

MARIANNA SILVA DIAS

**ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DE EDIFÍCIOS APOIADOS EM
FUNDAÇÃO DIRETA NO BAIRRO DA PONTA DA PRAIA NA CIDADE
DE SANTOS**

São Paulo

2010

Este exemplar foi revisado e alterado em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, de junho de 2010.

Assinatura do autor _____

Assinatura do orientador _____

FICHA CATALOGRÁFICA

Dias, Marianna Silva

Análise do comportamento de edifícios apoiados em fundação direta no bairro da Ponta da Praia na cidade de Santos / M.S. Dias. -- ed.rev. -- São Paulo, 2010.

145 p.

Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica.

1.Fundações (Engenharia) – Santos (SP) I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica II.t.

MARIANNA SILVA DIAS

**ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DE EDIFÍCIOS APOIADOS EM
FUNDAÇÃO DIRETA NO BAIRRO DA PONTA DA PRAIA NA CIDADE
DE SANTOS**

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção do Título de
Mestre em Engenharia

Área de Concentração: Engenharia
Geotécnica

Orientador: Prof. Dr. Faíçal Massad

São Paulo

2010

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais pelo constante apoio, carinho e motivação que me deram ao longo de todos os anos de estudo.

Ao meu noivo, pela compreensão, paciência e incentivo.

Ao Prof. Dr. Faiçal Massad pela atenção e ensinamentos durante todo o processo de definição e orientação.

À Zaclis Falconi e a todos os meus companheiros de trabalho que de alguma forma contribuíram para a conclusão desse trabalho

À Engesolos por disponibilizar seus arquivos e contribuir com a pesquisa

“O novo não está nas coisas. Está na
maneira como você olha para elas”

Lowe Lintas & Partners
Agência de Marketing
Americana

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS	IV
LISTA DE FOTOS	VI
LISTA DE SIMBOLOS.....	VIII
RESUMO.....	X
ABSTRACT	XI
CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO	1
1.1 - O PROBLEMA DAS FUNDAÇÕES EM SANTOS	1
1.2 - OBJETIVO.....	4
CAPÍTULO II – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1 - ASPÉCTOS HISTÓRICOS.....	5
2.1.1 - Da colonização até fins do século XX.....	5
2.1.2 - A expansão urbana de Santos.....	9
2.2 - ASPÉCTOS GEOLÓGICOS.....	10
2.2.1 - Geologia do litoral	10
2.2.2 - Influência das elevações do nível do mar na Baixada Santista	12
2.2.3 - Planícies sedimentares quaternárias de São Paulo.....	13
2.2.4 - As ilhas barreiras e os sedimentos flúvio lagunares	15
2.3 - ASPECTOS GEOTÉCNICOS.....	18
2.3.1 - Pressão de pré – adensamento e origem do sobreadensamento.....	18
2.3.2 - Propriedades geotécnicas dos sedimentos da Baixada Santista.....	19
2.3.3 - Perfil geotécnico da cidade de Santos	21
2.3.4 - Ação de dunas	22
2.3.5 - Influência das dunas nos recalques dos edifícios	25
2.4 - OS RECALQUES E AS FUNDAÇÕES DOS EDIFÍCIOS	26
2.4.1 - Adoção de fundações rasas.....	26
2.4.2 - Recalques: um problema técnico.....	26
2.4.3 - Recalques: um problema social	28
2.4.4 - O uso atual de fundações profundas	29
2.5 - TÉCNICAS DESENVOLVIDAS PARA A ESTABILIZAÇÃO DOS RECALQUES.....	30
2.5.1 - Sangria de areia sob sapatas	30
2.5.2 - Carregamento do lado menos recalçado	31

2.5.3 - Injeções para expandir o solo	32
2.5.4 - Sistema cisalhante de Ranzini	33
2.5.5 - Reforço da fundação com emprego de estacas profundas.....	34
a) O caso do edifício Núncio Malzoni	35
b) O caso do edifício Excelsior	37
c) O caso do edifício Morená.....	38
2.5.6 - Deformações controladas através da extração de solo mole.....	39
2.5.7 - Síntese dos métodos de estabilização de recalques apresentados.....	41
CAPÍTULO III – PROJETO ORLA E A PONTA DA PRAIA	43
3.1 - O PROJETO ORLA	43
3.1.1 - Área de estudo.....	43
3.1.2 - Digitalização e elaboração de mapas	44
3.2 - PONTA DA PRAIA.....	52
3.2.1 - Características e localização	52
3.2.2 - Levantamento de dados na Prefeitura Municipal de Santos	55
CAPÍTULO IV – INTERPRETAÇÃO DE ENSAIOS E PREVISÃO DE RECALQUES NA CIDADE DE SANTOS.....	63
4.1 - ANÁLISE COMPARATIVA DE SONDAGENS DE SIMPLES RECONHECIMENTO, COM MEDIDAS DE N_{SPT}	63
4.1.1 - Sondagens coletadas e analisadas.....	63
4.1.2 - Valores de $N_{spt\ médio}$ para as sondagens de referência.....	66
4.1.3 - Análise das sondagens	69
4.2 - SONDAGENS PROFUNDAS	69
4.3 - RESULTADOS DE ENSAIOS DO CONE (CPT e CPTU) NA CIDADE DE SANTOS	73
4.3.1 - Ensaios analisados	73
4.3.2 - Parâmetros geotécnicos obtidos através dos ensaios do cone	78
4.3.2.1 - Densidade relativa e ângulo de atrito interno.....	81
4.3.2.1 - Módulo de deformabilidade	82
4.3.3 - Análise dos resultados	84
4.4 - PREVISÃO DE RECALQUES	86
4.4.1 - Cálculos para a região da “Faixa Crítica” e Ponta da Praia; edifício com 16 pavimentos (edifício “A”)	86
4.4.2 - Cálculos para a região da “Faixa Crítica” e Ponta da Praia - edifício com 12 pavimentos (edifício “B”)	91

4.4.3 - Resumos dos valores obtidos	95
4.4.4 - Análise dos cálculos efetuados	96
4.5 - READAPTAÇÃO DA SEÇÃO GEOTÉCNICA DA ORLA DE SANTOS	97
4.5.1 - Destaque a orla do bairro da Ponta da Praia e seção transversal à praia.	97
4.5.2 - Seções transversais a orla de Santos	99
4.5.3 - Análise das seções transversais	104
CAPÍTULO V – CONCLUSÕES e SUGESTÕES	105
5.1 - CONCLUSÕES	105
5.2 - SUGESTÕES PARA CONTINUIDADE DA PESQUISA	106
ANEXO A – SONDAgens DE REFERÊNCIA BAIRRO BOQUEIRÃO (canal 3 – canal4)	107
ANEXO B - SONDAgens DE REFERÊNCIA BAIRRO EMBARÉ (canal 4 – canal 5)	113
ANEXO C - SONDAgens DE REFERÊNCIA BAIRRO APARECIDA (canal 5 – canal 6)	118
ANEXO D - SONDAgens DE REFERÊNCIA BAIRRO PONTA DA PRAIA (canal 6 – Ferry Boat)	123
ANEXO E - SONDAgens DE REFERÊNCIA SEÇÕES TRANSVERSAIS (Praia – Centro)	131
BIBLIOGRAFIA.....	144
BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR.....	150

