

CENTRO UNIVERSITÁRIO SAGRADO CORAÇÃO

LUCAS DE FARIA

ANÁLISE E DESCRIÇÃO DO SOLO DE BARRA BONITA, SP MEDIANTE ENSAIO  
DE SONDAÇÃO À PERCUSSÃO – SPT

BAURU

2021

LUCAS DE FARIA

ANÁLISE E DESCRIÇÃO DO SOLO DE BARRA BONITA, SP MEDIANTE ENSAIO  
DE SONDAGEM À PERCUSSÃO – SPT

Monografia de Iniciação Científica do curso de Engenharia Civil apresentada a Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação do Centro Universitário Sagrado Coração.

Orientador: Prof.º Dr. Norival Agnelli.

BAURU

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com  
ISBD

F224a	<p>Faria, Lucas de</p> <p>Análise e descrição do solo de Barra Bonita, SP mediante ensaio de sondagem à percussão – SPT / Lucas de Faria. -- 2021. 31f. : il.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. Norival Agnelli</p> <p>Monografia (Iniciação Científica em Engenharia Civil. Área de concentração: Geotecnia) - Centro Universitário Sagrado Coração - UNISAGRADO - Bauru - SP</p> <p>1. Solo. 2. Mecânica dos solos. 3. Ensaio de sondagem SPT. 4. Índices físicos. I. Agnelli, Norival. II. Título.</p>
-------	--

Dedico este trabalho a Deus em primeiro lugar, aos meus pais, a minha namorada

e a toda minha família, os quais são às razões do meu viver.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus, por permitir tantas bênçãos e força em minha vida.

Aos meus pais, meus primeiros professores, que estiveram sempre ao meu lado me ensinando tanto, por estarem sempre presentes, pelo seu amor incondicional e por acreditarem no meu potencial, e com suas forças me incentivaram a enfrentar novos desafios.

A minha namorada, pelo companheirismo, a qual sempre me apoiou em minhas decisões, e ajudou com muita força e incentivo a realizar este trabalho.

A minha família, por estarem sempre ao meu lado com encorajamento e força, e pelo também pelo confronto e segurança de uma família sem igual.

Aos amigos Fernando, Gabriela e Rafaela, pelo apoio, inspiração, e contribuição durante o desenvolver desta pesquisa.

A todos os meus professores, pela dedicação e paciência que tiveram com todos os alunos, e pela vontade incondicional e constante de transmitir o conhecimento e aprendizado, permitindo chegar onde hoje estou.

A Professora e Coordenadora do Curso de Graduação em Engenharia Civil, M<sup>a</sup> Fabiana Costa Munhoz, pelo apoio, incentivo e dedicação durante toda a minha trajetória pelo curso.

Ao Centro Universitário do Sagrado Coração, em especial a Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, a qual promoveu a oportunidade da realização deste estudo, dispondo sempre com clareza e orientado a realização deste estudo.

E principalmente ao Professor Doutor Norival Agnelli, o qual aceitou mais este desafio para orientação deste trabalho, dedicando parte do seu tempo a me guiar,

direcionar e aconselhar, compartilhando conhecimento e aprendizados fundamentais ao estudo.

## **RESUMO**

A necessidade do homem trabalhar com solos encontra-se desde a antiguidade, onde deixavam de ser nômades com a ajuda das primeiras técnicas de agricultura. Mais tarde, constataram-se diversos problemas em relação as fundações de obras, a qual originou o estudo da Mecânica dos solos. Assim, para a engenharia, o estudo do solo é de suma importância, afim de conhecer suas características e projetar com segurança as edificações. O objetivo deste trabalho é realizar um estudo para análise e descrição do solo de Barra Bonita, SP, a partir da investigação de resultados de sondagem SPT (Standard Penetration Test). Propõe-se assim, realizar um levantamento bibliográfico com enfoque investigativo e exploratório, para realização de análises junto a comparações do solo local. Analisando os resultados da pesquisa, constatou-se a predominância de duas classes diferentes de solo, com características físicas e mecânicas distintas. Por fim, pontua-se também a obtenção de bons parâmetros geotécnicos para a realização de anteprojetos e estudos preliminares para futuras edificações.

**Palavras-chave:** Solo. Mecânica dos solos. Ensaio de sondagem SPT. Índices físicos.

## **ABSTRACT**

Man's need to work through with soils has been found since antiquity when they stopped being nomads with the help of the first agriculture techniques. Later, various problems were determined about the foundations of works, which led to the study of soil mechanics. Thus, for engineering, the study of the soil is of utmost importance, aim to know their characteristics and safely project to the buildings. The objective of this work is to carry out a study for the analysis and description of the soil of Barra Bonita, SP, stem from the investigation of drilling results in SPT (Standard Penetration Test). It is proposed, therefore, to carry out a bibliographic search with an investigative and exploratory focus, to realization analyzes together with comparisons of the local soil. Reviewing the research results, verified the predominance of two different soil classes, with different physical and mechanical characteristics. Finally, complement the acquisition of good geotechnical parameters for the realization of preliminary projects and draft studies for future buildings.

**Keywords:** Soil. Soil mechanics. SPT test. Physical indices.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO E REVISÃO DA LITERATURA .....	7
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	9
3. RESULTADOS .....	10
4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....	18
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	22
REFERÊNCIAS .....	23
ANEXOS.....	25

## 1. INTRODUÇÃO E REVISÃO DA LITERATURA

Desde o período Neolítico (10.000 a.C.) o solo tem-se mostrado essencial para a vida, como por exemplo na manutenção do ecossistema da Terra, nas plantações, e na engenharia civil como base para as obras, a qual submeteu ao homem a necessidade de aprender a trabalhar com ele.

Conforme Knappett e Craig (2014, p.3) a definição de solo para o engenheiro civil é a

[...] reunião de partículas minerais soltas ou fracamente unidas (cimentadas), formada pela decomposição de rochas como parte do ciclo delas, sendo o espaço vazio entre as partículas ocupado por água e/ou ar.

Com o passar do tempo o homem se deparou com a necessidade de aprimorar os estudos do solo, visto que em civilizações antigas, como Egito e Mesopotâmia, as grandes obras vinham a ceder, já que o terreno não suportava a carga da edificação, sendo seus escombros utilizados novamente (HACHICH et al., 2012). Assim de acordo com Hachich et al. (2012) os primeiros estudos do solo começaram no século XVIII com Charles Augustin Coulomb, que estudou e trabalhou com tensões totais, a qual viria a ser utilizada por Terzaghi em 1943 e Skempton em 1985.

Em vista disso, e junto a uma série de acidentes no final do século XIX e começo do século XX, como “[...] os sucessivos escorregamentos dos taludes do canal do Panamá, os quais mobilizaram volumes de solo na ordem de 40.000.000 m<sup>3</sup> [...]” (ROCHA, 1955), a Mecânica dos solos ganhou grande importância para o engenheiro civil, o qual busca cada dia mais aprender e aprimorar seus conhecimentos, em virtude do solo possuir inúmeras características, sendo elas físicas, mecânicas e químicas, ocasionando uma grande diversidade do solo com a variação do local analisado (PINTO, 2006). Assim, pode-se concluir que a Mecânica dos solos propriamente dita teve início no século XIX.

A falta desse estudo no dia a dia de um profissional pode levar a sérios problemas ao executar uma obra, que se iniciam desde pequenas fissuras até a ruína total da obra, a qual poderia ser evitada com o estudo e o tratamento das patologias presentes no edifício. Patologia segundo Souza e Ripper (2009) é o “novo campo da Engenharia das Construções que se ocupa do estudo das origens, formas

de manifestação, consequências e mecanismos de ocorrência das falhas e dos sistemas de degradação das estruturas”.

