualitativo, focando na análise dada em obras literárias e normas brasileiras registradas sobre o tema. Para embasar a pesquisa seguiu-se pela aplicação de questionário aos profissionais projetistas da região, análise dos dados formulados, formulação das hipóteses e por fim, expor respostas ao problema de pesquisa. Contudo, resultou-se na disposição das respostas do questionário, as quais direcionou a pesquisa para o resultado de provável insuficiência na aplicação dos ensaios de investigação do subsolo na cidade, a qual concluiu-se a falta da realização desses ensaios, justo pelos altos custos considerados pelos clientes e profissionais, não obstante, a inexistência de empresas de prospecção e seus equipamentos na região agrava o problema, mesmo que seja de consentimento para os profissionais a recomendável execução dos ensaios de investigação do subsolo antecédidos, para qualquer obra de engenharia civil sobre qualquer terreno.

Palavras-chave: Mecânica dos solos; sondagens; fundações.

ABSTRACT

The present study presents a case study carried out in the city of Pau dos Ferros - RN, or presents an analysis about of the representativity of underground investigation tests on projects of professionals working in the region, identifying: the methods of investigating the subsoil for small projects, as well as the practice of them and used less allowed by technical standards; those used for choosing and dimensioning foundations; the presence of pathologies required of problems in the foundations. The method has a qualitative character, focusing on the analysis given in literary works and registered Brazilian standards on the theme. To support the research followed by the application of questions to the projectists professionals of the region, analysis of formulated data, analysis of hypotheses and finally, answers to expose research problems. However, it results in the disposition of the questionnaire responses, such as which to direct a search for probably insufficiency in the application of underground investigation tests in the city, qualified in case of lack of these tests, just because of the high costs considered by clients and professionals, not nevertheless, a lack of prospection companies and your equipments in the region, or a serious problem, even if it is the consent for professionals and the recommendable execution of investigation tests of previous subsidies, for any civil engineering works on any terrain.

Keywords: Soil mechanics; polls; foundations.

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1: Esquematização do ensaio de palheta.....	18
Figura 3.2: Esquematização detalhada de ponteira do piezocone.....	19
Figura 3.3: Ilustração do posicionamento de eletrodos do RCPT.....	20
Figura 3.4: Funcionamento de golpes para amostra de solo em ensaio SPT..	22
Figura 3.5: Ilustração de esquema do Pressiômetro de Ménard.....	23
Figura 3.6: Ilustração do processo de execução de ensaio dilatométrico.....	25
Figura 3.7: (a) Fundação Superficial ou Direta; (b) Fundação Profunda ou Indireta.....	26
Figura 3.8: Principais tipos de Fundações Superficiais.....	28
Figura 3.9: Modelos de estacas de concreto pré-moldadas.....	29
Figura 3.10: Processo executivo de estaca tipo broca.....	30
Figura 3.11: Processo executivo de Estaca metálica ou de aço.....	31
Figura 3.12: Estacas de madeira.....	31
Figura 3.13: Processo executivo da Estaca Franki.....	32
Figura 3.14: Modelo e esquema da execução de Estaca Strauss.....	33
Figura 3.15: Processo executivo de tubulão a céu aberto.....	34
Figura 3.16: Esquema de execução de tubulão a ar comprimido.....	35
Figura 4.1: Localização do Município de Pau dos Ferros – RN.....	37
Figura 4.2: Fluxograma de metodologia de pesquisa.....	37
Figura 5.1: Execução esquematizada de sapata isolada.....	41
Figura 5.2: Alvenaria sobre pedra marroada.....	42
Figura 5.3: Modelo de viga de baldrame.....	43
Figura 5.4: Fundação com impermeabilização.....	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABMS	Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CPT	<i>Cone Penetration Test</i> (Ensaio de Cone)
CPTU	<i>Piezocone Penetration Test</i> (Ensaio de Piezocone)
ELS	Estados Limites de Serviço
ELU	Estados Limites Últimos
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas
NBR	Norma brasileira
N _{SPT}	Índice de Resistência a Penetração do Solo
PIB	Produto Interno Bruto
PMT	<i>Pressiometer Menard Test</i> (Ensaio Pressiométrico)
RCPT	Ensaio de Eletorresistividade
SDMT	<i>Seismic Dilatometer Marchetti Test</i> (Ensaio Dilatométrico)
SPT	<i>Standard Penetration Test</i> (Ensaio de Penetração a Percussão)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	15
2.1. OBJETIVO GERAL	15
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
3.1. INVESTIGAÇÃO SO SUBSOLO	16
3.1.1. Ensaios <i>in situ</i>	17
3.1.1.1.Ensaio de Palheta (“Vane Test”)	17
3.1.1.2.Ensaio de Penetração de Cone Estático (CPT)	18
3.1.1.3.Ensaio de Penetração de Cone com Medida de Poropressão (“Piezocone” ou CPTU)	19
3.1.1.4.Ensaio de Eletrorresistividade (RCPT).....	20
3.1.1.5.Ensaio a percussão ou Standard Penetration Test (SPT)	21
3.1.2. Outros ensaios	22
3.1.2.1.Ensaio pressiométrico (PMT)	23
3.1.2.2.Ensaio dilatométrico (SDMT)	24
3.2. FUNDAÇÕES E SUAS TIPOLOGIAS	25
3.2.1. Fundações Superficiais	27
3.2.2. Fundações Profundas	29
3.2.3. Parâmetros considerados para escolha do tipo de fundação	35
4. METODOLOGIA	36
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	39
6. CONCLUSÕES	49
REFERÊNCIAS	52
APÊNDICE 1 – Questionário aplicado para coleta de informações sobre investigação do subsolo e o projeto de fundações em Pau dos Ferros – RN.....	55

1. INTRODUÇÃO

Na construção civil, são vários os cuidados e normas a serem seguidas no âmbito da segurança, acessibilidade, durabilidade. Considerando do contexto arquitetônico (desempenho e conforto, por exemplo) ao estrutural. Esta última dando grande importância ao seu dimensionamento.

Sabe-se que todas as forças atuantes na superestrutura da edificação são transmitidas para o solo, através das fundações, as quais podem ser classificadas como profundas ou rasas. Nestas condições o solo se compacta e se remolda, diminuindo seu índice de vazios, assim, sofrendo consequências como recalques.

Logo, Das (2014) alega que, fatores como tipo de fundação, tipo de solo, a profundidade e parâmetros de resistência e deformabilidade que compõem os estratos do subsolo podem definir o comportamento do solo em relação às cargas nele aplicadas. Emprega-se ainda, nesse sentido, as equações empíricas baseadas em ensaios de campo como o *Standard Penetration Test* (SPT) ou o *Cone Penetration Test* (CPT).

Ensaio de investigação do subsolo são indispensáveis na determinação de resultados que orientam os projetistas no dimensionamento, na escolha do tipo de fundação e na determinação da tensão admissível do conjunto fundação-solo.

O SPT, por sua vez, tornou-se um dos ensaios mais empregados em todo o mundo pelos profissionais geotécnicos e projetistas. Sua alta taxa de empregabilidade é atribuída ao baixo custo, bem como na fácil interpretação dos resultados quando se comparado com os demais métodos de sondagem do subsolo (ABMS, 1999).

Entretanto, a comunidade potiguar vivente na região da cidade de Pau dos Ferros - RN, principalmente, entre estes, seus profissionais atuantes da área da engenharia civil, observa-se certo desinteresse na aplicação de sondagens de subsolo, que antecede na elaboração de seus projetos. Dada essa situação pelos mais variados motivos, como será exposto ao longo deste trabalho.

Assim sendo, a presente pesquisa vem apresentar em forma de estudo de caso a representatividade da investigação do subsolo no projeto de fundações das edificações em áreas delimitadas na cidade de Pau dos Ferros - RN. De forma a levantar hipóteses do motivo do preterimento dos profissionais em relação à realização de ensaios, os parâmetros para definir o tipo de fundação e suas

possíveis consequências na estrutura da própria edificação, nas edificações vizinhas e no próprio solo envolvido.

2. OBJETIVOS

2.1. GERAL

Analisar a representatividade da investigação do subsolo no projeto de fundações das edificações localizadas em Pau dos Ferros - RN.

2.2. ESPECÍFICOS

- Identificar métodos de investigação do subsolo utilizados em obras de pequeno porte no município de Pau dos Ferros - RN;
- Verificar os critérios utilizados para escolha e dimensionamento das fundações locais;
- Analisar se as investigações do subsolo praticadas atendem aos critérios mínimos estabelecidos nas normas técnicas aplicáveis;
- Verificar a existência de patologias decorrentes de problemas nas fundações nas edificações analisadas.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. INVESTIGAÇÃO DO SUBSOLO

A investigação adequada do subsolo, segundo Knappett e Craig (2016), “é uma atividade preliminar essencial à execução de um projeto de Engenharia Civil”.

Ainda conforme os autores, os principais objetivos da investigação do subsolo são:

- Determinação da sequência, espessuras e dimensão lateral dos estrados do solo e, quando apropriado, o nível do substrato rochoso;
- Obtenção de amostras representativas do solo para identificar e classificar e, se necessário, para o uso em ensaios de laboratório para determinar os parâmetros adequados do solo;
- Identificação das condições da água subterrânea.

A investigação do subsolo mostra-se como peça fundamental para o projetista de fundações ou para o engenheiro geotécnico. Este tem por função ainda determinar o tipo de ensaio a ser realizado a partir da complexidade da obra, das condições do terreno e de sua circunvizinhança, dos tipos de parâmetros necessários para a realização do projeto, bem como avaliar a solução mais eficiente economicamente (SCHNAID; ODEBRECHT, 2012).

Conforme Schnaid e Odebrecht (2012), além dos ensaios que visam obter os parâmetros de resistência e deformabilidade do solo, como ângulo de atrito e coesão, e módulo de deformabilidade e índice de vazios, respectivamente, podem ser empregados ensaios de campo adicionais que visam determinar a topografia da região de estudo e as características hidrogeológicas do solo, por exemplo, a fim de realizar o planejamento da obra.

Como Das (2014) simplifica, ao final da exploração do subsolo, as amostras coletadas do campo serão submetidas a uma observação visual e a ensaios de laboratório. Logo após, o relatório da exploração é preparado para o uso do escritório de planejamento e projeto. Tais relatórios de exploração devem prontamente apresentar as informações:

- Escopo da investigação;
- Descrição geral da estrutura proposta para a qual a exploração foi realizada.

Após a leitura desses relatórios, aliada às características estruturais da edificação, o corpo técnico, geralmente formado por engenheiros ou arquitetos e técnicos, escolhe o tipo de fundação de edificação que melhor se adapta ao terreno e às características da edificação (CRIVELARO; PINHEIRO, 2014).

Ainda, segundo esses autores, sobre os relatórios de sondagem, neles constam:

- Tipos de solo presentes no subsolo, até a profundidade de interesse;
- Condições de compactação das areias ou de consistência das argilas;
- Espessura das camadas que constituem o subsolo e a orientação das superfícies que as separam;
- Ocorrência ou não de água no subsolo.

3.1.1. Ensaios *in situ*

Como determina Massad (2010), ensaios *in situ*, ou ensaios de campo, são ensaios realizados no local de interesse da obra em questão, os quais permitem obter parâmetros do solo como coeficientes de permeabilidade e de empuxo em repouso, módulo de deformabilidade e resistência ao cisalhamento.

Como também afirma o autor, quando há uma grande dificuldade ou até impossibilidade de se obter amostragens indeformadas do solo, os ensaios *in situ* são executados. Como exemplo do caso das areias submersas e dos solos com coesão inferior a 5 kPa. Também em caso dos resultados dos ensaios de laboratório apresentar pouca utilidade.

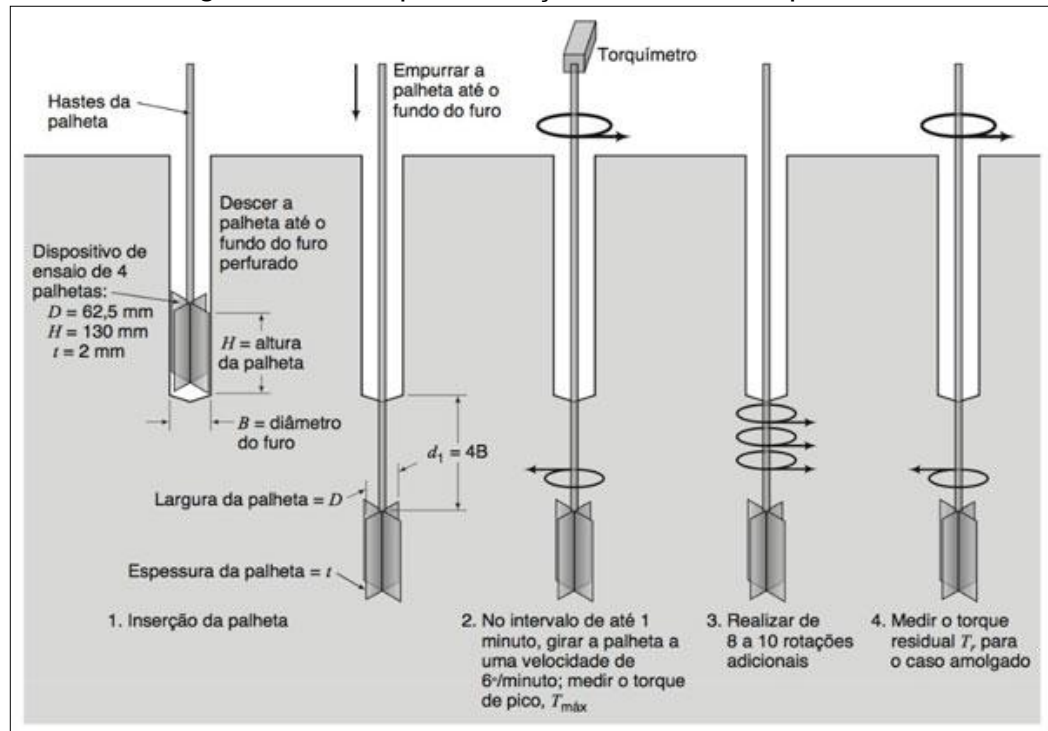
Dentre alguns desses ensaios que podem ser empregados, destacam-se os seguintes:

3.1.1.1. Ensaio de Palheta (“Vane Test”)

Usado, sobretudo, para determinar características de resistência não drenada de argilas intactas e completamente saturadas. Não recomendado para solos grossos. Particularmente apropriado para argilas moles, cujas medidas de resistência ao cisalhamento podem apresentar incoerência nos resultados quando, subsequentemente, manipulada sua amostragem em laboratório (KNAPPETT; CRAIG, 2016).