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Perfil Geotécnico sintético da Orla Praiana.....	3
Figura 02 – Perfil Geotécnico sintético da orla praiana	3
Figura 03 - Ilha de Santo Amaro	5
Figura 04 – Planícies Costeiras quaternárias do Litoral Paulista distribuídas em quatro compartimentos morfológicos	11
Figura 05 – Esquema da Geologia da Baixada litorânea Santista.	11
Figura 06 – Lençol freático na Baixada Santista	12
Figura 07 – Curvas de variação do nível relativo do mar durante os últimos 7.500 anos no trecho compreendido entre Santos – Bertioga.	13
Figura 08 – Ilustração da formação das planícies quaternárias do Estado de São Paulo.	15
Figura 09 – Ilustração da Formação da Ilhas Barreiras	17
Figura 10 – Esquema da construção de um edifício onde antes existia uma duna	25
Figura 11 –Locação dos pilares extremos do Palácios de Belas Artes	33
Figura 12 – Esquema representativo do método de Ranzini.....	34
Figura 13 – Esquema representativo de como pode ser feita a extração de argila sob as sapatas.....	39
Figura 14 – Detalhe do catino	40
Figura 15 – Solução com âncoras).....	41
Figura 16 – Solução final – extração de solo.....	42
Figura 17 – Arquivo final gerado.	51
Figura 18 – Bairro da Ponta da Praia quadras de 37 a 49	52
Figura 19 – Esquema de posicionamento dos edifícios da quadra 37	59
Figura 20 – Esquema de posicionamento dos edifícios da quadra 38	59
Figura 21 – Esquema de posicionamento dos edifícios da quadra 39	60
Figura 22 – Esquema de posicionamento dos edifícios da quadra 40	60
Figura 23 - Esquema de posicionamento dos edifícios da quadra 41	61
Figura 24 - Esquema de posicionamento dos edifícios da quadra 42	61
Figura 25 - Esquema de posicionamento dos edifícios da quadra 43	62
Figura 26 - sondagem representativa canal 3 - 4.....	64

Figura 27 – sondagem representativa canal 4 - 5	64
Figura 28 – Sondagem representativa canal 5 - 6.....	65
Figura 29 – Sondagem representativa Ponta da Praia.....	65
Figura 30 – Locação das sondagens e ensaios coletados	66
Figura 31 – Sondagem representativa próxima ao canal 4	71
Figura 32 – Sondagem representativa próxima ao canal 6	71
Figura 33 – Locação e resultados dos ensaios de CPTU – Edifício Unisanta, próximo à “Faixa Crítica”	75
Figura 34 – Locação e resultados dos ensaios de CPT	76
Figura 35 – Locação e resultados dos ensaios de CPT na Ponta da praia	77
Figura 36 – Gráfico resistência de ponta média (q_c) x N_{SPT} , para os CPTs do bairro do Boqueirão	80
Figura 37 – Gráfico resistência de ponta média (q_c) x N_{SPT} , para os CPTs da Ponta da Praia.....	80
Figura 38 - Comparação entre q_c e N_{SPT} Sanglerat, 1972	84
Figura 39 – Esquema de dissipação de cargas para o perfil adotado da “Faixa Crítica” edifício “A”, com 16 pavimentos	89
Figura 40 – Esquema de dissipação de cargas para o perfil adotado da Ponta da Praia edifício “A”, com 16 pavimentos.....	90
Figura 41 – Esquema de dissipação de cargas para o perfil adotado da “Faixa Crítica” edifício “B”, com 12 pavimentos.....	93
Figura 42 – Esquema de dissipação de cargas para o perfil adotado da Ponta da Praia edifício “B”, com 12 pavimentos.....	94
Figura 43 – Perfil Geotécnico sintético da orla praiana – Adaptado de Teixeira (1994) e Massad (2003).	98
Figura 44 – Representação do perfil geotécnico sintético da orla da Ponta da Praia e mapeamento	99
Figura 45 – Seção Transversal 1 sentido praia – centro (canal1).	100
Figura 46 – Seção Transversal 2 sentido praia – centro (canal2).	101
Figura 47 – Seção transversal 3 sentido praia – centro (canal 3)	102
Figura 48 – Seção transversal 4 sentido praia – centro (canal 6)	103
Figura 49 – Seção transversal 5 sentido praia – centro (canal 7)	104

LISTA DE FOTOS

Foto 01 – Foto aérea da cidade de Santos. Em destaque a “Faixa Crítica” e o bairro da Ponta da Praia.....	2
Foto 02 – Santos em 1865.	7
Foto 03 - Porto de Santos próximo à Alfândega por volta de 1860 ainda com trapiches.....	8
Foto 04 – Antiga duna existente na Ponta da Praia, início do Sec. XX.....	23
Foto 05 – Museu de Pesca por volta dos anos 40	23
Foto 06 – Museu de Pesca hoje, após a restauração.	24
Foto 07 – Edifício Maembi.....	27
Foto 8(a) Edifício antes do reaprumo	36
Foto 8(b) Edifício depois do reaprumo	36
Foto 09 – Edifício Excelsior inclinado para o lado do canal 4	37
Foto 10 – Situação atual do edifício Morená	38
Foto 11 – Delimitação das 49 quadras ao longo de toda orla Santista	50
Foto 12 – Processo de digitalização das quadras – exemplo quadra 37	51
Foto 13 – Bairro da Ponta da Praia por volta dos anos 20 ou 30.....	53
Foto 14 – Ponta da Praia em 1940.....	54
Foto15 – Ponta da Praia atualmente (2004).....	54
Foto 16 - Bairro da Ponta da Praia em duas vistas	58
Foto 17 - Panorâmica 1 – Vista dos edifícios trecho mais densificado da Ponta da Praia.....	58
Foto 18 – Quadra 37	59
Foto 19 – Quadra 38	59
Foto 20 – Quadra 39	60
Foto 21 – Quadra 40	60
Foto 22 – Quadra 41	61
Foto 23 – Quadra 42	61
Foto 24 – Quadra 43	62
Foto 25 – Argila SFL aos 10m de profundidade	72
Foto 26 – Argila A.T aos 42m de profundidade	72
Foto 27 - Argila avermelhada aos 56,0m de profundidade.....	72
Foto 28 - Argila avermelhada próxima ao canal 6	72

