

CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FUNDAÇÃO ASSIS GURGACZ
GUSTAVO HENRIQUE GRENZEL
KEVIN PEDRALLI BERTOLLA

CARACTERIZAÇÃO E MAPEAMENTO GEOTÉCNICO DA CIDADE DE
MARECHAL CÂNDIDO RONDON ATRAVÉS DE AMOSTRAS DEFORMADAS E
LAUDOS DE SONDAGENS A TRADO E SPT

CASCADEL - PR
2018

CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FUNDAÇÃO ASSIS GURGACZ
GUSTAVO HENRIQUE GRENZEL
KEVIN PEDRALLI BERTOLLA

**CARACTERIZAÇÃO E MAPEAMENTO GEOTÉCNICO DA CIDADE DE
MARECHAL CÂNDIDO RONDON ATRAVÉS DE AMOSTRAS DEFORMADAS E
LAUDOS DE SONDAGENS A TRADO E SPT**

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Professor Orientador: Mestre Eng. Civil Maycon André de Almeida

CASCADEL - PR
2018

CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FUNDAÇÃO ASSIS GURGACZ
GUSTAVO HENRIQUE GRENZEL
KEVIN PEDRALLI BERTOLLA

CARACTERIZAÇÃO E MAPEAMENTO GEOTÉCNICO DA CIDADE DE
MARECHAL CÂNDIDO RONDON ATRAVÉS DE AMOSTRAS DEFORMADAS E
LAUDOS DE SONDAGENS A TRADO SPT

Trabalho apresentado no curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil, sob orientação do Professor Mestre Engenheiro Civil Maycon André de Almeida.

BANCA EXAMINADORA

Orientador Profº. Me. Maycon André de Almeida
Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz - FAG
Engenheiro Civil

Débora Felten
Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz - FAG
Engenheira Civil

Guilherme I. Venson
Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE
Engenheiro Civil

Cascavel, 14 de junho de 2018.

AGRADECIMENTOS

Em especial ao professor, orientador, mestre, engenheiro civil Maycon A. de Almeida pela inspiração, confiança, paciência, fornecimento de equipamentos para coleta de amostras, domínio do conteúdo e, acima de tudo, pelo interesse no trabalho.

Aos engenheiros civis Marcondes L. da Silva (Solution Engenharia Civil) e mestre Vinicius Lorenzi (FUNGEO – Fundações e Geologia), pela atenção, mesmo com os dias atarefados, nos fornecendo dados de suma importância para realização da pesquisa.

Aos senhores Freddy Augusto Simek, Clóvis Schurt e Amarildo Reffatti por nos cederem áreas para retirada de amostras para realização da pesquisa.

À equipe da empresa Solitec Fundações, Chico e Rogério, por se deslocarem até a cidade de Marechal Cândido Rondon para colaborar na coleta de amostras.

Ao engenheiro civil Rafael Borchardt, pelo apoio e suporte dado, sem suas indicações o trabalho não teria o mesmo resultado.

Aos senhores Raul Elemar Grenzel e Mirian Salette Simek Grenzel, pais do Gustavo, que sempre acreditaram nele e o apoiaram em toda jornada percorrida durante curso.

Aos senhores Volmir Bertolla, Rosane Pedralli, Natália Pedralli Bertolla e Rosangela Pedralli Zimmerman, família do Kevin, que o incentivaram em momentos difíceis, o apoiaram nas tomadas de decisões e sempre acreditaram no sonho de criança do pesquisador.

À senhorita Gisleanne Aline Raasch, namorada do Gustavo, que sempre o apoiou e foi paciente devido a sua ausência.

Enfim, agradecemos a todos professores, amigos, familiares, colegas e demais pessoas que fizeram parte, direta ou indiretamente, de toda caminhada percorrida para chegarmos até aqui.

RESUMO

Todas edificações exercem cargas constantes em sua fundação e algumas, como pontes, *shoppings* e aeroportos exercem também cargas variantes, todo esse peso precisa ser transferido para uma base que o suporte, esta base é o solo em que a edificação está apoiada. Desta forma pode-se afirmar que conhecer o solo onde se constrói é um dos fatores mais importantes na parte de execução de projetos, sem o devido conhecimento, muitas vezes, acaba-se tendo problemas de recalque, rachaduras e até mesmo desabamentos. Portanto, é de interesse do engenheiro responsável buscar conhecer o solo em que construirá e dar a devida importância para o mesmo antes de executar suas obras. Este trabalho buscou entender de uma maneira geral como é classificado o solo no perímetro urbano da cidade de Marechal Cândido Rondon/PR, através de caracterização e mapeamento geotécnico, coletando amostras deformadas de solo para ensaio em laboratório e reunindo sondagens a percussão SPT já realizadas. Com os ensaios realizados em laboratório foi possível classificar o solo quanto a sua granulometria, composição, umidade, limites de plasticidade e liquidez, índice de plasticidade e, ainda, com as sondagens SPT determinar um mapa de resistência utilizando interpolação entre os pontos analisados. Destacam-se ao fim deste trabalho os resultados expostos em forma de gráficos para explanação da granulometria metro a metro, sendo que em todos os pontos ensaiados o resultado foi um solo argiloso, os mapas de estimativa de resistência mostraram que o solo na cidade apresenta um bom conjunto de resistência e nível da água. Até o nível da água alguns pontos apresentaram resistência superior a 20 golpes no ensaio SPT e alguns metros a baixo do lençol freático a resistência também apresentou resultados interessantes, chegando até a 82 golpes em um dos laudos.

Palavras chave: Mapeamento geotécnico. caracterização de solo. amostras deformadas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Relações entre volumes e massas do solo.	22
Figura 2: Leitura do densímetro	28
Figura 3: Peneiras utilizadas no peneiramento fino.....	28
Figura 4: Exemplo de curva granulométrica	29
Figura 5: Aparelho de Casagrande.	30
Figura 6: Limite de Plasticidade (LP).....	31
Figura 7: Tabela de classificação unificada dos solos (SUCs).	36
Figura 8: Ábaco de Plasticidade para classificação de solos finos pelo SUCs	37
Figura 9: Sondagens mais comuns	41
Figura 10: Amostrador padrão de sondagem SPT.	43
Figura 11: Realização de sondagem SPT.	44
Figura 12: Projeto para execução da sondagem SPT.....	46
Figura 13: Exemplo de variograma	49
Figura 14: Representação 2D das curvas de nível em Cascavel/PR	50
Figura 15: Pontos de sondagem SPT e seus respectivos laudos	52
Figura 16: Localização dos pontos de sondagem a trado	53
Figura 17: Perfil do solo no Furo A com 9 metros de profundidade.	54
Figura 18: Perfil do solo no Furo F com 3 metros de profundidade.....	54
Figura 19: Amostras em estufa para secagem.....	56
Figura 20: Provetas de controle e sedimentação do solo.....	56
Figura 21: Aparelho de Casagrande com amostra para ensaio	58
Figura 22: Amostra comparada ao gabarito do ensaio de LP	58
Figura 23: Nível d'água no perímetro urbano de Marechal Cândido Rondon/PR.....	74
Figura 24: Pontos de sondagens selecionados para gráfico	75
Figura 25 Locais de sondagens e bairros da cidade.	76
Figura 26: Mapa de resistência do solo para 1° metro	77
Figura 27: Mapa de resistência do solo para 3° metro	77
Figura 28: Mapa de resistência do solo para 5° metro	78
Figura 29: Mapa de resistência do solo para 7° metro	79
Figura 30: Mapa de resistência do solo para 9° metro	79
Figura 31: Mapa de resistência do solo para 11° metro	80

Figura 32: Mapa de resistência do solo para 12° metro	81
Figura 33: Mapa de resistência do solo para 13° metro	81
Figura 34: Mapa de resistência do solo para 14° metro	82
Figura 35: Mapa de resistência do solo para 15° metro	82
Figura 36: Mapa de resistência do solo para 16° metro	83
Figura 37: Mapa de resistência do solo para 17° metro	83
Figura 38: Mapa de resistência do solo para 18° metro	84

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Limite dos diâmetros para classificação dos solos.....	19
Tabela 2: Índices físicos.....	23
Tabela 3: Umidade natural.	24
Tabela 4: Identificação da estrutura de um solo.....	25
Tabela 5: Identificação do grau de cimentação.	25
Tabela 6: Classificação de Burmister.	32
Tabela 7: Classificação dos solos de acordo com sua granulometria.	33
Tabela 8: Tabela para classificação sistema TRB.....	39

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Curvas Granulométricas do Ponto A.....	61
Gráfico 2: Composição das Amostras no Ponto A	61
Gráfico 3: Variação dos índices de plasticidade na profundidade do ponto A.....	62
Gráfico 4: Curvas Granulométricas do Ponto B.....	64
Gráfico 5: Composição das Amostras no Ponto B	64
Gráfico 6: Variação dos índices de plasticidade na profundidade do ponto B.....	65
Gráfico 7: Curvas Granulométricas do Ponto C	66
Gráfico 8: Composição das Amostras no Ponto C	66
Gráfico 9: Variação dos índices de plasticidade na profundidade do ponto C	67
Gráfico 10: Curvas Granulométricas do Ponto D	68
Gráfico 11: Composição das Amostras no Ponto D	68
Gráfico 12: Variação dos índices de plasticidade na profundidade do ponto D	69
Gráfico 13: Curvas Granulométricas do Ponto E.....	70
Gráfico 14: Composição das Amostras no Ponto E	70
Gráfico 15: Variação dos índices de plasticidade na profundidade do ponto E.....	71
Gráfico 16: Curvas Granulométricas do Ponto F.....	72
Gráfico 17: Variação dos índices de plasticidade na profundidade do ponto F	73
Gráfico 18: Resistência N_{spt} ao longo da profundidade	75

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Porcentagem de solo em suspensão na leitura do densímetro	26
Equação 2: Diâmetro máximo das partículas	27
Equação 3: Porcentagem de material passado em cada peneira	28
Equação 4: Índice de plasticidade	32
Equação 5: Teor de umidade	33
Equação 6: Índice de grupo	38
Equação 7: Equação para interpolação	48

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

2D – Se refere a representações em duas dimensões

3D – Se refere a representações em três dimensões

ABGE – Associação brasileira de geologia de engenharia e ambiental

ABNT – Associação brasileira de normas técnicas

ASTM – Órgão americano de normatização, *American Society for Testing and Materials*

CPTU – *Cone penetration test*

DMT – Dilatômetro de marchetti

DNER – Departamento nacional de estradas de rodagem

DNIT – Departamento nacional de infraestrutura de transportes

EUA – Estados Unidos da América

HRB – Sistema de classificação da *Highway Research Board*

IN LOCO – Expressão que, em latim, significa “no próprio local”

IN SITU – Expressão que, em latim, significa “no próprio local”

IG – Índice de grupo

IP – Índice de plasticidade

LL – Limite de liquidez

LP – Limite de plasticidade

NBR – Norma brasileira regulamentadora

N_{spt} – Valor da resistência do solo à penetração

PMT – *Pressuremeter menard test*

SOFTWARE – Programa que comanda o funcionamento de um computador

SPT – *Standard Penetration Test*

SUC's – Sistema unificado de classificação dos solos

TRB – Sistema de classificação da *Transportation Research Board*

LISTA DE SÍMBOLOS

< - Menor que

> - Maior que

°C – Graus Celsius

cm – Centímetros

e – Índices de vazios

g – Gramas

h – Horas

Kg – Quilogramas

m - Metros

min – Minutos

ml – Mililitros

n – Porosidade

nº – Número

S – Grau de saturação

s – Segundos

w – Teor de umidade

Ø – Diâmetro

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1.....	15
1.1. INTRODUÇÃO.....	15
1.2. OBJETIVOS	16
1.2.1. Objetivo geral	16
1.2.2. Objetivos específicos.....	16
1.3. JUSTIFICATIVA.....	16
1.4. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA	17
1.5. FORMULAÇÃO DA HIPÓTESE	17
1.6. DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	18
CAPÍTULO 2	19
2.1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1.1. Solo	19
2.1.1.1. Solos residuais	20
2.1.1.2. Solos transportados.....	20
2.1.1.3. Solos orgânicos	20
2.1.1.4. Solos lateríticos	21
2.1.1.5. Solos colapsíveis	21
2.1.2. Índices físicos	22
2.1.3. Ensaio de caracterização.....	24
2.1.3.1. Análise tátil-visual	24
2.1.3.2. Granulometria Conjunta.....	25
2.1.3.3. Limites de consistência.....	29
2.1.3.4. Índice de plasticidade	31
2.1.3.5. Teor de umidade.....	32
2.1.2. Classificação dos Solos.....	33

2.1.1.3. Sistema unificado de classificação dos solos (SUCS).....	34
2.1.2.2. Sistema de classificação <i>Transportation Research Board</i> (TRB)	37
2.1.3. Investigações geotécnicas.....	40
2.1.3.1. Sondagem a trado	42
2.1.3.2. Sondagem SPT	43
2.1.4. Mapeamento geotécnico	46
2.1.4.1. Software Surfer.....	47
2.1.4.2. Interpolação de dados	47
CAPÍTULO 3.....	51
3.1. METODOLOGIA.....	51
3.1.1. Tipo de estudo e local de pesquisa	51
3.1.2. Caracterização da amostra.....	51
3.1.2.1. Sondagens SPT.....	51
3.1.2.2. Sondagem e coleta de amostras a trado	52
3.1.2.3. Determinação do nível do lençol freático.....	54
3.1.3. Granulometria conjunta	55
3.1.4. Índices de consistência.....	57
3.1.5. Mapeamento geotécnico	58
3.1.5.1. Interpolação	59
CAPÍTULO 4.....	60
4.1. RESULTADOS E DISCUSSÕES	60
4.1.1. Sondagem a trado.....	60
4.1.1.1. Local de coleta A	60
4.1.1.2. Local de coleta B	63
4.1.1.3. Local de coleta C	65
4.1.1.4. Local de coleta D.....	67
4.1.1.5. Local de coleta E	69

4.1.1.6. Local de coleta F	71
4.1.2. Lençol freático	73
4.1.3. Sondagens SPT.....	74
CAPÍTULO 5.....	85
5.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	85
CAPÍTULO 6.....	87
6.1. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	87
REFERÊNCIAS.....	88
ANEXOS	91

CAPÍTULO 1

1.1. INTRODUÇÃO

A cidade de Marechal Cândido Rondon localizada na região Oeste do estado do Paraná e, segundo o IBGE (2010), conta com uma população de aproximadamente 46.819 habitantes. A sua economia é baseada na agricultura, mas também se destaca pelas indústrias alimentícia, mecânica e têxtil, produtos minerais não metálicos, criação de aves de corte e criação de suínos.

A construção civil na cidade teve ápice no início do ano de 2016, onde várias edificações foram concebidas, cerca de 5 edifícios de até 10 pavimentos tiveram suas obras iniciadas desde então. Essa limitação de pavimentos se dá por conta do plano diretor municipal.

Ao levantar as informações sobre essas edificações, percebe-se que a análise do solo nessa região é feita em poucos casos. Obras de maior porte e obras públicas são as que geralmente utilizam uma análise de solos para o levantamento de dados a fim de facilitar a escolha do sistema de fundação e de seu dimensionamento.

Antes dessa expansão da construção civil na cidade, outras edificações de grande porte já haviam sido realizadas, até mesmo mais expressivas do que as que se têm na atualidade. Um edifício que podemos ressaltar é o Vale do Reno, edificado nos anos 90, onde realizou-se as fundações com tubulões pressurizados, devido ao nível de água. Esse edifício é composto por um subsolo e 17 pavimentos, sendo o mais alto da cidade.

O conhecimento adequado do solo onde se vai edificar uma obra é essencial para que o profissional da engenharia desenvolva alternativas que possam trazer soluções seguras e economicamente viáveis. Desta forma, identificar e classificar as diversas camadas de solo presentes na região onde serão executadas futuras edificações é um passo essencial no desenvolvimento do projeto.

Contudo, é de extrema importância não só para o profissional de engenharia, mas para todos os envolvidos estarem cientes dos riscos e problemas, sejam eles estruturais ou não, que podem ocorrer nas edificações futuramente, devido à falta de atenção ao estudo do subsolo. Com isso entende-se que é de suma importância uma

análise do solo e o correto dimensionamento da fundação para se evitar tais transtornos com a obra, a curto ou a longo prazo.

Diante disso, esse trabalho foi desenvolvido através de revisões literárias, ensaios de laboratório e análise de diversas sondagens *Standard Penetration Test* (SPT) para a elaboração de um mapa geotécnico, visando apresentar resultados de resistência do solo em superfície e em profundidade na cidade de Marechal Cândido Rondon, propondo expandir o conhecimento sobre as características do solo da cidade e ajudar na escolha do sistema de fundação para futuras edificações.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo geral

Caracterizar o subsolo da cidade de Marechal Cândido Rondon/PR, através de ensaios em laboratório e sondagens a trado e a percussão do tipo SPT.

1.2.2. Objetivos específicos

- Coletar ensaios SPT realizados dentro do perímetro urbano do município junto a construtoras;
- Realizar ensaios de caracterização ao longo da profundidade para coletas a trado realizadas em diversos pontos da cidade;
- Desenvolver mapas geotécnicos de nível d'água e resistência do solo ao longo da profundidade usando o *software Surfer*.

1.3. JUSTIFICATIVA

Segundo Caputo (1996), a propriedade do solo de suportar e resistir a cargas depende da sua resistência, a massa de solo se rompe quando esta resistência é

excedida. A definição de qual fundação utilizar depende principalmente desta característica do solo.

Até hoje na cidade de Marechal Cândido Rondon não se costuma realizar ensaios e análises de resistência do solo antes de construções de pequeno porte. Tendo isso em vista, este trabalho pretende auxiliar e até mesmo orientar os profissionais da área neste tema, incentivando o avanço em pesquisas deste segmento no município.

A caracterização geotécnica do solo é importante para engenheiros, visto que é a base de qualquer construção, tendo uma boa fundação a obra evita várias patologias, como por exemplo recalque, e mantém sua longevidade com segurança. Ter o embasamento da parte de solos e fundações, além de conhecer o comportamento do solo de acordo com sua resistência e suas características geotécnicas, permite ao engenheiro tomar decisões mais rápidas e assertivas no desenvolvimento de seu projeto.

1.4. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Quais as características geotécnicas do subsolo de Marechal Cândido Rondon/PR?

1.5. FORMULAÇÃO DA HIPÓTESE

Segundo a MINEROPAR (2001), a região em que o município se encontra é formada principalmente por um derrame basáltico e suas derivações. Desta forma espera-se que o solo estudado apresente altos índices de argila, formado principalmente por solo residual e de alta resistência e coesão no estado natural, o ideal para o apoio de obras civis.

Com esta informação e a consulta de trabalhos realizados por Zen (2016) em Cascavel e Bom Fim (2016) em Ubiratã, cidades próximas, a expectativa é que Marechal Cândido Rondon apresente características de solo laterítico e colapsível, sendo essas muito presentes em solos de áreas tropicais, e no Brasil, em geral.

1.6. DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa foi realizada no município de Marechal Cândido Rondon, no oeste do Paraná. Foram coletados dados 11 laudos de sondagens SPT já realizadas em 11 pontos e coletadas amostras em 6 diferentes pontos da cidade, a profundidade de cada perfuração variou de acordo com o nível da água ou com a presença de rocha ou solo muito resistente.

CAPÍTULO 2

2.1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1.1. Solo

Segundo Ortigão (2007), a definição de solos depende de quem o utiliza, para a engenharia, solo é um aglomerado de partículas, provenientes da decomposição de rochas, que pode ser escavado facilmente sem auxílio de explosivos e que são utilizados como material de construção ou de suporte para estruturas.

Existem diversos sistemas de classificação, podendo ser estes específicos ou não. Assim, tem-se um sistema com base na origem dos solos (solos residuais, solos transportados/sedimentares, solos orgânicos), um sistema com base na textura (tamanho das partículas), um sistema de classificação visual e tátil, e sistemas que levam em consideração parâmetros geotécnicos do solo.

Segundo Saraiva (2007), a primeira diferença a se notar quando se comparam solos é o tamanho de suas partículas, a olho nu mesmo pode-se perceber que alguns solos possuem grãos maiores, chamados pedregulhos e areias, e outros apenas partículas pequenas que quase não são vistas isoladamente, que são as argilas e os siltes, conhecidas por formarem pastas homogêneas quando apresentam alta umidade. Estas diferenças de tamanho recebem nomes especificados pela *American Society for Testing and Materials* (ASTM), como pode ser visto na Tabela 01.

Tabela 1: Limite dos diâmetros para classificação dos solos

Fração	Diâmetros definidos (mm)
Pedregulho	$4,75 < \varnothing < 60$
Areia grossa	$2 < \varnothing < 4,75$
Areia média	$0,425 < \varnothing < 2$
Areia fina	$0,075 < \varnothing < 0,425$
Silte	$0,005 < \varnothing < 0,075$
Argila	$\varnothing < 0,005$

Fonte: Saraiva (2007).

2.1.1.1. Solos residuais

São tipo de solos presentes nas camadas superficiais, muito intemperizados, com alta porcentagem de argila, suas características são ligadas ao intemperismo da rocha local.

Segundo Pinto (1988), dentre os solos residuais, destacam-se os solos lateríticos, solos expansivos e os porosos. Esses últimos são assim denominados pelo fato de ter sua porosidade extremamente elevada, também podem ser conhecidos como solos colapsíveis, pois em determinadas condições sua estrutura se quebra, causando elevados recalques das edificações ali presentes.

2.1.1.2. Solos transportados

Segundo Vargas (1978), é um solo caracterizado pelo solo residual que sofreu uma ação transportadora dos agentes geológicos, como: mar, rio, vento, gelo e gravidade. Esse tipo de solo apresenta grandes quantidades de matéria orgânica em sua composição.

O solo transportado ainda pode ser dividido de acordo com o agente transportador: aluviais, coluvionares, eólico e globais. Os solos aluviais são solos transportados devido à água, mais comuns em regiões litorâneas. Coluvionares são solos transportados devido à ação da gravidade, um exemplo mais comum é a erosão. Solos Eólicos, como o próprio nome já sugere, é transportado devido ao vento, ocorre muito em áreas de dunas, são mais restritos a areais e siltes. Globais são solos transportados por geleiras, bastante comuns nas tundras.

2.1.1.3. Solos orgânicos

Segundo Pinto (1988), esse tipo de solo ocorre geralmente em bacias continentais e em baixadas marginais dos rios, se distingue facilmente dos outros pelo odor característico e por apresentar cor escura. Turfas geralmente apresentam solos altamente orgânicos, fibrilares e extremamente compressíveis. Não é um solo

indicado para fundações por ter baixíssima resistência, tanto pode ocorrer na superfície como em camadas mais profundas.

2.1.1.4. Solos lateríticos

De acordo com Nagomi e Vilibor (1995), os solos lateríticos são solos típicos de regiões com clima tropical e subtropical, onde sofrem intemperismo físico e químico das rochas devido às variações climáticas. No Brasil, onde prevalece o clima tropical, os solos lateríticos cobrem praticamente 70% do território nacional.

Ainda segundo Melfi (1997 apud Gonçalves, 2006), como o Brasil tem típicas regiões tropicais, a laterização é favorecida devido às condições de alta temperatura e umidade, fatores propícios à ocorrência desse processo.

Pode-se concluir que o solo laterítico é um solo que foi muito intemperizado, composto por argila de alta porosidade. Devido à presença de agentes cimentantes, suas partículas de solo encontram-se agrupadas, proporcionando assim uma alta resistência no seu estado natural, porém quando umedecidos ocorre a perda da resistência.

Ainda segundo Brady (2006), em área de clima temperado o processo de intemperismo físico ou químico é lento, levando à formação de solos arenosos e solos com argilas saturadas. Já em regiões de clima tropical, a velocidade de intemperismo propicia a formação de solos argilosos não saturados e arenosos.

Os solos superficiais muito intemperizados são considerados os solos mais antigos, devido à grande quantidade de chuvas, e consequentemente os solos presentes próximos ao topo rochoso são considerados solos mais jovens.

2.1.1.5. Solos colapsíveis

Segundo Pinto (2006), solo Colapsível é aquele solo que tem sua estrutura com porosidade extremamente elevada e em determinadas condições de umidade ela se quebra, dando origem a elevados recalques das obras que assentam sobre eles.

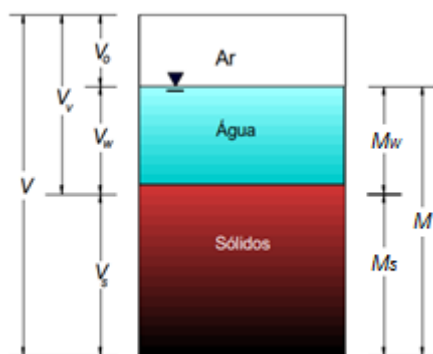
Gutierrez (2005), diz que nas obras civis os colapsos se manifestam com o surgimento de trincas e rachaduras nas construções, danos estruturais em

pavimentos, colapso nas fundações e outros. Vilar (2004), conclui que o solo colapsável sofre uma perda de resistência por agentes internos, em geral a água, a qual provoca o enfraquecimento da cimentação e a dissipação da sucção matricial, anulando a coesão “aparente” e, portanto, reduzindo significativamente a resistência ao cisalhamento, o que provoca o colapso da sua estrutura.

2.1.2. Índices físicos

Segundo Caputo (1972), o solo é um material constituído por um conjunto de partículas sólidas, deixando entre si vazios que poderão estar parcialmente ou totalmente preenchidos por água, como exemplificado na Figura 01.

Figura 1: Relações entre volumes e massas do solo.



Fonte: Ortigao, 2007.

Onde:

V: Volume total

V_v: Volume de vazios

V_a: Volume de ar

V_w: Volume de água

V_s: Volume de sólidos

M: Massa total

M_w: Massa da água

M_s: Massa dos sólidos

Os índices físicos são relações, entre volumes e pesos das três fases presentes na estrutura de um solo. Esses índices possibilitam avaliar as condições

em que o solo se encontra para controle de amostras a serem ensaiadas. Ainda temos outros índices como umidade, grau de saturação, índice de vazios e massa específica.

Ainda segundo Pinto (2006), o comportamento de um solo depende das três fases, que são: sólidos, água e ar, essas três fases normalmente ocorrem no solo, mesmo que em alguns casos os vazios possam estar totalmente ocupados pela água.

Para determinação dos Índices Físicos são utilizadas equações como as apresentadas na Tabela 02.

Tabela 2: Índices físicos.

Índice	Equação
Índice de vazios (e)	$e = \frac{V_v}{V_s}$
Porosidade (n)	$n = \frac{V_v}{V} (\%)$
Grau de saturação (S)	$S = \frac{V_w}{V_v}$
Teor de umidade (w)	$w = \frac{M_w}{M_s} \cdot 100 (\%)$
Massa específica aparente ou natural (γ_{nat})	$\gamma_{nat} = \frac{M}{V} (g/cm^3)$
Massa específica aparente saturada (γ_{sat})	$\gamma_{sat} = \frac{M_{sat}}{V} (Kg/m^3)$ *Para S = 100%
Massa específica aparente seca (γ_d)	$\gamma_d = \frac{M_s}{V} (g/cm^3)$
Densidade relativa dos grãos (G_s)	$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w}$

Fonte: Ortigao (2007).

Onde:

M_{sat} : Massa saturada

γ_s : Peso específico real

γ_w : Peso específico da água

2.1.3. Ensaios de caracterização

2.1.3.1. Análise tátil-visual

Segundo Nogueira (1995), a cor é muito importante para descrever um solo, embora ainda não se tenha um padrão de cores no Brasil, existem algumas recomendações quanto à nomenclatura de cores utilizadas: branco, cinza, preto, marrom, amarelo, vermelho, roxo, azul e verde, todas podendo contar com as variáveis claro ou escuro. A identificação deve ser feita com uma amostra úmida e a partir de sua cor predominante, com duas cores predominantes é importante citar as duas na classificação. Quando forem identificadas três cores ou mais se utiliza o termo variegado.

Ainda segundo Nogueira (1995), é conveniente indicar a condição de umidade do solo no momento da coleta em campo, seguindo as orientações da Tabela 03.

Tabela 3: Umidade natural.

SOLO	DESCRIÇÃO
Seco	Água não é visível nem sensível ao tato
Úmido	Água não é visível, mas sensível ao tato
Molhado	Água é visível

Fonte: Nogueira (1995).

Embora seja difícil classificar a estrutura do solo *in situ*, Nogueira (1995) elaborou uma tabela para comparação das amostras encontradas em campo, a Tabela 04 indica espessuras e situações encontradas para classificação do solo.

Tabela 4: Identificação da estrutura de um solo.

CARACTERÍSTICAS DO SOLO		ESTRUTURA
Estratos alternados de diferentes materiais, cores, espessura	Espessura > 6 mm	Estratificada
	Espessura < 6 mm	Laminada
	Textura muito fina	Varvítica
Plano de fratura bem definido. Pequena resistência ao fraturamento	Opacos	Fissurada
	Polidos (estriados)	Estriada
Massa de solo coesivo quando quebrada resultam torrões angulares, resistentes à posterior quebra		Torroada
Camada de solo com textura diferente da do solo acima e abaixo		Em lente
Solo com mesma cor, textura e demais características		Homogênea

Fonte: Nogueira (2007).

Nogueira (1995), também trata sobre o grau de cimentação da estrutura dos solos, que seria a pressão exercida em um torrão de solo seco com o polegar e o indicador, avaliando a pressão necessária para desfazer o torrão. O resultado encontrado em campo pode ser comparado com a Tabela 05.

Tabela 5: Identificação do grau de cimentação.

DESCRIÇÃO DO RESULTADO	PRESSÃO APLICADA	GRAU DE CIMENTAÇÃO
Torrão quebra ou esfarela	Pequena	Fraco
	Média	Médio
Torrão não se quebra	Grande	Forte

Fonte: Nogueira (2007).

2.1.3.2. Granulometria Conjunta

Segundo Pinto (2006) para reconhecer o tamanho dos grãos de um solo, classificá-lo e identificá-lo, é realizado o ensaio de granulometria conjunta, dividido em duas fases: peneiramento e sedimentação.

Para determinar as características físicas das amostras coletadas com a sondagem a trado são realizados ensaios de granulometria conjunta e limites de consistência. Cada um dos ensaios segue passos normatizados e deve demorar cerca de 96 horas desde a chegada da amostra de solo no laboratório, separação das quantidades, destorroamento, defloculação, leitura do densímetro, secagem em

estufa e posterior peneiramento grosso e fino, de acordo com a ABNT NBR 7181 (ABNT 2016).

No ensaio de sedimentação, a determinação da análise granulométrica do solo é baseada na Lei de Stokes, que relaciona o tamanho da partícula com a velocidade na qual ela se sedimenta em um meio líquido, portanto, quanto maior a partícula, mais rapidamente ela irá se depositar no fundo da proveta de ensaio. Então, a velocidade de queda das partículas depende diretamente da massa específica e viscosidade do fluído, da massa específica e do diâmetro da esfera, ou seja, é a relação entre o diâmetro dos grãos e a sua velocidade de sedimentação em um meio líquido de viscosidade e peso específico conhecido, NBR 7181 (ABNT 2016).

Para a realização do ensaio de sedimentação usa-se os métodos especificados na NBR 6457 (ABNT 1986), iniciando com a secagem e destorroamento da amostra. Deste material toma-se uma amostra de aproximadamente 120 gramas (para solos arenosos) ou 70 gramas (para solos siltosos e argilosos) após passar na peneira nº 10.

A amostra é saturada com 125 ml de defloculante por um período de 12 horas, o defloculante é uma solução de hexametáfosfato de sódio que facilita a separação das partículas do solo, deixando-as dispersas no meio, fazendo com que elas se sedimentem isoladamente. Após as 12 horas, é feito o processo de dispersão durante 15 minutos e então a substância é transferida a uma proveta de 1000 ml para que sejam feitas as leituras com o densímetro nos intervalos de 30 s, 1 min, 2 min, 4 min, 8 min, 15 min, 30 min, 1 h, 2 h, 8 h e 24 h. Para melhorar a precisão do ensaio, é feito a medição da temperatura a cada leitura, sendo que variações de temperatura devem ser minimizadas.