Para determinar a resistência não drenada do solo *in situ*, é utilizada uma palheta de seção cruciforme¹, que quando cravadas em argilas saturadas de consistência mole a rija, são submetidas a realizar um torque suficiente até atingir o cisalhamento por rotação em condições não drenadas (SCHNAID; ODEBRECHT, 2012). Segue Figura 3.1 ilustrando esquematização do ensaio de palheta:

Figura 3.1 – Esquematização do ensaio de palheta



Fonte: Adaptado de BUDHU (2017, p. 140).

3.1.1.2. Ensaio de Penetração de Cone Estático (CPT)

Considerado seu uso para identificar a estratificação e os materiais presentes no solo, como também determinar grande faixa de valores de parâmetros geotécnicos-padrão desses materiais. Consiste em um material com forma cilíndrica e curta, cuja extremidade apresenta formato cônico, com ângulo de ápice de 60° e área de seção transversal de 100 mm^2 . Usando equipamento de cravação, insere-se o equipamento verticalmente no solo, com velocidade de penetração de 20 mm/s (KNAPPETT; CRAIG, 2016).

E conforme Massad (2010), o CPT consiste em cravação, por esforço estático, de um conjunto ponteira-hastes, o qual, originalmente, seria idealizado para

¹ Ponteira da palheta de seção transversal em forma de cruz.

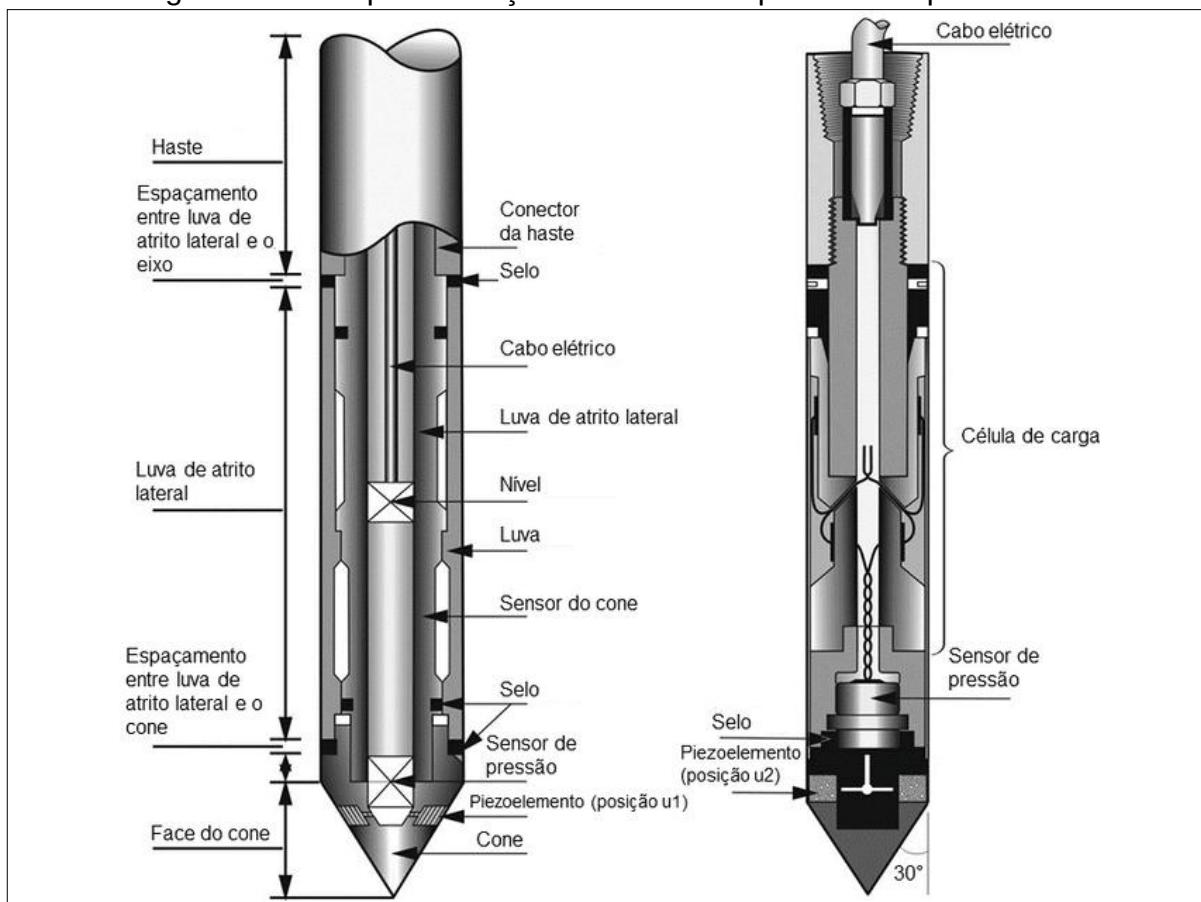
o dimensionamento de estacas instaladas em areia, porém, sua versão mais moderna permite para vários outros parâmetros dos solos.

3.1.1.3. Ensaio de Penetração de Cone com Medida de Poropressão ("Piezocone" ou CPTU)

Trata-se de um cone elétrico com uma pedra porosa na sua extremidade, que possibilita também a medida do excesso de pressão neutra gerada pela cravação (MASSAD, 2010).

Certamente o método mais avançado na identificação e descrição da sequência de camadas que compõem um perfil geotécnico (estratigrafia do solo). Este método também permitiu facilitar o estudo do adensamento de camadas moles, no que diz respeito à identificação da ocorrência ou não de lentes de areia (camadas muito finas que ocorrem intercaladas com camadas espessas de argila) (ORTIGÃO, 2007). A Figura 3.2 apresenta em detalhe, esquema de ponteira do piezocone:

Figura 3.2 – Esquematização detalhada de ponteira do piezocone



Fonte: DERRITE, Rafael. Adaptado de SCHNAID, 2009.

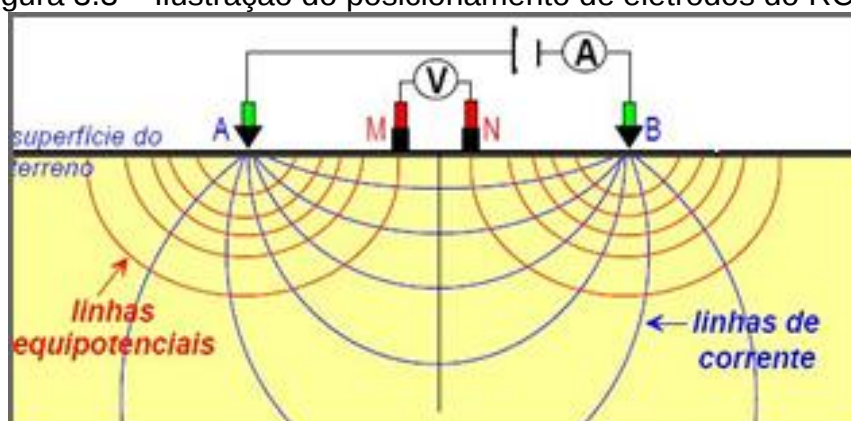
3.1.1.4. Ensaio de Eletorresistividade (RCPT)

O Ensaio de Eletorresistividade fornece um perfil contínuo da resistência elétrica relacionando com a sua profundidade, de forma que por assim ser, sua utilização é caracterizar áreas contaminadas (SCHNAID; ODEBRECHT, 2012).

Segundo os mesmos autores, essencialmente sua metodologia pouco se difere do ensaio do tipo CPT, a qual há a cravação da ponteira com um sistema hidráulico e a aquisição dos dados dando-se através de conversor analógico-digital. Para tal medição da resistividade elétrica, utiliza-se um ou mais pares de eletrodos separados por corpos isolantes montados no fuste do cone (em sua grande maioria os eletrodos são configurados por anéis dispostos na forma arranjos do tipo *Werner* ou *Schlumberger*²).

A distância entre os eletrodos definem a amplitude do campo elétrico a ser gerado, portanto, define a extensão da área prospectada, dessa forma, se dispostos mais afastadamente abrangerão área do solo não perturbada pela perfuração da sonda no terreno, induzindo um campo elétrico maior, no entanto produzirá menor resolução da estratigrafia resistiva. Ao contrário de distâncias menores entre eletrodos, que apresentarão maior definição estratigráfica do solo próximo ao cone, porém sofrerão interferências da zona perturbada pela penetração. (SCHNAID; ODEBRECHT, 2012). A Figura 3.3 ilustra esquematização do posicionamento de eletrodos do RCPT e comportamento das linhas de fluxo de corrente.

Figura 3.3 – Ilustração do posicionamento de eletrodos do RCPT



Fonte: Página da PLANAL Tecnologia Serviços e Engenharia Ltda³ (2020).

² Arranjo do tipo *Werner* ou *Schlumberger*: constitui-se de quatro eletrodos colineares. Os dois mais internos localizam-se próximo ao centro do arranjo, medem a diferença de potencial, enquanto os mais externos são eletrodos de corrente (LEITE; MACÊDO, 1982).

³ Disponível em: <<http://planalservicos.com.br/servico/medicao-de-eletorresistividade-er-ohmmapper>> Acesso em jan. 2020.

3.1.1.5. Ensaio a percussão ou Standard Penetration Test (SPT)

Reconhecida por ser a mais rotineira e mais popular ferramenta de investigação do solo por todo o mundo, permite indicar densidade de solos granulares e consistência de solos coesivos. O SPT constitui uma medida de resistência dinâmica conjugada a uma sondagem de simples reconhecimento (Salgado, 2014).

A sondagem a percussão, ou *Standard Penetration Test* (SPT), é um ensaio *in situ* que visa amostrar o subsolo através da cravação de um amostrador padrão de forma dinâmica por meio da queda de um peso de 65 kg a uma altura de 75 cm. Nesse sentido, mede-se o número de golpes ao longo da cravação do amostrador com a finalidade de relacioná-los com a resistência do solo (SCHNAID; ODEBRECHT, 2012).

No ensaio são determinadas, além do número de golpes, as camadas que compõem o subsolo, as profundidades e espessuras das estratificações, assim como a localização do nível do lençol freático. Como já comentado, todos esses parâmetros servirão como informações que irão subsidiar o projeto da subestrutura de uma edificação (SCHNAID; ODEBRECHT, 2012).

No Brasil o SPT é normatizado pela ABNT NBR 6484 (2001): “Solo - Sondagens de simples reconhecimento com SPT - Método de ensaio”, onde determina todos os procedimentos e relativos à execução do ensaio mencionado. Dentre esses procedimentos, destaca-se a mensuração do número de golpes a cada 15 cm de cravação, sendo que a soma dos 15 últimos centímetros determina o N_{SPT} do metro de subsolo avaliado. Já a sua interpretação é baseada pela ABNT NBR 7250 (1982): Identificação e descrição de amostras de solos obtidas em sondagens de simples reconhecimento dos solos.