LISTA DE TABELAS

Tabela I – Parâmetros geotécnicos de Santos e da Baixada Santista	20
Tabela II – Síntese das diferenças das propriedades geotécnicas das argilas marinhas da Baixada Santista.....	22
Tabela III – Síntese dos métodos apresentados para estabilização de recalques	42
Tabela IV - Edifícios da orla do bairro da Ponta da Praia.....	45
Tabela V – Tabela resumo especificando os processos existentes e a sua localização.....	56
Tabela VI – Análise das sondagens no trecho: Canal 3 – Canal 4.....	67
Tabela VII – Análise das sondagens trecho: Canal 4 – Canal 5.....	67
Tabela VIII – Análise das sondagens trecho: Canal 5 – Canal 6.....	68
Tabela IX – Análise das sondagens da Ponta da Praia	68
Tabela X – Resistência de Ponta média e valores de N_{SPT} médio ao longo da profundidade para os CPT's do bairro do Boqueirão	78
Tabela XI – Resistência de Ponta média e valores de N_{SPT} médio ao longo da profundidade para o CPT's do bairro da Ponta da Praia	79
Tabela XII – valores de K propostos por Aoki e Velloso.....	83
Tabela XIII – Comparação entre os valores de campo, método de Aoki Velloso e Sanglerat para a Ponta da Praia	85
Tabela XIV – Resumo dos recalques obtidos para o bairro da Ponta da Praia e “Faixa Crítica”	95
Tabela XV – Relação dos recalques primários (ρ), entre as regiões de estudo para o mesmo mecanismo de sobreadensamento.....	95
Tabela XVI – Relação dos recalques primários (ρ), entre os mecanismos de sobreadensamento para uma mesma região	96

LISTA DE SIMBOLOS

N_{SPT} = número de golpes necessário para cravar 30cm do amostrador, após uma cravação inicial de 15cm

q_c = resistência de ponta

q_t = resistência de ponta real mobilizada no ensaio

f_s = atrito lateral

B_q = parâmetro de classificação do solo no CPTU

R_f = razão de atrito = f_s/q_c

u_2 = pressão neutra medida na base do cone

C_c = índice de compressão

C_r = índice de recompressão

e = índice de vazios

σ'_{vi} = tensão vertical efetiva inicial

σ'_{vf} = tensão vertical efetiva final

σ'_a = tensão de pré-adensamento

ρ = recalques

γ_n = peso específico do solo natural

RSA = razão de sobreadensamento

C_v = coeficiente de adensamento

$C_{\alpha\varepsilon}$ = coeficiente de adensamento secundário

S_u = resistência não drenada do solo

LL = limite de liquidez

LP = limite de plasticidade

IA = índice de atividade

IP = índice de plasticidade

δ = massa específica dos grãos

D_r = densidade relativa

ϕ = ângulo de atrito interno do solo

E = módulo de deformabilidade do solo

E_{25} = módulo de deformabilidade para 25% da tensão devida

RESUMO

A pesquisa aborda problemas de recalques que vem ocorrendo na Cidade de Santos desde o início dos anos 40, devido à implantação de edifícios sob fundação direta.

O trabalho destaca o Bairro da Ponta da Praia, onde os recalques ocorridos, principalmente os diferenciais, foram bem menores que no restante da orla, e a região entre os canais três e seis, denominado pela autora “Faixa Crítica”, onde estão concentrados diversos edifícios inclinados ao longo da orla.

Foi feita uma revisão bibliográfica envolvendo aspectos históricos, geológicos e geotécnicos sobre a cidade de Santos e os principais fatores que a tornaram tão conhecida pelos edifícios tortos ao longo de sua orla. Nessa revisão, apresentaram-se dados sobre o subsolo de Santos, no contexto mais geral dos solos, a Baixada Santista. Foram rerepresentados dados de alguns edifícios bastante recalcados e conhecidos na cidade e analisados métodos existentes para estabilização de recalques; alguns casos de aplicação foram relatados.

Os estudos foram baseados em uma grande quantidade de sondagens de simples reconhecimento coletadas na cidade; alguns ensaios do cone, CPT e CPTU, também foram analisados. Foi feita uma comparação entre as duas regiões Ponta da Praia e “Faixa Crítica”, mostrando as diferenças nas espessuras e nas propriedades geotécnicas das camadas de areia superficial.

Foram feitos também cálculos para a previsão de recalques no bairro da Ponta da Praia e na “Faixa Crítica”, levando-se em conta os mecanismos de sobreadensamento das argilas da Baixada Santista e diferenças nas espessuras da camada de areia superficial.

Com a análise das sondagens coletadas foi possível responder alguns questionamentos sobre o perfil geotécnico da Orla de Santos, traçar o perfil geotécnico da orla do bairro da Ponta da Praia e traçar seções no sentido transversal à orla, (praia-centro).

ABSTRACT

The research concerns settlement issues occurring in the city of Santos since the 40's because of the building construction under shallow foundation.

The work emphasizes the neighborhood called Ponta da Praia where the settlements mainly the differentials, have been slighter than the rest of the seashore, and the region between the channels three and six , named by the author "the Critical Strip" several inclined buildings are concentrated along the seashore.

A bibliographic revision has been made involving historical, geological and geotechnical aspects about the city of Santos and the mainly facts which became the city well-known due to the inclined buildings along the seashore. The revision presented specific geotechnical data about the Santos subsoil, in the general context the Santos Coastal Plain, named Baixada Santista. Settlement data of some inclined buildings where also presented and current plumbing methods were evaluated and some application cases were reported.

The studies were based in a large amount of borings (SPT) executed in the city; and a couple of CPT and CPTU were analyzed. The differences between Ponta da Praia and " the Critical Strip" were pointed out related to the upper sand layer thickness as well as its geotechnical properties.

Also computations were made for the evaluation of settlement in the neighborhood Ponta da Praia an in the " the Critical Strip" taking into account the known clay overconsolidation mechanisms in the Baixada Santista and differences in upper sand layer thickness.

With the boring analyses it was possible to answer some questions about the existing geotechnical section of the neighborhood Ponta da Praia and to sketch cross-sections transverse to the seashore (beach – city center).

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO

1.1 - O PROBLEMA DAS FUNDAÇÕES EM SANTOS

A cidade de Santos é conhecida não só pelo belo jardim ao longo da praia, mas também por apresentar inúmeros problemas de recalques em edifícios apoiados na camada superficial de areia.

Desde o início da ocupação da orla praiana sabia-se da ocorrência de uma espessa camada de argila marinha mole no subsolo santista e dos recalques por adensamento que poderiam ocorrer. O fato de a camada superficial de areia ser compacta, com tensão admissível de 250 a 300 kPa, levou construtores da época a executar edifícios com mais de 12 pavimentos apoiados em fundação direta, a 1,5-2,0m de profundidade.

