

CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIFACVEST

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

YAN SANTOS FLORIANI

**CAUSAS, EFEITOS E A IMPORTÂNCIA DA INVESTIGAÇÃO DO
SOLO EM PROJETOS DE FUNDAÇÕES**

LAGES

2020

YAN SANTOS FLORIANI

**CAUSAS, EFEITOS E A IMPORTÂNCIA DA INVESTIGAÇÃO DO
SOLO EM PROJETOS DE FUNDAÇÕES**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Universitário UNIFACVEST como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Prof. ME Aldori Batista dos Anjos

LAGES

2020

YAN SANTOS FLORIANI

**CAUSAS, EFEITOS E A IMPORTÂNCIA DA INVESTIGAÇÃO DO
SOLO EM PROJETOS DE FUNDAÇÕES**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Universitário UNIFACVEST como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Prof. Orientador: Aldori Batista dos Anjos

Data de apresentação: ____/____/____

Componentes da Banca Examinadora:

Prof. da Unifacvest _____

Prof. da Unifacvest _____

Prof. da Unifacvest _____

Coordenador do Curso de Engenharia Civil da Unifacvest _____

Lages – SC , ____/____/____

RESUMO

A construção civil tem a cada dia buscado novas tecnologias e meios sofisticados de aprimoramento nos projetos. Atualmente podemos contar com vários programas que nos auxiliam de forma rápida e eficaz para que o projeto como um todo seja elaborado de forma segura e sem gastos adicionais não previstos. As fundações, por serem de implantação no subsolo e de suma importância para a estrutura por receber todas as cargas vindas dela, devem ser projetadas e executadas em locais que o maciço do solo não forneça qualquer tipo de risco que possa prejudicar a edificação. Por se tratar de uma variável, o solo se apresenta com diferentes características que variam de acordo com a região e isso faz com que possua uma infinidade de tipos, cores, texturas, que necessitam de uma melhor compreensão para a tomada de decisões cabíveis em relação as fundações executadas no mesmo, pois é de fundamental importância garantir a segurança para que não ocorra a ruptura ou colapso da estrutura e da mesma forma que não ocorram danos da que impeçam sua utilização ou causem desconforto aos usuários. Para facilitar o trabalho dos engenheiros, podemos contar com ensaios de campo que facilitam a identificação do solo em determinado local, fornecendo dados suficientes para que um bom projeto de fundação seja implementado de acordo com as características do terreno.

Palavras chave: Patologias. Fundações. Ensaio de Campo

ABSTRACT

The construction industry has been looking for new technologies and sophisticated means of improvement in projects every day. Currently we can count on several programs that help us quickly and effectively so that the project as a whole can be developed safely and without additional unforeseen expenses. The foundations, being of implantation in the subsoil and of paramount importance for the structure to receive all the loads coming from it, must be designed and executed in places where the ground mass does not provide any type of risk that could harm the building. Because it is a variable, the soil has different characteristics that vary according to the region and this means that it has an infinity of types, colors, textures, which need a better understanding to make appropriate decisions regarding the foundations executed in it, as it is of fundamental importance to ensure safety so that the structure does not rupture or collapse and in the same way that damage does not occur that prevents its use or causes discomfort to users. To facilitate the work of the engineers, we can count on field tests that facilitate the identification of the soil in a given location, providing sufficient data for a good foundation project to be implemented according to the characteristics of the terrain.

Keywords: Pathologies. Foundations. Field Tests

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Número insuficiente de sondagens - área não investigada com subsolo distinto	16
Figura 2: Número insuficiente de Sondagem - áreas extensas e de subsolo variado	16
Figura 3: Raízes modificam o teor de umidade do solo, podendo causar recalques e patologias na edificação	17
Figura 4: Fenômeno de subsidência em áreas de mineração	20
Figura 5: Visão esquemática de um projeto onde as fundações se apoiam em matacões devido a interpretação errônea dos laudos de sondagem.....	21
Figura 6: Equipamento para realização de Sondagem SPT.....	25
Figura 7: Equipamento para realização do Ensaio de Cone	26
Figura 8: Equipamento utilizado para ensaio de Palheta.....	28
Figura 9: Pressiômetro de Ménard.....	29
Figura 10: Equipamento utilizado para Ensaio Dilatométrico	30
Figura 11: Local da realização do primeiro laudo de sondagem.....	31
Figura 12: Locação dos três furos de sondagem no terreno	32
Figura 13: Amostra de argila encontrada no furo SP01	33
Figura 14: Amostra do material impenetrável.....	33
Figura 15: Local da realização da segunda sondagem	34
Figura 16: Locação do Furo de Sondagem no terreno.....	34
Figura 17: Amostras de solo obtidas	35
Figura 18: Local da realização da terceira Sondagem.....	35
Figura 19: Locação do furo de Sondagem no terreno	36

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	9
1.1. Justificativa.....	10
1.2. Problema de Pesquisa	10
1.3. Objetivos.....	10
1.3.1. Objetivo Geral.....	10
1.3.2. Objetivos Específicos	10
1.4. Metodologia.....	11
1.4.1. Delineamento de Pesquisa	11
1.4.2. Escolha do Local.....	11
1.4.4. Procedimento de Análise de Dados	11
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
2.1. Projeto Geotécnico	12
2.2. Patologias	14
2.2.1. Investigação do Subsolo	14
2.2.2. Investigação Insuficiente	15
2.2.3. Interpretação Inadequada dos Dados	16
2.2.4. Expansibilidade.....	18
2.2.5. Zonas de Mineração.....	19
2.2.6. Ocorrência de Matacões.....	20
2.2.7. Recalques	22
2.3. Métodos de Sondagem	23
2.3.1. Sondagem SPT.....	24
2.3.2. Ensaio de Cone (CPT) e Piezocone (CPTU)	25
2.3.3. Ensaio de Palheta	27
2.3.4. Ensaio Pressiométrico.....	28
2.3.5. Ensaio Dilatométrico	30

3. ESTUDO DE CASO	31
3.1. Resultados Obtidos.....	36
4. CONCLUSÃO	37
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38
6. ANEXOS.....	40
ANEXO 1 – SP-01 – CONTA DINHEIRO	40
ANEXO 2 – SP-02 – CONTA DINHEIRO	41
ANEXO 3 – SP-03 – CONTA DINHEIRO	42
ANEXO 4 – SONDAAGEM VILA MARIZA	43
ANEXO 5 – SONDAAGEM CORAL.....	44

1. INTRODUÇÃO

Toda e qualquer obra da Engenharia Civil possui uma componente geotécnica, na qual é inteiramente ligado a estrutura de forma que esta esteja estabilizada e suas cargas sejam transmitidas com segurança ao solo. Esse componente geotécnico chamamos de fundação, que possui diversas resoluções para determinado porte da obra ou tipo de solo. Embora possa existir um determinado risco ao projetar e executar as fundações, devido a incerteza que se oculta no subsolo, o projetista deve sempre buscar reduzir este ao mínimo possível, pois havendo falhas decorrentes do risco corrido e de argumentos baseados apenas em hipóteses, estará pondo a prova todo um orçamento.

Um planejamento geotécnico bem elaborado auxilia os engenheiros na tomada de decisões de forma mais segura, pois cada projeto demanda de uma determinada área, de materiais diferentes, métodos diferentes de execução e construção e assim como a estrutura, o local da implementação da obra também apresenta diferentes formatos, tipos de solo, presença ou não de rochas, a variação do nível de lençol freático, etc.

A utilização dos ensaios de campo disponibilizados atualmente é de grande valia para os projetos de fundações, pois fornecem os dados necessários para que os projetistas avaliem o que fica mais viável para o empreendimento. Estes ensaios seriam o primeiro passo para averiguar se determinado local suporta a estrutura que será executada ali e se o mesmo possui resistência suficiente para suportar a infraestrutura.

Realizar um projeto de fundação sem o devido conhecimento sobre o solo pode gerar diversos problemas na edificação e por isso o cliente deve ser alertado e estar ciente da importância da investigação do solo para a obra.

1.1. Justificativa

Normalmente, os maiores problemas relacionados as fundações estão ligadas a ausência ou a má investigação geotécnica. O conhecimento sobre o comportamento do solo e suas características são essenciais para adotar qualquer tipo de solução para a infraestrutura.

Obras de pequeno e até médio porte muitas vezes são construídas sem uma investigação prévia do local, normalmente não realizada por motivos econômicos, o que é um grande erro, visto que futuramente a edificação poderá causar problemas que custarão valores muito além do que o previsto se houvesse um conhecimento adequado.

O solo é o principal ponto a impactar na escolha do tipo de fundação a ser utilizada, pois fará a sustentação de toda a obra e quando não oferecem uma rigidez adequada, as fundações apoiadas sobre ele sem conhecimento geotécnico, pode levar a estrutura sofrer problemas graves de patologias e até mesmo seu colapso.

A partir das sondagens, é possível obtermos variadas informações referentes ao terreno, como o perfil de solo a cada metro e a sua resistência as tensões. As investigações geotécnicas antecedem o projeto e todo o plano da obra, com o planejamento adequado se torna mais eficaz e seguro construir.

1.2. Problema de Pesquisa

Qual a importância da realização de um ensaio de campo para o projeto de fundação?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo Geral

O presente Trabalho de Conclusão de Curso tem por objetivo analisar três laudos de sondagens que foram realizados na cidade de Lages – SC, através de ensaio de campo baseado no método SPT.

1.3.2. Objetivos Específicos

- a) Verificar a importância da investigação geotécnica para o projeto de fundações.
- b) Verificar algumas patologias que podem ocorrer com ensaios de campo.
- c) Analisar os laudos de sondagens realizadas e apontar as características do solo.

1.4. Metodologia

1.4.1. Delineamento de Pesquisa

A metodologia empregada para a realização deste trabalho foi através de revisão bibliográfica, mencionando sobre o projeto geotécnico, algumas patologias que podem ocorrer na falta da investigação do subsolo e os ensaios de campo mais conhecidos. Também foram utilizados laudos de sondagens que foram realizados, como forma de pesquisa qualitativa, que são muito importantes para a realização do projeto de fundação.

1.4.2. Escolha do Local

Os três laudos de sondagens apresentados em anexo foram realizados no município de Lages – SC, nos respectivos bairros Conta Dinheiro, Vila Mariza e Coral.

1.4.3. Coleta de Dados

Os laudos de sondagens anexados foram realizados pela empresa Solum, responsável pela execução das sondagens e relatórios e fornecidos pela Esparta Engenharia, responsável pela elaboração dos projetos.