A quantidade de furos de sondagem que um terreno deve conter é normalizada pela ABNT NBR 8036 (1983): “Programação de Sondagens de Simples Reconhecimento dos Solos para Fundações de Edifícios”. A referida norma preconiza que o número mínimo furos de sondagem é de 3 para uma área menor que 200 m². Para áreas (A) superiores a esse valor seguem as seguintes quantidades de furos:

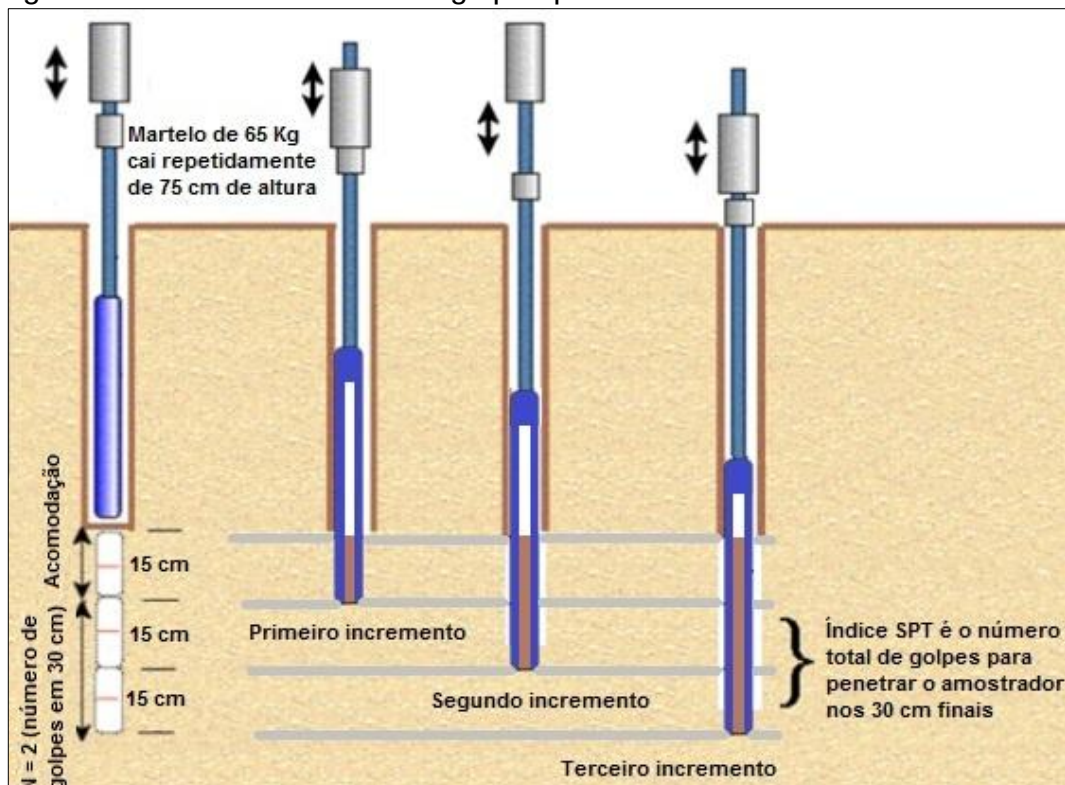
- $A \leq 1200 \text{ m}^2$: executa-se um furo para cada 200 m² de terreno;
- $1200 < A \leq 2400 \text{ m}^2$: executa-se um furo para cada 200 m² até 1200 m², além de um furo para cada 400 m² que excedam os primeiros 1200 m² do terreno;

- $A > 2400 \text{ m}^2$: é necessário realizar um plano específico baseado no critério do projetista.

Após a determinação do número de sondagens e a escolha do tipo de fundação a ser utilizada empregam-se os métodos empíricos ou semi-empíricos de dimensionamento que utilizam o N_{SPT} como ferramenta para a determinação dos parâmetros do solo, a capacidade de carga, bem como para a verificação do recalque elástico ou imediato do solo.

A Figura 3.4 ilustra o funcionamento de golpes do ensaio SPT para a colheita da amostra de solo:

Figura 3.4 – Funcionamento de golpes para amostra de solo em ensaio SPT



Fonte: Página da SOLL MIX⁴ (2020).

3.1.2. Outros ensaios

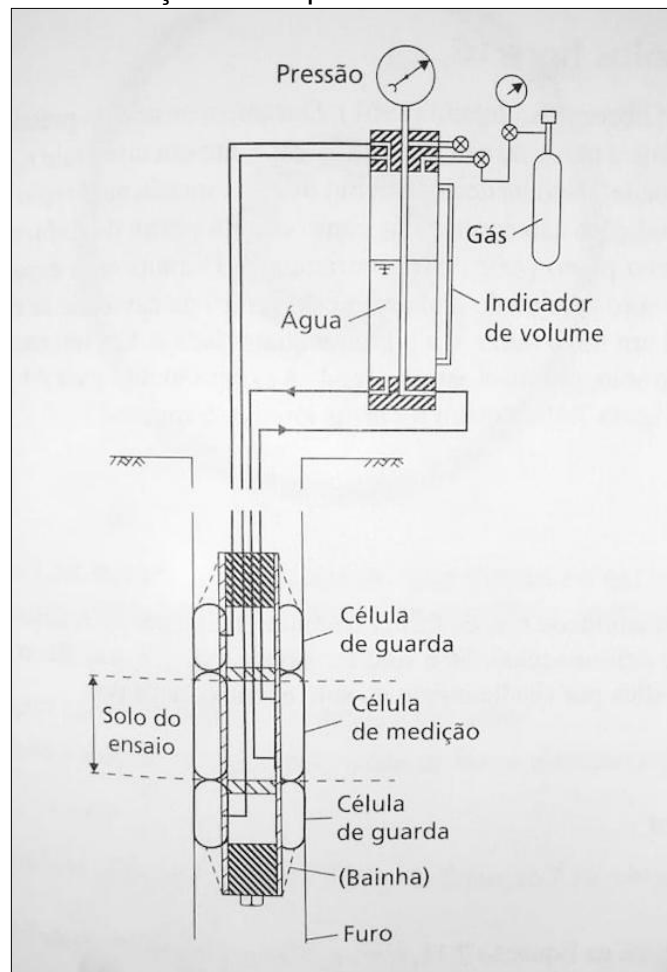
Dependendo do tipo de projeto a ser edificado como também da complexidade em que o subsolo se apresenta, há outros tipos de ensaios *in situ* que podem ser realizados durante a exploração:

⁴ Disponível em: <<http://sollmix.com.br/overlap-slider/>> Acesso em jan. 2020.

3.1.2.1. Ensaio pressiométrico (PMT)

Chamado, entre outros, de Pressiômetro de Ménard, desenvolvido para fornecer um ensaio *in situ* de alta qualidade de informações tanto de parâmetros de resistência quanto de rigidez do solo, servindo de alternativa ao ensaio triaxial. Também proporciona à macrotextura do solo ser representada de forma segura e adequada. O aparelho consiste em três células cilíndricas de borracha de mesmo diâmetro, dispostas de forma coaxial. O dispositivo é rebaixado dentro de um furo no solo até profundidade exigida. A célula central de medição se expande contra as paredes do furo através de inserção de pressão da água, da medida da pressão aplicada e do aumento correspondente de volume sendo registrado. A pressão na água é aplicada através da compressão, em geral, de gás nitrogênio em um cilindro de controle na superfície (KNAPPETT; CRAIG, 2016). Na Figura 3.5 é ilustrado o esquema de um pressiômetro:

Figura 3.5 – Ilustração de esquema do Pressiômetro de Ménard



Fonte: Adaptado de KNAPPETT & CRAIG (2016, p. 185).

Como ainda afirmam Schnaid e Odebrecht (2012), ensaios pressiométricos, de placa e sísmicos são as técnicas mais adequadas, no que diz respeito a determinar o módulo de deformabilidade dos solos, os quais representam grande importância na criação de programas geotécnicos de investigação usados para solucionar problemas relacionados a fundações, contenções e escavações, entre outros. Ainda que, visando os parâmetros de resistência e deformabilidade, é dada a importância das campanhas de retirada de amostras indeformadas, (como procedimento complementar às investigações e utilizadas em ensaios de laboratório) para determinar tais parâmetros.

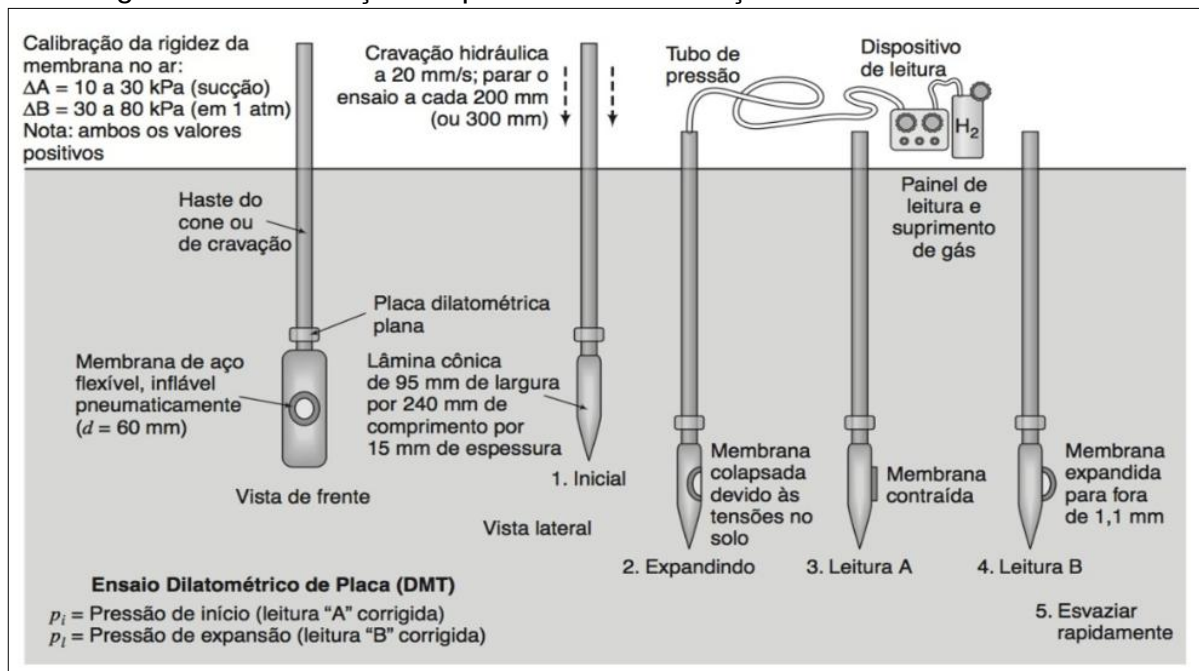
3.1.2.2. Ensaio dilatométrico (SDMT)

A ABNT NBR 6122 (2019) de Projeto e execução de fundações estabelece que o ensaio dilatométrico, ou dilatômetro de Marchetti, consiste na cravação de uma lâmina, que possui um diafragma, o qual é empurrado contra o solo através da aplicação de uma pressão de gás. O ensaio pode determinar a estratigrafia e pode dar indicação da classificação do solo. Propriedades dos materiais ensaiados podem ser obtidas por correlação, sobretudo em depósitos de argilas moles e areias sedimentares.

Schnaid e Odebrecht (2012) detalham ao descrever o ensaio dilatométrico constituindo-se de uma lâmina de aço inoxidável, equipada com uma espécie de membrana de aço muito fina em uma de suas faces. Consiste na cravação da lâmina dilatométrica ao solo a fim de medir o esforço necessário à penetração para, por conseguinte, usar a pressão do gás, expandindo a membrana circular de aço (chamada de diafragma) no interior da massa de solo.

Ainda conforme os mesmos autores, a interpretação dos resultados dilatométricos estima parâmetros constitutivos do solo de natureza semiempírica, tais como coeficiente de empuxo no repouso, módulo de elasticidade (E ou M), razão de pré-adensamento, resistência ao cisalhamento não drenada de argilas e o ângulo de atrito interno de areias. O ensaio também demonstra aplicabilidade na definição dos tipos de solo. A Figura 3.6 apresenta processo da execução do ensaio dilatométrico:

Figura 3.6 – Ilustração do processo de execução de ensaio dilatométrico



Fonte: Adaptado de BUDHU (2017, p. 143).

3.2. FUNDAÇÕES E SUAS TIPOLOGIAS

Segundo Salgado (2014), fundações são os elementos de base de estrutura de uma edificação que são direcionadas ao suporte das cargas de pressão vindas do carregamento de esforços do peso da própria edificação, mesmo proveniente da estrutura como um todo, bem como do seu uso, ou sobrecargas.

Em outras palavras, conforme Knappett e Craig (2016), a fundação é a parte de uma estrutura responsável por transmitir as cargas diretamente ao solo subjacente, processo o qual é definido como interação solo-estrutura.

Os mesmos autores complementam que na fundação, para que o comportamento da sua função seja satisfatório, devem-se atender duas exigências de desempenho, chamadas de estados-limites, as quais definem que:

1. Sua capacidade ou resistência seja suficiente para suportar as cargas ou ações, de forma a evitar colapsos;
2. Impeça deformações excessivas sob essas cargas, o que pode danificar a estrutura suportada ou perder funcionalidade.

Sobre as capacidades de carga do solo, Das (2014) afirma que se há uma sobrecarga excessiva sobre a fundação isso poderá resultar em recalques excessivos ou rupturas por cisalhamento no solo, danificando a estrutura. Desse

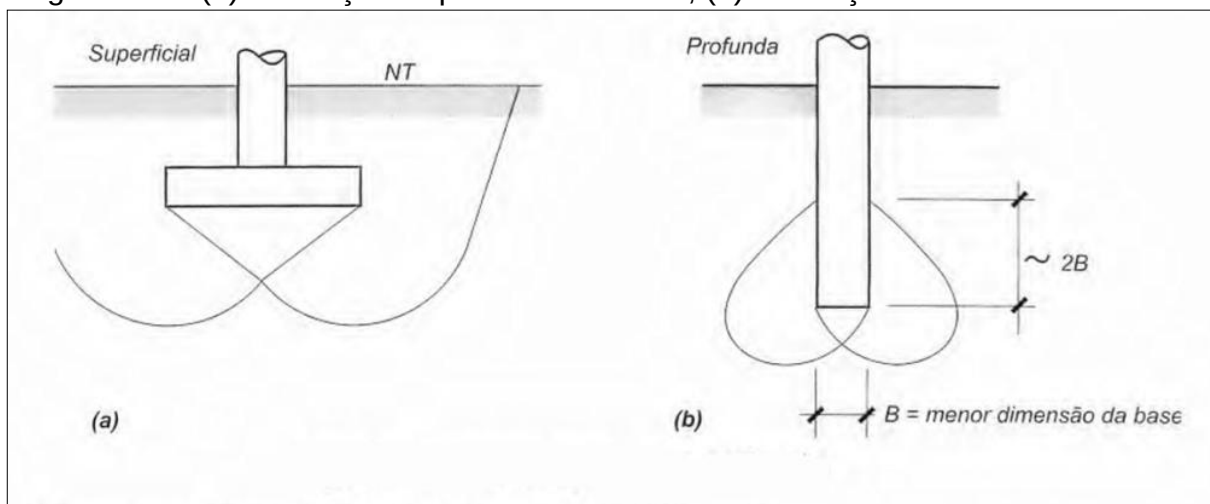
modo se dá a importância da avaliação da capacidade de carga dos solos, previamente realizados nos projetos de fundações.

