



**Centro Universitário de Brasília - UniCEUB**  
**Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais**  
**Aplicadas – FATECS**  
**Curso: Engenharia Civil**

**KARINNE HAYSSA MARQUES SILVA**

**ESPACIALIZAÇÃO DO SUBSOLO DE UM EMPREENDIMENTO RESIDENCIAL  
LOCALIZADO EM BRASÍLIA COM A UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE ROCKWORKS**

**Brasília**  
**2019**

**KARINNE HAYSSA MARQUES SILVA**

**ESPACIALIZAÇÃO DO SUBSOLO DE UM EMPREENDIMENTO RESIDENCIAL  
LOCALIZADO EM BRASÍLIA COM A UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE ROCKWORKS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas – FATECS do Centro Universitário de Brasília-UniCEUB como parte dos requisitos para a obtenção de título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Profa. MSc Gabriela de A. D. Bahia

**Brasília  
2019**

**KARINNE HAYSSA MARQUES SILVA**

**ESPACIALIZAÇÃO DO SUBSOLO DE UM EMPREENDIMENTO RESIDENCIAL  
LOCALIZADO EM BRASÍLIA COM A UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE ROCKWORKS**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Faculdade de Tecnologia e  
Ciências Sociais Aplicadas – FATECS do  
Centro Universitário de Brasília-UniCEUB  
como parte dos requisitos para a obtenção  
de título de Bacharel em Engenharia Civil.

**Brasília, 08 de Julho 2019.**

**Banca Examinadora**

---

**Profa. MSc Gabriela de A. D. Bahia**  
**Orientadora**  
**Centro Universitário de Brasília - UniCEUB**

---

**Profa. MSc Erika Regina Costa Castro**  
**Examinadora Interna**  
**Centro Universitário de Brasília - UniCEUB**

---

**Prof. MSc Vinícius Resende Domingues**  
**Examinador Externo**  
**Engenheiro Civil**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelo dom da vida e por ter me dado saúde, força e coragem durante toda essa caminhada.

Aos meus Pais, Deivison Márcio Silva e Rita Francisca Marques pelo ensinamento, amor, carinho e paciência, por depositarem em mim confiança e por não medirem esforços para que eu pudesse ter a oportunidade de estudar fora.

Ao meu irmão Kauan Marques Silva pelo apoio de sempre.

Aos meus avós, em especial ao meu avô Vicente Ribeiro, que infelizmente não está mais entre nós, mas que sempre me apoiou e partilhava comigo desse sonho.

A minha prima/irmã Danyanne por todo apoio.

Aos meus tios (as) e primos (as) que sempre me deram total apoio e fizeram de tudo para me ajudar durante esses anos longe de casa.

Ao meu futuro marido, Omar Balbino, pelo companheirismo, amor e dedicação de todos os dias.

As minhas amigas, Ângela, Émilla, Larissa, Letícia, Kárita, Kirla, Mayra e Yullia pela companhia em dias de estudo e amizade.

A minha orientadora Gabriela de A. D. Bahia, pela constante ajuda e orientação nesse trabalho, e contribuição fundamental na minha formação ao longo desses anos.

A professora Erika Regina por todo incentivo, ensinamento e por partilhar de seus conhecimentos ao longo dessa graduação.

Ao Engenheiro Civil Vinícius Resende Domingues por aceitar participar da banca avaliadora, o meu muito obrigado.

Por fim, agradeço a todos os professores, colegas e coordenadores no Uniceub que direta ou indiretamente, participaram da realização desse projeto.

*“Mas pra quem tem pensamento forte o impossível é só questão de opinião.”*

*(Alexandre Magno Abrão)*

## RESUMO

A necessidade do conhecimento das características do subsolo vem crescendo gradativamente em obras da engenharia civil, exigindo assim informações cada vez mais confiáveis para o planejamento de um empreendimento. O ensaio de simples reconhecimento dos solos (SPT) é extremamente importante para identificar essas características. A cidade de Brasília, apesar de ter pouca idade e ser uma cidade planejada, apresenta solos problemáticos, sendo sua estrutura porosa e colapsível, de forma que em quase toda a área urbana ocorre uma camada superficial de argila com baixa capacidade de suporte. O conhecimento da espacialização do subsolo utilizando a ferramenta computacional *Rockworks 16* é capaz de fornecer em tempo hábil uma forma mais facilitada de visualização das camadas e parâmetros do solo, permitindo que as obras subterrâneas sejam dimensionadas e locadas de modo a garantir menor custo e tempo de execução. No presente trabalho é demonstrado graficamente e analiticamente como o programa pode colaborar com o projeto geotécnico de fundações em um estudo de caso apresentando um subsolo complexo localizado no Gama/DF. Como resultados obtiveram-se: mapas de locação dos furos de sondagens, mapas volumétricos de camadas de solos 2D e 3D, mapas volumétricos de níveis interpolados de  $N_{spt}$  2D e 3D e mapas volumétricos 3D com a indicação de aquíferos. A análise desse estudo de caso comprovou que o *software Rockworks 16* oferece a inserção de uma interpretação aprimorada ao dia a dia do engenheiro geotécnico, pois facilita processos de modelagem rapidamente e é capaz de apresentar um subsolo em representações simplificadas com dados de estratigrafia e de valores pontuais numéricos.

**Palavras-chave:** SPT, Espacialização, Rockworks.

## ABSTRACT

The need to know the characteristics of the subsoil has been growing gradually in civil engineering works, thus requiring increasingly reliable information for the planning of an enterprise. The soil simple recognition test (SPT) is extremely important to identify these characteristics. The city of Brasilia, despite of being a young and planned city, presents problematic soils, with porous and collapsible structures, so that in almost all of the urban areas there is a superficial layer of clay with low capacity of support. The knowledge of subsoil spatialization using the Rockworks 16 computational tool is able to provide, in a timely manner, an easier way of visualizing the layers and parameters of the ground, allowing underground works to be dimensioned and leased in order to guarantee low costs and a short time of execution. In the present work, it is graphically and analytically demonstrated how such a program can collaborate with the geotechnical project of foundations in a case study presenting a complex subsoil, located in the Gama / DF. The obtained results show: location maps of drilling holes, volumetric maps of 2D and 3D layers of soils, volumetric maps of interpolated  $N_{spt}$  2D and 3D levels, and 3D volumetric maps with the indication of aquifers. The analysis of this case study proved that the Rockworks 16 software offers the insertion of an improved interpretation to the geotechnical engineer's daily life, since it quickly facilitates modeling processes, and is able to present a substrate in simplified representations with data of stratigraphy and numerical values punctuations.

**Palavras-chave:** SPT, Spatialization, Rockworks.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ilustração do ensaio SPT .....	20
Figura 2 - Dimensões em milímetros de parte do amostrador Raymond mostrando a cabeça e sapata .....	21
Figura 3 - Exemplo do procedimento de perfuração do SPT .....	22
Figura 4 - Localização das sondagens.....	24
Figura 5 - Esquema de funcionamento da sondagem rotativa .....	26
Figura 6 - (a) Barrilete simples, (b) Barrilete duplo, (c) Barrilete duplo giratório.....	27
Figura 7- Relatório de sondagem mista .....	28
Figura 8 - Vista geral do empreendimento localizado próximo a Brasília.....	31
Figura 9 - Vista geral do empreendimento localizado próximo a DF-483.....	32
Figura 10 - Coordenadas do empreendimento localizado próximo a DF-483 .....	33
Figura 11 - Posição dos furos de sondagem.....	34
Figura 12 - Locação dos furos de sondagem no <i>Rockworks 16</i> .....	37
Figura 13 - Legenda estratigráfica no <i>Rockworks 16</i> .....	38
Figura 14 - Janela de entrada da estratigrafia no <i>Rockworks 16</i> .....	38
Figura 15 - Janela de entrada do $N_{spt}$ no <i>Rockworks 16</i> .....	39
Figura 16 - Janela de entrada do nível d'água no <i>Rockworks 16</i> .....	40
Figura 17 - Planta de locação dos furos de sondagem corte seção A-A' .....	41
Figura 18 - Corte seção A-A' .....	41
Figura 19 - Camada estratigráfica do furo de sondagem 01 .....	43
Figura 20 - Camada estratigráfica do furo de sondagem 02 .....	43
Figura 21 - Camada estratigráfica do furo de sondagem 03 .....	43
Figura 22 - Camada estratigráfica do furo de sondagem 04 .....	44
Figura 23 - Camada estratigráfica do furo de sondagem 05 .....	44
Figura 24 - Camada estratigráfica do furo de sondagem 06 .....	45
Figura 25 - Mapa plano estratigráfico 0m - Superfície.....	46
Figura 26 - Mapa plano estratigráfico 1m - Profundidade .....	46
Figura 27 - Mapa plano estratigráfico 2m a 11m - Profundidade.....	48
Figura 28 - Mapa plano estratigráfico 12m - Profundidade .....	49
Figura 29 - Mapa plano estratigráfico 13m - Profundidade .....	50
Figura 30 - Mapa plano estratigráfico 14m - Profundidade .....	51
Figura 31 - Mapa plano estratigráfico 15m - Profundidade .....	52
Figura 32 - Mapa plano estratigráfico 16m - Profundidade .....	53
Figura 33 - Mapa plano estratigráfico 17m - Profundidade .....	53



Figura 34 - Mapa plano estratigráfico 18m a 20m - Profundidade.....	55
Figura 35 - Mapa plano estratigráfico 21m - Profundidade .....	55
Figura 36 - Mapa plano estratigráfico 22m a 25m - Profundidade.....	57
Figura 37 - Mapa plano estratigráfico 26m - Profundidade .....	58
Figura 38 - Mapa plano estratigráfico 27m - Profundidade .....	58
Figura 39 - Mapa plano estratigráfico 28m a 29,45m - Profundidade.....	59
Figura 40 - Argila arenosa vermelha 2D.....	61
Figura 41 - Argila siltosa vermelha 2D .....	62
Figura 42 - Areia argilosa 2D.....	63
Figura 43 - Silte arenoso vermelho 2D .....	64
Figura 44 - Representação $N_{spt}$ dos furos de sondagem.....	65
Figura 45 - $N_{spt}$ do furo de sondagem 01 .....	66
Figura 46 - $N_{spt}$ do furo de sondagem 02 .....	66
Figura 47 - $N_{spt}$ do furo de sondagem 03 .....	67
Figura 48 - $N_{spt}$ do furo de sondagem 04 .....	68
Figura 49 - $N_{spt}$ do furo de sondagem 05 .....	69
Figura 50 - $N_{spt}$ do furo de sondagem 06 .....	70
Figura 51 - Perfil do solo 3D.....	72
Figura 52 - Perfil do solo 3D.....	73
Figura 53 - Perfil do solo 3D com aquífero.....	74
Figura 54 - Argila arenosa vermelha 3D.....	75
Figura 55 - Argila siltosa vermelha 3D .....	76
Figura 56 - Silte arenoso vermelho 3D.....	77
Figura 57 - Areia argilosa 3D.....	78
Figura 58 - Camadas do solo 3D.....	79
Figura 59 - Camadas do solo 3D representadas em grelha.....	80

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Número mínimo de sondagens para construção de edifícios.....	24
---	----

**LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 - Índice de qualidade da rocha – RQD .....	27
Quadro 2 - Estratigrafia do furo de sondagem 01 .....	34
Quadro 3 - Estratigrafia do furo de sondagem 02 .....	35
Quadro 4 - Estratigrafia do furo de sondagem 03 .....	35
Quadro 5 - Estratigrafia do furo de sondagem 04 .....	35
Quadro 6 - Estratigrafia do furo de sondagem 05 .....	36
Quadro 7 - Estratigrafia do furo de sondagem 06 .....	36

**LISTA DE SIGLAS**

DF	Distrito Federal
SPT	Ensaio de Penetração Padrão ( <i>Standart Penetration Test</i> )
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
CPT	Ensaio de penetração do cone
PMT	Ensaio pressiométrico
RQD	<i>Rocky Quality Designation</i>
TH	Trado helicoidal
CA	Circulação de água
NA	Nível d'água

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>15</b>
2.1 Objetivo geral .....	15
2.2 Objetivos específicos .....	15
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>16</b>
3.1 Caracterização do Solo do Distrito Federal .....	16
3.2 Investigação Geotécnica .....	17
3.2.1 Métodos de Investigação Geotécnica.....	18
3.3 Sondagem à Percussão <i>SPT (Standard Penetration Test)</i> .....	19
3.4 Sondagem Rotativa ou Mista .....	25
3.5 <i>Rockworks16</i> .....	28
<b>4 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO.....</b>	<b>31</b>
4.1 Localização da Área de Estudo.....	31
4.2 Descrição do Subsolo.....	33
4.2.1 Estratigrafia .....	33
4.2.2 Nível D'água .....	36
<b>5 METODOLOGIA.....</b>	<b>37</b>
5.1 Locação dos Furos de Sondagem.....	37
5.2 Estratigrafia .....	38
5.3 P- Data (Points) .....	39
5.4 Nível d'água .....	40
<b>6 RESULTADOS E ANÁLISES.....</b>	<b>41</b>
6.1 Modelos 2D .....	41
6.1.1 $N_{spt}$ .....	65
6.2 Modelos 3D .....	72
<b>7 CONCLUSÃO .....</b>	<b>81</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>83</b>
<b>ANEXO 1 – RELATÓRIOS DE SONDAgens Á PERCUSSÃO.....</b>	<b>85</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O solo de Brasília, capital federal localizada na região centro oeste do Brasil, apresenta uma complexidade no que se refere a sua capacidade de suporte em seu estado natural compactado. Isso advém de sua estrutura ser porosa e colapsível, de forma que em quase toda a área urbana ocorre uma camada superficial de argila com baixa capacidade de suporte (SILVA, C. P. L. 2011). Diante dessa fragilidade do solo da região central do Brasil, faz-se necessário um estudo geotécnico criterioso do solo realizado por meio de sondagens e métodos de investigação geotécnica capazes de caracterizar o subsolo a ser estudado.

Para avaliar o subsolo e seus componentes, o método mais utilizado é a sondagem de simples reconhecimento, o ensaio SPT (*Standard Penetration Test*) que é objeto da norma brasileira, NBR – 6484/2001.

O ensaio SPT consiste em perfurações e retiradas de amostras do solo, possibilitando a constatação da posição do nível d'água, da composição estratigráfica e da resistência à penetração pelo índice  $N_{spt}$ . Ainda que o SPT possa não ser o melhor método para investigação do subsolo, possui interessante custo-benefício devido à utilização de equipamentos simples e de fácil execução.

Quando são bem conhecidas as condições do terreno, a estratigrafia e a composição do solo obtidos por meio do SPT se tornam simples para reconhecimento do subsolo, no entanto quando se tem variação de solo em diferentes profundidades de um mesmo terreno torna-se menos preciso o estudo, sendo necessário o uso de programas mais complexos desenvolvidos na engenharia que permitem uma melhor visualização espacial do mesmo.

Este trabalho tem por finalidade a espacialização do subsolo de um empreendimento residencial localizado em Brasília, representado por meio de um modelo tridimensional (3D) gerado a partir da investigação geotécnica. As informações obtidas por meio das sondagens serão inseridas no *software Rockworks 16*, podendo assim interpretar e caracterizar melhor a composição e descontinuidades do subsolo.

Pretende-se com esse estudo apresentar uma análise espacial mais completa do perfil geotécnico para que se possa ter melhor precisão quando da configuração da fundação.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

Realizar a espacialização do subsolo de um empreendimento localizado em Brasília.

### 2.2 Objetivos específicos

- Estudar o *software Rockworks 16* e compreender o uso de suas ferramentas;
- Analisar as sondagens à percussão da edificação em estudo;
- Gerar a espacialização 3D do subsolo e apresentar os gráficos e cortes obtidos por meio do *software*;
- Compreender as características do solo de Brasília e os ensaios que visam entender o seu comportamento.

### **3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Serão apresentados neste capítulo um contexto teórico dando maior enfoque no estudo do subsolo e programas de investigação geotécnica, temas de interesse para a melhor compreensão do presente trabalho.

#### **3.1 Caracterização do Solo do Distrito Federal**

Segundo Morais (1993) o Distrito Federal está situado no Planalto Central, em altitudes que variam de 750 a 1.344m, compreende uma área de 5.814km<sup>2</sup>, limitada pelos paralelos de 15°30'S e 16°03'S; a leste, pelo Rio Preto, e, a oeste, pelo Rio Descoberto, pois possui um histórico de ocupação em que a retirada da cobertura vegetal, a intensidade e a forma desordenada do uso do solo e dos recursos ambientais interferem na aceleração de processos erosivos com a formação e o desenvolvimento de extensas e profundas voçorocas.

Uma das razões para o desordenamento do uso do solo está relacionada com o crescimento exagerado da cidade. Brasília foi uma cidade projetada para apresentar 500 mil habitantes em 2000, porém, segundo o último censo realizado pelo IBGE (2010) foi apontado uma população de 2.570.160 milhões de habitantes no Distrito Federal. As projeções para 2018 indicam que a população total já esteja em cerca de 2.974.703.

Destaca-se que o solo do DF apresenta problemas de erosão desde antes da transferência da capital federal. Segundo Belcher (1954) no relatório técnico sobre a Nova Capital da República se afirmava que “um dos maiores problemas dos engenheiros de viação no retângulo, durante a estação chuvosa”, era “o controle da erosão dos solos de argila friável”, solos esses que se caracterizam por serem úmidos e com grande facilidade de ruptura ao ser comprimido.

De acordo com Barros (1993), quanto à rede de drenagem superficial, a região está localizada em um grande divisor de águas, sendo a mesma drenada por rios que pertencem a três das mais importantes bacias fluviais da América do Sul: Bacias do Paraná, São Francisco e Araguaia-Tocantins. Os rios que drenam essas bacias são de pequeno porte e as drenagens permanentes de médio porte compreendem apenas os rios: Preto, Descoberto e Maranhão.



Pode-se caracterizar os solos dessa região sendo sua maior parte composta por um solo poroso com espessura de até 10m.

Por meio dos diversos processos ocorridos na sua formação pode-se constatar que essa cobertura tem um comportamento geotécnico bastante distinto. De acordo com Lima (2003), esse solo é muito susceptível à erosão, sendo muito comum o aparecimento de voçorocas em assentamentos urbanos, rodovias e áreas de empréstimo.

Diante dessas características é imprescindível que seja realizada uma investigação geotécnica adequada do subsolo através de sondagens e ensaios para caracterização do solo.

### **3.2 Investigação Geotécnica**

Segundo Knappett e Craig (2015), um programa de investigação adequada do terreno deve ser uma atividade preliminar para a execução de um projeto na engenharia civil, devendo levar em consideração as características e o tipo da obra, seja ela grande ou pequena, pesada ou leve e rígida ou flexível, por exemplo: a construção de um metro de barragem necessita de um conhecimento mais minucioso do subsolo e da rocha quando comparados à construção de uma residência térrea.

Na investigação geotécnica devem ser obtidas informações suficientes para permitir a elaboração de projetos seguros e econômicos, pois no momento em que essa investigação não é realizada ou tem seus dados mal interpretados, os projetos podem ser inadequados, gerando aumento de custos, problemas ambientais ou patologias estruturais.

Velloso e Lopes (2004) descrevem as principais etapas e os objetivos para uma investigação adequada do subsolo:

- 1) Investigação preliminar: objetiva-se conhecer as principais características do subsolo. Nesta fase são executadas apenas sondagens a percussão, a não ser em casos que já se tem um prévio conhecimento do local, o espaçamento de sondagens é geralmente regular (por exemplo, um furo a cada 15 ou 20 m), e a profundidade das sondagens deve procurar caracterizar o embasamento rochoso.

- 2) Investigação complementar ou de projeto: procura-se observar o aspecto do subsolo e caracterizar as propriedades dos solos mais importantes do ponto de vista do comportamento das fundações. Nesta etapa, são realizados alguns ensaios *in situ*, além do ensaio de penetração dinâmica (SPT) que é executado nas sondagens a percussão, como ensaios de cone (CPT), de placa, etc. Nessa fase são ainda executadas mais sondagens, fazendo com que o total atenda às exigências de normas e a coleta de amostras indeformadas para serem utilizadas em ensaios de laboratório.
- 3) Investigação para fase de execução: visa confirmar as condições de projeto em áreas críticas da obra, indicadas pelo engenheiro responsável, assim considerada pela responsabilidade das fundações como exemplo pilares de pontes ou pela grande variação dos solos na obra.

Ainda de acordo com Velloso e Lopes (2004), para a definição de um programa de investigação, o projetista deve ter em mãos:

- A planta do terreno;
- Os dados sobre a estrutura a ser construída e sobre os vizinhos que possam ser afetados pela obra;
- Informações geológicas e geotécnicas disponíveis sobre a área; e
- Normas e códigos de obras locais.

Em qualquer dos casos acima citados, o projetista responsável deve estar presente, ou no mínimo ser colocado a par dos resultados obtidos.

### **3.2.1 Métodos de Investigação Geotécnica**

O mercado oferece diversos métodos para investigação do subsolo para fins de projeto de fundações, sendo alguns principais:

- Poços;
- Sondagens a trado;
- Sondagens a percussão com SPT;
- Sondagens rotativas ou mistas;

- Ensaio de penetração do cone (CPT); e
- Ensaio pressiométrico (PMT).

No Brasil o método mais empregado atualmente é o SPT. Para este trabalho apenas os ensaios SPT e Sondagens rotativas ou mistas serão aprofundados, pois é objeto do presente estudo.

### **3.3 Sondagem à Percussão SPT (*Standard Penetration Test*)**

O ensaio SPT, também conhecido como sondagem de simples reconhecimento, é a técnica de exploração e reconhecimento do subsolo mais utilizada pelos projetistas na engenharia civil, devido ao seu grande custo-benefício, além de fornecer dados como a resistência do solo ao longo da profundidade perfurada, a estratigrafia local e a fácil retirada de amostras deformadas. No Brasil sua execução está normalizada pela norma NBR-6484/2001 que serve de recomendação tanto para os procedimentos quanto para os equipamentos.

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

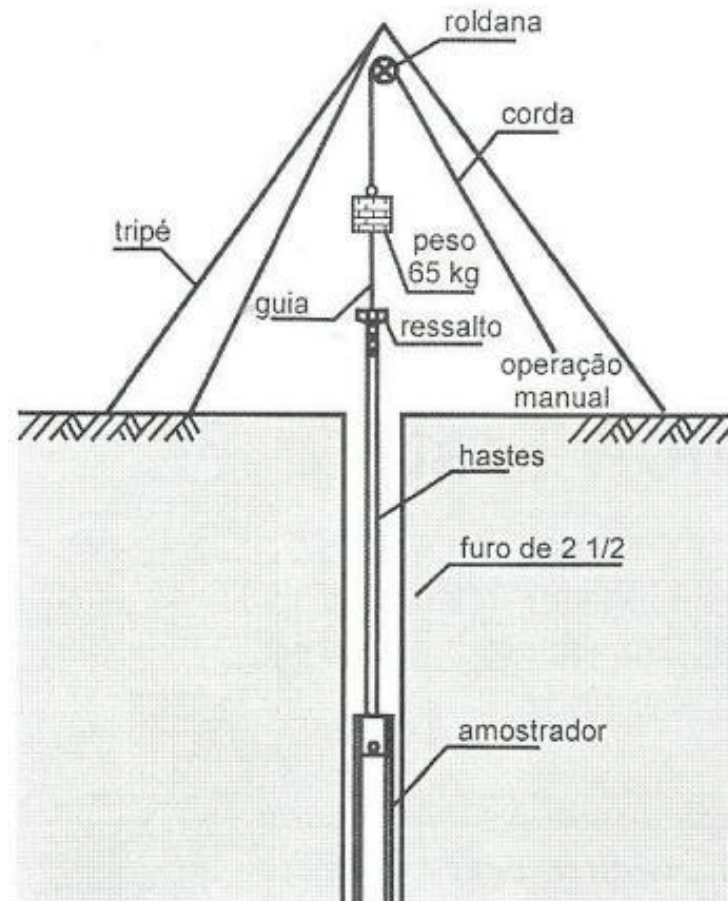
Com a realização da sondagem pretende-se conhecer:

- O tipo de solo atravessado e a retirada de uma amostra deformada a cada metro perfurado;
- A resistência  $N_{spt}$  oferecida pelo solo à cravação do amostrador-padrão a cada metro perfurado;
- A posição do nível ou dos níveis d'água, quando encontrados durante a perfuração.

A NBR 6484 (ABNT, 2001) regulamenta o uso de equipamentos para a execução deste ensaio, sendo o mesmo constituído por seis partes: amostrador-padrão com diâmetro de 50 mm; hastes de aço com diâmetro interno e externo de 25 mm e 33,4 mm respectivamente, acopladas por roscas ou luvas formando um conjunto retilíneo com segmentos de 1,00m e/ou 2,00m; martelo de aço com massa

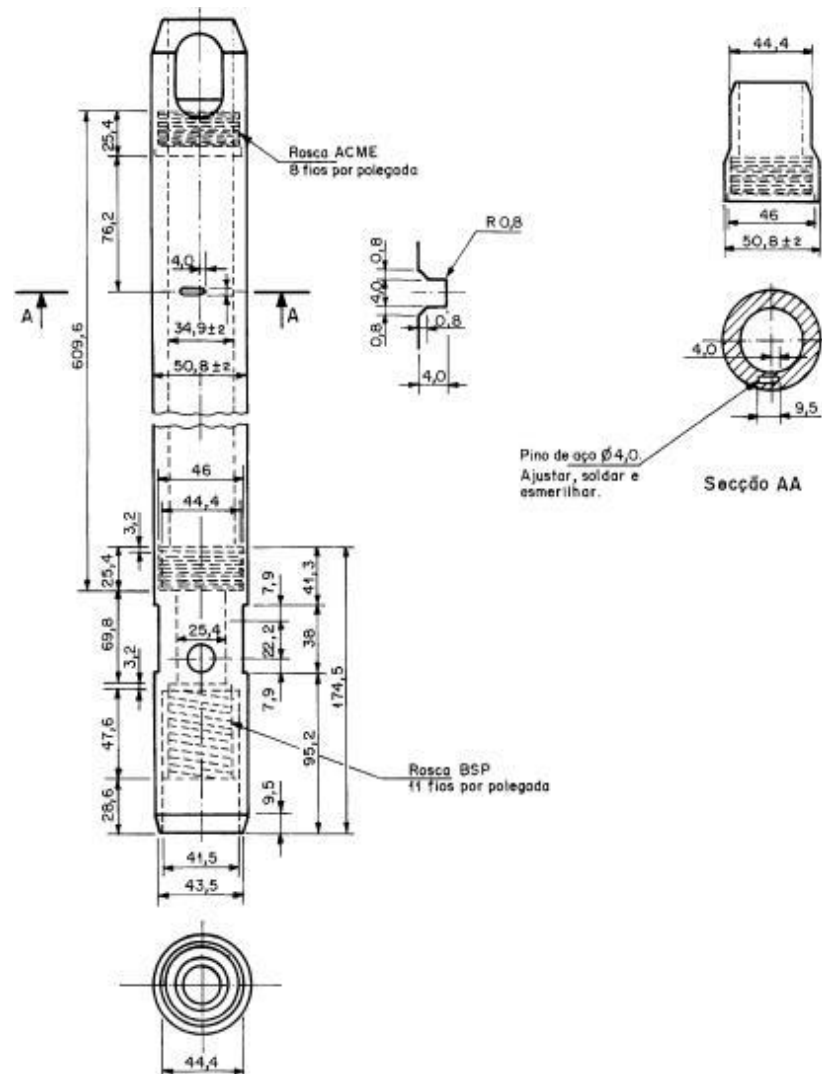
de 65 kg; torre ou tripé de sondagem; cabeça de bater, sendo fabricada com diâmetro igual a  $83 \pm 5$  mm e altura igual a  $90 \pm 5$  mm e conjunto de perfuração para abertura do furo podendo ser tipo helicoidal ou tipo concha, conforme mostra a Figura 1 e 2.