1.4.4. Procedimento de Análise de Dados

Recebidos os laudos de sondagens dos três locais, foi verificado o perfil estratigráfico do solo para averiguações do tipo de solo predominante, presença do lençol de água e sua resistência.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Projeto Geotécnico

Os projetos geotécnicos são pré requisitos para obtenção de projetos seguros e econômicos. O custo gerado para realização de sondagens para reconhecimento do solo no Brasil gira em torno de 0,2% e 0,5% do valor total de uma obra convencional (não considerando nesse caso obras especiais e locais que possuem condições adversas de subsolo). (ODEBRECHT, SCHNAID, 2012)

Internacionalmente, a experiência faz referência frequente ao fato de que o conhecimento na área geotécnica e o controle na execução são de extrema importância para satisfazer requisitos fundamentais de um projeto, do que a precisão dos modelos de cálculo e os coeficientes de segurança adotados. (ODEBRECHT, SCHNAID, 2012)

Segundo a US Army Corps of Engineers (2001), uma Investigação geotécnica insuficiente e interpretação inadequada de resultados contribuem para erros de projeto, atrasos no cronograma executivo, custos associados a alterações construtivas, necessidade de jazidas adicionais para materiais de empréstimo, impactos ambientais, gastos em remediação pós-construtiva, além de risco de colapso da estrutura e litígio subsequente.

Um dos maiores riscos que pode se ocorrer no campo da engenharia de construções, segundo CAPUTO (1988), É “é iniciar uma obra sem um conhecimento tão perfeito quanto possível do terreno (rocha ou solo) de fundação.”

Planejar a investigação geotécnica deve ser uma tarefa a ser realizada por um engenheiro geotécnico experiente, visto que possa verificar os parâmetros em relação aos custos e características da obra com base na complexidade geológica e geotécnica do local de implantação da obra. Em relação a complexidade, são levados em conta fatores como tamanho, cargas, topografia, escavações, rebaixamento do lençol freático, obras vizinhas, etc. Já nos parâmetros geológicos e geotécnicos, são considerados fatores ligados a geomorfologia, hidrogeologia, sismicidade, presença de solos moles, solos colapsíveis e expansivos, etc. (ODEBRECHT, SCHNAID, 2012)

Seja qual for a forma de abordagem escolhido, os projetos geotécnicos são executados com base em ensaios de campo, cujos resultados são obtidos através da estratigrafia do solo de forma satisfatória, permitindo assim uma melhor visualização das propriedades de solo envolvidas em determinado local. (ODEBRECHT, SCHNAID, 2012)

Por muitos anos, o termo que atualmente chamamos de engenharia geotécnica foi baseado em experimentos sem caráter científico verdadeiro e através destes experimentos foram

realizadas as construções de diversas estruturas, das quais algumas ruíram e outras permanecem firmes até os dias atuais. (DAS, 2007)

Em registros de história, pode-se verificar que em diversas civilizações antigas as construções não possuíam medidas para que fossem estabilizadas as fundações. A civilização da Grécia antiga utilizou sapatas isoladas e corridas para a construção de seus edifícios. Por volta de 2750 a.C. as cinco pirâmides do Egito foram construídas em menos de um século, o que levou a formidáveis desafios relacionados as fundações e a estabilidade de encostas e a construção de câmaras subterrâneas. (DAS, 2007)

O mais famoso dos exemplos relacionados a capacidade do solo na construção de estruturas, é a Torre de Pisa, na Itália, construída antes do século XVIII, a torre foi construída em diversas etapas por mais de 200 anos, possuindo uma estrutura com um peso aproximado de 15.700 toneladas métricas e tendo sua base em círculo com diâmetro de 20m. A torre sofreu inclinações para o leste, norte, oeste e parou na inclinação ao sul, sendo que tal ocorrência deve-se a presença de argila numa profundidade de 11 metros, tornando a estrutura fora do prumo por mais de 5 metros. (DAS, 2007)

Depois de serem encontrados muitos problemas relacionados as fundações em diversas fundações nos séculos passados, os cientistas decidiram tratar de forma mais metódica o comportamento dos solos e suas propriedades, a partir do início do século XVIII. (DAS, 2007)

As componentes geotécnicas estão presentes em qualquer obra de engenharia civil, como no caso dos edifícios, as fundações são componentes obrigatórios, seja de forma superficial quando o subsolo possui uma resistência adequada para resistir aos esforços da estrutura ou profundas, caso necessitem de maior profundidade para encontrar a resistência adequada. (RIJO, 2016)

A análise dos resultados com vistas a um projeto geotécnico pode ser realizada segundo duas abordagens distintas: através de métodos diretos, que podem ser de natureza empírica ou semiempírica, com fundamentação estatística da qual as medidas de ensaio são correlacionadas diretamente ao desempenho de obras geotécnicas e métodos indiretos onde os resultados de ensaios são aplicados a previsão das propriedades constitutivas de solo, sendo possível a adoção de conceitos de mecânica dos solos como abordagem de projeto. (ODEBRECHT, SCHNAID, 2012)

O mais usual e conhecido exemplo brasileiro de método direto de previsão é o ensaio SPT, sendo este aplicado tanto para a estimativa de capacidade de carga de fundações quanto para a estimativa de recalques. Já nos métodos indiretos temos como exemplo os ensaios de

palheta e ensaios pressiométricos, onde são assumidas algumas simplificações passíveis de interpretação analítica. (ODEBRECHT, SCHNAID, 2012)

A escolha de qualquer uma das abordagens, seja ela direta ou indireta, varia de acordo com a técnica utilizada, do tipo de solo que está sendo investigado, das normas e dos códigos específicos e das práticas utilizadas em cada região. Cabe ao engenheiro definir qual o procedimento de análise mais apropriado, sendo sempre sugerido o uso de métodos consagrados, que são os métodos de consenso de especialistas brasileiros e internacionais. (ODEBRECHT, SCHNAID, 2012)

Por possuir uma diversidade de equipamentos e procedimentos disponíveis no mercado brasileiro, estabelecer um plano racional de investigação é uma das etapas críticas fundamentais do projeto. O conhecimento, a experiência juntamente com as normas e as práticas regionais adotadas são fundamentais para o processo de julgamento geotécnico, onde são vistas as soluções dos problemas através de critérios necessários. (ODEBRECHT, SCHNAID, 2012)

2.2. Patologias

As patologias são decorrentes de incerteza e risco inerente a construção e a vida útil das fundações. A ocorrência de patologias em obras civis é reportada e observada com frequência nacional e internacionalmente. As edificações construídas em Santos-SP, são exemplos de desaprumos que já foram alvos de diversos estudos e publicações. As patologias apresentadas nas edificações são muitas vezes resultados do mau desempenho das fundações. O cuidado para que não haja a ocorrência de patologias durante a vida de uma fundação é fundamental para serem evitadas. (MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID, 2005)

As causas mais comuns de patologias em fundações se dão pela ausência ou falha na investigação do subsolo, má interpretação da sondagem, problemas na execução das fundações, falta de conhecimento sobre a interação solo-estrutura, a não compreensão do comportamento do solo, alteração do uso e carregamento da edificação, entre outros. (MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID, 2005)

2.2.1. Investigação do Subsolo

A causa mais frequente de problemas relacionados a fundação é a investigação do subsolo. Por ser o meio que irá receber as cargas da estrutura, a identificação e a caracterização do comportamento do solo se tornam essenciais para a solução de qualquer problema. O modo

que será realizado a investigação do subsolo possui seu custo em relação ao valor e porte da obra, devendo iniciar pelo chamado estudo de escritório. (MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID, 2005)

Desse modo, são observadas as condições do local onde a obra será implementada e buscando identificar possíveis problemas que são solucionados através de um programa preliminar, complementar e a necessidade de um programa de ensaio geotécnico. No Brasil, o mais utilizado é o ensaio que chamamos de SPT, e os programas complementares são aqueles que dependem das condições geotécnicas e estruturais do projeto (envolvendo ensaios de campo ou ensaios de laboratório). (MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID, 2005)

Solos que possuem um comportamento especial, ou seja, solos colapsíveis, expansivos ou em adensamento, podem ser verificados na fase preliminar do projeto, sendo assim já é possível definir um ensaio especial em decorrência de seu comportamento e influência nas fundações. (MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID, 2005)

2.2.2. Investigação Insuficiente

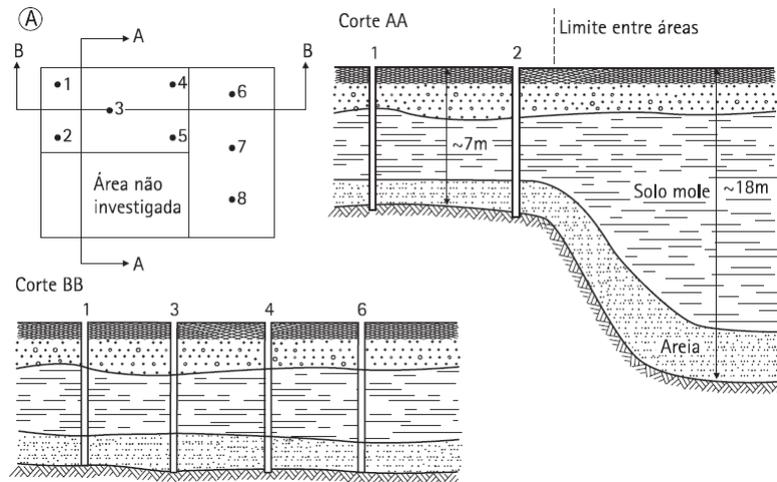
Quando um programa de investigação é realizado, o mesmo pode não ser suficiente e se mostrar inadequado à identificação de aspectos que podem acabar comprometendo o comportamento da fundação escolhida para a estrutura. (MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID, 2005)

Um número insuficiente de sondagens para determinada área do terreno, variação de subsolo ou ensaios para áreas extensas são alguns dos problemas que podem favorecer problemas futuros nas fundações da obra. (MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID, 2005)

A existência de solos variados é bastante comum em áreas de grande extensão, que podem possuir unidades geotécnicas distintas e geralmente podem causar problemas pela extrapolação indevida de informações obtidas nas sondagens. É de suma importância seguir os padrões normativos que indicam a quantidade, o posicionamento de furos de sondagem e a quantidade mínima de furos exigida. (MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID, 2005)

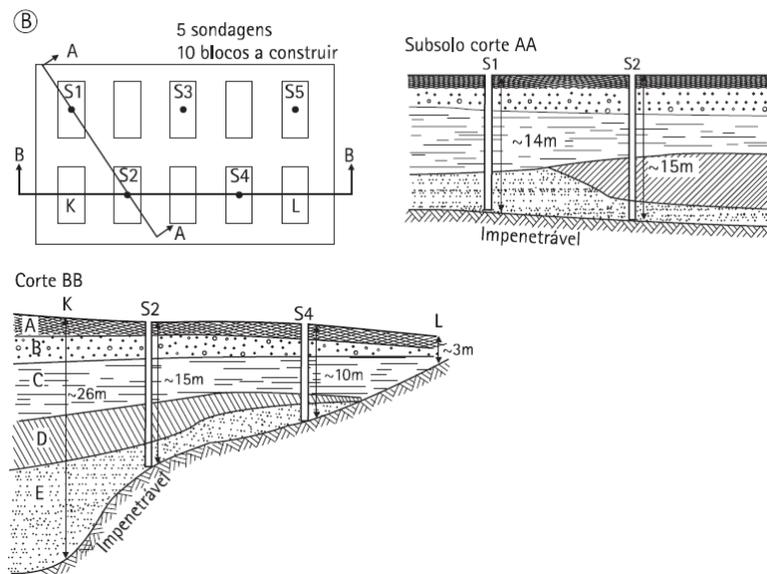
O uso adequado das normas, a visita ao local da obra, inspeção a estruturas vizinhas, experiência e bom senso são fundamentais e devem servir de guia para evitar problemas desta natureza.

