



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE – UFCG
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS – CTRN
UNIDADE ACADÊMICA DE MINERAÇÃO E GEOLOGIA – UAMG
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE MINAS**

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO: SONDADEM GEOTÉCNICA
PARA ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE ENGENHARIA, EXECUTADA
PELA EMPRESA TERRA SOL ENGENHARIA GEOTÉCNICA**

CATHERINE IRINA PASCOAL GOUVEIA

**CAMPINA GRANDE-PB
2021**

CATHERINE IRINA PASCOAL GOUVEIA

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO: SONDAÇÃO GEOTÉCNICA
PARA ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE ENGENHARIA, EXECUTADA
PELA EMPRESA TERRA SOL ENGENHARIA GEOTÉCNICA**

Relatório de estágio supervisionado apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Minas da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito para obtenção do título de Engenheira de Minas.

Orientadora: Profa. Dr. Elissandra Moura Nascimento Lima.

**CAMPINA GRANDE-PB
2021**

CATHERINE IRINA PASCOAL GOUVEIA

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO: SONDAGEM GEOTÉCNICA
PARA ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE ENGENHARIA, EXECUTADA
PELA EMPRESA TERRA SOL ENGENHARIA GEOTÉCNICA**

Relatório de estágio supervisionado apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Minas da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito para obtenção do título de Engenheira de Minas.

APROVADO EM: 19/11/2021

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dr. Elissandra Moura Nascimento Lima

(Universidade Federal de Campina Grande – Orientadora)

Prof. Dr. Iuri Borges de Moura Aquino

(Universidade Federal de Campina Grande – Examinador interno)

Prof. Dr. Carlos Mario Echeverri

(Universidade Federal de Campina Grande – Examinador interno)

Aos meus pais, Marcelina dos Anjos
Pascoal Gouveia e Joaquim João
Gouveia, e aos meus irmãos, pelo
incentivo, inspiração e apoio,
Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente a minha família, por todo apoio em todas as minhas escolhas, referentemente a minha trajetória acadêmica.

A empresa TERRA SOL ENGENHARIA GEOTÉCNICA, pela oportunidade, e a todos o funcionário com os quais tive a experiência de trabalhar.

Agradeço a minha orientadora, Elissandra Moura, pelo apoio, e a todos o membro da banca, por se disponibilizarem a estar presente.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Representação de Boletim de Sondagem a Trado.	14
Figura 2. Equipamentos para sondagem a percussão com ensaio SPT	16
Figura 3. Esquema da Sondagem à Percussão - SPT.	17
Figura 4. Representação de Boletim de Sondagem SPT.	19
Figura 5. Classificação da rocha quanto ao grau de alteração	23
Figura 6. Classificação da rocha quando ao Grau de Fraturamento.....	23
Figura 7. Classificação da rocha quanto ao grau de coerência	24
Figura 8. Classificação da rocha quanto as características das discontinuidades ...	24
Figura 9. Classificação da rocha quanto ao RQD.....	25
Figura 10. Gráfico para determinação da profundidade da sondagem	27
Figura 11. Localização do Porto do Itaqui, e dos taludes sondados.....	29
Figura 12. Representação da crista e base de talude.	30
Figura 13. Registro da atividade de sondagem SPT no Porto do Itaqui.	30
Figura 14. Coleta de amostra indeformada para ensaios geotécnicos em laboratório.	31
Figura 15. Registro da execução de sondagem rotativa no porto do Itaqui.	31
Figura 16. Caixa de testemunho de sondagem rotativa no Porto de Itaqui.....	32
Figura 17. Execução de sondagem SPT, para projeto de construção de reservatório da CAERN, no Município de Natal-RN	33
Figura 18. Localização da encosta de Belo Horizonte.....	34
Figura 19. Testemunhos de sondagens coletados em Belo Horizonte.	35
Figura 20. Boletim de Sondagem mista de Belo Horizonte.	36
Figura 21. a) Execução da sondagem SPT, no Condomínio Bosque das Orquídeas, em João Pessoa-PB; b) Execução da sondagem a percussão na BR 405, São João do Rio do Peixe-PB.....	37
Figura 22. a) Execução da sondagem a percussão, no município de Desterro PB; b) Execução da sondagem a percussão para obras de engenharia em terreno pertencente ao Complexo Beira Rio, em João Pessoa-PB.....	37

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	9
1.1	Apresentação da empresa e do estágio.....	9
2	OBJETIVO.....	10
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	11
3.1	Sondagem para reconhecimento de solos e rochas.....	11
3.1.2	Sondagem à Trado.....	11
3.1.3	Sondagem à Percussão com ensaio SPT (Standart Penetration Test) ...	15
3.1.4	Sondagem Rotativa.....	20
3.2	Plano de Sondagem.....	25
4	ATIVIDADES DESENVOLVIDAS.....	27
4.1	Descrição das atividades desenvolvidas.....	28
4.1.2	Sondagens no Porto do Itaquí.....	28
4.1.3	Sondagens para a Companhia de Água e Esgoto do Rio Grande do Norte (CAERN).....	33
4.1.4	Sondagens para Prefeitura de Belo Horizonte.....	34
4.1.5	Serviços particulares de sondagens.....	37
5	CONCLUSÃO.....	38
6	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	39

1 INTRODUÇÃO

Em todo projeto de engenharia que envolva a geotecnia, a investigação do subsolo é a etapa mais importante para a aquisição dados indispensáveis para a avaliação de projetos.

Existem diversas áreas da engenharia geotécnica que requerem um estudo do estado do subsolo. Segundo SILVA, 2019 apud MAÍCA *at. al.*, 2020, qualquer obra de engenharia que visa a edificação ou implementação de alguma estrutura, direcionam-se os esforços produzidos e recebidos pela estrutura, para o terreno no qual se encontra localizada. Em projeto de análise de estabilidade de taludes, diversos parâmetros do solo precisam ser testados e avaliados, a partir de ensaios em laboratório e *in situ*.

Desse modo, torna-se indispensável o conhecimento do solo e do subsolo, pois, a elaboração de projetos geotécnicos como os de análise de estabilidade, e definição de fundações em geral, exigem o conhecimento das características solo para que se possa prever o seu comportamento e avaliar a segurança e a viabilidade técnica quando se pretende submetê-lo a alguma solicitação.

A Sondagem geotécnica é um processo dentro da engenharia, que tem por finalidade obter informações sobre a superfície e subsuperfície de uma determinada área na terra, a partir da investigação por meio da coleta de amostras de solo e/ou rocha, ensaios *in situ* e análise de resultados.

Os métodos de sondagem para reconhecimento de solos e rocha, são orientados por normas técnicas, as quais definem parâmetros para realização de todo serviço de sondagem, desde as condições exigíveis para a sua realização, a aparelhagem necessária e o procedimento, até a disposição ou apresentação dos resultados.