De acordo com Gomes (2016) a principal causa de patologia no Brasil é a má execução da obra, obtendo 51% dos casos. Em segundo lugar com 18% situam-se as patologias originadas por erros nos projetos, onde se encontram as patologias causadas pela falta de estudo do solo e conseqüentemente do dimensionamento errôneo da fundação, acarretando a sérios problemas futuros no edifício. Com isso, fica explícito a necessidade de um estudo individual do solo para cada obra, utilizando assim as ferramentas advindas do estudo da Mecânica dos solos.

Tendo em vista estas questões é essencial caracterizar o solo, para definir a colapsividade ou não deste, que será parte de estudo do presente trabalho em relação ao solo coletado. Segundo Agnelli (1997)

O solo colapsível, em sua condição natural, apresenta elevada porosidade e baixo teor de umidade. As ligações entre suas partículas maiores geralmente ocorrem com a presença de agentes cimentantes, que podem ser óxidos ou hidróxidos de ferro e de alumínio e carbonatos. Essa cimentação, aliada a uma sucção suficientemente elevada, devido ao baixo teor de umidade, confere ao solo, uma resistência adicional, que, no entanto, pode ser anulada com a inundação, levando o solo a um colapso estrutural.

Com essa definição, é visto que um solo colapsível pode perder parte da sua resistência com uma inundação, seja ela advinda de uma infiltração ou até mesmo de um rompimento de uma tubulação subterrânea, o que pode causar sérios danos a obra se a resistência não for levada em consideração. Um exemplo de ocorrido com solos colapsíveis é o caso citado por Pinto (2006), onde a instalação da hidrelétrica de Três Irmãos, no Rio Tietê, criou um reservatório que elevou o nível da água do solo da cidade de Pereira Barreto, enfraquecendo o solo deste local e levando a necessidade do reforço das fundações dos edifícios. Deste modo, fica compreensível a importância do estudo da colapsividade do solo, para se evitar prejuízos futuros.

Visto a grande importância do solo para a execução da fundação de uma obra, bem como a outras atividades voltadas ao engenheiro civil, como a análise de edificações com patologias, é plausível a escolha desse tema dado que, após inúmeras pesquisas e grande dificuldade, poucos dados se encontrou sobre o solo da cidade de Barra Bonita, SP.

Conhecidos esses fatos, objetivou-se neste trabalho realizar um estudo para análise e descrição do solo de Barra Bonita, SP quanto as suas características físicas e mecânicas, a partir da investigação de resultados de sondagem SPT (Standard Penetration Test), determinando também a classificação do solo.

A recente vinda e instalações de grandes empresas na cidade, como a Raízen S/A, Camil Alimentos, Caio Induscar e Amyris, é um ponto que fundamenta a pesquisa neste local. Antes destas empresas a cidade tinha sua maior parte da fonte de renda vinda do turismo, não possuindo assim grandes obras da construção civil. Com a vinda dessas empresas é notório que a geração de emprego levou a um aumento nas construções civis de pequeno e médio porte. Este ponto pode ser observado quando se analisa a quantidade de loteamentos residenciais, que foi de 6 novos loteamentos nos últimos 2 anos, o qual comparado com os 5 anos anteriores têm-se apenas 2 loteamentos. Com isto o ramo da construção tem uma grande alta na cidade, que até então estava em baixa.

Dessa forma é justificável a análise e caracterização deste solo, para que este relatório auxilie a estudos e anteprojetos de fundações, destinadas as futuras obras de pequeno e médio porte, ficando disponível a todos que atuam com a engenharia civil. O trabalho ajudará também na análise das patologias que carecem do estudo do solo.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

Devido à Pandemia de corona vírus, declarada pela Organização Mundial da Saúde (BRASIL, 2020), não foi possível realizar os experimentos propostos nesta pesquisa, visto que o laboratório das Engenharias da Unisagrado esteve fechado em razão dos decretos estaduais. Em vista desse acontecimento, somente a pesquisa bibliográfica foi realizada do cronograma original.

Conseqüentemente, por não ser possível realizar as atividades do cronograma original, e a impossibilidade de usar o laboratório por tempo indeterminado, a metodologia da pesquisa foi alterada para uma revisão bibliográfica e a coleta de alguns dados sobre o solo local. Aplicou-se então uma metodologia investigativa e exploratória do solo de Barra Bonita, a partir de ensaios de sondagem SPT, obtidos através do orientador do trabalho e de uma empresa que realizou o ensaio na cidade.

Junto as análises foi utilizado a apostila de Geotecnia de Fundações, desenvolvida pelo Professor Dr. Eng. Márcio Marangon (UFJF 2018), a qual na Unidade 3, Tópico 6, trata sobre a estimativa de parâmetros e índices dos solos, tornando possível estimar propriedades e índices do solo a partir do ensaio SPT.

### 3. RESULTADOS

O primeiro material analisado foi a Sondagem à Percussão (SPT) disponibilizado pela empresa Refort Estaqueamentos para Construções Eireli, situada em Bauru, SP, a qual realizou o ensaio de sondagem no município de Barra Bonita no mês de junho de 2018. O resultado encontra-se nas Figuras de 1 a 4, já o relatório completo encontra-se no Anexo II. Devido ao sigilo com o cliente que contratou a empresa Refort, alguns trechos do relatório de sondagens encontram-se ocultos, contudo, essas informações ocultadas não prejudicam a presente pesquisa.

Figura 1 – Ensaio SPT, Furo SP 01



Fonte: Refort.

Figura 2 – Ensaio SPT, Furo SP 02



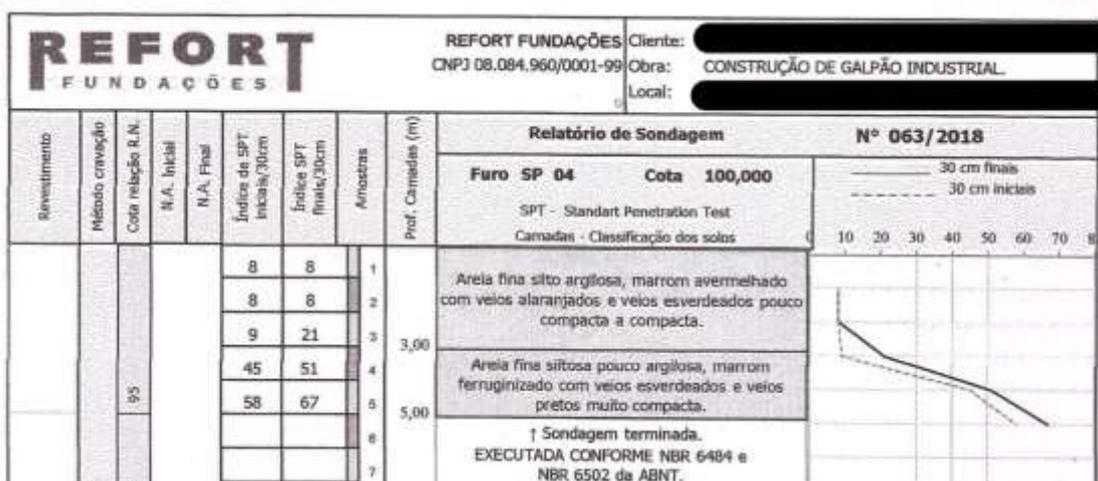
Fonte: Refort.

Figura 3 – Ensaio SPT, Furo SP 03



Fonte: Refort.