Figura 1: Número insuficiente de sondagens - área não investigada com subsolo distinto



Disponível em: <<http://www.archus.com/dynamiccad/site/2018/05/01/patologias-em-fundacoes-e-sua-correlacao-com-as-investigacoes-geotecnicas/>> Acesso em: 13/04/2020

Figura 2: Número insuficiente de Sondagem - áreas extensas e de subsolo variado



Disponível em: <<http://www.archus.com/dynamiccad/site/2018/05/01/patologias-em-fundacoes-e-sua-correlacao-com-as-investigacoes-geotecnicas/>> Acesso em 13/04/2020

2.2.3. Interpretação Inadequada dos Dados

O projetista responsável pelo projeto sempre irá adotar um modelo para descrever o subsolo, com propriedades de comportamento representativo das diversas camadas. Adotar valores não representativos ou não identificar os problemas existentes podem provocar um desempenho inadequado das fundações. (MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID, 2005)

Como exemplo, pode ser mencionado os solos porosos tropicais, que possuem um valor NSPT abaixo de 4, o que indica a possibilidade de instabilidade quando saturados.

Havendo presença de pedregulhos, o valor NSPT irá aumentar sem que a resistência ou rigidez do solo seja realmente alta.

As dificuldades que estão normalmente associadas ao planejamento de um programa de investigação podem ser de causas especiais que são de uma identificação mais complexa. A ocorrência da vegetação, a presença de solos colapsíveis ou expansivos, materiais cársticos, presença de matacões ou regiões de mineração são alguns exemplos de casos que podem causar patologias que podem causar um elevado custo de reparo. (MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID, 2005)

Algumas causas da dificuldade na obtenção de dados em uma investigação geotécnica podem estar relacionadas a outros fatores, tais como:

Influência da vegetação: A interferência física das raízes ou a modificação do teor de umidade do solo pode ser uma das ocorrências, porém no Brasil esta é uma causa pouco conhecida. As raízes extraem água do solo, mantendo assim sua vitalidade e crescimento, isto leva a modificar o teor de umidade do solo quando comparado com locais onde não há raízes presentes. Nos solos argilosos, essas variações de umidade provocam alterações volumétricas e sendo assim, qualquer fundação que esteja localizada na área afetada apresentará movimento e patologias na edificação por causa de recalques. (MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID, 2005)

Figura 3: Raízes modificam o teor de umidade do solo, podendo causar recalques e patologias na edificação



Disponível em <<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/recalque-de-fundacoes>> Acesso em 15/04/2020

A capacidade da vegetação em causar uma redução ou aumento volumétrico no solo e danos na edificação depende de uma série de fatores, sendo estes o tipo da vegetação e seu sistema de raízes, o tipo de solo, as condições do nível de água, o clima no local, o tipo de fundação adotada e a distância da vegetação. (MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID, 2005)

Solos colapsíveis: É um outro problema de conhecimento restrito dos engenheiros e construtores, os solos que são sensíveis a variação no grau de saturação do terreno. Estes solos possuem uma estrutura metaestável que está sujeita a rearranjo radical de partículas e grande variação de redução volumétrica devido à saturação, possuindo ou não a adição de um carregamento externo. (MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID, 2005)

Durante muito tempo prevaleceu a suposição de que somente os solos em estado natural são potencialmente colapsíveis. Esta linha de pensamento levou os projetistas de estruturas sobre solos a imaginar que a compactação resolveria o problema de colapso do solo de fundação. Este equívoco consensual nasceu da crença de que o colapso era um fenômeno primordialmente sensível à mudança no comportamento “tensão x deformação” do solo e que só poderia ocorrer à custa da aplicação de determinada tensão inferior à tensão de ruptura típica deste solo. (TEIXEIRA, 1993).

A direta quantificação da variação de volume que ocorre no solo quando o mesmo sofre colapso geral, obtida através de ensaios de adensamento, com os custos e o tempo normalmente associados a procedimentos de laboratório. (MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID, 2005)

O projeto de fundação superficial para ser realizado em um solo colapsível é extremamente difícil e também pode ser observado em estacas e tubulões. É sempre recomendado que haja a realização da prova de carga para quantificar as cargas de colapso, produzindo a inundação do terreno antes ou até mesmo durante o ensaio. Quando o problema é identificado, o projeto pode requerer o uso de estacas para transferir cargas a horizontes mais estáveis. Mas, para minimizar efeitos de colapso, é indicado o uso de sapatas contínuas ao invés de fundações isoladas ou estaqueadas com cuidados especiais. (MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID, 2005)

A maior parte dos acidentes ocorridos por colapso da estrutura do solo está normalmente ligada a vazamentos de canais, sejam pluviais ou cloacais, reservatórios, piscinas, ou seja, situações onde a água é liberada do terreno em grande quantidade, o que gera variações de umidade e seu possível colapso. (MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID, 2005)

2.2.4. Expansibilidade

Em decorrência das mudanças no teor de umidade, os solos argilosos passam por grandes variações de volume, através da presença de argilo-minerais expansivos, que provocam problemas especialmente nas fundações superficiais. O controle para essas variações não é simples, pois a água pode se deslocar de forma vertical e horizontalmente abaixo das fundações,

o que causa uma mudança nos níveis de sucção e de volume, por conta dos movimentos alternados de expansão e compressão. (MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID, 2005)

Existem três procedimentos que podem ser utilizados para evitar o efeito de solos expansivos sobre as fundações e as estruturas, sendo eles: isolar a estrutura de materiais expansivos, reforçar a estrutura para que a mesma possa resistir a esforços provocados pela força de expansão e eliminar os efeitos de expansibilidade. (MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID, 2005)

O peso próprio da estrutura pode auxiliar no equilíbrio das forças de expansão, no entanto, observar que este equilíbrio é obtido no final do processo de construção, pode-se ter situações desfavoráveis e críticas durante a construção da obra. Uma alternativa bastante interessante consiste na substituição da camada superficial de solo expansivo por um aterro de material inerte, cujo peso irá equilibrar as forças de expansão. (MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID, 2005)

Uma exigência para que os efeitos de expansão sejam minimizados, é evitar a percolação da água junto aos elementos de fundação, o envelopamento das canalizações próximas ou abaixo as estruturas é recomendado e também deve ser feito o uso de pavimento asfáltico nas áreas de acesso. O uso de pavimento asfáltico deve-se ao fato de que o asfalto apresenta uma boa trabalhabilidade e pode absorver possíveis fissuras que são provocadas por conta da variação de umidade no subsolo. A devida manutenção desses pavimentos utilizados é recomendada. (MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID, 2005)

2.2.5. Zonas de Mineração

Os locais com atividades de mineração no Brasil têm uma abrangência bastante limitada e o número de problemas nas construções onde esta situação ocorre é bastante baixo. As regiões com maior ocorrência de mineração subterrânea estão localizadas em Minas Gerais e Santa Catarina. (MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID, 2005)

Segundo o mapa da produção mineral do Estado de Santa Catarina, no ano base de 2013, o município de Lages possui um domínio geológico de rochas efusivas Serra Geral, com substância de brita e cascalho e porte da mina denominado Micro, com valor inferior a 10.000 ton/ano.

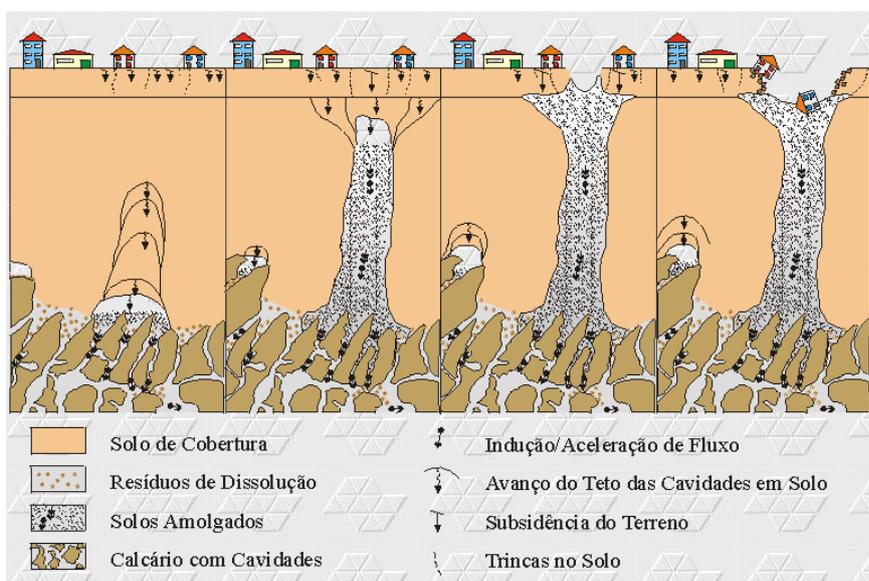
Nas regiões de extração de carvão e minérios, usualmente, na pequena profundidade ocorre o fenômeno da subsidência em áreas mais ou menos limitadas, caracterizando a instabilidade de cavações subterrâneas. (MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID, 2005)

Tomlinson et. al (1996) apresenta situações típicas desse problema, com a implantação das fundações apoiadas sobre o topo das galerias, quando a condição de estabilidade pode ser garantida ou ainda abaixo da cota inferior quando tal situação não pode ser assegurada.