1.1 Apresentação da empresa e do estágio

A empresa TERRA SOL ENGENHARIA GEOTÉCNICA encontra-se estabelecida na a Rua Rui Barbosa, nº 02, Centro Sousa-PB, CEP.: 58.800-080, e inscrita no CNPJ nº 25.194.700/0001-95. A mesma foi fundada em 2010, no interior

do Estado Da Paraíba, por meio da sociedade entre três amigos, engenheiros: Elidio Nunes Vieira, Danilo Dantas Pimentel e Lucas Figueiredo Alcindo.

A TERRA SOL ENGENHARIA GEOTÉCNICA tem como objetivo auxiliares os serviços de engenharia, tendo maior inclinação no ramo de engenharia geotécnica, com campo de atuação que abrange todas as regiões do Brasil. Dentre os serviços realizados na empresa têm-se:

- Sondagens;
- Projetos (pavimentos, geométricos e geotécnicos);
- Levantamento topográfico Aéreo;
- Ensaio Geotécnicos em Laboratório.

A empresa é formada por profissionais de diversas áreas e como diferentes níveis de experiência, nomeadamente dose Engenheiros Civis, uma Engenheira Ambiental, um Topógrafo, quatro Laboratoristas, um engenheiro mecânico, uma Engenheira de Minas, administradores, Sondadores e auxiliares.

O estágio foi realizado na empresa teve início no dia 01 de setembro de 2021, tendo duração até o dia 12 de novembro do mesmo ano, com carga horária de 25 horas semanais, totalizando uma carga horária total de 260 horas. As atividades foram direcionadas para a área de sondagem geológico-geotécnica pra reconhecimento de solos e rocha, por meio de métodos de sondagem SPT, sondagem à Trado e sondagem Rotativa

As atividades desenvolvidas no estágio contaram com acompanhamento de campo das atividades de sondagem para coleta de amostras deformadas e amostras indeformadas para ensaios geotécnicos em laboratório, classificação geológica de solos e rochas, elaboração de boletins de sondagem e elaboração de relatório técnico de investigação geotécnica, todas supervisionadas pelo Engenheiro Civil e Geotécnico Elidio Nunes Vieira.

2 OBJETIVO

O presente relatório tem como objetivo descrever as principais atividades desenvolvidas durante o estágio integrado supervisionado, realizado na empresa

Terra Sol Engenharia Geotécnica, além de fazer uma abordagem sobre as técnicas de Sondagem Geotécnicas de Reconhecimento de Solos e rocha.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Sondagem para reconhecimento de solos e rochas

As técnicas ou procedimentos de sondagem podem ser divididos em diretas, semidiretas e indiretas. Os métodos diretos, consistem em coletar e observar de forma direta, as amostras de solo. As técnicas semidiretas, possibilitam observar o solo, porém sem coleta de amostras. Por fim, as metodologias indiretas, não permitem observar diretamente o solo, mas as suas informações são possíveis de serem extraídas a partir de métodos geofísicos (SILVA 2019, apud MAÍCA et al., 2020). Vale salientar que nas técnicas diretas, esse procedimento pode ser realizado de forma manual ou mecanizado.

No presente trabalho, serão abordados procedimento de sondagem a partir de métodos diretos, com sistemas manuais e mecanizados, nomeadamente as sondagens à trado, sondagem SPT e sondagem rotativa.

3.1.2 Sondagem à Trado

O estudo geológico geotécnico a partir de sondagens à trado, consiste na coleta de amostras deformadas, que servem de subsidio tanto para a identificação de horizontes do terreno, como para a realização de ensaios geotécnicos em laboratório. Além desta função, dentre as principais informações que se podem obter a partir da sondagem à trado, destacam-se determinação da profundidade em que se encontra o nível de água ou nível potenciométrico, e a profundidade em que se encontram maciços rochosas superficiais, ou matacões.

A realização da sondagem à trado é regida pela NBR 9603/2015, a qual fixa as condições exigíveis para investigação geológico-geotécnica, dentro dos limites impostos pelo equipamento e pelas condições do terreno.

Equipamento

A aparelhagem padrão para esse serviço consiste nos seguintes elementos principais:

- Trado cavadeira com diâmetro mínimo de 63,5 mm;
- Trado helicoidal com diâmetro mínimo de 63,5 mm;
- Cruzetas, Hastes e Luvas de aço com diâmetro mínimo de 25 mm;
- Chave de grifo;
- Medidor de nível de água;
- Recipientes para amostras;
- Fita colante;
- Saco plástico e de lona;
- Etiquetas para identificação;
- Ponteira constituída por peça de aço terminada em bisal, com 63 mm de largura e comprimento mínimo de 200 mm.

Procedimento

De acordo com a NBR 9603/2015, a sondagem deve ser iniciada com o trado cavadeira, que funciona como um amostrador de solo, utilizando uma ponteira para desagregação de terrenos duros ou compactos sempre que necessário. A utilização do trado helicoidal torna-se necessária, quando o avanço com trado cavadeira se tornar difícil.

Alguns fatores podem dificultar o avanço da perfuração com o trado. São eles: a presença de cascalhos, matacão ou rocha. Uma vez que este tipo de sondagem é destinado para ser realizada em solos, quando o avanço se torna difícil, é importante de verificar a possibilidade de se tratar de cascalho, matacão ou rochas. Em caso de se tratar de uma camada de cascalho, faz-se uma tentativa de avanço com uma ponteira. Já em caso de se tratar de rocha ou matacão, a sondagem é dada por encerrada, pois, tais condições colocam em risco a integridade do equipamento.

De modo geral, a sondagem a trado é dada por encerrada nos seguintes casos:

- a) quando atingir a profundidade especificada na programação dos serviços;
- b) quando ocorrerem desmoronamentos sucessivos da parede do furo;

- c) quando o avanço do trado ou ponteira for inferior a 50 mm em 10 minutos de operação contínua de perfuração.

Durante a perfuração, é importante se atentar ao aumento aparente da umidade do solo, visto que pode ser um indício da presença próxima de nível de água. Em caso de se atingir o nível de água, interrompe-se a operação de perfuração, anotando-se a profundidade e passa-se a observar a elevação do nível d'água no furo, efetuando-se leituras a cada 5 minutos, durante 30 minutos.

A norma, também dispõe sobre como os resultados devem ser apresentados em relatório. Segundo a mesma, os resultados devem ser apresentados em relatórios numerados, datados e assinados por um responsável técnico, no qual deve conter a descrição do método, planta do local da obra com a representação das sondagens realizadas (croqui de locação dos pontos de sondagem), e o desenho contendo o perfil individual em cada sondagem realizada (figura 1), que pode estar disposto na forma de boletins.

Figura 1. Representação de Boletim de Sondagem a Trado.