Com o passar dos anos, o número de edifícios e a quantidade de pavimentos, aumentaram significativamente gerando um acréscimo de tensões nas camadas de argila, quer pelo incremento da carga, quer pela interferência dos bulbos de pressão das construções vizinhas.

O resultado de tudo isso é facilmente hoje observado na cidade. Recalques chegaram a atingir 120 cm. Inúmeros edifícios na Orla de Santos estão inclinados; ora um em direção ao outro, ora em direções opostas, e ainda alguns que recalcam para um lado sem influência de prédios vizinhos.

Fato curioso notado, é que esses recalques diferenciais não ocorrem em toda orla; existe uma “Faixa Crítica” na praia de Santos onde está concentrado o maior número de prédios inclinados, facilmente perceptíveis a olho nu. Essa região compreende a área entre os canais 3 e 6. No restante da orla os recalques, principalmente os diferenciais, foram bem menores. Na foto 01 é destacado a “Faixa Crítica” e o bairro da Ponta da Praia.

No presente trabalho foram feitas comparações entre os edifícios do Bairro da Ponta da Praia, onde não existem prédios tortos, perceptíveis a olho nu, com os edifícios já estudados por outros pesquisadores e extremamente recalçados localizados na “Faixa Crítica” da Orla de Santos



Foto 01 – Foto aérea da cidade de Santos. Em destaque a “Faixa Crítica” e o bairro da Ponta da Praia (Fonte: Adaptado de Google Earth - jan, 2008)

Teixeira (1994) traçou um perfil de toda Orla de Santos, sintetizando a ocorrência das camadas de areia e argila. Este perfil, embora precise de algumas adaptações, ainda é muito utilizado como referência para ilustrar o subsolo Santista (figura 01). Massad (2003) questionou a espessura da camada de areia no bairro da Ponta da Praia e a ocorrência de camadas mais profundas, adaptando o perfil de Teixeira de acordo com a figura02.

Gonçalves (2005) em sua Tese de Livre Docência mencionou a diferença de comportamento dos edifícios da região de estudo, levantando a seguinte questão:

“será que as argilas mais próximas a Ponta da Praia tem características diferentes das argilas situadas próximo à Conselheiro Nébias?”

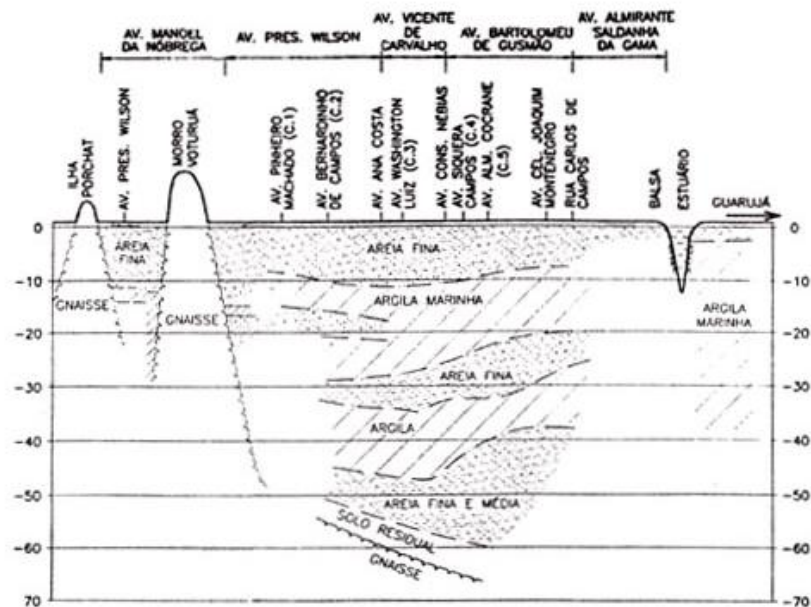


Figura 01 – Perfil Geotécnico sintético da Orla Praiana (Fonte: Teixeira, 1994)

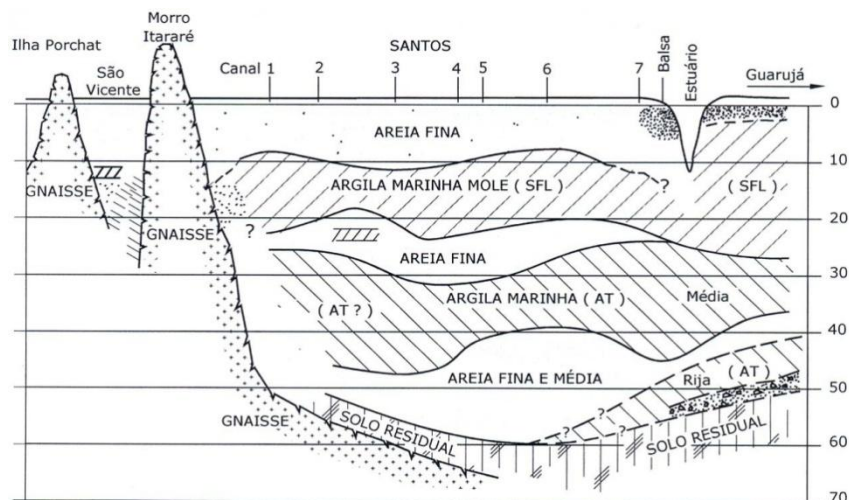


Figura 02 – Perfil Geotécnico sintético da orla praiana (Fonte: Adaptada de Teixeira (1994) por Massad (2003))

A ação de Dunas no passado levantada por Massad (2006 e 2008), explica o comportamento muitas vezes “anômalo” das argilas de Santos e a existência de regiões com maior tensão de pré-adensamento, tendo como consequência, menores recalques ou recalques diferenciais.

1.2 - OBJETIVO

Fazem parte do escopo desse trabalho:

- a) Esclarecer os questionamentos levantados por Massad (2003) na figura02;
- b) Traçar uma nova seção geotécnica da orla da Ponta da praia, através de um levantamento de sondagens executadas na região e também, traçar uma seção geotécnica sintética no sentido perpendicular a Orla de Santos (Praia – Centro);
- c) Verificar a influência da ação de dunas e da espessura da primeira camada de areia nos recalques no bairro da Ponta da Praia.

CAPÍTULO II – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 - ASPÉCTOS HISTÓRICOS

2.1.1 - Da colonização até fins do século XX

Por volta de 1530, a Ilha de Santo Amaro (figura 03) foi escolhida por Martim Afonso para desembarque e primeira residência de seu povo.

Pouco tempo depois as atenções se voltaram para São Vicente, que nessa época era constituída de um conjunto de 10 ou 12 casas e se tratava do caminho mais certo e seguro para as entradas ao sertão.



Figura 03 - Ilha de Santo Amaro - A linha vermelha no mapa, representa a divisória entre a sede do Município de Guarujá e o Distrito de Vicente de Carvalho (Fonte: <http://br.geocities.com>, fev, 2008)

Fatores geográficos e históricos fizeram com que ainda na década de 1530-40, pouco depois da fundação de São Vicente, surgisse o povoado Santista. Santos cresceu rapidamente sendo elevada à categoria de vila em 1546.