Para que se possa aferir o diâmetro das partículas, após a realização do ensaio de sedimentação, utiliza-se as Equações 01 e 02 para determinar as porcentagens de partículas que já sedimentaram e o diâmetro das mesmas.

$$\%P = N * \frac{\gamma_s}{(\gamma_s - \gamma_w)} * \frac{V * \gamma_w * (L - L_d)}{\frac{M}{(100 + w)} * 100} \quad (1)$$

Onde:

%P: Porcentagem de solo em suspensão no instante da leitura (%)

N: Porcentagem do material que passa na peneira 2mm (%)

γ_s : Massa específica dos grãos (g/cm^3)

γ_w : Massa específica da água, padronizado em 1 g/cm^3

V: Volume da suspensão, padronizado em 1000ml

L: Leitura do densímetro na suspensão

Ld: Leitura do densímetro no meio dispersor

M: Massa total do material submetido à sedimentação

w umidade higroscópica do material passante

$$D = \sqrt{\frac{1800 * \mu}{\gamma_s - \gamma_w} * \frac{a}{t}} \quad (2)$$

Onde:

D: Diâmetro máximo das partículas (mm)

μ : Coeficiente de viscosidade no meio dispersor (g.s/cm^2)

γ_s : Massa específica dos grãos do solo (g/cm^3)

γ_w : Massa específica da água (g/cm^3)

a: Altura de queda das partículas, correspondente à leitura do densímetro (cm)

t: tempo de leitura (s)

A NBR 7181 (ABNT 2016) também determina os procedimentos para o ensaio de peneiramento fino, que consiste em lavar o material retirado da proveta em água corrente, após a sedimentação, sobre a peneira nº 200 (0,075mm), o material ali retido é levado para a estufa com temperatura entre 105°C e 110°C durante um período de 16h ou 24h. Após esse tempo a amostra é passada nas peneiras de nº 16; 30; 40; 50; 100 e 200, que são vibradas durante 10 minutos, assim obtém-se as porcentagens de material retido em cada peneira.

Diante desses resultados e através dos dados obtidos no ensaio de sedimentação é possível traçar a curva granulométrica do solo. Nas Figuras 02 e 03 pode-se ver a proveta do ensaio durante uma das leituras e as peneiras do peneiramento fino, respectivamente.

Figura 2: Leitura do densímetro

Fonte: Autor (2018).

Figura 3: Peneiras utilizadas no peneiramento fino.

Fonte: Autor (2018).

Para se obter a massa retida em cada peneira, é aplicado processo matemático, conforme a Equação 03, possibilitando calcular o percentual que cada uma representa no total da amostra.

$$\%P = \frac{M_s - M_R}{M_s} * 100 \quad (3)$$

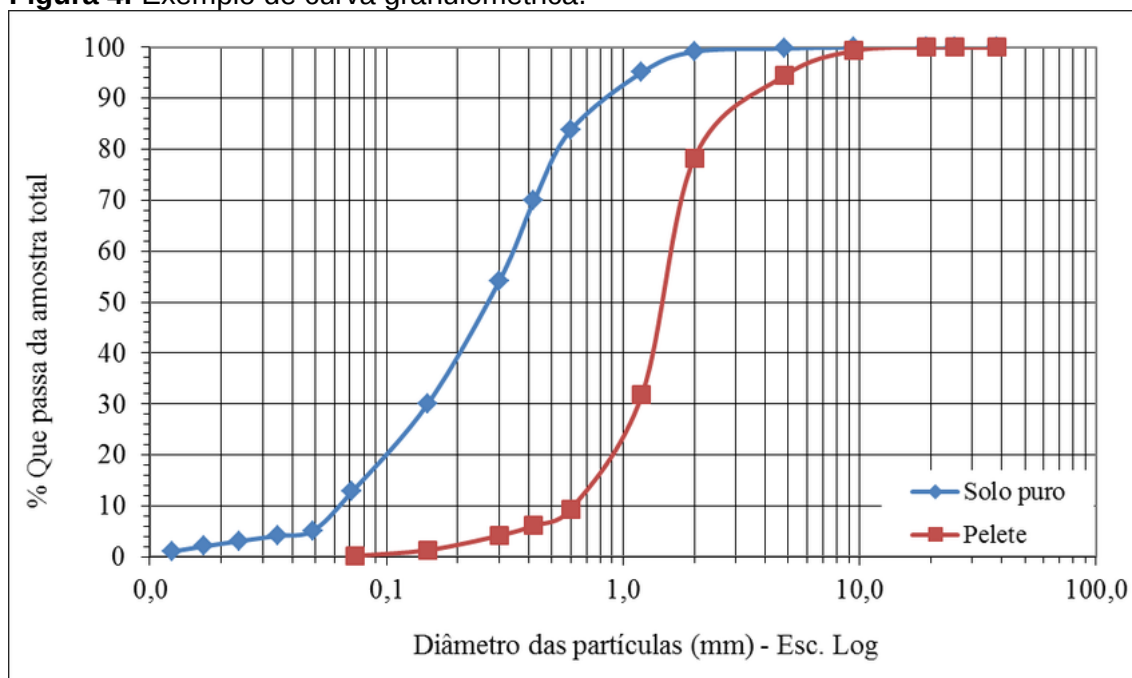
Onde:

%P: Porcentagem de material passado em cada peneira (%)

M_s: Massa da amostra seca (g)

M_R: Massa do material retido na peneira (g)

Segundo Pinto (2006) os resultados do ensaio de análise granulométrica são apresentados através de uma curva de distribuição granulométrica, traçada por pontos em um diagrama semilogarítmico. Na Figura 04 observa-se um exemplo de curva granulométrica de um solo.

Figura 4: Exemplo de curva granulométrica.

Fonte: Adaptado de Pinto (1988).

De acordo com Senço (2007), as curvas granulométricas podem apresentar diversas formas, que identificam não só as prováveis aplicações, mas também o comportamento das camadas com ela construída, inclusive em mistura com aglutinantes.

2.1.3.3. Limites de consistência

O termo “consistência” refere-se ao grau de adesão entre as partículas de solo e a resistência oferecida a forças que tendam a deformar ou romper a massa do solo. A consistência das argilas e de outros solos coesivos é qualitativamente descrita como mole, média, rija ou dura (NBR 6502, ABNT 1995).

Segundo Vargas (1978), a consistência refere-se sempre aos solos coesivos e é definida como a maior ou menor rigidez com que uma argila (ou solo com alto teor de argila) se apresenta. Sabe-se que a rigidez de um solo argiloso varia inversamente com o seu teor de umidade, isto é, à medida que a umidade de uma massa argilosa diminui, a argila vai se tornando mais dura. Para grandes teores de umidade ela é mole e para pequenos teores, dura (mas para o teor de umidade zero, ou quase nulo,

pode sofrer uma redução brusca em sua resistência quando submetida a esforços externos).

Conforme Das (2007), o limite de liquidez é definido como o teor de umidade no ponto de transição do estado plástico para o estado líquido. Quando a umidade de um solo é muito alta, ele se apresenta como um fluido denso e se encontra no estado líquido. Com a evaporação da água ele endurece, passando do estado líquido para o plástico, assim, a umidade correspondente ao limite entre o estado líquido e plástico é denominada de limite de liquidez (LL), sendo definido como o teor de umidade com que o solo fecha uma ranhura, após a aplicação de 25 golpes no aparelho Casagrande (Figura 05), este ensaio é determinado pela NBR 6459 (ABNT,1984).

O ensaio deve ser repetido com no mínimo cinco pontos distintos de teor de umidade, sendo que a umidade inicial a se obter ocorra em torno de 35 golpes no aparelho de Casagrande. Para a determinação dos pontos seguintes deve ser adicionada água de modo a aumentar o teor de umidade.

Figura 5: Aparelho de Casagrande.

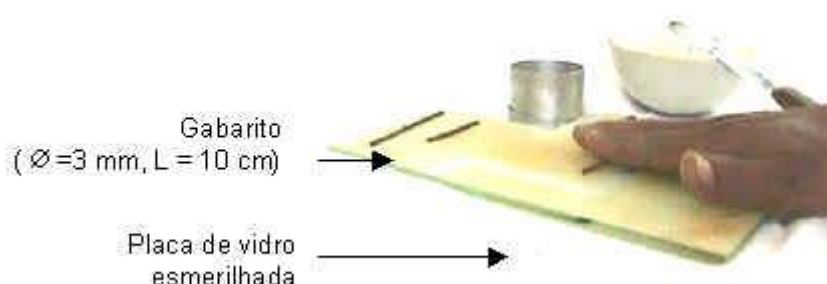


Fonte: Tsutsumi, (2008).

Com os dados coletados monta-se o esboço de um gráfico relacionando os golpes, em escala logarítmica, com a umidade percentual da amostra. Com os 5 pontos obtidos durante o ensaio, traça-se uma reta e o LL será o valor percentual da umidade em 25 golpes, que pode ser medido com régua em gráficos montados em escala ou calculado através da equação da reta.

Limite de plasticidade (LP) é, segundo Caputo (1983), determinado pelo cálculo da porcentagem de umidade para a qual o solo começa se fraturar quando se tenta moldar um cilindro de 3 mm de diâmetro e de 10 cm de comprimento. É realizado manualmente por repetidos rolamentos da massa de solo sobre a placa de vidro esmerilhada (Figura 06). O ensaio tem como objetivo verificar a transição do estado semissólido para o estado plástico, ou seja, o solo deixaria de apresentar a consistência de um material sólido tornando-se possível moldar.

Figura 6: Limite de Plasticidade (LP)



Fonte: Tsutsumi, (2008).

Em laboratório, pode-se apresentar o limite de plasticidade como sendo o teor de umidade com o qual um cilindro de solo começa a se fragmentar, quando se procura moldá-lo com 3 mm de diâmetro, de acordo com a NBR 7180 (ABNT, 1984).

Devem ser realizados ao menos 5 rolos, de modo a se obter o teor de umidade final das amostras, sua média resultará no próprio limite de plasticidade. Os valores identificados fora do desvio padrão são desconsiderados, já que, por norma, os ensaios são considerados satisfatórios quando os valores de umidade obtidos em, pelo menos, três amostras, não diferirem da respectiva média em mais de 5%.

Com o processo de rolagem do cilindro em uma placa de vidro fosco, a amostra começa a perder umidade, e no momento em que a amostra apresenta fissuras caracteriza-se o limite de plasticidade.

2.1.3.4. Índice de plasticidade

É a diferença entre o limite de liquidez e o limite de plasticidade de um solo. Caputo (1983), diz que a zona em que o terreno se encontra no estado plástico,

máximo para as argilas e nulo para areias, fornece um critério para se ajuizar do caráter argiloso de um solo. Assim quanto maior o IP, mais plástico será o solo, a Equação 04 demonstra esse cálculo.

$$IP = LL - LP \quad (4)$$

Onde:

IP: Índice de plasticidade (%)

LL: Limite de liquidez (%)

LP: Limite de plasticidade (%)

Burmister (1979) classificou o índice de plasticidade de forma qualitativa, conforme indicado na Tabela 06.

Tabela 6: Classificação de Burmister.

IP	DESCRIÇÃO
0	Não plástico
1 a 5	Ligeiramente plástico
5 a 10	Plasticidade baixa
10 a 20	Plasticidade média
20 a 40	Plasticidade alta
> 40	Plasticidade muito alta

Fonte: Das (2007)

2.1.3.5. Teor de umidade

O objetivo do ensaio consiste em determinar a umidade presente numa amostra de solo coletado ainda em campo. Entretanto, é realizada a pesagem das amostras úmidas ainda em campo, posteriormente são colocadas em estufa num período de 16 a 24 horas, a uma temperatura de 110°C. Após esse período, retira-se as amostras da estufa e pesa-se novamente, conforme apresentado na NBR 6457 (ABNT, 1986).

O teor de umidade é a relação entre a massa da água contida no solo e a massa ou peso de sua fase sólida, expressa em porcentagem (CAMPOS, 2008), expresso através da Equação 05.

$$w = \frac{(M_c + M) - (M_c + M_s)}{M_s} * 100 \quad (5)$$

Onde:

w: Teor de umidade (%)

M_c: Massa da cápsula com tampa (g)

M_s: Massa de solo seco (g)

M: Massa total da amostra (g)

2.1.2. Classificação dos Solos

Pinto (2006) diz que deve-se levar em conta que existem várias formas de se classificar um solo, como pela sua origem, evolução, presença de matéria orgânica, pela estrutura, pelo preenchimento dos vazios. Os sistemas de classificação que se baseiam nas características dos grãos que constituem os solos têm como objetivo a definição de grupos que apresentam comportamentos semelhantes sob os aspectos de interesse na Engenharia Civil.

Reinert & Reichert (2006), citam textura e porosidade como as duas propriedades mais importantes do solo. Enquanto textura é definida pela distribuição de tamanho de partículas, a porosidade refere-se à estrutura do solo, definida pelo arranjo das partículas em agregados. A porosidade é responsável por um conjunto de fenômenos e desenvolve uma série de mecanismos de importância na física de solos, tais como retenção e fluxo de água e ar.

Segundo a NBR 6502 (ABNT, 1995), no Brasil, a classificação dos solos de acordo com sua granulometria é realizada conforme a Tabela 07.

Tabela 7: Classificação dos solos de acordo com sua granulometria.

Classificação	Diâmetro dos grãos
Argila	Menor que 0,002 mm
Silte	Entre 0,002 e 0,06 mm
Areia	Entre 0,06 e 2,0 mm
Pedregulho	Entre 2,0 e 60,0 mm

Fonte: NBR 6502, ABNT (1995).

Vale ressaltar que a separação entre areia e silte pela ASTM é definida em 0,075mm, diâmetro da peneira número 200 nos ensaios de peneiramento.

De acordo com Maciel Filho (1997), a composição do solo pode ser identificada pela definição do tamanho do grão;

- a) Cascalho: fragmentos de rocha;
- b) Pedrisco: minerais primários: quartzo, calcedônia, às vezes, feldspato no pedrisco (areião);
- c) Areia: minerais primários: quartzo principalmente, às vezes, feldspato; fragmentos de rocha de grão fino; agregados herdados: partículas constituídas por um mineral primário alterado e um mineral resultante da alteração; agregado de quartzo e argila: grãos de quartzo com argila aderida; agregados de argila: minerais de argila aglutinados por um cimento, (ex.: ferro);
- d) Silte: minerais primários: quartzo; material ferruginoso e calcário; pseudo-agregados ou agregados de quartzo e argila ou só argila; partículas individuais de certos minerais de argila (ex.: vermiculita);
- e) Argila: minerais de argila; óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio; minerais primários (em pequena proporção); calcários; matéria orgânica.

Ainda existem várias maneiras de se classificar um solo, sejam elas pela origem, estrutura, granulometria, etc. Na engenharia, os sistemas de classificação de solos mais utilizados se baseiam nas características dos grãos, nos quais são definidos grupos de solos que apresentam comportamentos semelhantes.

Os dois sistemas de classificação de solo mais utilizados são o Sistema Unificado de Classificação de Solos (SUCs) e *Transportation Research Board* (TRB), antigo *Highway Research Board* (HRB).

2.1.1.3. Sistema unificado de classificação dos solos (SUCS)

Os solos neste sistema são classificados em solos grossos, solos finos e altamente orgânicos. Para a fração grossa, foram mantidas as características granulométricas como parâmetros mais representativos para a sua classificação,

enquanto que para fração fina, Casagrande optou por usar os limites de consistência, por serem parâmetros mais importantes do que o tamanho das partículas.

De acordo com ASTM (1990), considera-se como principais parâmetros classificatórios, a distribuição da forma da curva granulométrica, o limite de liquidez, o índice de plasticidade e compressibilidade dos solos. Neste sistema, o solo se divide em três diferentes classes, e subdivididas em 15 grupos diferentes. Em relação à classe, encontra-se solos de graduação grossa, aqueles com mais de 50% retidos na peneira de nº 200, solos de graduação fina, aqueles com menos de 50% retidos na peneira nº 200, e um terceiro grupo, os solos altamente orgânicos.

Segundo o DNIT (2006), o SUCs baseia-se na identificação dos solos de acordo com suas qualidades de textura e plasticidade, agrupando-os de acordo com seu comportamento quando usados em estradas, aeroportos, aterros e fundações.

A Figura 07 traz os tipos de solos representados por duas letras, a primeira indica o tipo principal do solo e a segunda corresponde às características granulométricas e plasticidade, respectivamente.

Figura 7: Tabela de classificação unificada dos solos (SUCs).

TABELA III - Classificação Unificada dos Solos							
Processo para identificação no campo				Grupo	Designação característica		
SOLOS DE GRANULAÇÃO GROSSA Mais de metade é maior que a abertura da peneira de malha n.º 40	PEDREGULHOS Mais de metade da fração grossa e maior que a # n.º 10	PEDREGULHOS PUROS (pouco ou nenhum fino)	Grãos cobrindo toda a escala de granulação com quantidade substancial de todas as partículas intermediárias	GW	Pedregulhos bem graduados, misturas de areia e pedregulho com pouco ou nenhum fino.		
			Predominância de um tamanho de grão ou graduação falhada (ausência de alguns tamanhos de grão)	GP	Pedregulhos mal graduados, misturas de pedregulho e areia com pouco ou nenhum fino.		
		PEDREGULHOS COM FINOS (apreciável quantidade de finos)	Finos não plásticos (ML ou MH).	GF	Pedregulhos siltosos, misturas de pedregulho, areia e silte mal graduados.		
			Finos plásticos (CL ou CH)	GC	Pedregulhos argilosos, misturas de pedregulho, areia e argila bem graduados.		
	AREIAS Mais de metade da fração grossa menor que a # n.º 10	AREIAS PURAS (pouco ou nenhum fino)	Grãos cobrindo toda a escala de granulação com quantidade substancial de todas as partículas intermediárias	SW	Areias bem graduadas, areias pedregulhosas, com pouco ou nenhum fino.		
			Predominância de um grão ou graduação falhada	SP	Areias mal graduadas, areias pedregulhosas, com pouco ou nenhum fino.		
		AREIAS COM FINOS (apreciável quantidade de finos)	Finos não plásticos (ML ou MH)	SF	Areias siltosas, misturas mal graduadas de areia e silte.		
			Finos plásticos (CL ou CH ou OH)	SC	Areias argilosas, misturas bem graduadas de areia e argila.		
SOLOS DE GRANULAÇÃO FINA Mais que a metade do material é menor que a abertura de malha da # 200	Processo de identificação executado sobre a fração < # n.º 40			A abertura da malha # n.º 200 corresponde aproximadamente à menor partícula visível a olho nu			
	ENSAIO EXPEDITO →	RESISTENCIA a SECO (esmagamento pelos dedos)	DILATÂNCIA (DILAÇÃO)				RIGIDEZ (consistência na proximidade do LP)
	SILTES E ARGILAS Limite de Liquidez menor que 50	nenhuma a pequena	rápida a lenta	nenhuma	ML	Siltes inorgânicos e areias muito finas, alteração de rocha, areias finas, siltosas ou argilosas com pequena plasticidade.	
		média a elevada	Nenhuma a muito lenta	média	CL	Argilas inorgânicas de baixa e média plasticidade, argilas pedregulhosas, argilas arenosas, argilas siltosas, argilas magras.	
		Pequena à média	lenta	pequena	OL	Siltes orgânicos e siltes argilosos orgânicos de baixa plasticidade	
	SILTES E ARGILAS Limite de liquidez maior que 50	Pequena a média	Lenta a nenhuma	Pequena a média	MH	Siltes inorgânicos, micáceos ou diatomáceos, finos arenosos ou solos siltosos, siltes elásticos.	
		Elevada a muito elevada	nenhuma	elevada	CH	Argilas inorgânicas de alta plasticidade, argilas gordas.	
		Média a elevada	Nenhuma a muito lenta	Pequena a média	OH	Argilas orgânicas de média e alta plasticidade	
	TURFAS	Facilmente identificáveis pela cor, cheiro, porosidade e frequentemente pela textura fibrosa.			Pt	Solos com elevado teor de matéria orgânica	
	(fonte: Milton Vargas, "Introdução à Mecânica dos Solos")						

Fonte: Vargas (1978).

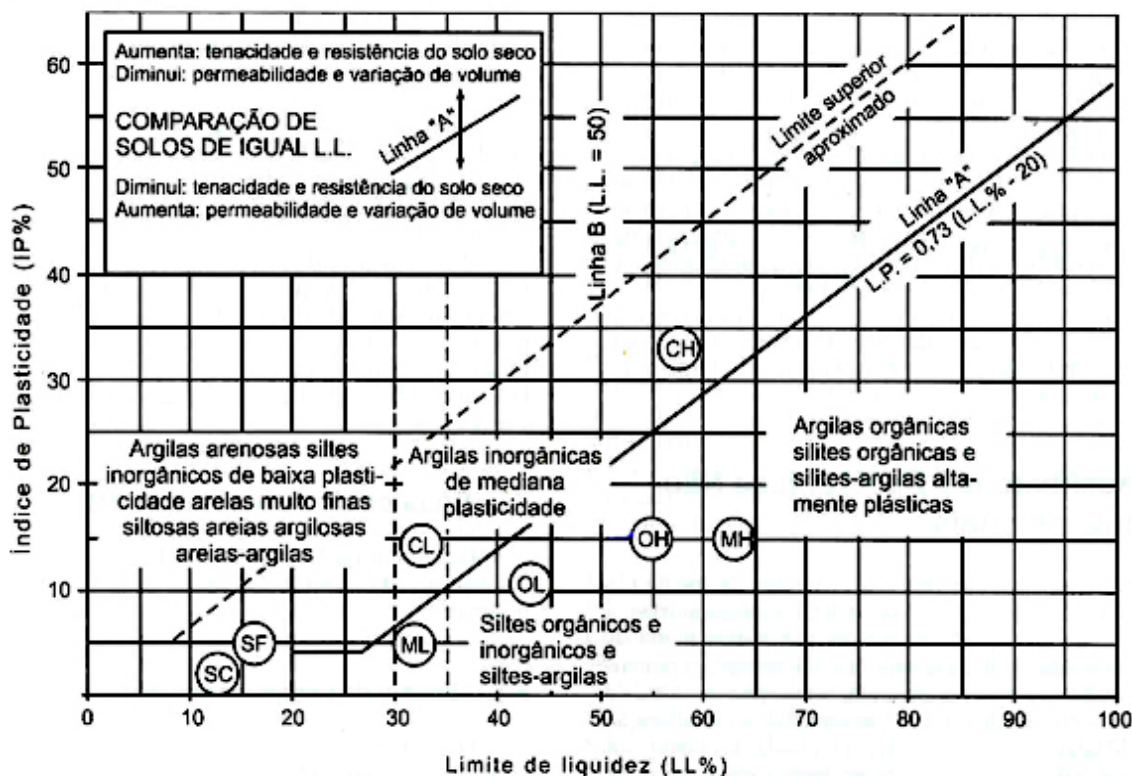
Os solos grossos são separados em pedregulho (G – do inglês *gravel*), areia (S – do inglês *sand*), sendo que eles podem ser bem graduados (W - do inglês *well graded*) ou mal graduados (P - do inglês *poorly graded*). Além disto podem conter em sua composição argila (C – do inglês *clay*) ou solos mais finos (F – do inglês *fine*).

Os solos finos são separados em solos de baixa (L) e alta (H) compressibilidade, quando são compostos principalmente por silte são representados pela letra M (do sueco *mo*), solos orgânicos recebem a letra O e argilas novamente C.

Os solos com alto teor de composição orgânico, fibras e de alta compressibilidade são conhecidos como Turfas e são representados pela sigla Pt.

Para casos em que mais de 50% das partículas passarem pela peneira nº 200 o solo é considerado fino e então deve-se utilizar a carta de plasticidade, apresentada na Figura 08, para classificar o solo pelo SUCs, a partir de sua plasticidade

Figura 8: Ábaco de Plasticidade para classificação de solos finos pelo SUCs



Fonte: Vargas (1978).

2.1.2.2. Sistema de classificação *Transportation Research Board* (TRB)

A classificação TRB, aprovado em 1945, é um aperfeiçoamento do antigo sistema da Administração de Estradas Públicas dos EUA, proposto em 1929, e é o mais comumente utilizado em termos de pavimentação. Esta classificação fundamenta-se na granulometria, limite de liquidez e índice de plasticidade dos solos, sendo adicionado a esta classificação o índice de grupo (IG), que é um número inteiro variando de 0 a 20, baseado nos limites de Atterberg e na porcentagem de material fino que passa na peneira de nº 200.

O índice de grupo (IG), define a capacidade de suporte do terreno de fundação de um pavimento, cujo os valores representam solos ótimos para IG=0 e solos péssimos para IG=20 e seu valor pode ser determinado graficamente ou pelo emprego da Equação 06.

$$IG = 0,2. a + 0,005. a. c + 0,01. b. d \quad (6)$$

Onde:

a: porcentagem do solo que passa na peneira nº 200, menos 35. Se o valor de "a" for negativo adota-se zero, e se for superior a 40 adota-se este valor como limite máximo.;

b: porcentagem do solo que passa na peneira nº 200 menos 15. Se o valor de "b" for negativo adota-se zero, e se for superior a 40 adota-se este valor como limite máximo.

c: valor do limite de liquidez menos 40. Se o valor de "c" for negativo adota-se zero, e se for superior a 20, adota-se este valor como limite máximo.

d: valor do índice de plasticidade menos 10. Se o valor de "d" for negativo adota-se zero, e se for superior a 20, adota-se este valor como limite máximo.

Os valores de "a", "b", "c" e "d" deverão ser expressos em números inteiros e positivos, assim como o valor de IG.

Como pode ser visto na Tabela 08, os solos são divididos em dois grupos: solos grosso e solos finos, sendo que os solos grossos são aqueles que a porcentagem passante na peneira nº 200 é inferior a 35% e são classificados como solos finos quando esta porcentagem é superior a 35%. A classificação é feita da esquerda para a direita (DNER, 1996).

Tabela 8: Tabela para classificação sistema TRB

Classificação Geral		Materiais Granulares (35% ou menos passando pela peneira nº 200)							Materiais siltosos e argilosos (mais de 35% passando pela peneira nº 200)			
Grupos		A-1		A3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
		A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 A-7-6
Porcentagem que passa nas peneiras de abertura nominal	2,00 mm	50 Máx										
	0,42 mm	30 Máx	50 Máx	51 Mín								
	0,074 mm	15 Máx	25 Máx	10 Máx	35 Máx	35 Máx	35 Máx	35 Máx	36 Mín	36 Mín	36 Mín	36 Mín
Característica da fração que passa na peneira 0,42 mm	Limite de Liquidez (%)	-	-	-	40 Máx	41 Mín	40 Máx	41 Mín	40 Máx	41 Mín	40 Máx	41 Mín
	Índice de Plasticidade (%)	6 Máx	6 Máx	NP	10 Máx	10 Máx	11 Mín	11 Mín	10 Máx	10 Máx	11 Mín	11 Mín
Índice de Grupo (IG)		0	0	0	0	0	< 4	< 4	< 8	< 12	< 16	< 20
Materiais predominantes		Pedra britada, areia e pedregulho		Areia fina	Areia fina e areia siltosa ou argilosa				Solos siltosos		Solos argilosos	
Comportamento geral com o subleito		Excelente a bom							Regular a mau			

Fonte: DNER, (1996).

2.1.3. Investigações geotécnicas

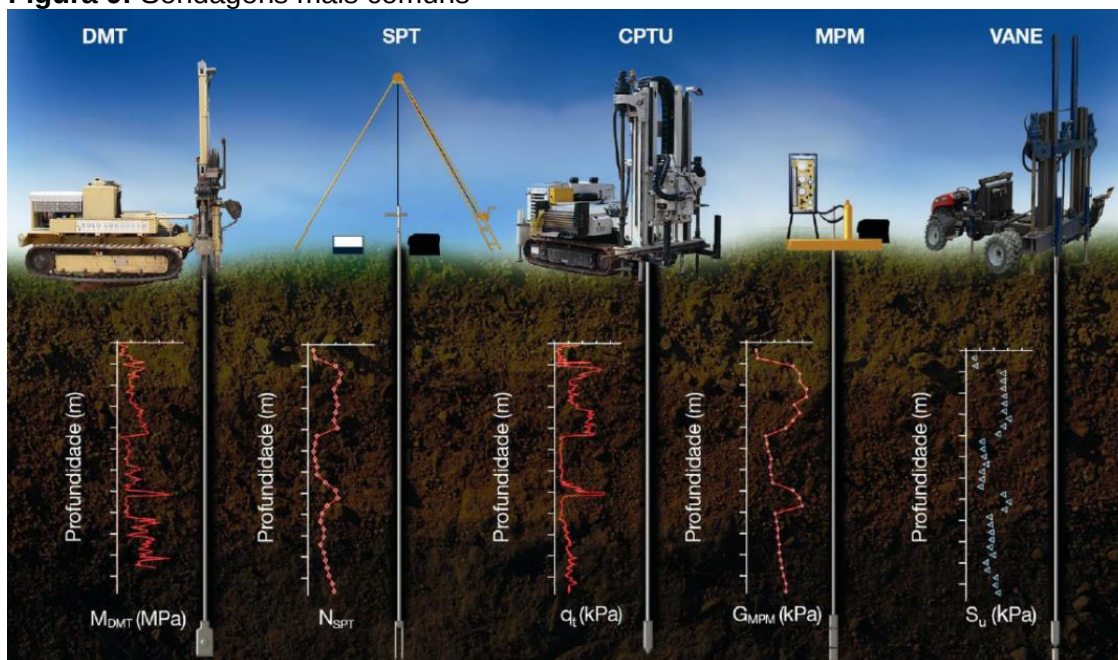
Segundo Caputo (1996), para a execução de fundações e estruturas (edifícios, pontes, viadutos, túneis, muros de arrimo, etc.), é necessária a investigação geotécnica prévia, tanto em obras mais complexas e desenvolvidas quanto nas de pequeno porte. Um dos maiores riscos na Engenharia Civil, é desenvolver uma obra sem o conhecimento do terreno de fundação.

Em todos os tipos de obra a estrutura será suportada pelo solo, portanto, é de fundamental importância o conhecimento geotécnico do solo a fim de prever o seu comportamento diante das solicitações. Conforme a NBR 6122 (ABNT, 1996), a implantação de qualquer obra de Engenharia Civil exige a realização de investigações geotécnicas para orientação dos projetos e execução de fundações.

De acordo com SCHNAID (2005), é de suma importância que as sondagens de solo forneçam algumas características, tais como:

- Diferentes camadas até a cota desejada;
- Espessura de cada uma das camadas;
- Presença ou não de água, se presente identificar a cota de nível da água;
- Propriedades das camadas como permeabilidade, compressibilidade, umidade e resistência ao cisalhamento;
- Profundidade da camada rochosa ou da camada em que o amostrador não foi capaz de penetrar.

As sondagens DMT (dilatômetro de marchetti), SPT (*standard penetration test*), CPTU (*cone penetration test*), PMT (*Pressuremeter Menard Test*) e Vane test são os principais modos de sondagem praticados no mundo e podem ser vistos na Figura 09.

Figura 9: Sondagens mais comuns

Fonte: Schnaid (2005).

Segundo Marchetti (1980), a sondagem DMT (dilatômetro de marchetti) foi desenvolvido na Itália pelo Professor Silvano Marchetti, responsável pela sua concepção, construção do equipamento e pela formulação dos conceitos associados à sua interpolação. O ensaio consiste em uma ferramenta usada para medir as propriedades mecânicas dos solos, ente ensaio é normalizado pelo ASTM D6635 – 01 (2007) *Standard Test Method for Performing the Flat Plate Dilatometer*.

O teste consiste na cravação de uma ponteira metálica, com interrupções desta cravação a cada 20 cm. Nestas interrupções, é introduzido gás nitrogênio que expande a membrana metálica da ponteira contra o terreno. Devido a essa expansão, o manômetro de precisão registra duas leituras: a primeira quando a dilatação da membrana excede o esforço de compressão do terreno, e a segunda quando esta deforma o solo de 1,1mm. Por ser um teste realizado *in-situ*, podem ser estimados valores em diversos pontos do terreno e em variadas profundidades.