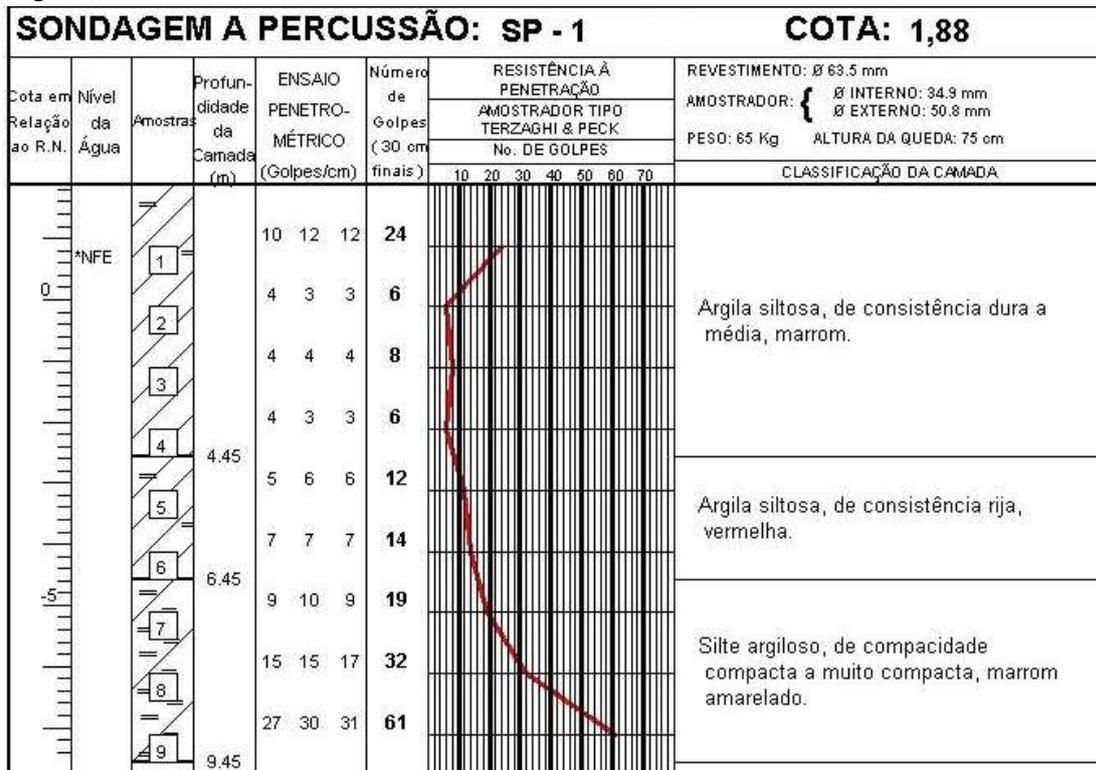
Figura 4 – Ensaio SPT, Furo SP 04



Fonte: Refort.

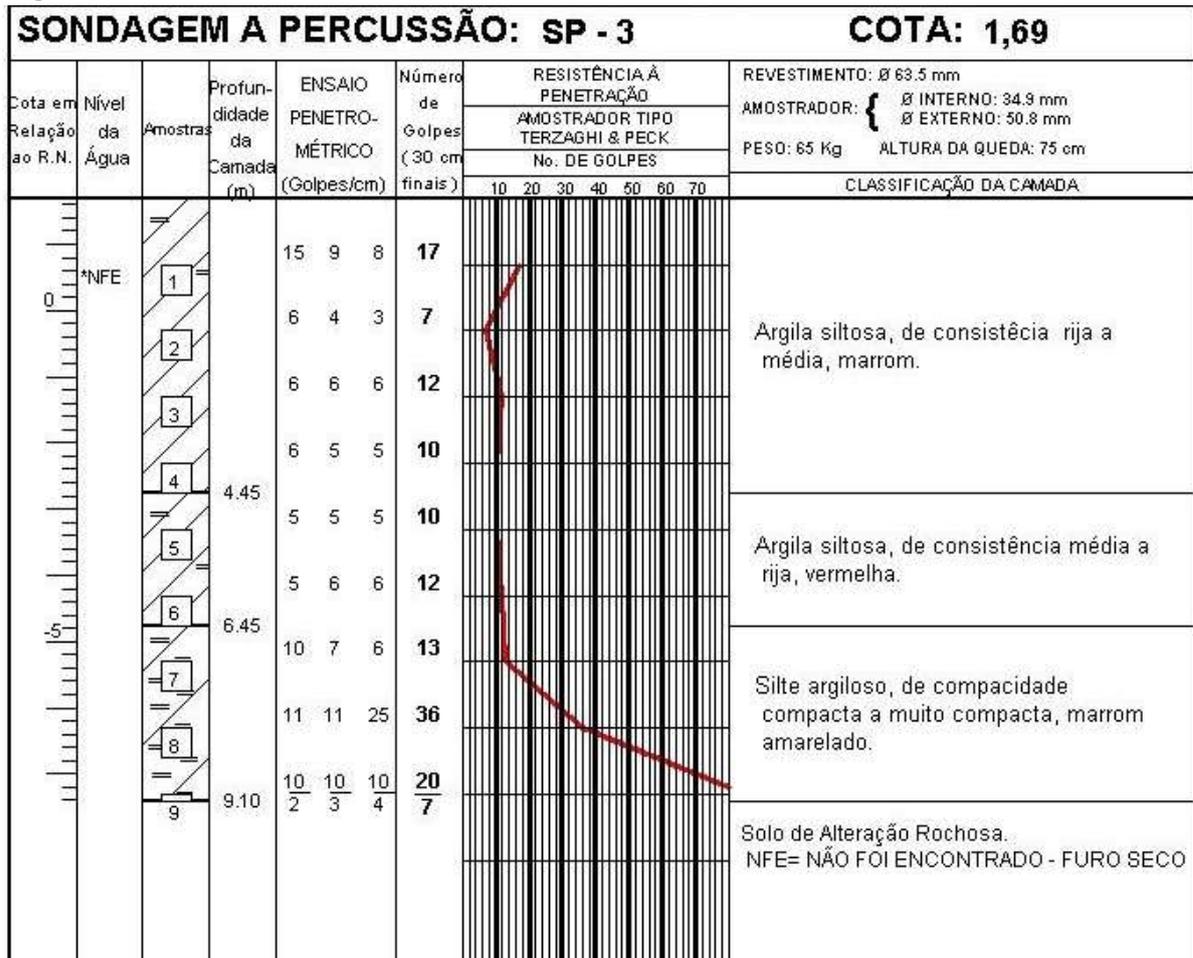
O segundo material analisado envolve também os ensaios de sondagem SPT, cedido para este estudo pelo Engenheiro Civil Professor Doutor Norival Agnelli, realizados no mês de maio de 2014, no município de Barra Bonita. Equivalente ao relatório apresentado anteriormente, os dados do cliente não foram fornecidos, visando o sigilo do documento. As Figuras 5 e 6 apresentam o resultado do ensaio realizado, e o relatório completo encontra-se no Anexo III.

Figura 5 – Ensaio SPT, Furo SP 1



Fonte: Eng. Prof. Dr. Norival Agnelli.