PERFIL DE SONDAAGEM À TRADO (NBR 9603/15)					
CLIENTE: Pomal Construtora			SONDAAGEM À TRADO ST-05		
OBRA: Controle Tecnológico de Solo-Itaporanga/PB			INÍCIO: 01/11/2021 TÉRMINO: 01/11/2021		
LOCAL: Município de Itaporanga-PB			COTA: 319 m COORD. N: 9.192.012.1476 E: 590.215.0147		
NÍVEL D'ÁGUA	AVANÇO	INTERPRETAÇÃO GEOLOGICA	PERFIL GEOLOGICO	PROFUNDIDADE DA CAMADA (m)	DESCRIÇÃO DO MATERIAL
N.A. = SECO	TC			1,50	SILTE POUCO ARENOSO, MICÁCEO, NÃO PLÁSTICO, COM DETRITOS VEGETAIS E FRAGMENTOS DE ROCHA ALTERADA, VARIEGADO (VERMELHO, MARROM E CINZA), DE ORIGEM RESIDUAL (S.A.R)
	1,50				LIMITE DE SONDAAGEM Furo paralisado conforme descrito no item 5.1.9 a) da norma NBR 9603:2015 - SONDAAGEM A TRADO.
OBS.:					
LEGENDAS: A - TERRO - A - SOLO ALUVIONAR - SA - SOLO COLUVIONAR - SC - SOLO FLUVIAL - SF - SOLO MARINHO - SM - SOLO RESIDUAL - SR					
		FOLHA: 01	TRABALHO N°:	DESENHISTA: Catherine Gouveia	RESPONSÁVEL: 
		ESCALA: 1/100	DATA: 05/11/2021	SONDADOR: Francisco	Eng. Elcio Nunes Vieira - CREA: 260871477-3
<small> ♦ Rua Rur Barbosa, nº 02, sala 103, Centro, Siqueira, PB, CEP: 53.800-030 ♦ www.terraSolengenharia.com.br ♦ contato@terraSolengenharia.com.br ♦ (71) 97655-0254 ♦ (53) 90853-0507 ♦ (53) 90874-5051 ♦ </small>					

Fonte: Catherine Gouveia, 2021.

3.1.3 Sondagem à Percussão com ensaio SPT (Standart Penetration Test)

O ensaio SPT é realizado com o objetivo de se medir a resistência do solo ao longo da profundidade perfurada. De acordo com HACHICI et al, 1998, ao se realizar ensaio, pretende-se conhecer o tipo de solo, retirando a cada metro de amostra deformada, a resistência (NSPT) oferecida pelo solo à cravação do amostrador padrão e a posição do nível d'água encontrado durante a perfuração.

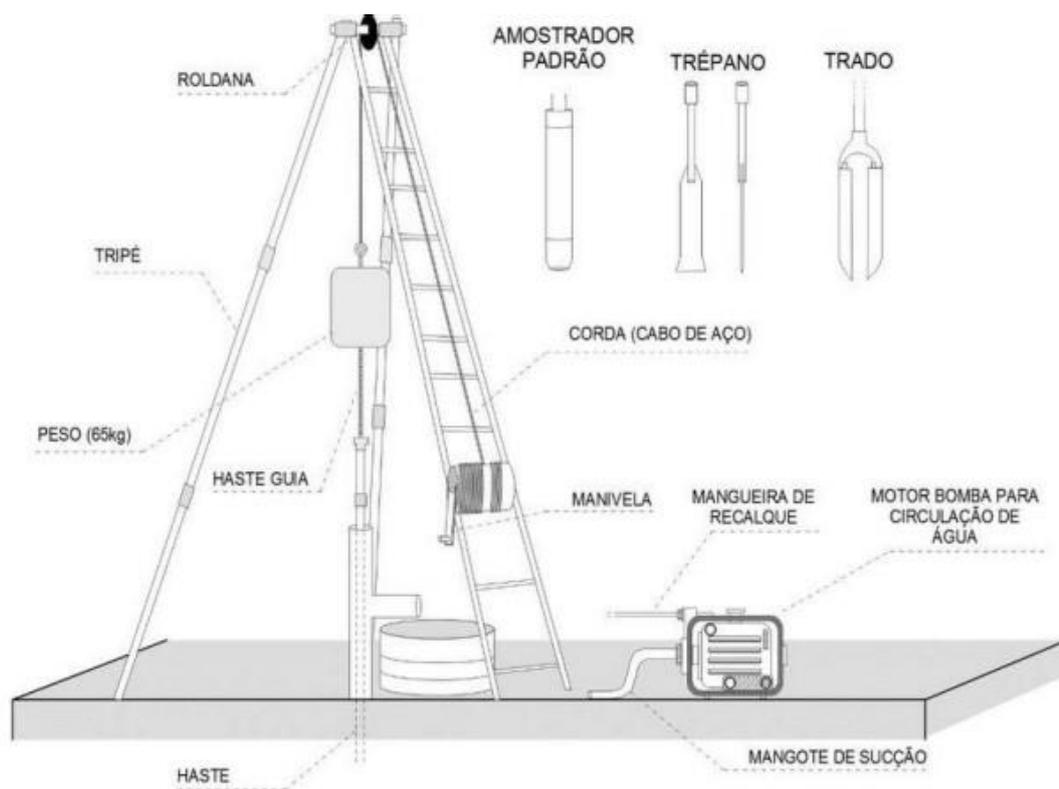
Este tipo de sondagem pode ser realizado de forma manual, ou mecanizada, e no Brasil, tem o seu procedimento definido pela norma da ABNT NBR 6484 - Sondagem de simples reconhecimento com SPT — Método de ensaio.

Equipamento

De acordo com a NBR 6484, os componentes do equipamento do sistema manual devem contar com os seguintes elementos:

- torre com roldana, moitão e corda;
- tubos de revestimento;
- hastes de perfuração/cravação;
- trado-concha ou cavadeira manual;
- trado helicoidal;
- trépano/peça de lavagem;
- amostrador-padrão;
- cabeça de bater;
- martelo padronizado;
- baldinho para esgotar o furo;
- medidor de nível de água;
- metro de balcão ou trena;
- recipientes para amostras;
- bomba d'água centrífuga motorizada;
- caixa d'água ou tambor com divisória interna para decantação;
- ferramentas gerais necessárias para a operação.

Figura 2. Equipamentos para sondagem a percussão com ensaio SPT



Fonte: Adaptação, Higashi (2016).

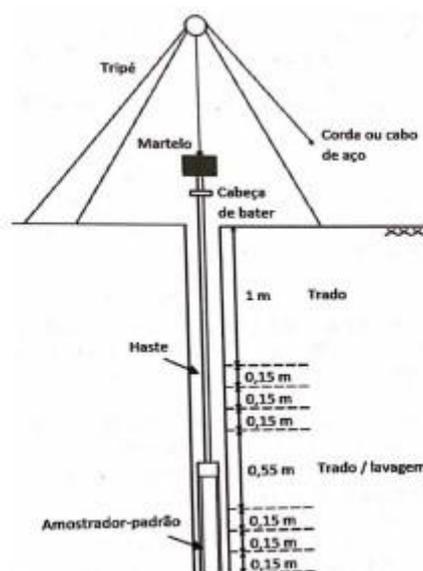
Procedimento

O procedimento metodológico de perfuração consiste em realizar as seguintes etapas:

- 1 O furo é inicialmente executado com o trado concha até a profundidade de 1 metros ou até onde for possível;
- 2 Utiliza-se o trado helicoidal até o nível freático ou até atingir o impenetrável ao trado;
- 3 Passa-se a ser utilizado o avanço a percussão com circulação d'água (lavagem) onde é utilizado o trépano como ferramenta de escavação, com utilização de revestimento obrigatoriamente;
- 4 Mantém-se o sistema de circulação de água a 30 cm do fundo das perfurações

- 5 O movimento de rotação do hasteamento durante a ação do trépano deve ser impressa;
- 6 Todos os detritos pesados (não carregados com circulação com a circulação de água) vão sendo retirados com bomba-balde (baldinho);
- 7 Todas as transições das camadas são registradas a partir da observação do material coletado no amostrador ou trazido a superfície pela água de lavagem.