De acordo com Esquivel (1995), o ensaio de *piezocone*, também conhecido como CPTU, consiste em uma haste com a ponta cônica que possui sensores instalados no seu interior, de forma a medir a resistência de ponta, atrito lateral e pressão neutra, à medida que a haste é cravada no solo com velocidade constante. Essa ferramenta entrega resultados rápidos e precisos sobre as características do subsolo.

Segundo Clarke (1995), ensaio conhecido como pressiômetro (PMT), foi desenvolvido na França na década de 50, consiste na inserção de pressões em um furo de sondagem através de uma sonda pressiométrica, de maneira controlada, em uma membrana para expandi-la. De acordo com essa expansão ocorre a relação entre as pressões aplicadas no solo e deformações observadas, fornecendo assim propriedades do solo e parâmetros de projeto

A sondagem *Vane Test*, chamado também de ensaio de palheta, é normatizado pela ABNT NBR 10905/89 e ASTM D2573-08, consiste na medição do torque necessário à rotação de uma palheta de aço cravada no solo, sob velocidade constante, o torque máximo permite a obtenção do valor de resistência não drenada do terreno, em outras palavras, indica o valor da resistência ao cisalhamento de materiais argilosos.

2.1.3.1. Sondagem a trado

Consiste na perfuração manual ou mecânica do solo focada em coletar amostras para posterior análise em laboratório, identificação dos horizontes do terreno e identificação do nível da água (ABNT NBR 9603).

Esse método de investigação emprega, como principal instrumento, o trado helicoidal, que é composto por lâminas cortantes. Ele é constituído de duas peças (trado concha ou trado cavadeira), ou única (trado helicoidal), conforme ABGE (1999).

Por realizar coletas de amostras deformadas, não se pode realizar ensaios de compressão ou de permeabilidade do solo, afinal, sua estrutura foi abalada durante a remoção. É um método de sondagem muito utilizado em profundidades rasas, pois pode ser feito de forma manual até 6 metros de escavação em solos pouco resistentes. Para cotas de até 30 metros é utilizado o trado mecânico e as coletas são realizadas da mesma forma, interessante para uma rápida identificação do nível de água (SOARES, 2010).

As amostras deste ensaio devem ser agrupadas, organizadas e identificadas de acordo com a profundidade em que foram coletadas, é de suma importância que sua umidade natural seja preservada para possível determinação dos índices físicos.

De acordo com a NBR 9303, quando é atingido o nível da água a perfuração deve ser paralisada, anota-se a profundidade do momento e acompanha-se o avanço

ou recuo do nível da água, tomando nota a cada 5 minutos até 30 minutos após a paralisação. Vinte e quatro horas após a paralisação deve-se retornar ao local da sondagem e realizar nova anotação sobre o nível da água.

2.1.3.2. Sondagem SPT

O termo “SPT” se origina do inglês *Standard Penetration Test* (traduzido para teste padrão de penetração), e, segundo Schnaid (2005), constitui-se de um ensaio geotécnico com uma medida de resistência dinâmica ligada a uma sondagem de simples reconhecimento. Além de dar uma ótima noção da resistência do solo analisado, a sondagem SPT é relativamente fácil de se realizar, são poucos procedimentos e exigências que podem ser verificados na NBR 6484 (ABNT, 2001).

Esta norma especifica que o ensaio consiste em cravar um amostrador padrão com comprimento de 45 centímetros a cada metro de perfuração, além de coletar amostras representativas do solo com o próprio amostrador, que deve ter 50 milímetros de diâmetro externo. A Figura 10 exemplifica o amostrador.

Figura 10: Amostrador padrão de sondagem SPT.



Fonte: JS Sondagens (2012).

O procedimento inicia-se com a cravação de um amostrador padrão de diâmetro externo de 5cm e 45cm de comprimento no fundo de uma escavação, podendo ser revestido ou não, com o auxílio de um tripé equipado com um conjunto de roldanas, é possível fazer a cravação com um martelo de massa de 65kg, que cai de uma altura de 75cm (SCHNAID,2005).

Com a contagem do número de golpes a cada 15cm, é possível obter-se o valor do N_{spt} , que nada mais é do que o número de golpes necessários para a cravação dos últimos 30cm do amostrador padrão. Isso ocorre porque os golpes para a cravação dos 15 cm iniciais são descartados devido à acomodação do solo e do amostrador no fundo do furo. Posteriormente, ao se obter o valor do N_{spt} , é realizada uma análise tátil visual do material coletado a cada metro de profundidade pelo amostrador bipartido, possibilitando-se obter a caracterização do solo, conforme a Figura 11.

Figura 11: Realização de sondagem SPT.



Fonte: JS Sondagens (2012).

Nos ensaios de resistência realizados metro a metro a paralisação é normatizada, de acordo com 3 critérios:

- Em qualquer um dos segmentos de 15 centímetros do amostrador forem necessários 30 golpes;
- 50 ou mais golpes para cravação do amostrador por inteiro;
- Não registrar avanço do amostrador depois de 5 golpes do martelo.

Já a paralisação do ensaio como todo é um pouco diferente, mas também limitado pela NBR 6484 (ABNT, 2001), são 3 possibilidades:

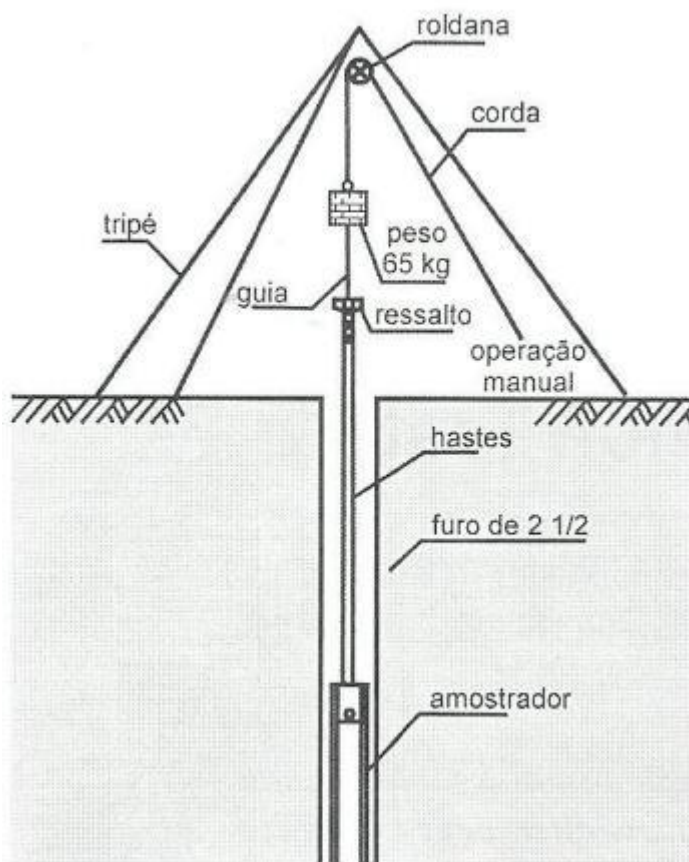
- Quando são necessários 30 golpes para penetração dos 15 centímetros iniciais em 3 metros consecutivos;
- Quando são necessários 50 golpes para penetração dos 30 centímetros iniciais em 4 metros consecutivos;
- Quando são necessários 50 golpes para a penetração dos 45 centímetros do amostrador em 5 metros consecutivos.

A própria norma já deixa clara a dificuldade de se realizar o ensaio com exatidão, por exemplo, é muito difícil que ocorra a penetração de exatos 15 centímetros em cada uma das 3 etapas de penetração do amostrador. Visto isso, a norma estabilizou que se registre o número de golpes seguido pela distância medida de penetração, por exemplo 3/17 – 4/14 – 5/15.

Sendo que os valores 3, 4 e 5 são os golpes e os valores 17, 14 e 15 são as distâncias penetradas respectivamente em cada uma das etapas de penetração do amostrador.

Em diferentes países os passos para realizar este ensaio são basicamente os mesmos, o que acaba sendo diferente são as tecnologias utilizadas, de acordo com o avanço tecnológico de cada país ou região. O sistema mais utilizado no Brasil para a realização desta análise é representado na Figura 12

Figura 12: Projeto para execução da sondagem SPT.



Fonte: Aoki et al. (2013).

2.1.4. Mapeamento geotécnico

De acordo com Zuquette e Gandolfi (1987 apud Maciel Filho, 1997), o mapeamento geotécnico é usado nos mais diferentes países, como uma ferramenta que pode ajudar a definir e fiscalizar a ocupação territorial das regiões de uma maneira ajustada tecnicamente e respeitando as áreas de interesse ambiental e as condições necessárias para que a população à utilize sem que possa alterar as suas condições básicas de vida.

Com base no que diz Cerri et al. (1996), pode-se considerar que a cartografia geotécnica corresponde a um processo que envolve a interpretação na definição dos limites espaciais de determinados atributos ou até mesmo características do meio físico geológico, de acordo com o objetivo proposto pelo trabalho.

Segundo Abel (2002), os princípios gerais do mapeamento geotécnico devem ser aplicados aos mapas de todos os tipos de escalas. Possui a finalidade de fornecer

informações do ambiente geológico, da variação das condições geotécnicas, seus componentes individuais e suas inter-relações, de forma a auxiliar na mitigação de problemas em curso e na prevenção de possíveis problemas futuros. Estas informações devem ser apresentadas de modo que os dados da natureza e os dados de engenharia possam ser entendidos e facilmente analisados.

Como pode-se concluir, as representações espaciais de uma superfície, pode ser obtida através da realização de investigações, estudos e correlações de dados diversos. O mapa deve ter finalidade, uso, aplicação, precisão, funcionalidade e clareza, tendo uma linguagem de fácil entendimento, até mesmo para pessoas que não são especialistas no assunto.

2.1.4.1. Software Surfer

Landim et al (2002), define o *Software Surfer*, como um pacote de programas gráficos usado para cálculo e confecção de mapas variáveis através da interpolação de dados e análises espaciais. Os dados em (X, Y e Z) devem estar dispostos em uma malha regular e caso estejam em uma malha irregular, os mesmos deverão ser regularizados segundo os diversos algoritmos que constam dos programas a serem utilizados.

Ao inserir coordenadas no eixo x, y e um valor para z, é possível gerar um mapa da distribuição espacial para cada variável, utilizando-se um algoritmo de interpolação. As coordenadas para cada ponto devem ser obtidas no mesmo sistema de referência, normalmente utilizado mapas com projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), (UNESP, 2002).

2.1.4.2. Interpolação de dados

A Interpolação dos dados é outro passo para a realização de mapas geotécnicos, ao qual estima-se valores das variáveis em estudo num ponto não amostrado. A base de muitos métodos de interpolação é a mesma, onde o valor do ponto a ser predito (Z), é a somatória do produto entre o valor da variável de um ponto conhecido (Z_i) por um peso calculado (λ) para os pontos i, variando de 1 até N, onde

N representa o número total de pontos considerados, mostrados, então, na Equação 07, (UNESP, 2002).

$$Z = \sum_{i=1}^N \lambda_i * Z_i \quad (7)$$

Onde:

Z: Valor interpolado

N: Total de pontos considerados

λ : Peso da interpolação

i: Ponto da interpolação

Landim (1998) relata que no estudo espacial, às variáveis que assumem valores definidos para cada ponto no espaço, tanto quanto aquelas dependentes do tempo, exibem Fonte: Sturaro & Landim (1996 apud Abel, 2002) comportamento demasiadamente complexo para serem analisado pelos métodos estatísticos clássicos (aquela que utiliza parâmetros médios e desvio padrão para representar um fenômeno).

Quando se utiliza a chamada estatística clássica para representar as propriedades dos valores amostrais, presume-se que estes sejam realizações de uma variável casual, as posições relativas das amostras são ignoradas e então presume-se que todos os valores amostrais tenham a mesma probabilidade de serem escolhidos, apresentando assim simplesmente um teor médio desses valores amostrais e uma distribuição de valores em torno dessa média, limitando a representação da variabilidade espacial, por que não considera a anisotropia e a continuidade do fenômeno que se quer observar.

Segundo Landim (2000), o método a ser utilizado é imprescindível para o resultado ser alcançado no mapa final, e o melhor método de análise de dados se baseia na interpolação dos mesmos. Os métodos mais comuns de interpolação são, Vizinho mais Próximo, Vizinho Natural, Triangulação Linear, Triangulação de Delaunay, Polígonos de Voronoi, Inverso da Potência da Distância, Mínima Curvatura (Spline), Regressão Polinomial, Krigagem (com mais de 30 técnicas distintas) e Máxima Entropia Bayesiana.

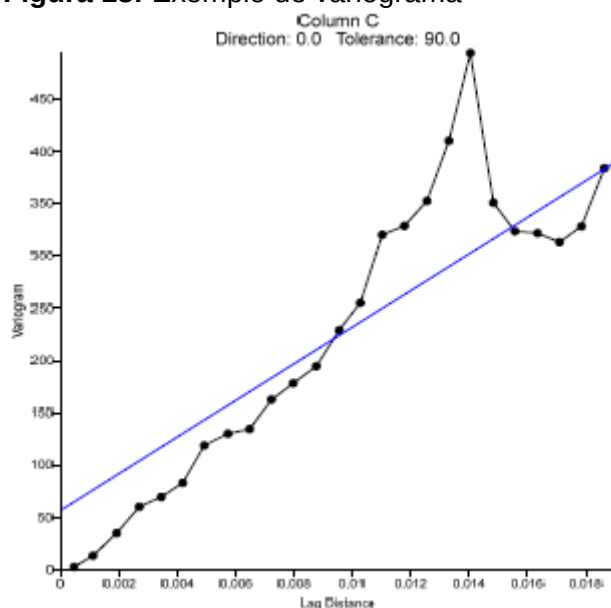
Segundo Landim (1998), krigagem pode ser entendida como uma série de técnicas de análises de regressão que procura minimizar a variância estimada a partir

de um modelo prévio que leva em conta a dependência estatística entre os dados distribuídos no espaço.

O autor conclui que a krigagem engloba um conjunto de métodos de estimação, como por exemplo: krigagem simples; krigagem ordinária; krigagem universal; co-krigagem e krigagem disjuntiva.

Segundo Lembo e Magri (2002), outro fator importante para uma análise de dados em um mapa geotécnico é o variograma, que é definido entre a variância de pares de observação e a distância. O fator de maior importância para o variograma é sua forma próxima a origem, uma vez que são os pontos mais próximos os que possuem maior peso no processo de interpolação. Para um bom variograma, 30 ou mais pares de pontos são necessários, como pode ser visto na Figura 13.

Figura 13: Exemplo de variograma

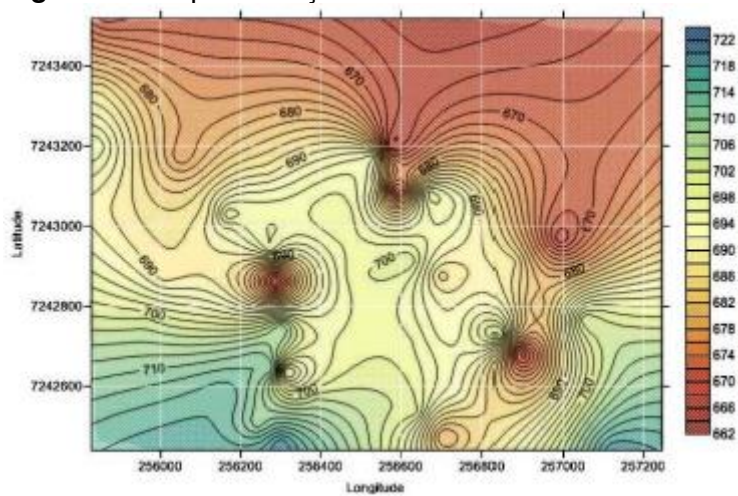


Fonte: Bom Fim (2016).

Ao gerar um mapeamento geotécnico, traz-se melhoria em relação ao desenvolvimento de projetos na engenharia e uma possível economia para os empreendedores, pois são necessários apenas sondagens confirmatórias para constatar os dados do mapeamento geotécnico.

Na Figura 14, é mostrado um exemplo das representações 2D do relevo, ou seja, as coordenadas longitude, latitude e altitude região da cidade de Cascavel/PR, localizada no Jardim Floresta.

Figura 14: Representação 2D das curvas de nível em Cascavel/PR



Fonte: Unioeste (2013).

CAPÍTULO 3

3.1. METODOLOGIA

3.1.1. Tipo de estudo e local de pesquisa

Este trabalho buscou informações sobre o solo da cidade de Marechal Cândido Rondon, no Paraná, através da reunião sondagens já realizadas no município, ensaios *in loco*, coleta de amostras deformadas em diferentes pontos e posterior ensaio em laboratório. Desta forma gerou-se um mapa com a previsão de comportamento da resistência e características do solo ao longo do território municipal.

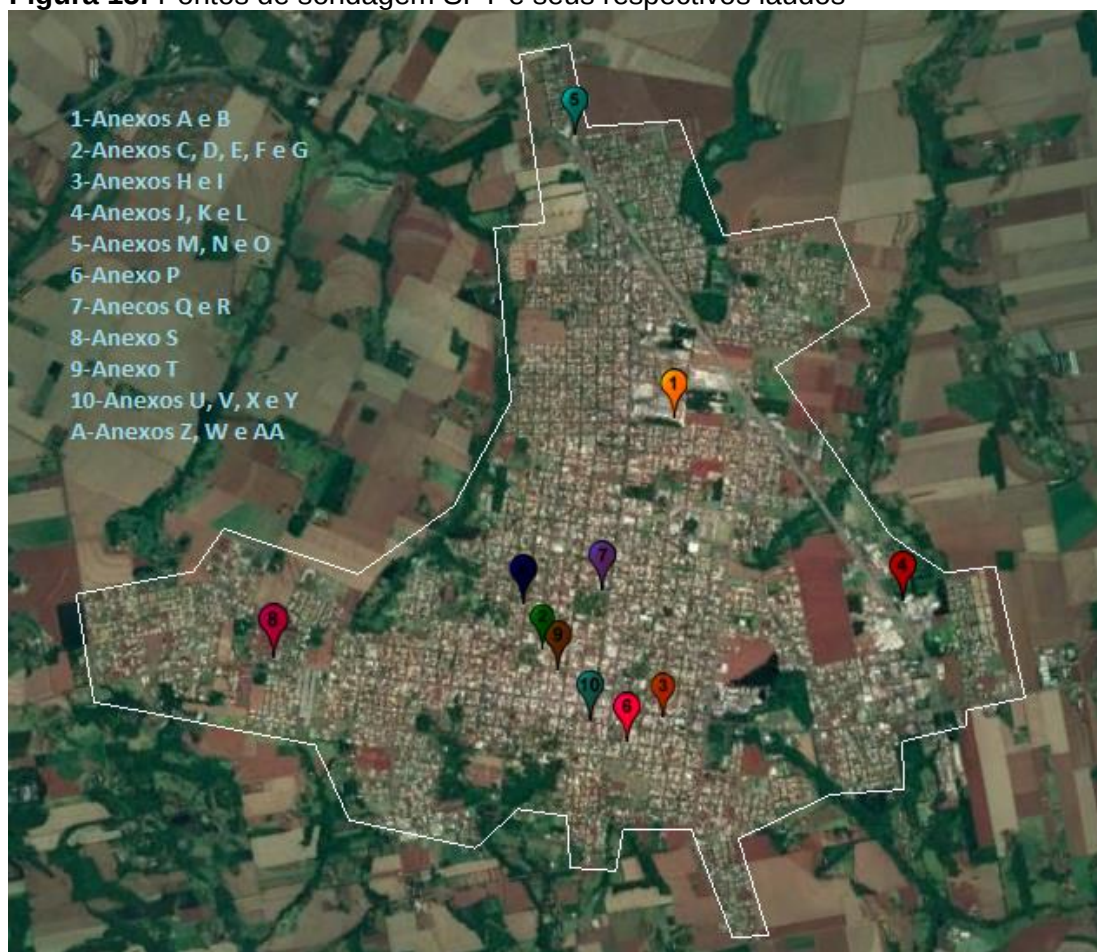
A pesquisa foi realizada pelos métodos qualitativos e quantitativos, onde o termo qualitativo refere-se as coletas de análises do solo já disponíveis na região e o termo quantitativo aos ensaios que serão realizados em laboratório com novas amostras de solos. Para isso, foi necessário usar de toda revisão bibliográfica, que abordou origem, transformações, partículas, formação e estrutura dos solos, ensaios para determinação de índices físicos, laudos de sondagem SPT, resistência do solo com os valores N_{spt} e sistemas de classificação do solo.

3.1.2. Caracterização da amostra

3.1.2.1. Sondagens SPT

Em contato com algumas empresas de sondagem, construtoras e engenheiros do ramo na cidade, foi possível obter 27 laudos de sondagem a percussão do tipo SPT já realizadas em diversas obras públicas e particulares de grande porte na cidade, ao todo foram 11 locais de análise, como mostra a Figura 15, nomeando os laudos de acordo com seu número de anexo ao fim do trabalho.

Figura 15: Pontos de sondagem SPT e seus respectivos laudos



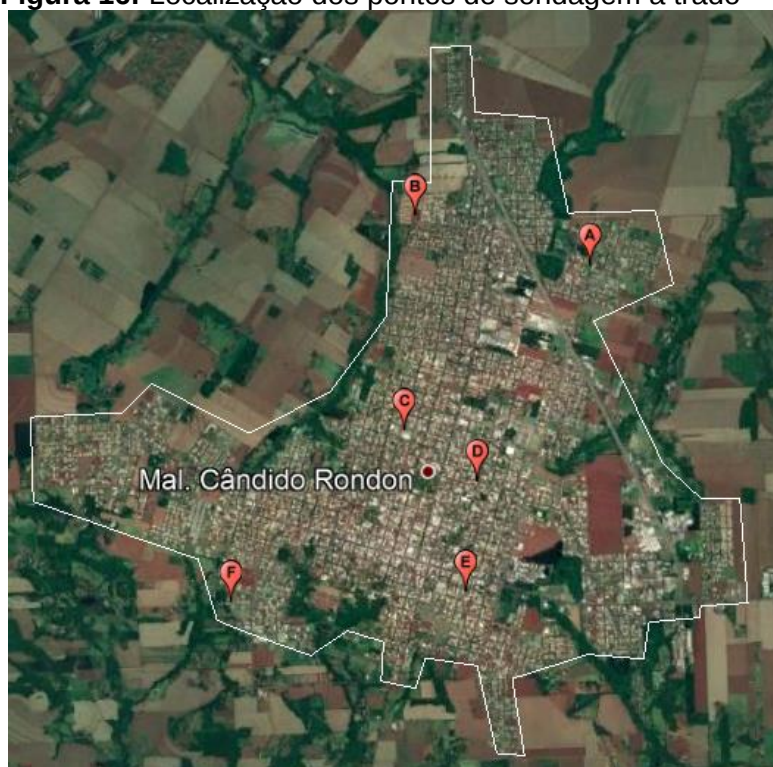
Fonte: Autor (2018).

Com estes laudos foram montados mapas geotécnicos, informando a resistência encontrada pela sondagem em cada metro e com a interpolação da mesma nos locais entre os pontos sondados.

3.1.2.2. Sondagem e coleta de amostras a trado

Os pontos para coleta a trado foram definidos de acordo com proprietários que permitissem o uso de seus terrenos, procurando espalhar ao máximo os pontos dentro do perímetro urbano, para cobrir a maior parte possível do mesmo. De tal modo, foram definidos os pontos A, B, C, D, E e F, que podem ser visualizados na Figura 16.

Figura 16: Localização dos pontos de sondagem a trado



Fonte: Autor (2018).

Foram coletadas 27 amostras nestes 6 locais distintos e, durante a coleta, foram colocadas porções de solo em sacos plásticos fechados, de modo que se mantivesse o teor de umidade, enumerando-se cada uma de acordo com a profundidade correspondente.

As Figuras 17 e 18 trazem dois exemplos das coletas realizadas, a primeira no ponto A com a profundidade de 9 metros e a segunda no ponto F, com 3 metros de profundidade.

Figura 17: Perfil do solo no Furo A com 9 metros de profundidade.



Fonte: Autor (2018).

Figura 18: Perfil do solo no Furo F com 3 metros de profundidade.



Fonte: Autor (2018).

Assim que as amostras foram levadas ao laboratório, o primeiro procedimento realizado foi a determinação do teor de umidade, com uma quantidade pequena de cada amostra separada em três cápsulas diferentes, que foram levadas à estufa por um período de 24 horas.

De todas as amostras coletadas estimou-se antes dos ensaios de peneiramento fino e sedimentação que nenhuma delas possuiria partículas que ficassem retidas na peneira de 2mm (nº 10). Após a secagem em estufa para a sedimentação e destorroamento foi feito o peneiramento nesta peneira, nenhum material ficou retido, sendo assim, não foi necessário realizar peneiramento grosso em nenhum dos pontos de coleta.

3.1.2.3. Determinação do nível do lençol freático

Com as sondagens SPT e as coletas de amostra a trado consegue-se levantar a profundidade do nível de água em alguns pontos ao longo do município, com estes dados pode-se fazer uma interpolação para gerar um mapa 3D, mostrando a diferença desse nível na extensão municipal.

3.1.3. Granulometria conjunta

Foram realizados, em laboratório, ensaios de granulometria conjunta e limites de consistência, com o intuito de determinar as propriedades físicas do solo. Os aparelhos utilizados para a realização dos ensaios foram seguidos conforme a NBR 7181 (ABNT, 2016).

Para a realização dos ensaios foi utilizada peneira nº 10, o material que passou na peneira foi pesado e fracionado, em seguida levado à estufa a 110°C por 24 horas, como mostra a Figura 19, com o objetivo de obter um grau de saturação de 0%, sem a presença de água, somente a massa sólida dos grãos. Passado o tempo em estufa, as amostras foram destorroadas, afim de fracioná-las conforme a norma, 70g para solos argilosos, que era o caso em questão. Essa amostra foi passada para um béquer de 250cm³, com 125 ml de solução de hexametáfosfato de sódio, onde para cada 1000cm³ de água destilada, a concentração era de 45,7g. Depois o béquer foi agitado para que todo material ficasse imerso, este foi deixado em repouso por 12 horas.

Após o repouso, o material foi transferido para o copo de dispersão, juntamente com água destilada até no nível da metade da borda, para submeter à ação do aparelho dispersor por 15 minutos. Depois desse período no aparelho, foi removido todo o material existente com uma bisnaga com água destilada e transferido para uma proveta de 1000cm³, completando com água destilada novamente até a marcação máxima, como pode-se ver na Figura 20. A proveta foi agitada em movimentos rotacionais durante 1 minuto e, depois, anotou-se a hora do início do ensaio da sedimentação.

Figura 19: Amostras em estufa para secagem



Fonte: Autor, (2018),

Figura 20: Provetas de controle e sedimentação do solo



Fonte: Autor, (2018).

Ao se iniciar o ensaio, o densímetro foi colocado na mistura e efetuadas leituras de 30 segundos, 1 e 2 minutos, sendo então retirado o densímetro. Ao lado da proveta com a solução, foi colocada uma segunda proveta, com água destilada e um termômetro mergulhado na mesma, afim de realizar o procedimento em um ambiente com temperatura identificada e assim facilitar a leitura do densímetro e termômetro instantaneamente.

Os tempos das leituras do densímetro foram de aproximadamente 30 segundos, 1, 2, 4, 8, 15 e 30 minutos, 1, 2, 4, 8 e 24 horas, dadas a partir do início do ensaio. Em todas as leituras o densímetro foi colocado lentamente 30 segundos antes da leitura e retirado da mesma forma após a leitura, lavado e colocado em uma proveta com água destilada limpa e de mesma temperatura. Com exceção das três primeiras leituras, a cada leitura do densímetro foi realizada a leitura da temperatura.

Ao término da leitura do densímetro, após as 24 horas do ensaio de sedimentação, toda a mistura foi passada pela peneira nº 200, lavando-a com água corrente até garantir que não ficasse nenhum resíduo na proveta. O material retido na peneira foi levado para estufa, onde permaneceu por 24 horas para garantir constância de massa, após este período usou-se o agitador de peneiras, com as peneiras nº 16, 30, 40, 50, 100, 200 e o fundo, para realizar o peneiramento fino da amostra.

As peneiras foram agitadas durante 10 minutos, conforme especifica a NBR 7181 (ABNT, 2016), e após o prazo foram pesadas as massas retidas em cada uma das peneiras em balança de precisão com resolução de 0,01g para mais ou para menos.

3.1.4. Índices de consistência

Os ensaios para determinação do limite de liquidez e de plasticidade, necessários para cálculo do índice de plasticidade, foram realizados de acordo com as regulamentações das normas NBR 6459 (ABNT, 1984) e NBR 7181 (ABNT, 2016).

Para o ensaio de Limite de Liquidez (LL), foi utilizado uma fração de solo passante na peneira nº 40, colocada em um recipiente de porcelana, foi adicionada água até que esta fração de solo se tornasse uma pasta homogênea. Antes de iniciar o ensaio e colocar a amostra no aparelho de Casagrande foi feita a aferição do mesmo, como determina a norma, logo, com uma espátula a pasta foi colocada no aparelho, afim de realizar os golpes conforme regula a norma NBR 6459 (ABNT, 1984).

Com o intuito de obter a reta de umidade relacionada com o número de golpes necessários no aparelho de Casagrande, que pode ser visto na Figura 21, foram realizados 5 ensaios de cada amostra, aumentando a umidade e teor entre os ensaios, variando a contagem de golpes entre o máximo de 50 golpes para a primeira tentativa até 16 golpes para a última. Depois de finalizado cada ensaio, foi retirada uma parcela de solo, pesada e levada à estufa para secagem. Após o período de 24 horas na estufa, as amostras foram novamente pesadas e assim foi determinado a umidade presente de cada amostra no solo durante o ensaio.

Já para a determinação do ensaio de Limite de Plasticidade foi utilizada uma fração de solo passante na peneira nº 40, logo misturou-se água destilada com a mesma até formar uma pasta homogênea, do mesmo modo que se fez no ensaio de Limite de Liquidez (LL) anteriormente. O ensaio de Limite de Plasticidade regulado é pela norma NBR 7180 (ABNT, 1984).

O procedimento do ensaio consistiu em moldar uma pequena porção da pasta de solo em uma placa de vidro até formar cilindros com diâmetro de 3mm, aproximadamente, parecido com o gabarito metálico, como mostra a Figura 22, sendo

que este cilindro moldado precisava iniciar o processo de fissuração quando atingisse esse diâmetro, por conta da perda de umidade. Depois de moldado o cilindro, uma fração do mesmo foi colocada para secagem na estufa. Através de 3 ensaios de cada amostra de solo recolhida, foi obtido os resultados do Limite de Plasticidade. Os ensaios que quantificaram os índices de consistência do solo foram realizados em todas as 27 amostras.

Figura 21: Aparelho de Casagrande com amostra para ensaio



Fonte: Autor, (2018).

Figura 22: Amostra comparada ao gabarito do ensaio de LP



Fonte: Autor, (2018).

3.1.5. Mapeamento geotécnico

Com os resultados obtidos nas sondagens a trado a cada metro e também com os laudos disponibilizados das sondagens SPT já realizadas na cidade, obteve-se a base de dados necessária para inserção no *software Surfer15*. Desta forma, serão expostos mapas de resistência do solo a cada metro em diversos pontos da cidade, com estimativas interpoladas no restante da extensão municipal.

Para facilitar o entendimento dos resultados obtidos, os dados dos laudos de sondagens SPT reunidos serão organizados em mapas 2D, utilizando os resultados encontrados em cada ponto analisado e interpolando os resultados nos locais sem ensaio.

3.1.5.1. Interpolação

A interpolação de dados é uma das etapas que pode comprometer toda uma pesquisa ou então apresentar resultados satisfatórios, de acordo com Isaaks e Srivastava (1989), uma das formas mais confiáveis para se realizar este processo é a interpolação de Krigagem Ordinária, pois este método de interpolação busca valores de erros e os minimiza, ponderando combinações lineares e os dados inseridos dentro de suas combinações lineares.