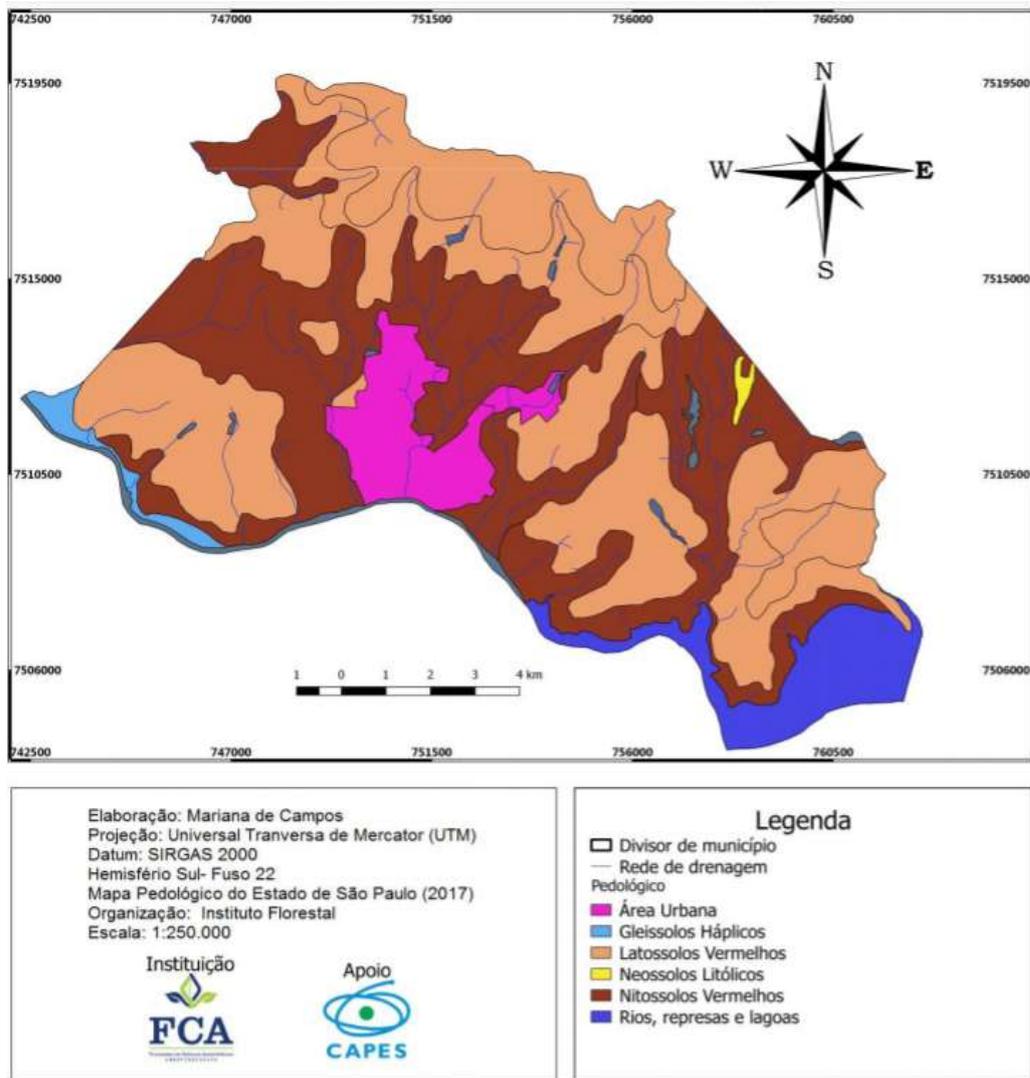
Figura 6 – Ensaio SPT, Furo SP 3



Fonte: Eng. Prof. Dr. Norival Agnelli.

O terceiro material analisado contém o levantamento pedológico de Barra Bonita, elaborada por Campos (2018), que corresponde a distribuição geográfica do solo junto a composição dos diferentes tipos de solos existente no município. Nestes estudos os tipos de solo encontrados são: Latossolos Vermelhos, Neossolos Litólicos, Nitossolo Vermelho e Gleissolos Hápticos (Figura 7).

Figura 7 - Mapa pedológico do Município de Barra Bonita, SP



Fonte: Campos (2018, p. 66).

Esse mapa é acompanhado de uma tabela contendo a área ocupada por cada faixa de solo em hectares (ha) e a porcentagem equivalente do total de área do município (Tabela 1).

Tabela 1 – Solos do município de Barra Bonita, SP

Classe de Solos	Área	
	ha	%
LATOSSOLOS VERMELHOS	7254,98	47,70
NEOSSOLOS LITÓLICOS	79,77	0,53
NITOSSOLOS VERMELHOS	6693,91	44,01
GLEISSOLOS	190,94	1,26
Área urbana	989,37	6,50
<b>Total</b>	<b>15.208,97</b>	<b>100</b>

Fonte: Campos (2018, p. 67).

O quarto material examinado foi a Apostila do curso de Geotecnia de Fundações da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), desenvolvida pelo Professor Dr. Eng. Márcio Marangon, no qual obteve-se a estimativa de parâmetros dos solos relacionados com o ensaio SPT.

Esses parâmetros e estimativas são utilizados nos estudos geotécnicos visto que “se reconhecem algumas dificuldades de se obter os parâmetros” (MARANGON, 2018, p. 65) do solo. Como por exemplo a resistência de cisalhamento e deformabilidade para solos predominantemente arenosos, na qual “a amostragem indeformada, bem como a moldagem de corpos de prova para a execução de ensaios de laboratório, são operações extremamente difíceis de proceder” (MARANGON, 2018, p. 65).

Desta forma, estes parâmetros foram utilizados para estimar alguns dos índices do solo analisado, o que colaborou com a pesquisa, visto que devido a pandemia não houve a possibilidade da realização de ensaios laboratoriais. Dentre as tabelas disponíveis na unidade 3 da apostila encontram-se os parâmetros desenvolvidos por Boelws (1997) e Godoy (1972), como o ângulo de atrito ( $\Phi$ ), a massa específica seca ( $\gamma$ ) e a resistência a compressão ( $q_u$ ).

Todos os dados apresentados nas Tabelas 2 a 6 são limitados a estudos preliminares e a anteprojetos de engenharia, sendo que para projetos estruturais deve-se realizar os ensaios laboratoriais.

Tabela 2 – Avaliação dos Parâmetros de Resistência em Função do SPT

Solos	Nº Golpes (N)	Índice de Consistência (IC)	Coesão não drenada (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>ARGILAS</b>			
Muito Mole	≤ 2	0	< 0,1
Mole	2 - 4	0 - 0,25	0,1 - 0,25
Média	4 - 8	0,25 - 0,5	0,25 - 0,5
Rija	8 - 15	0,5 - 0,75	0,5 - 1,0
Muito Rija	15 - 30	0,75 - 1,0	1,0 - 2,0
Dura	> 30	> 1,0	> 2,0
		Grau de Compacidade (GC)	Ângulo de Atrito (Φ)
<b>AREIAS</b>			
Muito Fofa	≤ 4	0	< 0,1
Fofa	4 - 10	0 - 0,25	0,1 - 0,25
Média	10 - 30	0,25 - 0,5	0,25 - 0,5
Compacta	30 - 50	0,5 - 0,75	0,5 - 1,0
Muito Compacta	> 50	0,75 - 1,0	1,0 - 2,0

Fonte: Marangon (2018), adaptado pelo Autor.

Tabela 3 – Avaliação dos Parâmetros de Resistência e de Deformabilidade em Função do SPT

<b>Areias e Solos Arenosos</b>					
Compacidade	γ (t/m <sup>3</sup> )	C (t/m <sup>3</sup> )	Φ °	E (t/m <sup>2</sup> )	v
Fofa	1,6	0	25 - 30	100 - 500	0,3 a 0,4
Pouco Compacta	1,8	0	30 - 35	500 - 1400	0,3 a 0,4
Medianamente Compacta	1,9	0	35 - 40	1400 - 4000	0,3 a 0,4
Compacta	2,0	0	40 - 45	4000 - 7000	0,3 a 0,4
Muito Compacta	> 2,0	0	> 45	> 7000	0,3 a 0,4
<b>Argilas e Solos Argilosos</b>					
Consistência	γ (t/m <sup>3</sup> )	C (t/m <sup>3</sup> )	Φ °	E' (t/m <sup>2</sup> )	v
Muito Mole	1,3	0 - 1,2	0	30 - 120	0,4 a 0,5
Mole	1,5	1,2 - 2,5	0	120 - 280	0,4 a 0,5
Média	1,7	2,5 - 5,0	0	280 - 500	0,4 a 0,5
Rija	1,9	5,0 - 15,0	0	500 - 1500	0,4 a 0,5
Dura	> 2,0	> 15,0	0	> 1500	0,4 a 0,5

Valores UFMG fls. 47

Fonte: Marangon (2018), adaptado pelo Autor.