Figura 3. Esquema da Sondagem à Percussão - SPT.



Fonte: Adaptação MAÍCA et al., 2020.

De acordo com a norma, a sondagem é dada como encerrada quando se atinge a profundidade especificada na programação dos serviços, quando ocorre a condição de impenetrabilidade, ou quando prevista a continuidade da sondagem por rotativa.

Quanto a amostragem, a NBR 6484 estabelece que deve ser coletada, para exame posterior, uma parte representativa do solo colhido pelo trado durante a perfuração até 1 m de profundidade, procurando identificar a espessura da camada com presença significativa de raízes quando for o caso. A cada metro de perfuração, a partir de 1 m de profundidade, devem ser colhidas amostras dos solos por meio do amostrador-padrão, com execução de SPT. O amostrador-padrão, conectado à composição de cravação, deve descer livremente no furo de sondagem até ser apoiado suavemente no fundo, devendo-se cotejar a profundidade correspondente

com a que foi medida na operação anterior. Após o posicionamento do amostrador-padrão conectado à composição de cravação, coloca-se a cabeça de bater e, utilizando-se o tubo de revestimento como referência (ou outro referencial), marca-se na haste um comprimento de 45 cm divididos em três segmentos iguais de 15 cm. O martelo é elevado até a altura de 75 cm, marcada na haste-guia, realiza-se a cravação do amostrador-padrão até completar os 45 cm de penetração por meio de impactos sucessivos do martelo padronizado caindo livremente de uma altura de 75 cm, anotando-se, separadamente, o número de golpes necessários à cravação de cada segmento de 15 cm do amostrador-padrão.

Índice de Resistência a Penetração – Nspt

De acordo com a NBR 6484, o Nspt é dado pela soma do número de golpes necessários a penetração dos 30 cm finais do amostrador padrão no Standard Penetration Test.

Os valores de NSPT obtidos no ensaio de penetração, podem ser utilizados, dentre outras aplicações, para estimar parâmetros importantes do solo, em profundidade, tais como a compacidade relativa, o peso específico, o ângulo de atrito interno, a resistência não drenada de argilas, o módulo de variação volumétrica, o coeficiente de compressibilidade, a capacidade de carga do terreno, a tensão admissível de fundações diretas e a previsão de recalques em areias, por meio de métodos semi-empíricos e empíricos (SANTOS, 2017).

Classificação das amostras coletadas

Após a realização do ensaio e da amostragem, é feita a caracterização tátil visual das amostras coletadas, e elabora-se o perfil geológico-geotécnico das sondagens realizadas, a qual deve ser representado em boletins (figura 4), contendo, características como granulometria, cor, tipo e origem do solo, além da resistência do solo, dada pelo Nspt.

A NBR7250/1982 que trata da Identificação e descrição de amostras de solos obtidas em sondagens de simples reconhecimento dos solos, relaciona a classificação dos solos com o índice de resistência a penetração da seguinte maneira:

Tabela 1. Classificação de solos de acordo com o Nspt

Solo	Índice de resistência à penetração	Designação
Areia e Silte arenoso	< 4	Fofa (o)
	5 a 8	Pouco compacta (o)
	9 a 18	Medianamente compacta
	19 a 40	Compacta (o)
	> 40	Muito compacta
Argila e Silte argiloso	< 2	Muito forte
	3 a 5	Mole
	6 a 10	Média (o)
	11 a 19	Rija (o)
	>19	Dura (o)

3.1.4 Sondagem Rotativa

Para estudo geotécnico, as sondagens de reconhecimento pelo método rotativo são realizadas para investigação de materiais rochosos, ou solos que apresentam altas resistências, que atendem o critério de paralização das sondagens à percussão.

A realização das sondagens rotativas para fins de investigação geotécnica é parametrizada por normas técnicas, como a do DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (DNER), as quais definem o procedimento de sondagem, os equipamentos requeridos, a amostragem e condicionamento dos testemunhos, além da apresentação dos resultados da sondagem.

Equipamento

Dentre os elementos que compõem o equipamento da sondagem rotativa, destacam:

- **Hastes de perfuração:** necessárias para o avanço da sondagem, e conduzem no seu interior o fluido para refrigeração das peças de corte. As hastes apresentam nomenclaturas que correspondem aos diversos tamanhos e diâmetros interno e externo padronizados, como EW, AW, BW, NW e HW;
- **Revestimento:** usados normalmente em rochas porosas, alteradas ou fraturadas, para impedir o fechamento do furo, e impedir a perda da água de circulação. Os revestimentos apresentam tamanhos de diâmetros também padronizados;
- **Barrilete amostrador:** instrumento constituído por um ou dois tubos de aço, com adaptação de peças cortantes, incrustadas de diamantes ou metal duro para o corte da rocha. Nele, o testemunho é recolhido em um tubo, e segurado por meio de uma mola mecânica;
- **Coroas e alargadores para barrilete:** estas ferramentas são acopladas aos barriletes, e têm a função de cortar a rocha, ou formações duras. As coroas podem ser de diamante, vídia ou outro material apropriado, dependendo do material a ser perfurado. Esta ferramenta apresenta tamanho e dimensões padronizadas, com denominações correspondentes.

Procedimento

De acordo com a norma do DNER-PRO 102/97, a sonda rotativa deve ser instalada em uma plataforma plana e escavada, ou preparado no terreno, estando firmemente ancorada, de forma evitar ou minimizar a transmissão de suas vibrações para a composição do tubo de sondagem.

A escolha do diâmetro inicial, depende da obra a ser realizada. Genericamente, diâmetros maiores, garantem uma melhor recuperação do testemunho, e conseqüentemente, melhores informações sobre o estado in situ da rocha.

A determinação do nível do lençol freático, é uma das informações de extrema relevância para projetos de engenharia. A norma do DNER estabelece que em caso

de se encontrar lençol artesiano, devem ser registrados seus níveis estáticos e dinâmicos, e medir a sua vazão, após estabilização.

Quanto ao ângulo de inclinação do furo de sondagem, o mesmo deve ser medido em relação ao eixo vertical descendente, devendo haver um controle da inclinação do furo em intervalos regulares de perfuração.

Durante a perfuração, é imprescindível se anotar quaisquer transições da camada, seja por meio de avaliação visual, ou pela mudança de coloração do fluido de perfuração. Anomalias como perda de água de circulação, fendas, fissuras e dentre outras, devem ser anotadas e referidas a profundidade correspondente.

Classificação Geológico-Geotécnica dos Testemunhos de Sondagem

A classificação geológica dos testemunhos de sondagem pode ser feita macroscopicamente, fazendo-se uma classificação litológica, e quando solicitado, deve-se fazer uma descrição microscópica em lâmina fina, ou microscópio polarizante, afim de se definir a natureza do material de preenchimento das fendas.