Ao se entrar com a base de dados no programa *Surfer* selecionou-se a forma de interpolação e ele por si só realizou e expôs os cálculos. Com isto, foi adicionado o resultado na malha da cidade e o mapa gerado, foram necessários alguns ajustes dentro do próprio programa para que a visualização do mesmo ficasse mais agradável e compreensível.

CAPÍTULO 4

4.1. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são expostos os resultados obtidos com os ensaios em laboratório, a classificação e a caracterização geotécnica das amostras retiradas a trado em 6 diferentes pontos da cidade, totalizando 27 coletas diferentes, considerando que alguns pontos tiveram 6 amostras e o Ponto F apenas 3. Com estas amostras foram realizados ensaios de LL, LP e granulometria conjunta, os cálculos de IP e IG e a classificação pelos métodos SUCs e TRB.

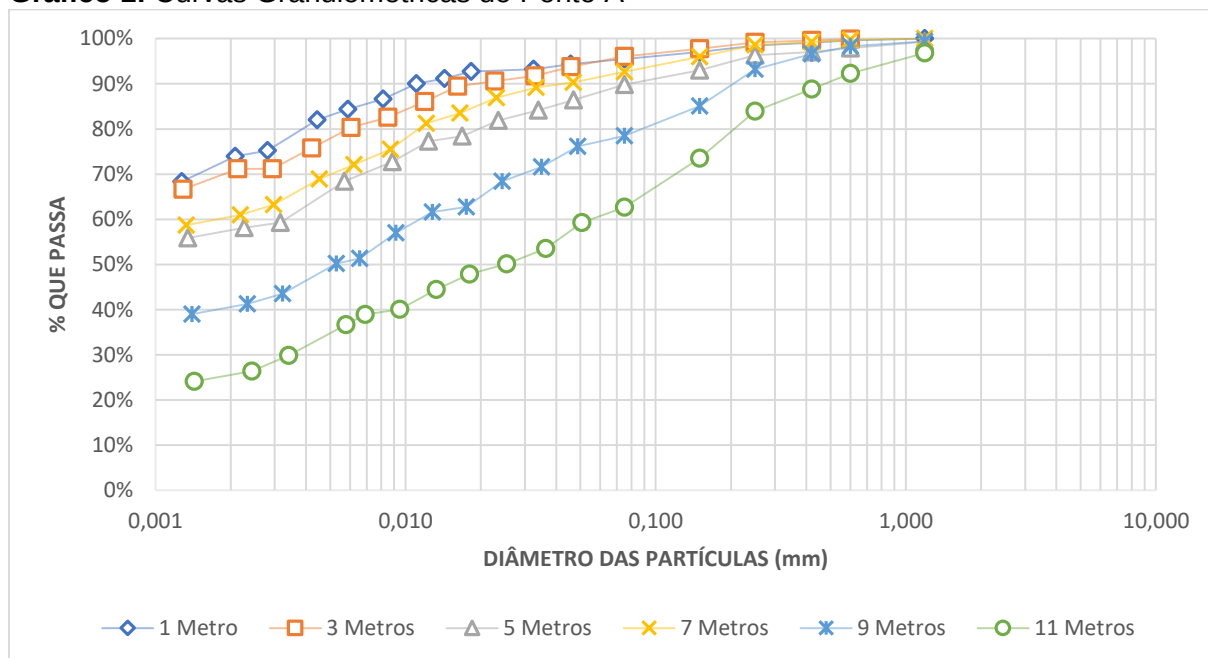
Para expor o resultado da resistência obtida com os laudos de sondagem SPT serão elaborados mapas metro a metro, usando interpolação entre os pontos sondados. A definição do nível da água do município também será exposta através de mapa, porém unirá os resultados encontrados nas sondagens SPT com a sondagem a trado.

4.1.1. Sondagem a trado

4.1.1.1. Local de coleta A

No primeiro local, denominado de Furo A, chegou-se à profundidade de 11 metros, onde foi detectado o nível da água. Retirou-se amostras para ensaios nas profundidades de 1, 3, 5, 7, 9 e 11 metros de profundidade, até os 7 metros da escavação foi percebida pouca diferença de coloração. A partir do 9º metro houve diferença no teor de umidade e uma alteração de cor, com aspecto amarelado, na Geotecnia isto representa uma zona de alteração, onde ainda ocorre intemperismo, mostrando proximidade à rocha.

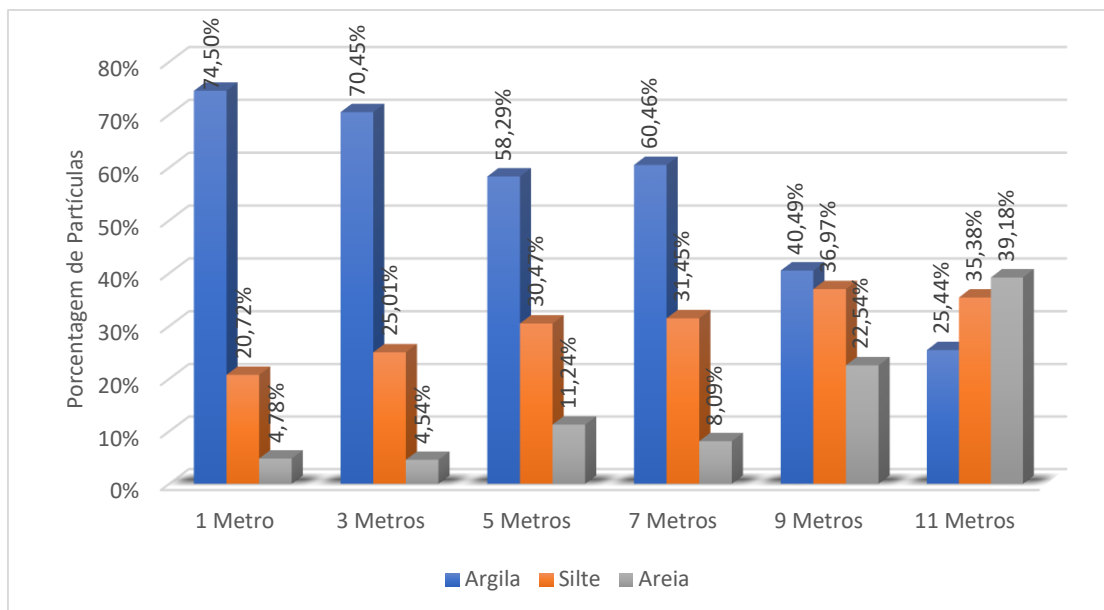
Após os ensaios de caracterização realizados em laboratório foi possível traçar as curvas granulométricas de cada uma das amostras, conforme mostra o Gráfico 01.

Gráfico 1: Curvas Granulométricas do Ponto A

Fonte: Autor (2018).

As curvas confirmaram o que foi visto em campo, a partir do 9º metro havia presença de areia em maiores quantidades, é possível perceber esse aumento de percentual no Gráfico 02, que traz a composição de argila, silte e areia de cada uma das coletas.

Gráfico 2: Composição das Amostras no Ponto A

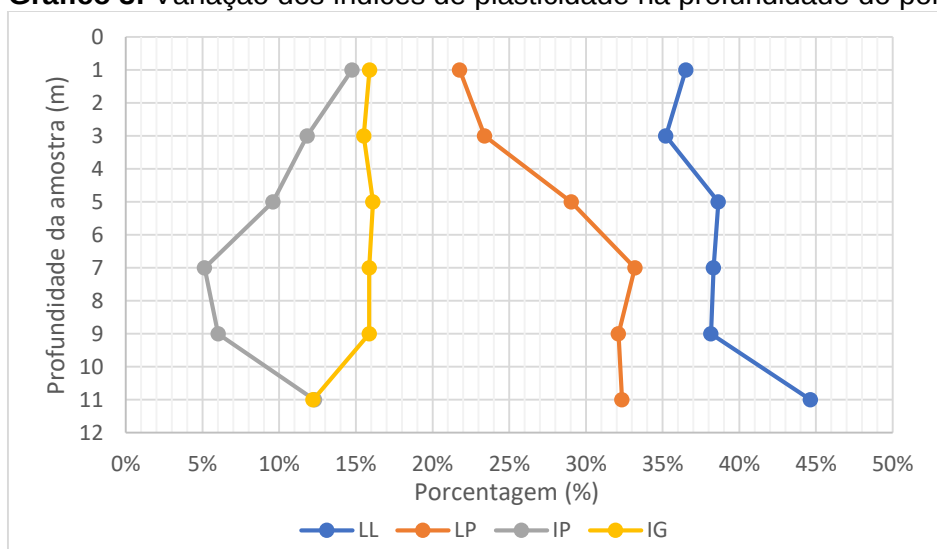


Fonte: Autor (2018).

Do 1º ao 9º metro analisado a classificação ficou como argila siltosa, partindo de quase 75% de argila na primeira coleta e chegando a 40% de argila a partir de 9 metros. Já no 11º metro o resultado foi areia fina siltosa, com quase 30% de areia fina, 12% de areia média e apenas 25,44% de argila.

O Gráfico 03 demonstra a relação dos índices de consistência e índice de grupo com a profundidade no ponto de coleta A, as amostras referentes aos 7 e 9 metros de profundidade foram consideradas levemente plásticas, enquanto aos 1, 3, 5 e 11 metros foram consideradas moderadamente plásticas.

Gráfico 3: Variação dos índices de plasticidade na profundidade do ponto A



Fonte: Autor (2018).

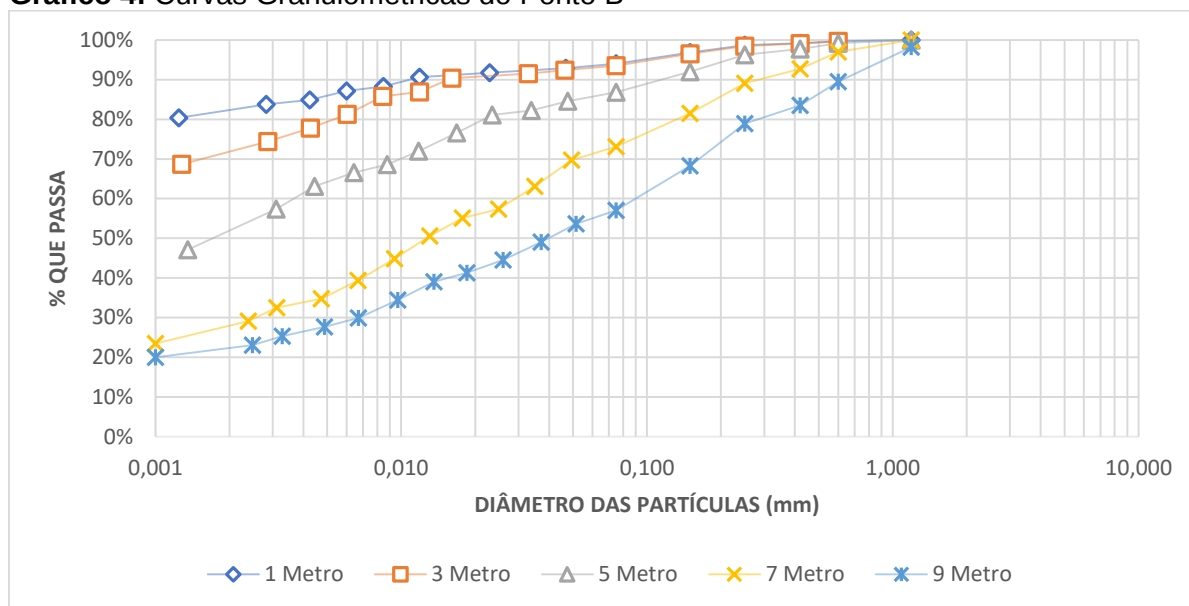
Como todas as amostras coletadas no ponto A tiveram mais de 50% de suas partículas passando na peneira nº 200 e LL menor que 50%, pode-se dizer que em toda a profundidade, de acordo com o SUCs, encontrou-se argila siltosa de baixa compressibilidade (CL).

Referindo-se ao sistema de classificação TRB, todas porções tiveram mais de 35% passantes na peneira nº 200, porém o 11º metro apresentou LL de 44%, sendo assim foi classificado como A-7-6, enquanto todas as outras amostras deste ponto foram classificadas como A-6. Como todos apresentaram, também, Índice de Grupo (IG) menor que 20%, foram considerados solos argilosos com comportamento como subleito de sofrível a mau.

4.1.1.2. Local de coleta B

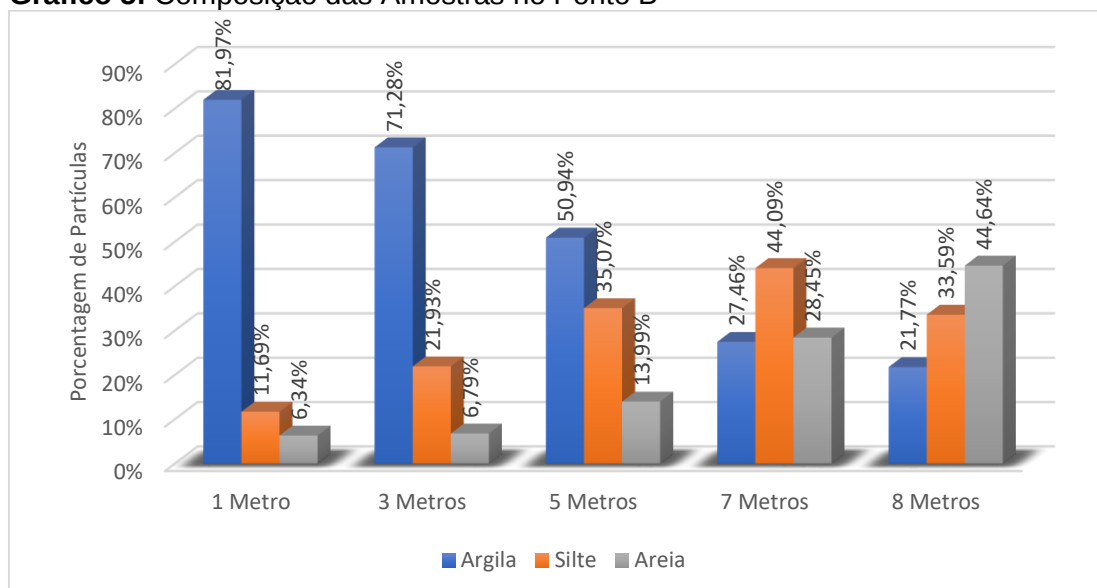
No segundo local, Furo B, foi necessário parar a sondagem com 8 metros de profundidade, devido à presença de água. No início desta perfuração foi percebido um solo bem seco e com cor marrom clara, após a 4ª coleta, em 7 metros, o solo apresentou tonalidade amarela e maior presença de água, mas sem deixar de ser homogêneo.

Após a análise em laboratório foram traçadas as curvas granulométricas para comparação do perfil de solo, percebeu-se uma diferença considerável na granulometria a partir de 7 metros de profundidade, principalmente a maior presença de areia, chegando à quase 45% deste material aos 9 metros de profundidade. Estes resultados são explanados no Gráfico 04.

Gráfico 4: Curvas Granulométricas do Ponto B

Fonte: Autor (2018).

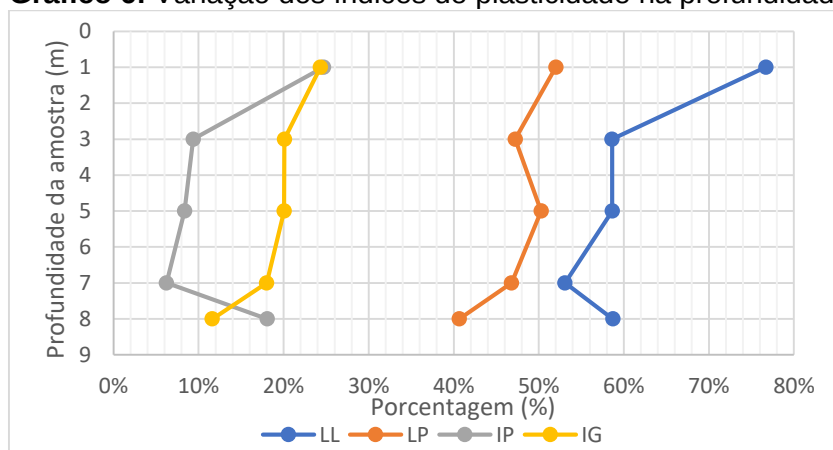
A composição granulométrica deste furo não foi tão homogênea quanto aparentava, apresentando diferenças notáveis entre 3 e 5 metros e também entre 5 e 7 metros de profundidade. Do 1º ao 5º metro coletado a classificação foi de argila siltosa, sendo que na primeira amostra obteve-se 81,97% de argila, o 7º metro foi classificado como silte arenoso e aos 9 metros o solo era areia fina siltosa, com quase 15% de areia média e 30% de areia fina, totalizando 44,64% de areia, como mostra o Gráfico 05.

Gráfico 5: Composição das Amostras no Ponto B

Fonte: Autor (2018).

O Gráfico 06 demonstra a relação dos índices de consistência e índice de grupo com a profundidade no ponto de coleta B. Considerando o índice de plasticidade, as amostras de 1 e 8 metros foram consideradas altamente plásticas, em 3 e 5 metros resultou em solos moderadamente plásticos e em 7 metros obteve-se solo levemente plástico.

Gráfico 6: Variação dos índices de plasticidade na profundidade do ponto B



Fonte: Autor (2018).

Pela classificação SUCs, como todas as amostras deste ponto tiveram mais de 50% das partículas passando pela peneira nº 200 e LL maior que 50%, foram classificadas como CH, sendo argilas inorgânicas de alta plasticidade.

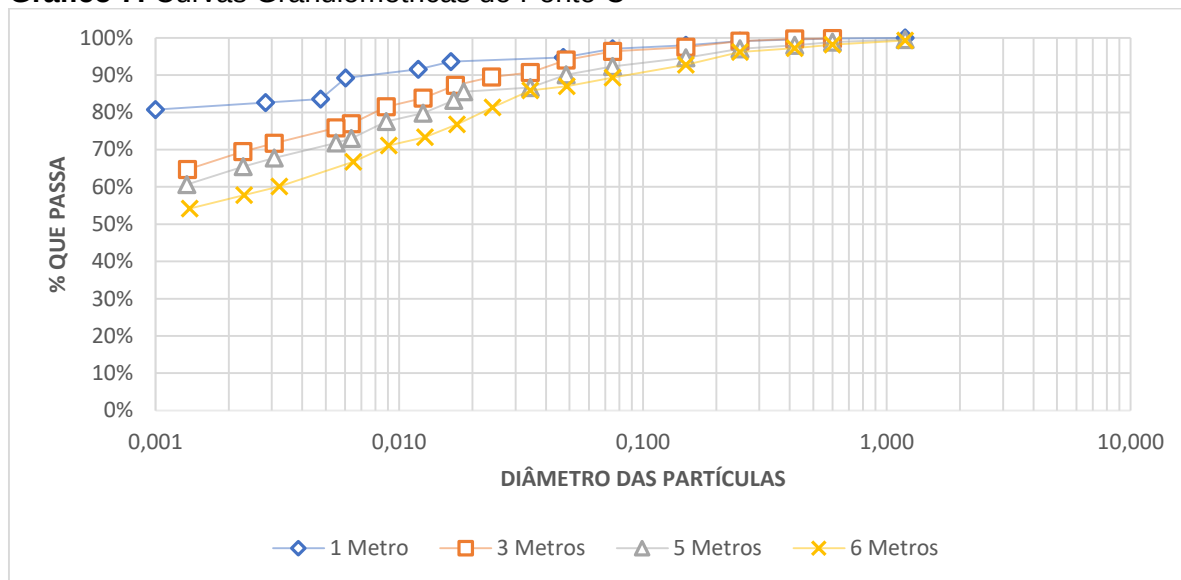
Já pelo sistema TRB foi classificado em A-7-6 ao longo de toda sua profundidade, pois apresentou mais de 35% das amostras com diâmetro menor que 0,075mm, LL maior que 50% e IG até 20%, são constituídas de solos argiloso com comportamento como subleito de sofrível a mau.

4.1.1.3. Local de coleta C

A terceira coleta foi denominada de Furo C, próximo ao centro da cidade, as características observadas foram de um solo homogêneo até o nível d'água, em 6 metros de profundidade.

Com os resultados obtidos nos ensaios de sedimentação e peneiramento foi possível esboçar a curva granulométrica de cada uma das amostras, expostas no Gráfico 07.

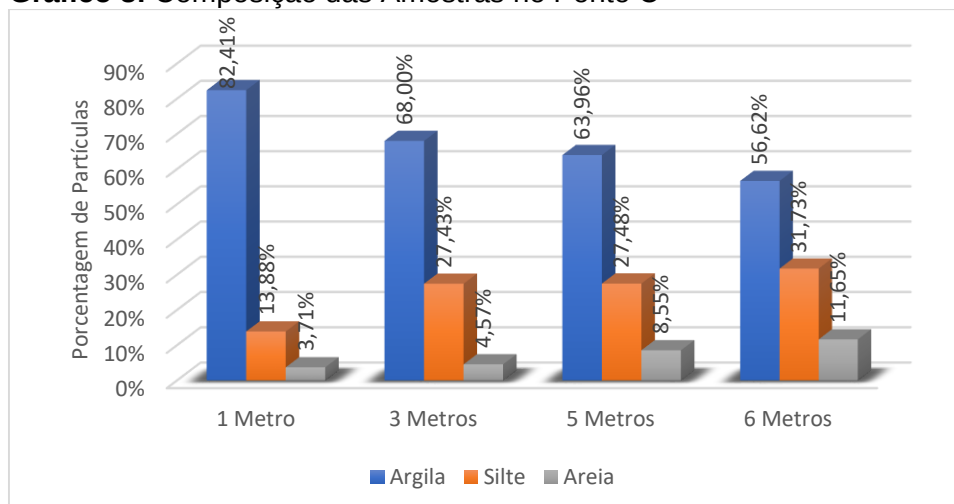
Gráfico 7: Curvas Granulométricas do Ponto C



Fonte: Autor (2018).

Com a análise das curvas percebeu-se homogeneidade ao longo da profundidade e um solo muito fino, com mais de 82% de solo com diâmetro inferior à 0,002 milímetros no primeiro metro e chegando a, no mínimo, 56,62% de argila aos 7 metros de profundidade, classificado como argila siltosa em toda a profundidade. A distribuição dos percentuais de composição é demonstrada no Gráfico 08.

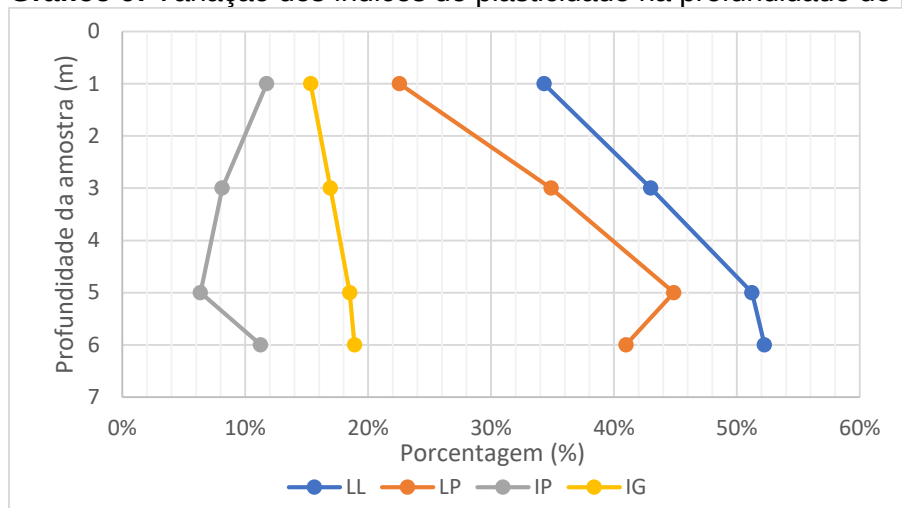
Gráfico 8: Composição das Amostras no Ponto C



Fonte: Autor (2018).

O Gráfico 09 demonstra a relação dos índices de consistência e índice de grupo com a profundidade no ponto de coleta C. No que se refere ao índice de plasticidade, apenas aos 5 metros de profundidade obteve-se uma amostra levemente plástica, nas outras profundidades o resultado foi moderadamente plástico.

Gráfico 9: Variação dos índices de plasticidade na profundidade do ponto C



Fonte: Autor (2018).

Neste ponto de coleta todas as amostras tiveram mais de 50% passando a peneira nº 200, porém até 3 metros de profundidade, pela classificação SUCs, o resultado foi CL, sendo argilas inorgânicas de baixa e média plasticidade, devido ao LL menor que 50%. Enquanto isto, as amostras de 5 e 6 metros foram tidas como CH, sendo argilas inorgânicas de alta plasticidade, já que possuíam LL menor que 50%.

Já em relação ao sistema de classificação TRB, toda a extensão teve IG menor que 20%, como o primeiro metro apresentou LL menor que 40% foi classificado como A-6, enquanto o restante das coletas deste ponto foi classificado como A-7-6, pois identificou-se LL maior que 40%, desta forma, todos foram considerados solos arenosos com comportamento como subleito de sofrível a mau.

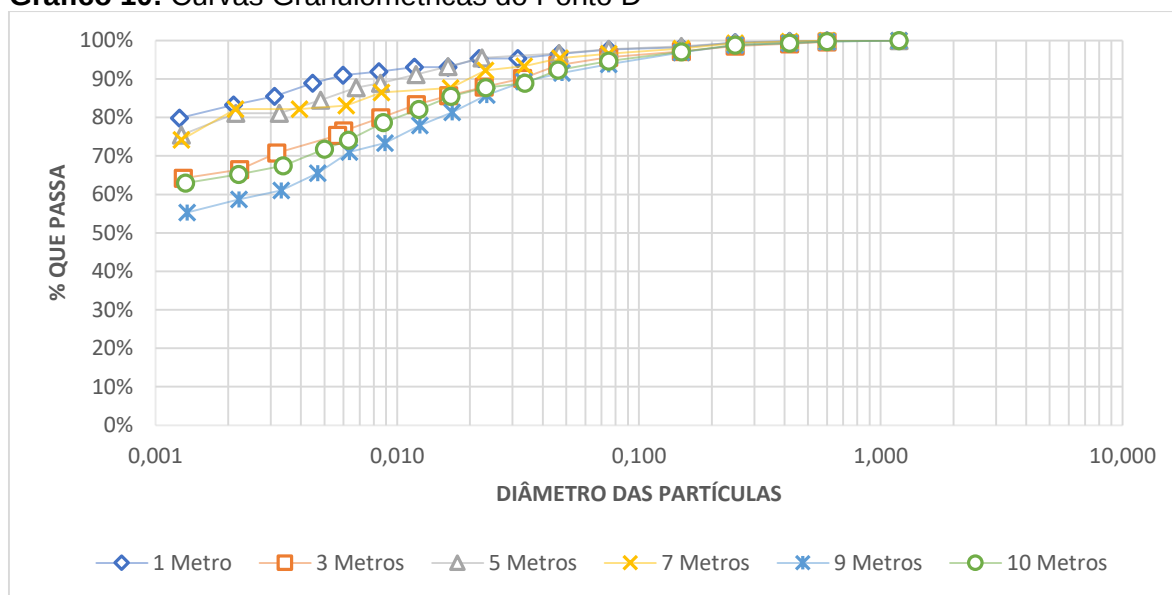
4.1.1.4. Local de coleta D

O Furo D chegou a 10 metros de profundidade, sendo o furo com o maior teor de umidade, desde o começo estimava-se que o nível de água seria alto, mas chegou a uma altura considerável. Também com características homogêneas em toda a

coleta, apenas a presença de algumas pedras britas nos dois primeiros metros, provavelmente por aterro ou construções já efetuadas no local.

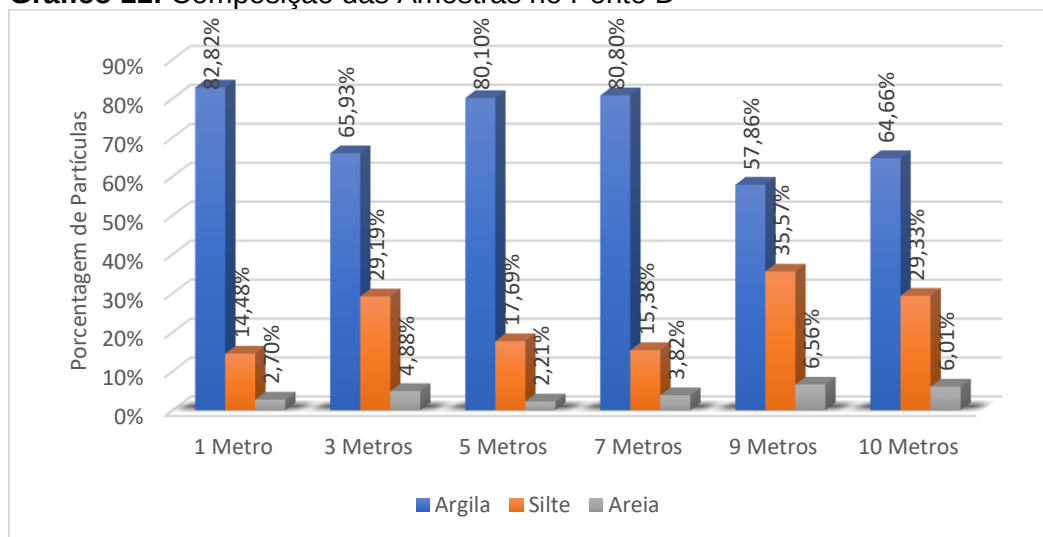
Os ensaios de granulometria em laboratório demonstraram que a análise visual *in loco* foi correta, as curvas ficaram muito próximas e todas apresentaram um solo muito fino, sendo que o mínimo presente de argila foi de 55% aos 10 metros de profundidade, como pode ser visto nos Gráficos 10 e 11. Todas as amostras foram classificadas como argilas siltosas.

Gráfico 10: Curvas Granulométricas do Ponto D



Fonte: Autor (2018).

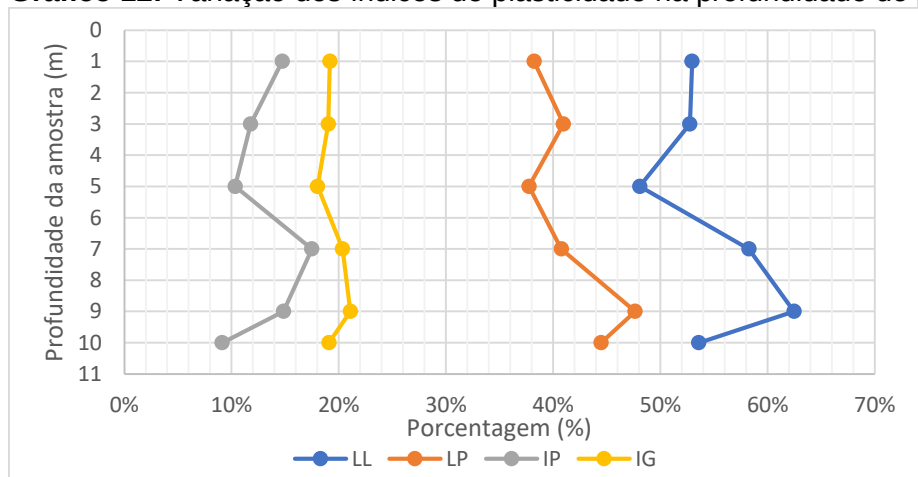
Gráfico 11: Composição das Amostras no Ponto D



Fonte: Autor (2018).

O Gráfico 12 demonstra a relação dos índices de consistência e índice de grupo com a profundidade no ponto de coleta D. No que diz respeito ao índice de plasticidade, com 7 metros de profundidade foi considerado altamente plástico, em todas outras alturas foi levantado como moderadamente plástico.