Em função da definição do porto de Santos, localizado bem no interior do estuário, deu-se o desligamento do ancoradouro da foz do rio Santo Amaro e como consequência, abandono dos trajetos anteriormente utilizados.

“*Santos nascera assim, sob bons signos*” (Araújo Filho, 1964). Tudo levava a crer que o desenvolvimento da cidade se daria como o de Olinda, fundada na mesma época, e comandada pela economia da cana-de-açúcar.

Mas o que se previu não aconteceu: a lavoura canavieira no litoral vicentino não durou muito tempo, sua decadência foi tão rápida quanto sua implantação. Um dos fatores dessa decadência está relacionado com a distância entre a área vicentina produtora e os mercados consumidores europeus, distâncias que, evidentemente, devem ser consideradas em termos de tempo.

Além da distância, a formação Geológica da Baixada Santista contribuiu negativamente para a implantação de uma lavoura canavieira. Formada por uma planície sedimentar–quaternária, constituída predominantemente de areias e argilas, sendo uma superfície baixa, rigorosamente plana e sub-horizontal.

os solos da planície ou estão nas dunas e nas restingas arenosas, ou nos manguezais encharcados e nos vales sujeitos a inundações periódicas. Fora daí e nos morros íngremes, pouco espaço exista para que o colono pudesse aproveitá-los economicamente com a agricultura (Araújo Filho, 1964)

Santos foi elevada á categoria de cidade em janeiro de 1839. Mesmo assim, até o início do século XIX, a cidade evoluiu pouco, sofria constantemente com o fato de ser uma planície e inundava-se facilmente. A foto 02 retrata a cidade de Santos, anos após sua fundação.



Foto 02 – Santos em 1865 (Fonte: <http://www.novomilenio.inf.br> - foto de Militão Augusto de Azevedo, jul, 2008).

Por mais de três séculos e meio, o Porto de Santos, embora tivesse crescido, manteve-se em padrões estáveis com o mínimo de mecanização e muita exigência de trabalho físico.

A partir da década de 50, o café começou a se tornar o principal produto de exportação paulista. Por volta de 1854, Santos já exportava quase 80% do café brasileiro. Isso fez com que a antiga vila crescesse rapidamente. O número de habitantes aumentava a cada dia, mas a cidade não tinha sistema de esgoto nem casas suficiente para abrigar toda a população. As condições de higiene e salubridade ficaram altamente comprometidas, propiciando o aparecimento de doenças de caráter epidêmico. A construção de um porto organizado era mais do que necessária para mudar o cenário da cidade, e dar infra-estrutura para seu desenvolvimento.

Com o desenvolvimento de um novo Porto, iniciou-se também uma nova fase para a vida da cidade, pois antes da instalação do porto organizado, Santos contava com precários trapiches de madeira para o acesso aos navios de passageiros e cargas (ver foto 03). Esses trapiches começaram a ser demolidos e as pontes fincadas em terrenos lodosos, foram sendo substituídos por aterros e muralhas de pedra.

Uma via férrea e novos armazéns para guarda de mercadorias, compunham as obras do novo porto.



Foto 03 - Porto de Santos próximo à Alfândega por volta de 1860 ainda com trapiches (Fonte: <http://www.novomilenio.inf.br> - foto de Militão Augusto de Azevedo, jul, 2008)

O início das obras de construção do porto ocorreu efetivamente em 1888 e, em fevereiro de 1892, foi oficialmente inaugurado o Porto de Santos, quando a Companhia Docas de Santos - CDS, entregou à navegação mundial os primeiros 260 m de cais, na área, até hoje denominada, Valongo.

Nessa época também começaram a ser delineados os projetos urbanísticos de Santos. Em 1905 o engenheiro sanitarista Francisco Saturnino Rodrigues de Brito foi contratado para elaborar um plano de saneamento que resolvesse os alagamentos e pusesse fim às epidemias que mataram milhares de pessoas.

Saturnino de Brito foi o elaborador do gigantesco plano de saneamento que incluiu os canais de drenagem e a Ponte Pênsil (inaugurada em 1914), para dar suporte aos emissários do esgoto de Santos, cujos dejetos eram lançados ao mar, na ponta de Itaipu.

O surto cafeeiro também fez a Província, ainda no primeiro quartel do século XIX, discutir a abertura de uma nova estrada entre São Paulo e Santos, que permitiria também a passagem de veículos.

se o caminho de Santos para São Paulo não tivesse todas as ditas dificuldades, viriam a Santos mais moradores de Serra acima com mantimentos para venderem, e levarem o produto em sal. (...) é muito dificultoso o dito caminho, porque sendo em partes áspero, e pantanoso, há muitos anos que não tem benefício algum, em todo o tempo custa passar, e no de águas se reduz quase a impraticável. Algumas vezes comerciantes ficam parados em Santos seis e oito meses a espera de tropas possam encetar o caminho (Pereira, apud Petrone, 1964)

Os estudos para abertura de uma nova estrada se deram por muitos anos, até que em 1841 se deu o início das obras e em 1846 foi inaugurada a nova estrada, chamada de estrada da Maioridade.

Entretanto a inauguração da nova estrada não implicou que a mesma estivesse em condições satisfatórias de transito, “a *estrada da maioridade continuou sendo, antes de mais nada, uma estrada de tropas.*” (Petrone, 1964)

Os anos se passaram o desenvolvimento da economia portuária continuou em crescimento e o antigo caminho que antes era feito não apenas com o auxílio das pernas, mas também das mãos, passou para as voltas superpostas da estrada da Maioridade, e finalmente deu lugar aos túneis, pontes e viadutos da até hoje chamada Via Anchieta. (Petrone, 1964)

2.1.2 - A expansão urbana de Santos

Com um eficiente sistema de esgotos e de canais de drenagem, Santos ficou limpa, e livre de epidemias. A população pode crescer e construir nos terrenos saneados, inclusive em direção às praias.

Por volta de 1940, iniciou-se a ocupação da orla marítima, que passou a ser considerada a área nobre da cidade. Até o início do século XX a paisagem da orla praiana de Santos era composta por chácaras de veraneio, pertencentes aos negociantes da cidade; à medida que a cidade foi crescendo, essas chácaras foram substituídas por aqueles que podiam construir seus palacetes com vista para o mar.

“Em poucos anos, quase toda a extensão da praia, do José Menino às proximidades da Ponta da Praia, foi ocupada, formando um conjunto residencial dos mais elegantes de Santos.” (Araújo Filho, 1964).

Com a crise do café em 1929, os antigos palacetes se transformaram em pensões, onde a classe média se hospedava aos finais de semana ou dias de folga.