**Figura 1 - Ilustração do ensaio SPT**



Fonte: Schnaid, 2000

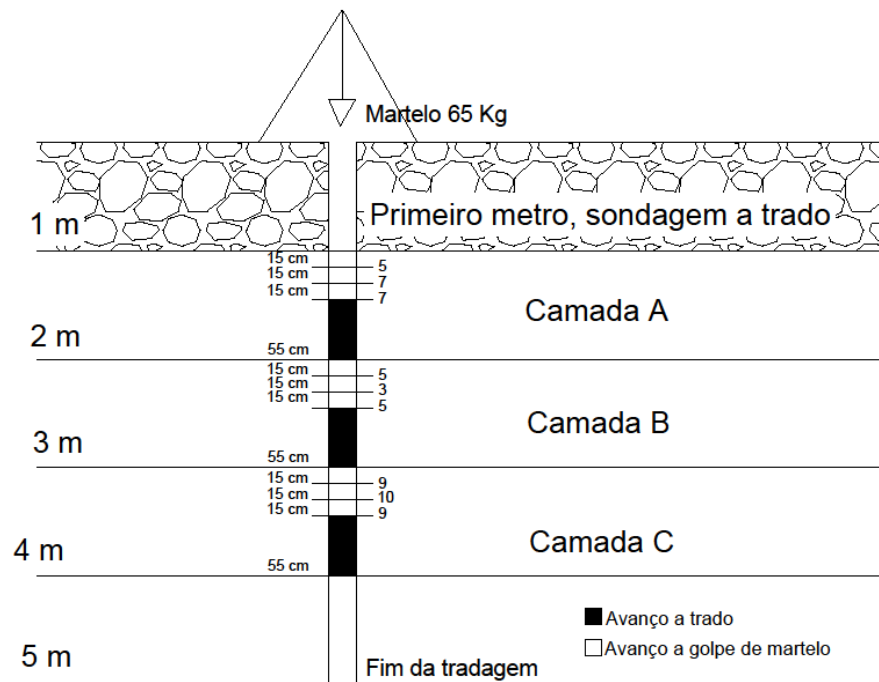
**Figura 2** - Dimensões em milímetros de parte do amostrador Raymond mostrando a cabeça e sapata



Fonte: NBR 6484 (ABNT, 2001)

Segundo Schnaid (2000), a perfuração pode ser realizada por tradagem e circulação de água utilizando o trépano de lavagem como ferramenta de escavação, esse tipo de sondagem apresenta um processo repetitivo nas três primeiras fases, iniciando-se com o trado concha ou cavadeira manual até a profundidade de 1m. Logo após é cravado o amostrador no solo, podendo ser revestido ou não, usando o martelo de peso padrão de 65 kg, por meio de golpes caindo a uma altura de 75 cm, como mostra a Figura 3.

**Figura 3 - Exemplo do procedimento de perfuração do SPT**



Fonte: Próprio autor/2019

As amostras de solo são coletadas a cada metro de profundidade através do amostrador-padrão e o valor  $N_{SPT}$  será o número de golpes necessários para fazer o amostrador penetrar 30 cm após uma cravação inicial de 15 cm.

Segundo Oliveira (1996), o ensaio SPT fornece dados de posição do nível d'água ou dos níveis de água encontrados durante a perfuração; descrição do tipo de solo encontrado a cada metro perfurado e permite a retirada de amostras deformadas.

De acordo com a NBR 6484 (ABNT, 2001, p. 13): "A cravação do amostrador-padrão é interrompida antes dos 45 cm de penetração sempre que ocorrer uma das seguintes situações":

- Em qualquer dos três segmentos de 15 cm, o número de golpes ultrapassar 30;
- Um total de 50 golpes tiver sido aplicado durante toda a cravação; e
- Não se observar avanço do amostrador-padrão durante a aplicação de cinco golpes.

Ainda, segundo a NBR 6484 (2001, p. 13) “O processo de perfuração por circulação de água, associado aos ensaios penetrométricos, deve ser utilizado até onde se obtiver, nesses ensaios, uma das seguintes condições”:

Quando, em 3 m sucessivos, se obtiver 30 golpes para penetração dos 15 cm iniciais do amostrador-padrão;  
Quando, em 4 m sucessivos, se obtiver 50 golpes para penetração dos 30 cm iniciais do amostrador-padrão; e  
Quando, em 5 m sucessivos, se obtiver 50 golpes para a penetração dos 45 cm do amostrador-padrão.

A NBR 6484 (ABNT, 2001, p. 13) diz que:

Dependendo do tipo de obra, das cargas a serem transmitidas às fundações e da natureza do subsolo, admite-se a paralisação da sondagem em solos de menor resistência à penetração do que os números citados anteriormente, desde que haja uma justificativa geotécnica ou solicitação do cliente.

Na sondagem de simples reconhecimento, as operações podem ser divididas em várias fases, sendo elas:

- Abertura do furo;
- Ensaio de penetração;
- Amostragem;
- Avaliação do nível d'água;
- Identificação e classificação das amostras; e
- Relatório.

Segundo a NBR 8036 (ABNT, 1983, p. 1) - Programação de sondagens de simples reconhecimento dos solos para fundações de edifícios, no item 4.1.1.2, é estabelecido que:

As sondagens devem ser, no mínimo, de uma para cada 200m<sup>2</sup> de área da projeção em planta do edifício, até 1.200m<sup>2</sup> de área.  
Entre 1.200m<sup>2</sup> e 2.400 m<sup>2</sup> deve-se fazer uma sondagem para cada 400m<sup>2</sup> que excederem 1.200m<sup>2</sup>.  
Acima de 2.400m<sup>2</sup> o número de sondagens deve ser fixado de acordo com o plano particular da construção.  
Em quaisquer circunstâncias o número mínimo de sondagens deve ser:

- a) dois para área da projeção em planta do edifício até 200m<sup>2</sup>;  
 b) três para área entre 200m<sup>2</sup> e 400m<sup>2</sup>.

A interpretação desse parágrafo extraído da NBR 8036 (ABNT, 1983) pode ser representada pela Tabela 1.

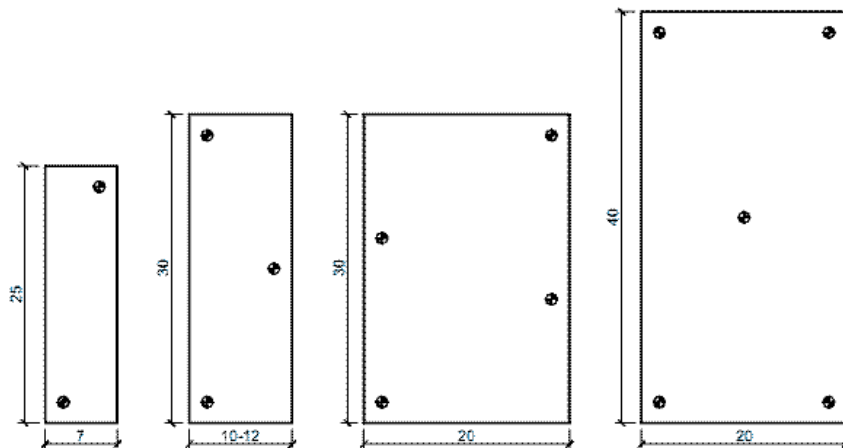
**Tabela 1** - Número mínimo de sondagens para construção de edifícios

ÁREA DE PROJEÇÃO DO EDIFÍCIO	NÚMERO MÍNIMO DE SONDAJENS
até 200 m <sup>2</sup>	2
de 200 m <sup>2</sup> a 600 m <sup>2</sup>	3
de 600 m <sup>2</sup> a 800 m <sup>2</sup>	4
de 800 m <sup>2</sup> a 1000 m <sup>2</sup>	5
de 1000 m <sup>2</sup> a 1200 m <sup>2</sup>	6
de 1200 m <sup>2</sup> a 1600 m <sup>2</sup>	7
de 1600 m <sup>2</sup> a 2000 m <sup>2</sup>	8
de 2000 m <sup>2</sup> a 2400 m <sup>2</sup>	9
acima de 2400 m <sup>2</sup>	varia de acordo com o projeto

Fonte: Adaptado da NBR 8036 (ABNT, 1983)

As sondagens devem ser igualmente distribuídas por toda a área e devem ser definidas levando em conta o local do terreno onde se concentrarão grandes cargas, como por exemplo, os pilares. Quando o número de sondagens for maior que três, elas não devem ser alinhadas, como mostra a Figura 4.

**Figura 4** - Localização das sondagens



Fonte: NBR 8036 (ABNT, 1983) adaptada



Segundo a NBR 8036 (ABNT, 1983, p.1) no item 4.1.1.3, é estabelecido que:

Nos casos em que não houver ainda disposição em planta dos edifícios, como nos estudos de viabilidade ou escolha de local, o número de sondagens deve ser fixado de forma que a distância máxima entre elas seja de 100 m, com um mínimo de três sondagens.

Os resultados de uma sondagem devem ser apresentados em forma de anexos e relatórios.

Em cada perfil deverão constar as seguintes informações:

- O número do furo de sondagem;
- Cota da boca do furo;
- Data de início e término da sondagem;
- Posição das amostras coletadas e das não recuperadas;
- Profundidade das diversas transições entre camadas e do fim do furo;
- Os índices de resistência à penetração  $N_{spt}$ ;
- Identificação, classificação e a convenção gráfica das amostras;
- Posição do NA e data de observação;
- Processos de perfuração empregados e profundidades atingidas: TH para trado helicoidal, CA para circulação de água;
- Cota da boca do tubo de revestimento.

Como vantagens deste ensaio com relação aos demais, temos a simplicidade do equipamento, seu baixo custo e a obtenção de um valor numérico de ensaio que pode ser relacionado com regras empíricas de projeto (SCHNAID, 2000).

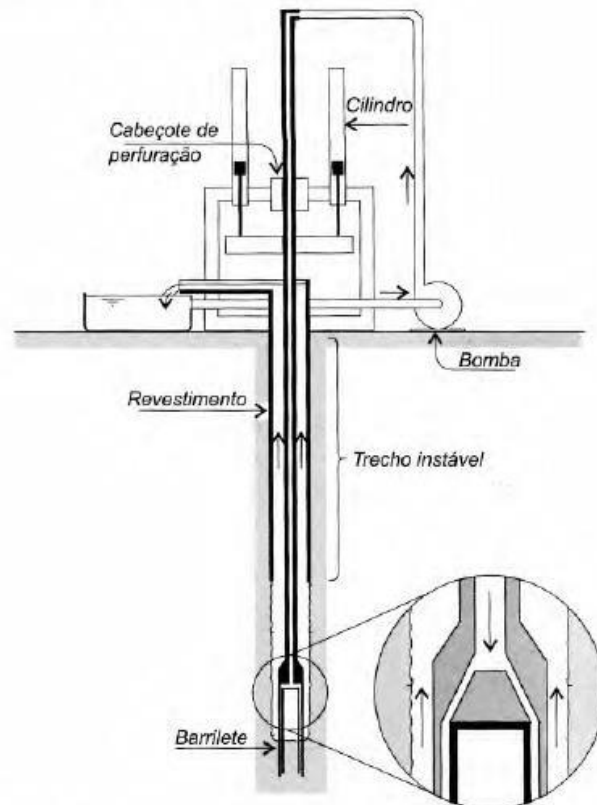
### **3.4 Sondagem Rotativa ou Mista**

Segundo Pinheiro A., Crivelaro e Pinheiro R. (2015), a sondagem rotativa consiste no uso de um conjunto moto mecanizado projetado para a obtenção de amostras de materiais rochosos através de ação perfurante dada basicamente por forças de penetração e rotação que, conjugadas, atuam com poder cortante. Essas amostras recebem o nome de testemunho e possuem o formato cilíndrico.

O equipamento avança em solos alterados e rochas, obtendo diretamente os testemunhos, exatamente sobre a rocha a ser explorada, proporcionando oportunidade para uma série de ensaios.

A Figura 5 mostra o esquema do processo de perfuração, que consiste em fazer girar as hastes (pelo cabeçote de perfuração) e em forçá-las para baixo (em geral por um sistema hidráulico). No topo dessas hastes existe um acoplamento que permite a ligação da mangueira de água com as hastes que estão girando (VELLOSO & LOPES, 2010).

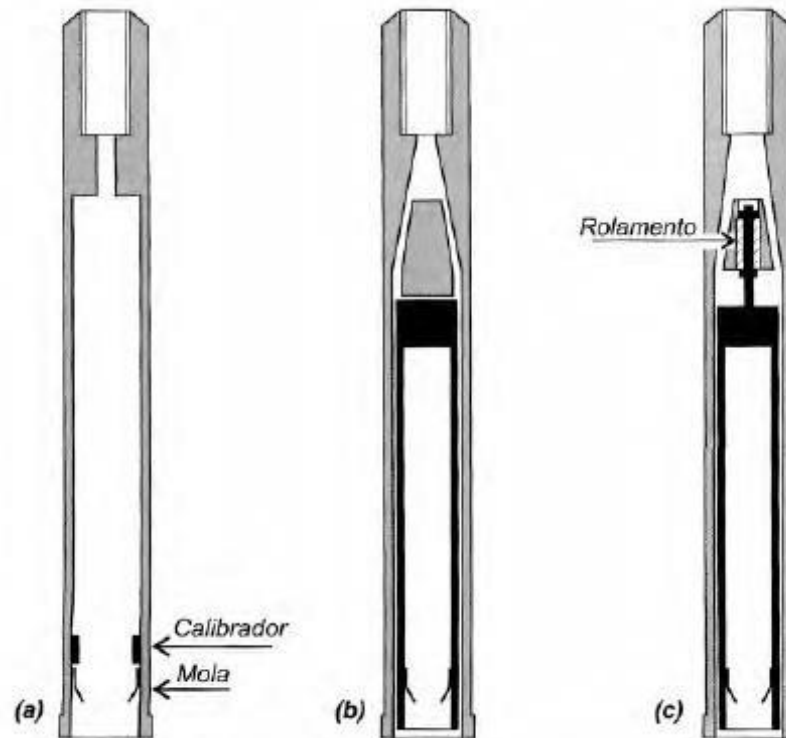
**Figura 5** - Esquema de funcionamento da sondagem rotativa



Fonte: Velloso & Lopes (2010)

A sondagem rotativa pode vir acompanhada de uma sondagem de simples reconhecimento o SPT, sendo assim denominada de sondagem mista. Segundo Velloso e Lopes (2010), durante o processo de sondagem rotativa é utilizada uma ferramenta tubular chamada de barrilete, para corte e a retirada dos testemunhos. Esses barriletes podem ser simples, duplo ou duplo giratório como mostra a Figura 6.

**Figura 6** - (a) Barrilete simples, (b) Barrilete duplo, (c) Barrilete duplo giratório



Fonte: Velloso e Lopes (2010)

A análise das amostras de rocha (testemunhos) pode ser feita de modo visual e também está relacionada ao tipo e diâmetro do amostrador utilizado. Estas amostras podem ser enquadradas no índice de qualidade da rocha (RQD – *Rocky Quality Designation*), como mostra o Quadro 1.

**Quadro 1** - Índice de qualidade da rocha – RQD

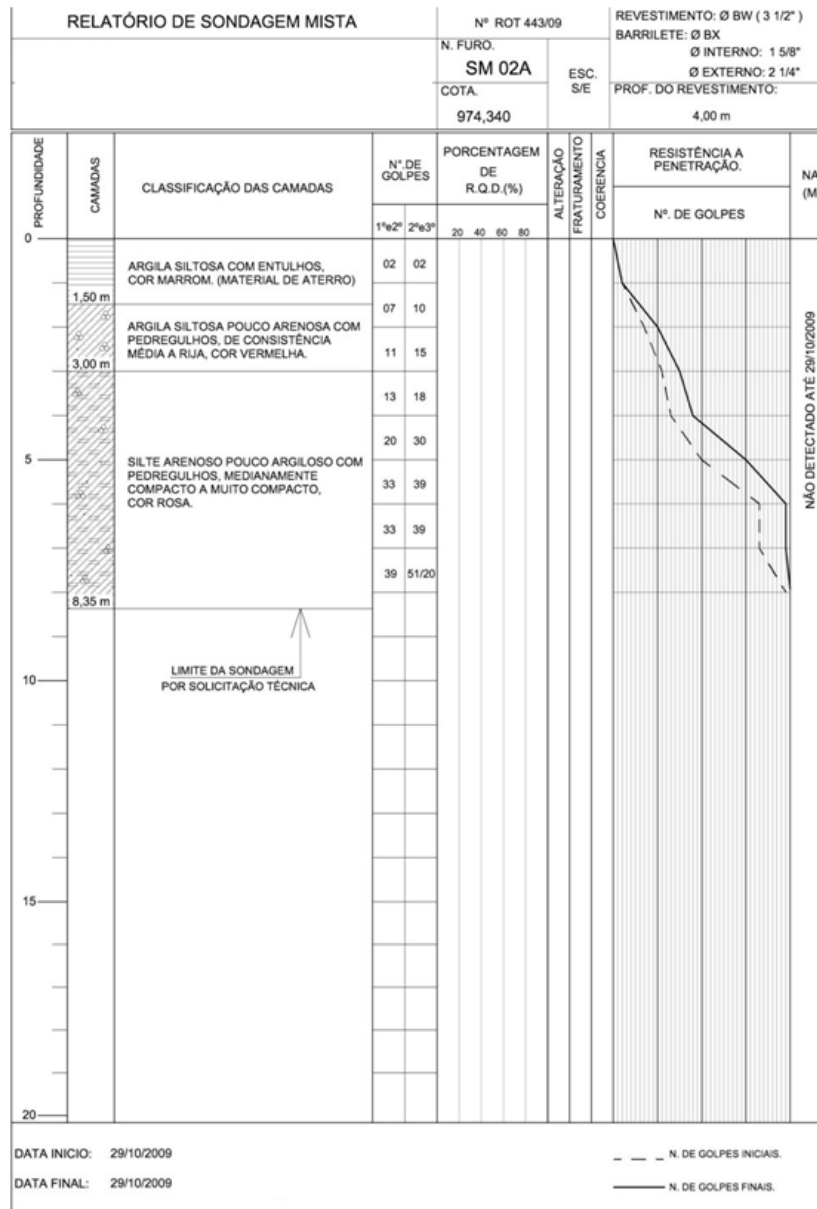
RQD	QUALIDADE DO MACIÇO ROCHOSO
0 - 25%	Muito fraco
25 - 50%	Fraco
50 - 75%	Regular
75 - 90%	Bom
90 - 100%	Excelente

Fonte: Velloso e Lopes, (2010) adaptado

Segundo Pinheiro A., Crivelaro e Pinheiro R. (2015), na sondagem rotativa ou mista podem-se encontrar as seguintes informações: tipo de rocha; grau de alteração; fraturamento; coerência; xistocidade; porcentagem de recuperação e índice de qualidade da rocha.

Os resultados são expressos através de um relatório de sondagem assim como o SPT, como mostra a Figura 7.

**Figura 7-** Relatório de sondagem mista



Fonte: Sondagens Fundações e Construções LTDA, 2009

### 3.5 Rockworks 16

Não é recente a utilização de programa computacional na engenharia civil aos estudos geotécnicos. Graças à utilização destes programas é possível a elaboração

de modelos tridimensionais a partir de investigações geotécnicas, proporcionando assim uma visão mais próxima da realidade do espaço subsuperficial.

Em todos os processos de modelagem 3D de um espaço subterrâneo necessita-se de uma experiência geotécnica e geológica aprofundada da região em estudo, e também do conhecimento das limitações e potencialidades dos programas computacionais.

O *Rockworks 16* é um pacote computacional integrado para a criação, análises e visualizações de mapas em 2D e 3D, modelos geológicos, relatórios de volumes, entre outros, desenvolvido pela empresa *RockWare Inc.*, localizada na Cidade de Golden, CO, Estados Unidos.

O programa foi criado para permitir um estudo mais aprofundado do subsolo e pode ser utilizado para as indústrias ambientais, geotécnica, de mineração, de petróleo e hidrólogos. O *Rockworks 16* possui ferramentas que proporcionam economia de dinheiro, tempo, aumentam a rentabilidade e trás vantagem competitiva através de imagens, modelos e gráficos de alta qualidade.

O programa pode ser aplicado em:

- Estudos arqueológicos;
- Caracterização geológica do terreno;
- Avaliação das informações de ensaios para reservas de minério;
- Exploração de petróleo de gás;
- Projeto de escavação e estimativa de volume para a mineração, meio ambiente e aplicações civis.

O programa possui um editor de furos (*Borehole Data Manager*) que é usado para entrada de dados geofísicos, geotécnicos, estratigrafia, nível d'água, fraturas, etc. A partir desses dados é possível criar contornos, planos, mapas, seções transversais, perfis e diagramas em 2D e 3D.

No *software* também contém uma série de opções auxiliares que podem ser encontrados na aba Utilidades (Utilities): ferramentas de hidrologia e hidroquímica, estatísticas computacionais, diagramas (histogramas, etc.), mapas de pesquisa, conversão de coordenadas, etc.

Através de dados de sondagens inseridas no *software* é possível visualizar informações do subsolo, na forma de seções transversais, diagramas de cerca, modelos sólidos e isocurvas em 2D e 3D. Através da plotagem em 2D (*Rockplot 2D*), indicada para imagens como mapas, furos e seções transversais e também a plotagem em 3D (*Rockplot 3D*) que facilita a visualização de imagens como os diagramas de cercas, modelos sólidos e superfícies 3D.



**Figura 9** - Vista geral do empreendimento localizado próximo a DF-483



Fonte: (GOOGLE MAPS, 2019)



**Figura 10** - Coordenadas do empreendimento localizado próximo a DF-483



Fonte: (GOOGLE EARTH, 2019)

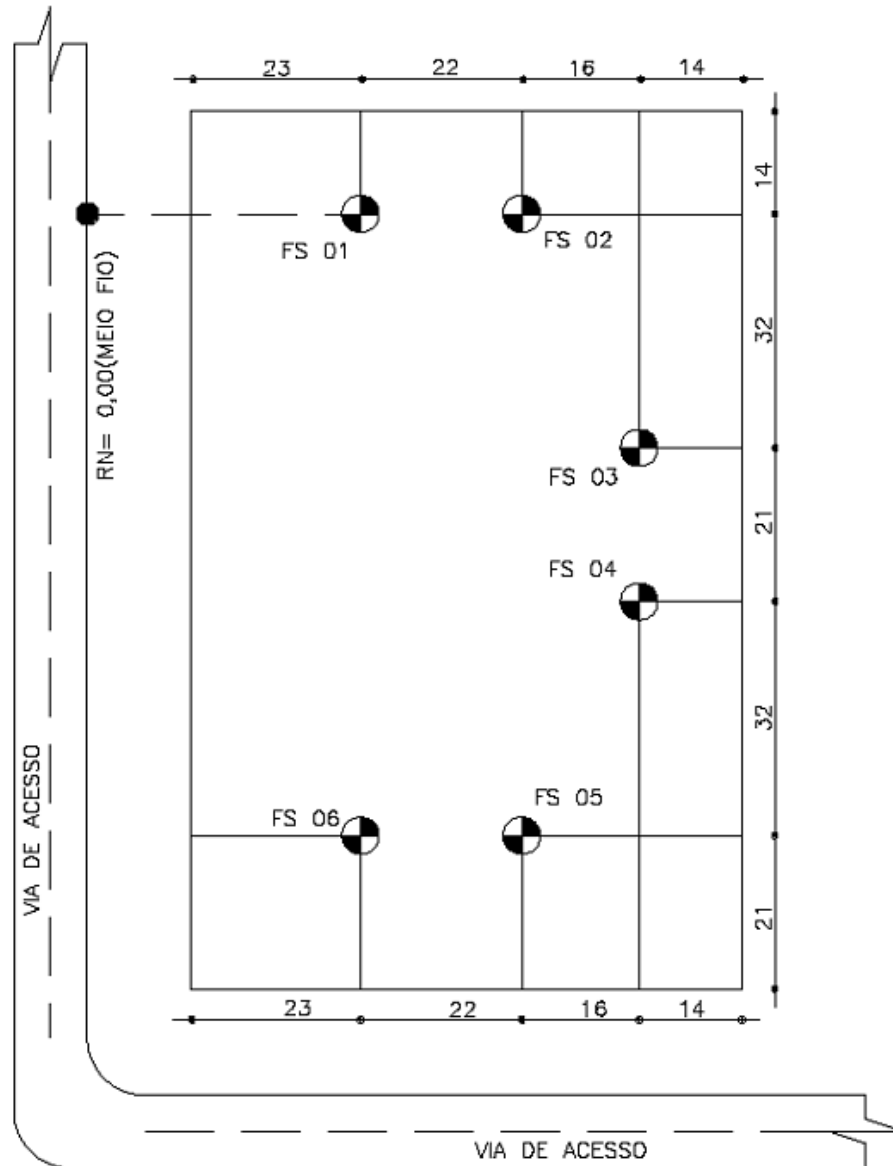
## 4.2 Descrição do Subsolo

As composições do subsolo da área do estudo de caso apresentaram uma distribuição estratigráfica com características de um solo com predominância de argila arenosa, apresentando composições conforme descrito no item a seguir.

### 4.2.1 Estratigrafia

Foi encontrado um perfil com uma extensa camada de argila arenosa vermelha de alta compressibilidade. As cotas de boca dos furos de sondagem variam de 0,25 a -1,03 m em relação ao nível do mar. Pode-se caracterizar a estratigrafia do solo de cada um dos 6 (seis) furos de sondagem de acordo com a Figura 11 e os Quadros (2 a 7), contendo a referência de cada furo; a cota de cada camada em metros; o valor  $N_{spt}$ ; a classificação segundo sua consistência ou compacidade, e a referente composição do solo.

**Figura 11 - Posição dos furos de sondagem**



Fonte: CRC – Administração e Participações LTDA, 2008

**Quadro 2 - Estratigrafia do furo de sondagem 01**

FS01	Cota (m)	N <sub>spt</sub>	Classificação	Composição do Solo
1	-9,00	11	Rija	ARGILA ARENOSA, VERMELHA, MUITO MOLE E RIJA
1	-18,00	18	Rija	ARGILA ARENOSA, VERMELHA, RIJA A DURA
1	-26,45	59	Dura (o)	ARGILA ARENOSA , VERMELHA COM VEIOS DE SILTE CINZA, DURA

Fonte: CRC – Administração e Participações LTDA, 2008 modificado pela autora

**Quadro 3 - Estratigrafia do furo de sondagem 02**

FS02	Cota (m)	N <sub>spt</sub>	Classificação	Composição do Solo
2	-7,00	2	Muito mole	ARGILA ARENOSA, VERMELHA, MUITO MOLE A MOLE
2	-9,00	5	Mole	ARGILA ARENOSA, VERMELHA, MOLE A MEDIA
2	-10,00	2	Muito mole	ARGILA ARENOSA, VERMELHA, MUITO MOLE
2	-11,00	6	Média (o)	ARGILA ARENOSA, VERMELHA, MEDIA
2	-17,00	10	Média (o)	ARGILA SILTOSA, POUCO ARENOSA, VERMELHA, MEDIA A RIJA
2	-20,00	21	Dura (o)	ARGILA ARENOSA, VERMELHA, COM VEIOS DE SILTE CINZA, DURA
2	-21,00	17	Med. compacta (o)	SILTE ARENOSO CINZA, MEDIANAMENTE COMPACTO
2	-22,00	27	Dura (o)	ARGILA ARENOSA, VERMELHA, COM VEIOS DE SILTE CINZA, DURA
2	-26,45	61	Dura (o)	ARG. AREN. VERM. COM VEIOS DE SILTE CINZA, COM PEDREGULHO, RIJA A DURA

Fonte: CRC – Administração e Participações LTDA, 2008 modificado pela autora

**Quadro 4 - Estratigrafia do furo de sondagem 03**

FS03	Cota (m)	N <sub>spt</sub>	Classificação	Composição do Solo
3	-9,00	4	Mole	ARGILA ARENOSA, VERMELHA, MUITO MOLE A MOLE
3	-12,00	3	Mole	ARGILA ARENOSA, VERMELHA, MOLE A MEDIA
3	-18,00	28	Dura (o)	ARGILA ARENOSA, VERMELHA, RIJA A DURA
3	-20,00	27	Dura (o)	ARGILA ARENOSA, VERMELHA, DURA
3	-25,45	60	Dura (o)	ARGILA ARENOSA, VERMELHA, COM VEIOS DE SILTE CINZA, DURA

Fonte: CRC – Administração e Participações LTDA, 2008 modificado pela autora

**Quadro 5 - Estratigrafia do furo de sondagem 04**

FS04	Cota (m)	N <sub>spt</sub>	Classificação	Composição do Solo
4	-7,00	2	Muito mole	ARGILA ARENOSA, VERMELHA, MUITO MOLE A MOLE
4	-12,00	3	Mole	ARGILA ARENOSA, VERMELHA, MOLE A MEDIA
4	-18,00	22	Dura (o)	ARGILA ARENOSA, VERMELHA, RIJA A DURA
4	-27,00	48	Dura (o)	ARGILA ARENOSA, VERMELHA, COM VEIOS DE SILTE CINZA, RIJA A DURA
4	-29,45	70	Muito compacta (o)	AREIA ARGILOSA, VERMELHA, COM PEDREGULHO, MUITO COMPACTA

Fonte: CRC – Administração e Participações LTDA, 2008 modificado pela autora

**Quadro 6 - Estratigrafia do furo de sondagem 05**

FS05	Cota (m)	N <sub>spt</sub>	Classificação	Composição do Solo
5	-4,00	4	Mole	ARGILA ARENOSA, VERMELHA, MUITO MOLE A MOLE
5	-8,00	8	Médio (o)	ARGILA ARENOSA, VERMELHA, MEDIA
5	-11,00	2	Muito mole	ARGILA ARENOSA, VERMELHA, MUITO MOLE A MOLE
5	-18,00	13	Rija (o)	ARGILA ARENOSA, VERMELHA, MEDIA A RIJA
5	-20,00	18	Rija (o)	ARGILA ARENOSA, VERMELHA, RIJA A DURA
5	-25,00	55	Dura (o)	ARGILA ARENOSA, VERMELHA, COM VEIOS DE SILTE CINZA, DURA
5	-26,45	71	Muito compacta (o)	AREIA ARGILOSA, VERMELHA, COM PEDREGULHO, MUITO COMPACTA

Fonte: CRC – Administração e Participações LTDA, 2008 modificado pela autora

**Quadro 7 - Estratigrafia do furo de sondagem 06**

FS06	Cota (m)	N <sub>spt</sub>	Classificação	Composição do Solo
6	-5,00	4	Mole	ARGILA SILTOSA, POUCO ARENOSA, VERMELHA, MUITO MOLE A MOLE
6	-7,00	10	Me	ARGILA SILTOSA, POUCO ARENOSA, VERMELHA, MEDIA
6	-10,00	8	Média (o)	ARGILA ARENOSA, VERMELHA, MEDIA
6	-12,00	0	Muito Mole	ARGILA ARENOSA, VERMELHA, MUITO MOLE
6	-14,00	23	Dura (o)	ARGILA ARENOSA, VERMELHA, RIJA A DURA
6	-16,45	68	Dura (o)	ARGILA ARENOSA, VERMELHA, COM VEIOS DE SILTE CINZA, DURA

Fonte: CRC – Administração e Participações LTDA, 2008 modificado pela autora

Os furos das sondagens variam em profundidade de 16,45 a 29,45 m. Algumas sondagens são menos profundas devido à grande resistência mecânica apresentada em camadas superiores.