Gráfico 12: Variação dos índices de plasticidade na profundidade do ponto D



Fonte: Autor (2018).

Pelo sistema de classificação SUCs, todas as coletas apresentaram classificação parecida, com mais de 50% passando na peneira nº200, apenas o 5º metro trouxe LL menor que 50%, por isto foi classificado como CL, sendo argila inorgânica de baixa plasticidade, enquanto todas as outras amostras foram classificadas como CH, argilas inorgânicas de alta plasticidade.

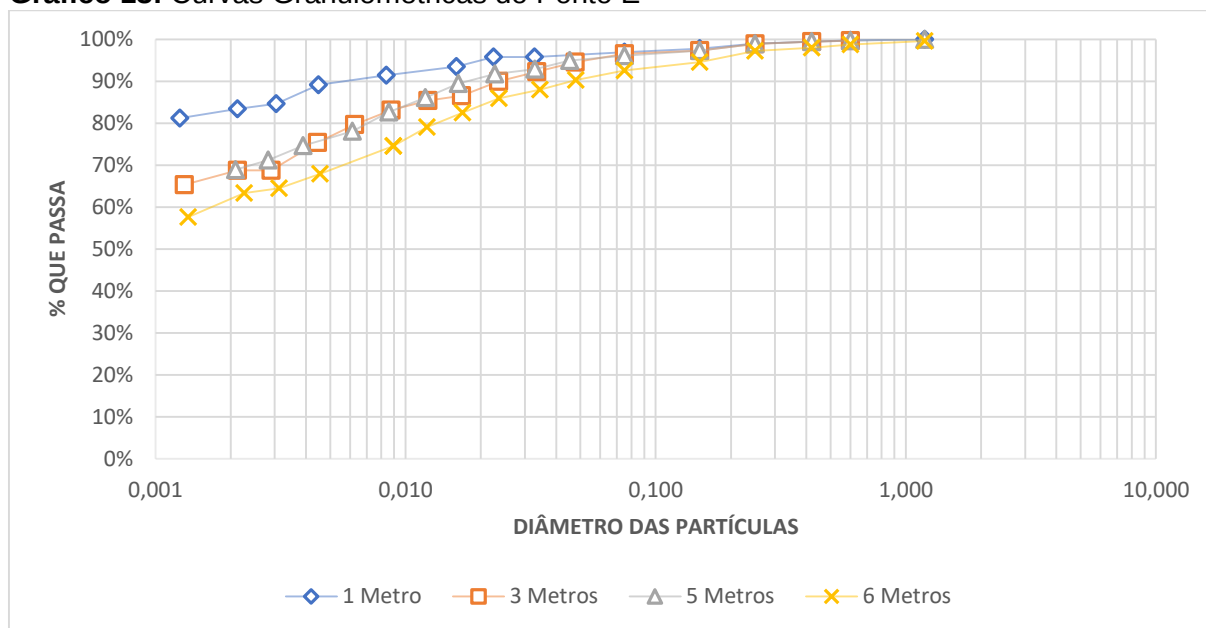
Tendo em consideração a classificação TRB, todos os solos exibiram a mesma classificação, A-7-6, já que seus LL foram maiores que 40% e seus IG até 20%, tidas como solos argiloso com comportamento como subleito de sofrível a mau.

4.1.1.5. Local de coleta E

No ponto de coleta do Furo E foi encontrado um solo com as mesmas características dos outros furos, mudando apenas a quantidade de água presente no solo conforme a profundidade ia aumentando. Em 6 metros de profundidade foi encontrado o nível da água e, então, foi necessário finalizar a sondagem, o furo manteve características homogêneas em toda a profundidade.

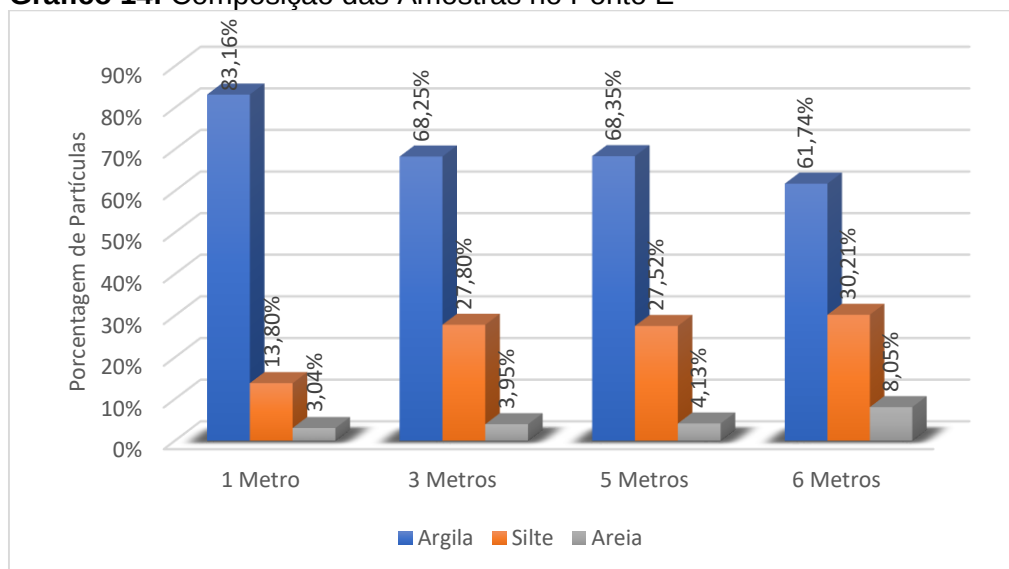
Após os ensaios de sedimentação e peneiramento fino percebeu-se que o solo era fino e com características homogêneas em todo o perfil ensaiado, com percentual de argila variando entre 83% no 1º metro e 61,74% aos 6 metros de profundidade. O Gráfico 13 mostra as curvas granulométrica próximas, expondo a homogeneidade do solo, enquanto o Gráfico 14 demonstra os percentuais de cada coleta, sendo todas elas argilas siltosas.

Gráfico 13: Curvas Granulométricas do Ponto E



Fonte: Autor (2018).

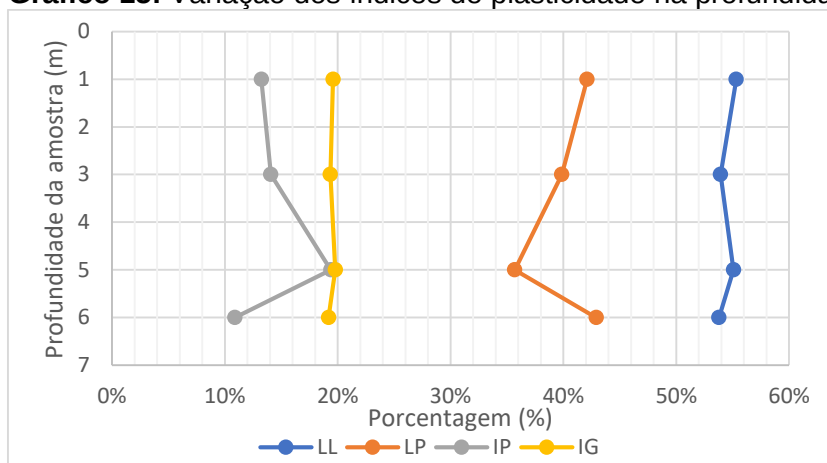
Gráfico 14: Composição das Amostras no Ponto E



Fonte: Autor (2018).

O Gráfico 15 demonstra a relação dos índices de consistência e índice de grupo com a profundidade no ponto de coleta D. Em relação ao índice de plasticidade, com exceção do 5º metro que foi classificado como altamente plástico, todos foram identificados como moderadamente plásticos.

Gráfico 15: Variação dos índices de plasticidade na profundidade do ponto E



Fonte: Autor (2018).

Pelo sistema de classificação SUCs, este ponto de coleta apresentou CH em todas profundidades, visto que todas amostras tiveram mais de 50% passando na peneira nº 200 e LL maior que 50%, sendo assim foram tidas como argilas inorgânicas de alta plasticidade.

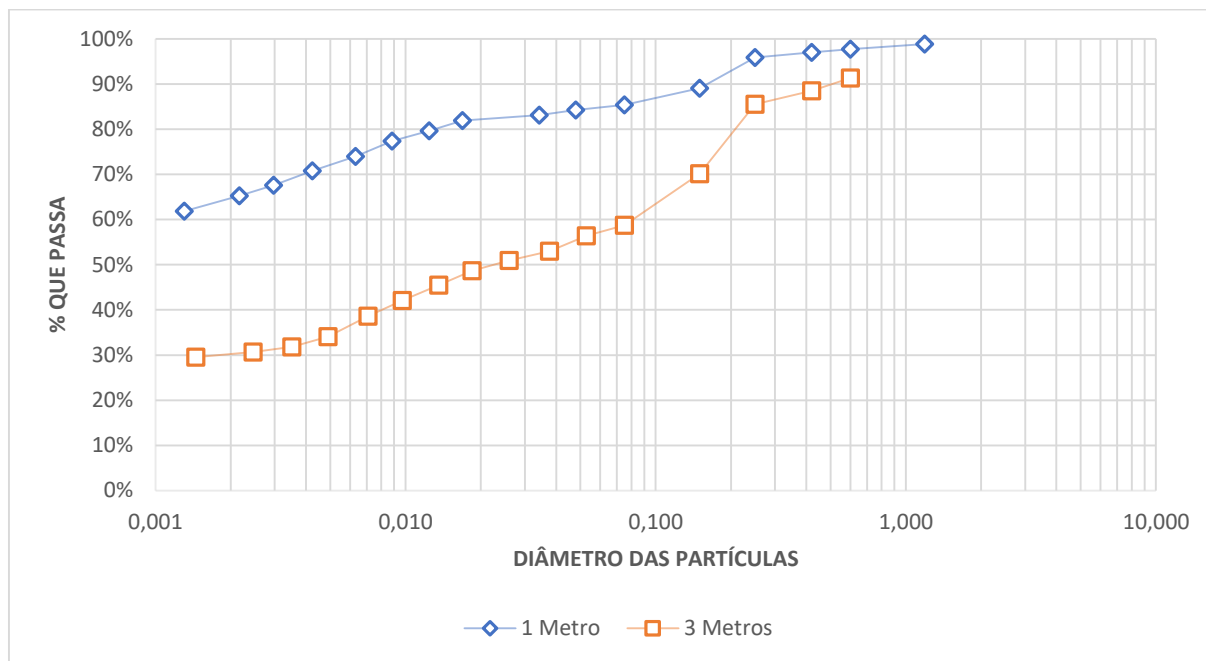
No que concerne ao sistema TRB, também tiveram a mesma classificação, visto que os parâmetros são menores que no sistema SUCs, sendo assim, todas as coletas foram classificadas como A-7-6, já que também possuíam IG próximos a 20%, tidas como solos argiloso, com comportamento como subleito de sofrível a mau.

4.1.1.6. Local de coleta F

O último ponto coletado foi o Furo F e este apresentou características bem diferentes de todas outras sondagens, a perfuração foi paralisada em 3 metros devido à presença de rocha. Com a dificuldade do trado para escavar, foi realizada uma tentativa de novo furo em local próximo, mas esbarrou-se no mesmo problema, este foi o único furo que apresentou aspecto rochoso, com coloração marrom amarelada.

Com os resultados obtidos em laboratórios foram elaboradas as curvas granulométricas das duas amostras, é possível perceber um salto de granulometria entre as duas, como mostra o Gráfico 16.

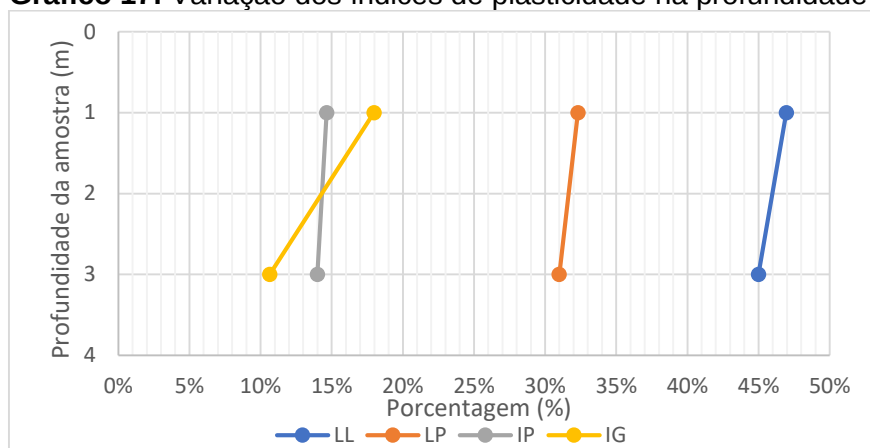
Gráfico 16: Curvas Granulométricas do Ponto F



Fonte: Autor (2018).

No primeiro metro o resultado foi um solo argilo siltoso, com 64,61% de argila, 20,28% de silte e 15,11% de areia. Já com 3 metros de profundidade se obteve areia fina argilosa, com 42,8%, 30,14% e 27,06% de areia, argila e silte, respectivamente.

O Gráfico 17 demonstra a relação dos índices de consistência e índice de grupo com a profundidade no ponto de coleta F. Em relação ao índice de plasticidade, as duas amostras foram consideradas moderadamente plásticas, com aproximadamente 14% de IP.

Gráfico 17: Variação dos índices de plasticidade na profundidade do ponto F

Fonte: Autor (2018).

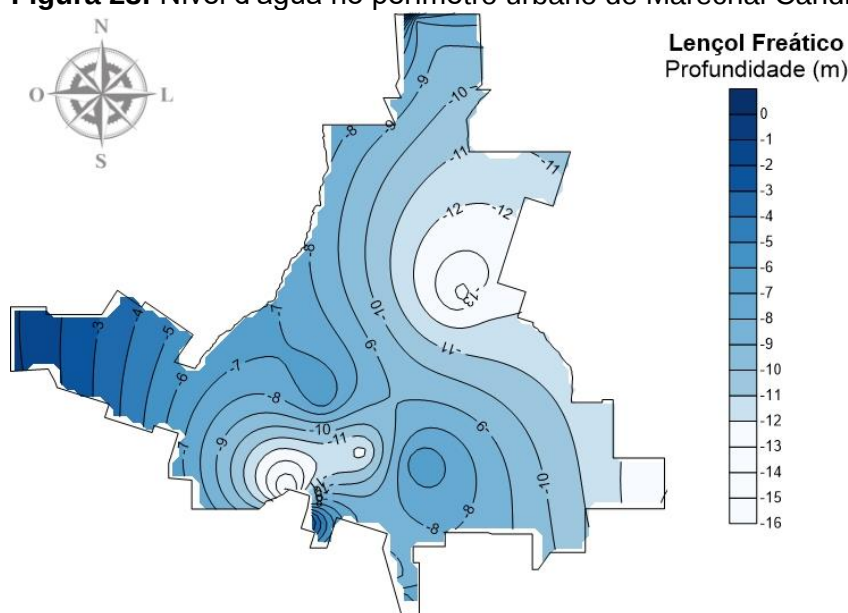
Apesar da granulometria diferente, as duas amostras deste ponto apresentaram características parecidas, ambas com mais de 50% passante na peneira nº 200 e LL menor que 50%, sendo assim, pelo sistema SUCs, foram classificadas como CL, argila inorgânica de baixa plasticidade.

No que se refere ao sistema TRB, as duas coletas apresentaram LL maior que 40% e IG menor que 20%, desta forma foram tidas como A-7-6, sendo consideradas solo argiloso com comportamento como subleito de sofrível a mau.

4.1.2. Lençol freático

Com as informações das análises das sondagens SPT e das amostras táteis visuais do nível d'água, coletadas com trado mecânico, pôde ser determinado o nível do lençol freático na região urbana da cidade, a partir de 17 pontos de análise. O mapa 2D, conforme a Figura 23, foi gerado através da interpolação de dados entre coordenadas e profundidade dos níveis d'água.

Figura 23: Nível d'água no perímetro urbano de Marechal Cândido Rondon/PR



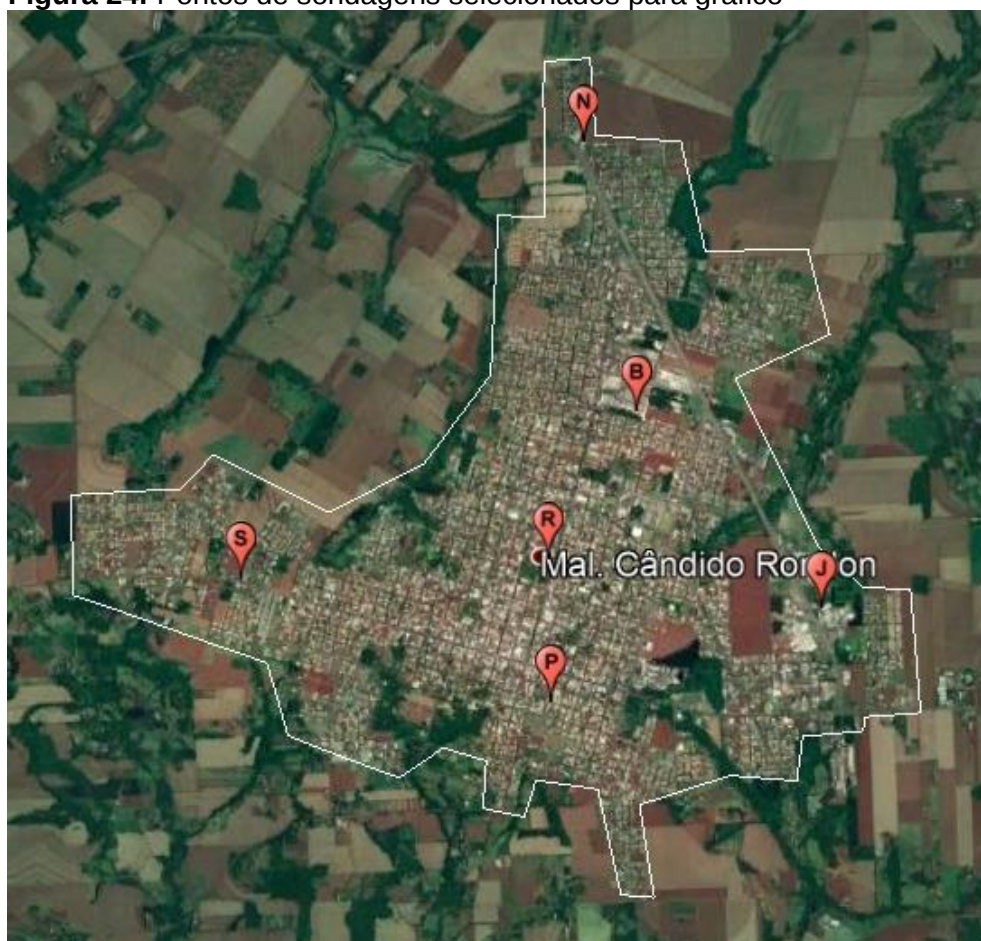
Fonte: Autor (2018).

Através do mapa notou-se que em quase toda extensão do perímetro urbano da cidade apresenta nível d'água entre médio e alto, com média de aproximadamente 10 metros de profundidade.

4.1.3. Sondagens SPT

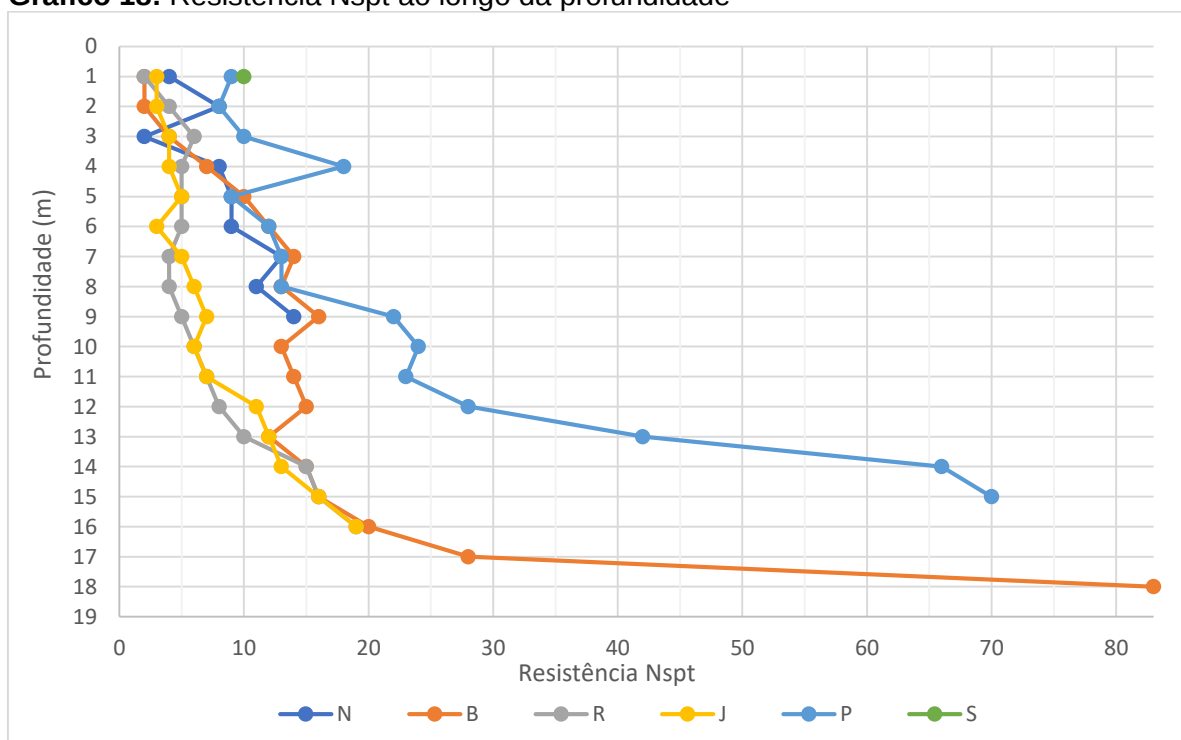
Para definir a resistência do solo de Marechal Cândido Rondon, foi feita uma análise com laudos de sondagem SPT e as respectivas resistências foram extraídas considerando os 30 cm finais da penetração do amostrador-padrão. Os mapas foram gerados pelo *Software Surfer15*, através da interpolação de dados entre o índice de resistência do solo e as coordenadas de cada ponto de sondagem. Os laudos de sondagens estão presentes nos anexos A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U, V, X, Y, Z, W e AA. Foram separados 6 destes laudos, pensando em cobrir a maior parte possível do perímetro urbano, que podem ser vistos na Figura 24, para esboçar o Gráfico 18, que relaciona a resistência com a profundidade em diferentes pontos da cidade.

Figura 24: Pontos de sondagens selecionados para gráfico



Fonte: Autor (2018).

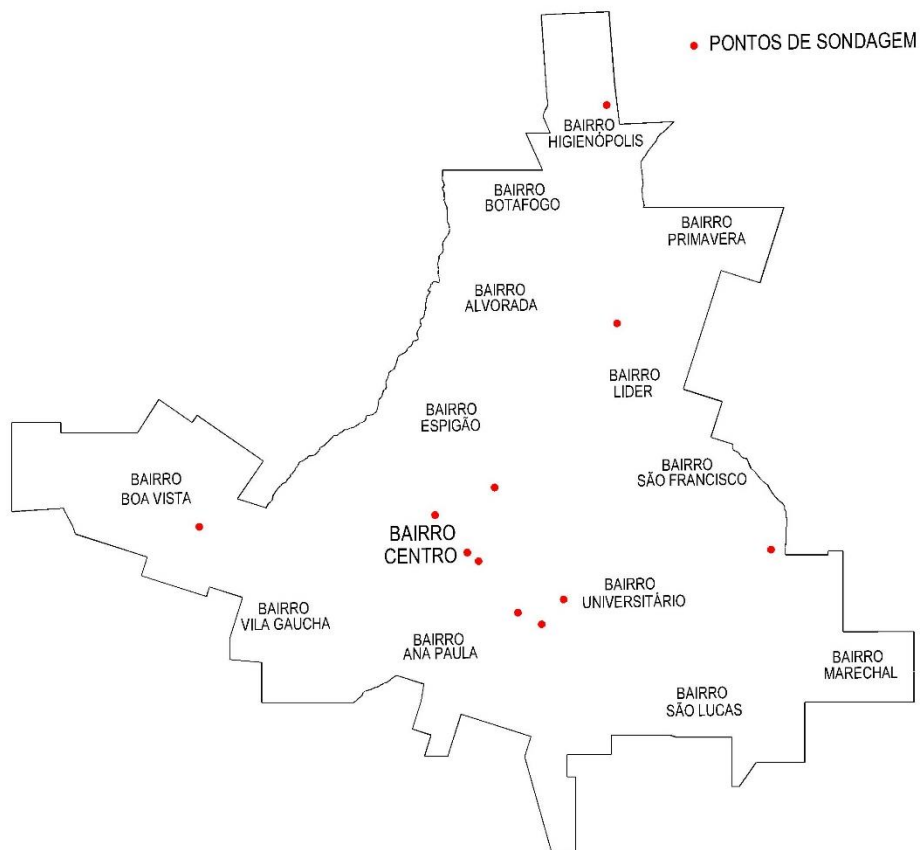
Gráfico 18: Resistência Nspt ao longo da profundidade



Fonte: Autor (2018).

Para melhor entendimento dos locais das sondagens, a Figura 25 demonstra o contorno do perímetro urbano, os pontos de sondagens assim como os bairros da cidade de Marechal Cândido Rondon.

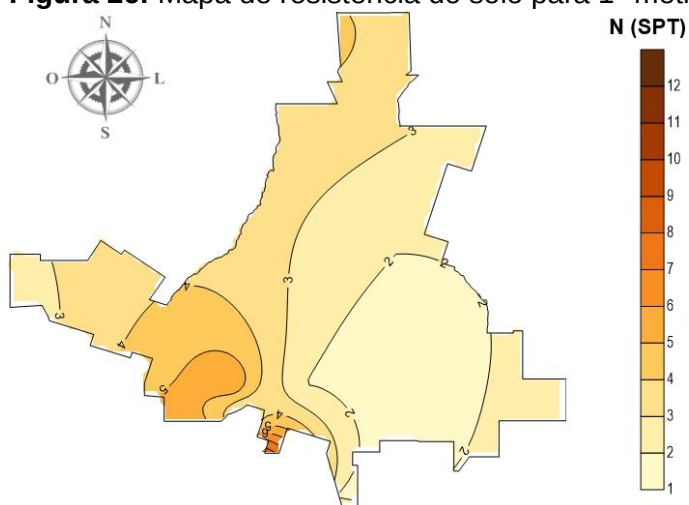
Figura 25 Locais de sondagens e bairros da cidade.



Fonte: Autor (2018).

A Figura 26 apresenta o mapa com o índice de resistência a penetração do solo do 1º metro e pode-se notar que a variação do N_{spt} fica entre 1 e 12, sendo que devido a topografia a região com maior resistência fica na parte sudoeste da cidade, devido à presença de rochas.

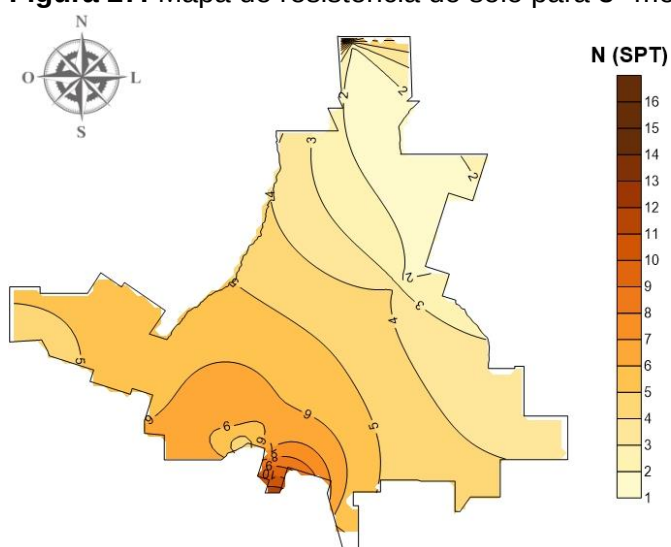
Figura 26: Mapa de resistência do solo para 1° metro



Fonte: Autor (2018).

Na Figura 27, está presente o mapa da resistência do solo no seu 3° metro, mostrando uma variação do N_{spt} entre 2 e 16, mostrando um comportamento relativamente parecido com o 1° metro, a resistência do solo aumenta pouco e se mantém maior na parte sudoeste da cidade.

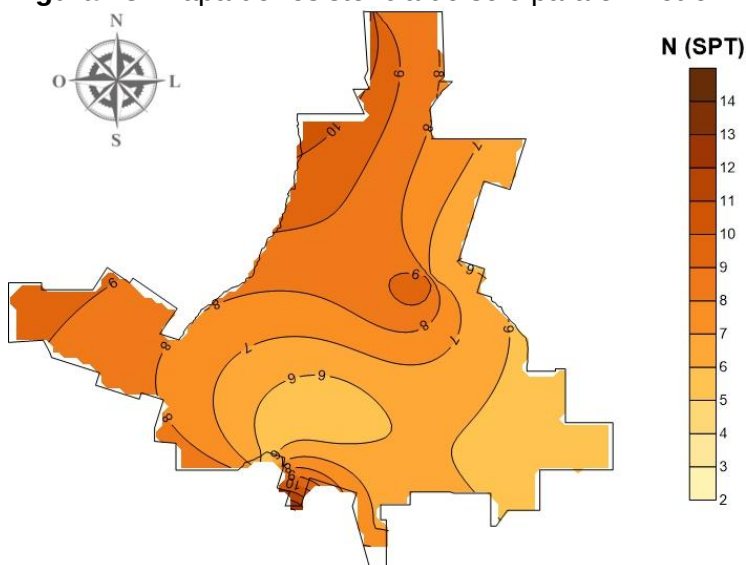
Figura 27: Mapa de resistência do solo para 3° metro



Fonte: Autor (2018)

De acordo com a Figura 28, para a análise em questão, pode-se observar no 5° metro uma variação do N_{spt} que fica entre 5 e 14 golpes, nota-se ainda que o solo tem uma resistência relativamente alta em toda extensão urbana. Nesta profundidade ainda não apresentou presença do lençol freático em grande parte do terreno, então não há influência d'água sobre a resistência do solo em questão.

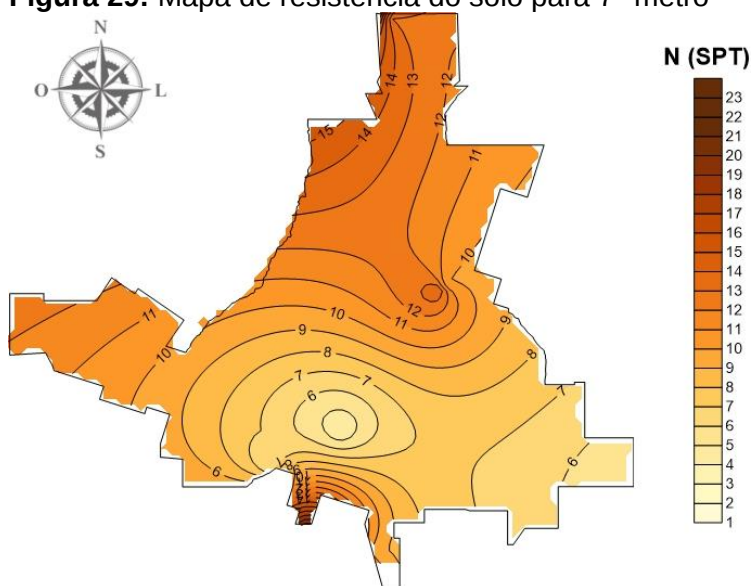
Figura 28: Mapa de resistência do solo para 5° metro



Fonte: Autor (2018).