No projeto de estruturas em áreas de mineração, a identificação precisa das ocorrências enterradas em relação à posição e também profundidade é o primeiro problema a ser resolvido. Quando as plantas das mineradoras existem, estas são imprecisas e servem como indicação preliminar para direcionar as investigações e não devem ser consideradas como confiáveis na tomada de decisões referentes à possibilidade de ocorrência do problema. (MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID, 2005)

Desse modo, é importante que seja realizada uma investigação detalhada na fase projeto, para verificação das possíveis ocorrências na área, por meio de sondagens geofísicas, para direcionar a amostragem até a profundidade adequada de investigação. (MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID, 2005)

Figura 4: Fenômeno de subsidência em áreas de mineração



Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter12.html>> Acesso em: 20/04/2020

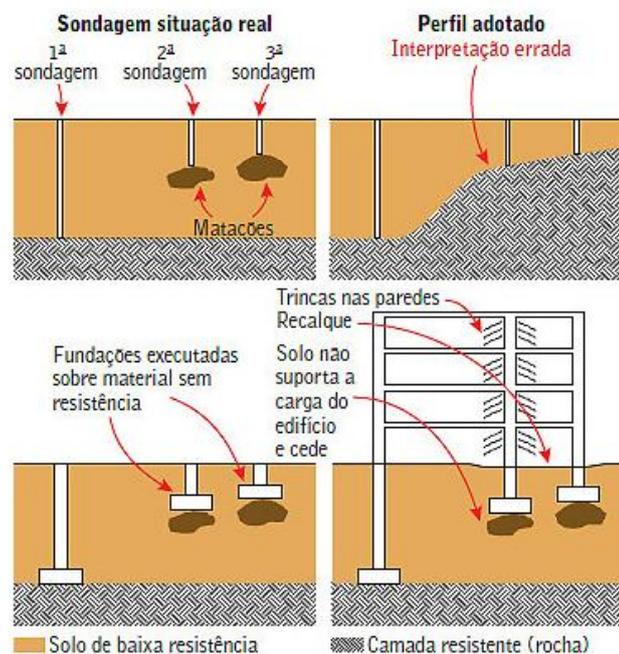
2.2.6. Ocorrência de Matacões

Os matacões são blocos de rocha que não foram decompostos alojados no solo residual, originados do intemperismo diferencial da rocha ou mesmo em solos transportados, no caso de blocos de rochas que deslizam de encostas e se alojam no solo. A presença destes matacões pode gerar problemas de interpretação dos resultados de sondagens, como também nos processos construtivos de fundações superficiais e profundas, dificultando a solução de fundações em obras de qualquer porte. (MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID, 2005)

Segundo a NBR 6502/1995, que é a norma regulamentadora brasileira que fala sobre rochas e solos, os matacões são definidos como “fragmento de rocha, transportado ou não, comumente arredondado por intemperismo ou abrasão, com uma dimensão compreendida entre 200mm e 1m”.

De um modo geral os matacões podem causar vários problemas para os empreendimentos da construção civil, dependendo das características da obra. Qualquer obra que exige movimentação de terra ou a utilização do solo como suporte poderá ser afetada havendo a presença de matacões no terreno. Segundo SOUZA (2007), áreas com a presença de matacões devem receber uma atenção especial devido a diversos problemas condicionados a essa ocorrência, entre eles a dificuldade para realização de terraplanagem, pois dependendo de seu tamanho são irremovíveis pelo maquinário; em escavações, podem exigir equipamentos de apoio para que haja o desmonte dos blocos; durante uma investigação do subsolo, podem nos levar a pensar que o material impenetrável é rochoso; na abertura de tubulões e poços de observação são obstáculos.

Figura 5: Visão esquemática de um projeto onde as fundações se apoiam em matacões devido a interpretação errônea dos laudos de sondagem



Disponível em: <https://www.ft.unicamp.br/~hiroshiy/pub/http_www.equipededeobra.com.br_construcao-reforma_41_matacoes-saiba-como-esses-grandes-blocos-de-rocha-interferem-239476-1.pdf> Acesso em 20/04/2020

Quando o número de sondagens executadas na fase de investigação é insuficiente, os matacões podem ser confundidos com uma falsa presença de rocha contínua, o que fará com que seja adotada uma solução de fundação não compatível com o comportamento da massa de

solo. Durante a execução de fundações diretas, a presença destes matacões dificultará a implantação das mesmas, visto que o horizonte resistente previsto em projeto seja atingido ou oferecendo uma base indevida para tal fundação. (MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID, 2005)

Na ocorrência de matacões no local de implantação da obra, é importante que o projetista de fundações seja alertado imediatamente para que ele possa comparecer ao local e verificar as condições reais do problema e adotando uma alternativa segura para o projeto. As soluções geralmente adotadas são a fixação, o chumbamento, a desagregação química ou até mesmo a reformulação do projeto.

2.2.7. Recalques

Recalque é o deslocamento vertical ou inclinação que uma edificação sofre devido às deformações ocorridas no maciço de apoio de suas fundações. Segundo Berberian (2015), os recalques são os principais causadores de fissuras e deformações na estrutura, porém toda edificação deve ser projetada para que se obtenha apenas o recalque admissível, pois toda estrutura recalca.

No Brasil, as dezenas de edifícios inclinados na orla marítima de Santos, SP, são mundialmente conhecidos pelo seu desaprumo que tem tendência a estabilizar com o tempo e alguns que exigem providências para que não venham a desabar por completo. (CINTRA; AOKI; ALBIERO, 2011)

Praticamente todos os edifícios sofrem recalque mínimo, que por serem de poucas dezenas de milímetros, se tornam imperceptíveis a olho nu e causam a falsa impressão de que não recalcam. Mas, toda estrutura recalca e a hipótese de apoio fixo para pilares que é adotada no cálculo estrutural é na verdade mera ficção. (CINTRA; AOKI; ALBIERO, 2011)

Os principais danos estruturais causados por recalques são devidos a recalques totais (que é o afundamento total que a fundação sofreu até a data de observação, soma de todos os recalques), recalques diferenciais (que é a diferença dos recalques totais em dois pontos considerados) e recalques distorcionais (que é o recalque diferencial dividido pela distância entre dois pontos considerados, sendo o melhor referencial para análise dos danos estruturais pois levam em conta a rigidez da estrutura). (BERBERIAN, 2015)

Do ponto de vista sobre a ótica do solo, Berberian (2015), menciona que os recalques são causados principalmente por quatro fenômenos, sendo eles:

Recalque imediato: que ocorre de 3 a 10 dias, sendo suportável na maioria dos casos. Ocorre por conta de um ajuste no solo e nas fundações (compressão de sujeiras), saída de gases, deformação elástica do solo.

Recalque primário: pode ocorrer em algumas horas ou levar muitos anos, sendo o maior dos recalques, pode levar a ruptura. Causado pelo fenômeno de adensamento (diminuição dos vazios, saída de água). De um modo geral, pode ocorrer em poucas horas se o solo for composto de areias fofas saturadas e levar muitos anos para o caso de argilas e siltes moles saturados, devido sua característica muito fina e porosa.

Recalque secundário: ocorre de forma mais significativa em solos orgânicos devido ao escorregamento entre partículas. Não é tão agressivo quanto o recalque por adensamento, nem tão comum ocorrer no Brasil.

Recalque por colápsio: ocorre pelo colapso da micro estrutura do solo por conta da perda das ligações entre partículas do solo, sendo geralmente brusco e catastrófico.

Normalmente as estruturas sofrem o que chamamos de “Recalque Admissível”, o conhecimento sobre esses recalques é importante em duas situações: na fase de projeto, quando é efetuado o cálculo da estimativa do recalque das fundações e é preciso tomar a decisão relativa à adequação dos resultados obtidos com o comportamento desejado da estrutura. E quando é feito o controle de recalque durante a execução da estrutura que precisa ser definido um limite a partir do qual se considera problemática a segurança ou o desempenho da estrutura. (MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID, 2005)

A ruptura que pode ocorrer na edificação, diferente do recalque, acontece de forma rápida, no maciço do solo ou no elemento de fundação, acontece de forma brusca e catastrófica. Já o recalque ocorre de forma mais lenta, onde vai ocorrendo o afundamento da estrutura, inerente a obras, sendo admissível até determinado ponto, se tornando uma patologia. Normalmente até 1cm não é perceptível nem esteticamente, nem estruturalmente. Como reflexo, à primeira vista ocorrem trincas e posteriormente desabamento. (BERBERIAN, 2015)

2.3. Métodos de Sondagem

Para a realização de um bom projeto de fundações, é de suma importância conhecer a estratificação real do solo em determinado local, os resultados de ensaios, amostras de solo e a observação durante a construção de outras estruturas executadas sob condições similares. Para a maioria das grandes estruturas deve ser feita a exploração adequada do subsolo no local de construção. (DAS, 2007)

É necessário que seja realizada a identificação e classificação do solo presente nas diversas camadas componentes do substrato a ser analisado, assim como avaliar as propriedades de engenharia. Obter amostras ou utilizar algum outro processo para identificar e classificar determinado tipo de solo requer a execução de ensaios “in situ”. (HACHICH et al., 1998)

Em relação à profundidade, a locação e o número de sondagens, não é possível definir uma regra geral, pois em cada caso deve ser atendido as naturezas do terreno e da obra.

Existem diversos métodos de ensaios de campo que são realizados para exploração do subsolo e serão mencionados a seguir.

2.3.1. Sondagem SPT

A sondagem a percussão é um procedimento geotécnico de campo que é capaz de amostrar o subsolo. Quando associada a um ensaio de penetração dinâmica, o SPT, mede a resistência do solo ao longo da profundidade perfurada. (HACHICH et al., 1998)

A primeira etapa de qualquer projeto de fundação é o reconhecimento do solo e a obtenção do seu perfil estratigráfico, no Brasil podemos contar com a NBR 6484/2001 que menciona sobre a Sondagem de Simples Reconhecimento do Solo (SPT).