Velloso e Lopes (2012), afirmam que para um projeto de fundações requer-se experiência e conhecimento na área da Geotecnia bem como a análise de dimensionamento de estruturas de concreto armado e protendido, em aço e em madeira. Ainda de acordo com esses autores, as fundações convencionais podem ser classificadas em dois grupos: as superficiais (ou diretas) e as profundas (ou indiretas).

De acordo com a ABNT NBR 6122 (2019) de Projeto e execução de fundações, a fundação superficial transmite todo seu carregamento ao solo por meio de sua base, devendo ter um embutimento máximo de duas vezes a menor dimensão de sua base. Todavia, as fundações profundas transmitem seu carregamento ao solo por meio de atrito do fuste com o solo, bem como por sua ponta, sendo esta resistência mais preponderante nas condições de recalque excessivo do solo.

Como afirmam ainda Velloso e Lopes (2012), a diferença entre essas duas tipologias não se concentra apenas no argumento da profundidade de assentamento da base ou da ponta da estaca, mas também no mecanismo de ruptura do solo, de modo que a ruptura em fundações diretas possui uma cunha que intercepta o nível de terreno, enquanto nas fundações indiretas a cunha de ruptura encontra o elemento em uma distância de aproximadamente duas vezes a dimensão da sua base ou diâmetro, assim como apresentado na Figura 3.7.

Figura 3.7 – (a) Fundação Superficial ou Direta; (b) Fundação Profunda ou Indireta



Fonte: Adaptado de VELLOSO; LOPES (2012, p. 11).

Conforme na ABNT NBR 6122 (2019) de Projeto e execução de fundações, a grandeza fundamental para o projeto de fundações é a tensão admissível, se o projeto for feito considerando fator de segurança global e valores característicos, ou a tensão resistente de cálculo, quando for feito considerando coeficientes de ponderação e valores de cálculo. Consideram-se os seguintes fatores para determinação da tensão admissível ou da tensão resistente de cálculo:

- Características geomecânicas do subsolo;
- Profundidade da fundação;
- Dimensões e forma dos elementos de fundação;
- Influência do lençol d'água;
- Eventual alteração das características do solo (expansivos, colapsíveis etc.) devido a agentes externos (encharcamento, contaminação, agressividade etc.);
- Alívio de tensões;
- Características ou peculiaridades da obra;
- Sobrecargas externas;
- Inclinação da carga;
- Inclinação do terreno;
- Estratigrafia do terreno;
- Recalques.

Essas tensões devem satisfazer simultaneamente aos estados limites últimos (ELU) e de serviço (ELS), para cada elemento isolado de fundação, bem como para o conjunto.

3.2.1. Fundações Superficiais

Para Teixeira et. al. (1998) denomina-se como fundações superficiais as estruturas que tem seu apoio sobre o solo a uma pequena profundidade, em relação ao solo circundante. Num sentido mais amplo, Das (2014) define para esse tipo de fundação como uma relação entre a profundidade de assentamento e a largura com valor resultante menor que aproximadamente quatro.

As fundações superficiais podem se subdividir em alguns tipos como:

Bloco – compõe parte fundação, constituído de concreto simples (ou outros materiais tais como alvenaria ou pedras), sem armadura, dimensionado assim para

que dessa forma, seja suficientemente no suporte das tensões de tração ao elemento, aplicadas (VELLOSO; LOPES, 2012);

Sapata – compõe parte da fundação, constituído de concreto armado, a qual é dimensionada dessa forma, pois tem principal função a resistividade das tensões nela aplicadas (VELLOSO; LOPES, 2012);

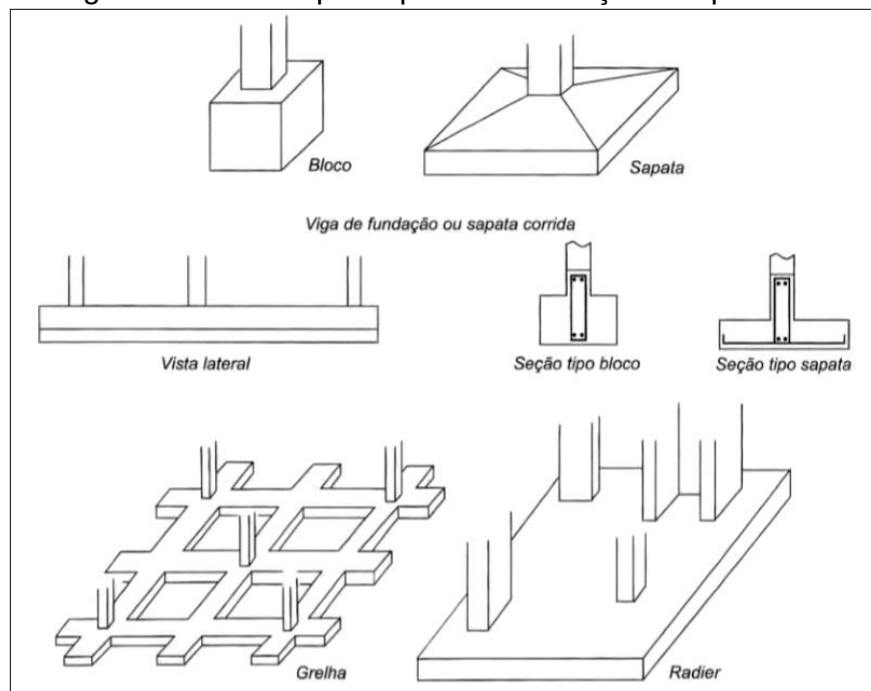
Sapata corrida – sujeita à ação de uma carga distribuída linearmente ou de três ou mais pilares ao longo de um mesmo alinhamento, desde que representem menos de 70 % das cargas da estrutura (ABNT, NBR 6122, 2019);

Grelha – compõe de forma a criar um conjunto de vigas que se cruzam transversalmente pelos pilares, interligando-as (VELLOSO; LOPES, 2012);

Radier – compõe a fundação, de forma mais preenchida que a grelha, apresentando-se como um plano, sobre o qual recebe parte dos pilares, ou todos os pilares (*radier parcial* e *radier geral*, respectivamente) da edificação. Estes termos foram adotados na nova norma NBR-6122 (2019), as quais, anteriormente, descrevia-se *radier com sapata associada* nos casos em que se recebia parte dos pilares. Possui rigidez dimensionada para receber e distribuir mais do que 70 % das cargas da estrutura (ABNT NBR 6122, 2019).

A Figura 3.8 ilustra os principais tipos de fundações superficiais descritos anteriormente:

Figura 3.8 – Principais tipos de Fundações Superficiais



Fonte: Adaptado de VELLOSO; LOPES (2012, p. 12).

3.2.2. Fundações Profundas

Conforme definem Velloso e Lopes (2012), fundações profundas são aquelas cujo mecanismo de ruptura de base não surja em nível de superfície do terreno, onde se encontra a edificação.

Ademais, segundo Das (2014), a relação entre a profundidade de assentamento e a largura deve ter valor maior que quatro.

Entre as mais usuais fundações profundas ou indiretas estão alguns tipos de estacas e tubulões:

Estacas de concreto (pré-moldadas) – consistem em pilares pré-fabricados, os quais são inseridos no solo através de “bate-estacas”, que martelam as estacas e cravam-nas no solo até atingirem o nível chamado “nega”, medida de deslocamento da estaca para 10 golpes de pilão (SALGADO, 2014). A Figura 3.9 apresenta um modelo de estaca de concreto pré-moldada:

Figura 3.9 – Modelos de estacas de concreto pré-moldadas



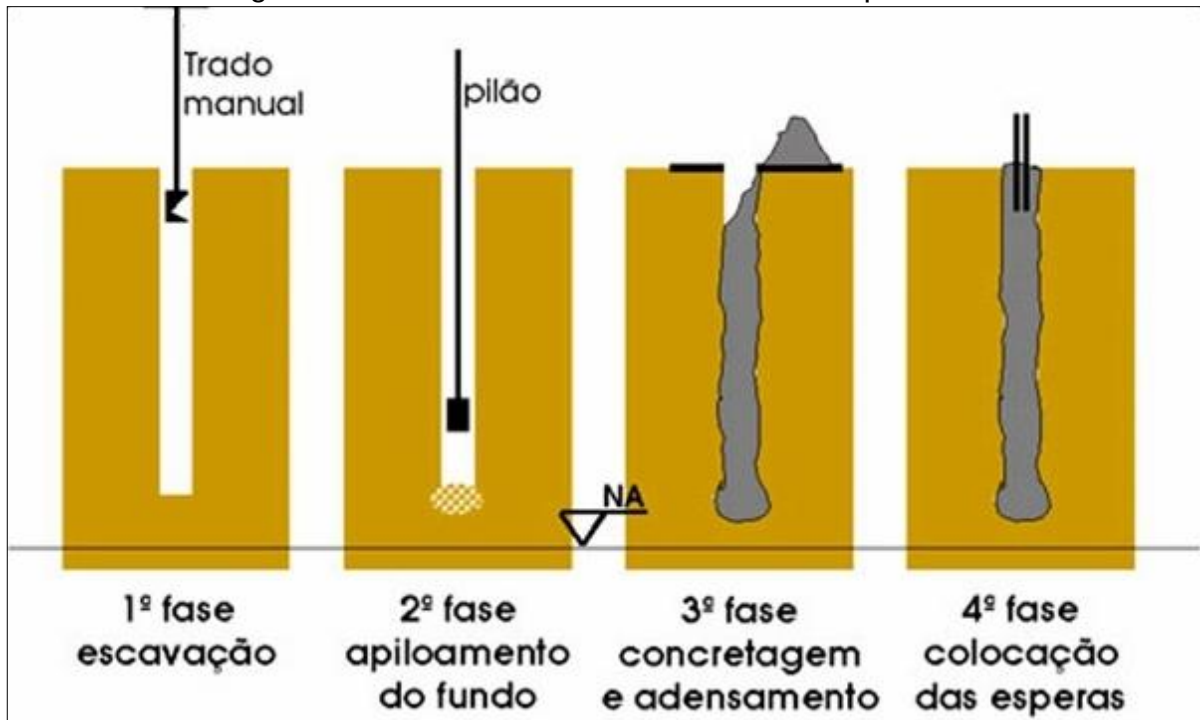
Fonte: DALDEGAN, Eduardo. Página Engenharia concreta⁵ (2020).

Estacas de tipo broca – consideradas de simples execução e de baixo custo. As cargas recebidas são transmitidas ao solo pelas pontas. Recomendadas para solos compactos e firmes. Para executá-las, o terreno é escavado até atingir o solo firme, geralmente por volta de 4 m e apresenta diâmetros entre 15 e 25 cm.

⁵ Disponível em: <<https://engenhariaconcreta.com/estacas-pre-moldadas-de-concreto-principais-caracteristicas-e-dicas/>> Acesso em jan. 2020.

Normalmente utiliza-se para as armações longitudinais, 3 ou 4 ferros de 6,3 mm presos em estribos de 4,2 mm, alterando-se essas quantidades e medidas conforme o projeto estrutural da obra. Após posicionar a armação, inicia-se a concretagem (SALGADO, 2014). Segue na Figura 3.10 representação de processo executivo de estaca tipo broca:

Figura 3.10 - Processo executivo de estaca tipo broca

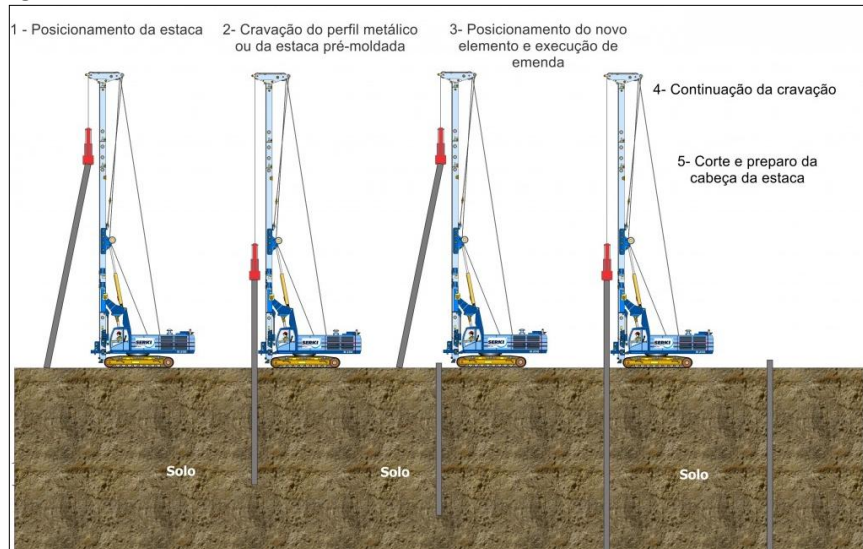


Fonte: Site Meia colher⁶ (2020).

Estacas de aço – cravadas com o mesmo procedimento utilizado em estacas de concreto, porém, estas se permite atingir grandes profundidades no solo pelo fato de ser possível executar as emendas de modo seguro (SALGADO, 2014). Na Figura 3.11 ilustra a execução de cravação de estacas metálicas:

⁶ Disponível em: <<https://www.meiacolher.com/2015/08/tipos-de-estacas-para-fundacao-aprenda.html>> Acesso em jan. 2020.