Sendo: γ = Peso Específico Natural do Solo  
 Φ = Ângulo de Atrito Interno  
 C = Coesão  
 E = Módulo de Elasticidade (Não Drenado)  
 E' = Módulo de Elasticidade (Drenado)  
 v = Módulo de Poisson

Tabela 4 – Avaliação de Parâmetros dos Solos em Função do Estudo de Compacidade ou Consistência (Bowles – 1997)

<b>Areias e Solos Arenosos</b>					
<b>Característica</b>	<b>Compacidade</b>				
	<b>Muito Fofa</b>	<b>Fofa</b>	<b>Média</b>	<b>Compacta</b>	<b>Muito Compacta</b>
Densidade Relativa	0	0,15	0,35	0,65	0,85 - 1,0
SPT	0	4	10	30	50
$\phi$ °	25 - 30°	27 - 32°	30 - 35°	35 - 40°	38 - 43°
$\gamma$ (tf/m <sup>3</sup> )	1,12 - 1,60	1,44 - 1,76	1,76 - 2,08	1,76 - 2,24	2,24 - 2,40

<b>Argilas e Solos Argilosos</b>					
<b>Característica</b>	<b>Consistência</b>				
	<b>Mole</b>	<b>Média</b>	<b>Rija</b>	<b>Muito Rija</b>	<b>Dura</b>
qu	0,25	0,5	1,0	2,0	4,0
SPT	2	4	8	16	30
$\gamma$ (tf/m <sup>3</sup> )	1,60 - 1,92	1,76 - 2,08		1,92 - 2,24	

Fonte: Marangon (2018), adaptado pelo Autor

Sendo: qu = resistência a compressão

Tabela 5 – Peso específico de solos argilosos (Godoy, 1972)

<b>Solos Argilosos</b>		
<b>N (golpes)</b>	<b>Consistência</b>	<b>Peso Específico (KN/m<sup>3</sup>)</b>
≤ 2	Muito Mole	13
3 - 5	Mole	15
6 - 10	Média	17
11 - 19	Rija	19
> 20	Dura	21

Fonte: Marangon (2018), adaptado pelo Autor.

Tabela 6 – Peso específico de solos arenosos (Godoy, 1972)

<b>Solos Arenosos</b>				
<b>N (golpes)</b>	<b>Compacidade</b>	<b>Peso Específico (KN/m<sup>3</sup>)</b>		
		<b>Seca</b>	<b>Úmida</b>	<b>Saturada</b>
< 5	Fofa	16	18	19
5 - 8	Pouco Compacta	16	18	19
9 - 18	Medianamente Compacta	17	19	20
16 - 40	Compacta	18	20	21
> 40	Muito compacta	18	20	21

Fonte: Marangon (2018), adaptado pelo Autor.

#### 4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Analisando os resultados obtidos no primeiro material (Figuras 1 a 4), tem-se como predominância a composição arenosa do solo, partindo-se da superfície com compactidade pouco compacta e atingindo aos 5 metros um solo muito compacto com fragmentos de rocha. Em relação ao número de golpes (N) obtiveram-se valores abaixo de 15 golpes para os primeiros 2 metros, sendo que a partir do 3º metro seu resultado contou com uma elevação atingindo 67 no 5º metro. Nos quatro furos analisados não foi encontrado lençol freático.

Explorando com igualdade o segundo material (Figuras 5 e 6), observou-se a predominância de solo argiloso até o 6º metro analisado, sendo do 7º ao 9º metro um solo silto argiloso. Acerca da consistência do solo, tem-se um solo rijo nos primeiros metros passando a um solo com consistência média em torno do 4º metro, já entre o 5º e o 6º metro o solo torna a consistência rija. Por fim, nos 3 últimos metros analisados observa-se uma compactidade compacta a muito compacta. No que diz respeito ao número de golpes (N) é possível atentar que o 1º metro do solo possui uma camada rija de solo, elevando assim o valor de N para a 1ª camada, tendo um valor médio de 20. Contudo, logo no 2º metro constata-se uma queda abrupta do valor N, atingindo 6. A partir deste ponto até o 6º metro há uma baixa variação no valor, alcançando maiores índices nos últimos 3 metros. Neste ensaio também foi observado que o número de golpes da primeira camada, foi elevado (valores de 24 e 17), verificando à causa disso observou-se que os ensaios foram realizados no período de estiagem (mês de março), ocasionado então um ressecamento e endurecimento do solo, o qual é um comportamento dos solos argilosos (como o do local do ensaio).

Investigando o terceiro material selecionado, notou-se que Campos utilizou em seus estudos uma classificação de solos distinta a utilizada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (1995), na qual se utiliza como parâmetro o tamanho das partículas do solo, classificadas em três tipos: areia, silte e argila. A pesquisa de Campos, por sua vez, se utiliza do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), desenvolvido pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Tendo como base a Figura 7 e a Tabela 1, os solos com maior predominância na cidade de Barra Bonita são os Latossolos Vermelhos e os Nitossolos Vermelhos.

A primeira classe se encontra locada em pontos específicos próximos a área urbana e maiormente no limite do município. Explorando os resultados e voltando a análise para as características físicas do solo, tem-se que o Latossolo Vermelho possui limitações como a quantidade de água que retém, e a susceptibilidade à compressão, a qual é “comumente verificada nos Latossolos Vermelhos de textura argilosa ou muito argilosa, e podem ocorrer também nos Latossolos Vermelhos de textura média, especialmente se o teor de areia fina for elevado” (CLEMENTE, SANTOS E ZARONI, [2013a]). Em vista desta análise e observando também o primeiro material estudado (Figuras 1 a 4) estima-se que no local da realização do ensaio SPT, há predominância de Latossolo Vermelho, fundamentando-se na presença de areia fina e na compactação compacta a muito compacta nos primeiros metros, indicando a susceptibilidade à compressão deste solo.

Em relação ao Nitossolo Vermelho sabe-se que são solos com coloração vermelho-escuros, onde há predominância de argila, tornando-os solos muito argilosos (CLEMENTE, SANTOS E ZARONI, [2013b]). De acordo com Ross (1944, apud Campos, 2018, p. 87) estes solos estão classificados como nível 3 nas classes de fragilidade, caracterizando-o como medianamente frágil. Esta propriedade vinculada a relevos com grandes declividades elevam a possibilidade de erosões no solo, requerendo uma maior cautela ao desenvolver projetos neste local.

Analisando as Tabelas 2 a 6 obtidas no quarto material, e correlacionando com o primeiro material, tem-se que o solo do local analisado possui grau de compactação entre 0 – 0,25 no 1º e 2º metro, e de 0,75 – 1,0 acima do 3º metro. Já em relação ao ângulo de atrito, os valores da UFMG e de Bowles para o solo são próximos, variando no 1º e 2º metro entre 27º - 35º, e acima do 3º metro maior que 40º. Observando os valores estipulados para o peso específico natural do solo, tem-se para os dois primeiros metros de acordo com a Tabela 3 um valor de 18 kN/m<sup>3</sup>, o qual para Bowles varia entre 14,4 e 17,6 kN/m<sup>3</sup> e para Godoy entre 16 kN/m<sup>3</sup> (solo seco) a 19 kN/m<sup>3</sup> (solo saturado). Realizando uma média entre os valores, chega-se a um valor para peso específico dos primeiros metros entre 14 e 19 kN/m<sup>3</sup>. Analisando igualmente, o peso específico acima do 3º metro encontra-se entre 18 a 24 kN/m<sup>3</sup>. Outros valores que as tabelas também correlacionam com o ensaio SPT são, em primeiro o módulo de elasticidade, variando de 500 – 1.400 t/m<sup>2</sup> nos primeiros metros, e acima de 7000 t/m<sup>2</sup> para os demais metros, em segundo o

módulo de Poisson que varia entre 0,3 e 0,4 para todos os metros, e por fim a densidade relativa do solo, com um valor de 0,15 para os primeiros metros, e 0,85 – 1,0 acima do 3º metro.