O SPT é reconhecido mundialmente por ser o ensaio mais popular e econômica ferramenta de investigação geotécnica. Serve como um indicativo da densidade de solos granulares e é aplicado também na identificação da consistência de solos coesivos. Os métodos rotineiros de projetos de fundações rasas ou profundas utilizam os resultados de SPT sistematicamente. (ODEBRECHT, SCHNAID, 2012)

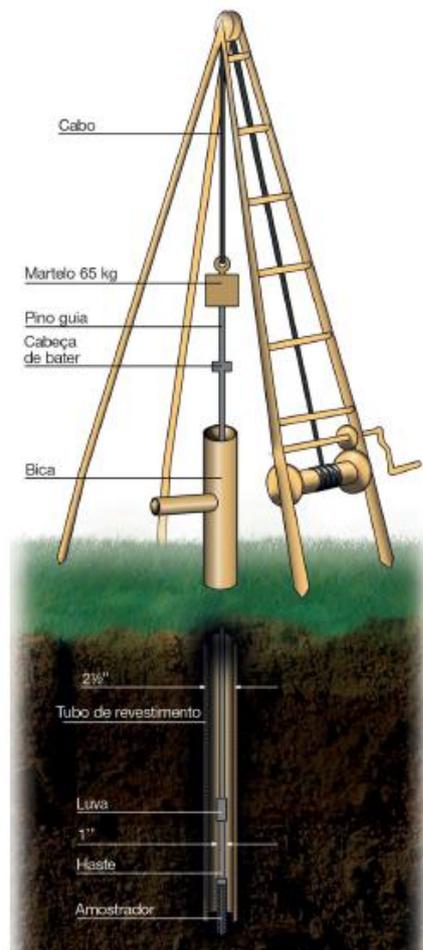
O método SPT consiste basicamente na cravação de um amostrador padrão no solo, através da queda de um peso livre de 65kg que cai de uma altura também padronizada de 75cm, esse amostrador vai entrando no solo ao longo das batidas, e o número de batidas no amostrador para avançar os 30cm finais é o índice que chamamos de NSPT. Para a execução das sondagens, é determinado em planta a área que deverá ser investigada e a posição dos pontos que serão sondados. (HACHICH et al., 1998)

As vantagens na realização desse ensaio em relação aos outros métodos existentes são: simplicidade do equipamento, baixo custo e obtenção de um valor numérico que pode ser relacionado por meio de propostas não sofisticadas, mas diretas, com regras empíricas de projeto. (ODEBRECHT, SCHNAID, 2012)

O equipamento utilizado para a realização da sondagem SPT é constituído basicamente de um amostrador, hastes, martelo (que possui 65kg), torre (ou tripé de sondagem), cabeça de bater e sistema de perfuração. Entretanto, não é incomum o uso regional de procedimentos não

padronizados e de equipamentos diferentes do padrão internacional. (ODEBRECHT, SCHNAID, 2012)

Figura 6: Equipamento para realização de Sondagem SPT



Fonte: Adaptado do Livro Ensaio de Campo

2.3.2. Ensaio de Cone (CPT) e Piezocone (CPTU)

Os ensaios de cone e piezocone são caracterizados internacionalmente como uma das mais importantes ferramentas de prospecção geotécnica. Os resultados desses ensaios permitem uma determinação estratigráfica do perfil do solo, determinação de materiais prospectados, particularmente em depósitos de argilas moles e uma previsão da capacidade de carga de fundações. (ODEBRECHT, SCHNAID, 2012)

Os ensaios de cone no Brasil são empregados desde o final da década de 1950, porém a experiência brasileira limitava-se a um número relativamente restrito de casos, com a possível exceção de projetos de plataformas marítimas para prospecção de petróleo. Isso foi revertido em 1990, quando se observou um grande crescimento de interesse comercial pelo ensaio de

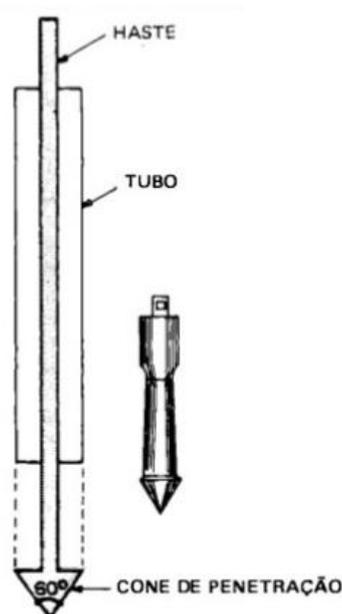
cone, impulsionado por experiências de pesquisas desenvolvidas em universidades. (ODEBRECHT, SCHNAID, 2012)

O ensaio é realizado de uma forma bastante simples, onde é realizada a cravação no terreno de uma ponteira cônica (com 60° de ápice) a uma velocidade constante de 1cm/s de forma alternada, apenas o cone ou todo o conjunto (formado também por hastes com o cone e os tubos). As cargas necessárias para cravação são registradas. No primeiro equipamento é registrada apenas a resistência de ponta e no segundo é registrado também a resistência total (ponta somada ao atrito lateral). (HACHICH et al., 1998)

Os equipamentos podem ser classificados em três categorias, sendo eles: o cone mecânico, caracterizado pela medida na superfície, vis transferência mecânica das hastes, dos esforços necessários para cravar a ponta cônica e do atrito lateral; o cone elétrico, que com a adaptação das células de carga instrumentadas eletricamente permitem a medida de q_c e f_s diretamente na ponteira; e o piezocone, que além das medidas elétricas de q_c e f_s , permite a contínua monitoração das pressões neutras u geradas durante o processo de cravação. (ODEBRECHT, SCHNAID, 2012)

Dentre as principais vantagens do ensaio de cone, destaca-se a rapidez na execução, a confiabilidade dos resultados, o baixo custo e o fato de que se obtêm numerosos resultados ao longo da profundidade na qual foi realizado o ensaio. Por ser um ensaio mecanizado, elimina totalmente a influência do operador nos resultados da sondagem. (HACHICH et al., 1998)

Figura 7: Equipamento para realização do Ensaio de Cone



O ensaio de cone demanda de uma constante manutenção e calibração do equipamento, não somente nas ponteiros, mas no equipamento como um todo. O sistema de cravação deve ser inspecionado periodicamente para que não haja eventuais vazamentos de óleo, perda na pressão velocidade de cravação constante, linearidade e concentricidade do equipamento. A calibração da ponteira deve ser periodicamente realizada de acordo com o uso, sendo necessárias verificações durante ensaios mais extensos. (ODEBRECHT, SCHNAID, 2012)

Os resultados de ensaio CPT podem ser diretamente utilizados para solução de problemas geotécnicos, por meio dos métodos diretos de projeto, sem a necessidade de obtenção de parâmetros constitutivos do solo. O exemplo mais importante de uso é na previsão da capacidade de carga de estacas, com analogia direta com a prática brasileira do uso do SPT. Para que os resultados sejam representativos e confiáveis, é indispensável o treinamento permanente do pessoal e a manutenção dos equipamentos. (ODEBRECHT, SCHNAID, 2012)

2.3.3. Ensaio de Palheta

O método de ensaio de palheta foi um dos primeiros desenvolvidos para a determinação da resistência não drenada do solo e consiste na rotação a uma velocidade constante padrão, de uma palheta cruciforme em profundidades pré definidas. A medida do torque versus rotação permite a determinação dos valores de solo natural e amolgado. (HACHICH et al., 1998)

Este ensaio passível de interpretação analítica serve de referência a outras técnicas e metodologias em que a interpretação requer adoção de correlações semi-empíricas, assumindo a hipótese de superfície de ruptura cilíndrica. Para complementar, deve-se obter informações quanto a história de tensões do solo indicada pelo perfil da razão de pré adensamento. (ODEBRECHT, SCHNAID, 2012)

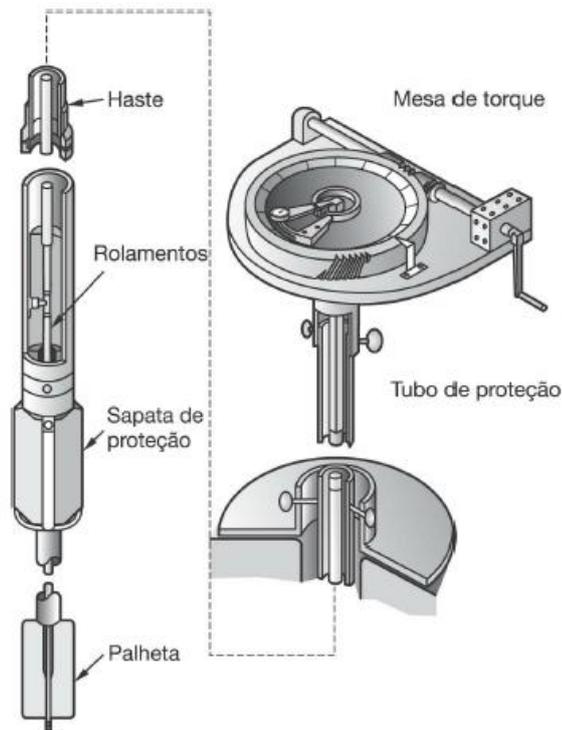
A palheta consiste em quatro placas de aço de mesmo tamanho, finas, soldadas a uma haste de torque de aço, sendo empurrada dentro do solo e depois um torque é aplicado ao topo da haste de torque para girar a palheta com velocidade uniforme. Um cilindro de solo de altura h e diâmetro d resistirá ao torque até que o solo se rompa (DAS, 2007)

Embora o ensaio possa ser executado em argilas com resistências de até 200KPa, a palheta especificada na norma brasileira apresenta um satisfatório desempenho em argilas que possuam resistências inferiores a 50KPa. Após a palheta ser introduzida no solo e na profundidade de ensaio, é posicionada a unidade de torque e medição, zerando os instrumentos e aplicando diretamente o torque com uma velocidade de 60/minuto. O intervalo de tempo

máximo admitido entre o fim da cravação da palheta e o início da rotação é de cinco minutos. (ODEBRECHT, SCHNAID, 2012)

Para a determinação da resistência amolgada, após a aplicação do torque máximo são realizadas dez revoluções completas na palheta e refeito o ensaio. Entre os dois ensaios, o intervalo de tempo deve ser inferior a cinco minutos e com base no torque medido é possível determinar a resistência ao cisalhamento não drenado do solo. (DAS, 2007)

Figura 8: Equipamento utilizado para ensaio de Palheta



Fonte: Adaptado do livro (ODEBRECHT, SCHNAID, 2012)