Figura 3.11 – Processo executivo de Estaca metálica ou de aço



Fonte: Adaptado da página da Serki - Fundações Especiais⁷ (2020).

Estacas de madeira – consideradas para obras com menor solicitação de cargas. Pouco utilizadas na construção civil, seu uso maior se dá em regiões de abundante disponibilidade de madeira legal, extraída conforme legislação de meio ambiente. Dimensionadas com diâmetros mínimos de ponta e de topo em 15 cm e 25 cm respectivamente, podendo atingir um comprimento de 8 m (SALGADO, 2014). A Figura 3.12 ilustra estacas de madeira:

Figura 3.12 - Estacas de madeira



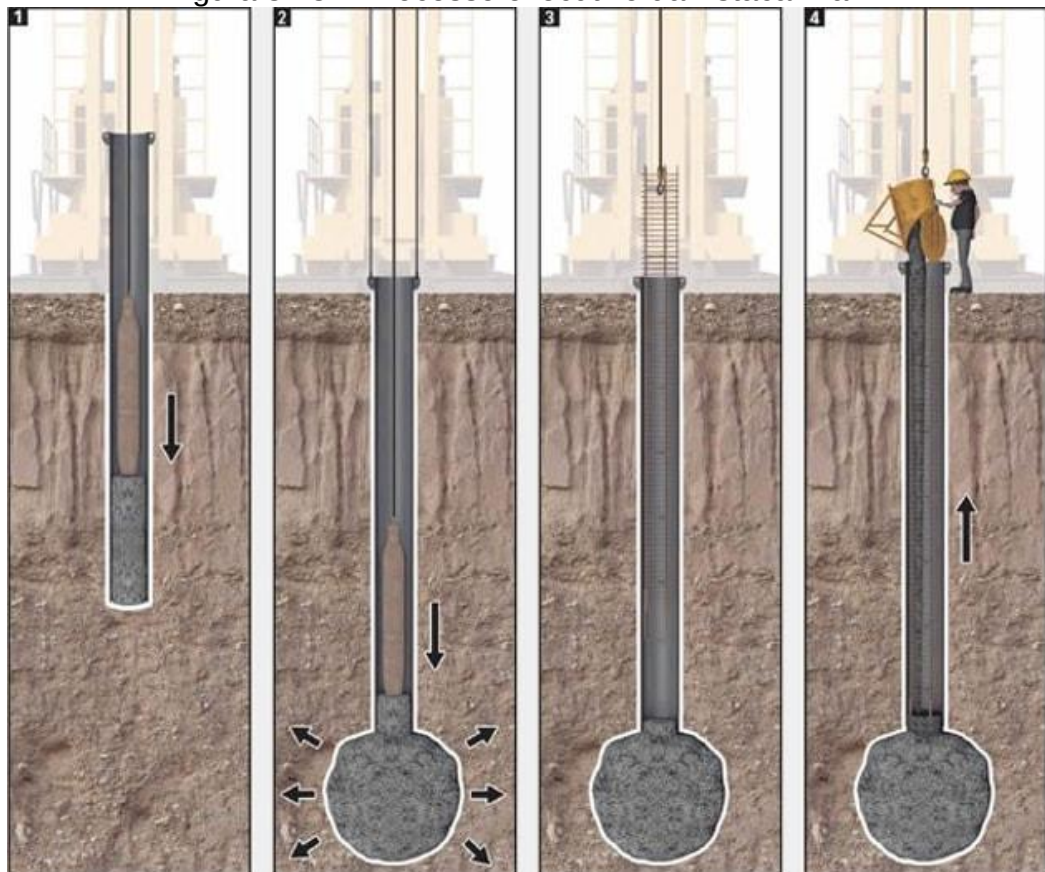
Fonte: DALDEGAN, Eduardo. Página Engenharia concreta⁸ (2020).

⁷ Disponível em: <<http://serki.com.br/servicos/estavas-cravadas/#conteudo>> Acesso em out. 2019.

⁸ Disponível em: <<https://engenhariaconcreta.com/estacas-de-madeira/>> Acesso em nov. 2019.

Estacas Franki – consistem em posicionar um tubo camisa no local escavado e na extremidade realiza-se um “embuchamento” com concreto quase seco, se forma que um pilão executa um socamento do concreto, efetuando a penetração dessa bucha, atingindo a nega. Seguindo novos apiloamentos, assim, formando um bulbo no subsolo. Após o procedimento, introduz-se a armadura e o concreto, que serão apiloados e, em seguida retira-se gradativamente o tubo camisa, no lugar desocupado do qual o concreto irá se expandindo, adaptando-se ao terreno, apresentando forma rugosa. Este tipo de estaca pode atingir diâmetros entre 30 e 60 cm (SALGADO, 2014). Segue na Figura 3.13 esquema da execução de Estaca Franki:

Figura 3.13 – Processo executivo da Estaca Franki



Fonte: PEREIRA, Caio. Página Escola engenharia⁹ (2020).

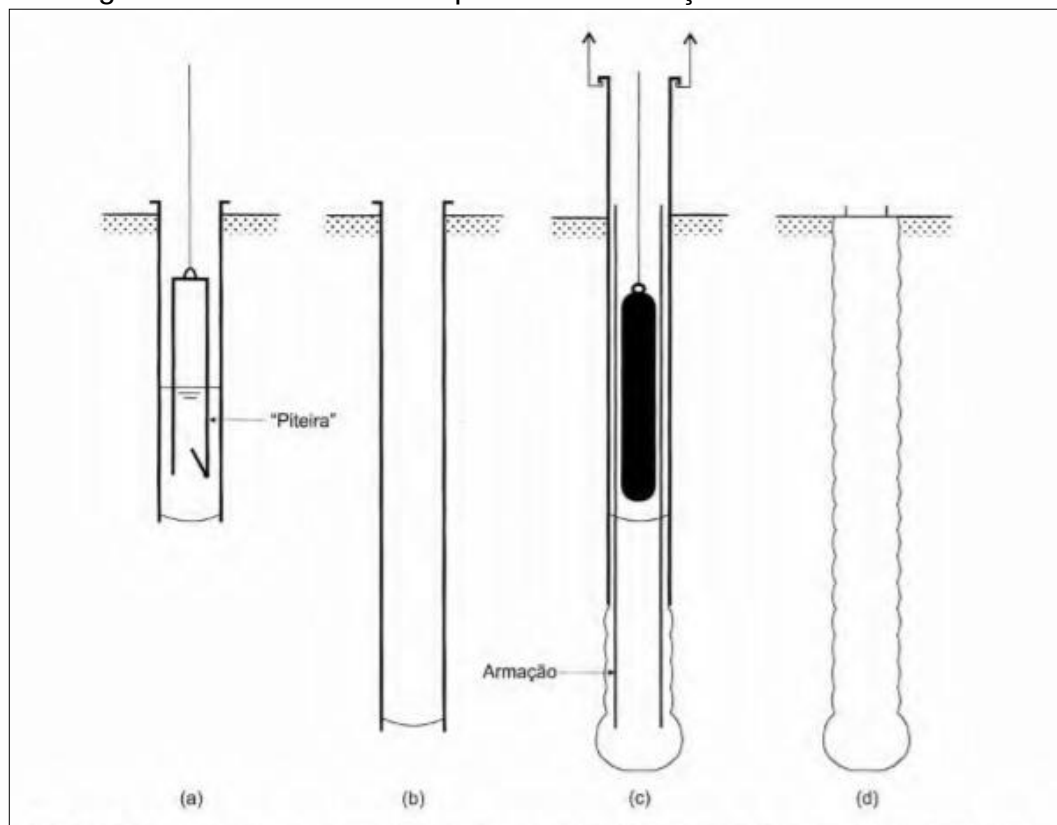
Estacas Strauss – moldada no solo, requer uma espécie de tripé com guincho, um pequeno pilão, ferramenta de escavação e tubos para revestimento. Desce-se pelo terreno um tubo de revestimento, cujo diâmetro determina o da

⁹ Disponível em: <<https://www.escolaengenharia.com.br/estaca-franki/>> Acesso em jan.2020.

estaca, processo semelhante aos de sondagem a percussão, ou por escavação através de uma sonda ou “piteira”. Alcançando-se a cota desejada, enche-se o tubo com cerca de 75 cm de concreto úmido, que se apiloa a medida que se vai retirando o tubo, ação repetida até o concreto atingir a cota um pouco acima da de arrasamento, garantindo boa qualidade do concreto. As estacas Strauss podem ser armadas com uma ferragem longitudinal e estribos que permitam livre passagem do soquete de compactação e garantam um cobrimento da armadura, não inferior a 3 cm (VELLOSO; LOPES, 2012).

Segundo Velloso e Lopes (2012), conforme menciona a norma ABNT NBR 6122 (2019) de Projeto e execução de fundações, prescreve para o concreto da estaca Strauss o mesmo da estaca broca. Segue na Figura 3.14 um modelo de Estaca Strauss e sua execução:

Figura 3.14 – Modelo e esquema da execução de Estaca Strauss



Fonte: Adaptado de VELLOSO; LOPES (2012, p. 206).

Tubulões a céu aberto – consistem na simples escavação, manual ou mecânica, em forma de poço, geralmente com diâmetros de 60 cm e, a depender da cota do projeto e/ou chegar a um fundo resistente do solo, pode-se atingir

profundidades superiores a de 10 m. Estes, por fim, será preenchido por concretagem (SALGADO, 2014). Segue ilustrando na Figura 3.15 execução de tubulão a céu aberto:

Figura 3.15 – Processo executivo de tubulão a céu aberto

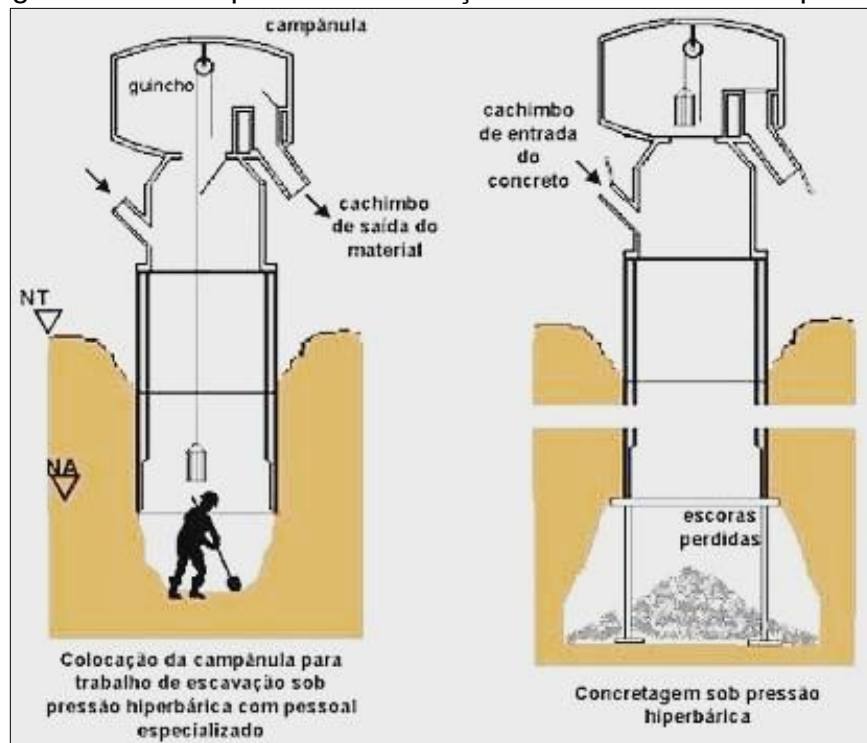


Fonte: DALDEGAN, Eduardo. Página Engenharia concreta¹⁰ (2020).

Tubulões a ar comprimido – consistem num sistema de injeção de ar, feito através de campânula durante a execução da escavação, observando a necessidade desta pela presença de água no solo. Esta técnica, devido sua insalubridade ao profissional executor, é regulamentada pela Norma Regulamentadora 15 – Das Atividades e Operações Insalubres (SALGADO, 2014). Em sequência ilustra-se na Figura 3.16 execução de tubulão a ar comprimido:

¹⁰ Disponível em: <<https://engenhariaconcreta.com/tubulao-a-ceu-aberto-processo-executivo/>> Acesso em jan. 2020.

Figura 3.16 – Esquema de execução de tubulão a ar comprimido



Fonte: Página da VWF Fundações¹¹ (2020).

3.2.3. Parâmetros considerados para escolha do tipo de fundação

Segundo Schnaid e Odebrecht (2012), a escolha do tipo de fundação é condicionada pelas características geológicas e geotécnicas do terreno onde o elemento deverá ser assentado, sendo essas características adquiridas por meio de ensaios de sondagem.

Ainda segundo os autores, sendo dado o reconhecimento da importância de caracterizar o subsolo e determinar suas características geológicas, geotécnicas e geomorfológicas, observa-se a necessidade de definir os padrões da investigação, dando contextualidade a aplicação de cada técnica e os parâmetros de projeto passíveis de obtenção.

Segundo Knappett e Craig (2016), os resultados obtidos de ensaios *in situ* numa investigação de subsolo devem fornecer informações que permitam a seleção do tipo mais adequado de fundação para determinada edificação, bem como indicar a existência de provável surgimento de problemas relacionados durante a construção.

¹¹ Disponível em: <<https://www.vwffundacoes.com.br/fundacoes-profundas-tubuloes>> Acesso em jan. 2020.