Do mesmo modo, analisou-se o segundo material, verificando que o solo estudado possui o índice de consistência variando entre 0,25 – 0,50 do 1º ao 3º metro, passando então de 0,50 – 0,75 do 4º ao 6º, e obtendo valores maior que 1,0 para os metros superiores ao 7º. Outro índice estimado através do ensaio SPT para o solo argiloso é a coesão, alternando entre 0,25 – 0,5 kg/cm<sup>2</sup> para os primeiros metros, 0,5 – 1,5 kg/cm<sup>2</sup> do 4º ao 6º metro, e com valores maiores que 1,5 kg/cm<sup>2</sup> acima do 7º metro. Seguidamente, tem-se a correlação do ensaio com o estudo para ponderar os valores de peso específico natural do solo, oscilando entre 17 – 21 kN/m<sup>3</sup> do 1º ao 3º metro, 19 – 22,4 kN/m<sup>3</sup> para do 4º ao 6º metro, e valores maiores que 20,0 kN/m<sup>3</sup> acima do 7º metro. Outro índice passível de estimativa para solos argilosos, de acordo com os estudos de Bowles (Tabela 4), é a resistência à compressão ( $q_u$ ), a qual corresponde a 0,5 kgf/cm<sup>2</sup> entre o 1º e 3º do material analisado, 1,0 kgf/cm<sup>2</sup> para de 4º ao 6º metro, e 4,0 kgf/cm<sup>2</sup> acima do 7º metro. Por fim, nos estudos também há a estimativa de valores do módulo de elasticidade (drenado) e do módulo de Poisson. Para o primeiro, observam-se valores de 280 – 500 t/m<sup>2</sup> nos primeiros metros, 500 – 1.500 t/m<sup>2</sup> do 4º ao 6º metro, e valores acima de 1.500 t/m<sup>2</sup> a partir do 7º metro. Já o módulo de Poisson possui um valor único, variando entre 0,4 – 0,5 para todos os metros.

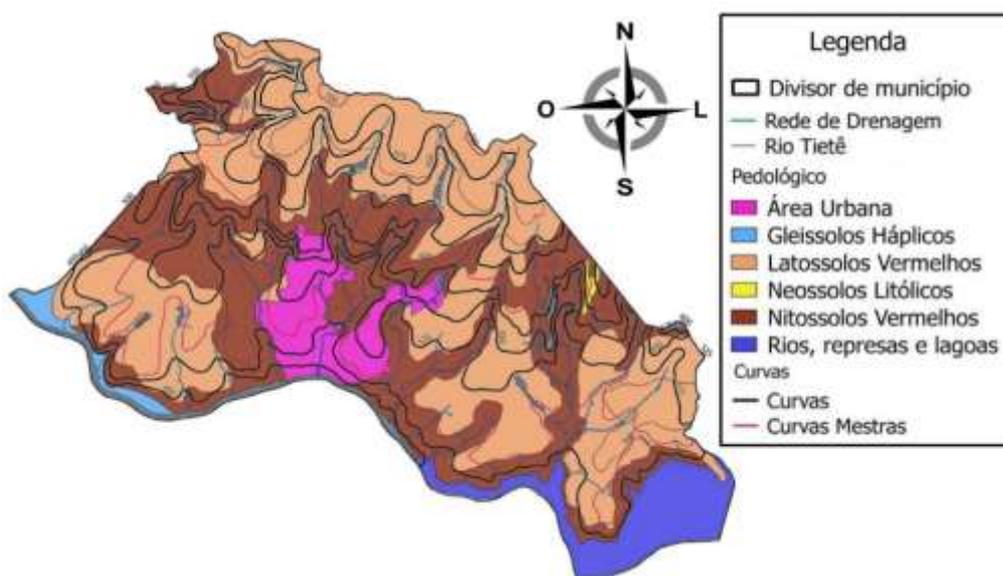
Em síntese, observou-se então que a cidade de Barra Bonita, SP possui dois tipos de solos com características distintas, um predominantemente arenoso (Latosolo Vermelho) e o segundo predominantemente argiloso (Nitossolo vermelho). Quanto ao ensaio SPT e aos índices físicos, nota-se que o solo do primeiro local é muito compacto, comprovando também pelo alto grau de compactidade já no seu 3º metro, e pelo estudo de Clemente, Santos e Zaroni, ([2013a]), indicado a alta suscetibilidade do solo à compactação.

Em relação ao segundo local, é plausível destacar que o solo possui 3 estratos bem definidos, possuindo valores próximos tanto no furo 1 quanto no furo 2 do ensaio. Analisando os horizontes do solo de maneira conjunta, verifica-se claramente um crescente nos índices, o que era esperado já que com o aumento da profundidade de escavação, mais próximo se encontra da rocha matriz. Contudo, a

partir do 7º metro, o ensaio apresenta uma mudança na qual o solo deixa de ser predominantemente argiloso e passa a ser predominantemente siltoso.

Diante disso, e adjunto a existência em baixa porcentagem de silte e argila no primeiro ensaio, propõe-se também analisar as curvas de nível do município, afim de correlacionar os dados e estimar os locais prováveis dos ensaios. Para isso, o autor desenvolveu um mapa (Figura 8) através da junção do mapa de pedologia com o mapa de curvas de nível de Barra Bonita, SP, disponíveis no estudo de Campos (2018).

Figura 8 - Mapa pedológico com Curvas de Nível de Barra Bonita, SP



Fonte: Campos (2018, p. 57 e p. 66), modificado pelo Autor.

Perante a Figura 8, constata-se que os Nitossolos Vermelhos se encontram próximos a área urbana em níveis de 450m a 600m, enquanto o Latossolo Vermelho encontra-se próximos as áreas limítrofes do município e em pontos específicos, com alturas de 450 a 525m próximos ao rio, e 575m a 700m ao norte do município. Limitando a área de análise para próximo da área urbana, devido a concentração de obras civis, estima-se que o primeiro ensaio SPT foi realizado nos pontos específicos de Latossolo Vermelho, em um nível próximo a 450m e 500m. Enquanto o segundo ensaio SPT, já correlacionado ao Nitossolo Vermelho, estima-se que foi realizado próximo aos níveis de 500m e 550m. A partir destas estimativas, indica-se para futuras pesquisas na área de pedologia e geologia, um estudo correlacionando os dados analisados com a evolução da rocha matriz junto ao processo de sedimentação, para esclarecer uma correlação entre os ensaios SPT.

Deste modo, é possível identificar por exemplo se o município possui predominância de solo com uma determinada característica junto a pontos específicos de solo com característica distinta, ou se o município está localizado em uma área de transição de solos.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A pesquisa realizada sobre o solo do município de Barra Bonita apresentou resultados satisfatórios, mesmo com a ausência dos ensaios laboratoriais programados. Assim sendo, constataram-se dois tipos de solo predominantes no município, sendo em um prevalente a argila, o qual dispõe de três horizontes bem definidos, iniciando com uma consistência média (próximo ao substrato terrestre) e um valor crescente metro a metro. Já o segundo tipo, possui predominância do solo arenoso, contendo baixo e médio grau de compactação nos primeiros metros, e crescendo exponencialmente nos demais metros, ponderando-se sua alta susceptibilidade à compressão.