O valor da resistência não drenada amolgada é obtido através da equação: $S_u = 0,86M / \pi D^3$ utilizando porém o valor do torque correspondente à condição amolgada. Na dedução dessa expressão é assumida uma distribuição uniforme de tensões ao longo das superfícies de ruptura horizontal e vertical circunscritas à palheta. (ODEBRECHT, SCHNAID, 2012)

2.3.4. Ensaio Pressiométrico

O ensaio pressiométrico é assim conhecido por ser um equipamento que é reconhecido como ferramenta rotineira nas investigações geotécnicas, sendo muito útil na determinação do comportamento tensão-deformação de solos *in situ*. (ODEBRECHT, SCHNAID, 2012)

Este termo de pressiômetro foi desta forma usado primeiramente, pelo engenheiro francês Louis Ménard, em 1955, definindo este como um elemento de forma cilíndrica projetado para aplicar uma pressão uniforme nas paredes de um furo de sondagem, através de

uma membrana flexível, promovendo a consequente expansão de uma cavidade cilíndrica na massa de solo. (ODEBRECHT, SCHNAID, 2012)

Para a instalação da sonda pressiométrica no solo, existem diferentes procedimentos que podem ser utilizados, que foram desenvolvidos com o objetivo de reduzir ou até mesmo eliminar os possíveis efeitos de amolgamento gerado pela inserção da sonda no terreno e com o objetivo de adaptar melhor essa técnica às diferentes condições do subsolo. (ODEBRECHT, SCHNAID, 2012)

Os equipamentos existentes podem ser agrupados em três categorias: pressiômetros pré-furo (a sonda é inserida em um furo de sondagem previamente escavado), pressiômetro autoperfurante (SBPM) e pressiômetro cravado. Qualquer que seja o modo de inserção da sonda no terreno, é um ensaio que necessita de um controle rigoroso de execução e calibração. (ODEBRECHT, SCHNAID, 2012)

A interpretação dos resultados é baseada nos conceitos de expansão de uma cavidade cilíndrica, que possibilita a estimativa de parâmetros constitutivos do solo, sendo um ensaio de considerável alcance e interesse na solução dos projetos de engenharia.

Figura 9: Pressiômetro de Ménard



Disponível em: <<https://www.damascopenna.com.br/GridPortfolio/pressiometro/>> Acesso em 30/04/2020

2.3.5. Ensaio Dilatométrico

As experiências publicadas a respeito do dilatômetro no Brasil é pouco vista, limitada a ensaios em apenas dois depósitos de argila mole, realizadas nas cidades de Sarapuá e Baixada de Jacarepaguá, ambas no Rio de Janeiro, duas campanhas em solo residual realizadas em São Paulo e Brasília e numa argila do Terciário em São Paulo. (HACHICH et al., 1998)

O dilatômetro é constituído por uma lâmina de aço inoxidável dotada de uma membrana de aço muito fina em uma de suas faces, parecido a um instrumento tipo célula de pressão total. O ensaio consiste na cravação desta lâmina dilatométrica no terreno, sendo medido o esforço necessário à penetração, para em seguida ser usado a pressão de gás para expandir a membrana circular de aço no interior da massa de solo. (ODEBRECHT, SCHNAID, 2012)

A cravação segmentada do dilatômetro é feita no terreno, em intervalos normalmente de 20cm e a cada interrupção são efetuadas duas leituras fundamentais do ensaio (pressões A e B). A velocidade com que a lâmina penetra no solo não é padronizada e sistemas hidráulicos devem ser utilizados na cravação, devendo ser evitados procedimentos percussivos com martelos. (ODEBRECHT, SCHNAID, 2012)

Figura 10: Equipamento utilizado para Ensaio Dilatométrico



Disponível em: <https://www.researchgate.net/figure/Figura-2-Equipamento-SDMT-e-a-execuo-do-ensaio_fig2_309742289> Acesso em 02/05/2020

É possível utilizar as medidas do ensaio dilatométrico para a estimativa de parâmetros de fluxo, módulo de cisalhamento a pequenas deformações, potencial de liquefação, entre outros, a critério do projetista, porém nem sempre essas abordagens conduzem a valores realistas de parâmetros geotécnicos. (ODEBRECHT, SCHNAID, 2012)

3. ESTUDO DE CASO

Vista a importância da realização dos ensaios de campo para a realização dos projetos de fundações, o presente estudo de caso será baseado em três laudos de sondagem que foram realizados no município de Lages-SC, em diferentes pontos da cidade, visando identificar o tipo de solo presente, sua resistência, a profundidade possivelmente adotada e o nível do lençol d'água.

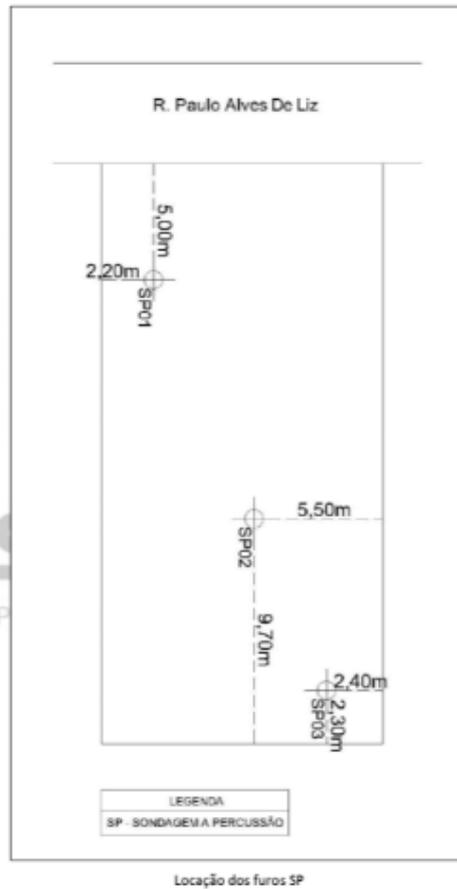
O primeiro laudo analisado (Anexos 1, 2 e 3) foi realizado no bairro Conta Dinheiro, onde foram efetuadas três perfurações no terreno e a locação dos furos foi disponibilizada pelo engenheiro conforme necessidade construtiva do projeto.

Figura 11: Local da realização do primeiro laudo de sondagem



Fonte: Google Maps

Figura 12: Localização dos três furos de sondagem no terreno



A profundidade da perfuração a percussão foi condicionada a atingir os parâmetros de parada, atingindo no primeiro furo a profundidade de 8,25m, no segundo 5,25m e no terceiro 6,34m. Foram coletadas as amostras de solo a cada metro e também na camada final.

Analisando os laudos apresentados em anexo, pode ser verificado o nível de água em 2,50m e a presença predominante de argila, sendo que nos primeiros metros de sondagem a mesma é característica de aterro e nas camadas finais foi realizada a parada do ensaio visto que o material encontrado era impenetrável ao amostrador (presença de material rochoso).

Figura 13: Amostra de argila encontrada no furo SP01



Figura 14: Amostra do material impenetrável



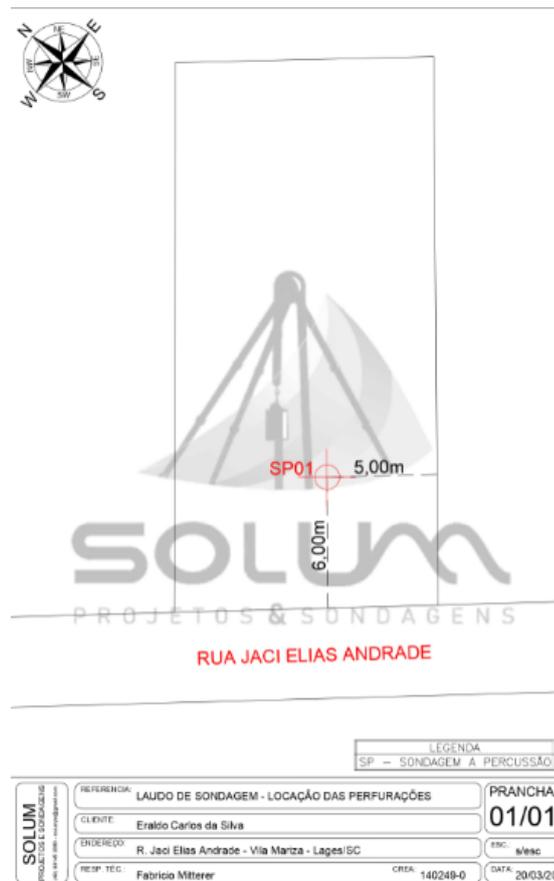
O segundo laudo analisado (Anexo 4), teve seu ensaio realizado no bairro Vila Mariza, com a realização de um furo de sondagem, onde o ensaio iniciou com a retirada da vegetação, em seguida realizada a perfuração de 1m com a cavadeira manual e trado helicoidal.

Figura 15: Local da realização da segunda sondagem



Fonte: Google Maps

Figura 16: Localização do Furo de Sondagem no terreno



O solo predominante no local era do tipo argila, que nos primeiros 0,55cm possuía traços orgânicos e no decorrer da profundidade a argila era rija a dura com poucos detritos, até a camada impenetrável.

No local onde a sondagem foi realizada não se obteve a presença do nível de água e a profundidade da perfuração atingiu 2,60m com a parada da execução visto que havia presença de um material impenetrável ao amostrador.

Figura 17: Amostras de solo obtidas



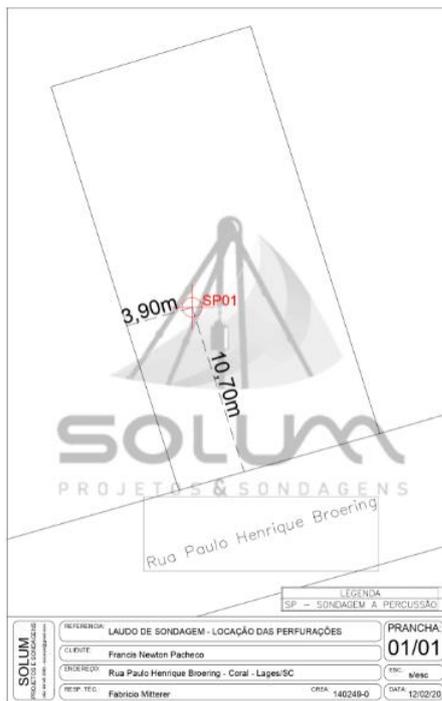
O terceiro laudo de sondagem analisado (Anexo 5) foi realizado no bairro Coral, com uma perfuração realizada e onde a perfuração a percussão foi condicionada a atingir os parâmetros de parada do ensaio na profundidade de 8,55m.