Na figura 29, pode-se observar o mapa de resistência do solo referente ao 7° metro de profundidade e uma variação do N_{spt} que fica entre 4 e 23 golpes, nota-se também que na área central da cidade a resistência do solo é menor, na parte nordeste e sudoeste encontrou-se com um solo de maior resistência. Outro fator que se observa, em relação ao 5° metro, é que valores de N_{spt} que eram de 8 a 10 chegaram à 12 a 15 em algumas regiões da cidade, sendo que essa resistência se mostra suficiente para obras de médio porte, utilizando fundações a trado mecanizado, até o nível d'água, barateando a obra, já que sua execução é mais barata em relação aos custos relacionados a perfuração e a quantidade de concreto.

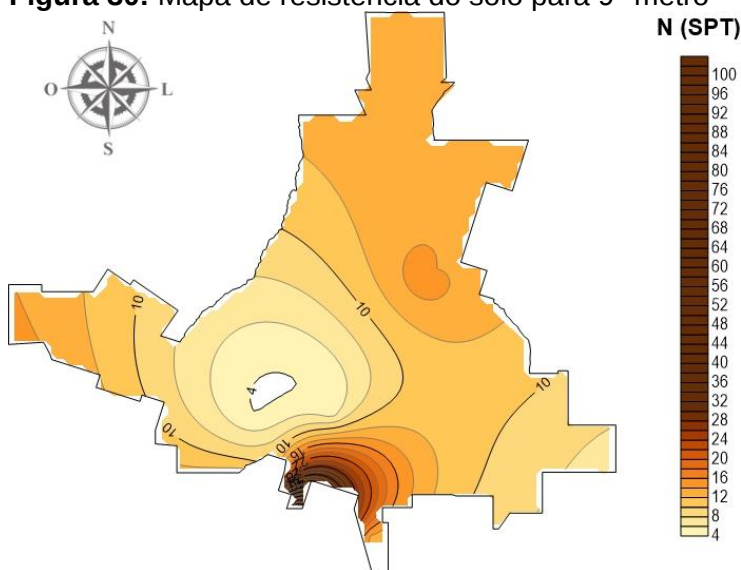
Figura 29: Mapa de resistência do solo para 7º metro



Fonte: Autor (2018).

Na Figura 30, o mapa referente ao 9º metro mostra uma variação do N_{spt} que fica entre 4 e 102, pôde-se notar que na parte sudoeste da cidade uma das sondagens foi limitada, fazendo com que essa região fique com o solo de maior resistência. No restante da área urbana o solo ficou com uma resistência mediana, a não ser na região central, onde o mapa mostra uma baixa resistência, apresentando um número de golpes dos 30 cm finais igual a 4, ele é considerado um solo mole, provavelmente devido à presença de água nesta profundidade em tal região.

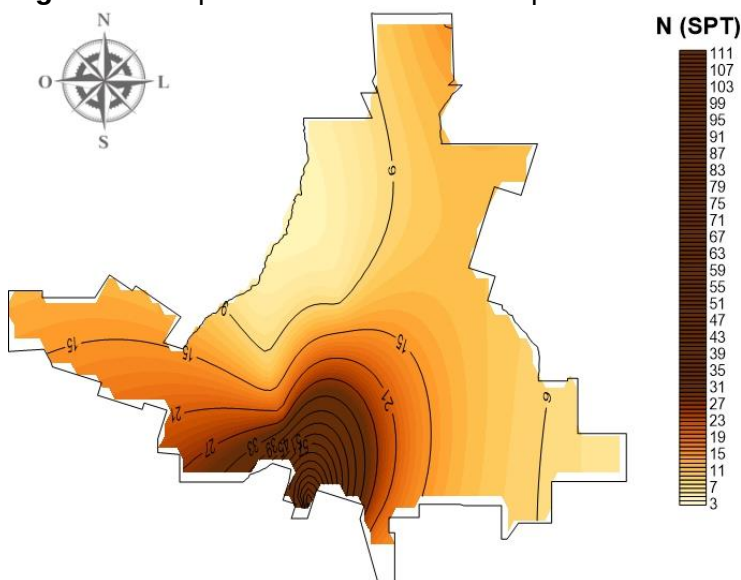
Figura 30: Mapa de resistência do solo para 9º metro



Fonte: Autor (2018).

Na Figura 31, observa-se o mapa referente ao 11° metro apresenta uma variação do Nspt que fica entre 6 e 111, mostrando que um solo de alta resistência já atinge a área central da cidade, considerando que nesta profundidade as sondagens dessa região atingiram no seu limite a percussão.

Figura 31: Mapa de resistência do solo para 11° metro

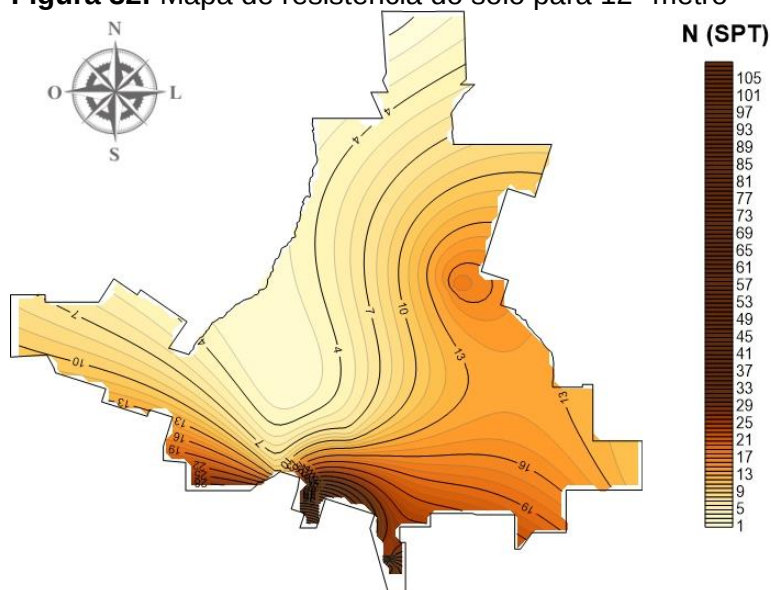


Fonte: Autor (2018).

Diante disso, pode-se concluir que obras de médio e grande porte podem ser executadas com uso de fundações economicamente mais baratas, como por exemplo, trado mecânico até o nível d'água. Já na parte noroeste da cidade o solo apresenta uma resistência média, onde o valor do Nspt é de 9 até 15 golpes, assim pode-se notar que o mesmo tem uma consistência mole a rija.

De acordo com a Figura 32, o mapa com o 12° metro, para o solo em questão, observa-se uma variação do Nspt que fica entre 5 e 108 golpes, evidenciando um mapa semelhante ao metro anterior, com uma menor resistência do solo em quase toda região do mapa. Nota-se que a noroeste do mapa o solo tem uma baixa resistência, podendo ser classificado como muito mole. Na parte sudoeste e sul da cidade apresenta-se a maior resistência, devido as sondagens terem chegado ao limite a percussão.

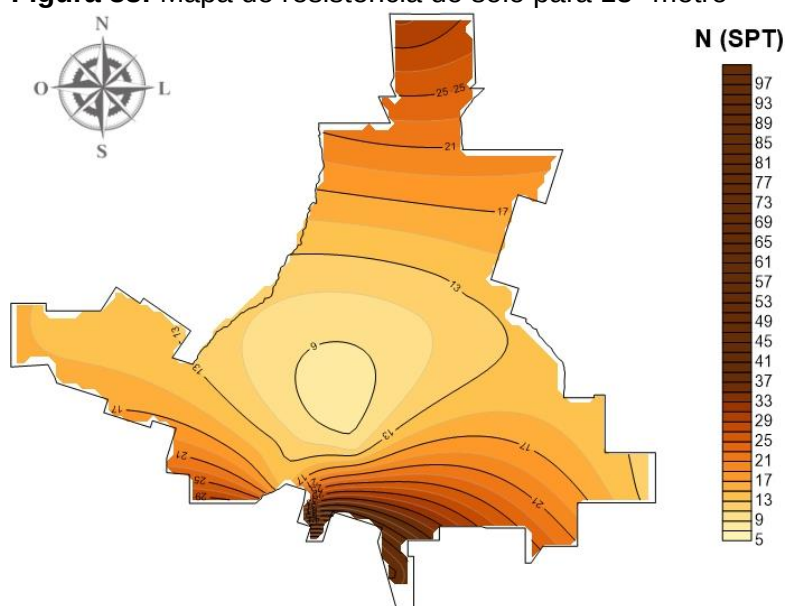
Figura 32: Mapa de resistência do solo para 12º metro



Fonte: Autor (2018).

Na Figura 33, o mapa com o 13º metro, observa-se que a variação do N_{spt} fica entre 10 e 100 golpes, na região central da cidade tem-se o solo com o menor índice de resistência e na região sudeste o solo apresenta uma resistência mais elevada. Um fator importante é o aumento da resistência na região nordeste, onde o N_{spt} atingiu 25, um número ligeiramente maior que no metro anterior.

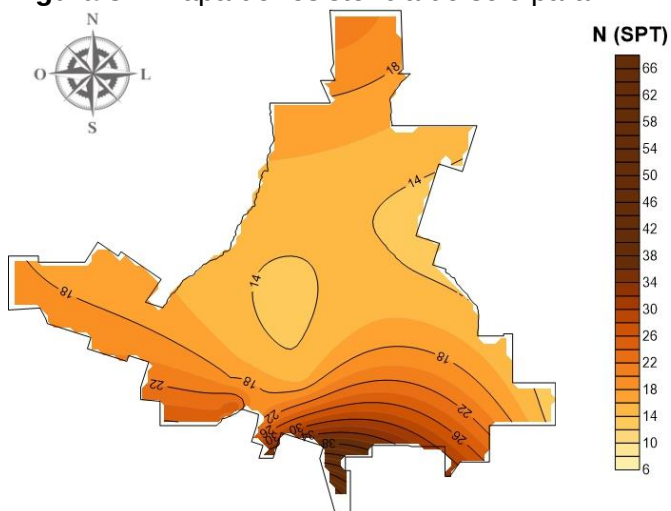
Figura 33: Mapa de resistência do solo para 13º metro



Fonte: Autor (2018).

De acordo com a Figura 34, para o tipo de solo em questão, pode-se observar que no 14º metro uma variação do Nspt entre 13 e 66 e resistência parcialmente semelhante ao mapa de 13º metro, apresentado anteriormente.

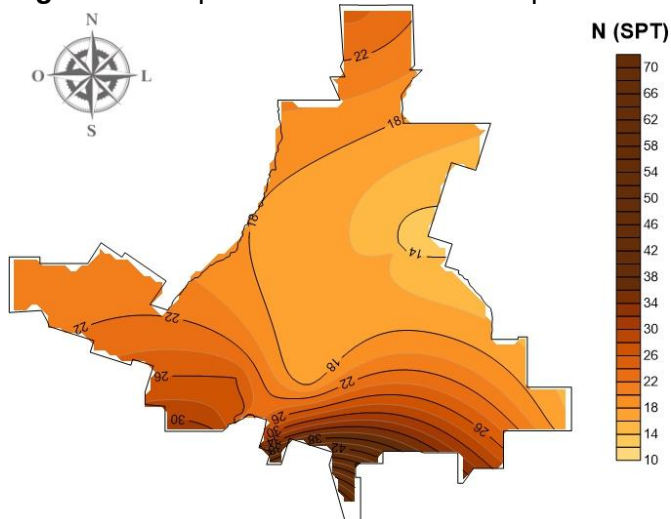
Figura 34: Mapa de resistência do solo para 14º metro



Fonte: Autor (2018).

Na figura 35, no mapa com o 15º metro, que apresenta uma variação de Nspt que fica entre 13 e 70, notou-se uma alta resistência do solo na parte sudeste da cidade e nas outras regiões verificou-se uma resistência média para alta. Conclui-se que na profundidade em questão o solo tem uma boa resistência em praticamente todo o perímetro urbano, sendo que a consistência do solo pode ser classificada como dura.

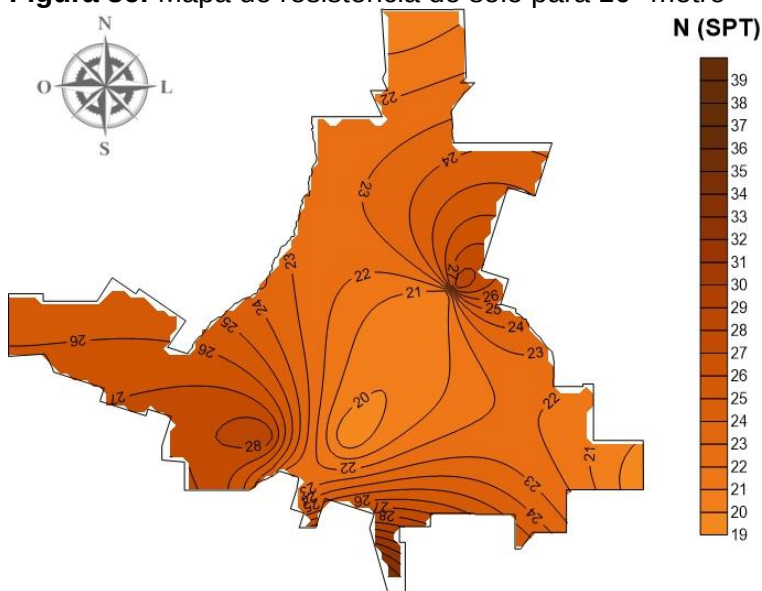
Figura 35: Mapa de resistência do solo para 15º metro



Fonte: Autor (2018).

De acordo com a Figura 36, para o tipo de solo em questão, pode-se observar no 16º metro uma variação do N_{spt} que fica entre 19 e 39 golpes, deixando toda extensão do mapa com um solo de alta resistência.

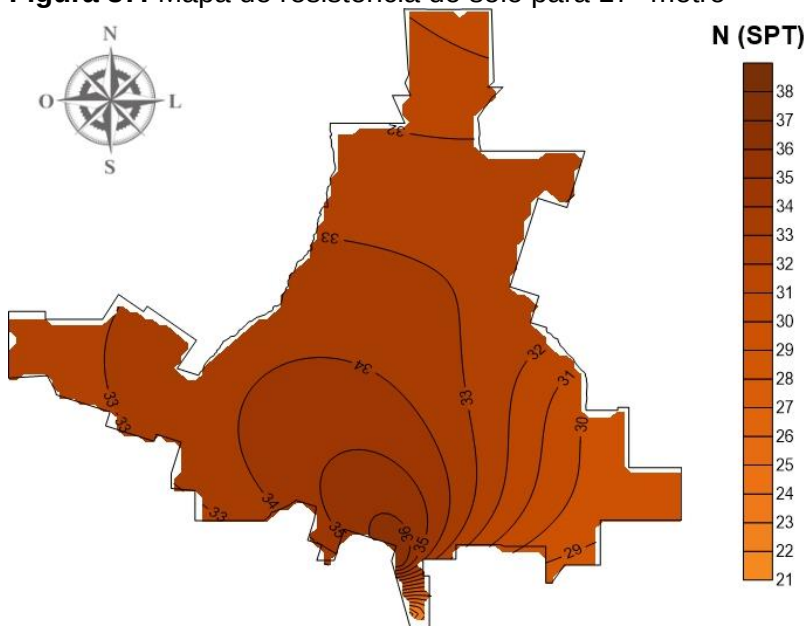
Figura 36: Mapa de resistência do solo para 16º metro



Fonte: Autor (2018).

Na Figura 37, no mapa com o 17º metro observa-se que a variação do N_{spt} fica entre 21 e 38 golpes, indicando que nesta profundidade toda área da cidade apresenta solo com elevada resistência, classificado como consistência dura.

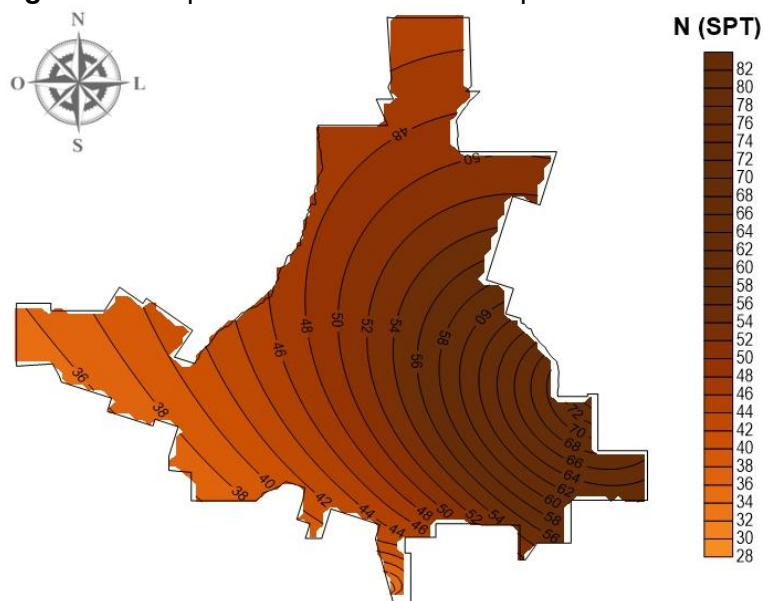
Figura 37: Mapa de resistência do solo para 17º metro



Fonte: Autor (2018).

Na Figura 38, o mapa com o 18° metro, onde todas as sondagens adquiridas para a pesquisa chegaram ao seu limite de penetração, devido a rocha ou matacão. Observa-se que a variação do N_{spt} fica entre 28 e 83 golpes, mostrando que na região sudeste da cidade há o mais alto índice de resistência do solo desta profundidade e, nas demais, regiões a resistência se mantém elevada.

Figura 38: Mapa de resistência do solo para 18° metro



Fonte: Autor (2018).

CAPÍTULO 5

5.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho aqui apresentado teve como objetivo buscar características e propriedades do solo de Marechal Cândido Rondon/PR, coletando amostras, realizando ensaios em laboratório, reunindo sondagens já realizadas e elaborando mapas geotécnicos e gráficos de caracterização, concluindo os seguintes tópicos.

A análise tátil visual das amostras coletadas na sondagem a trado demonstrou em sua grande maioria um solo homogêneo em toda a extensão do perímetro urbano do município, com exceção do ponto de coleta F, que apresentou aspecto rochoso com coloração amarelada desde o início da perfuração, o que foi explicado durante os ensaios de caracterização e classificação, já que este local resultou em solos com alto teor de areia e rocha aflorante. O restante das amostras resultou em argilas siltosas, apenas nos locais A e B a partir de 10 metros houve presença significativa de areia.

No que se refere ao nível da água, percebeu-se que em toda a extensão estudada o lençol freático estava relativamente alto, sendo que o ponto mais profundo encontrado foi no local A, com 11 metros e os mais rasos em C e E, com apenas 6 metros de profundidade.

Em relação às classificações feitas, constatou-se que, em geral, se tratava de solo de granulometria fina, com grande porcentagem menor que 0,06mm, sendo quase sempre classificado como argila de plasticidade média ou alta.

No que concerne aos mapas geotécnicos, com auxílio do *software Surfer*, foi possível demonstrar de forma muito clara e objetiva as resistências encontradas nos pontos sondados a percussão, pelo método SPT, a cada metro de profundidade por todo o perímetro urbano. Um fator importante em relação aos mapas geotécnicos, que ao atingir o 7º metro de profundidade o valor do N_{spt} fica entre 12 e 15 golpes, em algumas regiões da cidade, resistência essa relativamente maior que no 9º metro, demonstrando que a essa profundidade existem camadas de solo com consistência mais moles devido a presença de água. Este resultado, junto com o fato de duas amostras da região sudoeste da cidade apresentarem matacão antes dos 3 metros de profundidade, comprovam a importância da realização de sondagens antes da

execução de obras, mostrando que muitas vezes o subsolo apresenta características inesperadas.

O estudo, gráficos e mapas aqui presentes servem como base para possíveis pesquisas futuras não apenas na cidade de Marechal Cândido Rondon/PR, porém neste local pode-se aproveitar os resultados já obtidos para posteriores comparações ou complemento de informações. No tocante aos profissionais engenheiros o referido trabalho apresenta uma introdução ao que pode ser esperado no solo local, despertando o interesse pelo mesmo no projeto de futuras obras, seja por razões técnicas ou econômicas. É importante destacar que os dados aqui apresentados não devem ser considerados para cálculo de fundações e desenvolvimento de projetos, o solo não é homogêneo em toda sua extensão e o próprio resultado final mostra que há diferenças consideráveis dentro do objeto da pesquisa.

CAPÍTULO 6

6.1. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Sugere-se para trabalhos futuros:

A reunião de mais sondagens a percussão SPT, diminuindo o erro da interpolação de dados e aumentando a confiabilidade dos mapas geotécnicos.

Realização dos mesmos ensaios em outros pontos da cidade, para comparação da caracterização do solo em mais pontos.

Realizar nos mesmo pontos, ou em pontos próximos aos estudados, ensaios de compactação para abranger ainda mais dados do solo de Marechal Cândido Rondon/PR.

REFERÊNCIAS

AOKI, Nelson; CINTRA, José Carlos; GIACHETI, Heraldo L; TSUHA, Cristina. **FUNDAÇÕES – ENSAIOS ESTÁTICOS E DINÂMICOS**. Oficina de Texto. São Paulo, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6457**: Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1986.

_____. **NBR 6459**: Determinação do limite de liquidez - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1984.

_____. **NBR 6484**: Sondagens de simples reconhecimento com SPT - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2001.

_____. **NBR 6502**: Rochas e solos. Rio de Janeiro, 1995.

_____. **NBR 6508**: Grão de solo que passam na peneira 4,8 mm – Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 1984.

_____. **NBR 7180**: Determinação do limite de plasticidade - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1984.

_____. **NBR 7181**: Análise granulométrica - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2016.

_____. **NBR 9603**: Como realizar sondagem a trado. Rio de Janeiro, 2015.

BOM FIM, Helton F. **Caracterização do Solo da Cidade de Ubitatã/PR a partir de Amostras Deformadas de Solo e Laudos de Sondagem SPT**. Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz – FAG. Cascavel, maio de 2016.

CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos Solos e Suas Aplicações – 6ª Edição**. Editora LTC. Rio de Janeiro – RJ, 1988.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (DNER). **Manual de Pavimentação**. 2. ed., Rio de Janeiro. Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 1996.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DOS TRANSPORTES (DNIT). **Manual de Pavimentação**. 3. ed. Rio de Janeiro, 2006.

Escola Engenharia. **Tipos de Sondagem**. Disponível em <<https://www.escolaengenharia.com.br/tipos-de-sondagem/>>. Acesso em 14/10/2017 às 23:12h.

FERNANDES, Manoel de M. **Mecânica dos Solos – Volume 1: Conceitos e princípios fundamentais**. Editora Oficina de Textos. 21 de março de 2016.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Marechal Cândido Rondon**. Disponível em <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/marechal-candido-rondon/panorama>>, acesso em 22 mai. 2018 às 21:21h.

ISAAKS, E. H.; SRIVASTAVA, R. M. **An introduction to applied geostatistics**. New York: Oxford University Press, 1989.

JS Sondagens. **Orçamento Sondagem SPT**. Disponível em <<http://www.jssondagens.com.br/orcamento-sondagem-spt>>, acesso em 28 set. 2017 às 22:45h.

Secretaria de Estado da Indústria, do Comércio e do Turismo; Minerais do Paraná S.A. – MINEROPAR. **Avaliação do Potencial Mineral e Consultoria Técnica no Município de Marechal Cândido Rondon**. Projeto Riquezas Minerais – Relatório Final. Curitiba, novembro de 2001.

NOGUEIRA, João B. **Mecânica dos Solos – Ensaios de Laboratório**. Escola de Engenharia de São Carlos – Departamento de Geotecnia. São Carlos – SP, 1995.

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

SARAIVA, Sérgio L. C. **Apostila de Mecânica dos Solos**. Universidade Federal de Ouro Preto – Departamento de Engenharia Civil. Ouro Preto – MG, 2007.

SCHNAID, F. **Ensaio de campo e suas aplicações à engenharia de fundações**. Oficina de texto. São Paulo, 2005.

SOARES, Marcus S. **Fundamentos da Mecânica dos Solos**. Instituto Politécnico – IPUC. Belo Horizonte - Minas Gerais, 2010.

TSUTSUMI, M. **Mecânica dos Solos I**. Juiz de Fora, MG, 2008. Disponível em <<http://www.ufjf.br>>. Acessado em: 02 nov. 2015.

ZEN, Beatriz A. B. **Caracterização Geotécnica do Subsolo do Campo Experimental do Centro Acadêmico da FAG em Cascavel/PR**. Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz – FAG. Cascavel, novembro de 2016.

ANEXO A

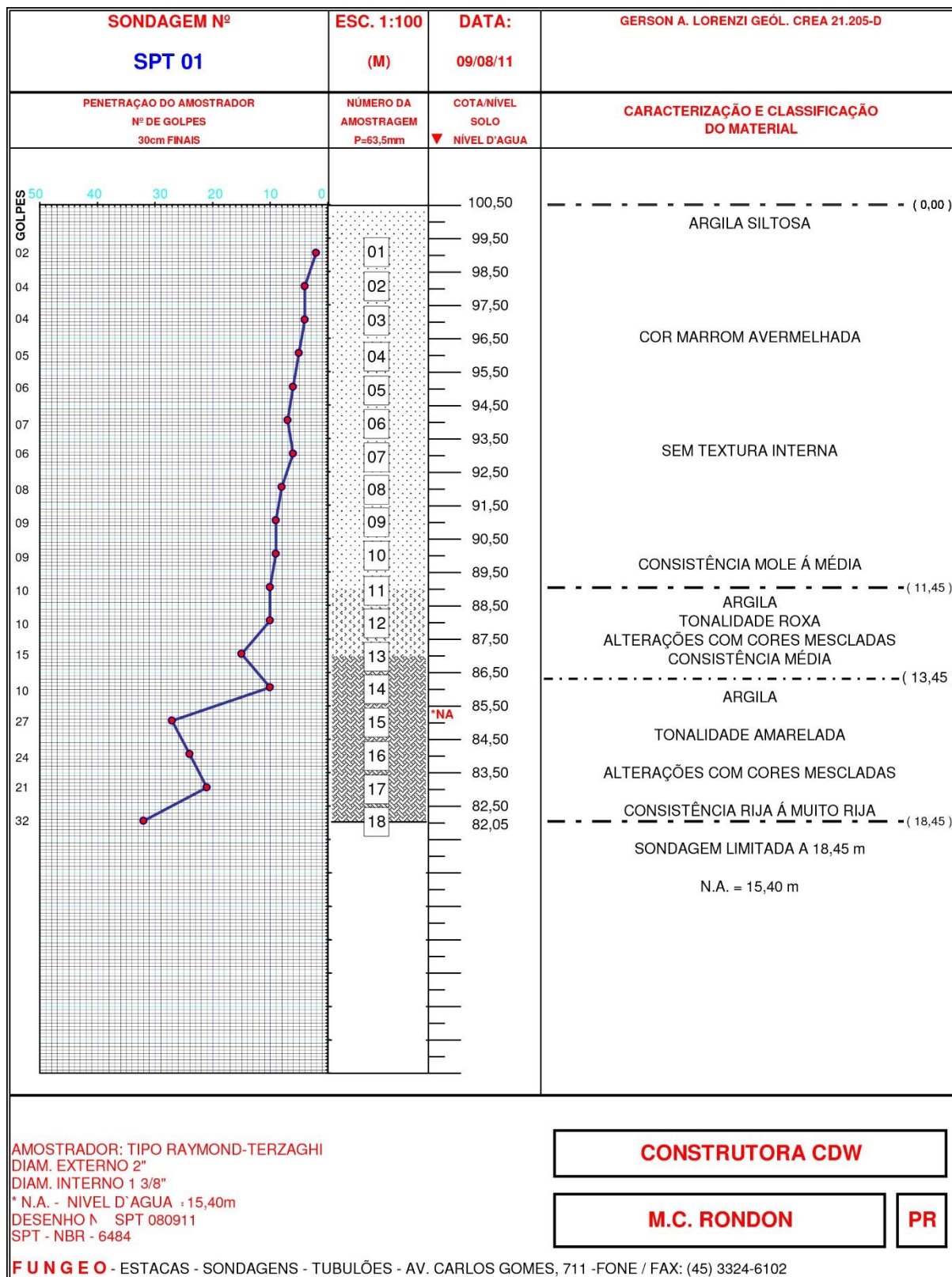
		FUNDAÇÕES E GEOLOGIA LTDA projetos@fungeo.com.br (45) 3324-6102		Cliente: COPAGRIL Obra: FÁBRICA DE RAÇÃO Local: MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PR	
FUNDAÇÕES E GEOLOGIA					
Relatório de Sondagem		Nº 91613			
Furo SPT 01		Cota 100,000		30 cm finais 30 cm iniciais	
SPT - Standart Penetration Test Camadas - Classificação dos solos				10 20 30 40 50 60 70 80	
1,0 T.H. C.A. - Circulação d'água 95 90 85 80 75 70 65		N.A. Final Índice de SPT iniciais/30cm Índice SPT finais/30cm Amostras Prof. Camadas (m)		ARGILA, COR MARROM AVERMELHADA, EVENTUAIS GRÂNULOS DE QUARTZO, CONSISTÊNCIA MUITO MOLE À RIJA ARGILA, TONALIDADE ROXA, ALTERAÇÕES PONTUAIS COM CORES ESBRAQUIÇADA E AMARELADA, PERCOLAÇÕES COM CORES MESCLADAS, CONSISTÊNCIA RIJA ARGILA SILTOSA, TONALIDADE ROXA CLARA, ALTERAÇÕES PONTUAIS COM CORES ESBRAQUIÇADA E AMARELADA, PERCOLAÇÕES COM CORES MESCLADAS, CONSISTÊNCIA DURA NÍVEL D'ÁGUA 14,70m SONDAÇÃO LIMITADA À 18,50m SONDAÇÃO LIMITADA POR ROCHA OU MATAÇÃO	
0 2 2 2 3 6 9 9 12 15 15 15 17 15 12 12 24 33 44		0 0 2 2 4 6 9 10 13 14 14 16 18 13 13 29 38 49		0 1 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	
14,70 m 00/01/1900		Amostrador Ø interno 1 3/8 " Ø externo 2 "		Revestimento Ø 2 3/8 " Peso 65,0 kg Altura de queda 75,0 cm	
Data de execução Início 16/09/2013 término 16/09/2013					
Digitador Diego		Geólogo Gerson A. Lorenzi - CREA-PR 21.205-D			
MATRIZ: CASCAVEL - Av. Carlos Gomes, 711, Bairro Faculdade - CEP: 85.819-350 - www.fungeo.com.br					