#### 4.2.2 Nível D'água

Em todas as sondagens foi observada a presença de água no solo. A informação do nível de água no solo é importante para a verificação da necessidade do rebaixamento do nível do lençol freático e para a viabilização da execução de pavimentos enterrados.

É importante se atentar à probabilidade de mudança do nível de água subterrâneo, pois o efeito de sua flutuação reflete na capacidade de carga e recalques das fundações.

O nível de água varia da profundidade de 8,84 até 9,83 m em relação à cota de boca dos furos de sondagem.

## 5 METODOLOGIA

Para a realização da modelagem tridimensional o primeiro passo deve ser o cadastro das informações obtidas pelos relatórios de sondagens apresentados no Anexo 1.

O cadastramento deve ser feito na seguinte ordem:

### 5.1 Locação dos Furos de Sondagem

A locação dos furos de sondagem requer a entrada de dados de referência do furo (nome do furo – *Borehole name*), as coordenadas horizontais: coordenadas Leste e Norte (E, N) em UTM (*Universal Transversa de Mercator*, sistema de coordenadas cartesianas bidimensional) e as coordenadas verticais: cota da boca do furo (Z), cota do revestimento do furo (*collar elevation*) e a profundidade total atingida pela sondagem (*Total Depth*). Nesta etapa, deve ser definido um símbolo representativo para cada furo como mostra a Figura 12.

**Figura 12 - Locação dos furos de sondagem no Rockworks 16**

The screenshot shows the 'Borehole Location Information' dialog box in Rockworks 16. The 'Borehole Name' is set to 'SP-01'. The 'Collar Coordinates' are set to 'Local Meters, Local Origin (0,00, 0,00)'. The 'Easting' is 2,3 Meters and the 'Northing' is 10,6 Meters. The 'Vertical: Meters' section shows 'Z (Elevation)' as 0,0 Meters, 'Collar Elevation' as -0,33 Meters, and 'Total Depth' as 26,45 Meters. The dialog also includes buttons for 'Symbol', 'Raster Symbol', and 'Show Location in Google Earth', and a note that the asterisked fields are required.

Fonte: Próprio autor/2019

## 5.2 Estratigrafia

Após o cadastro da locação dos furos de sondagens, é feita uma análise das camadas obtidas pelos relatórios de sondagem apresentados no Anexo 1 e realizado o cadastramento das mesmas no *Rockworks 16*, nesses relatórios foram observados quatro tipos de camadas principais segundo a legenda da Figura 13. Neste campo, são definidas cores e hachuras de acordo com a NBR 13441/95 para facilitar a identificação das camadas do solo.

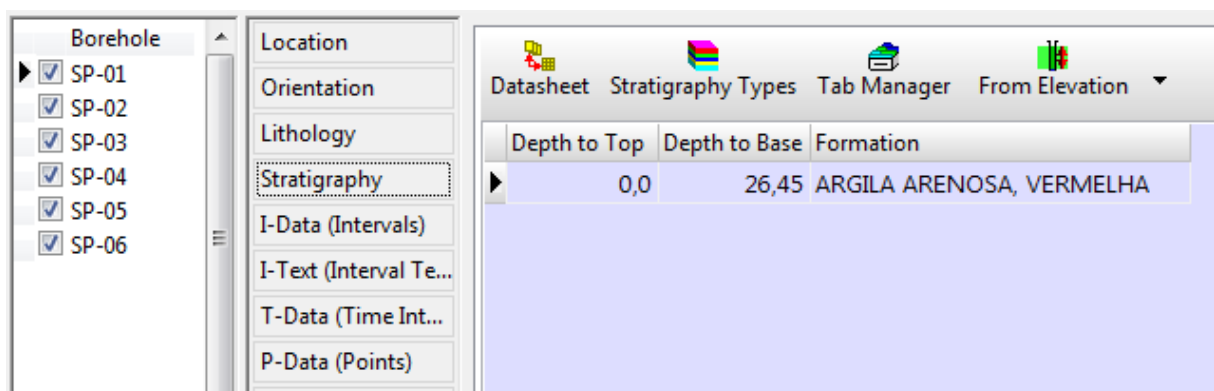
**Figura 13** - Legenda estratigráfica no *Rockworks 16*

Order	Formation	Pattern	Fill Percent	Density	Show in Legend
1,0	AREIA ARGILOSA		100	1,0	<input checked="" type="checkbox"/>
2,0	ARGILA SILTOSA, VERMELHA		100	1,0	<input checked="" type="checkbox"/>
3,0	ARGILA ARENOSA, VERMELHA		100	1,0	<input checked="" type="checkbox"/>
4,0	SILTE ARENOSO		100	1,0	<input checked="" type="checkbox"/>

Fonte: Próprio autor/2019

Todas essas camadas de solo existentes devem ser levadas em consideração para a criação de um perfil. Após esse cadastro, deve-se inserir a estratigrafia referente a cada furo, onde são discriminadas as profundidades de topo (*depth to top*) e de base (*depth to base*) da camada de solo como mostra a Figura 14.

**Figura 14** - Janela de entrada da estratigrafia no *Rockworks 16*

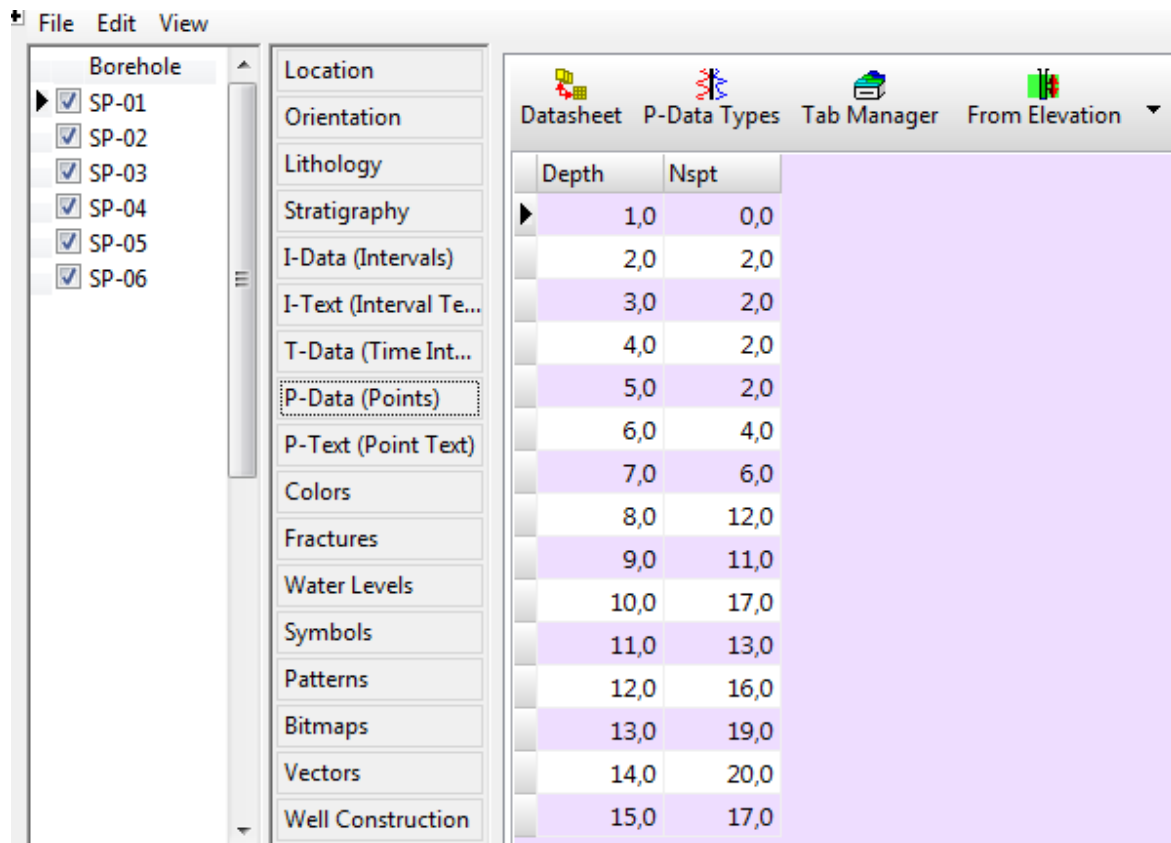


Fonte: Próprio autor/2019

### 5.3 P- Data (Points)

Nesta etapa é inserido o  $N_{spt}$  obtido em cada metro de profundidade como mostra a Figura 15.

**Figura 15 - Janela de entrada do  $N_{spt}$  no *Rockworks 16***



The screenshot shows the Rockworks 16 software interface. On the left, a 'Borehole' list contains six entries (SP-01 to SP-06) with checkboxes. The 'P-Data (Points)' option is selected in the main menu. The central table displays the following data:

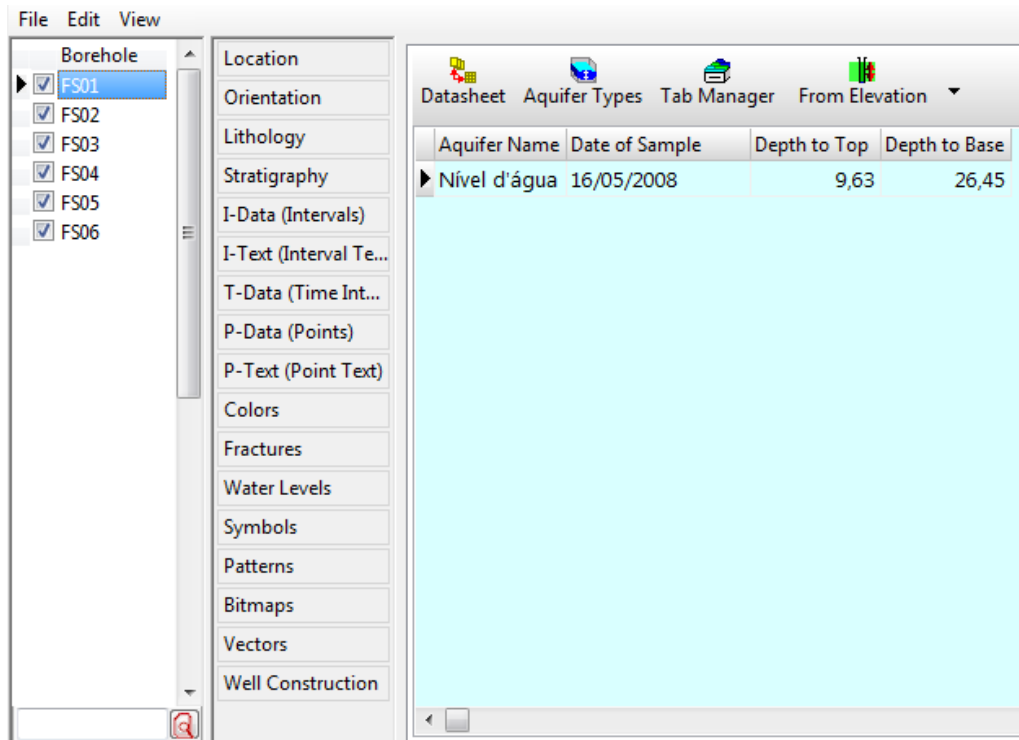
Depth	Nspt
1,0	0,0
2,0	2,0
3,0	2,0
4,0	2,0
5,0	2,0
6,0	4,0
7,0	6,0
8,0	12,0
9,0	11,0
10,0	17,0
11,0	13,0
12,0	16,0
13,0	19,0
14,0	20,0
15,0	17,0

Fonte: Próprio autor/2019

## 5.4 Nível d'água

Depois de realizado os passos anteriores deve-se inserir o nível d'água encontrado em cada furo de sondagem, no item *Water Levels* é cadastrado o nome do aquífero, a data, e a cota de início e fim do nível d'água encontrado, como mostra a Figura 16.

**Figura 16** - Janela de entrada do nível d'água no *Rockworks 16*



Fonte: Próprio autor/2019



## 6 RESULTADOS E ANÁLISES

Neste capítulo apresentam-se os dados obtidos através dos relatórios de sondagens à percussão e do *software Rockworks 16*.

### 6.1 Modelos 2D

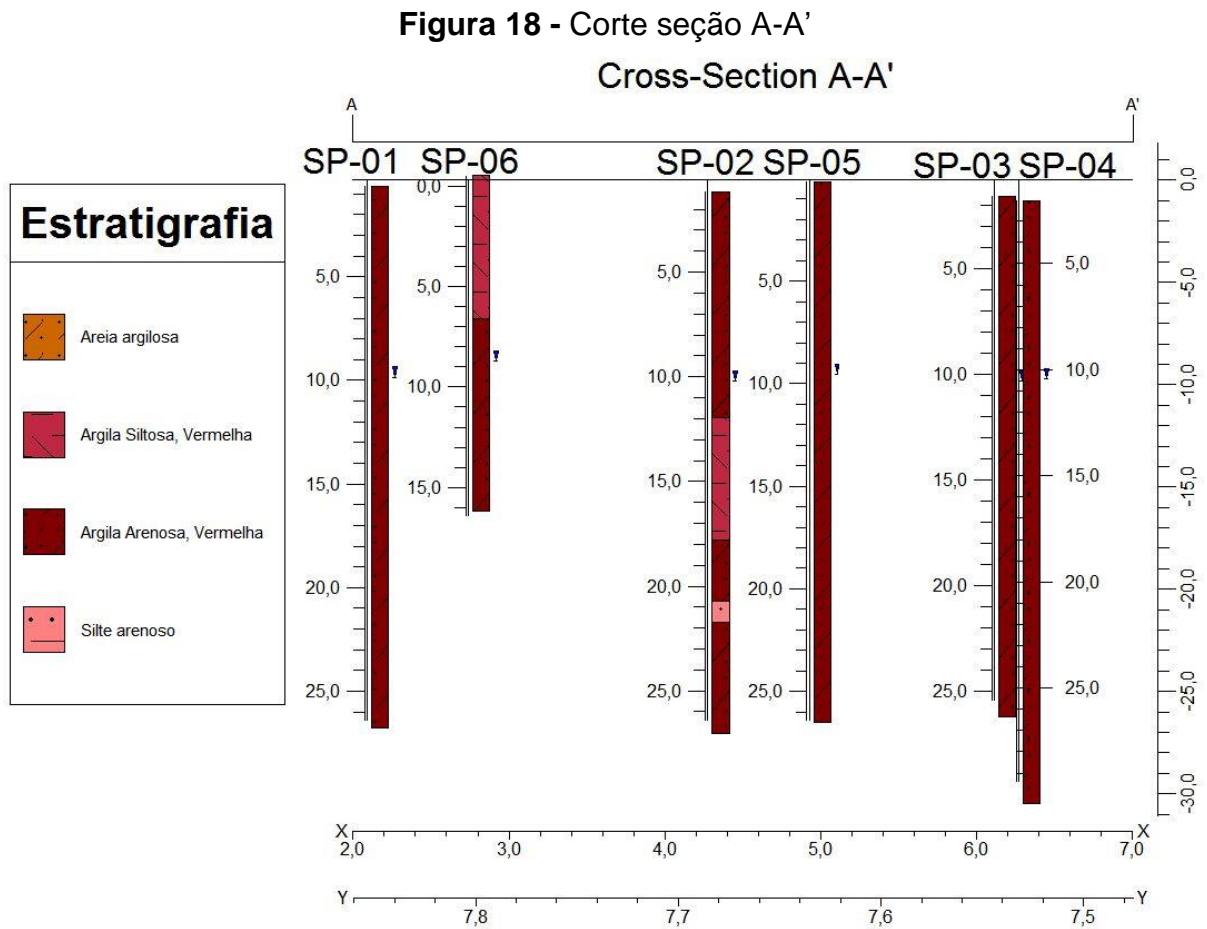
A Figura 17 mostra a planta com a localização dos furos, indicando o local onde foi representado o corte A-A'.

**Figura 17** - Planta de localização dos furos de sondagem corte seção A-A'



Fonte: Próprio autor/2019

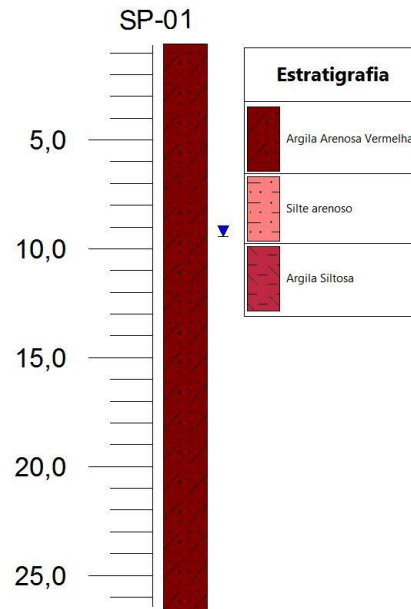
Por meio da geração dos perfis e da locação das sondagens, conforme apresenta na Figura 18 é possível visualizar melhor a estratigrafia do solo, podendo identificar composições que se fazem presente em alguns furos e não se fazem em outros. Além disso, é possível observar a posição do nível d'água e como ele se apresenta orientado em relação ao terreno, o que pode auxiliar o engenheiro em uma tomada de decisão.



Fonte: Próprio autor/2019

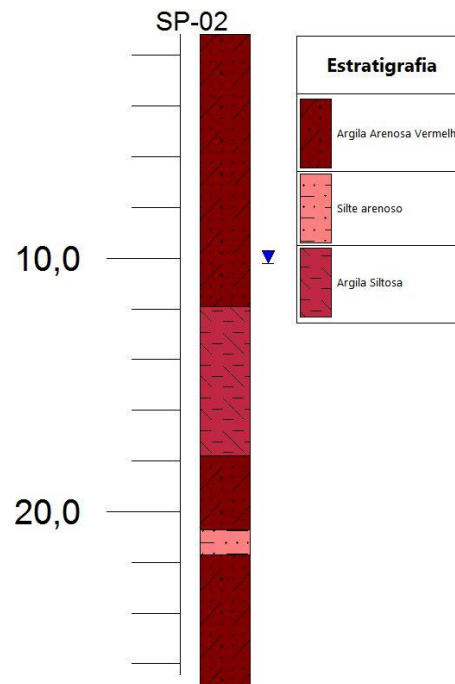
As Figuras 19 a 24 mostram a composição estratigráfica referente a cada um dos furos de sondagem realizados.

**Figura 19 - Camada estratigráfica do furo de sondagem 01**

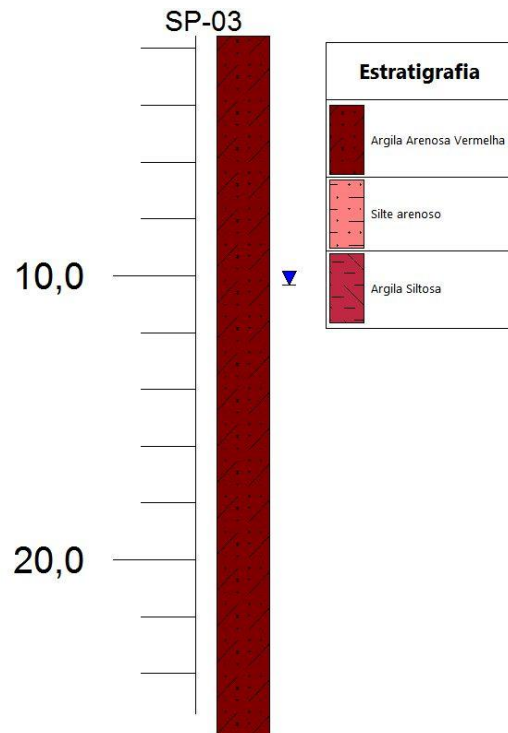


Fonte: Próprio autor/2019

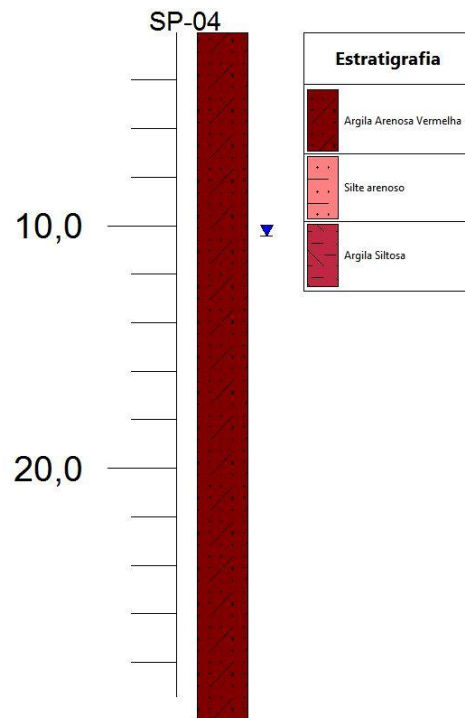
**Figura 20 - Camada estratigráfica do furo de sondagem 02**



Fonte: Próprio autor/2019

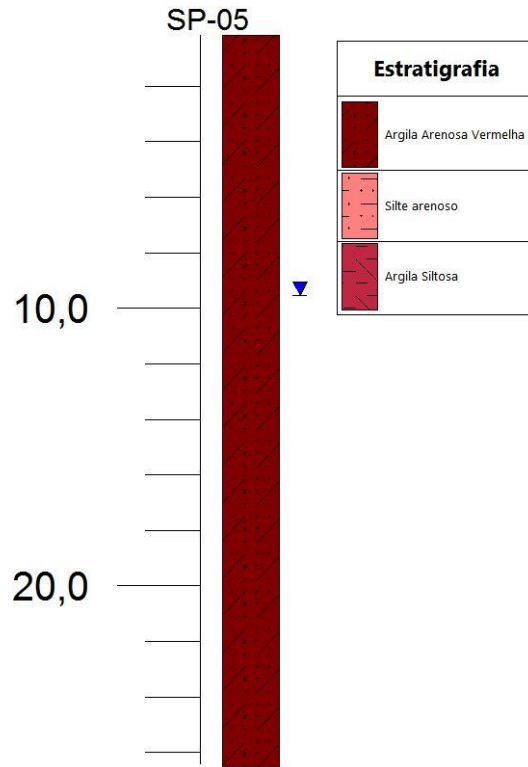
**Figura 21 - Camada estratigráfica do furo de sondagem 03**

Fonte: Próprio autor/2019

**Figura 22 - Camada estratigráfica do furo de sondagem 04**

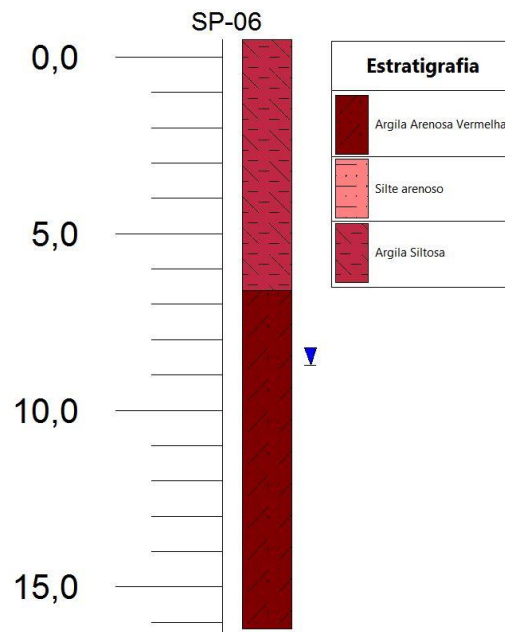
Fonte: Próprio autor/2019

**Figura 23 - Camada estratigráfica do furo de sondagem 05**



Fonte: Próprio autor/2019

**Figura 24 - Camada estratigráfica do furo de sondagem 06**

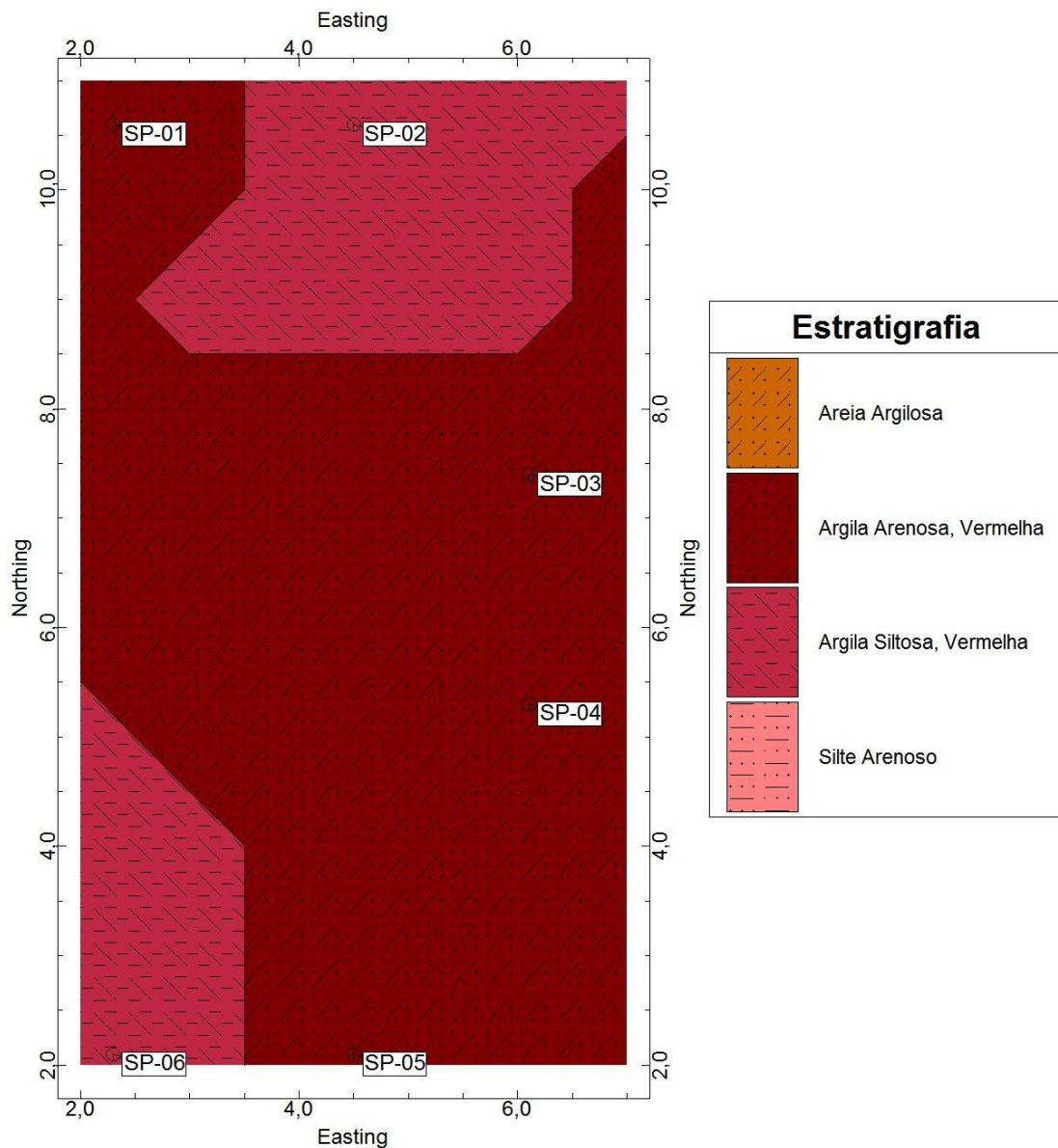


Fonte: Próprio autor/2019

Por meio da representação dos furos é possível identificar a espessura e as camadas presentes em cada furo apresentado, bem como a posição do nível d'água. O *software* também permite a adequação das hachuras para cada tipo de solo, o que possibilita a representação das camadas de solo de acordo com a recomendação da norma Rochas e Solos NBR13441 (ABNT, 1995).