Figura 18: Local da realização da terceira Sondagem



Fonte: Google Maps

Figura 19: Locação do furo de Sondagem no terreno



O solo apresentou baixa resistência nas primeiras camadas em decorrência de ser um aterro argiloso pouco compacto, posteriormente foram encontradas a presença alternada de argila e areia até o amostrador atingir a profundidade do impenetrável, somente em 8,55m. Foi encontrado a presença do nível de água em 1,15m em relação a superfície.

3.1. Resultados Obtidos

Os ensaios realizados possibilitaram uma melhor visualização da prospecção geotécnica de cada terreno. Nos três ensaios realizados foram utilizados o método SPT para verificação do solo, seguindo as recomendações normativas, onde foi anotado o número de golpes utilizados para avançar os 30cm finais de cada metro de sondagem.

No laudo de sondagem realizado no bairro Coral foi apresentado o nível de água com a cota mais alta, logo em 1,15m, já no ensaio realizado no bairro Conta Dinheiro o nível encontra-se em 2,50m e no ensaio do Vila Mariza o mesmo não é encontrado. Este é um dos fatores mais importantes para o projetista verificar, pois a existência de água no local de implantação das fundações pode trazer inúmeros problemas se não for corrigido de forma adequada.

Os três laudos realizados apresentam características de solo bastante distintas em comparação, que nos mostra o quanto pode haver mudanças na resistência de um local para outro, mesmo que sejam de uma mesma cidade.

4. CONCLUSÃO

Com o presente trabalho conclui-se que, os ensaios de campo estão presentes na engenharia geotécnica como uma ferramenta de grande valia para uma melhor percepção e obtenção de dados referentes ao solo e sua composição. Os parâmetros apresentados em qualquer dos ensaios contribuem da melhor forma para os projetos de fundação serem pensados de forma segura e objetiva, visando também a economia da obra visto que projetar sem a devida inspeção pode causar um super dimensionamento, gerando ainda mais gastos.

Existem diversos métodos de ensaios para a verificação das características do solo, porém o mais conhecido e utilizado atualmente é o SPT, que tem uma utilização bastante vantajosa pela sua simplicidade de execução e de obtenção de resultados, que são fornecidos por valores numéricos diretos, facilitando assim o andamento do projeto e a escolha do melhor tipo de fundação para a obra.

No caso da Sondagem SPT que foi o método de ensaio analisado no estudo de caso deste trabalho, pode ser observado que embora tenhamos locais relativamente próximos, de uma mesma cidade, ainda assim pode haver diferenças de características no solo que levam a adoção de medidas diferentes para cada projeto de fundação, como por exemplo, um dos laudos apresentou o nível de água mais alto, para este projeto talvez fosse necessária a utilização de bombas para o rebaixamento da mesma e assim poder executar as fundações da estrutura, o que não precisaria no caso do laudo de sondagem realizado no bairro Vila Mariza, onde não houve a presença de água durante a sondagem.

Embora não seja de caráter obrigatório, a execução de sondagens ainda não é utilizada para a maioria das obras no Brasil, o que é um risco, visto que futuramente podem ocorrer patologias na edificação em decorrência da falta de uma investigação adequada, tornando-se assim um procedimento indispensável que não deve ser tomado como um gasto para a obra mas sim um investimento.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR6502**: Rochas e Solos. Rio de Janeiro: Abnt, 1995. 18 p. Disponível em: <http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-6.502-Rochas-e-Solos.pdf>. Acesso em: 04 maio 2020.

BERBERIAN, Dickran. **Engenharia de Fundações**. Brasília: Isbn, 2015.

CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos Solos e Suas Aplicações: Fundamentos**. 6. ed. Rio de Janeiro: Ltc - Livros Técnicos e Científicos, 1988.

CINTRA, José Carlos A.; AOKI, Nelson; ALBIERO, José Henrique. **Fundações diretas: projeto geotécnico**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011

DAS, Braja M.. **Fundamentos da Engenharia Geotécnica**: tradução da 6ª ed. americana. São Paulo: Thomson, 2007. 562 p.

HACHICH, Waldemar. **Fundações: teoria e prática**. 2. ed. São Paulo: Pini, 1998. 751 p.

MILITITSKY, Jarbas; CONSOLI, Nilo Cesar; SCHNAID, Fernando. **Patologias das Fundações**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

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

RIJO, Manuel. **Mecânica dos Solos e Fundações**. 2016. 100 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Geológica, Universidade de Évora, Évora, 2016. Disponível em: <http://dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/19306/1/Mec%C3%A2nica%20solos.pdf>. Acesso em: 10 maio 2020.

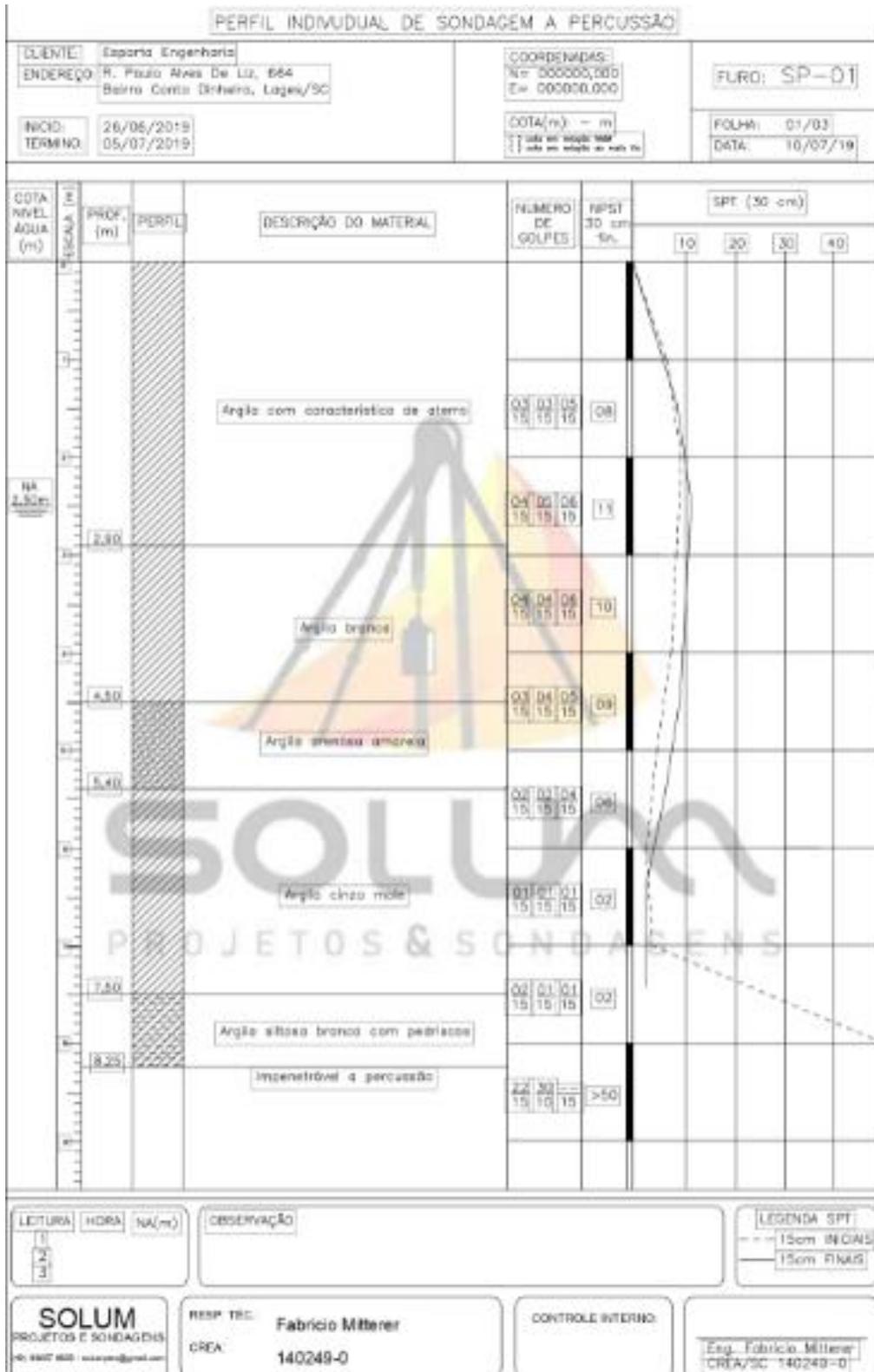
SOUZA, Luiz Humberto de Freitas. IDENTIFICAÇÃO DE MATAÇÕES POR MEIO DE SONDAGEM A PERCUSSÃO DE SIMPLES RECONHECIMENTO DO SUBSOLO NA CIDADE DE UBERLÂNDIA (MG). **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 8, n. 24, p. 86-95, dez. 2007. Disponível em: <http://www.ig.ufu.br/revista/caminhos.html>. Acesso em: 06 maio 2020.

TEIXEIRA, Cornélio Zampier. **Comportamento de Estacas Escavadas em Solos Colapsíveis**. 1993. 160 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Geotecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993. Disponível em:

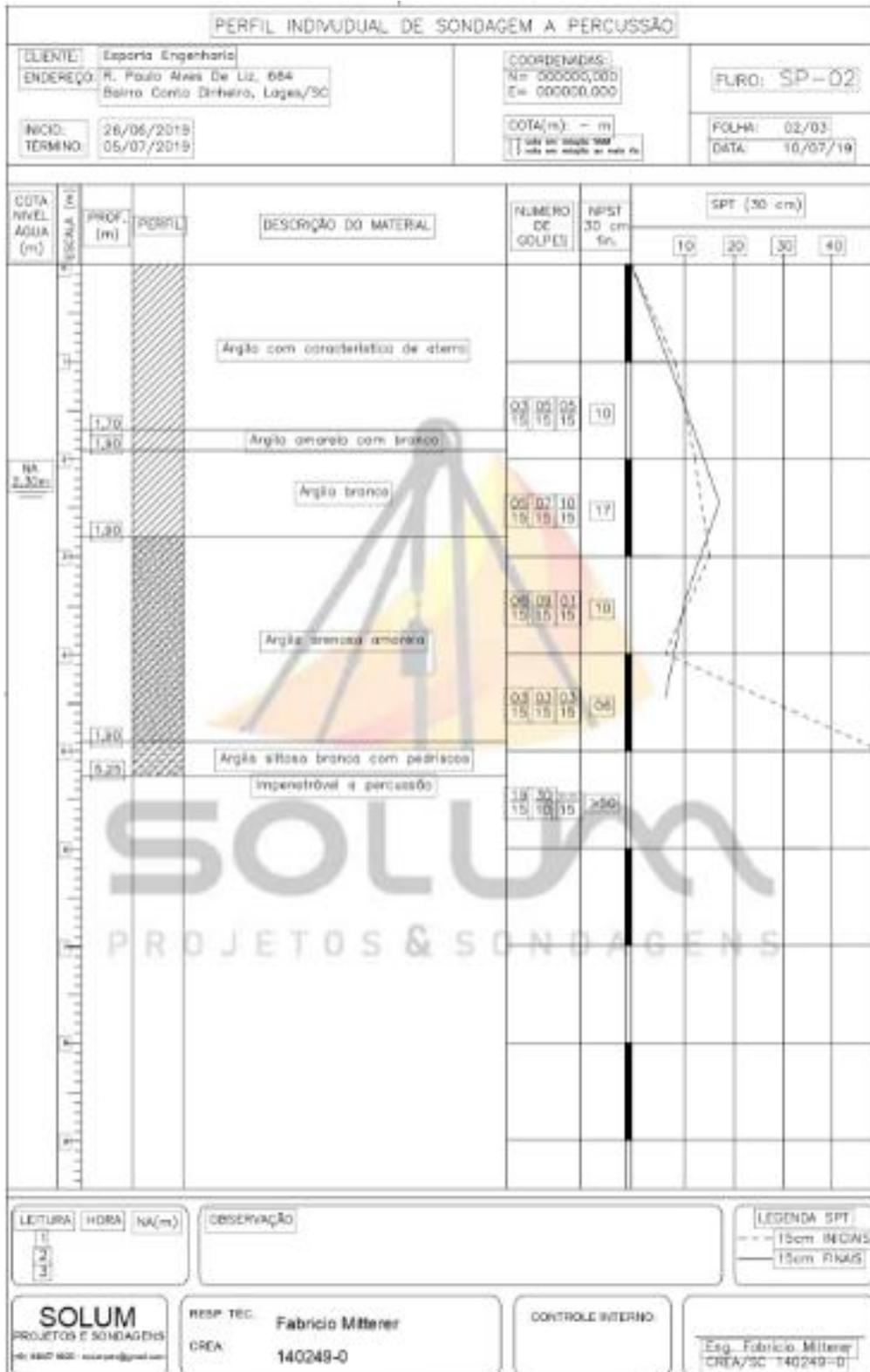
<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18132/tde-26082014-164105/publico/dissertacao.pdf>. Acesso em: 05 maio 2020.

6. ANEXOS

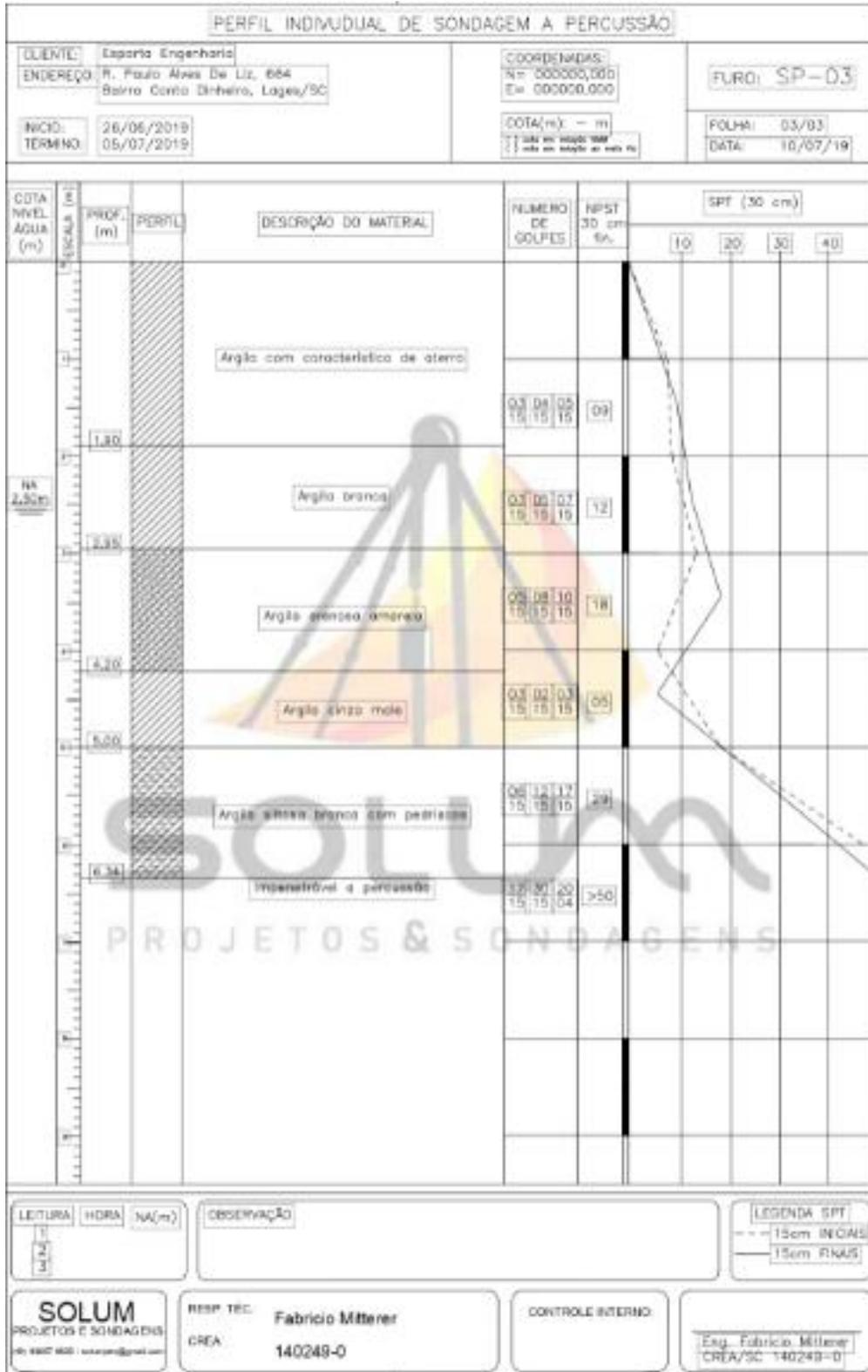
ANEXO 1 – SP-01 – CONTA DINHEIRO



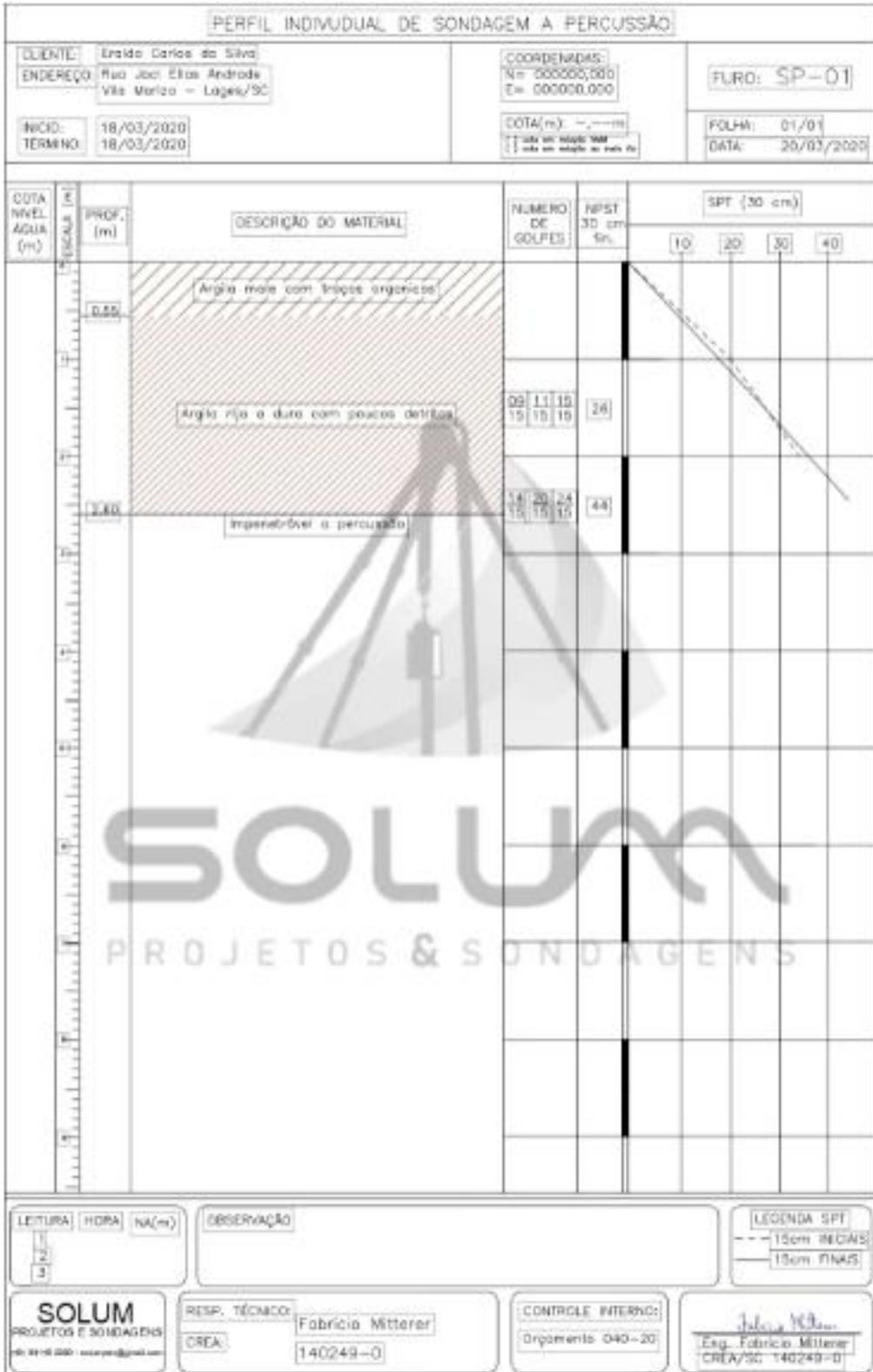
ANEXO 2 – SP-02 – CONTA DINHEIRO



ANEXO 3 – SP-03 – CONTA DINHEIRO



ANEXO 4 – SONDAGEM VILA MARIZA



ANEXO 5 – SONDAAGEM CORAL