Os elementos geológicos que precisam ser identificados e classificados são: o grau de alteração, o RQD (designação qualitativa da rocha), o grau de faturamento o grau de coerência, a classificação das discontinuidades principais e inclinação das discontinuidades.

Grau de alteração: relaciona-se ao restado de preservação da rocha dada a influência da ação de fenômenos físico-químicos sobre o maciço.

RQD: índice quantitativo proposto por Deere (1963) para descrever a qualidade do maciço rochoso. O mesmo quantifica a qualidade das rochas obtidas nos testemunhos de sondagens. Este método fundamenta-se na porcentagem de recuperação, levando em consideração apenas partes do testemunho que tenham mais que 10 cm de comprimento (WOLPP, 2018).

Grau de faturamento: é determinado a partir da quantidade de fraturas que uma rocha apresenta em uma determinada direção. Nesse caso não se consideram fraturas provocadas pelo processo de perfuração.

Grau de coerência: está relacionado a características físicas, tais como a resistência ao impacto, ao risco e a friabilidade.

Classificação das descontinuidades: fornece a indicação do plano das descontinuidades.

Figura 5. Classificação da rocha quanto ao grau de alteração

Símbolo	Grau de alteração	Características
A.0	Rocha sã ou praticamente sã	Aspectos sadio ou leve alteração hidrotermal. As fraturas podem apresentar sinais de oxidação.
A.1	Rocha pouco alterada	Perda do brilho dos minerais constituintes, juntas oxidadas ou levemente alteradas.
A.2	Rocha medianamente alterada	Significantes porções de rocha mostram-se descoloridas ou oxidadas e apresentam sinais de intemperismo (mudanças químicas e microfissuração)
A.3	Rocha muito alterada	Toda a rocha apresenta-se descolorida ou oxidada, cristais alterados e fissurados.
A.4	Rocha extremamente alterada	Rocha decomposta, friável, textura e estruturas preservadas.

Figura 6. Classificação da rocha quanto ao Grau de Fraturamento

Rocha	Símbolo	Número de fraturas por manobra
Pouco fraturada	F1	1 - 5
Medianamente fraturada	F2	6 - 10
Muito fraturada	F3	11 - 20
Extremamente fraturada	F4	> 20
Em fragmentos	F5	Torrões em pedaços de diversos tamanhos

Figura 7. Classificação da rocha quanto ao grau de coerência

Rocha	Símbolo	Características
Muito coerente	C1	a) Quebra com dificuldade ao golpe do martelo. b) O fragmento possui bordas cortantes que resistem ao corte por lâmina de aço. c) Superfície dificilmente riscada por lâmina de aço.
Coerente	C2	a) Quebra com relativa facilidade ao golpe do martelo. b) O fragmento possui bordas cortantes que podem ser abatidas pelo corte com lâmina de aço. c) Superfície riscável por lâmina de aço.
Pouco coerente	C3	a) Quebra facilmente ao golpe do martelo. b) As bordas do fragmento podem ser quebradas pela pressão dos dedos. c) A lâmina de aço provoca um sulco acentuado na superfície do fragmento.
Friável	C4	a) Esfarela ao golpe do martelo. b) Desagrega pela pressão dos dedos.

Figura 8. Classificação da rocha quanto as características das discontinuidades

Denominação	Características		
Aberta	Sem preenchimento	Regularidade	Plana Curva Irregular
		Aspereza	Espelhada Lisa Rugosa
	Com preenchimento		
Fechada	Superfície de decomposição		Plana Curva Irregular
Cimentada			

Denominação	Inclinação
Horizontal	0 ° a 10 °
Subhorizontal	10 ° a 20 °
Inclinada	20 ° a 70 °
Subvertical	70 ° a 80 °
Vertical	80 ° a 90 °

Figura 9. Classificação da rocha quanto ao RQD

Qualidade da rocha	RQD (%)
Muito pobre	0 a 25
Pobre	25 a 50
Regular	50 a 75
Boa	75 a 90
Excelente	90 a 100

3.2 Plano de Sondagem

Anteriormente a qualquer procedimento de sondagem, é de extrema relevância o planejamento do serviço a ser realizado. A locação dos pontos de sondagem deve considerar a demanda do projeto a ser executado.

No caso de projetos em que a estrutura já é existente, como no caso de projetos de estabilidade de taludes, a quantidade, profundidade e locação das sondagens é feita de modo que a investigação consiga trazer informações que representem a estrutura e principalmente os seus pontos mais críticos.

Para os casos em que a estrutura ainda não existe, ou se encontra em fase de estudos preliminares ou de planejamento, o número e a locação das sondagens, dependerá do tipo de estrutura a ser edificada, suas características especiais, e as condições geotécnicas do subsolo.

No Brasil, a norma que define a programação das sondagens para edificações é a NBR 8036-Programação de sondagens de simples reconhecimento de solos para

fundações e edifícios-, e a mesma estabelece que o número de sondagens deve ser suficiente para fornecer um quadro, o melhor possível, a provável variação das camadas do subsolo do local em estudo.

Quantidade

A definição da quantidade de furos com base na norma depende da área projetada em planta. Em quaisquer circunstâncias, o número mínimo de sondagem deve ser:

- Duas para área projetada em planta até 200 m²;
- Três para área entre 200 m² e 400 m²;

Profundidade

A profundidade a ser explorada, para efeito de projeto geotécnico, depende do tipo de edifício, das características da estrutura, das suas dimensões em planta, da forma da área carregada e das condições geotécnicas e topográficas do local. Como guia para estimativa da profundidade a ser explorada, é usado o ábaco (ver figura 10), onde:

q= pressão média sobre o terreno

γ= peso específico médio estimado para os solos ao longo da profundidade

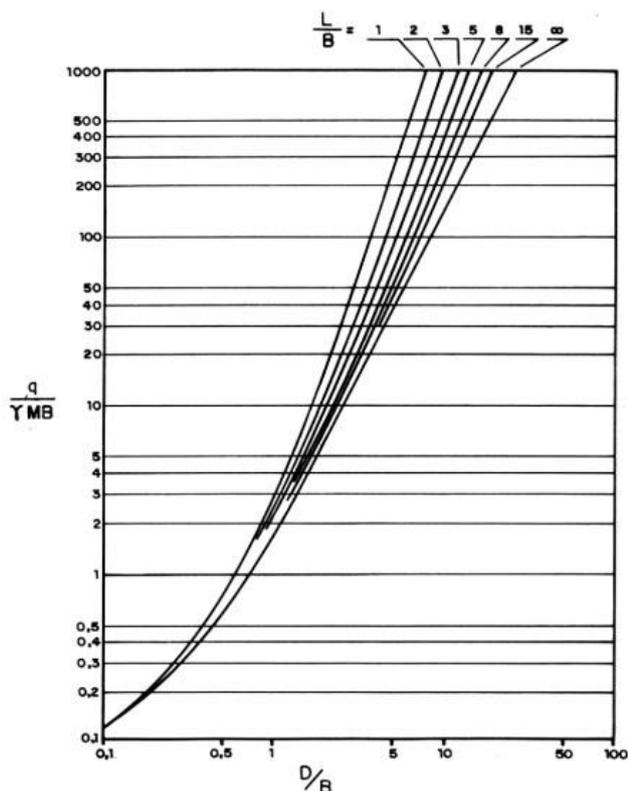
M= 0,1

B= menor dimensão do retângulo circunscrito à planta da edificação

L= maior dimensão do retângulo circunscrito à planta da edificação

D= Profundidade da sondagem.