ANEXO B

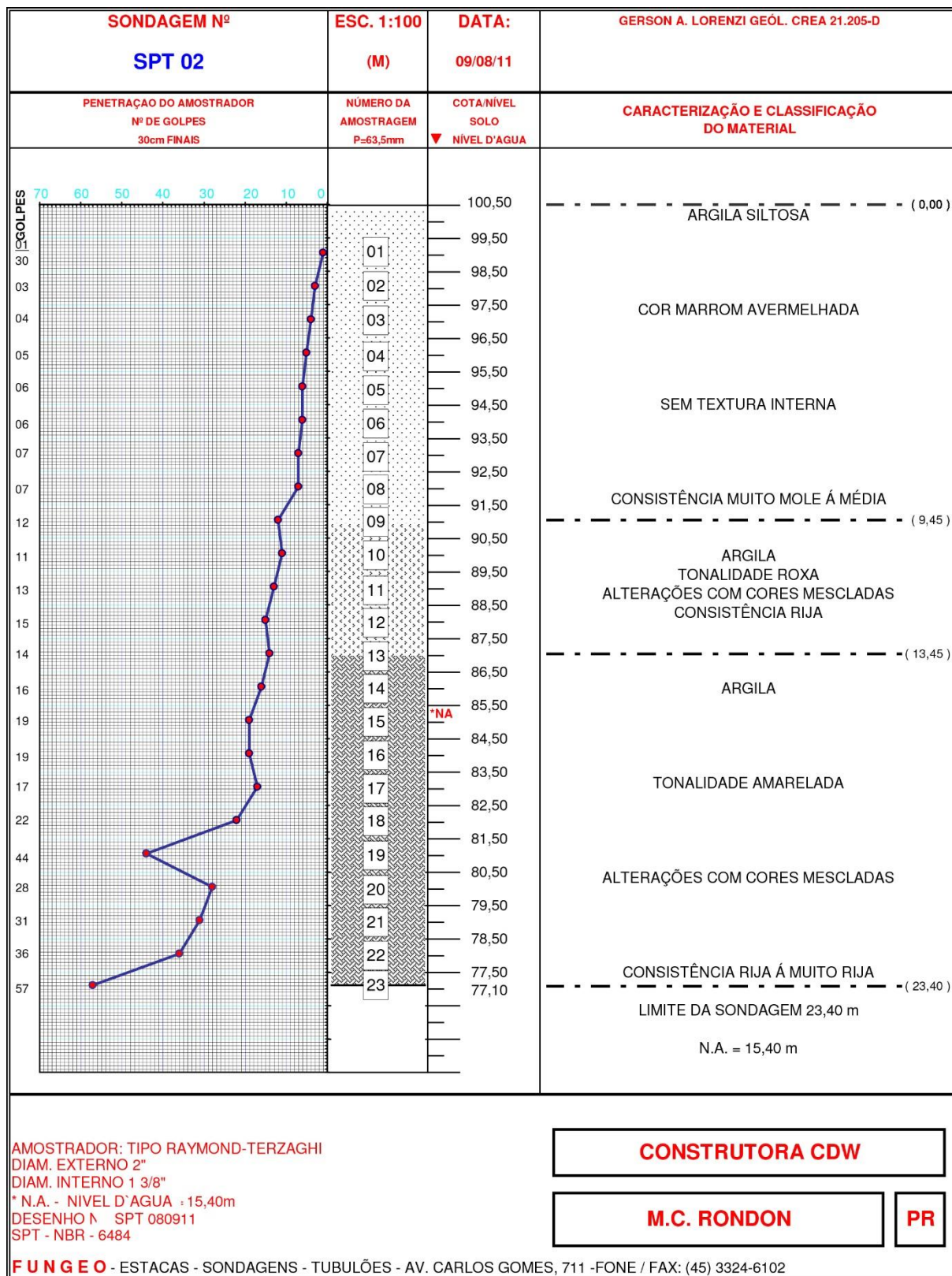
FUNGEO [®] FUNDAÇÕES E GEOLOGIA		FUNDAÇÕES E GEOLOGIA LTDA projetos@fungeo.com.br (45) 3324-6102		Cliente: COPAGRIL Obra: FÁBRICA DE RAÇÃO Local: MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PR						
Revestimento	Proc. De Perfuração	Cota Relação RN	N.A. Final	Índice de SPT iniciais/30cm	Índice SPT finais/30cm	Amostras	Prof. Camadas (m)	Relatório de Sondagem		Nº 91613
								Furo SPT 02	Cota 100,000	
1.0	T.H.	95		0	0	0		SPT - Standart Penetration Test Camadas - Classificação dos solos		30 cm finais 30 cm iniciais
	C.A. - Circulação d'água	90		2	2	1		ARGILA, COR MARROM AVERMELHADA, EVENTUAIS GRÂNULOS DE QUARTZO, CONSISTÊNCIA MUITO MOLE À RIJA		
		85		2	2	2				
				3	4	3				
				6	7	4				
				9	10	5				
				11	12	6				
				13	14	7				
				12	13	8	8,45			
				15	16	9				
				15	13	10	10,45	ARGILA, TONALIDADE MARROM AVERMELHADA, ALTERAÇÕES PONTUAIS COM COR ESBRANQUIÇADA, PERCOLAÇÕES COM CORES MESCLADAS, CONSISTÊNCIA RIJA		
				13	14	11				
				15	15	12				
				13	12	13				
				16	15	14				
				15	16	15	15,45	ARGILA, TONALIDADE ROXA, ALTERAÇÕES PONTUAIS COM COR ESBRANQUIÇADA, PERCOLAÇÕES COM CORES MESCLADAS, CONSISTÊNCIA RIJA		
				18	20	16				
				26	28	17				
				64	83	18				
						19	19,48	ARGILA SILTOSA, TONALIDADE ROXA CLARA, ALTERAÇÕES PONTUAIS COM CORES ESBRANQUIÇADA E AMARELADA, PERCOLAÇÕES COM CORES MESCLADAS, CONSISTÊNCIA DURA		
						20				
						21				
						22				
						23				
						24				
						25				
						26				
						27				
						28				
						29				
						30				
						31				
						32				
						33				
						34				
						35				
						36				
						37				
Nível d'água		Amostrador		Revestimento Ø 2 3/8 "		Data de execução				
Ø interno 1 3/8 "		Peso 65,0 kg		Início 16/09/2013						
Ø externo 2 "		Altura de queda 75,0 cm		término 16/09/2013						
N.A. Final	12,70 m	00/01/1900	Geólogo		Gerson A. Lorenzi - CREA-PR 21.205-D					
Digitador	Diego									

MATRIZ: CASCAVEL - Av. Carlos Gomes, 711, Bairro Faculdade - CEP: 85.819-350 - www.fungeo.com.br

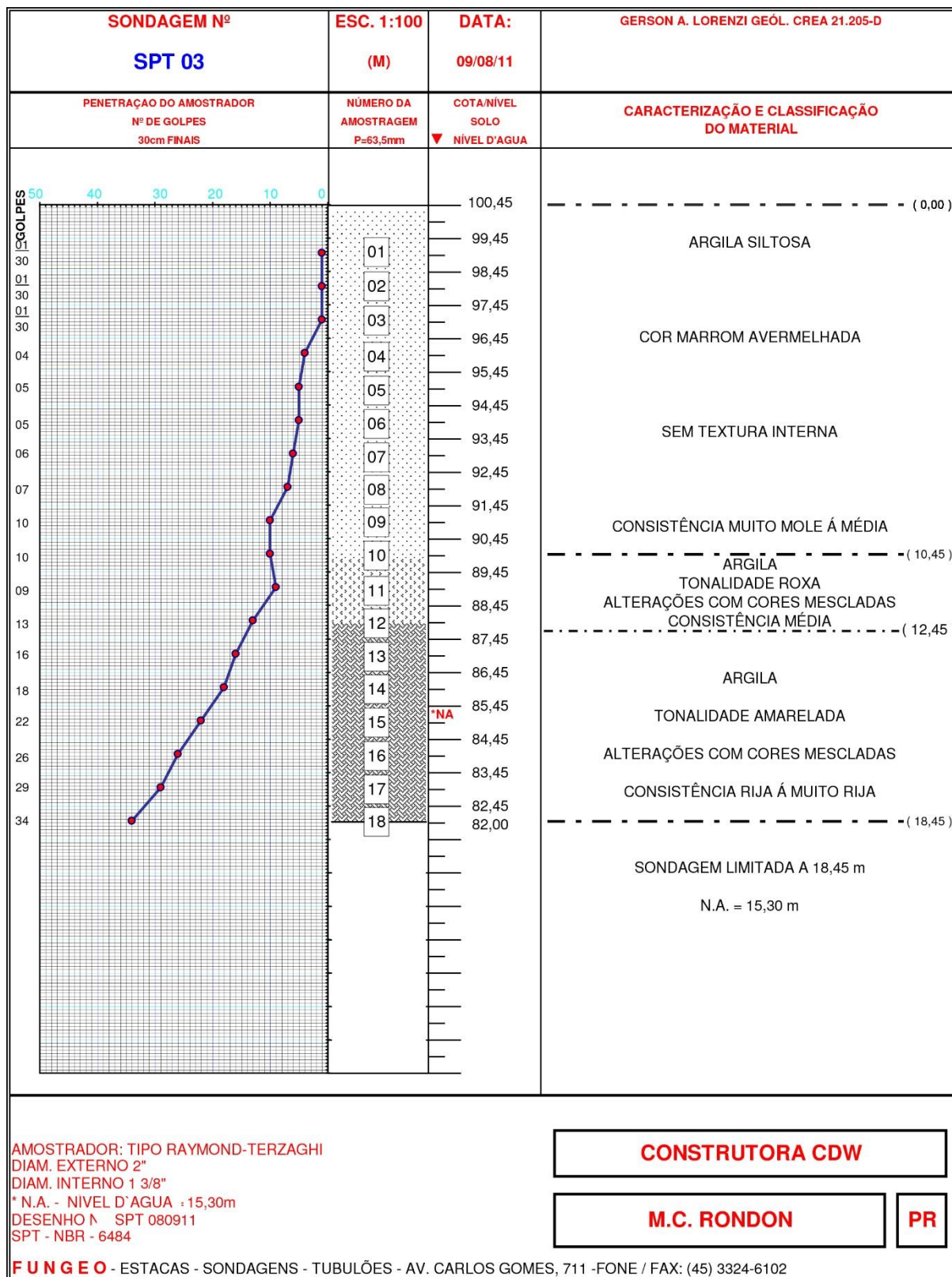
ANEXO C



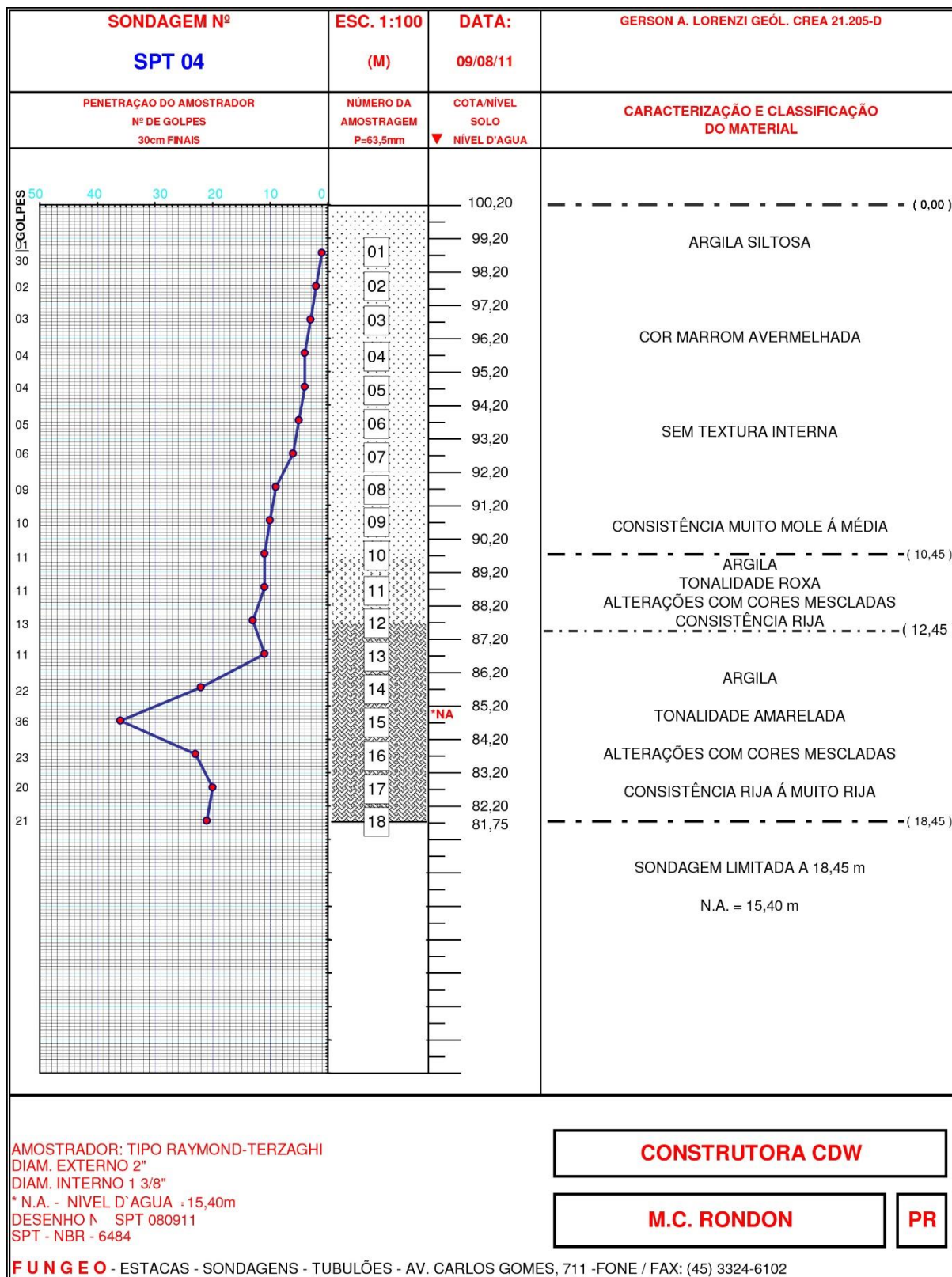
ANEXO D



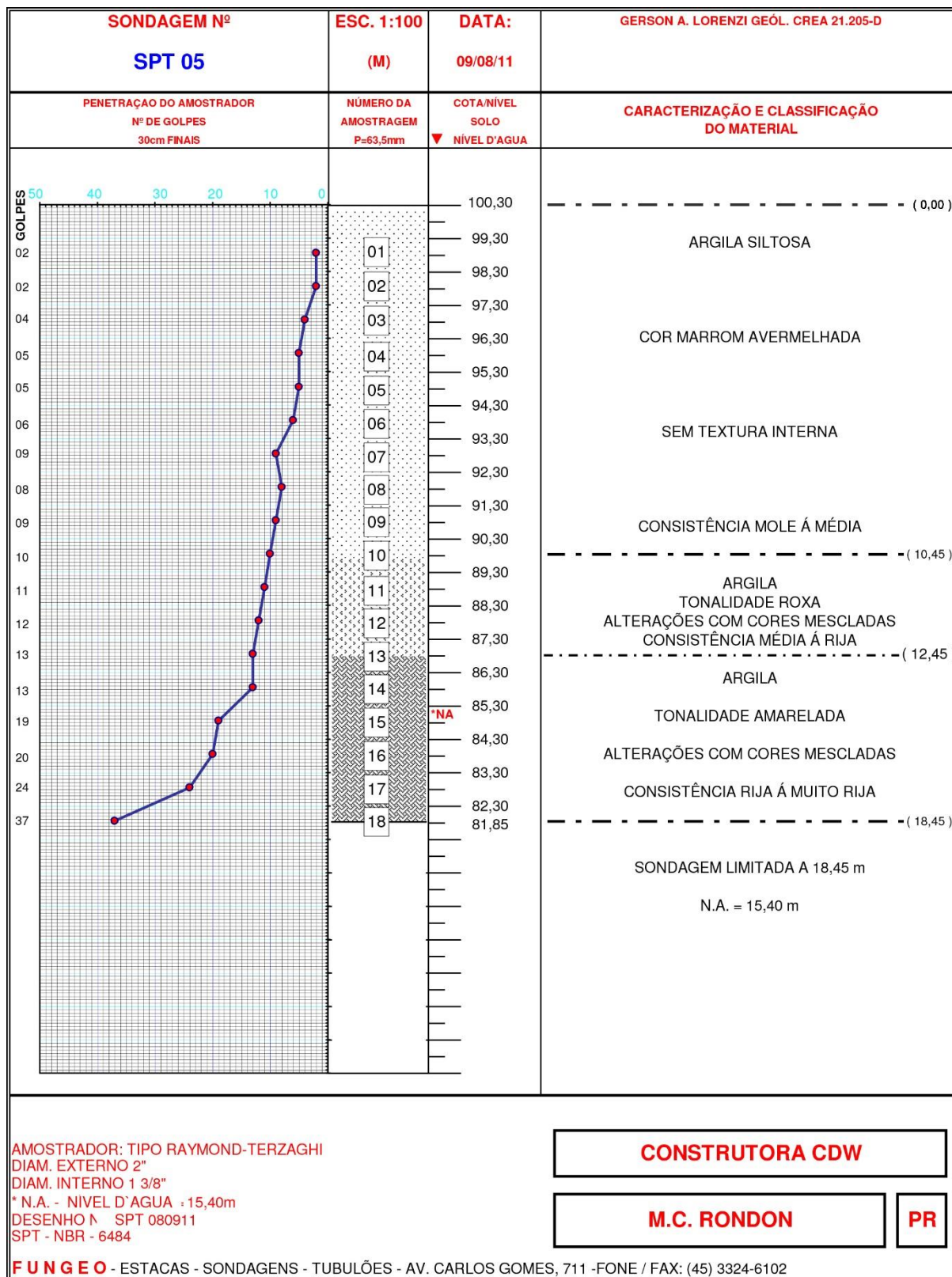
ANEXO E



ANEXO F

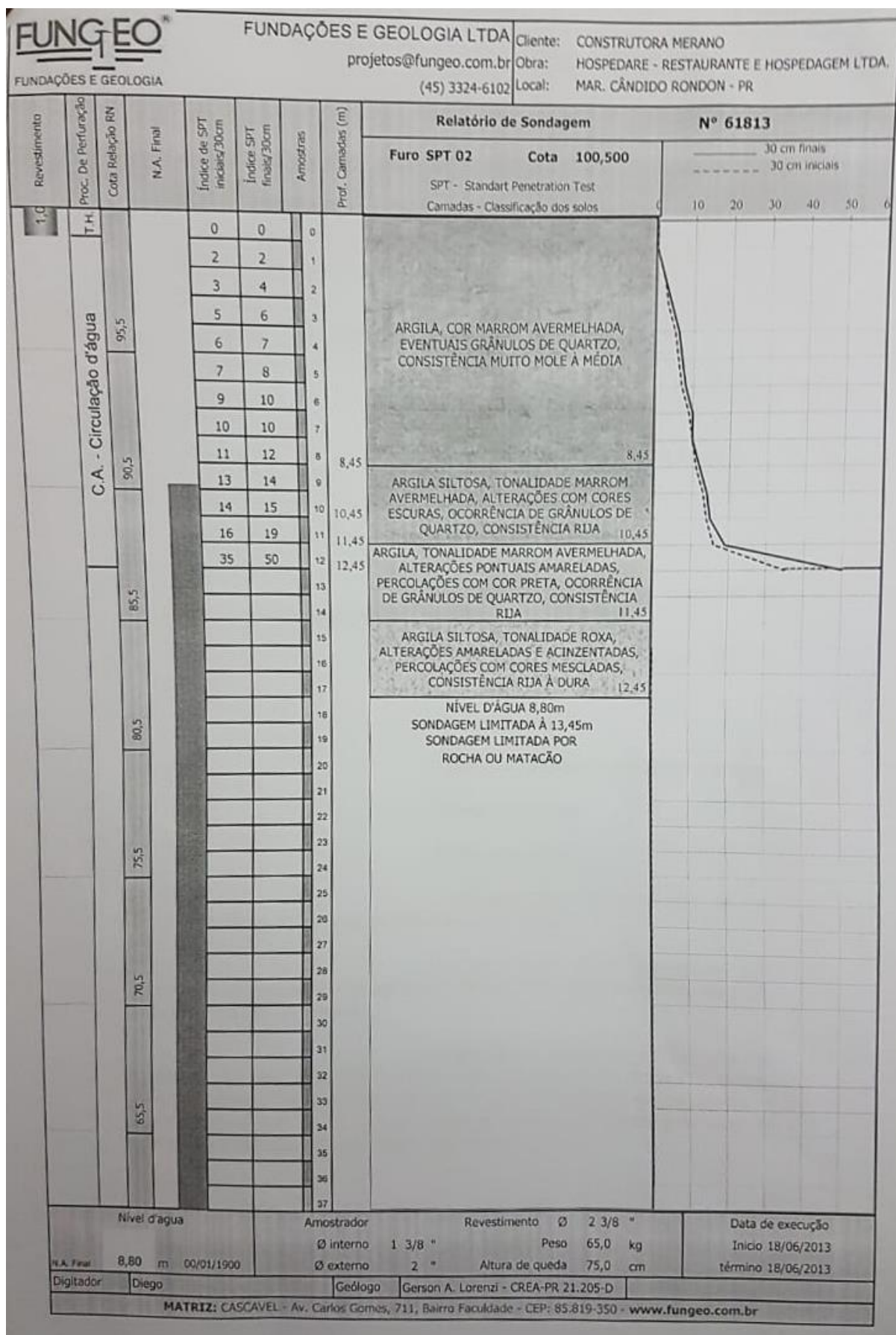


ANEXO G



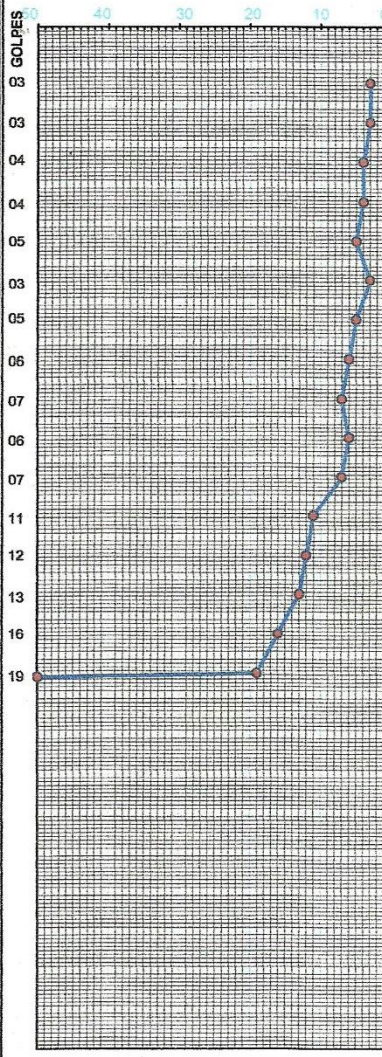
FUNGEO		FUNDAÇÕES E GEOLOGIA LTDA		Cliente: CONSTRUTORA MERANO Obra: HOSPEDARE - RESTAURANTE E HOSPEDAGEM LTDA. Local: MAR. CÂNDIDO RONDON - PR	
FUNDAÇÕES E GEOLOGIA		projetos@fungeo.com.br		(45) 3324-6102	
Revestimento		Proc. De Perfuração		Cota Relação RN	
T.H		C.A. - Circulação d'água		N.A. Final	
1,0		95,3		90,3	
		85,3		80,3	
		75,3		70,3	
		65,3			
Índice de SPT inicial/30cm		Índice de SPT final/30cm		Amostrador	
0		0		0	
2		2		1	
3		4		2	
4		5		3	
5		6		4	
6		7		5	
7		8		6	
8		9		7	
10		11		8	
14		15		9	
16		17		10	
17		20		11	
21		25		12	
35		50		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	
Prof. Camadas (m)		Relatório de Sondagem		Nº 61813	
Furo SPT 01		Cota 100,300		30 cm finais	
SPT - Standart Penetration Test				30 cm iniciais	
Camadas - Classificação dos solos				10 20 30 40 50 60	
8,45		ARGILA, COR MARROM AVERMELHADA, CONSISTÊNCIA MUITO MOLE A MÉDIA		8,45	
11,45		ARGILA SILTOSA, TONALIDADE MARROM AVERMELHADA, ALTERAÇÕES COM CORES ESCURAS, OCORRÊNCIA DE GRÂNULOS DE QUARTZO, CONSISTÊNCIA RÍJA		11,45	
13,00		ARGILA, TONALIDADE MARROM AVERMELHADA, ALTERAÇÕES AMARELADAS, PERCOLAÇÕES COM CORES ESCURAS, OCORRÊNCIA DE GRÂNULOS DE QUARTZO, CONSISTÊNCIA DURA		13,00	
13,45		ARGILA SILTOSA, TONALIDADE ROXA, ALTERAÇÕES AMARELADAS E ACINZENTADAS, PERCOLAÇÕES COM CORES MESCLADAS, CONSISTÊNCIA DURA		13,45	
		NÍVEL D'ÁGUA 9,00m			
		SONDAGEM LIMITADA À 13,45m			
		SONDAGEM LIMITADA POR			
		ROCHA OU MATAÇÃO			
Nível d'água		Amostrador		Revestimento Ø 2 3/8 "	
9,00 m		Ø interno 1 3/8 "		Peso 65,0 kg	
00/01/1900		Ø externo 2 "		Altura de queda 75,0 cm	
Digitador Diego		Geólogo Gerson A. Lorenzi - CREA-PR 21.205-D		Data de execução	
				Início 18/06/2013	
				término 18/06/2013	
MATRIZ: CASCAVEL - Av. Carlos Gomes, 711, Bairro Faculdade - CEP: 85.819-350 - www.fungeo.com.br					

ANEXO I



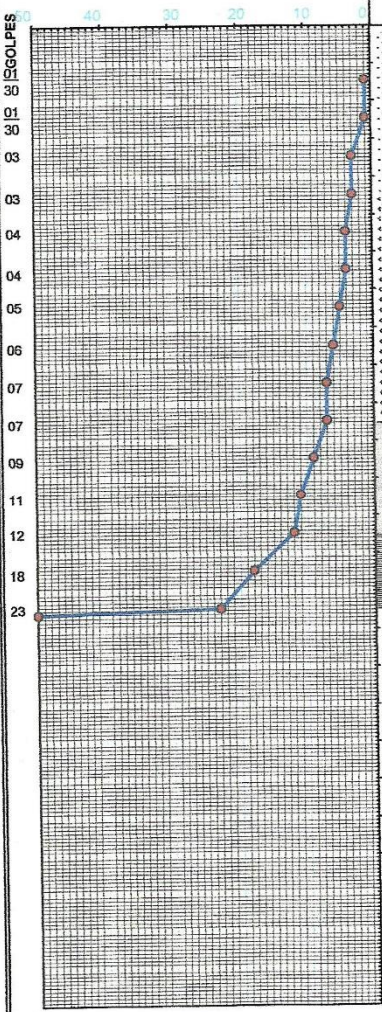
ANEXO J

FUNGEO®

SONDAGEM Nº SPT 01		ESC. 1:100 (M)	DATA: 25/01/10	GERSON A. LORENZI GEOL. CREA 21.283-D 
PENETRAÇÃO DO AMOSTRADOR Nº DE GOLPES 30cm FINAIS		NÚMERO DA AMOSTRAGEM P=63,5mm	COTA/NÍVEL SOLO NÍVEL D'AGUA	CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL
		01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16	100,00 99,00 98,00 97,00 96,00 95,00 94,00 93,00 92,00 91,00 90,00 89,00 88,00 87,00 86,00 85,00 84,00 83,00 82,00	(0,00) ARGILA SILTOSA COR MARROM AVERMELHADA SEM TEXTURA INTERNA CONSISTÊNCIA MOLE À MÉDIA. ----- (10,45) ARGILA TONALIDADE ROXA ALTERAÇÕES COM CORES MESCLADAS CONSISTÊNCIA MÉDIA À RIJA. ----- (16,45) ARGILA TONALIDADE MARROM ALTERAÇÕES COM CORES MESCLADAS PERCOLAÇÕES COM CORES AMARELADAS E ESCURAS CONSISTÊNCIA RIJA. ----- (17,45) LIMITE DE SONDAGEM 17,45 m *N.A. (- 13,20 m) LIMITADA POR ROCHA OU MATAÇÃO
AMOSTRADOR: TIPO RAYMOND-TERZAGHI DIAM. EXTERNO 2" DIAM. INTERNO 1 3/8" * N.A. - NÍVEL D'AGUA : 13,20m DESENHO N. SPT 012510 SPT - NBR - 6484		SOORO MARECHAL C. RONDON PR		
FUNGEO - ESTACAS - SONDAGENS - TUBULÕES - AV. CARLOS GOMES, 711 - FONE / FAX: (45) 3324-6102				

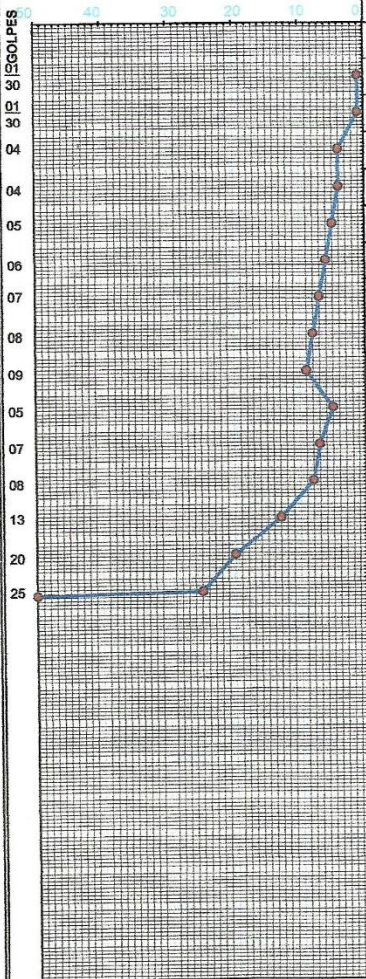
ANEXO K

FUNGEO®

SONDAGEM Nº SPT 02		ESC. 1:100 (M)	DATA: 25/01/10	GERSON A. LORENZI GEOL. CRZA 21.205-D 
PENETRAÇÃO DO AMOSTRADOR Nº DE GOLPES 30cm FINAIS		NÚMERO DA AMOSTRAGEM P=63,5mm	COTA/NÍVEL SOLO NÍVEL D'ÁGUA	CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL
		01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15	100,00 99,00 98,00 97,00 96,00 95,00 94,00 93,00 92,00 91,00 90,00 89,00 88,00 87,00 86,00 85,00 84,00	ARGILA (0,00) COR ESCURA ATERRO CONSISTÊNCIA MUITO MOLE Á MOLE ARGILA SILTOSA (4,45) COR MARROM AVERMELHADA SEM TEXTURA INTERNA CONSISTÊNCIA MOLE Á MÉDIA. ARGILA (10,45) TONALIDADE ROXA ALTERAÇÕES COM CORES MESCLADAS CONSISTÊNCIA MÉDIA Á RIJA. ARGILA (13,45) TONALIDADE MARROM ALTERAÇÕES COM CORES MESCLADAS PERCOLAÇÕES COM CORES AMARELADAS E ESCURAS CONSISTÊNCIA RIJA Á MUITO RIJA. (15,45) LIMITE DE SONDAGEM 15,45 m *N.A. (- 13,40 m) LIMITADA POR ROCHA OU MATAÇÃO
AMOSTRADOR: TIPO RAYMOND-TERZAGHI DIAM. EXTERNO 2" DIAM. INTERNO 1 3/8" * N.A. - NÍVEL D'ÁGUA = 13,40m DESENHO Nº SPT 012510 SPT - NBR - 6484				SOORO MARECHAL C. RONDON PR
FUNGEO - ESTACAS - SONDAGENS - TUBULÕES - AV. CARLOS GOMES, 711 - FONE / FAX: (45) 3324-6102				

ANEXO L

FUNGEO®

SONDAGEM Nº SPT 03		ESC. 1:100 (M)	DATA: 25/01/10	GERSON A. LORENZI GEOL. CREA 71.205-D 
PENETRAÇÃO DO AMOSTRADOR Nº DE GOLPES 30cm FINAIS		NÚMERO DA AMOSTRAGEM P=83,5mm	COTA/NÍVEL SOLO NÍVEL D'ÁGUA	CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL
		01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15	100,00 99,00 98,00 97,00 96,00 95,00 94,00 93,00 92,00 91,00 90,00 89,00 88,00 87,00 86,00 85,00 84,00	(0,00) ARGILA COR ESCURA ATERRO CONSISTÊNCIA MUITO MOLE (3,45) ARGILA SILTOSA COR MARROM AVERMELHADA SEM TEXTURA INTERNA CONSISTÊNCIA MOLE À MÉDIA. (11,45) ARGILA TONALIDADE ROXA ALTERAÇÕES COM CORES MESCLADAS CONSISTÊNCIA MÉDIA (13,45) ARGILA TONALIDADE MARROM ALTERAÇÕES COM CORES MESCLADAS PERCOLAÇÕES COM CORES AMARELADAS E ESCURAS CONSISTÊNCIA RIJA À MUITO RIJA. (15,45) LIMITE DE SONDAGEM 15,45 m *N.A. (- 13,50 m) LIMITADA POR ROCHA OU MATAÇÃO*
AMOSTRADOR: TIPO RAYMOND-TERZAGHI DIAM. EXTERNO 2" DIAM. INTERNO 1 3/8" * N.A. - NÍVEL D'ÁGUA = 13,50m DESENHO N. SPT 012510 SPT - NBR - 6484		SOORO MARECHAL C. RONDON PR		
FUNGEO - ESTACAS - SONDAGENS - TUBULÕES - AV. CARLOS GOMES, 711 - FONE / FAX: (45) 3324-6102				

ANEXO M

SATO CONSTRUÇÕES LTDA - SONDAGENS					Cliente: BASEFORMA ENGº. DE PROJETOS E OBRAS LTDA			
Cascavel – PR Fone (045) 3225 3477					Obra: SILO			
					Local: RODOVIA BR 163			
Nível de Água	Cota em Relação ao R. N.	Nº de Golpes			Consistência ou Capacidade	Amostra	Profundidade das Camadas	Classificação do Material
		1ª	2ª	2ª 3ª				
		30	30					
17/12/16 9:00h 8,20m		5	4	Mole	1	1,00	Argila siltosa de coloração marron avermelhada.	
		7	8	Média	2	2,00		
		2	2	Muito mole	3	3,00		
		8	8	Média	4	4,00		
		8	9	“	5	5,00		
		8	9	“	6	6,00		
		9	13	Rija	7	7,00		
		8	11	“	8	8,00		
		10	14	“	9	9,00		
		Lav.			10	10,00		

					Alteração da cor da argila p/roxa com veios pretos e amarelos .6,00m			

					Impenetrável a percussão Provável laje de pedra 10,00ml.			