Em síntese, os resultados encontrados nos materiais e correlacionados neste estudo, apresentam bons parâmetros para caracterização do solo, bem como para realização de anteprojetos e estudos preliminares. Contudo, devido à dificuldade de obter materiais e pela ausência de ensaios específicos, não há dados para que se possa complementar os resultados encontrados, a fim de atender um dos objetivos desta pesquisa. Em função disso, recomenda-se como sugestão para trabalhos futuros a realização de ensaios laboratoriais, a fim de analisar e indicar as fundações ideais para obras de pequeno e médio porte.

Por fim, é importante recordar que esta pesquisa tem caráter investigativo e exploratório, na qual estudou-se o solo desejado através de levantamentos bibliográficos. À vista disso, é relevante destacar que este material é indicado somente para pré-projetos (estudos preliminares) e futuras pesquisas. Assim sendo, ao projetar uma obra é de suma importância realizar ao menos o ensaio de sondagem SPT, uma vez que sem este a segurança da edificação está em risco. Outro ponto afetado em uma obra sem a realização do ensaio é o superdimensionamento da estrutura, ocasionando um prejuízo financeiro juntamente com o risco a segurança.

## REFERÊNCIAS

- AGNELLI, N. **Comportamento de um solo colapsível inundado com líquidos de diferentes composições químicas**. Tese (Doutorado em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1997.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6122**: Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6502**: Rochas e solos - Terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 1995.
- BRASIL. PEDRO IVO DE OLIVEIRA. (ed.). **Organização Mundial da Saúde declara pandemia de coronavírus**: atualmente, ao menos 115 países têm casos da doença. 2020. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2020-03/organizacao-mundial-da-saude-declara-pandemia-de-coronavirus>. Acesso em: 28 ago. 2021.
- CAMPOS, M. **Zoneamento Ecológico-Econômico como ferramenta para gestão ambiental no município de Barra Bonita/SP**. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2018.
- GOMES, A. **Patologias na construção civil - principais causas**. 11 jan. 2016. Disponível em: <https://www.unumarquitetura.com/single-post/2016/1/11/PATOLOGIAS-NA-CONSTRU%C3%87%C3%83O-CIVIL>. Acesso em: 6 mar. 2020.
- HACHICH, W. et al. **Fundações**: teoria e prática. 2. ed. São Paulo, Pini, 2012.
- KNAPPETT, J. A.; CRAIG, R. F. **Craig mecânica dos solos**. Tradução e Revisão. Técnica: Amir Elias Abdalla Kurban. 8. ed. Rio de Janeiro, LTC, 2014.
- MARANGON, M. **Geotecnia de Fundações**. Juiz de Fora, MG: UFJF, 2018, 170 p. Apostila.
- PINTO, C. S. **Curso básico de mecânica dos solos**: em 16 aulas. 3. ed. São Paulo, Oficina dos Textos, 2006.
- ROCHA, M. **A mecânica dos solos**: seu papel na engenharia civil. Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1955.
- SANTOS, H. G. dos; ZARONI, M. J.; CLEMENTE, E. P. **Latossolos Vermelhos**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), [2013a]. Disponível em: [https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos\\_tropicais/equipe\\_editorial.html](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/equipe_editorial.html). Acesso em: 03 set. 2021.

SANTOS, H. G. dos; ZARONI, M. J.; CLEMENTE, E. P. **Nitossolos Vermelhos**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), [2013b]. Disponível em: [https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos\\_tropicais/arvore/CONT000gn362ja102wx5ok0liq1mqelqj5hh.html](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000gn362ja102wx5ok0liq1mqelqj5hh.html). Acesso em: 03 set. 2021.

SOUZA, V. C. M.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. 1. Ed. São Paulo, Pini, 2009.

**ANEXOS****ANEXO I – CARTA DE DISPENSA DE APRESENTAÇÃO AO CEP OU CEUA**

**À  
COORDENADORIA DO PROGRAMA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA  
UNISAGRADO**

Informo que não é necessária a submissão do projeto de pesquisa intitulado **ESTUDO E ANÁLISE DO SOLO DE BARRA BONITA, SP COM A FINALIDADE DE INDICAÇÃO DE PROJETO DE FUNDAÇÃO PARA OBRAS DE PEQUENO E MÉDIO PORTE**, ao Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (CEP) ou à Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) devido ao fato que referida pesquisa será feita somente em amostras de solo, coletadas na cidade de Barra Bonita, SP, e com essas amostras serão feitos ensaios laboratoriais pelo próprio aluno que ora pleiteia a presente Iniciação Científica.

Atenciosamente,



Prof. Eng. Norival Agnelli

Bauru, Outubro de 2021.

**ANEXO II – Relatório de Execução de Sondagem de Simples Reconhecimento - Refort**

REFORT FUNDACOES		REFORT FUNDACOES		Cliente: [REDACTED]	
		CNPJ 08.084.960/0001-99		Obra: CONSTRUÇÃO DE GALPÃO INDUSTRIAL	
				Local: [REDACTED]	
Relatório de Sondagem			Nº 063/2018		
Furo SP 01			Cota 100,000		
SPT - Standard Penetration Test			30 cm finais		
Camadas - Classificação dos solos			30 cm iniciais		
			10 20 30 40 50 60 70 80		
<p>Aréia fina silto argilosa, marrom avermelhado com veios pretos pouco compacta.</p> <p>Aréia fina pouco silto argilosa, marrom esverdeado com fragmentos de rocha muito compacta.</p> <p>† Sondagem terminada. EXECUTADA CONFORME NBR 6484 e NBR 6502 da ABNT.</p>					
<p>6 6</p> <p>6 7</p> <p>7 8</p> <p>29 48</p> <p>58 67</p>			<p>1</p> <p>2</p> <p>3</p> <p>4</p> <p>5</p> <p>6</p> <p>7</p> <p>8</p> <p>9</p> <p>10</p> <p>11</p> <p>12</p> <p>13</p> <p>14</p> <p>15</p> <p>16</p> <p>17</p> <p>18</p> <p>19</p> <p>20</p> <p>21</p> <p>22</p> <p>23</p> <p>24</p> <p>25</p> <p>26</p> <p>27</p> <p>28</p> <p>29</p> <p>30</p> <p>31</p> <p>32</p> <p>33</p> <p>34</p> <p>35</p> <p>36</p> <p>37</p> <p>38</p>		
<p>Não foi encontrado N.A.</p>					
Nível d'água		Amostrador		Revestimento Ø 0 0 0"	
N.A. Inic	m 04/06/2018	Ø interno	1 3/8 "	Peso	65,0 kg
N.A. Fina	m 04/06/2018	Ø externo	2 "	Altura de queda	75,0 cm
Data de execução					
Início 04/06/2018					
término 04/06/2018					
Obs: -					
Digitadora		Engº	Oswaldo Veronesi Junior		04/06/2018 Folha 01