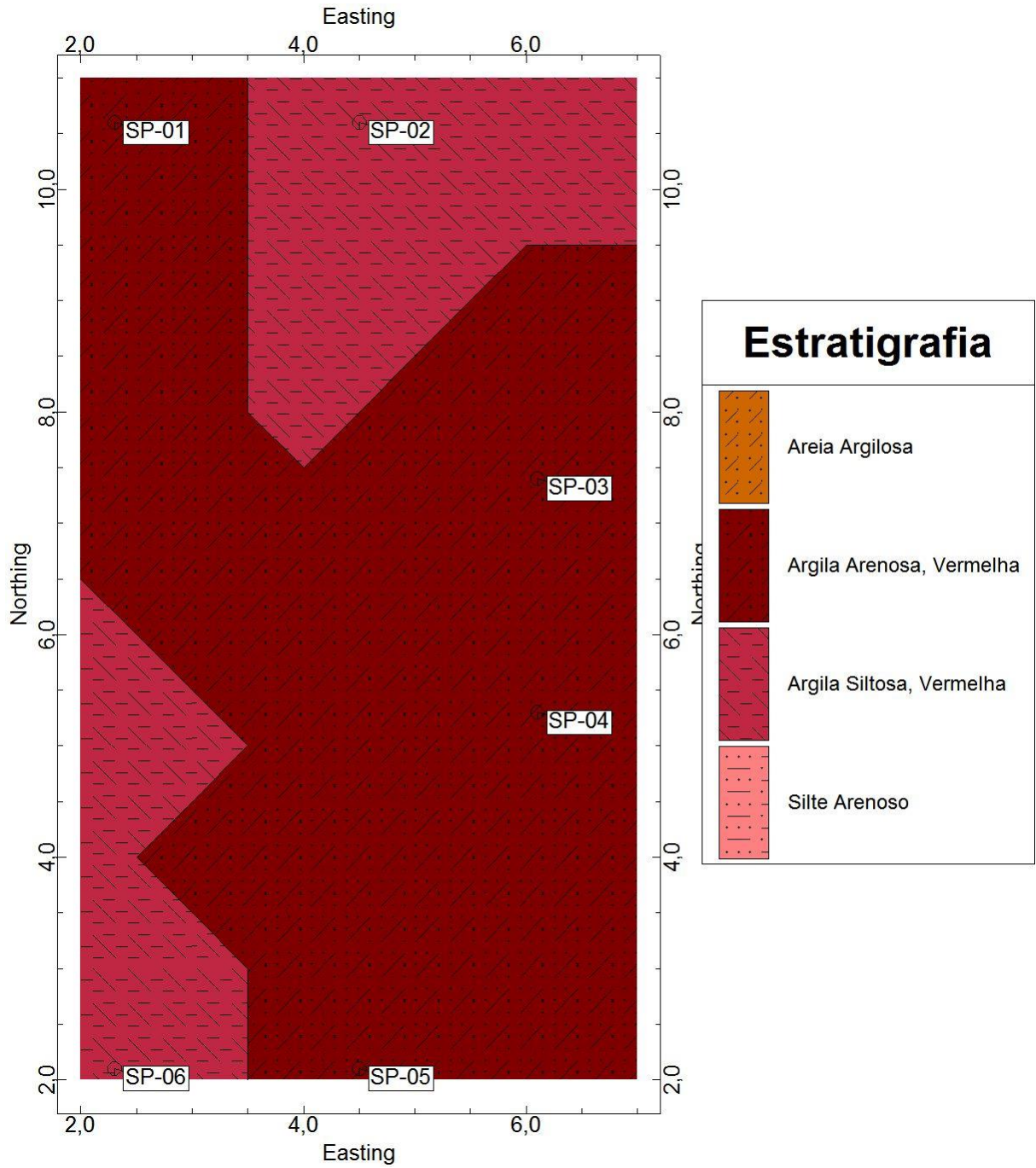
As Figuras 25 a 39 apresentam o perfil da área, interpolada por meio de krigagem, a cada metro perfurado.

**Figura 25 - Mapa plano estratigráfico 0m - Superfície**

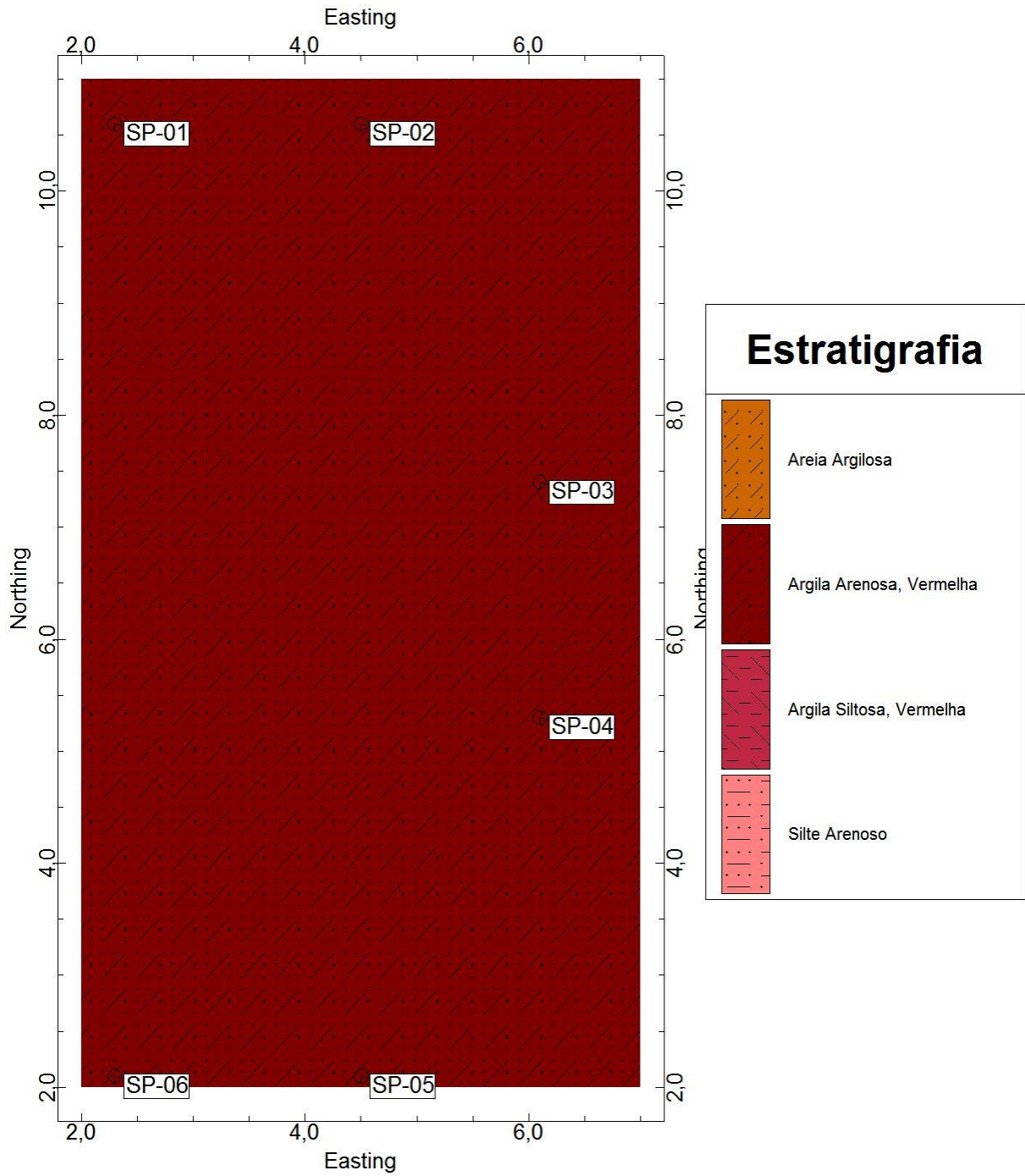


Fonte: Próprio autor/2019

**Figura 26 - Mapa plano estratigráfico 1m - Profundidade**



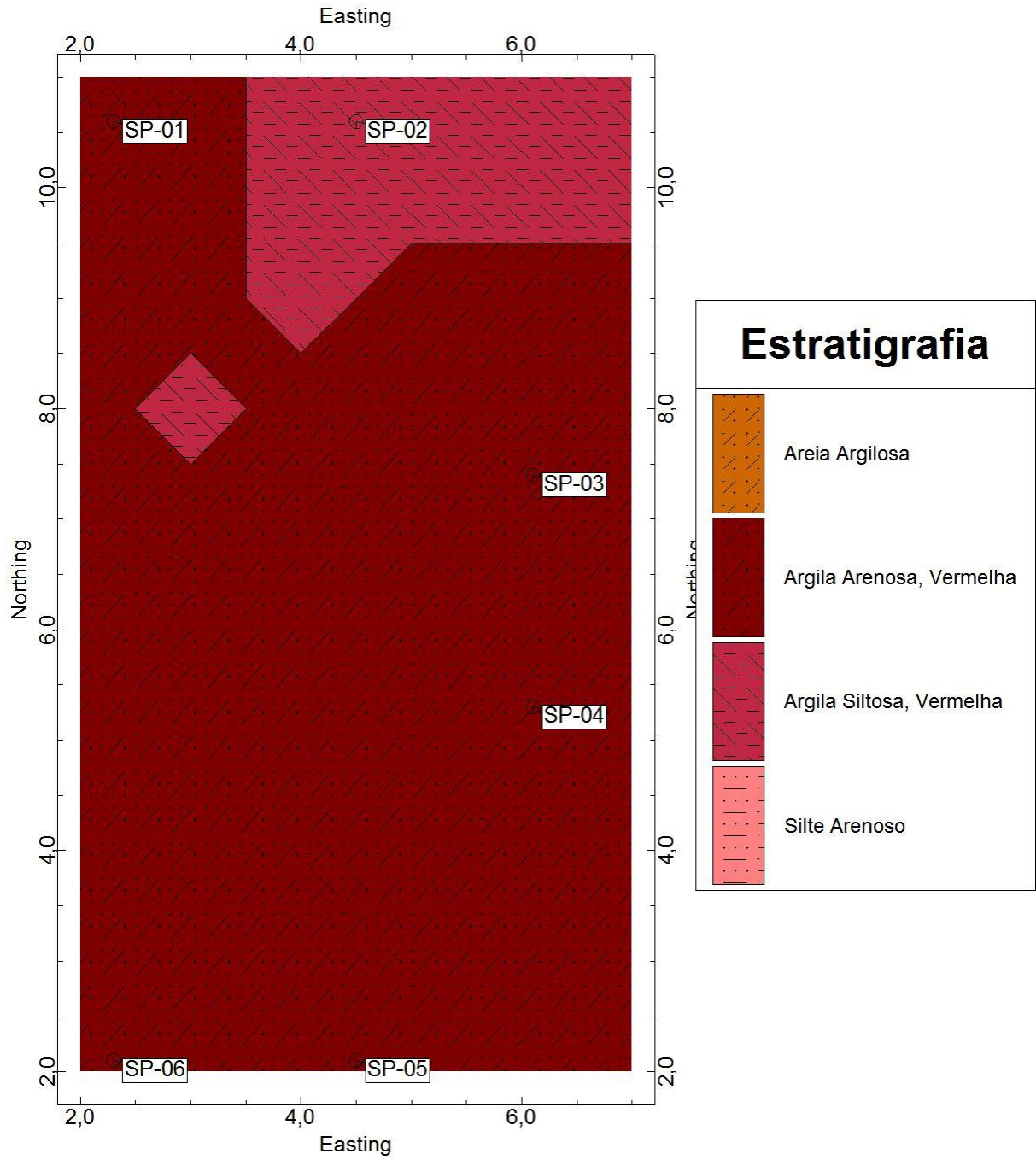
Fonte: Próprio autor/2019

**Figura 27 - Mapa plano estratigráfico 2m a 11m - Profundidade**

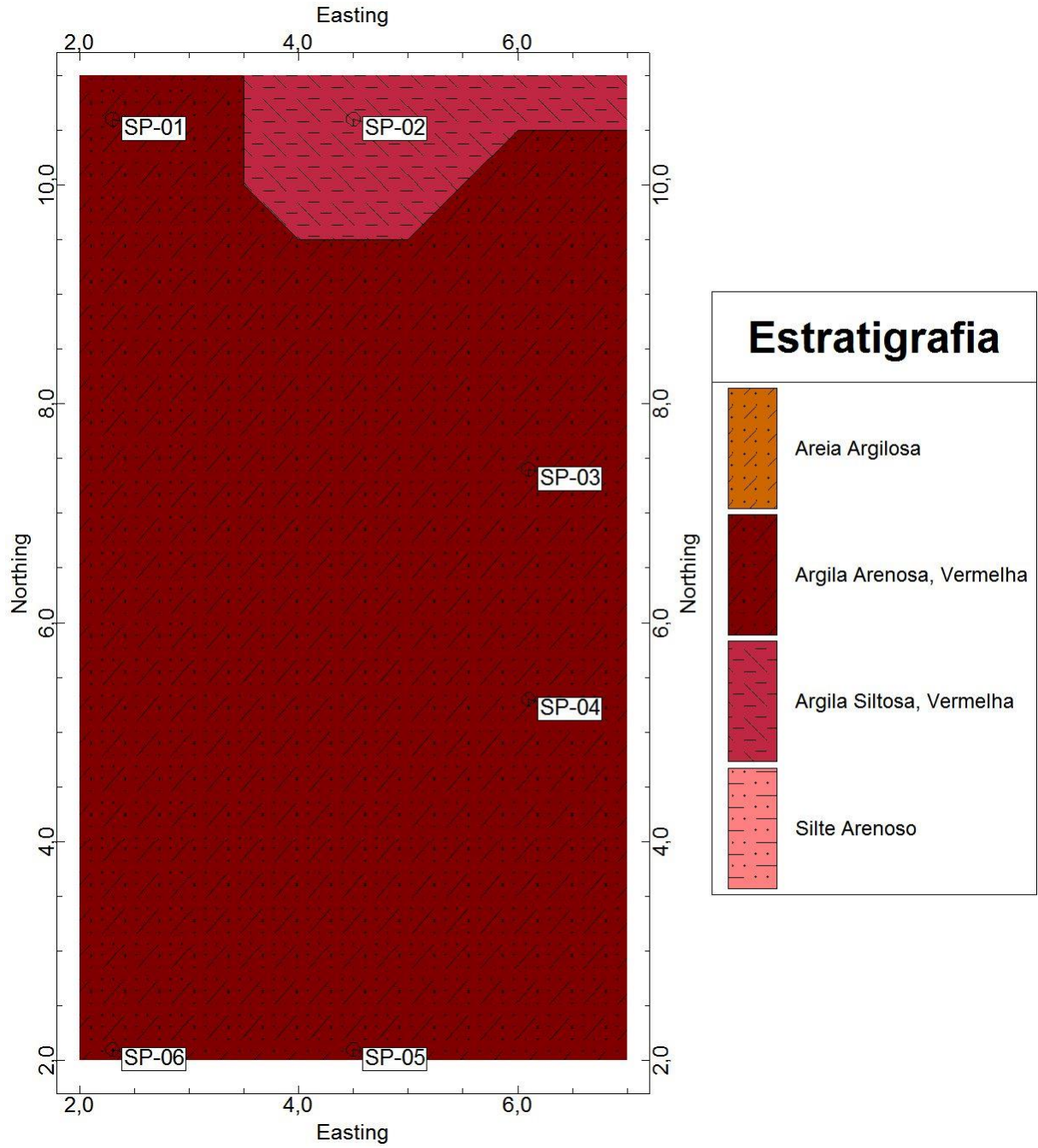
Fonte: Próprio autor/2019



**Figura 28 - Mapa plano estratigráfico 12m - Profundidade**

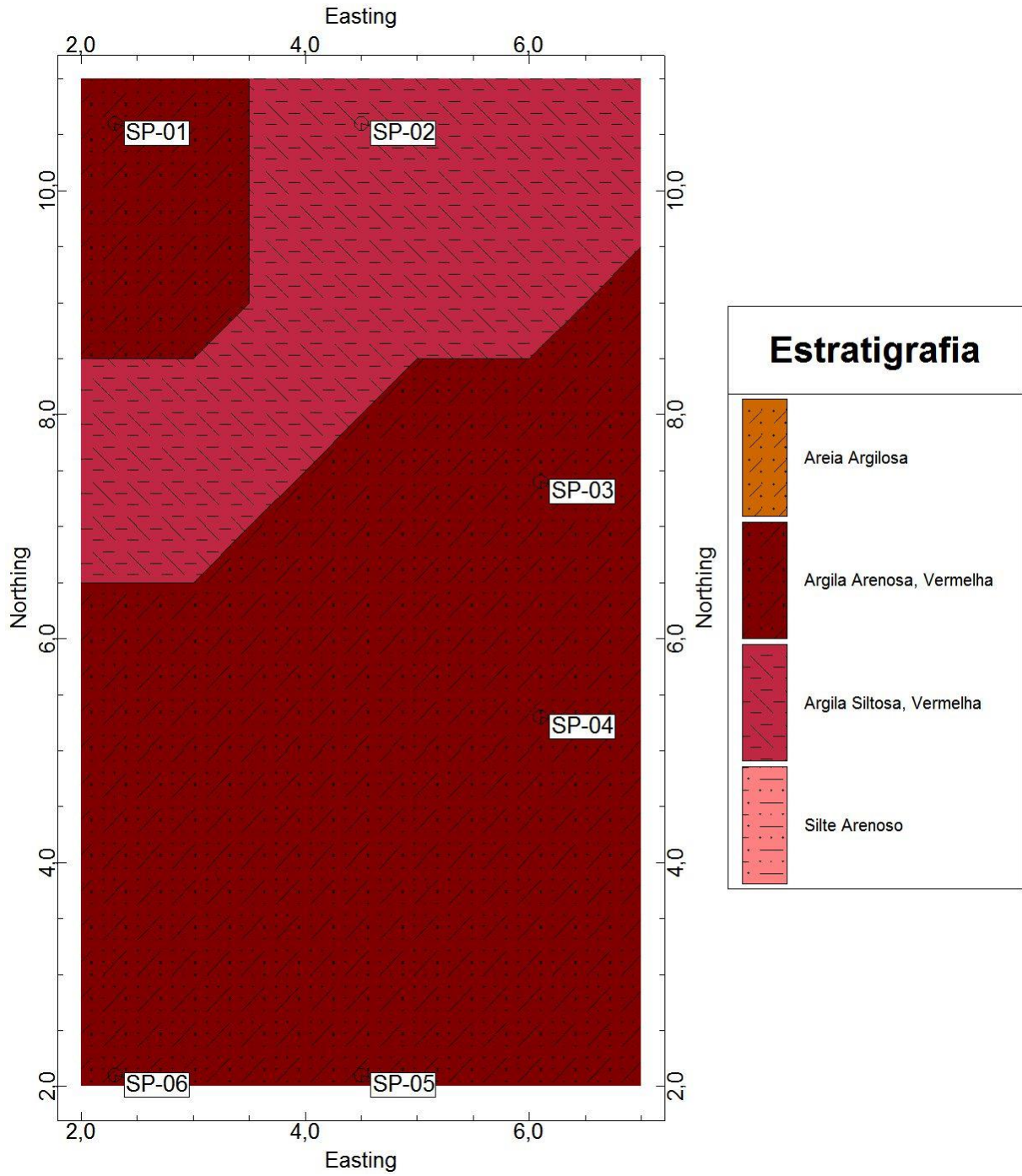


Fonte: Próprio autor/2019

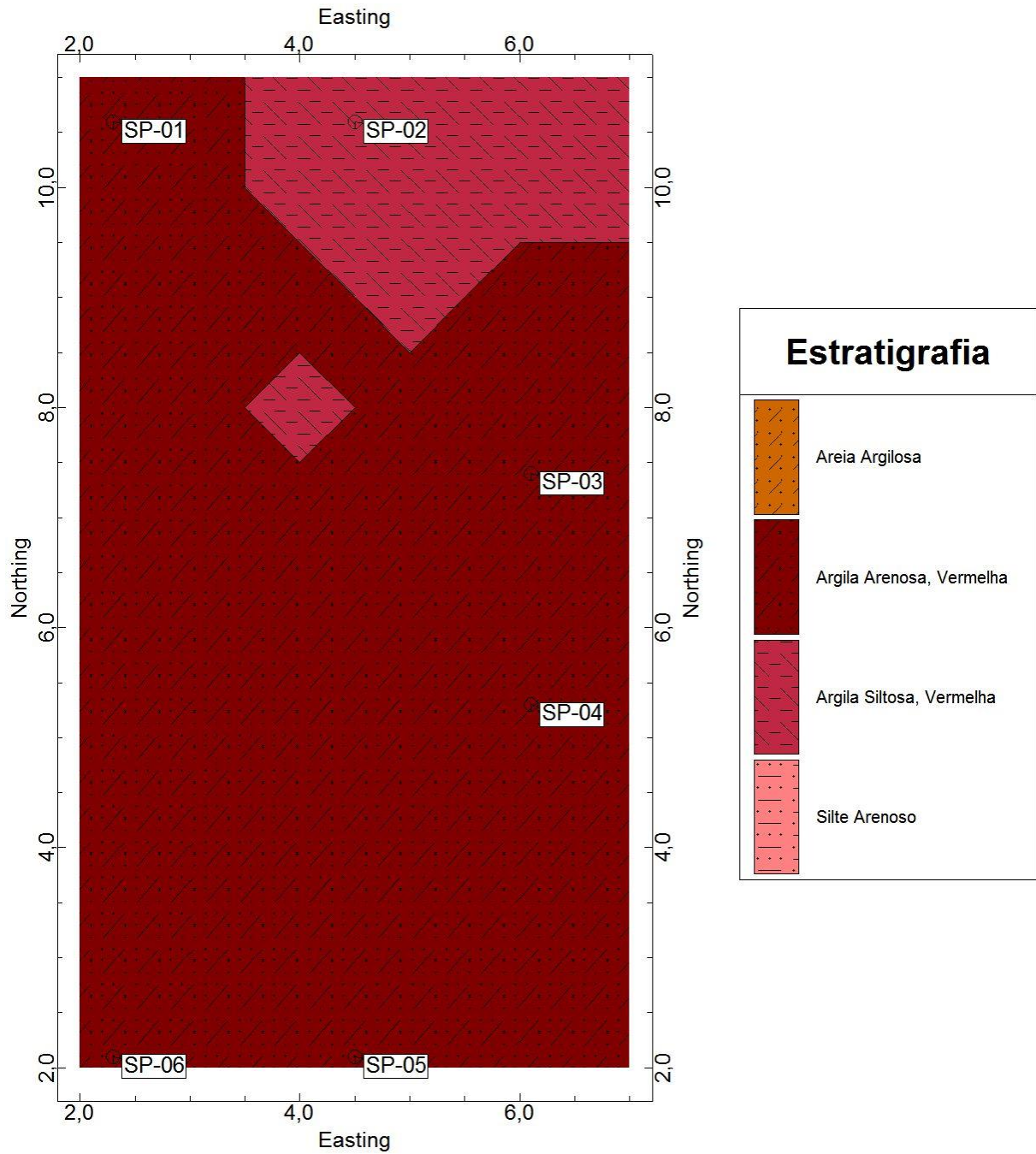
**Figura 29 - Mapa plano estratigráfico 13m - Profundidade**

Fonte: Próprio autor/2019

**Figura 30 - Mapa plano estratigráfico 14m - Profundidade**

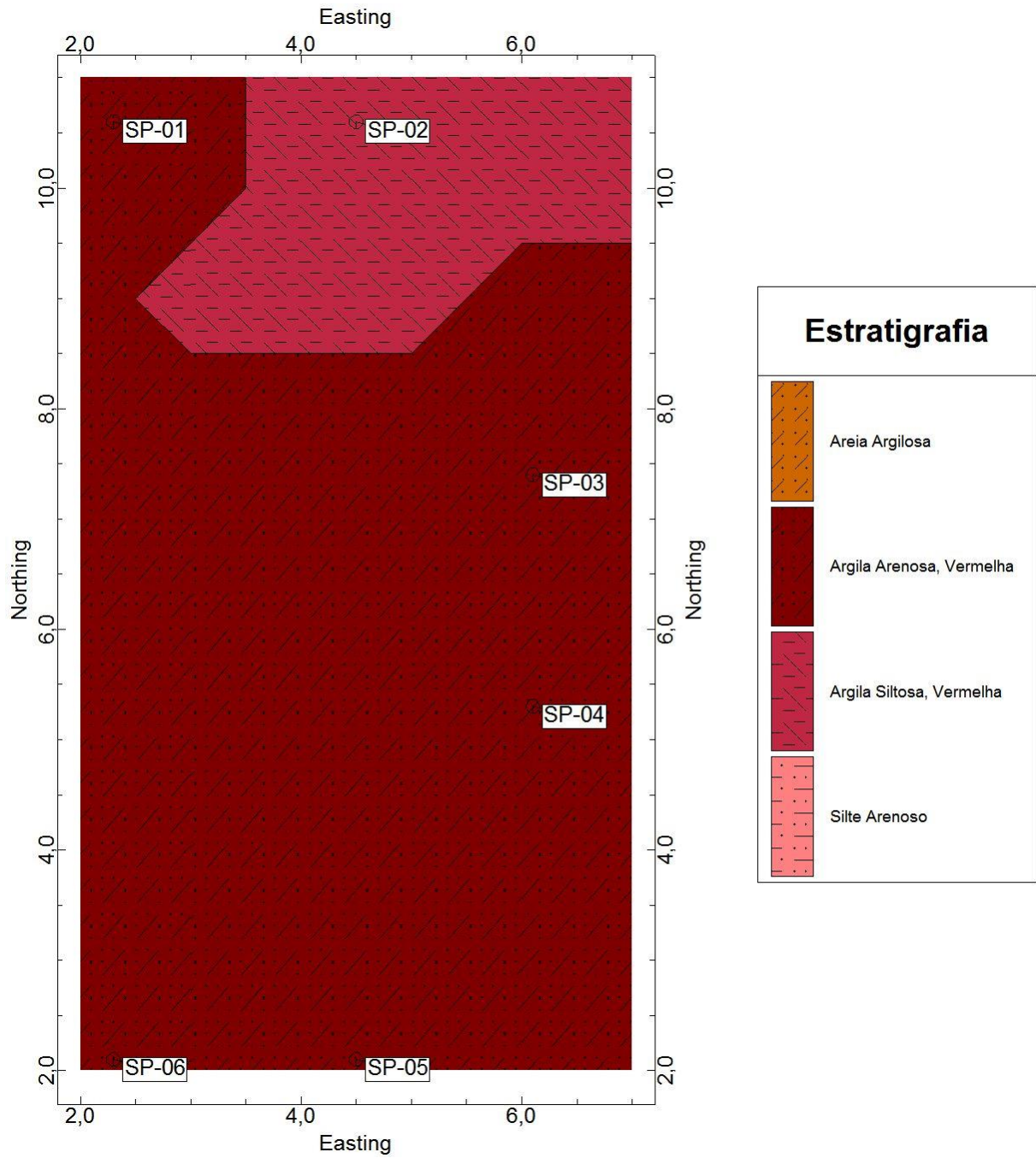


Fonte: Próprio autor/2019

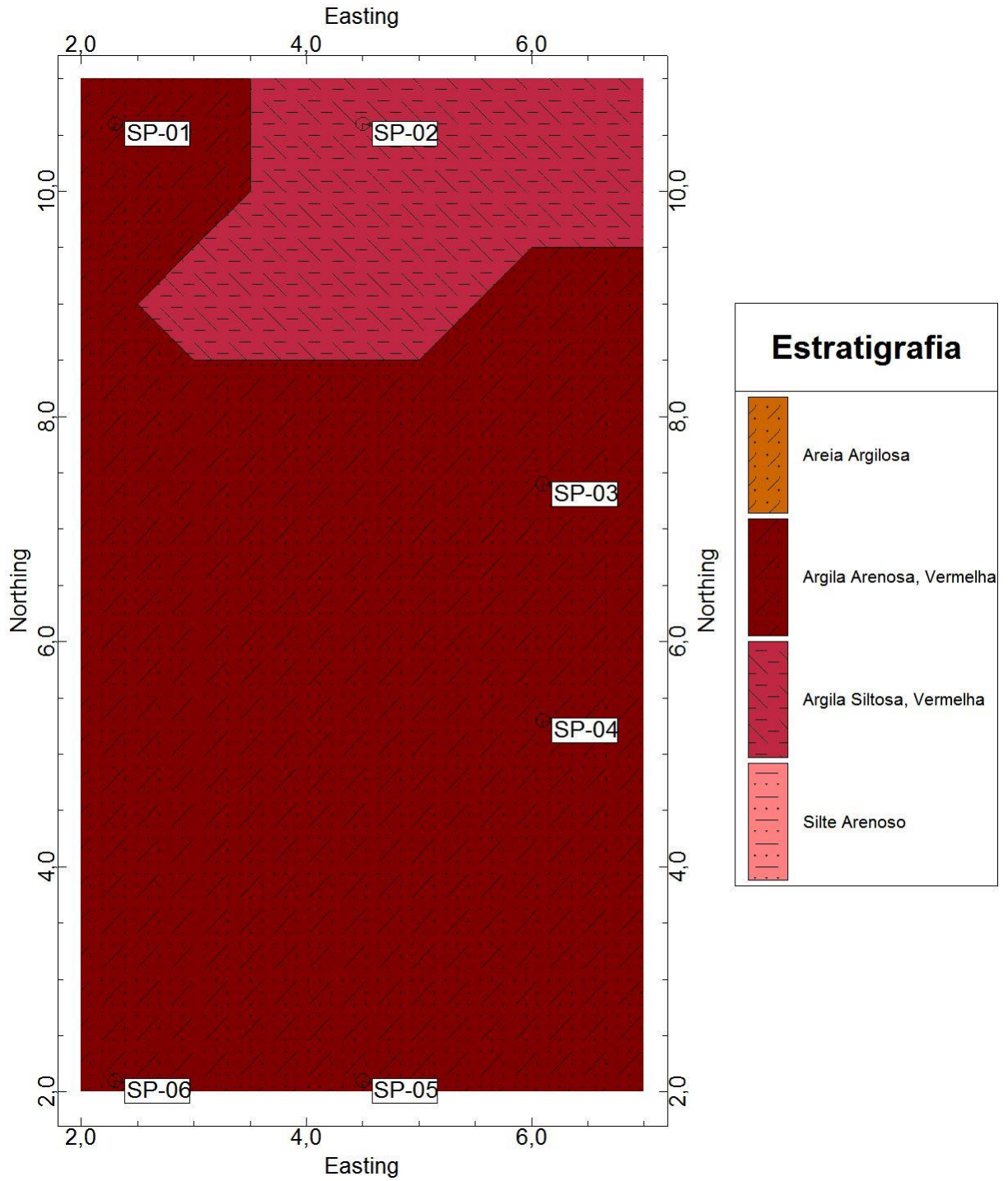
**Figura 31 - Mapa plano estratigráfico 15m - Profundidade**