Figura 10. Gráfico para determinação da profundidade da sondagem



Fonte: ABNT, NBR 8036.

4 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

De acordo com o plano de estágio pré-estabelecido, as atividades desenvolvidas contaram com:

- ✓ Classificação Geológica de Solos e Rochas;
- ✓ Elaboração de Boletins de Sondagem;
- ✓ Elaboração de Relatórios de Investigação Geotécnica;
- ✓ Ensaio Laboratoriais de Caracterização de Solos e Rochas;
- ✓ Revisão Bibliográfica.

As atividades realizadas durante o período de estágio na empresa Terra Sol Engenharia Geotécnica, foi de extrema relevância para a formação acadêmica da graduanda e contribuíram significativamente para o crescimento profissional, da mesma, tendo em vista que foi possível a aplicação prática de conteúdos teóricos aprendidos em sala de aula, além do desenvolvimento do senso de responsabilidade e trabalho em equipe.

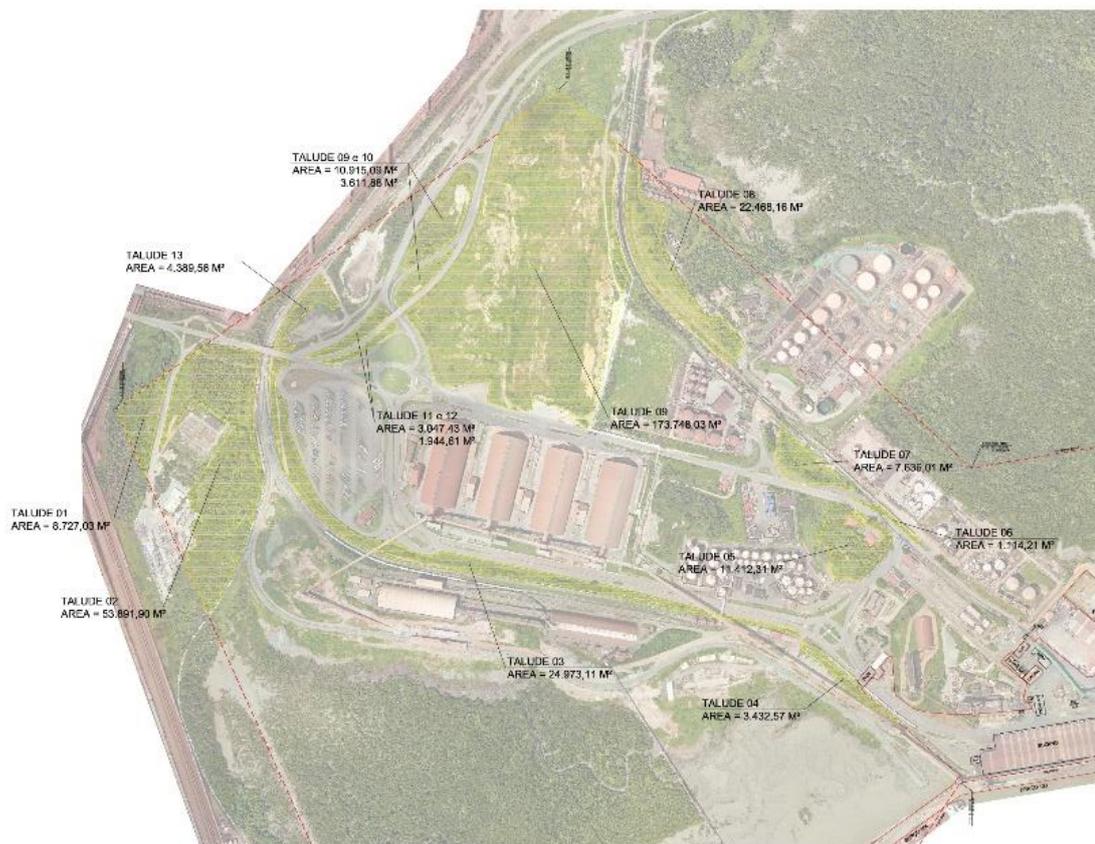
De forma mais específica, o estágio supervisionado na empresa Terra Sol Engenharia teve suas atividades concentradas em vários municípios brasileiros, localizados em várias regiões do país. Alguns serviços de sondagem contaram com acompanhamento de campo de forma direta, e outros contaram com o acompanhamento remoto da equipe de sondagem, e processamento das informações de campo em escritório.

4.1 Descrição das atividades desenvolvidas

4.1.2 Sondagens no Porto do Itaqui

O primeiro acompanhamento em campo durante o estágio foi realizado na Poligonal do Porto do Itaqui, no Município de São Luís, no estado do Maranhão. A Terra Sol Engenharia Geotécnica é a empresa contratada pela Empresa Maranhense de Administração Portuária (EMAP), para a realização de projeto de contenção de talude artificiais, presentes na poligonal e terminais externos do porto de Itaqui (figura 11). Para a realização do projeto conceitual, básico e executivos, é de fundamental importância o conhecimento do estado e das propriedades do solo, pois é a partir desse entendimento, que se determinam as possíveis soluções que garantirão a estabilidade e segurança dos taludes. Assim, foram realizadas sondagens a percussão do tipo SPT para compreender o perfil solo e a resistências das suas camadas (figura 13), sondagens à trado, para coleta de amostras deformadas, sondagem à pá e picareta para coleta de amostras indeformadas (figura 14), que servem de material para realização de ensaios geotécnicos em laboratório que terminam várias outras propriedades do solo, como é o caso do ensaio de limite de liquidez, CBR, compressão triaxial, cisalhamento direto, sedimentação, e dentre outros ensaios que determinam as propriedades do solo, além de sondagens mistas, que mescla a sondagem SPT e a sondagem rotativa (figura 15), quando se há a necessidade de prosseguir a sondagem após se atingir solos muito resistentes e rochas.