REFORT FUNDACOES		REFORT FUNDAÇÕES CNPJ 08.084.960/0001-99		Cliente: [REDACTED] Obra: CONSTRUÇÃO DE GALPÃO INDUSTRIAL Local: [REDACTED]	
Revestimento		Método cravação		Relatório de Sondagem N° 063/2018	
Cota relação R.N.		Cota relação R.N.		Furo SP 02 Cota 100,000	
N.A. Inicial		N.A. Final		SPT - Standard Penetration Test	
Índice de SPT Inicial/30cm		Índice SPT final/30cm		Camadas - Classificação dos solos	
Amostras		Prof. Camadas (m)		30 cm finais 30 cm Iniciais	
6		7		10 20 30 40 50 60	
23		31		1	
55		64		2	
				3	
				4	
				5	
				6	
				7	
				8	
				9	
				10	
				11	
				12	
				13	
				14	
				15	
				16	
				17	
				18	
				19	
				20	
				21	
				22	
				23	
				24	
				25	
				26	
				27	
				28	
				29	
				30	
				31	
				32	
				33	
				34	
				35	
				36	
				37	
				38	
Tubo corado		95		Areia fina silto argilosa, marrom ferruginizada com fragmentos de rocha pouco compacta a muito compacta.	
90				1 Sondagem terminada. EXECUTADA CONFORME NBR 6484 e NBR 6502 da ABNT.	
85					
80					
75					
70					
65					
NÃO FOI ENCONTRADO N.A.					
Nível d'água		Amostrador		Revestimento Ø 0 0 "	
N.A. Inic m 04/06/2018		Ø interno 1 3/8 "		Peso 65,0 kg	
N.A. Fina m 04/06/2018		Ø externo 2 "		Altura de queda 75,0 cm	
Data de execução		Início 04/06/2018		término 04/06/2018	
Obs: .					
Digitadora		Engº		Onofre Veronezi Junior	
				04/06/2018 Folha 02	

REFORT FUNDAÇÕES		REFORT FUNDAÇÕES CNPJ 08.084.960/0001-99		Cliente: [REDACTED] Obra: CONSTRUÇÃO DE GALPÃO INDUSTRIAL Local: [REDACTED]						
Revestimento	Método cravação	Cota relação R.N.	N.A. Inicial	N.A. Final	Índice de SPT inicial/30cm	Índice SPT final/30cm	Amostras	Prof. Camadas (m)	Relatório de Sondagem N° 063/2018	
		95			7	9		1	Furo SP 03 Cota 100,000	
		90			8	9		2	SPT - Standard Penetration Test	
		85			37	53		3	Camadas - Classificação dos solos	
		80			55	64		4	30 cm finais 30 cm iniciais 10 20 30 40 50 60 70	
		75						5	Areia fina silto argilosa, marrom avermelhado medianamente compacta.	
		70						6	Areia fina siltoosa p/argilosa, marrom ferruginizado com fragmentos de rocha muito compacta.	
		65						7	† Sondagem terminada. EXECUTADA CONFORME NBR 6484 e NBR 6502 da ABNT.	
								8		
								9		
								10		
								11		
								12		
								13		
								14		
								15		
								16		
								17		
								18		
								19		
								20		
								21		
								22		
								23		
								24		
								25		
								26		
								27		
								28		
								29		
								30		
								31		
								32		
								33		
								34		
								35		
								36		
								37		
								38		
Nível d'água			Amostrador		Revestimento Ø 0 0 "		Data de execução			
N.A. Inicial	m	04/06/2018	Ø interno	1 3/8 "	Peso	65,0 kg	Início 04/06/2018			
N.A. Final	m	04/06/2018	Ø externo	2 "	Altura de queda	75,0 cm	término 04/06/2018			
Obs: .										
Digitadora		Eng°	Onofre Veronesi Junior		[Signature]		04/06/2018 Folha 03			



## ANEXO III – Relatório de Execução de Sondagem de Simples Reconhecimento

<b>Cliente:</b>						Rel.: 3045/3								
<b>Local:</b>														
Escala: 1/100		Data: 15/05/14		Des.:		Eng.:	Des. No.:							
<b>SONDAGEM A PERCUSSÃO: SP - 3</b>						<b>COTA: 1,69</b>								
Cota em Relação ao R.N.	Nível da Água	Amostras	Profundidade da Camada (m)	ENSAIO PENETROMÉTRICO (Golpes/cm)	Número de Golpes (30 cm finais)	RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO							REVESTIMENTO: Ø 63.5 mm	
						AMOSTRADOR TIPO TERZAGHI & PECK							AMOSTRADOR: { Ø INTERNO: 34.9 mm Ø EXTERNO: 50.8 mm	
						No. DE GOLPES							CLASSIFICAÇÃO DA CAMADA	
						10	20	30	40	50	60	70		
0	*NFE	1		15 9 8	17								Argila siltosa, de consistência rija a média, marrom.	
		2		6 4 3	7									
		3		6 6 6	12									
		4		6 5 5	10									
		5	4.45	5 5 5	10								Argila siltosa, de consistência média a rija, vermelha.	
		6		5 6 6	12									
		7	6.45	10 7 6	13								Silte argiloso, de compactidade compacta a muito compacta, marrom amarelado.	
		8		11 11 25	36									
		9	9.10	10 10 10 2 3 4	20 7								Solo de Alteração Rochosa. NFE= NÃO FOI ENCONTRADO - FURO SECO	
PROFUNDIDADE DO NÍVEL D'ÁGUA INICIAL: NFE em 15/05/14 FINAL: NFE em 15/05/14				***** SPT ESTIMADO — SPT 30 cm FINAIS				AVANÇO A TRADO: 0,00 m a 9,00 m AVANÇO POR LAVAGEM: PROF. DO REVESTIMENTO:						
				REFERÊNCIA: 3045/3		LAVAGEM POR TEMPO (30 Mn.)			DESENHO No.:					
				DATA: 15/05/14		TEMPO		DE		PARA		FOLHA No.:		
				ESCALA VERT.:								03		
				1/100								RESP. TÉCN.:		

ESPAÇO DISPONÍVEL PARA MENSAGENS

<b>Cliente:</b>							Rel.: 3045/1							
<b>Local:</b>														
Escala: 1/100		Data: 16/05/14		Des.:		Eng.:		Des. No.						
<b>SONDAGEM A PERCUSSÃO: SP - 1</b>						<b>COTA: 1,88</b>								
Cota em Relação ao R.N.	Nível da Água	Amostras	Profun- didade da Camada (m)	ENSAIO PENETRO- MÉTRICO (Golpes/cm)	Número de Golpes (30 cm finais)	RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO							REVESTIMENTO: Ø 63.5 mm	
						AMOSTRADOR TIPO TERZAGHI & PECK							AMOSTRADOR: { Ø INTERNO: 34.9 mm Ø EXTERNO: 50.8 mm	
						No. DE GOLPES							CLASSIFICAÇÃO DA CAMADA	
						10	20	30	40	50	60	70		
0	NFE	1		10 12 12	24								Argila siltosa, de consistência dura a média, marrom.	
		2		4 3 3	6								Argila siltosa, de consistência rija, vermelha.	
		3		4 4 4	8									
		4	4.45	4 3 3	6									
		5		5 6 6	12									
		6	6.45	7 7 7	14									
-5		7		9 10 9	19								Silte argiloso, de compactidade compacta a muito compacta, marrom amarelado.	
		8		15 15 17	32									
		9	9.45	27 30 31	61								Solo de Alteração Rochosa. NFE= NÃO FOI ENCONTRADO - FURO SECO	
PROFUNDIDADE DO NÍVEL D'ÁGUA: INICIAL: NFE em 16/05/14 FINAL: NFE em 16/05/14				..... SPT ESTIMADO — SPT 30 cm FINAIS		AVANÇO A TRADO: 0,00 m a 9,00 m AVANÇO POR LAVAGEM: PROF. DO REVESTIMENTO:								
					REFERÊNCIA: 3045/1	LAVAGEM POR TEMPO (30 Min.)			DESENHO No.:					
					DATA: 16/05/14	TEMPO	DE	PARA	FOLHA No.:					
					ESCALA VERT.:				01					
					1/100				RESP. TÉC.:					

ESPAÇO DISPONÍVEL PARA MENSAGENS