Fonte: Próprio autor/2019

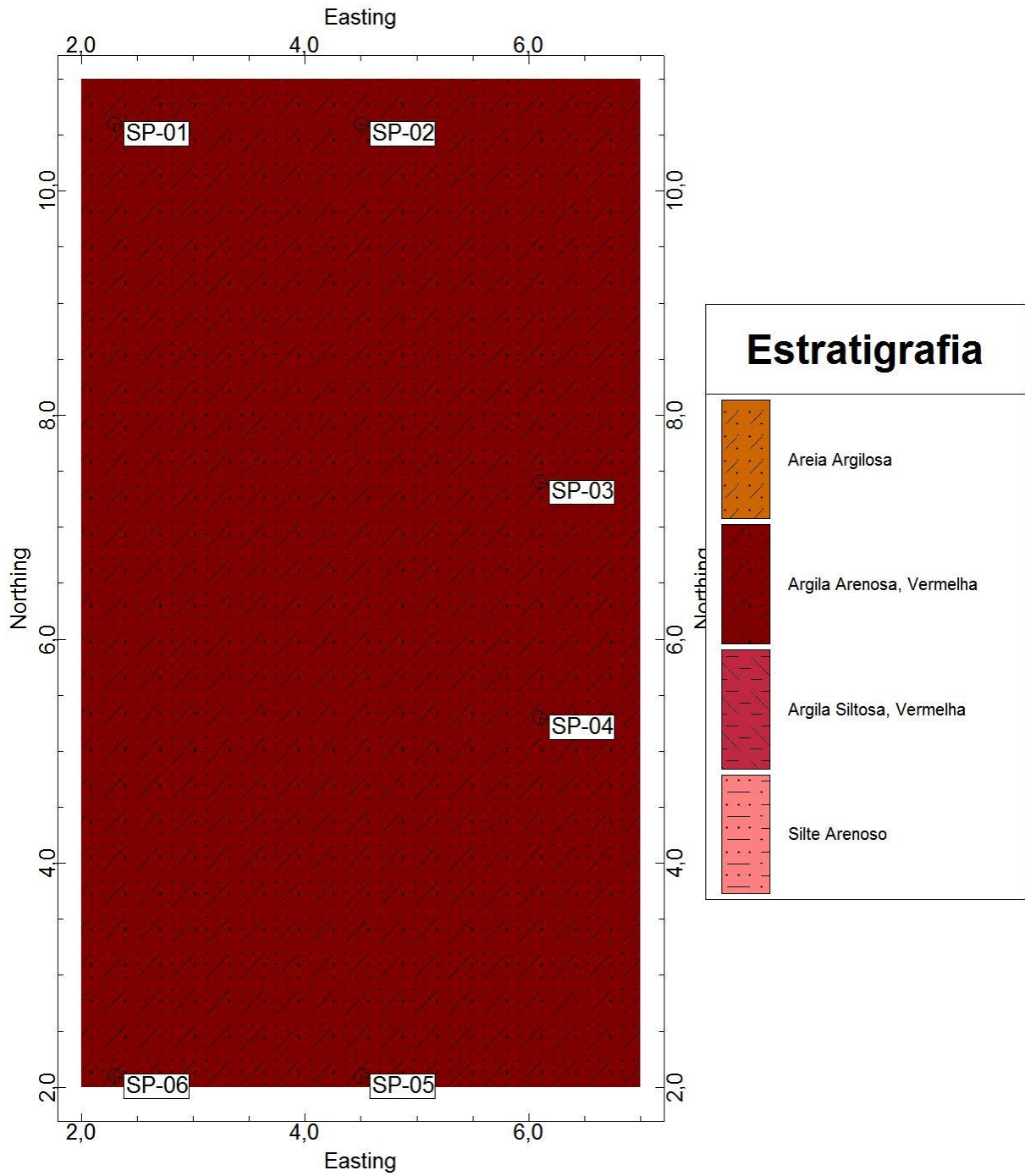
**Figura 32 - Mapa plano estratigráfico 16m - Profundidade**



Fonte: Próprio autor/2019

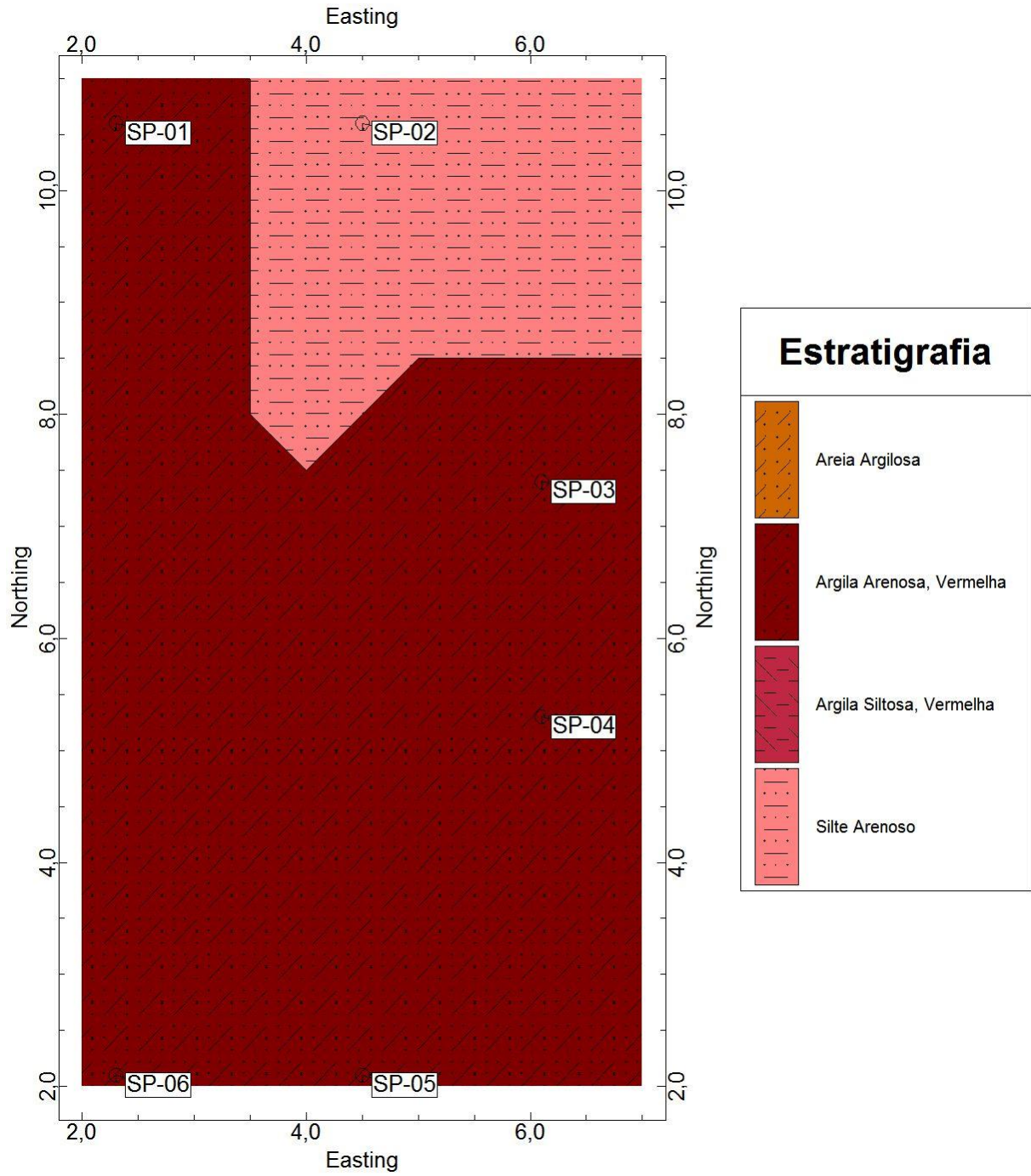
**Figura 33 - Mapa plano estratigráfico 17m - Profundidade**

Fonte: Próprio autor/2019

**Figura 34 - Mapa plano estratigráfico 18m a 20m - Profundidade**

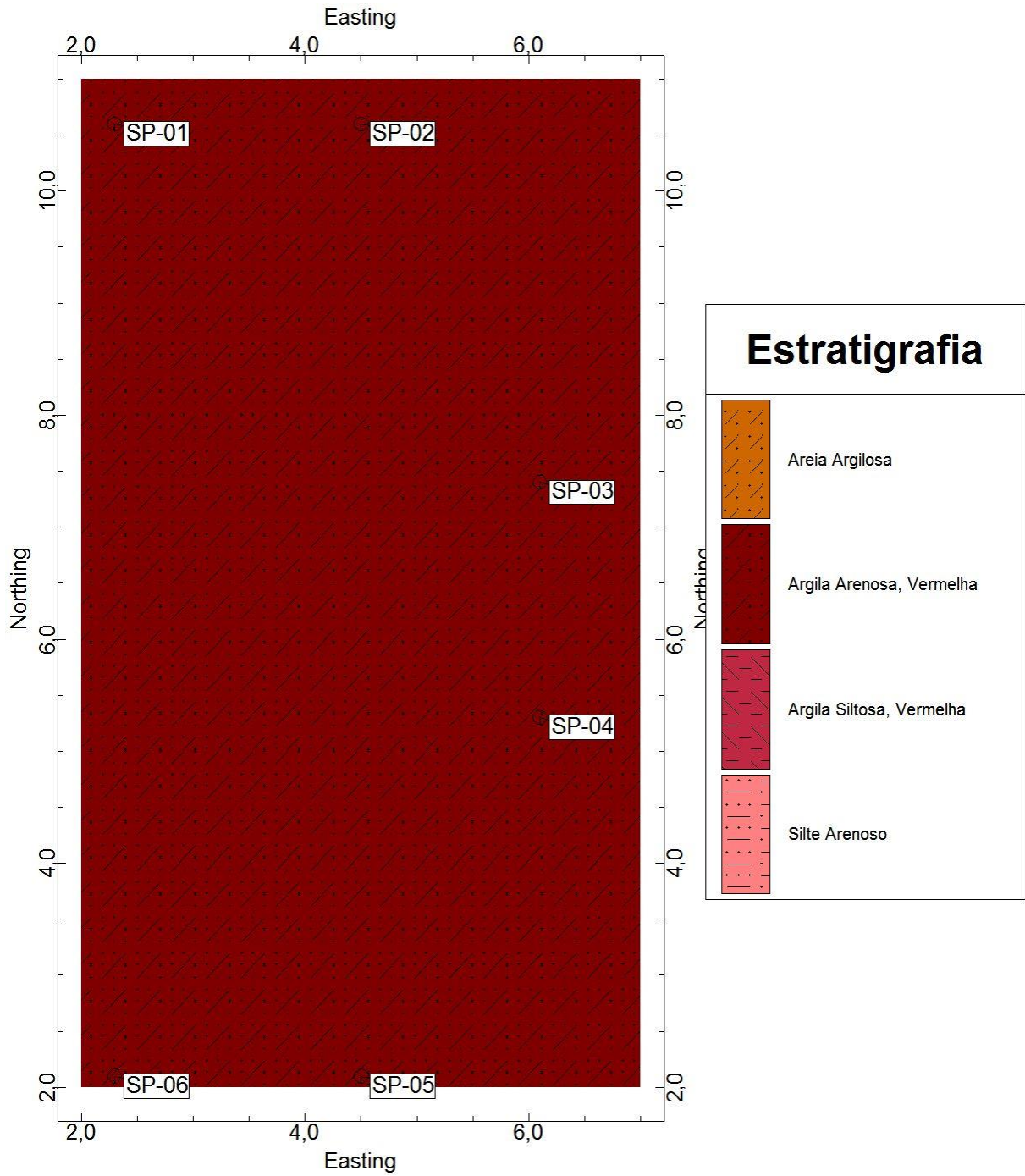
Fonte: Próprio autor/2019

Figura 35 - Mapa plano estratigráfico 21m - Profundidade



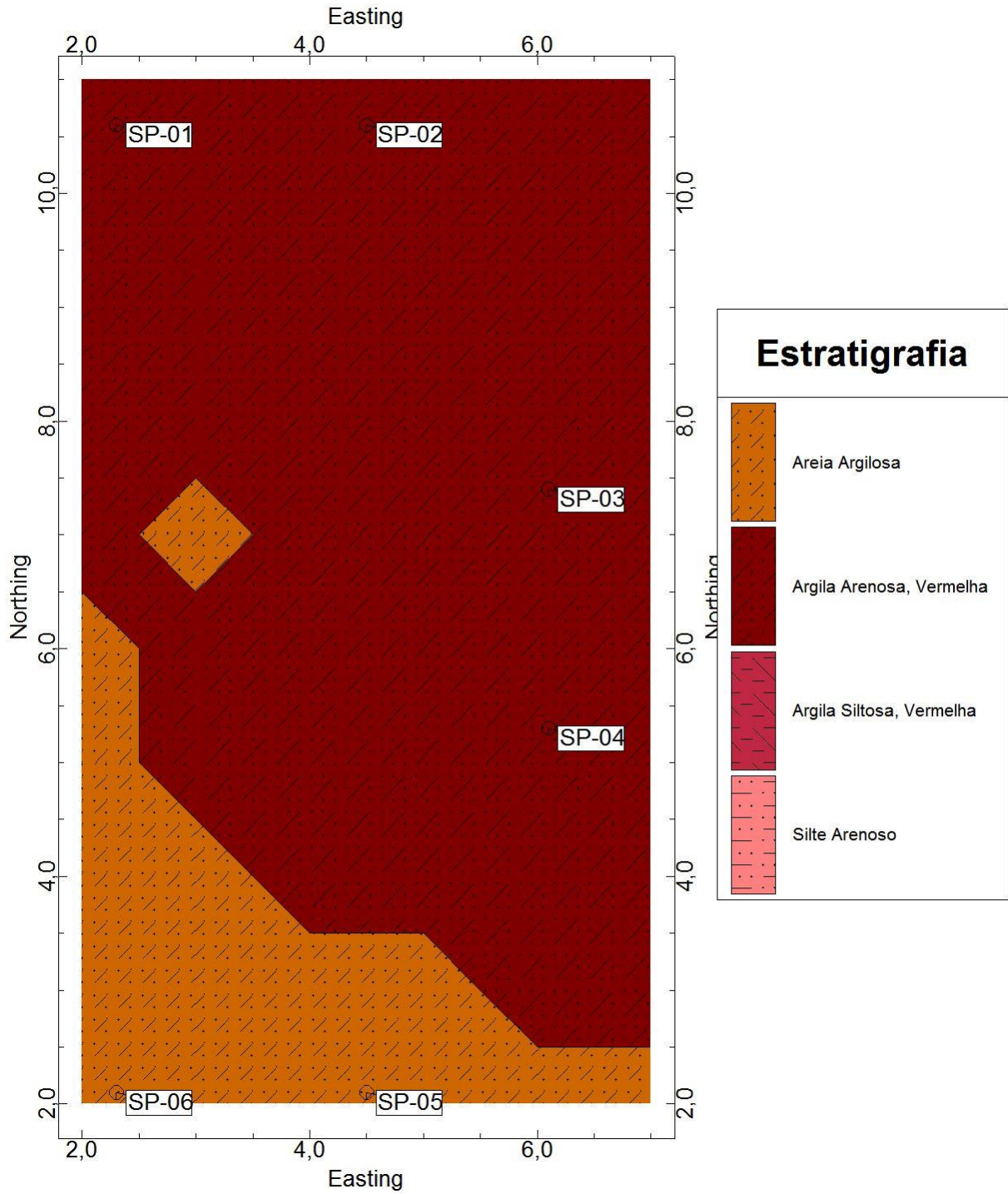
Fonte: Próprio autor/2019



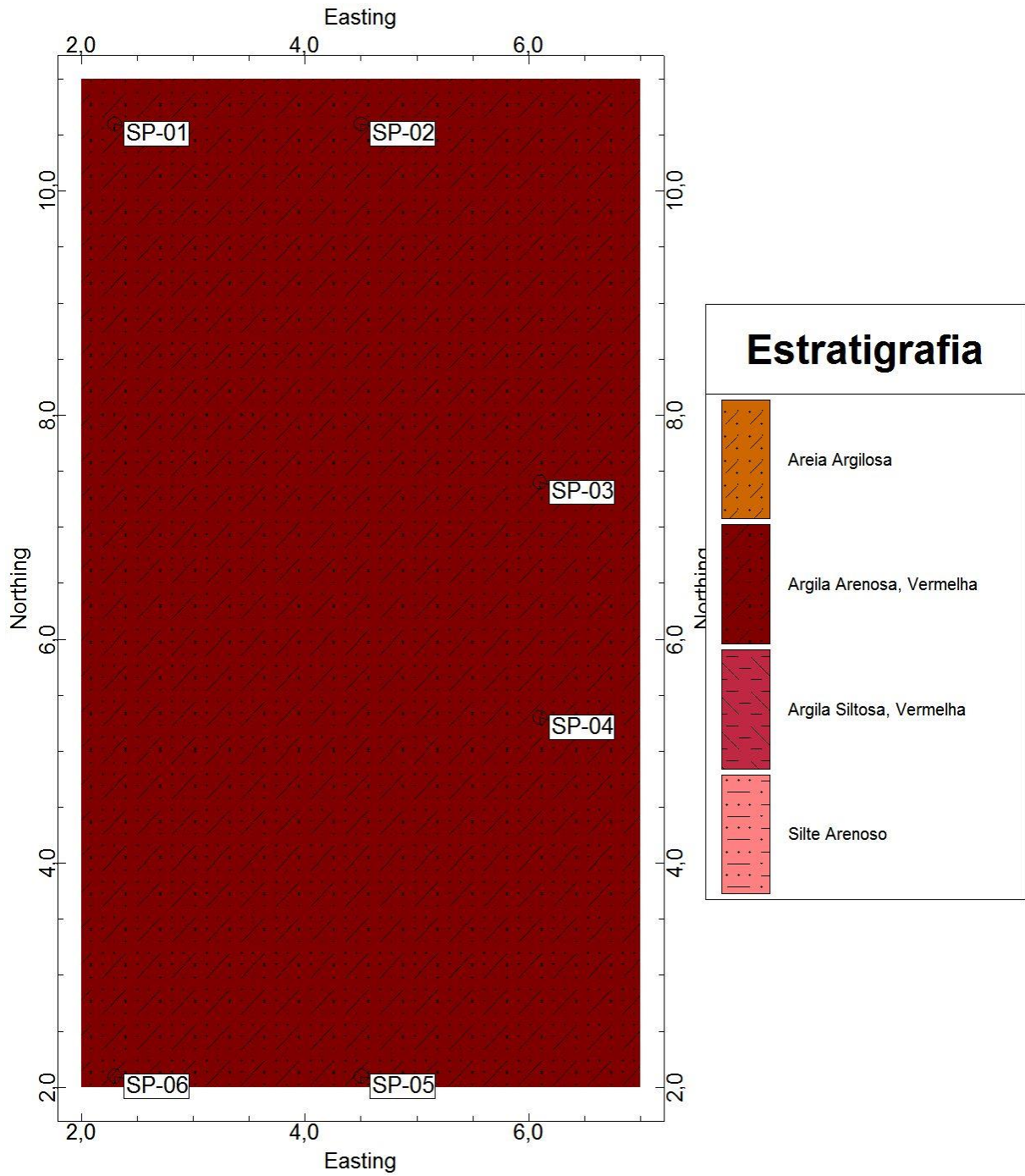
**Figura 36 - Mapa plano estratigráfico 22m a 25m - Profundidade**

Fonte: Próprio autor/2019

**Figura 37 - Mapa plano estratigráfico 26m - Profundidade**

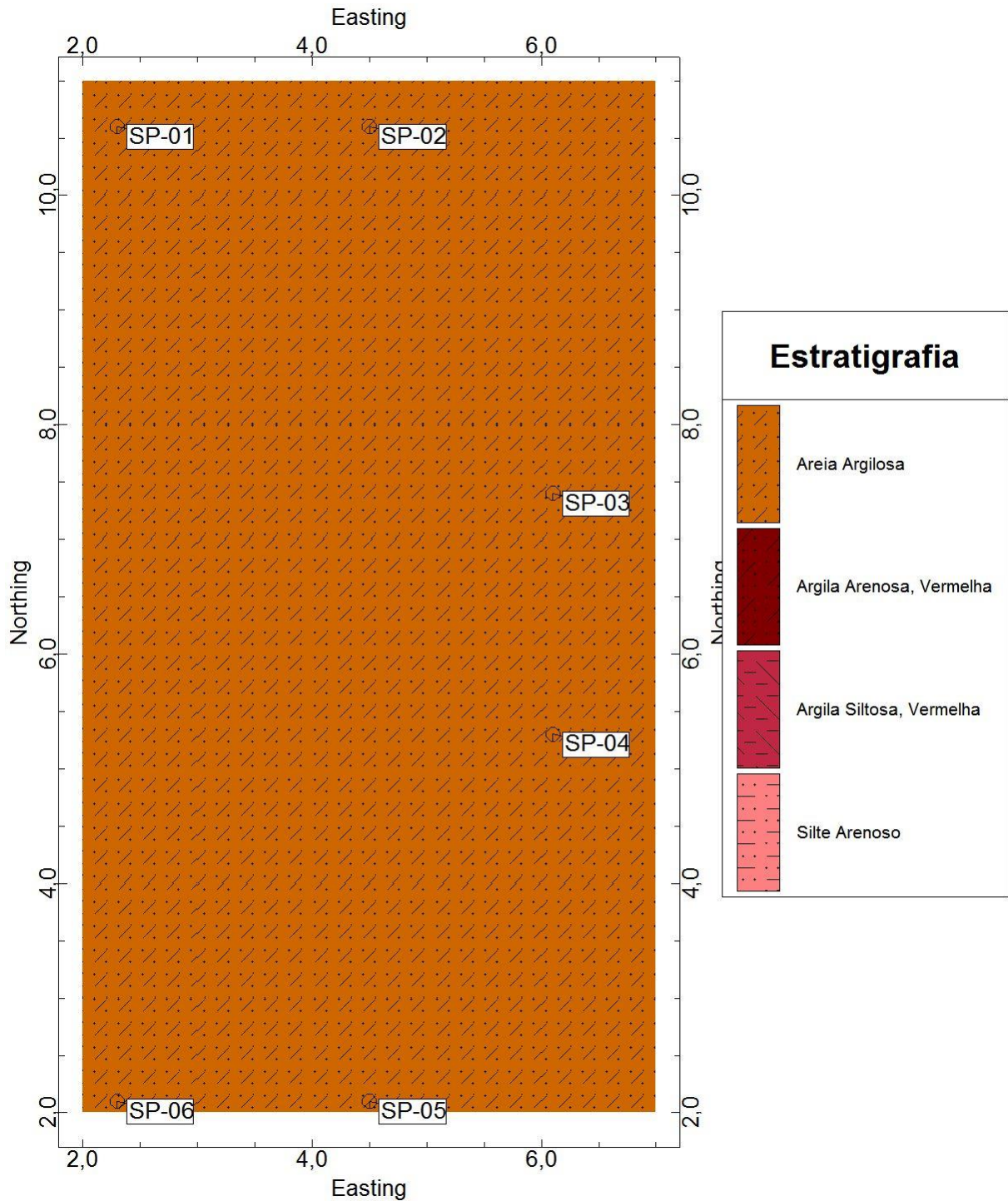


Fonte: Próprio autor/2019

**Figura 38 - Mapa plano estratigráfico 27m - Profundidade**

Fonte: Próprio autor/2019

**Figura 39 - Mapa plano estratigráfico 28m a 29,45m - Profundidade**



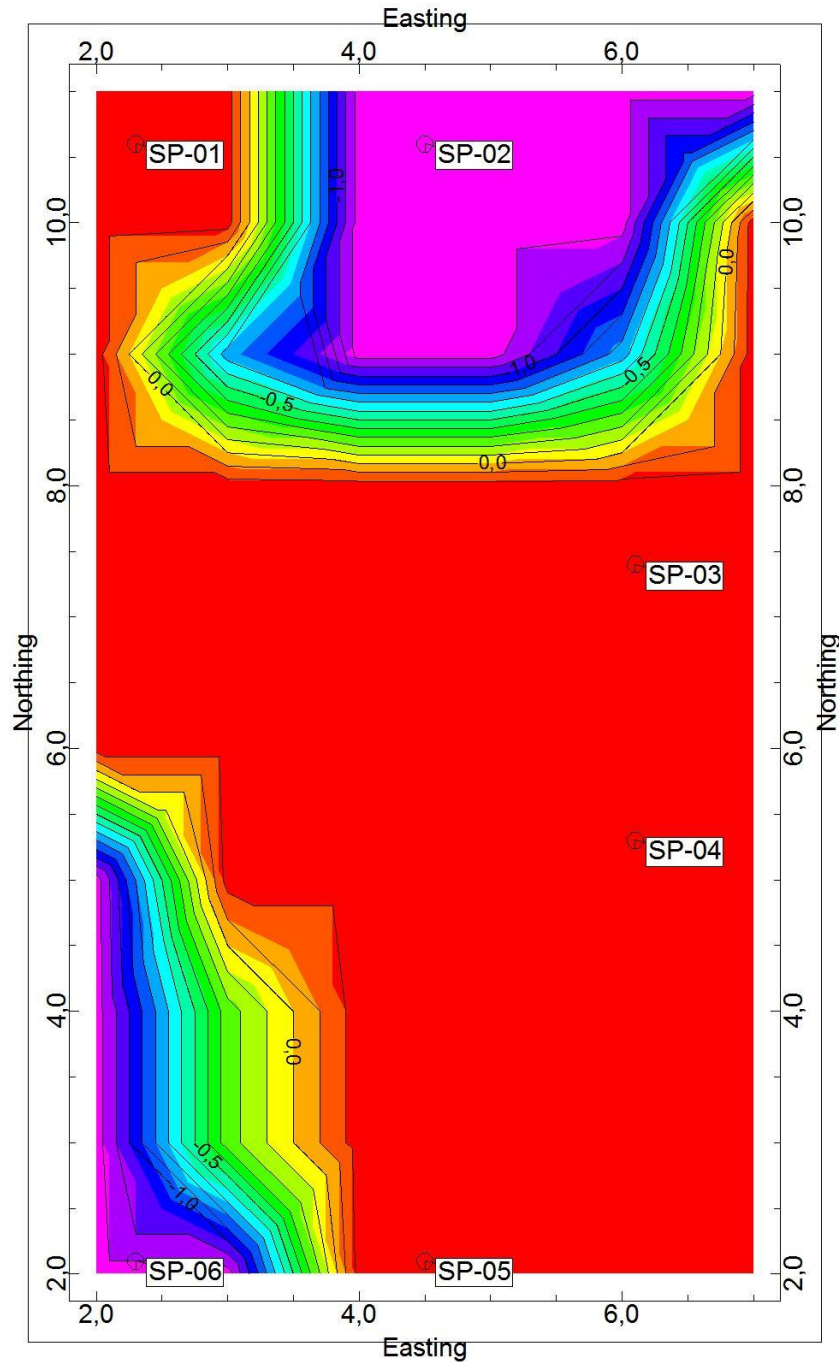
Fonte: Próprio autor/2019

A partir das Figuras apresentadas (25 a 39) é possível observar as camadas de solo para cada profundidade analisada, bem como estimar o solo presente em áreas que não foram ensaiadas. Essa representação das camadas de solo pode

auxiliar o engenheiro na identificação da melhor cota de assentamento de uma sapata e na identificação de camadas problemáticas.