4. METODOLOGIA

A presente pesquisa possui uma abordagem de caráter qualitativo. Para Gil (2008), a análise qualitativa abrange estudos de campo, estudos de caso, pesquisa-ação ou pesquisa participante. Ao contrário das pesquisas experimentais e levantamentos em que os procedimentos analíticos podem ser definidos previamente, não há fórmulas ou receitas predefinidas para orientar os pesquisadores. Assim, a análise dos dados na pesquisa qualitativa passa a depender muito da capacidade e do estilo do pesquisador.

Logo, o foco da pesquisa é voltado para a construção da análise e embasamento das teorias encontradas em bibliografias e estudos anteriormente desenvolvidos por diversos autores sobre fundações e a mecânica dos solos. Segundo afirma Gil (2008), a pesquisa bibliográfica é desenvolvida a partir de material já elaborado constituído principalmente de livros e artigos científicos. A vantagem da pesquisa bibliográfica é de permitir ao investigador a cobertura de uma gama de fenômenos muito mais ampla do que aquela que poderia pesquisar diretamente. Esta vantagem se torna particularmente importante quando o problema de pesquisa requer dados muito dispersos pelo espaço.

Entre outras, a pesquisa também focou na consulta a artigos relacionados e a sites. Contudo, associando a análise de dados formulados de entrevistas com profissionais técnicos com conhecimento da área em estudo, com a finalidade de verificar a representatividade de ensaios de investigação do subsolo no projeto de fundações em Pau dos Ferros – RN.

Portanto, a área delimitada para o estudo, aplicações e coleta de dados deu-se destaque a região da cidade de Pau dos Ferros, no Estado do Rio Grande do Norte, município situado na Mesorregião do Alto Oeste Potiguar. Segundo censo feito pelo IBGE, em Pau dos Ferros é estimada uma população de 30.394 habitantes, décimo oitavo município mais populoso do Estado, uma densidade demográfica cerca de 106,73 hab/km². Em 2017 o PIB per capita da cidade girava em torno de R\$ 16.194,89. A cidade é considerada polo comercial para as pequenas cidades circunvizinhas, baseando seu comércio na produção agrícola, lavouras temporárias e permanentes, comércio e lojas de produtos em geral e feiras livres.

A Figura 4.1 ilustra o Estado do Rio Grande do Norte destacando a localização do Município de Pau dos Ferros.

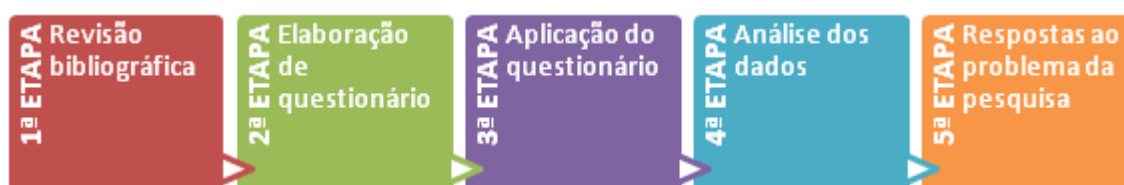
Figura 4.1 - Localização do Município de Pau dos Ferros - RN



Fonte: IBGE, Adaptado por SOUZA, 2012.

Para determinação do tamanho da amostra empregou-se análise por saturação, na qual definiu-se observando-se a sucessiva repetição de respostas semelhantes. Após esse procedimento, as respostas foram comparadas, para observar o surgimento de depoimentos fora dos padrões da saturação das respostas, para então servir como hipóteses para responder o problema de pesquisa, conforme ilustrado no diagrama da Figura 4.2.

Figura 4.2 – Diagrama de metodologia de pesquisa



Fonte: AUTOR, 2019.

Dessa forma, decorreram-se as entrevistas semiestruturadas junto a cinco responsáveis técnicos atuantes no município, realizadas no período entre os meses de novembro e dezembro do ano de 2019. Todas as entrevistas foram gravadas pelo autor desta pesquisa, nas quais os entrevistados expuseram suas opiniões acerca do assunto abordado. As entrevistas se deram nos escritórios e salas

comerciais dos engenheiros locais. De um modo geral, os profissionais argumentaram sobre suas obras de pequeno porte, os quais tiveram participação e conhecimento na região.

O objetivo da aplicação do questionário foi colher informações acerca dos tipos de fundação mais em uso na região, métodos de projeto e execução, realização de sondagens, bem como sobre a ocorrência de patologias como recalque diferencial, avaliando também a importância de ensaios de sondagem para a realização de projetos e planejamentos com base na opinião dos entrevistados. O questionário aplicado pode ser consultado no Apêndice I.

Chegada à constatação da saturação das respostas dadas pelos entrevistados indicou-se a satisfação na quantidade de amostras a serem colhidas.

Por fim, concluiu-se realizando um comparativo dos dados coletados, referentes ao município, com trabalhos científicos de outros autores que tratam da importância da aplicação dos ensaios de investigação do subsolo que antecedem os projetos da construção civil.

A partir disso, foi possível inferir que a localidade estudada por esta pesquisa segue um padrão de serviços que não atendem as recomendações técnicas, assim como outros lugares que possuem uma problemática similar.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conforme descrito na seção anterior, foi aplicado o questionário do Apêndice I aos profissionais de engenharia civil atuantes no município de Pau dos Ferros, obtendo assim os dados que serão aqui apresentados e discutidos, com base na bibliografia consultada para a elaboração do trabalho. Vale ressaltar que na pesquisa optou-se por denominar os entrevistados com pseudônimos, utilizando a numeração de entrevistado 01 ao entrevistado 05.

Inicialmente, em relação aos tipos de investigação do subsolo já utilizados nas obras, foi constatado que nenhum tipo de investigação no subsolo é feita pela maioria dos engenheiros civis na cidade de Pau dos Ferros. Porém, a amostragem conseguiu incluir apenas profissionais sem ou com pouca experiência em obras de grande porte. Vale destacar que não foi possível entrevistar os profissionais responsáveis por algumas obras de grande porte recentemente iniciadas na cidade, devido a indisponibilidade dos profissionais.

Três dos profissionais entrevistados afirmaram que não viam necessidade de realizar ensaios de investigação do subsolo devido ao pequeno porte das suas obras realizadas, o qual também é refletido na negação por parte dos clientes para incluir gastos com a investigação do solo, agravando o desinteresse na realização dos ensaios.

Contrariando a afirmação dos profissionais, a necessidade de executar os ensaios de investigação do solo é indispensável, pois para qualquer edificação deve ser feita uma campanha de investigação geotécnica preliminar, constituída no mínimo por sondagens a percussão (com SPT), visando a determinação da estratigrafia e classificação dos solos, a posição do nível d'água e a medida do índice de resistência à penetração NSPT, de acordo com a ABNT NBR 6484 (2001). Na classificação dos solos deve ser empregada a ABNT NBR 6502. (ABNT NBR 6122, 2019, p. 10, Projeto e execução de fundações).

Ideia reforçada por Salgado (2018), que descreve que a partir da posse dos projetos necessários, é importante verificar o terreno onde a obra será edificada, tentando observar todas as implicações e facilidades, como a existência de água superficial, rochas e pedras, acessos, árvores, matagal, animais, construções vizinhas, existência de rede de abastecimento de água e energia elétrica (e suas capacidades), etc.

O autor continua ao descrever que tais verificações se fazem necessárias para o perfeito planejamento da instalação de um canteiro de obras e contribuição com o sucesso do empreendimento.

O entrevistado 05 ainda afirmou que os engenheiros da cidade costumam agir de forma empírica, apenas escavando o solo até onde der firmamento. Reconhece também que a prática, profissionalmente falando, é incompleta, pois toda fundação deve ter ensaio no subsolo pra determinar qual tipo de construção. Confirmando dessa forma, quando o entrevistado 04 também afirmou que o máximo de verificação realizada é a escavação do solo e de forma empírica, que bate no solo com estaca ou observa a granulometria para definir a resistência suficiente ou não do solo.

Não só para a detecção da granulometria e definição da resistência, os métodos empíricos, como definem Velloso e Lopes (2011), são aqueles pelos quais se chega a uma previsão de recalque ou de tensão admissível com base na descrição do terreno. Normalmente representados sob a forma de tabelas de dimensões admissíveis.

Logo que, para outros tipos de ensaios *in situ* que poderiam ser indicados para a região, os entrevistados afirmaram que, ou desconhecem outros tipos ou não utilizam nenhum tipo. Em relação ao conhecimento ou experiência com investigação de subsolo, o SPT apresenta-se como mais reconhecido, porém não é utilizado.

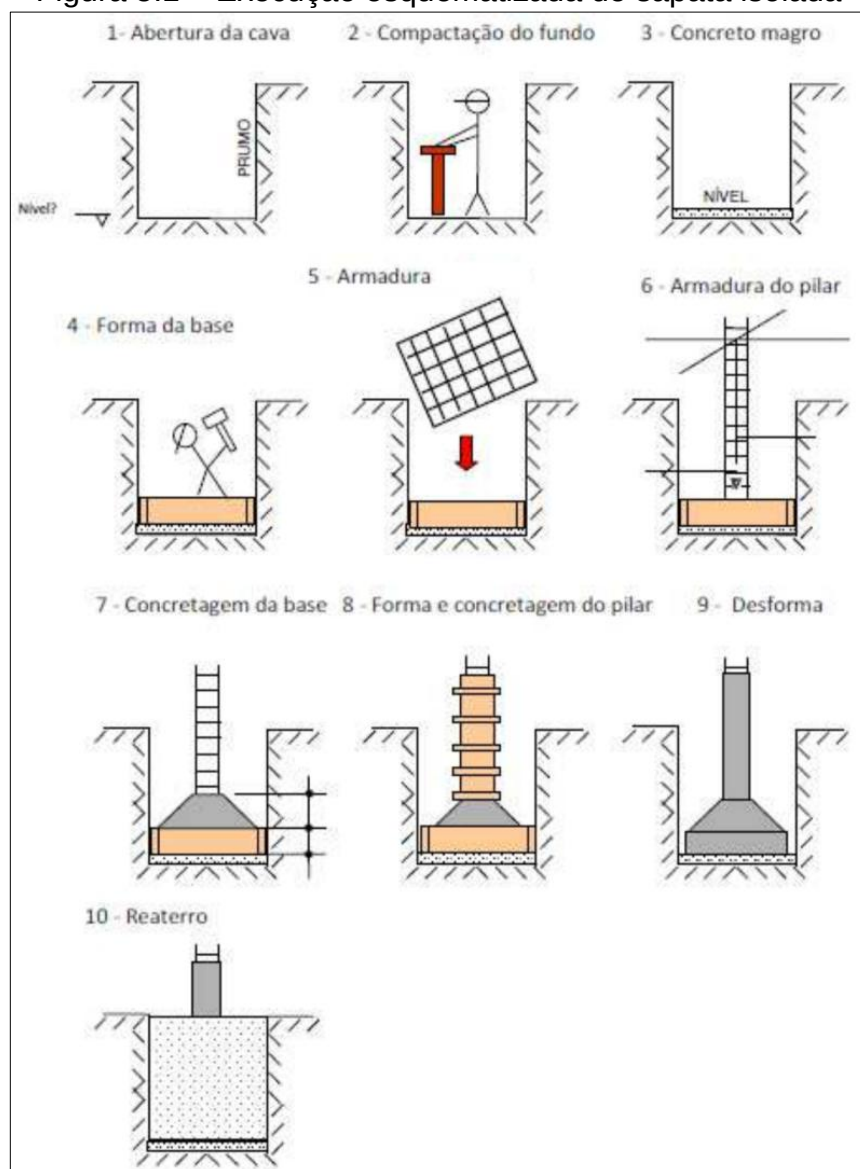
Na realidade, o *Standard Penetration Test* (SPT), como confirma Salgado (2018), certamente é considerado o mais popular e reconhecido ensaio de investigação de subsolo em quase todo o mundo. Também um dos mais rotineiros e de baixo custo de utilização, o qual permite indicar a densidade de solos granulares e consistência de solos coesivos.

Ao que se refere a quais procedimentos de campo foram adotados para a realização da investigação de subsolo, mencionada na questão 1 do questionário, todos afirmaram que não houve procedimento, justo por não executar nenhum ensaio de investigação de subsolo.

Em relação aos ensaios serem ou não realizados por empresa dos entrevistados, os próprios afirmaram que, visto que não há nenhuma empresa na cidade ou próximo que ofereça os serviços e equipamentos então, não possuem empresa prestadora local, conseqüentemente, não são feitas investigações de subsolo.

Depois, sobre os tipos de fundações que se utiliza na região, sobre quais as mais frequentes e o porquê da preferência, afirmaram a maioria dos entrevistados que utilizam em seus projetos, principalmente sapatas isoladas, que tem dimensionamento prático, e geralmente o solo da região apresenta seu leito rochoso a profundidades rasas (em média de 1,50 m de profundidade, com o mínimo de 0,35 m e no máximo de 2,00 m), então favorece a sapata isolada. A Figura 5.1 ilustra um modelo desse tipo de fundação rasa.

Figura 5.1 – Execução esquematizada de sapata isolada



Fonte: Página da BRAZIL Document¹²(2020).

¹² Disponível em: <<https://document.onl/documents/fundacoes-aula-sapataspdf.html>> Acesso em jan. 2020.

Como já comentado anteriormente, segundo Salgado (2011), as sapatas isoladas são elementos estruturais cujos esforços não devem se dar apenas pelo concreto, fazendo o uso, assim, de armaduras no suporte de forças de tração aplicadas. É comum assentar as sapatas isoladas sobre estacas de concreto ou apoiadas diretamente no solo, dependendo do carregamento e tipo de solo.