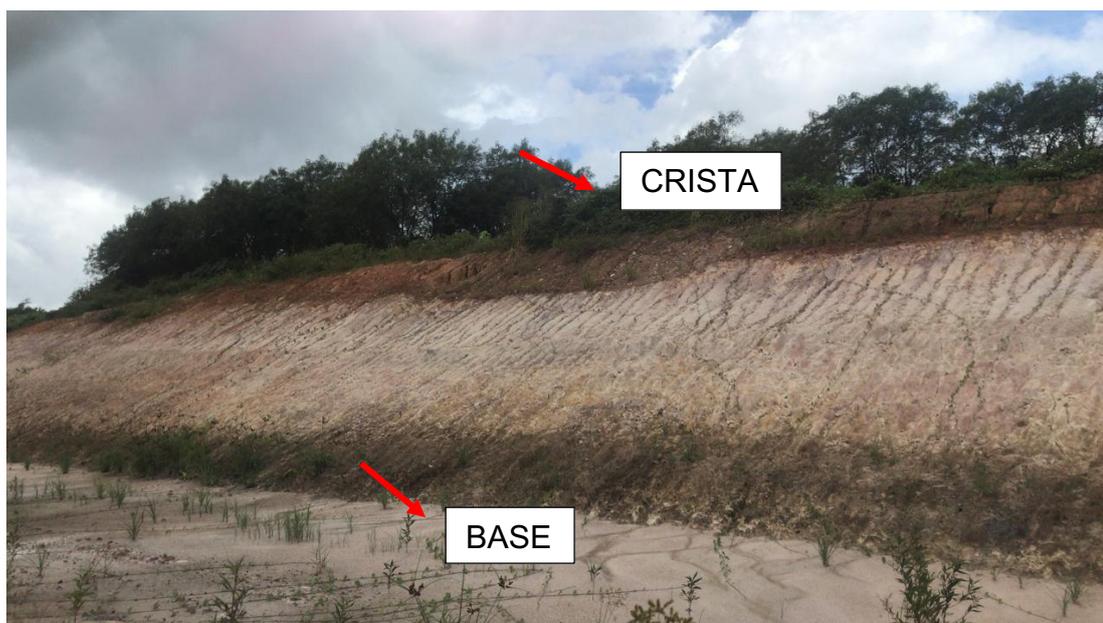
Figura 11. Localização do Porto do Itaqui, e dos taludes sondados.



Fonte: Autora, 2021.

Os pontos de sondagens realizadas foram definidos a partir de um plano de sondagem, o qual levou em consideração critérios definidos pelo cliente e pelo pessoal técnico responsável pela elaboração do projeto conceitual e básico de estabilização dos taludes. Assim, os pontos de sondagem foram locados na crista e na base dos taludes definidos (ver exemplo na figura 12), e tiveram suas quantidades e profundidades definidas pela quantidade de metros solicitados pela empresa contratante, e pela necessidade definida pelos projetistas, para definição de seções e elaboração de perfis geológico-geotécnicos.

Figura 12. Representação da crista e base de talude.



Fonte: Autora, 2021

Figura 13. Registro da atividade de sondagem SPT no Porto do Itaqui.



Fonte: Autora, 2021.

Figura 14. Coleta de amostra indeformada para ensaios geotécnicos em laboratório.



Fonte: Autora, 2021.

Figura 15. Registro da execução de sondagem rotativa no porto do Itaqui.



Fonte: Autora, 2021

Posteriormente as atividades de sondagem, e coleta de informações em campo, as amostras coletadas seguem para laboratório, onde são devidamente caracterizadas. Tal caracterização é realizada a nível tátil visual, onde se faz a descrição geológica de cada camada de solo ou rocha encontrada, além das descrições de características geotécnicas identificáveis em testemunhos de sondagem, como: grau de alteração, grau de faturamento, RQD, e etc. Com as amostras devidamente classificadas, são finalmente elaborados os laudos de sondagem, que servirão de apoio e trarão informações de extrema relevância para o avanço do projeto de contenção de taludes.

Os solos encontrados nos taludes do Porto de Itaqui, se caracterizam geologicamente como solos siltosos e argilosos, as vezes intercalados por camadas de areia, tendo solos de origem residual em camadas mais profundas, e solos de origem sedimentar em camadas mais superficiais. As camadas de rocha encontradas por meio da sondagem rotativa, caracterizaram-se como siltitos e argilitos, muito alterados e fraturados, como baixos valores de RQD, caracterizando rochas de baixa qualidade (figura 16).

Figura 16. Caixa de testemunho de sondagem rotativa no Porto de Itaqui.



Fonte: Autora, 2021.

4.1.3 Sondagens para a Companhia de Água e Esgoto do Rio Grande do Norte (CAERN)

A Terra Sol Engenharia Geotécnica é a empresa atualmente contratada para a realização de serviços de sondagem para estudo geotécnico em terrenos pertencentes a CAERN, localizados em vários municípios do Estado do Rio Grande do Norte. Os serviços contam com sondagens do tipo SPT e sondagem à trado, além de ensaios de absorção de solo *in situ*, as quais tinham como objetivo compreender as características do solo, para a edificação de estruturas como reservatórios e elevatórias para armazenamento.

Os serviços são sempre realizados de acordo com a liberação das ordens de serviço, a qual trás as informações do tipo de sondagem que se deseja realizar, quantidade e a profundidade dos furos, e a planta de locação das sondagens, com as devidas coordenadas, ou seja, nesse caso, a ordem de serviço já traz consigo o plano de sondagem.

Durante o estágio, a graduanda acompanhou a equipe de sondagem remotamente, orientando os sondadores de forma que realizassem as sondagens respeitando das normas vigentes, e trouxessem resultados para a elaboração dos laudos de sondagem. A mesma também realizou a classificação geológica das amostras de solo, a elaboração dos boletins de sondagem e o relatório técnico de investigação geotécnica.



Figura 17. Execução de sondagem SPT, para projeto de construção de reservatório da CAERN, no Município de Natal-RN

4.1.4 Sondagens para Prefeitura de Belo Horizonte

Os serviços de sondagem em para a prefeitura de Belo Horizonte tiveram como objetivo subsidiar a elaboração de projetos de contenção na “Pedreira Pitangui” no bairro Lagoinha (figura 18). Foram realizadas sondagens à trado (para coleta de amostra para realização de ensaios geotécnico em laboratório), sondagem SPT e sondagens mistas. As sondagens mistas envolvem a sondagem SPT para definição da resistência do solo, até se atingir o material impenetrável, que nesse caso foi a rocha, continuando-se com o método rotativo, que é mais indicado para rochas.

A graduanda foi responsável por classificar os testemunhos de sondagem (figura 19), elaborar boletins de sondagem mista (figura 20), e elaborar o relatório técnico de investigação geotécnica.

Figura 18. Localização da encosta de Belo Horizonte.