COTAS					REVESTIMENTO:			SONDAGEM Nº: 31/2016.
R. N. : 100.00					Diam. 2" 1/2			FURO: 01
FURO:					BARRILETE AMOSTRADOR			ESCALA: s/escala
INICIO: 16/12/2016					Diam. Ext.: 50,80 mm			OPERADOR:
TERMINO: 16/12/2016					Diam. Ext.: 34,40 mm			ENG. RESP.:
								FLS Nº: 03

Cascavel PR, 19 de dezembro de 2016.

ANEXO N

SATO CONSTRUÇÕES LTDA - SONDAGENS					Cliente: BASEFORMA ENGª. DE PROJETOS E OBRAS LTDA		
Cascavel – PR Fone (045) 3225 3477					Obra: SILO		
					Local: RODOVIA BR 163		
Nível de Água	Cota em Relação ao R. N.	Nº de Golpes		Consistência ou Capacidade	Amostra	Profundidade das Camadas	Classificação do Material
		1ª	2ª 3ª				
		30	30				
17/12/16 9:00h 8,20m		5	4	Mole	1	1,00	Argila siltosa de coloração marron avermelhada.
		7	8	Média	2	2,00	
		2	2	Muito mole	3	3,00	
		8	8	Média	4	4,00	
		8	9	“	5	5,00	
		8	9	“	6	6,00	
		9	13	Rija	7	7,00	----- Alteração da cor da argila p/roxa com veios pretos e amarelos .6,00m ----- Impenetrável a percussão Provável laje de pedra 10,00ml.
		8	11	“	8	8,00	
		10	14	“	9	9,00	
		Lav.			10	10,00	
COTAS		REVESTIMENTO:					SONDAGEM Nº: 31/2016.
R. N. : 100.00		Diam. 2" 1/2					FURO: 01
FURO:		BARRILETE AMOSTRADOR					ESCALA: s/escala
INICIO: 16/12/2016		Diam. Ext.: 50,80 mm					OPERADOR:
TERMINO: 16/12/2016		Diam. Ext.: 34,40 mm					ENG. RESP.:
							FLS Nº: 03

Cascavel PR, 19 de dezembro de 2016.

ANEXO O

SATO CONSTRUÇÕES LTDA - SONDAgens Cascavel - PR Fone (045) 3225 3477					Cliente: BASEFORMA ENG. DE PROJETOS E OBRAS LTDA Obra: SILO Local: RODOVIA BR 163			
Nível de Água	Cota em Relação ao R. N.	Nº de Golpes			Consistência ou Capacidade	Amostra	Profundidade das Camadas	Classificação do Material
		1ª	2ª	3ª				
		30	30					
17/12/16		4	4	Mole	1	1,00	Argila siltosa de coloração marron avermelhada. ----- Alteração da cor da argila p/roxa com veios pretos e amarelos 5,00m ----- Impenetrável a percussão Provável laje de pedra 7,00ml.	
		4	5	"	2	2,00		
N.F.E.		12	16	Rija	3	3,00		
		5	6	Média	4	4,00		
		7	9	"	5	5,00		
		12	16	Rija	6	6,00		
		Lav.			7	7,00		
COTAS R. N. : 100,00 FURO: INICIO: 16/12/2016 TERMINO: 16/12/2016		REVESTIMENTO: Diam. 2" 1/2 BARRILETE AMOSTRADOR Diam. Ext.: 50,80 mm Diam. Ext.: 34,40 mm					SONDAGEM Nº: 31/2016. FURO: 03 ESCALA: s/escala OPERADOR: ENG. RESP.: FLS Nº: 05	

Cascavel PR, 19 de dezembro de 2016.

ANEXO P

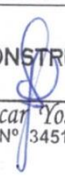
[illegible]

ANEXO Q

SATO CONSTRUÇÕES LTDA - SONDAGENS					Cliente: ASSEAMAL		
Cascavel – PR Fone (045) 3225 3477					Obra: PRÉDIO		
					Local: AV. MARIPÁ, Nº. 865 MAL.C. RONDON - PR.		
Nível de Água	Cota em Relação ao R. N.	Nº de Golpes		Consistência ou Capacidade	Amostra	Profundidade das Camadas	Classificação do Material
		1ª	2ª				
		30	30				
14/07/17 9:15h 12,50m		4	5	Mole	1	1,00	Argila siltosa de coloração marrom avermelhada.
		4	4	”	2	2,00	
		5	6	Média	3	3,00	
		6	7	“	4	4,00	
		6	6	“	5	5,00	
		4	5	Mole	6	6,00	
		4	5	“	7	7,00	
		4	5	“	8	8,00	
		5	6	Média	9	9,00	
		5	7	“	10	10,00	
		6	7	“	11	11,00	
		7	8	“	12	12,00	
		7	10	“	13	13,00	
		10	16	Rija	14	14,00	
		12	17	“	15	15,00	
		13	19	“	16	16,00	
COTAS		REVESTIMENTO:					SONDAGEM Nº: 11/2017. FURO: 02 ESCALA: s/escala OPERADOR: ENG. RESP.: FLS Nº: 04
R. N. : 100.00		Diam. 2” 1/2					
FURO:		BARRILETE AMOSTRADOR					
INICIO: 13/07/2017		Diam. Ext.: 50,80 m18m					
TERMINO: 13/07/2017		Diam. Ext.: 34,40 mm19					

Cascavel PR, 17 de julho de 2017.

SATO CONSTRUÇÕES LTDA


 Eng. Oscar Yoshimasa Sato
 CREA Nº 3451-D 7ª Região

ANEXO R

SATO CONSTRUÇÕES LTDA - SONDAGENS					Cliente: ASSEAMAL		
Cascavel – PR Fone (045) 3225 3477					Obra: PRÉDIO		
					Local: AV. MARIPÁ, N°. 865 MAL.C. RONDON - PR.		
Nível de Água	Cota em Relação ao R. N.	Nº de Golpes		Consistência ou Capacidade	Amostra	Profundidade das Camadas	Classificação do Material
		1ª	2ª				
		30	30				
14/07/17 9:00h 12,50m		2	2	Muito mole	1	1,00	Argila siltosa de coloração marrom avermelhada.
		3	4	Mole	2	2,00	
		5	6	Média	3	3,00	
		4	5	Mole	4	4,00	
		4	5	“	5	5,00	
		4	5	“	6	6,00	
		4	4	“	7	7,00	
		4	4	“	8	8,00	
		4	5	“	9	9,00	
		5	6	Média	10	10,00	
		5	7	“	11	11,00	
		7	8	“	12	12,00	
		7	10	“	13	13,00	
		10	15	Rija	14	14,00	----- Alteração da cor da argila p/roxa com veios amarelos, cinza e pretos. 13,00m -----
		11	16	“	15	15,00	
		13	19	“	16	16,00	
COTAS		REVESTIMENTO:					SONDAGEM Nº: 11/2017. FURO: 01 ESCALA: s/escala OPERADOR: ENG. RESP.: FLS Nº: 03
R. N. : 100.00		Diam. 2” 1/2					
FURO:		BARRILETE AMOSTRADOR					
INICIO: 13/07/2017		Diam. Ext.: 50,80 mm18m					
TERMINO: 13/07/2017		Diam. Ext.: 34,40 mm19					

Cascavel PR, 17 de julho de 2017.

SATO CONSTRUÇÕES LTDA


 Eng. Oscar Yoshimasa Sato
 CREA Nº 3451-D 7ª Região

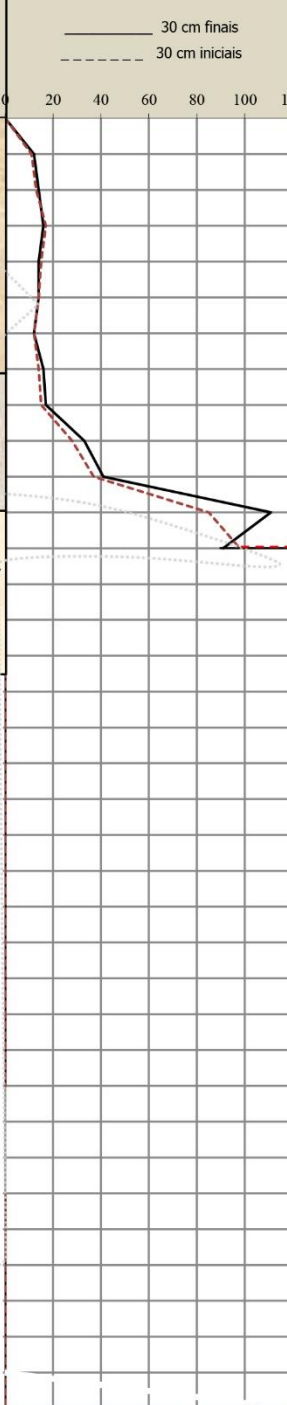
ANEXO S

		FUNDAÇÕES E GEOLOGIA LTDA fungeo@fungeo.com.br (45) 3324-6102		Cliente: AGRÍCOLA HORIZONTE LTDA. Obra: FECULARIA HORIZONTE Local: MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PR	
FUNDAÇÕES E GEOLOGIA					
Relatório de Sondagem Nº 060717					
Revestimento (m) 1,00		Processo de Perfuração T.H.		N.A. Final (m)	
Nº de golpes/ penetração 0 0 0 0		Índice SPT finais/30cm 5 6 4 10		Amostras 0 1 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	
Prof. Camadas (m)		Cota relação R.N. Furo SPT 04 Cota Inicial 95,050 Cota Final 93,050 SPT - Standart Penetration Test Camadas - Classificação dos solos		30 cm finais 30 cm iniciais 10	
N.A. NÃO ENCONTRADO		ARGILA (ALTERAÇÃO DE ROCHA AMIGDALÓIDE), TONALIDADE ROXA, CONSISTÊNCIA MÉDIA. 2,00		N.A.: NÃO ENCONTRADO SONDAGEM LIMITADA POR ROCHA OU MATAÇÃO, NA LAVAGEM: 2,00m.	
FUROS DE CONFIRMAÇÃO:		SPT 04-A SONDAGEM LIMITADA POR ROCHA OU MATAÇÃO, NA LAVAGEM: 1,80m. N.A.: NÃO ENCONTRADO		SPT 04-B SONDAGEM LIMITADA POR ROCHA OU MATAÇÃO, NA LAVAGEM: 2,00m. N.A.: NÃO ENCONTRADO	
Trado Helicoidal (T.H.) Circulação d'água (C.A.) N.A. Inicial: 1,90m. N.A. Final: NÃO ENCONTRADO		Amostrador Ø Interno 1 3/8" Ø Externo 2"		Revestimento Ø 2 1/2" Peso 65,0 kg Altura de queda 75,0 cm	
Digitador: Helton E. Machado		Geólogo: Gerson A. Lorenzi - CREA-PR 21.205-D		Data de execução Início: 08/06/2017 Término: 08/06/2017	
MATRIZ: CASCAVEL - Av. Carlos Gomes, 711, Bairro Faculdade - CEP: 85.819-350 - www.fungeo.com.br - fungeo@fungeo.com.br					

ANEXO T

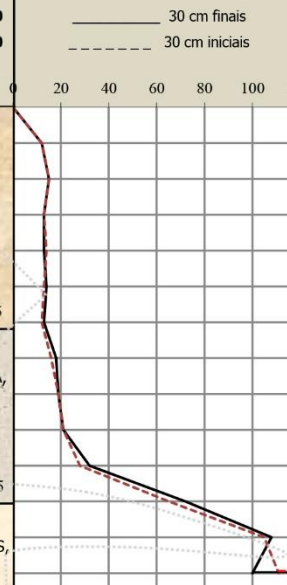
 FUNDAÇÕES E GEOLOGIA LTDA fungeo@fungeo.com.br (45) 3324-6102						Cliente: ANDRÉ DE LIMA MUNHOZ Obra: EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL Local: MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PR													
Relatório de Sondagem N° 083017																			
Cota relação R.N.																			
Furo SPT 02		Cota Inicial	100,420																
		Cota Final	87,970																
SPT - Standart Penetration Test																			
Camadas - Classificação dos solos																			
Revestimento (m)	Processo de Perfuração	N.A. Final (m)	Nº de golpes / penetração				Índice SPT finais/30cm	Amostrador	Prof. Camadas (m)	_____ 30 cm finais ----- 30 cm iniciais									
1,00	T.H.		0	0	0	0	0	0	ARGILA COM CARACTERÍSTICA DE ATERRO, TONALIDADE MARROM AVERMELHADA, CONSISTÊNCIA MÉDIA. 2,45 ARGILA A ARGILA SILTOSA, COR MARROM AVERMELHADA, SEM TEXTURA INTERNA, CONSISTÊNCIA MÉDIA A RIJA. 9,45 ARGILA SILTOSA, TONALIDADE ROXA, ALTERAÇÕES AMARELADAS E ESBRANQUIÇADAS, PERCOLAÇÕES EM FORMA DE FEIXES COM CORES MESCLADAS, CONSISTÊNCIA RIJA A DURA. Intercalação com a camada marrom marrom avermelhada em 9,45m e 10,45m. 12,45 N.A. NÃO ENCONTRADO SONDAGEM LIMITADA: 12,45m.										
			5	4	4	8	1												
			5	4	5	9	2												
			6	5	5	10	3												
			8	8	8	16	4												
			5	5	5	10	5												
			5	5	5	10	6												
			6	6	6	12	7												
			6	6	5	11	8												
			6	5	6	11	9												
			6	8	8	16	10												
			11	10	12	22	11												
			19	23	27	50	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												
Trado Helicoidal (T.H.) Circulação d'água (C.A.) N.A. Inicial: 5,10m. N.A. Final: NÃO ENCONTRADO								Amostrador Ø Interno 1 3/8" Ø Externo 2"				Revestimento Ø 2 1/2" Peso 65,0 kg Altura de queda 75,0 cm				Data de execução Início: 30/08/2017 Término: 30/08/2017			
Digitador: Helton E. Machado								Geólogo: Gerson A. Lorenzi - CREA-PR 21.205-D											
MATRIZ: CASCAVEL - Av. Carlos Gomes, 711, Bairro Faculdade - CEP: 85.819-350 - www.fungeo.com.br - fungeo@fungeo.com.br																			

ANEXO U

 FUNDAÇÕES E GEOLOGIA LTDA fungeo@fungeo.com.br (45) 3324-6102		Cliente: DOMICILIARE EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS LTDA. Obra: EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL/COMERCIAL Local: MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PR						
Relatório de Sondagem Nº 041717		Cota relação R.N. Furo SPT 01 Cota Inicial 96,400 Cota Final 84,070 SPT - Standart Penetration Test Camadas - Classificação dos solos						
Revestimento (m)	Processo de Perfuração	N.A. Final (m)	Nº de golpes/ penetração	Índice SPT finais/30cm	Amostras	Prof. Camadas (m)		
1,00	T.H.		0	0	0	0	ARGILA, COR MARROM AVERMELHADA, CONSISTÊNCIA RIJA. Intercalação com uma camada de argila siltosa de tonalidade amarelada em 5,45m e com a camada de tonalidade roxa em 6,45m. 7,45	
	Perf. C.A.		5	6	6	12		1
			6	7	7	14		2
			8	9	7	16		3
			8	7	7	14		4
			7	7	7	14		5
			6	6	6	12		6
			6	8	8	16		7
			7	8	9	17		8
			12	16	17	33		9
			18	19	22	41		10
			30	55	56	111		11
			45	53	38/03	91/18		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		
Trado Helicoidal (T.H.) Circulação d'água (C.A.) N.A. Inicial: 1,20m. N.A. Final: 9,00m.		Amostrador Ø Interno 1 3/8" Ø Externo 2"		Revestimento Ø 2 1/2" Peso 65,0 kg Altura de queda 75,0 cm		Data de execução Início: 17/04/2017 Término: 18/04/2017		
Digitador: Helton E. Machado		Geólogo: Gerson A. Lorenzi - CREA-PR 21.205-D						

MATRIZ: CASCAVEL - Av. Carlos Gomes, 711, Bairro Faculdade - CEP: 85.819-350 - www.fungeo.com.br - fungeo@fungeo.com.br

ANEXO V

 FUNDAÇÕES E GEOLOGIA LTDA fungeo@fungeo.com.br (45) 3324-6102		Cliente: DOMICILIARE EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS LTDA. Obra: EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL/COMERCIAL Local: MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PR					
Revestimento (m)	Processo de Perfuração	N.A. Final (m)	Nº de golpes/ penetração	Índice SPT finais/30cm	Amostras	Prof. Camadas (m)	Relatório de Sondagem Nº 041717
1,00	T.H.		0	0	0	0	Cota relação R.N. Furo SPT 02 Cota Inicial 96,200 Cota Final 82,850 SPT - Standart Penetration Test Camadas - Classificação dos solos
	Perf. C.A.	10,00	6	6	12	1	
		8	7	8	15	2	
		7	6	7	13	3	
		7	7	6	13	4	
		7	6	8	14	5	
		6	6	7	13	6	
		8	8	10	18	7	
		10	9	10	19	8	
		11	10	11	21	9	
		13	15	17	32	10	
		30	35	37	72	11	
		50	55	53	108	12	
		51	60	40/05	100/20	13	
					14	13,35	ARGILA, COR MARROM AVERMELHADA, CONSISTÊNCIA RIJA. Intercalação com uma camada de argila siltosa de tonalidade amarelada em 5,45m.
					15		ARGILA A ARGILA SILTOSA, TONALIDADE ROXA, ALTERAÇÕES PONTUAIS ESBRANQUIÇADAS, PERCOLAÇÕES EM FORMA DE FEIXES COM CORES MESCLADAS, CONSISTÊNCIA RIJA A DURA.
					16		ARGILA SILTOSA, TONALIDADE ROXA CLARA, ALTERAÇÕES AMARELADAS E ESBRANQUIÇADAS, PERCOLAÇÕES COM CORES MESCLADAS, CONSISTÊNCIA DURA. Ocorrência de grânulos de rocha alterada em 13,45m.
					17		
					18		
					19		
					20		
					21		
					22		
					23		
					24		
					25		
					26		
					27		
					28		
					29		
					30		
					31		
					32		
					33		
					34		
					35		
					36		
					37		
Trado Helicoidal (T.H.) Circulação d'água (C.A.) N.A. Inicial: 3,00m. N.A. Final: 10,00m.			Amostrador Revestimento Ø 2 1/2" Ø Interno 1 3/8" Peso 65,0 kg Ø Externo 2" Altura de queda 75,0 cm			Data de execução Início: 18/04/2017 Término: 18/04/2017	
Digitador: Helton E. Machado			Geólogo: Gerson A. Lorenzi - CREA-PR 21.205-D				

MATRIZ: CASCAVEL - Av. Carlos Gomes, 711, Bairro Faculdade - CEP: 85.819-350 - www.fungeo.com.br - fungeo@fungeo.com.br

ANEXO X

		FUNDAÇÕES E GEOLOGIA LTDA fungeo@fungeo.com.br (45) 3324-6102		Cliente: DOMICILIARE EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS LTDA. Obra: EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL/COMERCIAL Local: MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PR																					
FUNDAÇÕES E GEOLOGIA																									
Relatório de Sondagem Nº 041717 <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Cota relação R.N.</th> <th rowspan="2">30 cm finais 30 cm iniciais</th> </tr> <tr> <th>Furo SPT 03</th> <th>Cota Inicial 96,250 Cota Final 83,800</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2">SPT - Standart Penetration Test</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Camadas - Classificação dos solos</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2"> ARGILA, COR MARROM AVERMELHADA, CONSISTÊNCIA MÉDIA A RIJA. Intercalação com a camada de tonalidade roxa em 4,45m. </td> <td> </td> </tr> <tr> <td colspan="2"> ARGILA A ARGILA SILTOSA, TONALIDADE ROXA, ALTERAÇÕES AMARELADAS E PONTUAIS ESBRANQUIÇADAS, PERCOLAÇÕES EM FORMA DE FEIXES COM CORES MESCLADAS, CONSISTÊNCIA RIJA A DURA. </td> <td> </td> </tr> <tr> <td colspan="2"> NÍVEL D'ÁGUA: 9,70m. SONDAAGEM LIMITADA POR ROCHA OU MATAÇÃO, NA LAVAGEM: 12,45m. </td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						Cota relação R.N.		30 cm finais 30 cm iniciais	Furo SPT 03	Cota Inicial 96,250 Cota Final 83,800	SPT - Standart Penetration Test			Camadas - Classificação dos solos			ARGILA, COR MARROM AVERMELHADA, CONSISTÊNCIA MÉDIA A RIJA. Intercalação com a camada de tonalidade roxa em 4,45m.			ARGILA A ARGILA SILTOSA, TONALIDADE ROXA, ALTERAÇÕES AMARELADAS E PONTUAIS ESBRANQUIÇADAS, PERCOLAÇÕES EM FORMA DE FEIXES COM CORES MESCLADAS, CONSISTÊNCIA RIJA A DURA.			NÍVEL D'ÁGUA: 9,70m. SONDAAGEM LIMITADA POR ROCHA OU MATAÇÃO, NA LAVAGEM: 12,45m.		
Cota relação R.N.		30 cm finais 30 cm iniciais																							
Furo SPT 03	Cota Inicial 96,250 Cota Final 83,800																								
SPT - Standart Penetration Test																									
Camadas - Classificação dos solos																									
ARGILA, COR MARROM AVERMELHADA, CONSISTÊNCIA MÉDIA A RIJA. Intercalação com a camada de tonalidade roxa em 4,45m.																									
ARGILA A ARGILA SILTOSA, TONALIDADE ROXA, ALTERAÇÕES AMARELADAS E PONTUAIS ESBRANQUIÇADAS, PERCOLAÇÕES EM FORMA DE FEIXES COM CORES MESCLADAS, CONSISTÊNCIA RIJA A DURA.																									
NÍVEL D'ÁGUA: 9,70m. SONDAAGEM LIMITADA POR ROCHA OU MATAÇÃO, NA LAVAGEM: 12,45m.																									
Trado Helicoidal (T.H.) Circulação d'água (C.A.) N.A. Inicial: 3,60m. N.A. Final: 9,70m.		Amostrador Ø Interno 1 3/8" Ø Externo 2"		Revestimento Ø 2 1/2" Peso 65,0 kg Altura de queda 75,0 cm																					
Data de execução Início: 18/04/2017 Término: 18/04/2017		Digitador: Helton E. Machado		Geólogo: Gerson A. Lorenzi - CREA-PR 21.205-D																					

MATRIZ: CASCAVEL - Av. Carlos Gomes, 711, Bairro Faculdade - CEP: 85.819-350 - www.fungeo.com.br - fungeo@fungeo.com.br

ANEXO Y

 FUNDAÇÕES E GEOLOGIA LTDA fungeo@fungeo.com.br (45) 3324-6102						Cliente: DOMICILIARE EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS LTDA. Obra: EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL/COMERCIAL Local: MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PR														
FUNDAÇÕES E GEOLOGIA																				
Revestimento (m)		Processo de Perfuração		N.A. Final (m)	Nº de golpes / penetração		Índice SPT finais/30cm		Amostrador		Prof. Camadas (m)		Relatório de Sondagem				Nº 041717			
1,00		T.H.		10,00	Perf. C.A.								Cota relação R.N. Furo SPT 04 Cota Inicial 96,150 Cota Final 82,800 SPT - Standart Penetration Test Camadas - Classificação dos solos				_____ 30 cm finais ----- 30 cm iniciais			
					0		0		0		0		ARGILA, COR MARROM AVERMELHADA, CONSISTÊNCIA RIJA. Intercalação com a camada de tonalidade roxa e ocorrência de grânulos de quartzo em 5,45m. 6,45 ARGILA A ARGILA SILTOSA, TONALIDADE ROXA, ALTERAÇÕES AMARELADAS E PONTUAIS ESBRANQUIÇADAS, PERCOLAÇÕES EM FORMA DE FEIXES COM CORES MESCLADAS, CONSISTÊNCIA RIJA A DURA. 12,45 ARGILA SILTOSA, TONALIDADE ROXA CLARA, ALTERAÇÕES AMARELADAS E ESBRANQUIÇADAS, PERCOLAÇÕES COM CORES MESCLADAS OCASIONALMENTE EM FORMA DE FEIXES, CONSISTÊNCIA DURA. 13,35 NÍVEL D'ÁGUA: 10,00m. SONDAGEM LIMITADA POR ROCHA OU MATAÇÃO, NA LAVAGEM: 13,35m.							
					5		5		6		11				1					
					6		5		6		11				2					
					8		8		7		15				3					
					8		7		6		13				4					
					6		6		6		12				5					
					8		8		10		18				6					
					10		11		12		23				7					
					14		16		20		36				8					
					22		24		26		50				9					
					28		32		34		66				10					
					24		55		50		105				11					
					51		45		52		97				12					
					55		50		39/05		89/20				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								
Trado Helicoidal (T.H.) Circulação d'água (C.A.) N.A. Inicial: 1,70m. N.A. Final: 10,00m.					Amostrador Ø Interno 1 3/8" Ø Externo 2"					Revestimento Ø 2 1/2" Peso 65,0 kg Altura de queda 75,0 cm					Data de execução Início: 19/04/2017 Término: 19/04/2017					
Digitador: Helton E. Machado					Geólogo: Gerson A. Lorenzi - CREA-PR 21.205-D															
MATRIZ: CASCAVEL - Av. Carlos Gomes, 711, Bairro Faculdade - CEP: 85.819-350 - www.fungeo.com.br - fungeo@fungeo.com.br																				

ANEXO Z

SATO CONSTRUÇÕES LTDA - SONDAGENS Cascavel - PR Fone (45) 3225 3477					Cliente: CONDOMÍNIO STUTTGART Obra: PRÉDIO Local: RUA COLOMBO Nº. 996 - CENTRO - MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PR.		
Nível de Água	Cota em Relação ao R.N.	Nº de Golpes		Consistência ou capacidade	Amostra	Profundidade das camadas	Classificação do Material
		1ª 2ª	2ª 3ª				
		30	30				
03/05/18 7:35h 12,20m		5	6	Média	1	1,00	Argila siltosa marrom avermelhada.
		6	6	Média	2	2,00	
		6	7	Média	3	3,00	
		3	2	Muito mole	4	4,00	Alteração da cor da argila para roxa com veios amarelos e cinza 9,50m
		5	6	Média	5	5,00	
		6	7	Média	6	6,00	
		6	7	Média	7	7,00	
		7	8	Média	8	8,00	
		5	4	Mole	9	9,00	
		4	4	Mole	10	10,00	
		5	6	Média	11	11,00	
		4	5	Mole	12	12,00	
		8	14	Rija	13	13,00	
		11	18	Rija	14	14,00	
		17	26	Dura	15	15,00	
		18	29	Dura	16	16,00	
		23	37	Dura	17	17,00	
		26	42	Dura	18	18,00	Limite de sondagem 18,00m Revestimento 5,00m
COTAS		REVESTIMENTO:					FURO: 01
R.N.: 100.00		Diam. 2" 1/2					ESCALA: s/ escala
FURO:		BARRILETE AMOSTRADOR					OPERADOR:
INÍCIO: 02/05/2018		Diam. Ext.: 50, 80 mm					ENG. RESP.:
TÉRMINO: 02/05/2018		Diam. Ext.: 34, 40 mm					FLS Nº: 03

Cascavel PR, 04 de maio de 2018.

ANEXO W

SATO CONSTRUÇÕES LTDA - SONDAGENS Cascavel - PR Fone (45) 3225 3477					Cliente: CONDOMÍNIO STUTTGART Obra: PRÉDIO Local: RUA COLOMBO Nº. 996, CENTRO - MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PR.		
Nível de Água	Cota em Relação ao R.N.	Nº de Golpes		Consistência ou capacidade	Amostra	Profundidade das camadas	Classificação do Material
		1ª 2ª	2ª 3ª				
		30	30				
03/05/18 7:40h 12,30m		5	4	Mole	1	1,00	Argila siltosa marrom avermelhada.
		3	2	Muito mole	2	2,00	
		5	6	Média	3	3,00	
		6	7	Média	4	4,00	Alteração da cor da argila para roxa com veios cinza.
		5	6	Média	5	5,00	
		6	7	Média	6	6,00	
		6	7	Média	7	7,00	
		7	8	Média	8	8,00	
		6	6	Média	9	9,00	
		6	6	Média	10	10,00	
		6	7	Média	11	11,00	
		7	8	Média	12	12,00	
		10	15	Rija	13	13,00	Alteração da cor da argila para roxa com veios amarelos,cinza e pretos.
		15	23	Dura	14	14,00	
		20	30	Dura	15	15,00	
							Limite de sondagem 15,00m Revestimento 5,00m
COTAS		REVESTIMENTO:					
R.N.: 100,00		Diam. 2" 1/2					ESCALA: s/ escala
FURO:		BARRILETE AMOSTRADOR					OPERADOR:
INÍCIO: 02/05/2018		Diam. Ext.: 50, 80 mm					ENG. RESP.:
TÉRMINO: 02/05/2018		Diam. Ext.: 34, 40 mm					FLS Nº: 04

Cascavel PR, 04 de maio de 2018.

ANEXO AA

SATO CONSTRUÇÕES LTDA - SONDAGENS Cascavel - PR Fone (45) 3225 3477					Cliente: CONDOMÍNIO STUTTGART Obra: PRÉDIO Local: RUA COLOMBO Nº. 996, CENTRO - MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PR.		
Nível de Água	Cota em Relação ao R.N.	Nº de Golpes		Consistência ou capacidade	Amostra	Profundidade das camadas	Classificação do Material
		1ª 2ª	2ª 3ª				
04/05/18 8:00h 12,30m		30	30				
		4	4	Mole	1	1,00	Argila siltosa marrom avermelhada.
		4	5	Mole	2	2,00	
	4	5	Mole	3	3,00		
		5	6	Média	4	4,00	Alteração da cor da argila para roxa com veios cinza.
		6	6	Média	5	5,00	
		6	7	Média	6	6,00	
		7	8	Média	7	7,00	
		7	8	Média	8	8,00	
		7	8	Média	9	9,00	
		8	9	Média	10	10,00	
		10	13	Rija	11	11,00	
		10	14	Rija	12	12,00	
		12	17	Rija	13	13,00	
		14	19	Rija	14	14,00	Alteração da cor da argila para roxa com veios pretos e amarelos.
		15	23	Dura	15	15,00	
							Limite de sondagem 15,00m Revestimento 5,00m
COTAS		REVESTIMENTO:					FURO: 03
R.N.: 100,00		Diam. 2" 1/2					ESCALA: s/ escala
FURO:		BARRILETE AMOSTRADOR					OPERADOR:
INÍCIO: 03/05/2018		Diam. Ext.: 50, 80 mm					ENG. RESP.:
TÉRMINO: 03/05/2018		Diam. Ext.: 34, 40 mm					FLS Nº: 05

Cascavel PR, 04 de maio de 2018.