Sobre o dimensionamento das sapatas, a NBR 6122 (2019) de Projeto e execução de fundações, esclarece que o dimensionamento estrutural de sapatas de concreto deve atender à ABNT NBR 6118 (2004) de Projeto de estruturas de concreto - procedimentos.

A norma ainda comenta que o cálculo para as sapatas devem-se considerar diagramas de tensão na base representativos e compatíveis de acordo com as características do terreno em questão.

Ainda, como alternativa, ou a depender da topografia, utilizam também alvenarias com pedra marroada¹³ e concreto. A Figura 5.2 mostra a forma que se posiciona esse tipo de fundação.

Figura 5.2 – Alvenaria sobre pedra marroada



Fonte: Gerador de Preços. Moçambique¹⁴(2020).

¹³ Material com granulometria variável, contendo entre 10 a 40 cm de comprimento e peso médio de 10 kg por exemplar. Disponível em: <<https://www.rochamixbrumado.com/copia-pedra-bruta-1>> Acesso em jan. 2020.

¹⁴ Disponível em: <http://fym-italcementi-group.mocambique.geradordeprecos.info/obra_nova/Fundacoes/Superficiais/Sapatas_continuas/Sapata_continua_de_betao_ciclopico.html> Acesso em jan. 2020.

Porém, para o entrevistado 01 sua prática, em se deparando com firmamentos profundos, costuma utilizar sapata isolada e viga de baldrame, para as quais, no local das paredes faz-se uma escavação superficial, e assim segurar o aterro e servir de fundo para a viga de baldrame. E no caso do firmamento for raso, costuma utilizar apenas cinta de amarração e a alvenaria de pedra.

A viga de baldrame, segundo Salgado (2011), possui formato retangular, trapezoidal, quadrado. Assentada em alinhamento entre os pilares da estrutura e, normalmente, sobre estacas de concreto ou apenas apoiadas sobre o solo, dependendo das cargas aplicadas e tipo de solo. No entanto, em alguns casos, visto a necessidade de ser armada, ou apenas posicionando armadura inferior.

A Figura 5.3 representa um modelo de viga baldrame.

Figura 5.3 – Modelo de viga de baldrame



Fonte: Página Total Construção¹⁵(2020).

Os profissionais entrevistados destacam também, sobre a presença de “barro de loiça”¹⁶, muito recorrente, sobre o qual, os mesmos revelaram a importância de retirá-lo totalmente antes de construir sobre a área, pois consiste em um solo bastante argiloso. Portanto o “barro de loiça” se configura como mais um empecilho ao projeto de fundações na região de Pau dos Ferros.

¹⁵ Disponível em: <<https://www.totalconstrucao.com.br/viga-baldrame/>> Acesso em jan. 2020.

¹⁶ Argila que confere plasticidade à massa cerâmica, principal material do solo utilizado na produção da “loiça de barro” (BATISTA, Regiane Farias; et. al., apud. ALVES, 2004).

Sobre os parâmetros do solo considerados para escolher o tipo de fundação na obra, como a maioria os profissionais disseram possuir experiência apenas com fundações superficiais, no geral afirmaram, então que, consideram o tipo de obra a ser edificada, que são de pequeno porte. Então por esse motivo optam por fazer primeiramente uma escavação até encontrar o leito rochoso, verificam se no subsolo há a presença de água como também o teor presente de argila. A prática feita pelos profissionais se dá, como afirmaram também, por já conhecerem o solo da região.

Porém, contradiz Salgado (2018) quando afirma que, para a perfeita decisão sobre o tipo de fundação a ser utilizado, é imprescindível não só o conhecimento das cargas atuantes no solo, mas também o das características do solo que vai suportar tais esforços. Para tanto, sondagens são realizadas e têm por finalidade uma prospecção das camadas profundas do solo, para verificar seu tipo e suas características (reconhecimento geológico), e a verificação da presença de água.

Ademais, complementa Silva (1998) que, a qualidade e o comportamento de uma fundação, se devem pela melhor escolha conciliando os aspectos técnicos e econômicos de cada obra. Qualquer insucesso nessa escolha pode representar, além de outros inconvenientes, altos custos na recuperação ou o risco de colapso da estrutura ou do solo.

Sobre os demais fatores influentes serem balizadores na escolha do tipo de fundação, a maioria afirmou que a topografia e a finalidade da obra são fatores determinantes.

Sobre o terreno ser muito íngreme, o entrevistado 01 destacou a influência principalmente na questão do firmamento, que geralmente quando o terreno apresenta essa configuração, a parte mais baixa apresentará firmamento mais raso.

Já o entrevistado 05 destacou que pode-se usar a topografia em favor de optar por construir um subsolo na obra, ou aterrá-lo, porém o aterro de fundações custa mais caro. Afirmou também que procura saber do histórico de obras vizinhas, a fim de reunir informações sobre que tipo de problemas já tiveram.

Sobre se fatores como: econômico, disponibilidade tecnológica e de pessoal qualificado, determinam ou não na escolha do tipo de fundação e a razão da escolha, todos os entrevistados afirmaram que sim.

O fator econômico no que diz respeito ao gasto com matéria-prima e custo de serviço para a execução de determinada fundação. Como exemplificou o entrevistado "A":

“Se com alvenaria de pedra irei gastar mais com escavação, com pedra, etc. e perceber que é mais viável economicamente utilizar viga baldrame, apesar de gastar um pouco mais com concreto e ferro, vou optar pela viga baldrame, justo pela parte econômica ser mais atraente”.

Em relação ao fator da disponibilidade tecnológica no que diz respeito ao custo da execução do ensaio de investigação do subsolo, sobretudo por não haverem empresas do ramo próximas a região, o qual o deslocamento do equipamento até a cidade aumentaria ainda mais os custos.

No geral, o discurso dado pelos profissionais entrevistados sobre o desuso de ensaios de investigação do subsolo é em detrimento do inviável custo do serviço, uma vez sugerido por eles, porém, preterido principalmente pelos clientes; também, do pequeno porte de seus projetos que, por assim fizeram-se dispensar os ensaios técnicos de investigação do subsolo.

Para se ter uma melhor noção dos gastos com sondagens de solo, Schnaid e Odebrecht (2012) ressaltam que no Brasil, o custo envolvido de ensaios de investigação do subsolo varia entre 0,2 % e 0,5 % do custo total das obras convencionais. Sendo esses valores elevados em obras especiais ou condições adversas que o subsolo possa apresentar.

Já em relação ao fator disponibilidade de pessoal qualificado que, segundo relata o entrevistado 04, presenciou-se a falta de prática com a execução de sapata isolada:

“Pessoal qualificado também não tínhamos. A sapata isolada, que nós fazemos em vários projetos, quando fomos implantar no início, nenhum pedreiro sabia fazer. Tivemos que tirar fotos de outras obras para mostrá-los”.

Vale destacar a apreensão sobre a defasagem da mão-de-obra responsável pela execução das obras, sobretudo relatando a execução da fundação do tipo sapata, visto a praticidade de sua execução e a mais comum e recorrente na região da cidade de Pau dos Ferros.

Ainda o entrevistado 04 alertou sobre o surgimento de obras de grande porte na cidade e que, reconhece a obrigatoriedade da realização de ensaios de investigação do subsolo, no mínimo do tipo SPT.

Sobre os métodos utilizados para dimensionar as fundações de suas obras na região, houve a citação de alguns tipos de métodos e *modus operandi*¹⁷ para dimensionamento das fundações tais como a consulta as Normas Brasileiras Regulamentadoras sobre o tema.

Como já definido os tipos de fundações mais recorrentes na cidade, para o caso da sapata isolada, o entrevistado 05 afirmou que dimensiona a estrutura superior e observa as cargas aplicadas. De acordo com o peso da estrutura, fazendo cálculos das tensões para depois transferir para as medidas. E para o entrevistado 04, como alguns de seus clientes são mais familiarizados com fundação com pedras, escolhem esse tipo, porém, primeiramente afirma que verifica se o solo tem resistência para então autorizar a construção desse tipo de fundação.

Os demais entrevistados afirmam que procuram um engenheiro especialista em estrutura, para realizar seus projetos estruturais para dimensionar as fundações.

Sobre os resultados obtidos nas investigações do subsolo, quais dados são utilizados para o dimensionamento das fundações, como os entrevistados não realizam ensaios de investigação do subsolo, não se obtiveram de resultados, porém, reiteram afirmando que realizam apenas a escavação para verificar a profundidade e encontrar firmamento do leito rochoso e então dimensionar as fundações.

Sobre o surgimento de manifestações patológicas decorrentes de problemas possivelmente relacionados às fundações, os tipos e em quais obras, todos os entrevistados afirmaram que não registraram nenhuma manifestação de problemas relacionados à fundação em qualquer uma de suas obras, visto que todos justificam principalmente por seus projetos terem pouco tempo de execução (na faixa de três anos), assim, consideram como obras novas, não havendo tempo hábil para maiores manifestações patológicas como o recalque.

De forma a compreender, Velloso e Lopes (2011) citam sobre o recalque que se processa com o tempo, tendo este submetendo-se ao adensamento e a fenômenos viscosos, o qual também é conhecido como adensamento secundário.

¹⁷ Expressão em latim que significa “modo de operação”, na tradução literal para a língua portuguesa. Esta expressão determina a maneira que determinada pessoa utiliza para trabalhar ou agir, ou seja, as suas rotinas e os seus processos de realização. Fala do *modus operandi* de uma instituição, por exemplo, significa designar a maneira como esta realiza as suas funções. **SIGNIFICADOS.** Página [significados.com.br](https://www.significados.com.br). Disponível em: <<https://www.significados.com.br/modus-operandi/>> Acesso em jan. 2020.

Ainda os autores citam a possibilidade de calcular a previsão de recalques. Segundo eles, há três métodos de previsão desse tipo de manifestação patológica, os quais são:

- Os *métodos racionais*, obtido em laboratório ou *in situ*, os parâmetros de deformabilidade, combinados a modelos para previsão de recalques teoricamente exatos;
- Os *métodos semiempíricos*, obtido correlacionado com ensaios *in situ* de penetração (estática, CPT, ou dinâmica, SPT), os parâmetros de deformação, combinados a modelos para previsão de recalques teoricamente *exatos ou adaptações deles*;
- Os *métodos empíricos*, obtido através do uso de tabelas de valores típicos de tensões admissíveis para diferentes solos.

Alguns profissionais afirmaram que já houve surgimento de pequenas fissuras uniformes localizadas entre a emenda da alvenaria com vigas ou pilares, ou problemas com afloramento de salitre¹⁸.

Para finalizar, sobre as medidas tomadas para solucionar as patologias apresentadas na questão 11 do questionário, todos os entrevistados justificaram que por não terem registrado nenhum problema em relação às fundações de suas obras, observaram que não houve nenhuma medida a ser tomada, exceto por alguns confirmarem serem chamados apenas para problemas relacionados à umidade e afloramento do salitre.

Em concordância com isso, Salgado (2018) explana que, a umidade é comumente um problema apresentado em construções. Surgindo na parte inferior das paredes, próximo ao piso. Sua principal causa é conhecida pela falta de uma barreira de proteção contra a umidade que ascende do solo e atravessa a viga baldrame, atingindo as alvenarias e proporcionando aspecto de degradação dos revestimentos e da pintura.

¹⁸ Termo que designa um dos sais muito prejudiciais às alvenarias e revestimentos, quando se infiltra através de águas de infiltração. O aparecimento de eflorescências de salitre nas paredes é provocado pela cristalização à superfície de sais solúveis que são transportados pela umidade ascensional ou pela umidade de construção quando esta se desloca para o exterior das paredes. Este problema causa frequentemente a completa degradação dos suportes e dos revestimentos que neles tenham sido aplicados. Disponível em: <<https://www.engenhariacivil.com/dicionario/salitre>> Acesso em jan. 2020.

Nesse caso, os responsáveis técnicos dessas obras, antecipadamente aplicam uma impermeabilização, a fim de proteger a alvenaria, como mostra na Figura 5.4.

Figura 5.4 - Fundação com impermeabilização



Fonte: Página Ao Quadrado Arquitetura¹⁹(2020).

De acordo com a ABNT NBR 9575 (2010) de Impermeabilização - Seleção e projeto, os tipos de impermeabilização são classificados segundo o material constituinte principal da camada impermeável, classificados em: cimentícios, asfálticos e poliméricos.

A norma ainda descreve que o tipo de impermeabilização a ser empregada na obra deve ser determinado segundo a solicitação imposta pelo fluido nas partes construtivas que requeiram estanqueidade, sendo impostas: pela água de percolação, pela água de condensação, pela umidade do solo e pelo fluido sob pressão unilateral ou bilateral.

¹⁹ Disponível em: <<http://aocuadradoarquitetura.blogspot.com/2012/11/impermeabilizacao-de-fundacao.html>> Acesso em jan. 2020.

6. CONCLUSÕES

Os ensaios de investigação do subsolo garantem, ao profissional geotécnico e posteriormente ao projetista postulante à construção de uma edificação civil, a mitigação de impactos a estrutura e de riscos futuros em relação ao solo que possam acometer a edificação e atacar o rendimento no suporte e distribuição de suas próprias cargas e de esforços.