A abertura da via Anchieta, relatada acima, ofereceu extrema facilidade na comunicação entre a Baixada Santista e São Paulo. Dessa forma, os antigos palacetes deram lugar aos edifícios de hoje, sendo que a maior parte dos apartamentos eram ocupados pelos veranistas somente aos finais de semana ou em época de férias.

“O fato é que, em menos de uma década, verdadeira muralha de arranha - céus passou a cobrir as praias santistas e vicentinas, transformando suas paisagens e criando sérios problemas para ambos os aglomerados.” (Araújo Filho, 1964).

2.2 - ASPÉCTOS GEOLÓGICOS

2.2.1 - Geologia do litoral

O litoral do Estado de São Paulo é caracterizado por planícies sedimentares, separadas por rochas elevadas do embasamento cristalino Pré-Cambriano, que alcançam o mar (figura 04).

De acordo com Suguio e Martin (1978 e 1994), os limites mais importantes do embasamento pré-cambriano, do sul para o norte, podem ser definidos em cinco unidades morfológicas: Cananéia/Iguape, Itanhaém/Santos, Bertioga/Iha de São Sebastião, Caraguatatuba/ Ubatuba e Baía de Ilha Grande, onde a primeira unidade encontra-se preenchida por depósitos quaternários e a linha da praia é praticamente retilínea; para o Norte as planícies se tronam cada vez menos preenchidas até que escassos depósitos quaternários acham-se presentes.

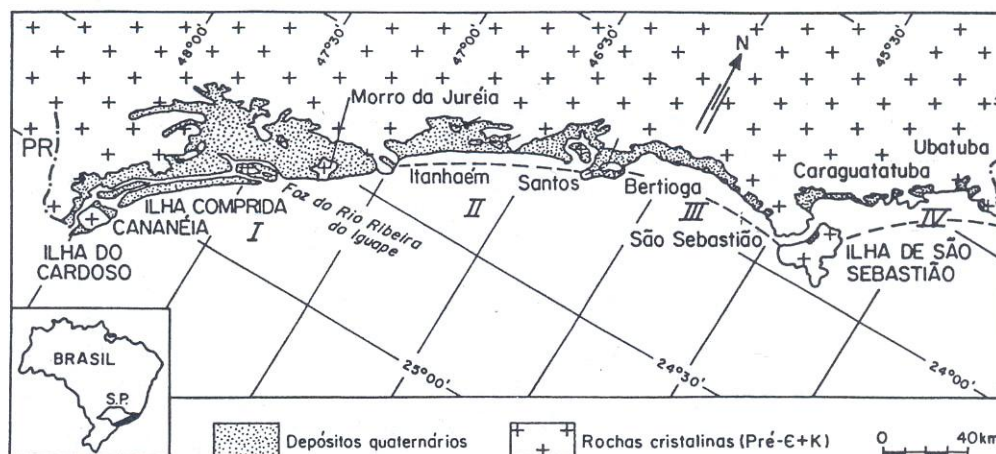


Figura 04 – Planícies Costeiras quaternárias do Litoral Paulista distribuídas em quatro compartimentos morfológicos (Fonte: Suguio e Martin, 1994)

Segundo Rodrigues (1964), o trecho da Baixada Santista compreendido entre Mongaguá e Bertioga apresenta uma base geológica bem simples, apresentado na figura 05:

(1) o embasamento cristalino, com rochas duras, relevo quase sempre muito acidentado, e coberto por um manto residual devido ao intemperismo (regolito); (2) a cobertura sedimentar cenozóica. Daí a dualidade de relevo da baixada: acidentado nos trechos correspondentes ao embasamento, plano nas áreas de sedimentação (figura 05). Afloramento do embasamento, além da ilha da costa, geram numerosas ilhas.

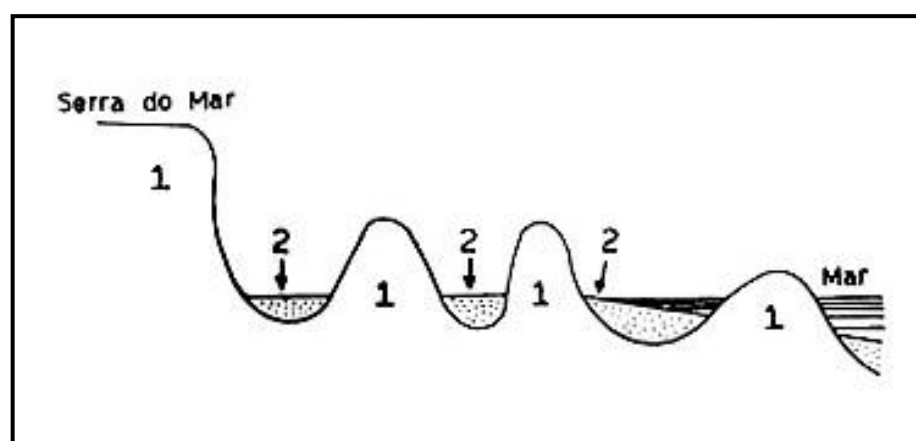


Figura 05 – Esquema da Geologia da Baixada litorânea Santista. (Fonte: Rodrigues, 1964)

No que diz respeito às águas subterrâneas na Baixada Santista, podemos dividir os terrenos em três grupos:

- Planície enxuta: o lençol freático encontrado em pequenas profundidades, raso.
- Paludais: o lençol freático tangencia ou corta a superfície do terreno
- Morros: geralmente o lençol freático se encontra abaixo do contato solo - rocha.

Na figura 06, é retratado o lençol freático na Baixada Santista.

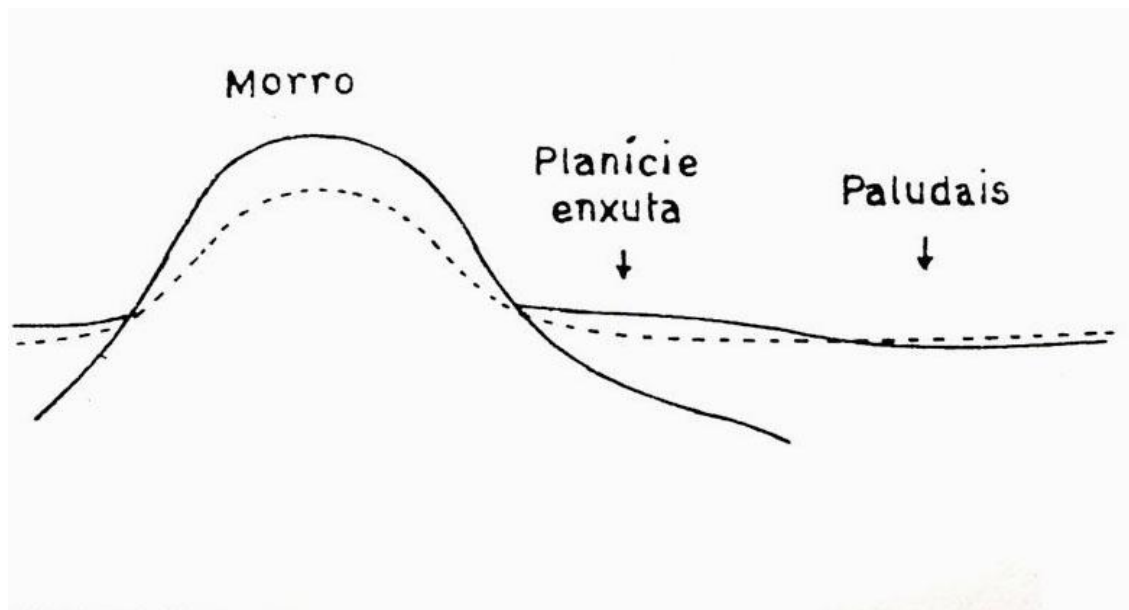


Figura 06 – Lençol freático na Baixada Santista. (Fonte: Rodrigues, 1964).