As Figuras 40 a 43 apresentam as cotas do terreno identificadas a partir de cada camada de solo analisadas.

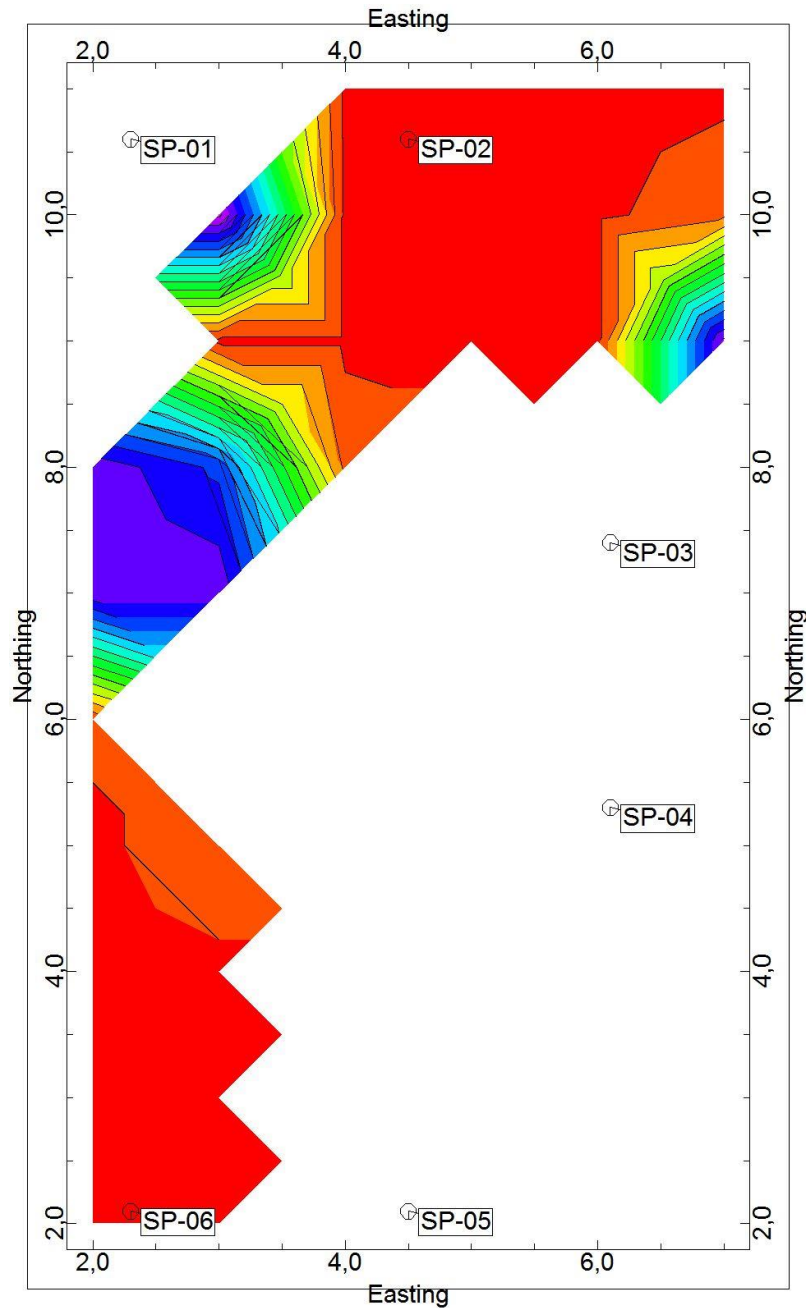
**Figura 40 - Argila arenosa vermelha 2D**



Fonte: Próprio autor/2019

Por meio da Figura 40 é possível identificar as cotas existentes para a camada de argila arenosa vermelha. Dessa forma, observa-se que, como essa camada de solo está presente em quase toda a superfície do solo e em todos os furos de sondagem, é possível identificar cotas em toda a região do terreno analisado.

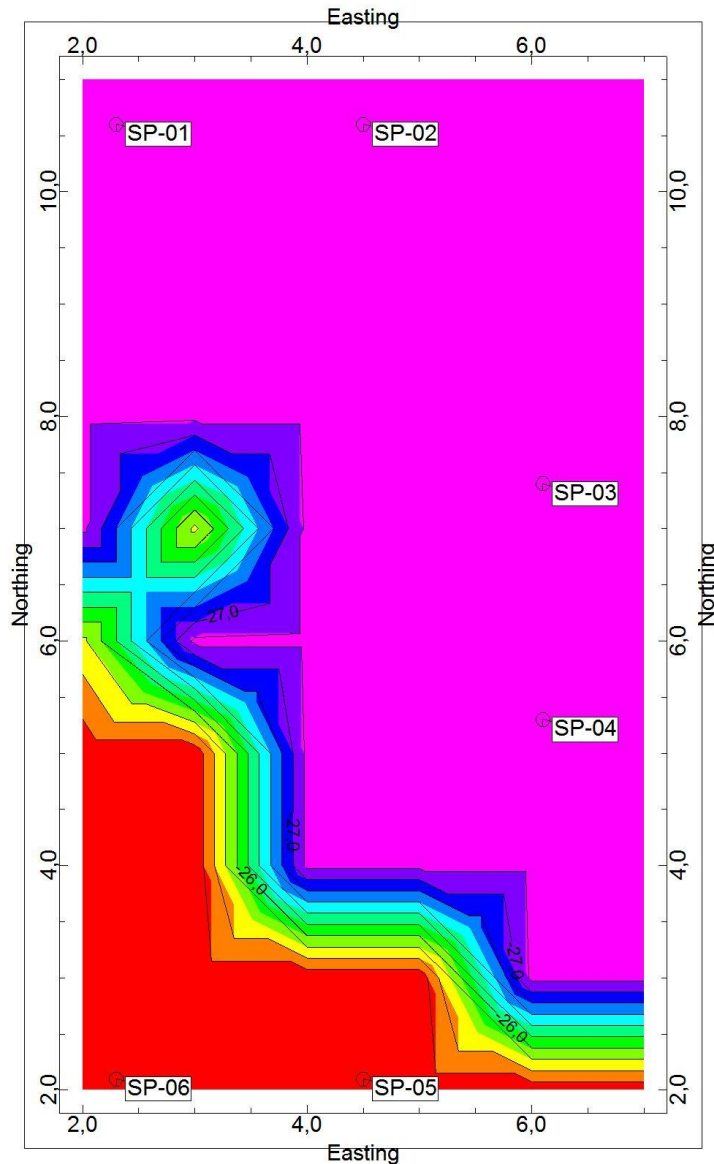
**Figura 41 - Argila siltosa vermelha 2D**



Fonte: Próprio autor/2019

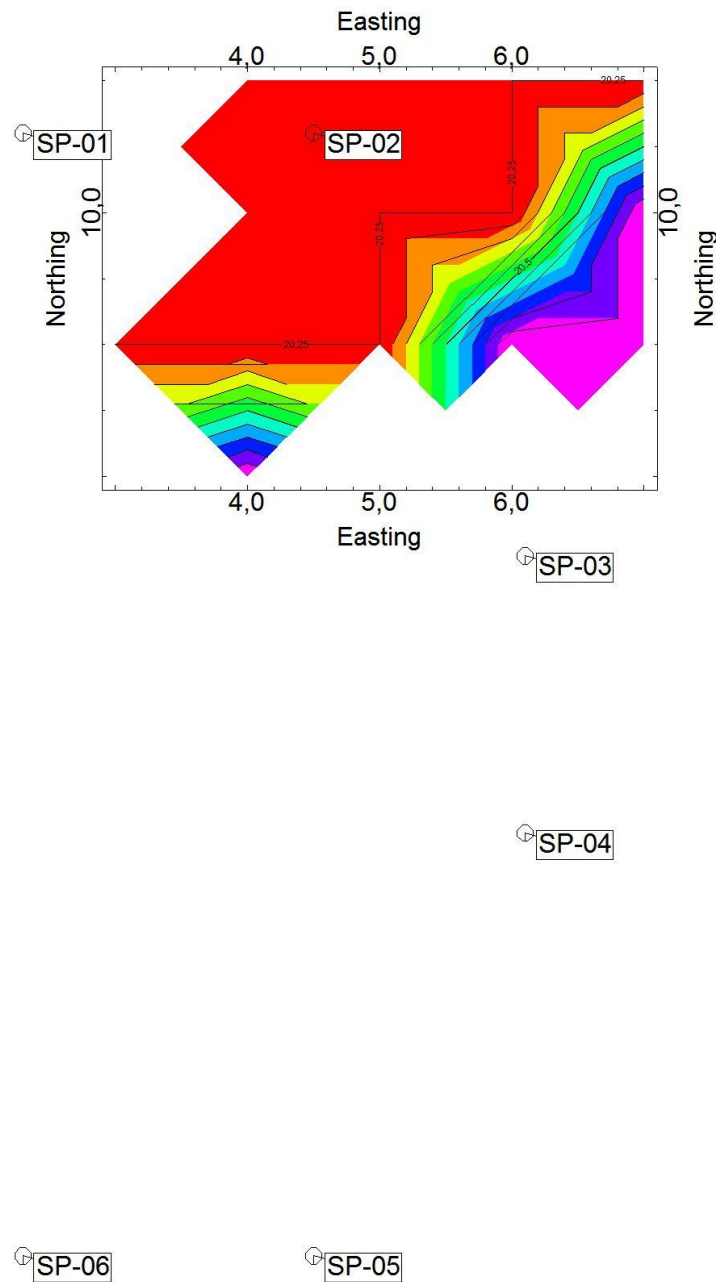
Para a camada de argila siltosa como mostra a Figura 41, como não se faz presente em todos os furos de sondagem, observam-se áreas sem informações de cotas ou curvas de nível, por falta de dados para interpolação.

**Figura 42 - Areia argilosa 2D**



Fonte: Próprio autor/2019

Observa-se, por meio da Figura 42, que a camada de areia argilosa se faz presente à grandes profundidades, pelos altos valores identificados nas cotas identificadas. É possível também observar na região rosa áreas sem a identificação desse solo, e dessa forma, sem curvas de nível.

**Figura 43 - Silte arenoso vermelho 2D**

Fonte: Próprio autor/2019

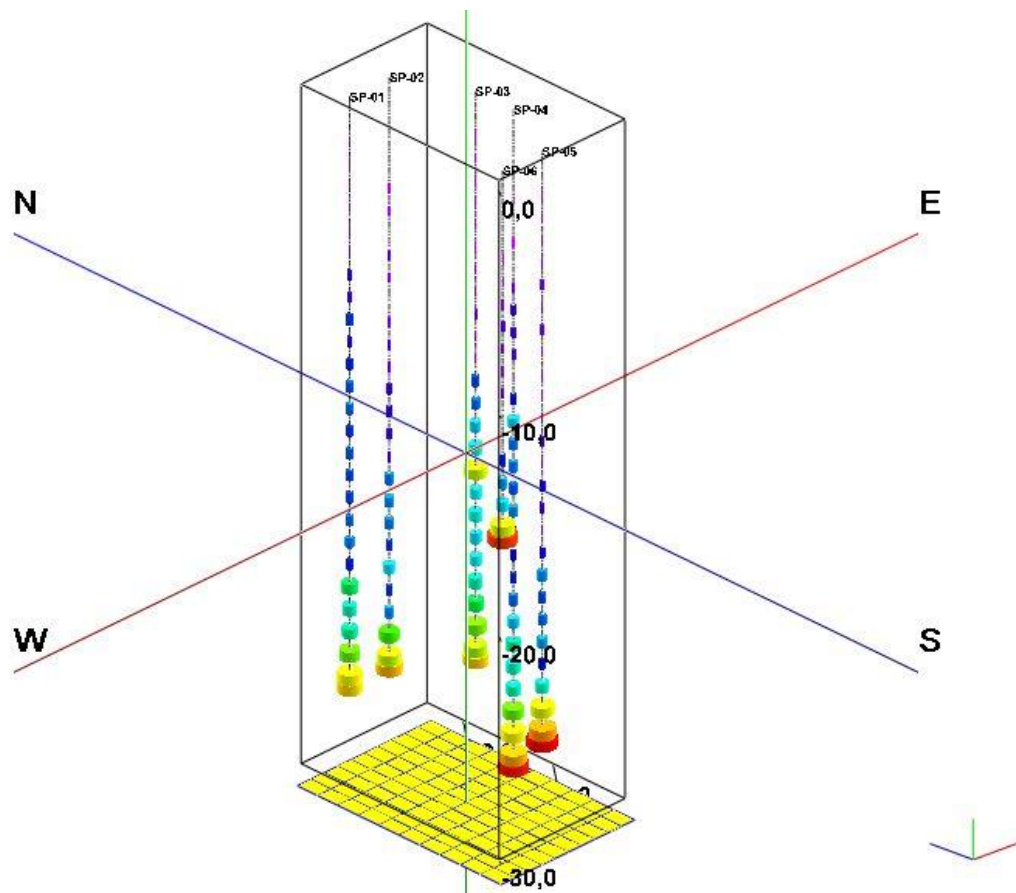
Para a camada de silte arenoso como mostra a Figura 43 também não foi completada a interpolação de resultados para a realização das curvas de nível, por falta de dados que identificassem esse tipo de solo nas sondagens.



### 6.1.1 $N_{spt}$

Em continuidade às análises 2D a Figura 44 apresenta os resultados gráficos em relação aos valores de índice de resistência à penetração do solo ( $N_{spt}$ ).

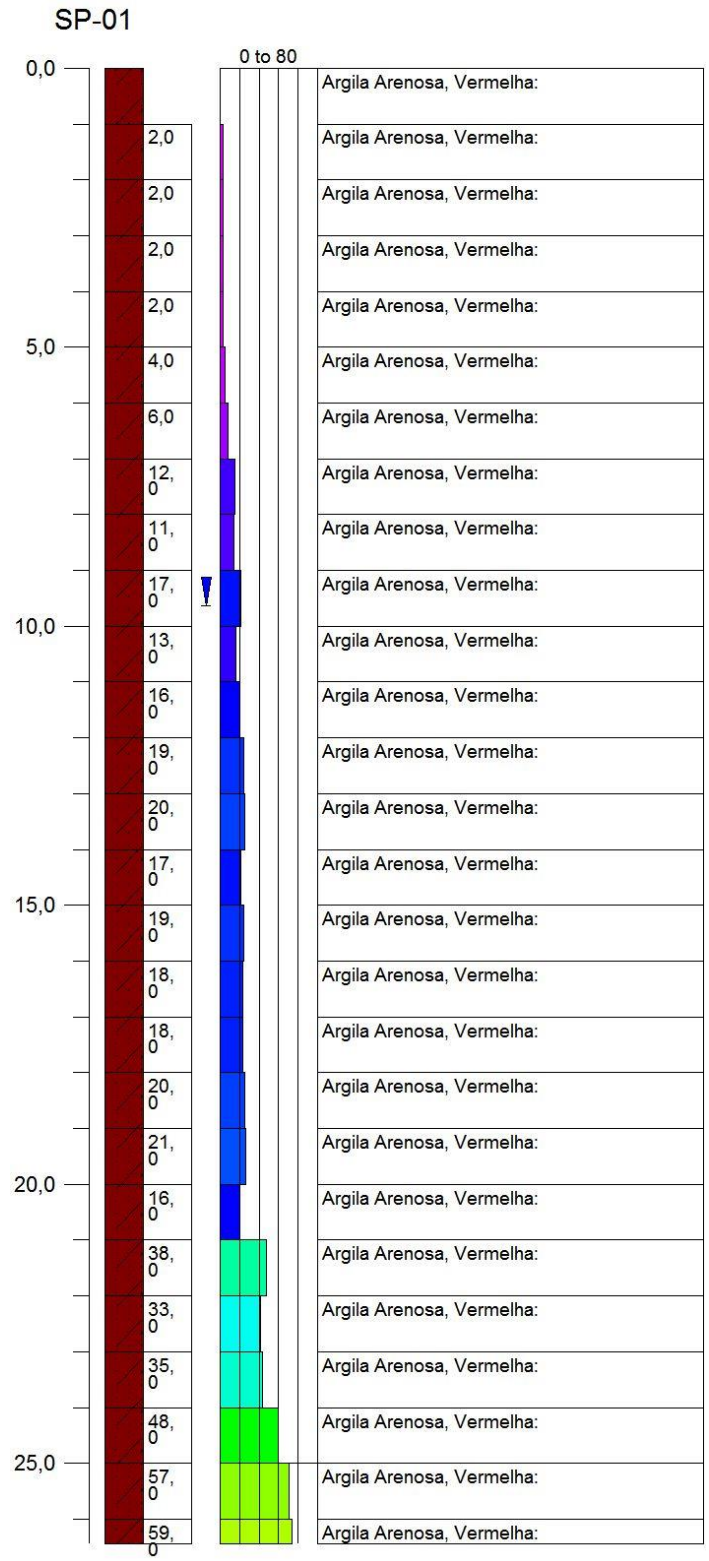
**Figura 44 - Representação  $N_{spt}$  dos furos de sondagem**



Fonte: Próprio autor/2019

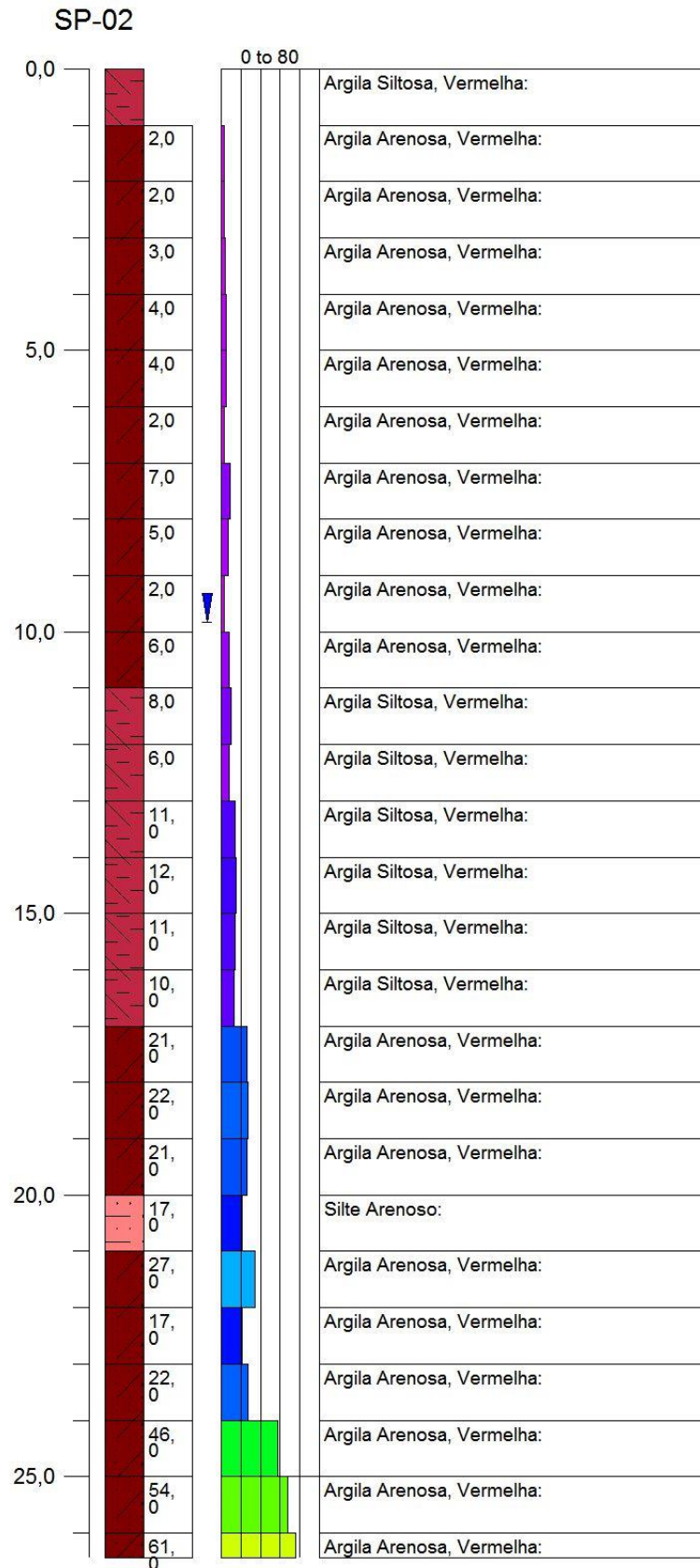
Analisando esse perfil pode-se ter uma idéia se a resistência do solo cresce de acordo com a profundidade ou como ela varia, além de propiciar um auxílio na determinação da cota de assentamento das fundações. Conforme as Figuras 45 a 50 os valores de  $N_{spt}$  estão indicados à direita da coluna de profundidades, em forma de gráfico, cuja amplitude é de 0 a 80 golpes para penetração dos 30 cm finais do amostrador padrão. Os níveis d'água encontrados em cada furo foram indicados com seta azuis à direita dos gráficos de  $N_{spt}$ .