No entanto há, por parte desses profissionais, a insistência em não incluir qualquer tipo de ensaio de investigação no subsolo, antecédidos aos seus projetos subestruturais. Sobretudo os profissionais da cidade de Pau dos Ferros que, ainda que os mesmos tenham ciência profissional que o mau dimensionamento ou a falta de projeto, principalmente devido ao baixo investimento na subestrutura de uma edificação, pode acarretar em patologias que diminuem severamente a vida útil de um empreendimento.

O grande empecilho na aplicação dos ensaios *in situ*, tanto para parte dos engenheiros civis da cidade quanto para os próprios clientes, é considerar ser de alto custo à realização desses ensaios de investigação do subsolo, o que ainda é agravado pela ausência de empresas que detenham os serviços e equipamentos para tais finalidades.

O que dificulta ainda mais a aplicação dessa atividade se deve pela maioria dos empreendimentos solicitados sejam de pequeno porte, implicando, assim, pelo entendimento dos profissionais, ser desnecessário algo que seja além da escavação e da sua própria experiência empírica sobre o solo da região.

O solo da cidade de Pau dos Ferros, aparentemente, alegado pelos profissionais, apresenta leitos rochosos a pequenas profundidades, sugerindo assim, o favorecimento da aplicação de fundações superficiais, sobretudo a sapata isolada, representando maior preferência de tipo de modelo de fundação mais utilizado pelos projetistas.

O fato das obras edificadas, por todos os profissionais utilizados na amostragem deste trabalho, serem consideradas muito recentes e diante desta, servindo como justificativa para o não surgimento de patologias relacionadas a possíveis problemas de recalques diferenciais, não garantirá que este não ocorra, sobretudo porque como todos confirmaram, não são realizados os ensaios de investigação de subsolo, este que é garantido em normas e obras literárias sobre o tema.

Dessa forma o objetivo geral do presente trabalho é atingido a partir de quando constata-se, portanto, que fatores como o econômico e tecnológico influenciam fortemente na forma de investigar o subsolo, como também servem de instrumentos balizadores na forma de como os profissionais encaminham a definição da forma empírica de analisar o solo para determinar o tipo de fundação a ser implantada.

Ademais os objetivos específicos desta pesquisa são satisfeitas, uma vez que identificou-se que nenhuma investigação é feita além da escavação do solo até atingir firmamento. Que há consulta as normas regulamentadoras para embasar o dimensionamento das fundações, além de direcionar o dimensionamento a especialista em estruturas. Que não verificou-se a ocorrência de patologias decorrentes de problemas nas fundações em qualquer edificação, as quais os profissionais entrevistados estivera envolvidos. E que, conforme verificado na NBR 6122 (2019) e nas obras literárias, as investigações do subsolo praticadas não atendem os critérios mínimos estabelecidos.

Diante de tudo, o presente trabalho pode servir como instrumento alertador e balizador para pesquisas futuras, principalmente para àquelas situadas em municípios com características similares a Pau dos Ferros, isto é, pequeno a médio porte com predominância de pequenas edificações, de forma que disporá de maior rapidez em análises posteriores desses outros solos, respaldada pela análise das informações e dados colhidos e tabulados sobre o solo estudado feita através deste trabalho, o qual exalta a importância da realização dos ensaios de investigação do subsolo para todo projeto de base de qualquer edificação civil.

Reiterando que para obras de grande porte, que estão sendo recentemente edificadas na cidade de estudo, não houve possibilidade de aplicação do questionário aos profissionais responsáveis pelas mesmas. Outra ressalva é sobre à legitimidade das respostas dadas pelos entrevistados, pois há a possibilidade dos mesmos refletirem baixa disposição em responder o questionário, seja por mero desinteresse, ou pelo receio de serem sinceros às perguntas, visto que poderiam considerá-las muito expositivas.

Por fim, recomenda-se a continuidade desta pesquisa, aumentando o volume da amostragem, consultando com mais variedade em relação à experiência no mercado entre os profissionais, a fim de determinar fielmente se de fato constata-se

que não há campanhas de investigação do subsolo, condizente com a realidade geral da cidade de Pau dos Ferros em outras obras.

REFERÊNCIAS

AO CUADRADO – ARQUITETURA E URBANISMO. **Fundação impermeabilizada**. Disponível em:

<<http://aocuadradoarquitetura.blogspot.com/2012/11/impermeabilizacao-de-fundacao.html>> Acesso em 26 de jan. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122**: Projeto e execução de fundações. 3 ed. Rio de Janeiro, 2019. 108 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6484**: Solo - Sondagens de simples reconhecimentos com SPT - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2001. 17 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9575**: Impermeabilização - Seleção e projeto. Rio de Janeiro, 2010. 14 p.

BRAZIL Document. **Execução de sapata isolada**. Disponível em: <<https://document.onl/documents/fundacoes-aula-sapataspdf.html>> Acesso em 25 de jan. 2020.

BUDHU. **Ensaio de Palheta**. 2017, p.140. Disponível em: <http://dedmd.com.br/validacao/2019_1/FUNDA%C3%87%C3%95ES/Unidade%201/s2/> Acesso em 23 de nov. 2019.

BUDHU. **Ensaio dilatométrico**. 2017, p.143. Disponível em: <http://dedmd.com.br/validacao/2019_1/FUNDA%C3%87%C3%95ES/Unidade%201/s2/> Acesso em 02 de dez. 2019.

CRIVELARO, Marcos; PINHEIRO, Antonio Carlos da Fonseca Bragança. **Tecnologia de Obras e Infraestrutura**. 1 ed. São Paulo: Érica, 2014.

DALDEGAN, E. **Estacas de madeira**. Disponível em: <<https://engenhariaconcreta.com/estacas-de-madeira/>> Acesso em 18 de nov. 2019.

DALDEGAN, E. **Estacas pré-moldadas de concreto**. Disponível em: <<https://engenhariaconcreta.com/estacas-pre-moldadas-de-concreto-principais-caracteristicas-e-dicas/>> Acesso em 29 de out. 2019.

DALDEGAN, E. **Execução de tubulão a céu aberto**. Disponível em: <<https://engenhariaconcreta.com/tubulao-a-ceu-aberto-processo-executivo/>> Acesso em 29 de out. 2019.

DAS, Braja M. **Fundamentos de Engenharia Geotécnica**. 7 ed. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

DERRITE, Rafael. Adaptado de SCHNAID. **Detalhe de ponteira de piezocone**. 2009. Disponível em: <https://www.researchgate.net/figure/Figura-3-Representacao-esquematica-de-uma-ponteira-de-piezocone-adaptado-de-SCHNAID_fig1_325902485> Acesso em 27 de nov. 2019.

GEOSEA, Investigações geotécnicas. **Posicionamento de eletrodos RCPT**. Disponível em: <<https://geosea.com.br/eletorresistividade>> Acesso em 01 de dez. 2019.

GERADOR DE PREÇOS. Moçambique. **Alvenaria sobre pedra marroada**. Disponível em: < http://fym-italcementi-group.mocambique.geradordeprecos.info/obra_nova/Fundacoes/Superficiais/Sapatas_continuas/Sapata_continua_de_betao_ciclopico.html> Acesso em 25 de jan. 2020.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6 ed. São Paulo: Atlas. 2008.

HACHICH, Waldemar. et. al. **FUNDAÇÕES: Teoria e prática**. 2 ed. São Paulo: Pini, 1998.

IBGE, **Localização do Município de Pau dos Ferros – RN**. Adaptado por SOUZA, 2012.

KNAPPETT, J.A.; CRAIG, R.F. **Mecânica dos Solos**. 8 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

KNAPPETT, J.A.; CRAIG, R.F. **Pressiômetro de Menard**. Adaptado de **Mecânica dos Solos**. 8 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

M2 Sondagem. **Golpes em ensaio de SPT**. Disponível em: < <https://m2sondagem.com.br/sondagem-a-percussao>> Acesso em 02 de dez. 2019.

MASSAD, Façal. **OBRAS DE TERRA: Curso básico de Geotecnia**. 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

MEIA COLHER. **Execução de estaca tipo broca**. Disponível em: <<https://www.meiacolher.com/2015/08/tipos-de-estacas-para-fundacao-aprenda.html>> Acesso em 18 de nov. 2019.

ORTIGÃO, J.A.R. **Introdução à Mecânica dos Solos dos Estados Críticos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Terratek, 2007.

PEREIRA, Caio. **Execução de estaca Franki**. Disponível em: <<https://www.escolaengenharia.com.br/estaca-franki/>> Acesso em: 18 de nov. 2019.

SALGADO, Julio Cesar Pereira. **Técnicas e Práticas Construtivas para Edificação**. 3 ed. rev. São Paulo: Érica, 2014.

SALGADO, Julio Cesar Pereira. **Técnicas e Práticas Construtivas para Edificação**. 4 ed. São Paulo: Érica, 2018.

SCHNAID, Fernando; ODEBRECHT, Edgar. **Ensaio de Campo e Suas Aplicações à Engenharia de Fundações**. 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

SERKI Fundações Especiais. **Execução de estaca metálica**. Disponível em: <<http://serki.com.br/servicos/estavas-cravadas/#conteudo>> Acesso em 29 de out. 2019.

SILVA, Edja Laurindo da. **Análise dos modelos estruturais para determinação dos esforços resistentes em sapatas isoladas**. 1998. 125 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Estruturas, Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.

TOTAL CONSTRUÇÃO. **Modelo de viga baldrame**. Disponível em:
<<https://www.totalconstrucao.com.br/viga-baldrame/>> Acesso em 25 de jan. 2020.

VELLOSO, Dirceu de Alencar; LOPES, Francisco de Rezende. **FUNDAÇÕES: Critérios de Projeto, Investigação do Subsolo, Fundações Superficiais, Fundações Profundas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

VELLOSO, Dirceu de Alencar; LOPES, Francisco de Rezende. **Fundações superficial e profunda**. Adaptado de **FUNDAÇÕES: Critérios de Projeto, Investigação do Subsolo, Fundações Superficiais, Fundações Profundas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

VELLOSO, Dirceu de Alencar; LOPES, Francisco de Rezende. **Execução de estaca strauss**. Adaptado de **FUNDAÇÕES: Critérios de Projeto, Investigação do Subsolo, Fundações Superficiais, Fundações Profundas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

VELLOSO, Dirceu de Alencar; LOPES, Francisco de Rezende. **Tipos de Fundação superficial**. Adaptado de **FUNDAÇÕES: Critérios de Projeto, Investigação do Subsolo, Fundações Superficiais, Fundações Profundas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

VELLOSO, Dirceu de Alencar; LOPES, Francisco de Rezende. **FUNDAÇÕES, volume 1: Critérios de Projeto, Investigação do Subsolo, Fundações Superficiais, Fundações Profundas**. 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

VWF Fundações. **Execução de tubulão a ar comprimido**. Disponível em:
<<https://www.vwffundacoes.com.br/fundacoes-profundas-tubuloes>> Acesso em jan. 2020.

APÊNDICE I



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ARIDO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS
BACHARELADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA**

QUESTIONÁRIO BASE PARA TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**TEMA: INVESTIGAÇÃO DO SUBSOLO E O PROJETO DE FUNDAÇÕES: UM
ESTUDO ACERCA DE PAU DOS FERROS - RN**

ORIENTANDO: PHILIPPE PIERRE DE SOUSA LOPES

ORIENTADOR: JOSÉ HENRIQUE MACIEL DE QUEIROZ

ENGENHEIRO CIVIL ENTREVISTADO:

1. Qual(is) tipo(s) de investigação do subsolo você já utilizou em suas obras?
 - () Ensaio de Palheta – “Vane Test”;
 - () Ensaio de Penetração de Cone Estático – CPT;
 - () Ensaio de Penetração de Cone com Medida de Poropressão – CPTU;
 - () Ensaio de Eletroresistividade;
 - () Ensaio a percussão ou Standard Penetration Test – SPT;
 - () Nenhum
 - () Outro (especificar)
2. Qual(ais) outro(s) ensaio(s) *in situ* seria(m) também indicado(s), além dos que já realiza, para investigação do solo da região?
3. Quais foram os procedimentos de campo adotados para a realização das investigações mencionadas na questão 1? Se o ensaio foi do tipo SPT, descreva a quantidade de sondagens feitas (em relação à área da obra), além de indicar as normas utilizadas em cada etapa.
4. Os ensaios foram/são realizados por sua empresa?

Se não: Qual? É especializada no ramo? Quanto tempo no mercado? De que local?

Se sim: É especializada no ramo? Possui equipe específica para os ensaios?

5. Em relação aos seus projetos executados na região de Pau dos Ferros, quais os tipos de fundação utilizados? Qual(is) o(s) mais frequente(s)? Por que é(são) mais utilizado(s)?
6. Quais parâmetros do solo você considera para escolher o tipo de fundação de suas obras? Ex.: escolha entre fundações rasas ou profundas e suas variações.
7. E em relação aos demais fatores influentes, como topografia, características da obra a executar e das edificações vizinhas, quais os balizadores na escolha?
8. Para a escolha do tipo de fundação de obras em Pau dos Ferros, você considera que o fator econômico e a disponibilidade tecnológica e de pessoal qualificado é um fator determinante? Por que?
9. Quais métodos você utiliza para dimensionar as fundações de suas obras localizadas em Pau dos Ferros?
10. Dos resultados obtidos nas investigações do subsolo realizadas, quais dados são utilizados nos seus dimensionamentos de fundações?
11. Em alguma obra executada por você, já surgiram manifestações patológicas decorrentes de problemas possivelmente relacionados às fundações? Que tipo(s) de manifestação(ões)? Qual(is) obra(s)?
12. Quais medidas foram tomadas para solucionar as patologias apresentadas na questão anterior? Descrever cada solução.