2.2.2 - Influência das elevações do nível do mar na Baixada Santista

De acordo com Suguio (1996), até a década de 60, pesquisas sobre flutuações do nível do mar durante o Quaternário eram muito escassas no Brasil. Após 1974 foram intensificados os estudos sobre as mudanças de nível relativo do mar, principalmente nos últimos 7500 anos.

De acordo com os estudos de Suguio e Martin (1978, 1981), verificou-se que na região de Santos – Bertioga, o nível máximo relativo do mar foi atingido por volta de 5100 anos, situando-se 4,5m acima do nível atual, por volta de 3500 anos o nível do mar passou por um segundo máximo atingindo + 4,0m e há cerca de 2000 anos o nível do mar estava entre 1,5 e 2,0 m. A figura 07 ilustra essas variações.

Os depósitos sedimentares da Baixada Santista se formaram nos últimos 120.000 anos por processos transgressivos - regressivos e foram fortemente influenciados pelas variações relativas do nível do mar. Essas formações estão diretamente relacionadas com dois ciclos de elevações do nível do mar:

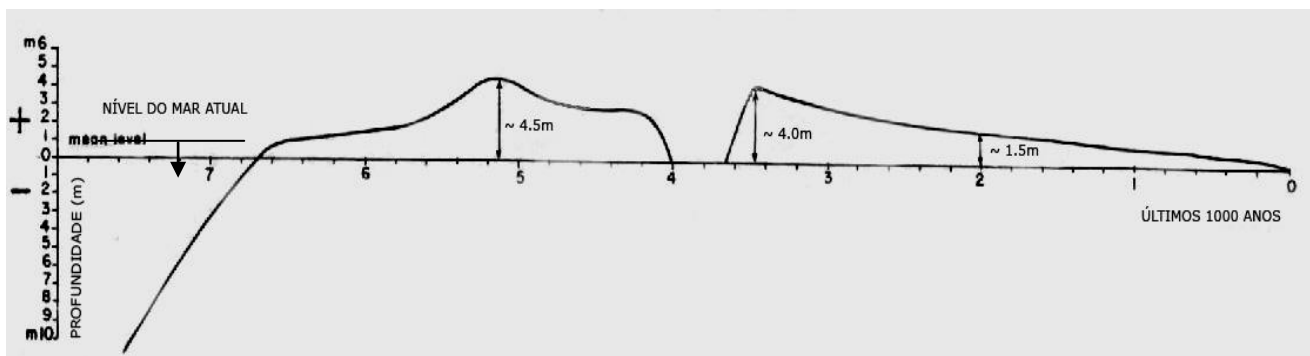


Figura 07 – Curvas de variação do nível relativo do mar durante os últimos 7.500 anos no trecho compreendido entre Santos – Bertioga. (Fonte: Suguio e Martin, 1978)

O primeiro é conhecido como **Transgressão Cananéia**, depositado há 100.000 – 120.000 anos. Processo que deu origem às Argilas Transicionais e Areias Transgressivas. O nome “Transicional” é devido ao ambiente misto, continental - marinho de sua formação. Como consequência da regressão ocorrida, onde o nível do mar abaixou 110m em relação ao atual, os sedimentos passaram por um intenso processo erosivo, apresentam - se fortemente sobreadensados por peso total. (Massad 1985 e 1999).

O segundo é chamado de **Transgressão Santos**, deu origem a Sedimentos Flúvio – Lagunares e de Baias (SFL). Essa formação, mais recente se deu cerca de 7000 – 5000 anos. O nome “SFL” é devido ao fato de às vezes se formarem pelo retrabalhamento dos sedimentos da Formação Cananéia e outras por sedimentação em Lagunas e Baias. (Massad 1985 e 1999).

2.2.3 - Planícies sedimentares quaternárias de São Paulo

Suguio e Martin (1981), com o brilhante trabalho sobre as flutuações do nível do mar e a evolução costeira do Brasil, conseguiram propor um modelo geológico para explicar a formação das planícies quaternárias do Estado de São Paulo (figura 08),

apontando as elevações do nível do mar como causa principal da origem dos depósitos sedimentares.

A evolução destas planícies foram resumidamente divididas em cinco etapas:

1º No auge da transgressão Cananéia o mar atingiu o pé da Serra do mar e se formaram os sedimentos argilo-arenosos chamados transicionais e as areias marinhas transgressivas.

2º Iniciou-se o processo de regressão e com isso cordões de areias regressivas foram depositados sobre os sedimentos transgressivos que posteriormente foram retrabalhados pela ação do vento.

3º Por volta de 17.000 anos atrás o nível do mar abaixou até a cota -110m, com isso os sedimentos superficiais da formação Cananéia foram erodidos, formando vales profundos. Com cordões de praias, a superfície original da formação Cananéia foi preservada ficando entre os vales.

4º Com a Transgressão Santos o mar subiu rapidamente e invadiu as zonas rebaixas pela erosão, originando um longo sistema de lagunas, onde sedimentos argilo – arenosos foram depositados. Em conjunto com isso, as partes mais altas da Formação Cananéia foram erodidas pelo mar e as areias redepositadas, dando origem aos depósitos marinhos holocênicos arenosos.

5º O mar retornou para a sua posição atual e assim se formaram cordões litorâneos de regressão. Diferentes gerações desses cordões podem ser notados como consequência das flutuações do nível do mar durante a o final da Transgressão Santos.