**Figura 45 - N<sub>spt</sub> do furo de sondagem 01**



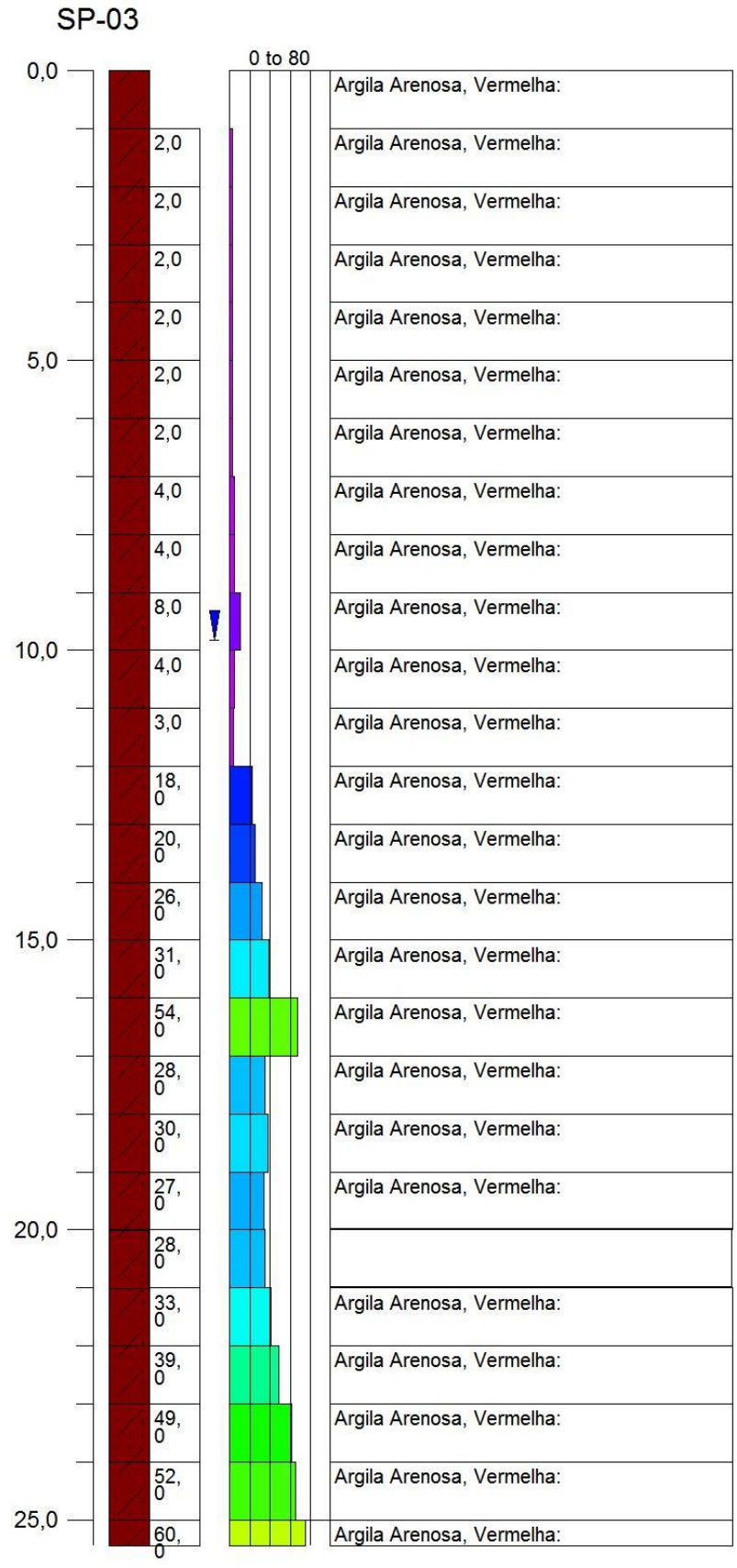
Fonte: Próprio autor/2019

**Figura 46 - N<sub>spt</sub> do furo de sondagem 02**



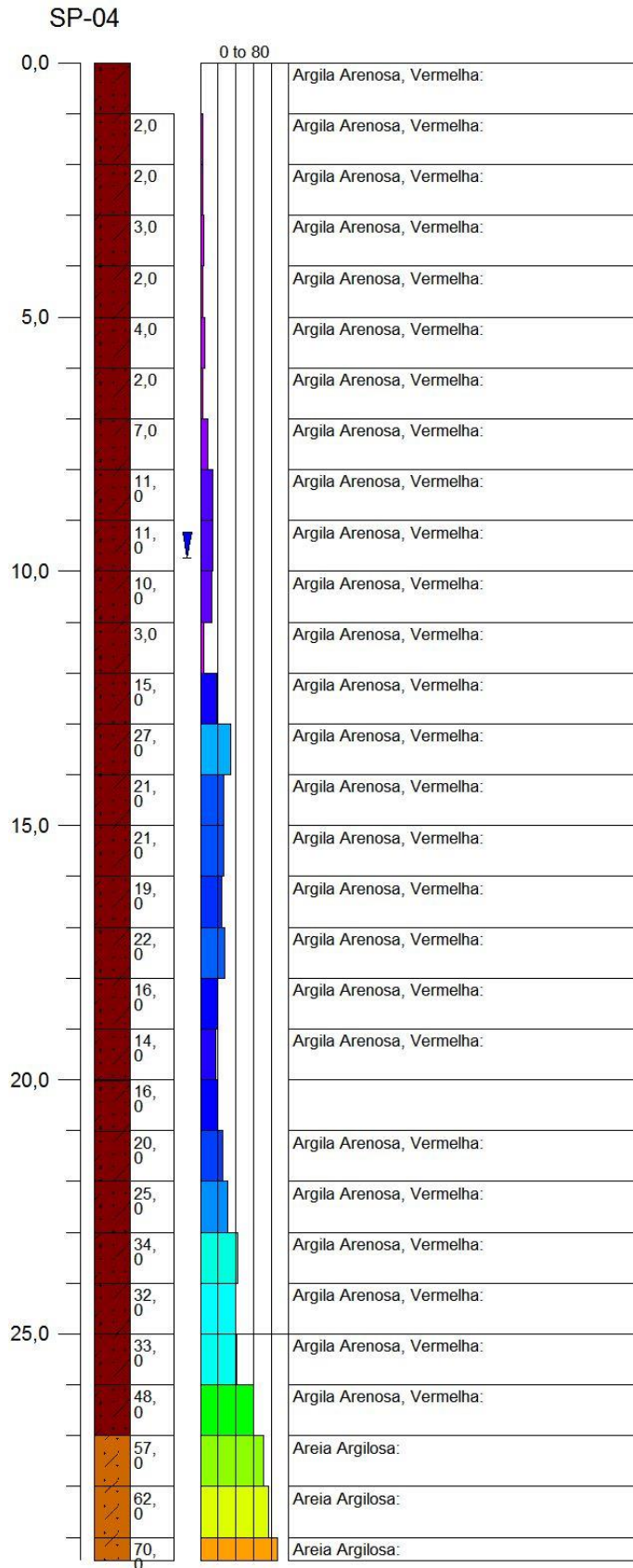
Fonte: Próprio autor/2019

Figura 47 - N<sub>spt</sub> do furo de sondagem 03



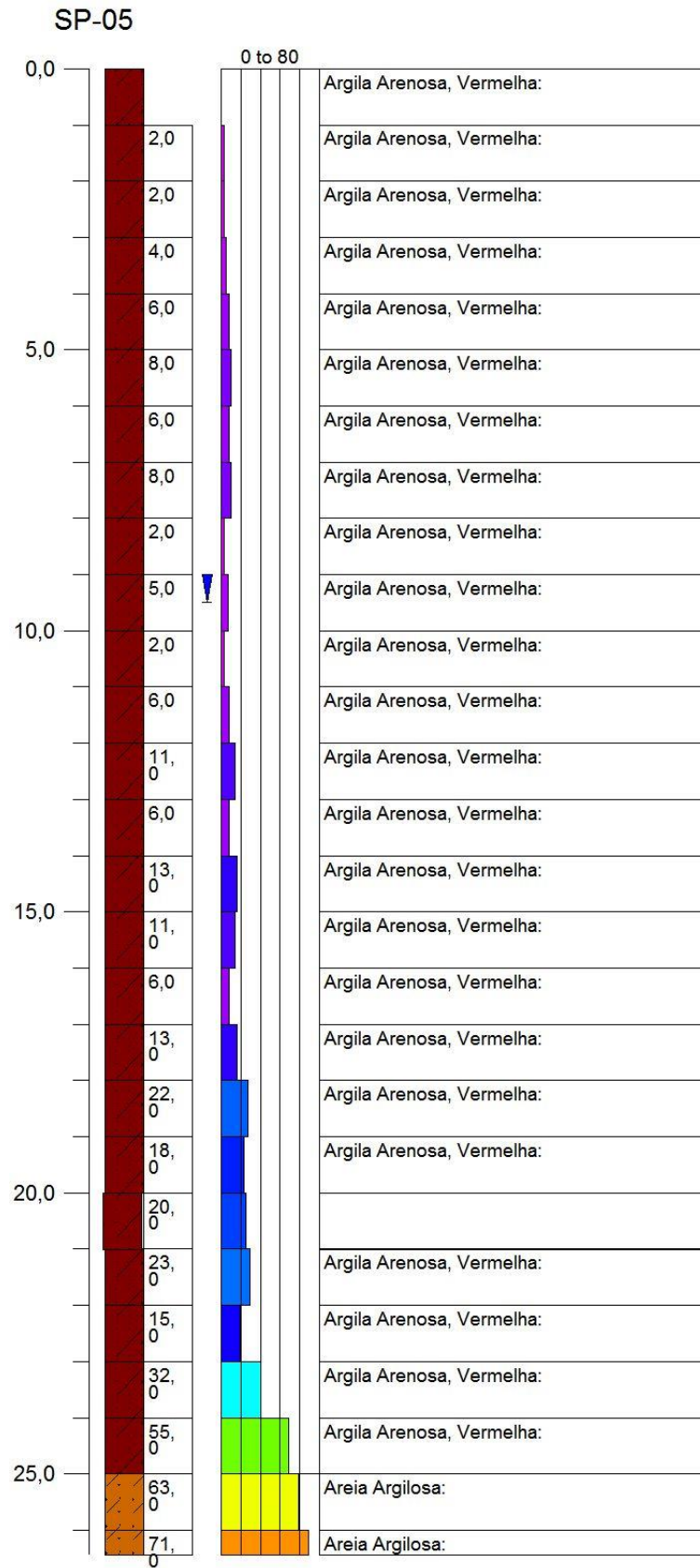
Fonte: Próprio autor/2019

**Figura 48 - N<sub>spt</sub> do furo de sondagem 04**



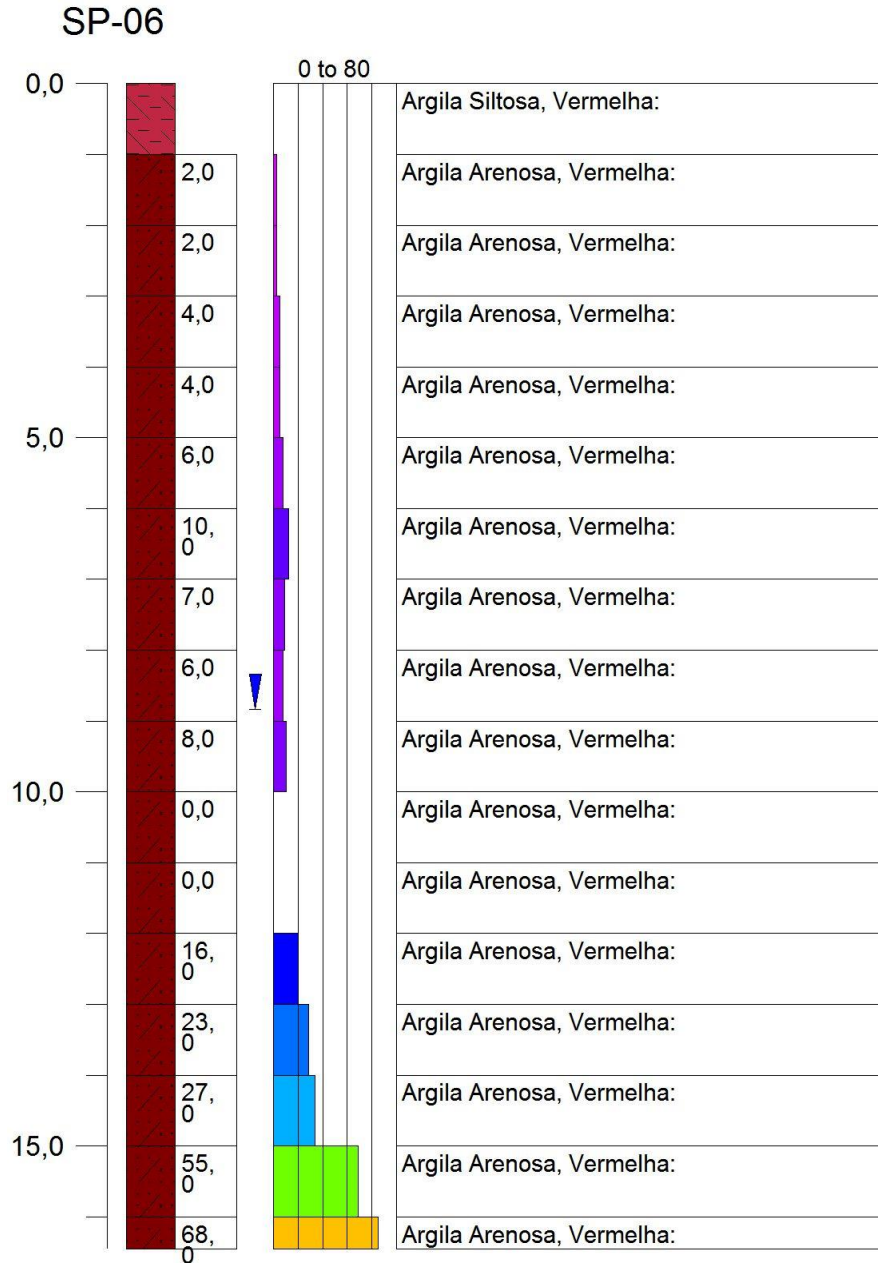
Fonte: Próprio autor/2019

**Figura 49 - N<sub>spt</sub> do furo de sondagem 05**



Fonte: Próprio autor/2019

**Figura 50 - N<sub>spt</sub> do furo de sondagem 06**

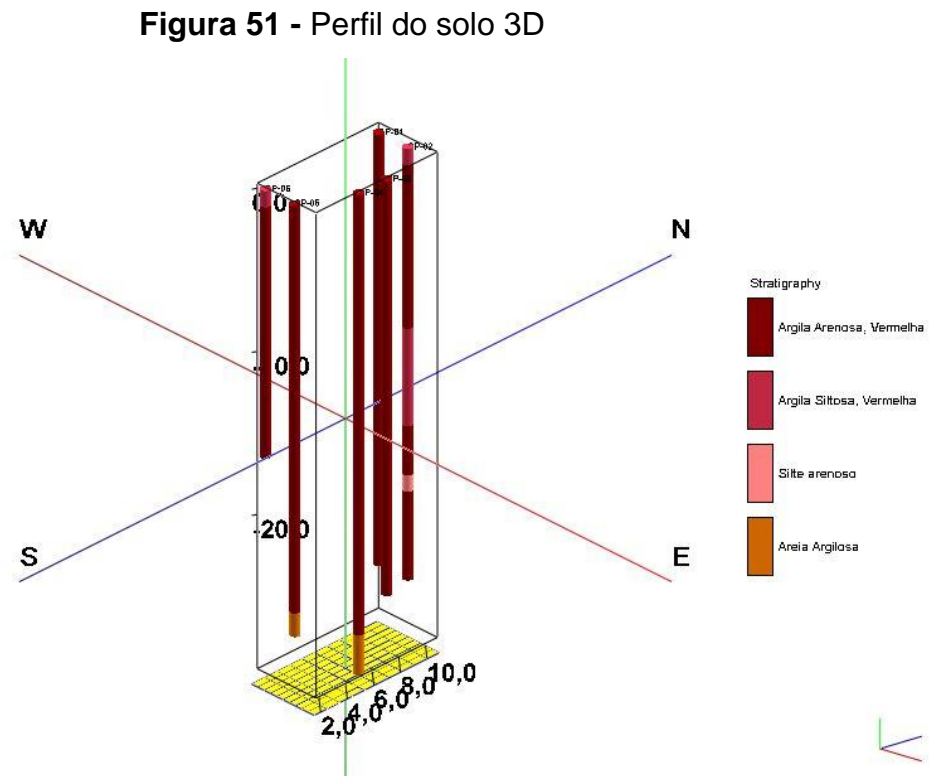


Fonte: Próprio autor/2019

Dessa forma, é possível identificar a variabilidade da resistência do solo em cada furo analisado, de forma visualmente mais rápida e intuitiva.

## 6.2 Modelos 3D

A partir de modelos 3D é possível gerar um perfil do solo das sondagens em questão, como mostra a Figura 51 e 52, onde reúnem a estratigrafia e a localização dos furos.

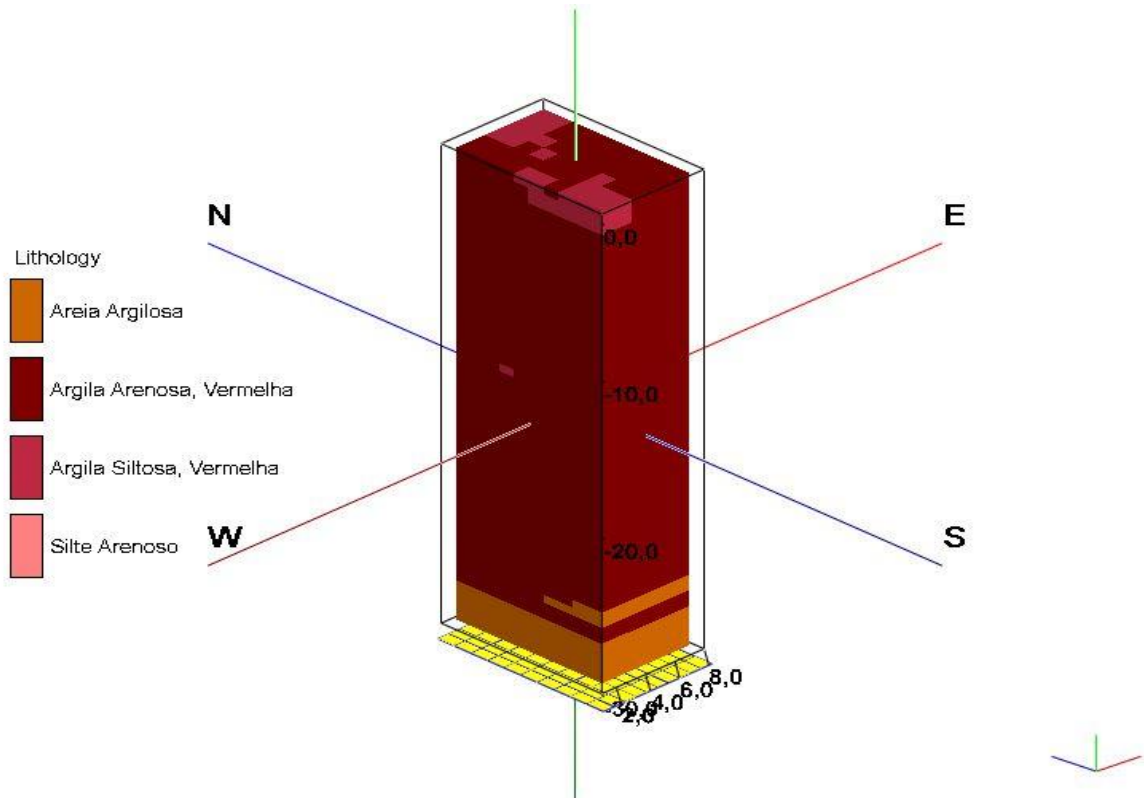


Fonte: Próprio autor/2019

Por meio da Figura 51 é possível observar além da composição do solo identificado em cada furo a profundidade em que cada sondagem alcançou.



**Figura 52 - Perfil do solo 3D**

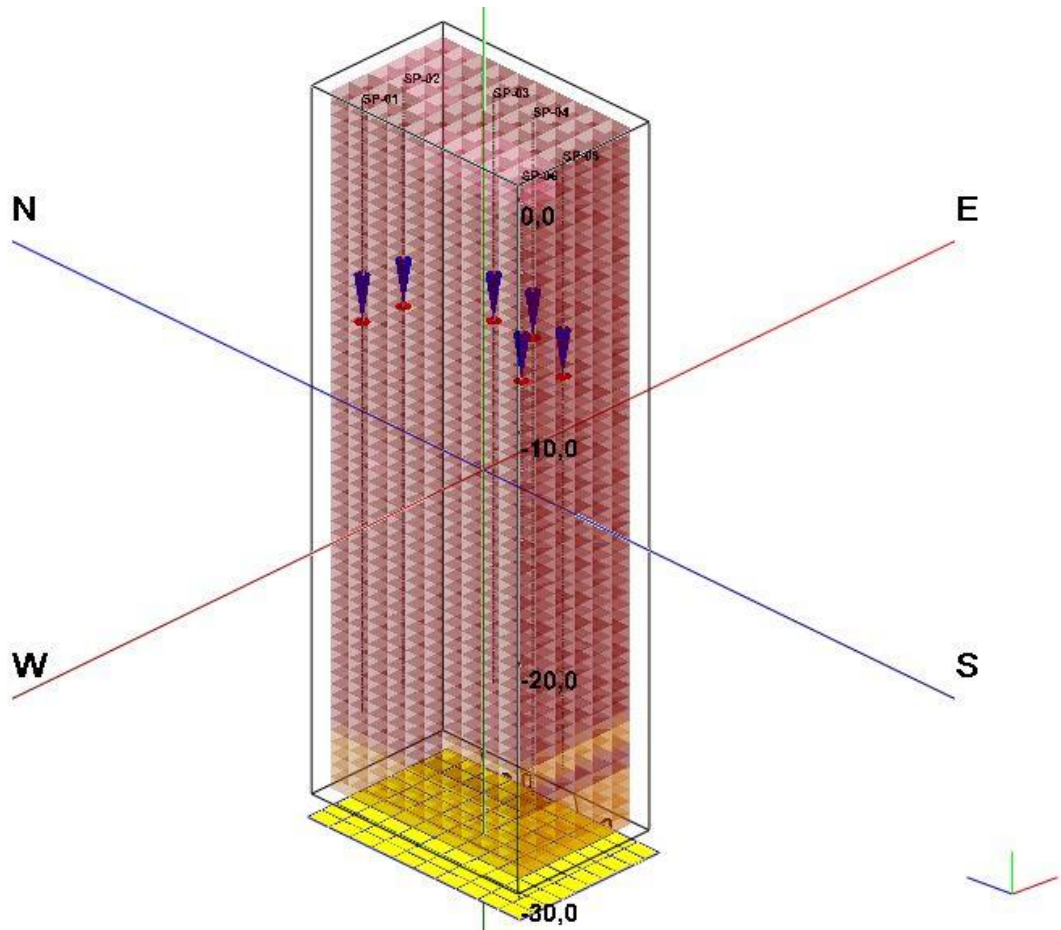


Fonte: Próprio autor/2019

Como indicado na Figura 52, pode-se observar o perfil geral do solo analisado. A interpolação das áreas não ensaiadas permite prever a composição do solo nessas áreas, auxiliando o engenheiro na análise do solo investigado.

A Figura 53 mostra o perfil indicando o aquífero existente, ficando evidente nessa representação a diferença na composição estratigráfica de cada um dos furos.

**Figura 53 - Perfil do solo 3D com aquífero**

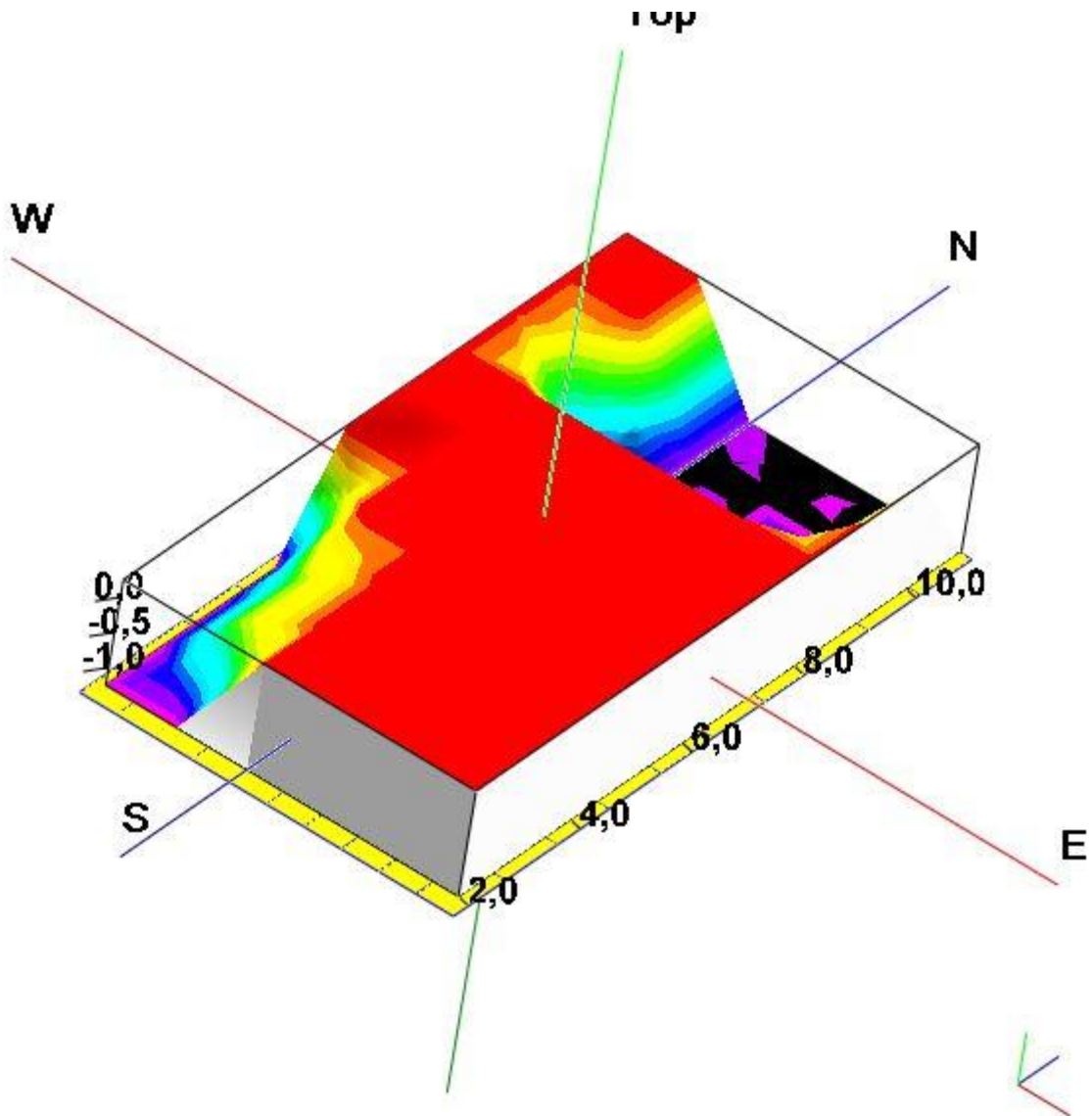


Fonte: Próprio autor/2019

Por meio dessa Figura (53) pode-se observar a posição do nível do lençol freático junto à composição do solo da região. A integração dos resultados obtidos em cada furo de sondagem pode agilizar a tomada de decisões de engenharia.

Por meio das Figuras 54 a 57 pode-se observar as cotas para cada camada identificada nas sondagens.

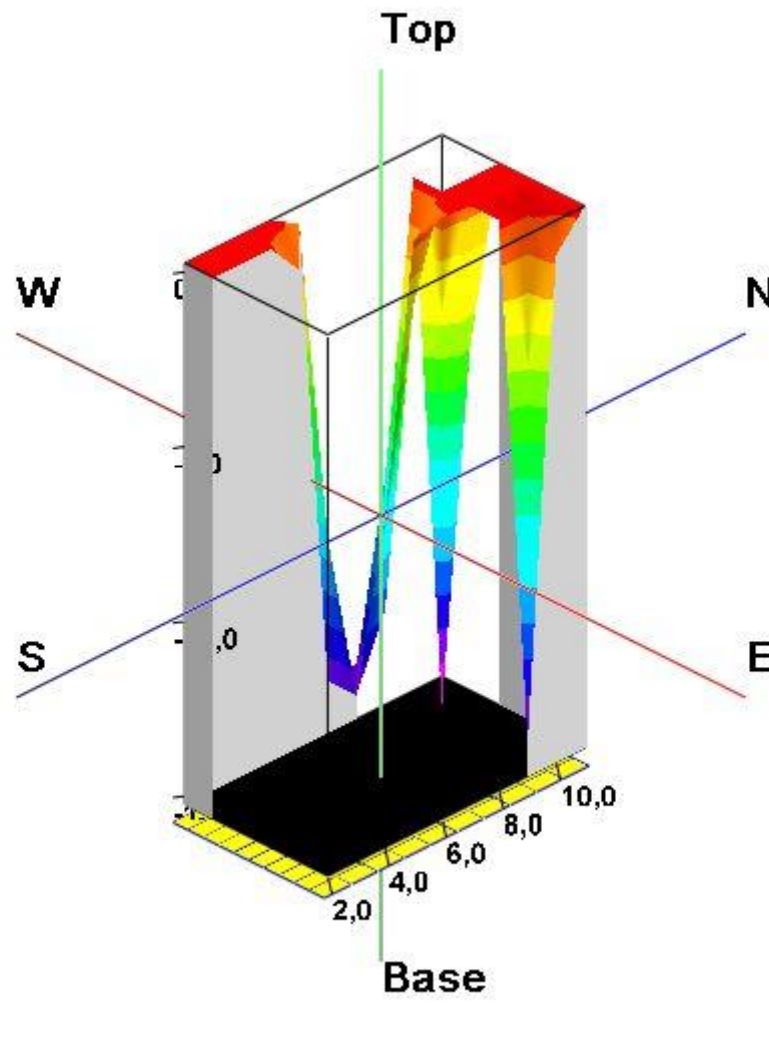
**Figura 54 - Argila arenosa vermelha 3D**



Fonte: Próprio autor/2019

Observa-se por meio da Figura 54 as cotas identificadas para a camada de argila arenosa vermelha. Essas cotas permitem identificar que essa camada se faz presente principalmente na superfície do solo.

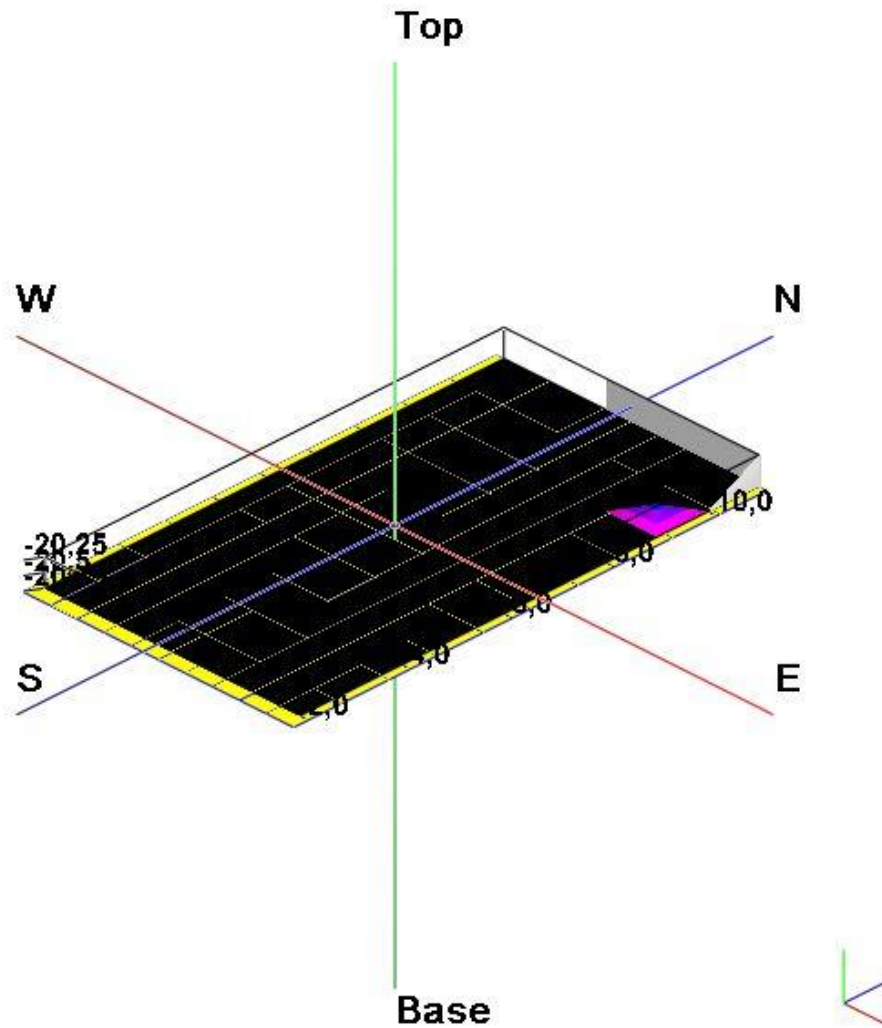
**Figura 55 - Argila siltosa vermelha 3D**



Fonte: Próprio autor/2019

Observa-se por meio da Figura 55 que a camada de argila siltosa não se faz presente em toda a área analisada, por isso a ausência de informações na imagem. A falta desse tipo de camada nos dados de sondagem faz com que a figura fique descontinuada.

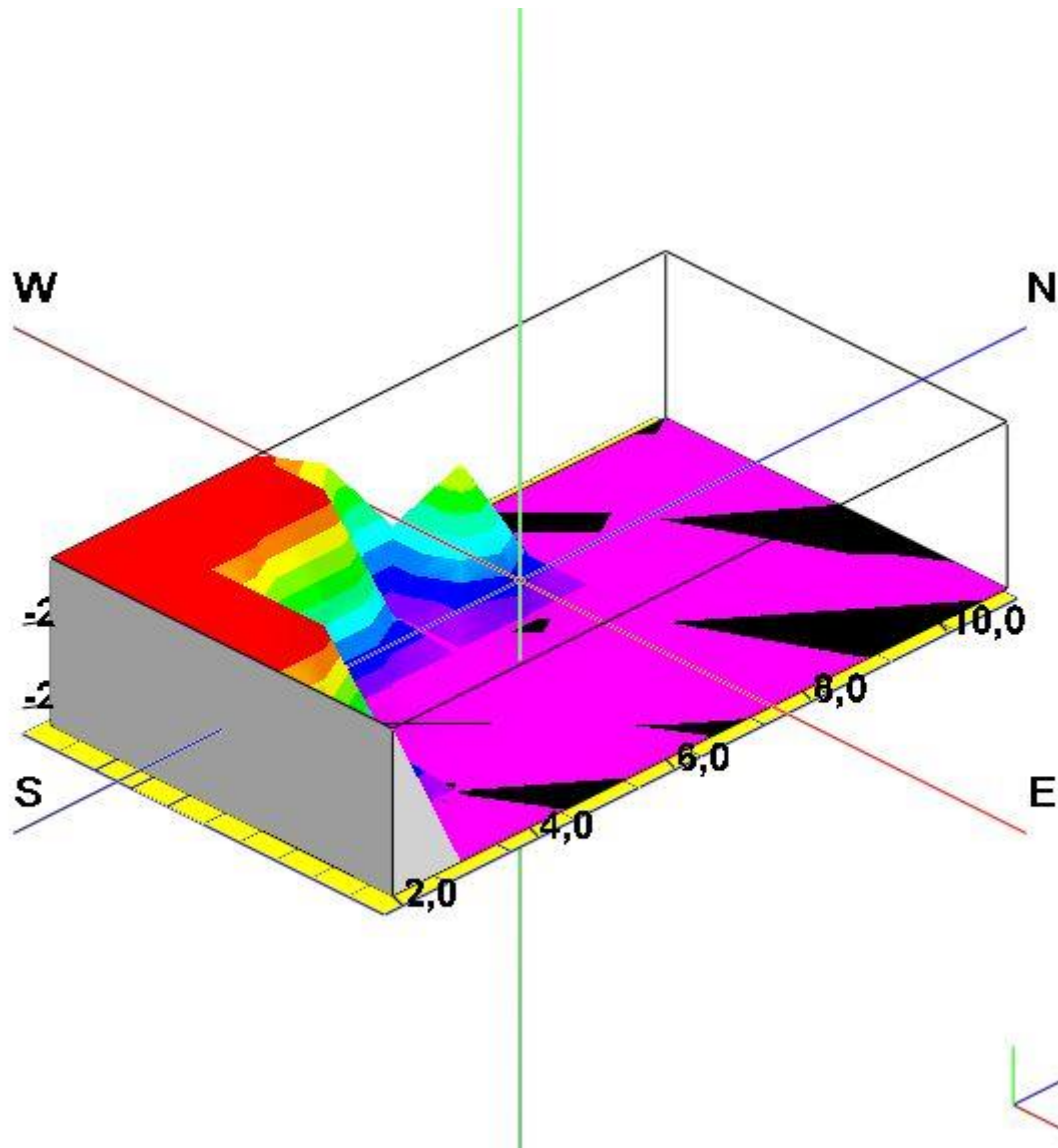
Observa-se que ora a camada de argila siltosa aparece na superfície do solo e ora aparece em profundidade.