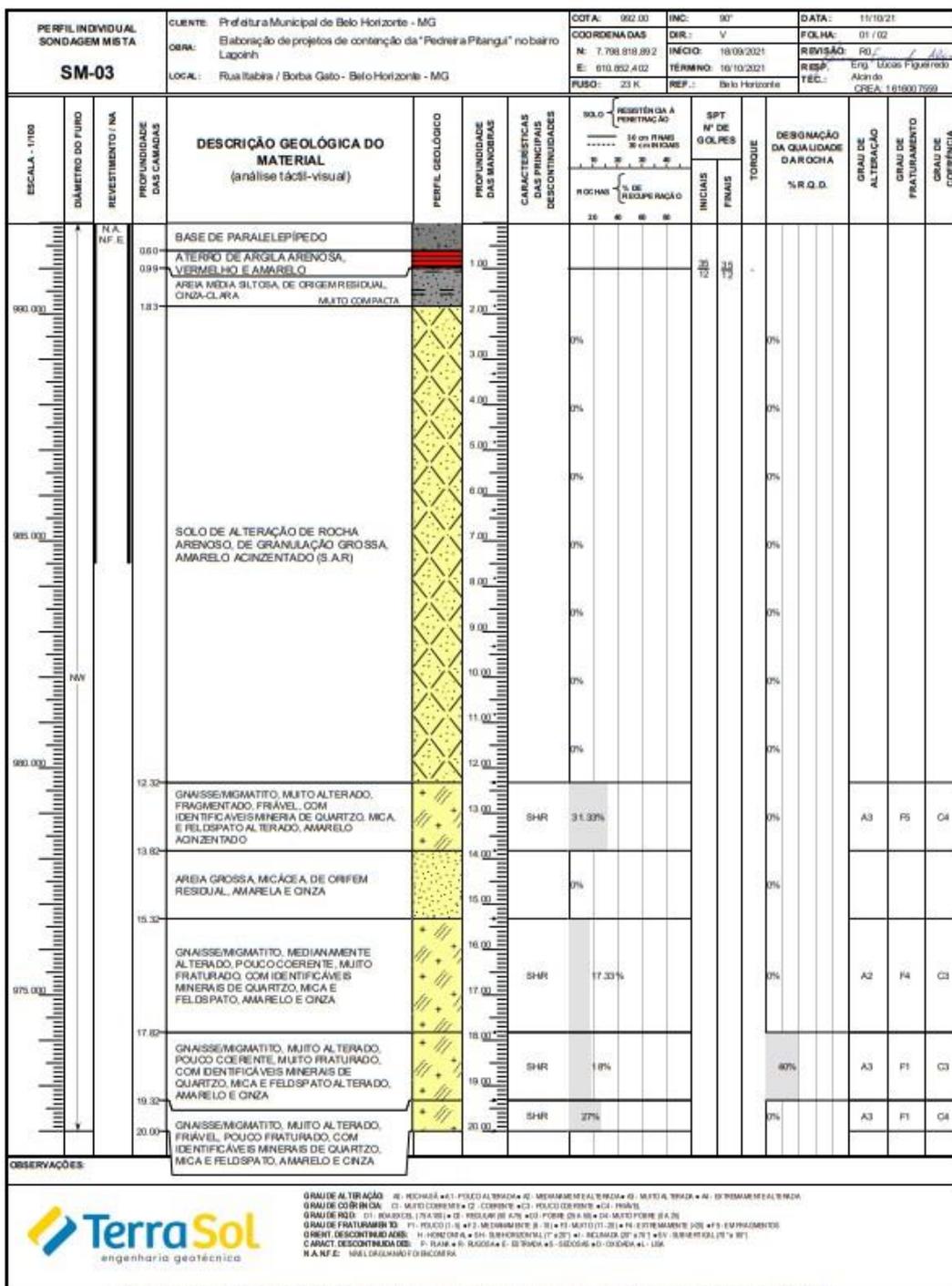
Fonte: Google Earth, 2021.

Figura 19. Testemunhos de sondagens coletados em Belo Horizonte.



Fonte: Autora, 2021.

Figura 20. Boletim de Sondagem mista de Belo Horizonte.



Fonte: Autora, 2021.

4.1.5 Serviços particulares de sondagens

Além dos serviços de sondagens para órgão públicos, por meio de contratos, a Terra Sol engenharia também realiza serviços de particulares. Durante o período de estágio, a graduanda acompanhou, sondagens para estudo geotécnico em locais projetados para a edificação de condomínios residenciais uni e multifamiliares, residências e estabelecimentos, os quais tinham como objetivo estudar as características do subsolo, para escolha mais apropriada da fundação para a construção dessas estruturas. Para tanto, a graduanda foi responsável por elaborar planos de sondagem, calcular a quantidade de furos e suas respectivas profundidades, a partir da planta do projeto do cliente, para atender as necessidades dos serviços, acompanhar equipes de sondagem, classificar amostras de solo, elaborar boletins de sondagem, e relatórios técnicos de investigação geotécnica.



Figura 21. a) Execução da sondagem SPT, no Condomínio Bosque das Orquídeas, em João Pessoa-PB; b) Execução da sondagem a percussão na BR 405, São João do Rio do Peixe.



Figura 22. a) Execução da sondagem a percussão, no município de Desterro PB; b) Execução da sondagem a percussão para obras de engenharia em terreno pertencente ao Complexo Beira Rio, em João Pessoa-PB.

5 CONCLUSÃO

O acompanhamento das atividades em campo durante o estágio foi de extrema relevância pra a formação acadêmica e profissional da graduanda, pois, através delas pôde associar os conhecimentos teóricos obtidos em sala de aula, sendo realizados de forma prática, e com peculiaridades que só experiência prática pode proporcionar.

Por meio das atividades de acompanhamento e orientação das equipes de sondagem, presencial e remotamente, a graduanda pôde desenvolver mais ainda a habilidade de trabalho em equipe, liderança, e sobretudo a habilidade técnica. Além do mais, foi possível compreender a necessidade de um senso de responsabilidade, que sempre é ensinado durante a graduação.

A realização das sondagens e o processamento das informações obtidas, que envolviam desde a classificação e elaboração de boletins de sondagem à realização de ensaios geotécnicos em laboratório, para finalmente definirem os parâmetros de projetos, auxilio significativamente no entendimento prático de conteúdos obtidos nas disciplinas de Mecânica das Rochas, Geologia Geral, Pesquisa Mineral, e Higiene e Segurança do Trabalho.

6 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9.603/2015: **Sondagem a trado-Procedimento**. Rio de Janeiro, RJ, 2020.

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

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7250: **Identificação e descrição de amostras de solo, obtidas em sondagens de simples reconhecimento de solos**, 1982.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8036: **Programação de sondagens de simples reconhecimento dos solos para fundações de edifícios - Procedimento**. 1983.

Departamento Nacional de Estradas: **Sondagem de reconhecimento pelo método rotativo-Procedimento**, DNER-PRO 102/97.

HACHICH, W.; FALCONI, F. F.; SAES, J. L.; FROTA, R. G. O.; CARVALHO, C. S.; NIYAMA, S. **Fundações: teoria e prática**. São Paulo: Pini, 1998

HIGASHI, R. A. R. **Notas de aulas**. UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina. Curso de graduação em Engenharia Civil. Florianópolis, 2016. 161p

MAÍCA, Vinício Marcelo de Oliveira et al. **Análise de Diferentes Metodologias de Sondagem Geotécnicas**. 6 p. Salão do Conhecimento, 2020.

SANTOS, M., D. **Correlações entre sondagem de simples reconhecimento e resultados de ensaios de campo (SPT, CPT, DP) para diferentes solos arenosos**. Programa de pós-graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal Do Espírito Santo. Vitória, 2017.

WOLPP, Luís Fernando de Lima: **Caracterização e Classificação Geomecânica de Taludes de Santa Helena Mineração Ltda**. 61 p. Trabalho de Conclusão de Curso- Centro Federal de educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET/MG, Araxá, 2018.