**Figura 56 - Silte arenoso vermelho 3D**

Fonte: Próprio autor/2019

Observa-se por meio da Figura 56, que essa camada existe em grandes profundidades de solo, pelo alto valor da cota identificada na imagem, e que não se faz presente em toda a área.

Figura 57 - Areia argilosa 3D

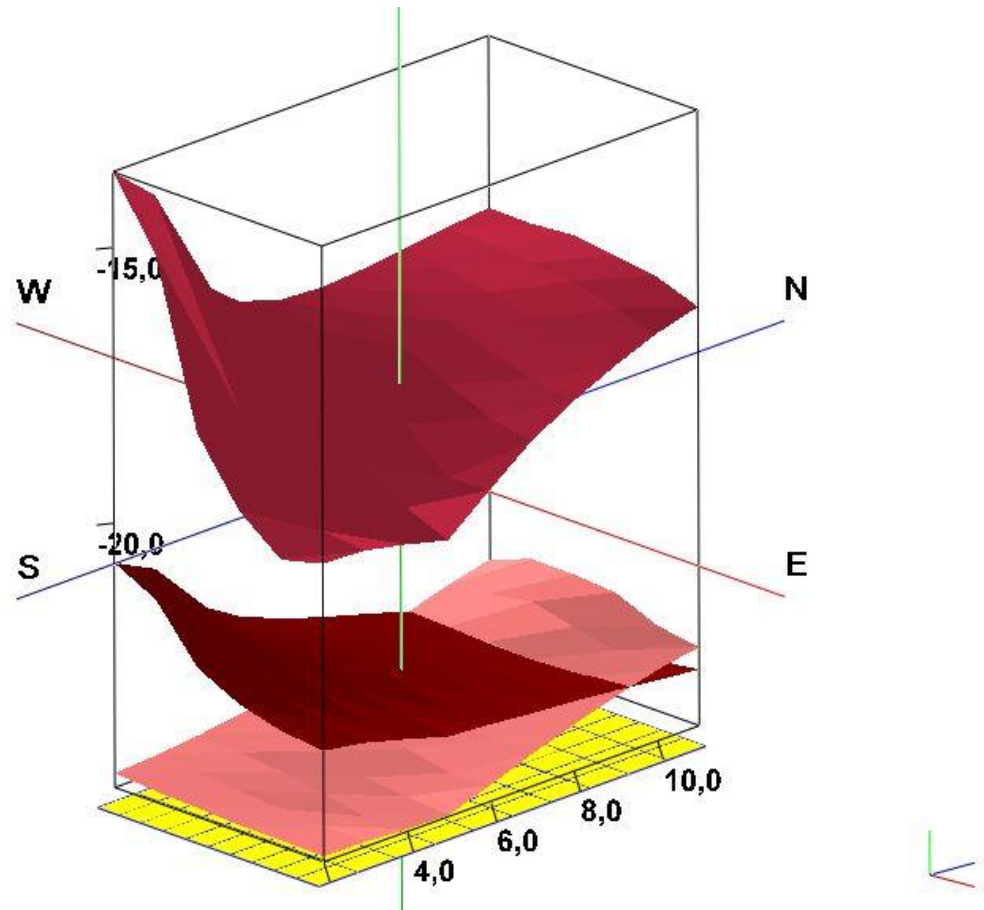


Fonte: Próprio autor/2019

Observa-se por meio da Figura 57, que a camada de areia argilosa se faz presente em grandes profundidades, porém existindo áreas que ela não foi identificada.

A Figura 58 apresenta as camadas 3D de solo no perfil analisado.

**Figura 58 - Camadas do solo 3D**

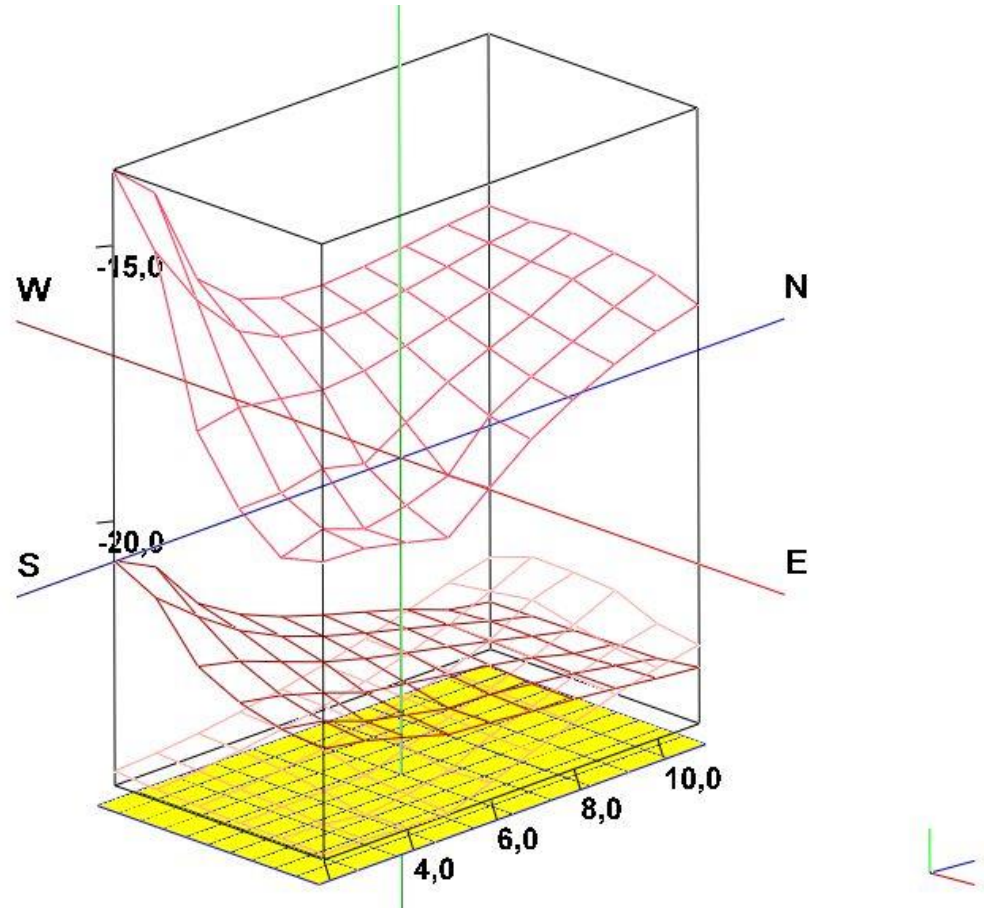


Fonte: Próprio autor/2019

Esta Figura (58) permite também visualizar o mergulho de camadas de solo, rocha ou nível d'água, além de identificar os tipos de camada existentes.

A Figura 59 apresenta as camadas da superfície do solo, por meio de grelhas.

**Figura 59** - Camadas do solo 3D representadas em grelha



Fonte: Próprio autor/2019

Esse tipo de imagem, Figura 59, permite identificar os mergulhos das camadas de solo, rocha ou nível d'água, o que proporciona maior facilidade na visualização e interpretação de dados do maciço como um todo.



## 7 CONCLUSÃO

Em conformidade com o estudo realizado e dados obtidos, é possível concluir que:

Foi constatada a eficiência da ferramenta computacional *Rockworks 16* para o auxílio no desenvolvimento de projetos geotécnicos. Um exemplo disso foi a geração dos modelos tridimensionais dos furos de sondagens, que mesmo com generalizações na representação, ajudam o usuário na reconstrução do ambiente real tridimensional. Além disso, torna-se fácil produzir mapas bidimensionais e seções de interesse a partir de modelos 3D.

A elaboração desses modelos para a engenharia geotécnica exige um conjunto de dados bem maior que nos processos tradicionais de representação, contudo, uma vez realizados os modelos básicos de espacialização tridimensional dessas informações, é possível se extraírem os mais diversos subprodutos, que permitem realizar análises tendo como suporte um modelo físico que represente melhor a realidade e possibilite o uso de modelos racionais para previsão do comportamento geotécnico.

Os modelos tridimensionais propostos por essa pesquisa, mesmo que considerados como estudos pontuais ou localizados, podem contribuir com o conhecimento geotécnico da região, pois tem por intuito obter o máximo de conhecimento das condições geotécnicas do local da obra para facilitar as análises dos engenheiros. A interpolação de dados durante o processo de modelagem 3D diminui as incertezas provenientes da variabilidade natural do solo.

Desse modo, atendeu-se ao requisito de representar graficamente os furos de sondagens e suas camadas existentes com modelagens e possibilitar ao engenheiro geotécnico a interação e criação de diversos fatiamentos a fim de considerar a seção mais representativa do solo para seu projeto de fundações.

### **Sugestões para pesquisas futuras**

- Avaliar a viabilidade econômico-financeira do uso do *software* usado neste trabalho;
- Desenvolver programas computacionais para cálculos de fundações que utilizem os dados provenientes dos modelos 3D de solos.
- Espacializar dados de outros tipos de ensaio, como ensaio de cone (CPT), cisalhamento direto ou ensaios geofísicos e criar correlações entre ensaios de campo, provas de carga e ensaios de laboratório que possam facilitar os cálculos dos engenheiros.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6484**: Solo - Sondagens de Simples Reconhecimento com SPT - Método de Ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13441**: Solo – Rocha e Solo. Rio de Janeiro: ABNT, 1995.

BARROS, J. G. C. (1993). **Caracterização geológica e hidrogeológica do Distrito**

**Federal**. Cerrado: Caracterização, ocupação e perspectivas. Novaes Pinto, M. (org.), Editora UnB, Brasília, DF, p.257-275.

BELCHER, D. J. (1954). **Relatório técnico sobre a nova capital da República**. Relatório Belcher. 3. Ed. Codeplan (Companhia do Desenvolvimento do Planalto Central), Brasília, DF, p.316.

GOOGLE MAPS. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps>>. Acesso em: 10 de junho de 2019.

HACHICH, Waldemar et al. Fundações: teoria e prática. In: NÁPOLES NETO, Antonio D. F. História das fundações – uma breve história das fundações. 2. ed. São Paulo: Pini, 1998.

IBGE (2000) – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/df/brasil/panorama>. Acesso em: Maio/2019.

KNAPPETT, J. A.; CRAIG, R. F. **Craig Mecânica dos Solos**. 8.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015.

LIMA, M. C. (2003). **Degradação físico-química e mineralógica de maciços junto às voçorocas**. Tese de doutorado, Universidade de Brasília, Brasília, DF, p.336.

MORAIS, M. V. R. (1993). **Dinâmica do meio ambiente no Distrito Federal**. Cerrado: Caracterização, ocupação e perspectivas. Novaes Pinto, M. (org.). Editora UnB, DF, p. 543-566.

OLIVEIRA, M. G. (1996). **Mapeamento Geotécnico da Asa Sul – Brasília-DF**. Dissertação de mestrado, publicação G.D.M-036A/96, Departamento de Engenharia civil, Universidade de Brasília, Brasília-DF.

PINHEIRO, A. C. F. B., CRIVELARO M., PINHEIRO R. G. B. (2015). **Projetos de Fundações e Terraplanagem**. São Paulo: Érica, 2015.

SILVA, C.P. L. (2011). **Cartografia Geotécnica Tridimensional do Setor Noroeste de Brasília**. Tese (Doutorado em Geotecnia) - Universidade de Brasília, Brasília,

2011. Disponível em: <https://www.geotecnia.unb.br/downloads/teses/072-2011.pdf>. Acesso em: Março. 2019.

SCHNAID, Fernando. **Ensaio de campo e suas aplicações à Engenharia de Fundações**. 1 ed. São Paulo: Oficina de Texto Editora, 2000.

VELLOSO, Dirceu de Alencar; LOPES, Francisco de Rezende. **Fundações**: critérios de projeto, investigação de subsolo, fundações superficiais. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

VELLOSO, D. de A.; LOPES, F. de R., 2010, **Fundações**: critérios de projeto, investigação do subsolo, fundações superficiais, fundações profundas, 1ª Ed., Oficina de Textos, São Paulo.

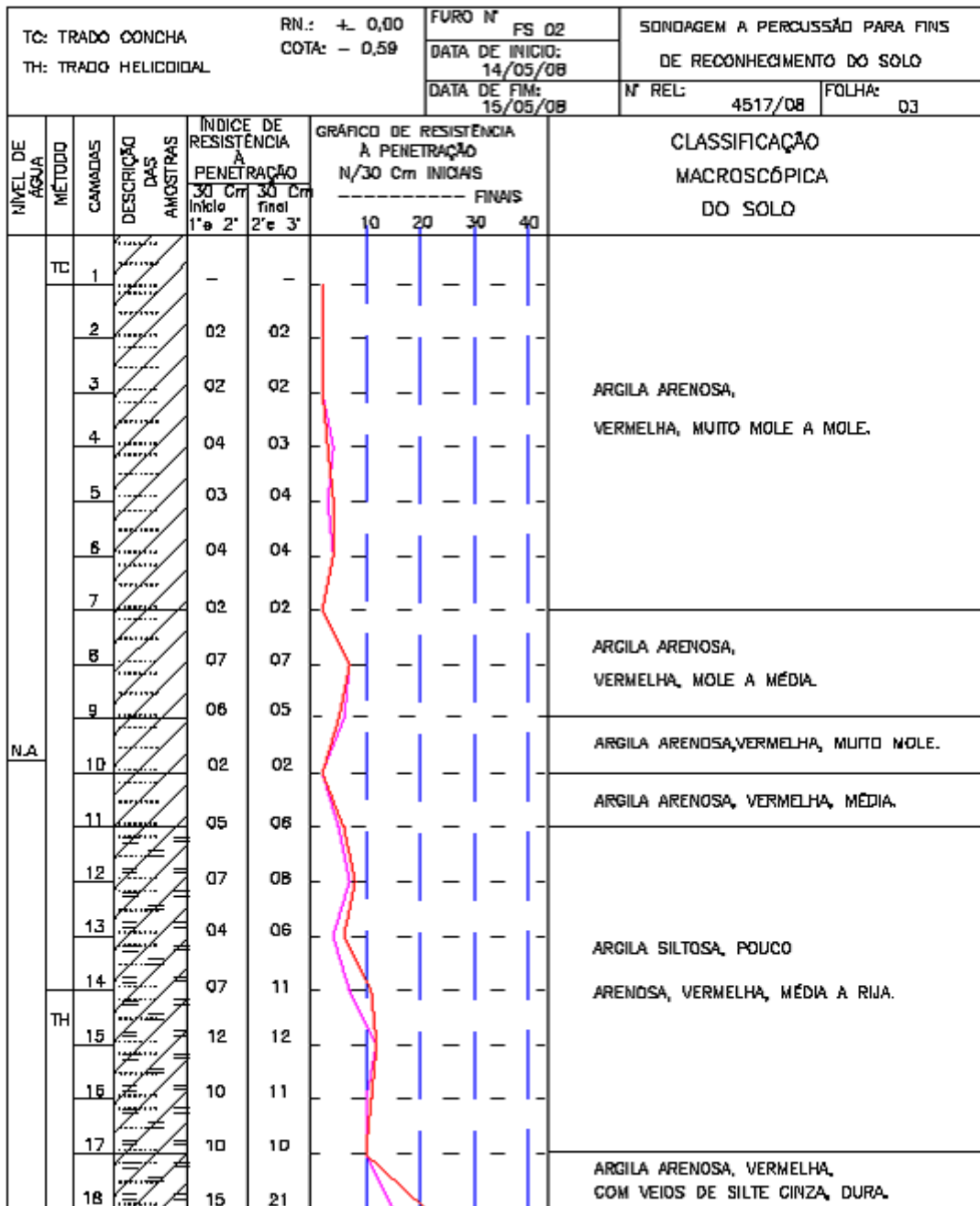
**ANEXO 1 - RELATÓRIOS DE SONDAGENS Á PERCUSSÃO**

RN.: + 0,00		FURO N° FS 01		SONDAGEM A PERCUSSÃO PARA FINS DE RECONHECIMENTO DO SOLO						
TC: TRADO CONCHA		COTA: - 0,33		DATA DE INICIO: 15/05/08						
TH: TRADO HELICOIDAL				DATA DE FIM: 18/05/08						
				N° REL: 4517/08						
				FOLHA: 01						
NÍVEL DE ÁGUA	MÉTODO	CAMADAS	DESCRIÇÃO DAS AMOSTRAS	ÍNDICE DE RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO		GRÁFICO DE RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO N/30 Cm				CLASSIFICAÇÃO MACROSCÓPICA DO SOLO
				30 Cm Início 1ª 2'	30 Cm final 2ª 3'	INICIAIS FINAIS				
						10	20	30	40	
	TC	1	.....	-	-					ARGILA ARENOSA, VERMELHA, MUITO MOLE Á RIJA.
		2	.....	02	02					
		3	.....	02	02					
		4	.....	02	02					
		5	.....	02	02					
		6	.....	04	04					
		7	.....	06	06					
		8	.....	10	12					
	TH	9	.....	12	11					ARGILA ARENOSA, VERMELHA, RIJA Á DURA.
N.A.		10	.....	13	17					
		11	.....	09	13					
		12	.....	18	16					
		13	.....	18	19					
		14	.....	19	20					
		15	.....	17	17					
		16	.....	18	19					
		17	.....	17	18					
		18	.....	19	18					

TC: TRADO COONCHA TH: TRADO HELICOIDAL		RN.: ± 0,00 COTA: - 0,33		FURO N° CONT. FS 01		SONDAGEM A PERCUSSÃO PARA FINS DE RECONHECIMENTO DO SOLO				
				DATA DE INICIO: 15/05/08		N° REL: 4517/08				
				DATA DE FIM: 16/05/08		FOLHA: 02				
NÍVEL DE ÁGUA	MÉTODO	CAMADAS	DESCRIÇÃO DAS AMOSTRAS	ÍNDICE DE RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO		GRÁFICO DE RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO				CLASSIFICAÇÃO MACROSCÓPICA DO SOLO
				30 Cm início 1ª e 2ª	30 Cm final 2ª e 3ª	N/30 Cm INICIAIS ----- FINAIS				
						10	20	30	40	
		19		22	20					
		20		21	21					
		21		19	18					
		22		30	38					
		23		38	33					
		24		35	35					
		25		42	48					
		26		54 59	57 59					
		27								
		28								
		29								
		30								
		31								
		32								
		33								
		34								
		35								
		36								

ARGILA ARENOSA, VERMELHA COM VEIOS DE SILTE CINZA, DURA.

LIMITE DE SONDAÇÃO A PERCUSSÃO:  
26,45 METROS  
N.A.: 9,83 ML  
N.A.24 HORAS: 9,43 ML



TC: TRADO CONCHA		RN.: +/- 0,00		FURO N° CONT FS 02		SONDAGEM A PERCUSSÃO PARA FINS				
TH: TRADO HELICOIDAL		COTA: - 0,59		DATA DE INICIO: 14/05/08		DE RECONHECIMENTO DO SOLO				
				DATA DE FIM: 15/05/08		N° REL: 4517/08 FOLHA: 04				
NIVEL DE ÁGUA	MÉTODOS	CAMADAS	DESCRIÇÃO DAS AMOSTRAS	ÍNDICE DE RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO		GRÁFICO DE RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO N/30 Cm INICIAIS				CLASSIFICAÇÃO MACROSCÓPICA DO SOLO
				30 Cm início 1º e 2º	30 Cm final 2º e 3º	10	20	30	40	
		18		20	22					ARGILA ARENOSA, VERMELHA, COM VEIOS DE SILTE CINZA, DURA.
		20		20	21					SILTE ARENOSO, CINZA, MEDIANAMENTE COMPACTO.
		21		14	17					ARGILA ARENOSA, VERMELHA, COM VEIOS DE SILTE CINZA, DURA.
		22		28	27					ARGILA ARENOSA, VERMELHA, COM VEIOS DE SILTE CINZA, COM PEDREGULHO, RIJA A DURA.
		23		18	17					
		24		22	22					
		25		41	46					
		26		49 58	54 61					LIMITE DE SONDAGEM À PERCUSSÃO: 26,45 METROS N.A. INICIAL: 9,82ML N.A.24 HORAS: 8,78ML
		27								
		28								
		29								
		30								
		31								
		32								
		33								
		34								
		35								
		36								



TC: TRADO CONCHA		RN.: ± 0,00		FURO N° FS 03		SONDAGEM A PERCUSSÃO PARA FINS						
TH: TRADO HELICOIDAL		COTA: - 0,79		DATA DE INÍCIO: 13/05/08		DE RECONHECIMENTO DO SOLO						
				DATA DE FIM: 14/05/08		N° REL: 4617/08	FOLHA: 05					
NÍVEL DE ÁGUA	MÉTODO	CAMADAS	DESCRIÇÃO DAS AMOSTRAS	ÍNDICE DE RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO			GRÁFICO DE RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO				CLASSIFICAÇÃO MACROSCÓPICA DO SOLO	
				30 Cm início	30 Cm final	30 Cm	N/30 Cm INÍCIAS FINAIS					
				1' a 2'	2' a 3'		10	20	30	40		
N.A.	TC	1		-	-							ARGILA ARENOSA, VERMELHA, MUITO MOLE A MOLE.
		2		02	02							
		3		02	02							
		4		02	02							
		5		02	02							
		6		02	02							
		7		02	02							
		8		04	04							
		9		04	04							
	TH	10		07	08							ARGILA ARENOSA, VERMELHA, MOLE A MÉDIA.
		11		05	04							
		12		02	03							
		13		14	18							
		14		20	20							
		15		21	26							
		16		27	31							
		17		51	54							
		18		27	28							

TC: TRADO CONCHA		RN.: + 0,00		FURO Nº		SONDAGEM A PERCUSSÃO PARA FINS				
TH: TRADO HELIGOIDAL		COTA: - 0,79		CONT FS 03		DE RECONHECIMENTO DO SOLO				
				DATA DE INICIO:		Nº REL:				
				15/05/08		4517/08				
				DATA DE FIM:		FOLHA:				
				15/05/08		06				
NÍVEL DE ÁGUA	MÉTODO	CAMADAS	DESCRIÇÃO DAS AMOSTRAS	ÍNDICE DE RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO		GRÁFICO DE RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO				CLASSIFICAÇÃO MACROSCÓPICA DO SOLO
				30 Cm início	30 Cm final	N/30 Cm INICIAIS		FINAIS		
				1º e 2º	2º e 3º	10	20	30	40	
		19		26	30					ARGILA ARENOSA, VERMELHA, DURA.
		20		27	27					ARGILA ARENOSA, VERMELHA, COM COM VEIOS DE SILTE CINZA, DURA.
		21		30	28					
		22		32	33					
		23		37	39					
		24		42	48					
		25		50	52					
		26		58	60					LIMITE DE SONDAGEM À PERCUSSÃO: 25,45 METROS N.A INICIAL: 9,83ML N.A 24 HORAS: 9,70ML
		27								
		28								
		29								
		30								
		31								
		32								
		33								
		34								
		35								
		36								

TC: TRADO CONCHA		RN.: ± 0,00		FURO Nº FS 04		SONDAGEM A PERCUSSÃO PARA FINS						
TH: TRADO HELICOIDAL		COTA: - 1,03		DATA DE INICIO: 12/05/08		DE RECONHECIMENTO DO SOLO						
				DATA DE FIM: 13/05/08		Nº REL: 4517/08	FOLHA: 07					
NÍVEL DE ÁGUA	MÉTODO	CAMADAS	DESCRIÇÃO DAS AMOSTRAS	ÍNDICE DE RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO			GRÁFICO DE RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO N/30 Cm INICIAIS				CLASSIFICAÇÃO MACROSCÓPICA DO SOLO	
				30 Cm início 1ª	30 Cm final 2ª	30 Cm 3ª	10	20	30	40		
N.A.	TC	1	.....	-	-	-	-	-	-	-	-	ARGILA ARENOSA, VERMELHA, MUITO MOLE A MOLE.
		2	.....	02	02	-	-	-	-	-	-	
		3	.....	02	02	-	-	-	-	-	-	
		4	.....	02	03	-	-	-	-	-	-	
		5	.....	02	02	-	-	-	-	-	-	
		6	.....	04	04	-	-	-	-	-	-	
		7	.....	02	02	-	-	-	-	-	-	
	TH	8	.....	07	07	-	-	-	-	-	-	ARGILA ARENOSA, VERMELHA, MOLE A MÉDIA.
		9	.....	08	11	-	-	-	-	-	-	
		10	.....	11	11	-	-	-	-	-	-	
		11	.....	10	10	-	-	-	-	-	-	
		12	.....	02	03	-	-	-	-	-	-	
		13	.....	13	15	-	-	-	-	-	-	
		14	.....	22	27	-	-	-	-	-	-	
		15	.....	18	21	-	-	-	-	-	-	
		16	.....	23	21	-	-	-	-	-	-	
		17	.....	18	18	-	-	-	-	-	-	
		18	.....	22	22	-	-	-	-	-	-	



TC: TRADO CONCHA		RN.: ± 0,00		FURO N° FS 05		SONDAGEM A PERCUSSÃO PARA FINS					
TH: TRADO HELICOIDAL		COTA: - 0,08		DATA DE INÍCIO: 09/05/08		DE RECONHECIMENTO DO SOLO					
				DATA DE FIM: 12/05/08		N° REL: 4517/08	FOLHA: 09				
NÍVEL DE ÁGUA	MÉTODOS	CAMADAS	DESCRIÇÃO DAS AMOSTRAS	ÍNDICE DE RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO			GRÁFICO DE RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO N/30 Cm INICIAIS				CLASSIFICAÇÃO MACROSCÓPICA DO SOLO
				30 Cm início 1'e 2'	30 Cm final 2'a 3'		10	20	30	40	
N.A.	TC	1		-	-						ARGILA ARENOSA, VERMELHA, MUITO MOLE A MOLE.
		2		02	02						
		3		02	02						
		4		04	04						
		5		06	06						ARGILA ARENOSA, VERMELHA, MÉDIA.
		6		07	08						
		7		05	08						
		B		07	08						
	9		02	02						ARGILA ARENOSA, VERMELHA, MUITO MOLE A MOLE.	
	10		05	05							
	11		02	02							
	12		04	06						ARGILA ARENOSA, VERMELHA, MÉDIA A RIJA.	
	13		09	11							
	14	TH		07	06						
	15			11	13						
	16			11	11						
	17			06	06						
	18		11	13							



TC: TRADO CONCHA		RN.: ± 0,00		FURO Nº FS 06		SONDAGEM A PERCUSSÃO PARA FINS					
TH: TRADO HELICOIDAL		COTA: + 0,25		DATA DE INICIO: 08/05/08		DE RECONHECIMENTO DO SOLO					
				DATA DE FIM: 09/05/08		Nº REL: 4517/08	FOLHA: 11				
NIVEL DE AGUA	METODO	CAMADAS	DESCRICOAO DAS AMOSTRAS	INDICE DE RESISTENCIA A PENETRACAO		GRAFICO DE RESISTENCIA A PENETRACAO N/30 Cm INICIAIS				CLASSIFICACAO MACROSCOPICA DO SOLO	
				30 Cm Inico 1ª 2ª	30 Cm final 3ª	VERMELHA	20	30	40		
	TC	1		-	-						
		2		02	02						ARGILA SILTOSA, POUCO
		3		02	02						ARENOSA, VERMELHA, MUITO MOLE A MOLE.
		4		03	04						
		5		03	04						
		6		06	06						ARGILA SILTOSA, POUCO
		7		09	10						ARENOSA, VERMELHA, MÉDIA.
		8		07	07						
N.A.		9		06	06						ARGILA ARENOSA, VERMELHA, MÉDIA.
		10		07	08						
		11		00	00						ARGILA ARENOSA, VERMELHA, MUITO MOLE.
		12		00	00						
		13		07	18						ARGILA ARENOSA, VERMELHA, RIJA A DURA.
	TH	14		21	23						
		15		23	27						ARGILA ARENOSA, VERMELHA, COM VEIOS DE SILTE CINZA, DURA.
		16		44	55						
				63	68						
		17									LIMITE DE SONDAGEM A PERCUSSAO: 16,45 METROS
		18									N.A INICIAL: 8,84ML N.A 24 HORAS: 8,80ML