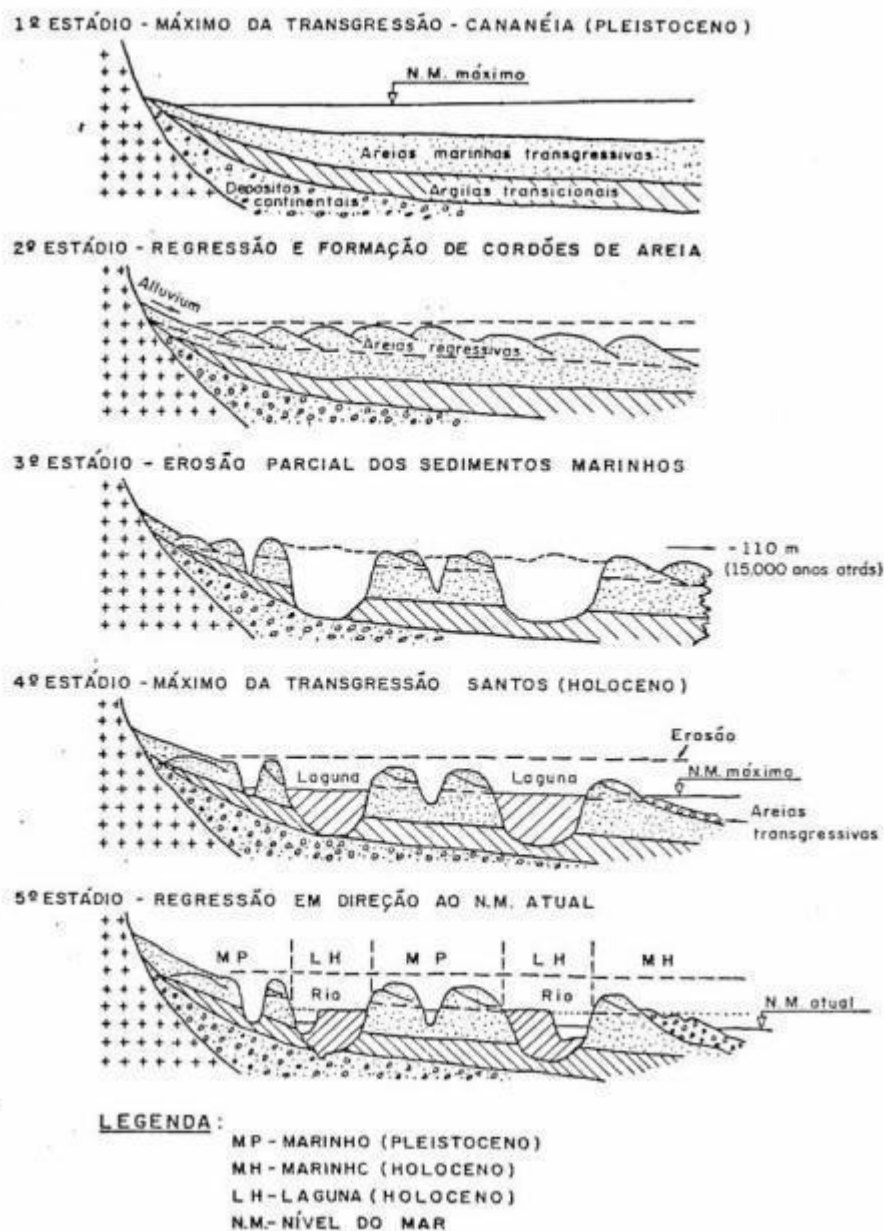


Figura 08 – Ilustração da formação das planícies quaternárias do Estado de São Paulo. (Fonte: Suguio e Martin, 1978)

2.2.4 - As ilhas barreiras e os sedimentos flúvio lagunares

De acordo com Suguio e Martin (1981, 1994), nos períodos em que o continente esteve submerso, formaram-se algumas Ilhas Barreiras, lagunas e baías, que enquanto condição do nível do mar era quase estável, estas permaneceram parcialmente isoladas por longos períodos de tempo. Após 4000 anos de emergência, o nível do mar abaixou e essas ilhas barreiras se deslocaram em direção ao

continente gerando cordões de areia nas suas extremidades, isolando ainda mais as lagunas e baías do alto mar e provocando seu secamento.

Segundo Suguio (1996) as Ilhas Barreiras se deslocam devido a:

- a) Ação dos Ventos (perda de areia para as dunas)
- b) Deriva Litorânea
- c) Equilíbrio de Plataforma

A ação eólica no litoral brasileiro resulta em uma constante perda de areia para as Dunas. Na Baixada Santista, a ação dos ventos sobre os sedimentos arenosos remanescentes às transgressões Cananéia e Santos, deram origem a dunas como as encontradas na Ilha de Santo Amaro (Conforme Mapa Geológico Preliminar da Baixada Santista, 1973 citado por Massad, 1985) e em Praia Grande (Rodrigues, 1964).

Por definição, “*deriva litorânea são correntes induzidas por ondas que se aproximam obliquamente do litoral. Estas correntes movimentam enorme quantidade de sedimento que são transportados ao longo do litoral*”. (Dicionário Pro - Disponível em: <http://www.dicionario.pro.br>)

Na maioria das vezes as areias ao longo de uma praia são transportadas por correntes longitudinais geradas pelas ondas, pois próximo às praias, as ondas não encontram profundidade suficiente para avançar e se arrebatam.

Este fenômeno libera grande quantidade de energia, sendo que parte desta energia é usada para colocar as areias em suspensão e outra parte para gerar correntes de deriva litorânea.

Embora a velocidade desta corrente seja lenta, sua influência nas areias em suspensão através da quebra de ondas é muito grande; dessa forma, um grande volume de areia é transportado. O transporte por deriva litorânea prossegue até que as areias sejam retidas por uma armadilha (reentrâncias da linha costeira, ilhas ou fundos rasos) ou bloqueadas por um obstáculo.

Uma vez atingido o perfil de equilíbrio de uma zona litorânea, elevação ou descida subsequente de nível relativo do mar perturbará este equilíbrio, que será então restaurado mediante translação da linha praial rumo ao continente. Se houve elevação do nível do mar, o prisma praial sofrerá erosão e o material erodido será

transferido, resultando em um recuo da linha da costa; se ocorreu descida do nível do mar, as ondas irão movimentar os sedimentos rumo ao prisma praial, provocando o avanço da linha da costa.

O processo de formação da Ilhas Barreiras pode ser exemplificado através da figura 09, fato que ocorre hoje em Cape Hateras, ocorreu no Brasil há cerca de 5100 anos

Figura 09 (a) – Continente submerso

Figura 09(b) – Formação das Ilhas barreiras e lagunas, que após abaixamento do nível do mar se deslocaram em direção ao continente, formando cordões de areia nas suas partes externas.

Figura 09(c) Os cordões de areia isolaram completamente as lagunas do alto mar e provocaram seu secamento, mais tarde deu-se a deposição de sedimentos argilo-arenosos fluviais.

Este modelo de deposição de sedimentos foi aplicado à Baixada Santista por Massad (2003 2004 e 2006). Além de delimitar dois núcleos com processos de sedimentação distintos, Massad mostrou também que as Ilhas-Barreiras deram origem às areias de Praia Grande, Santos e Guarujá.

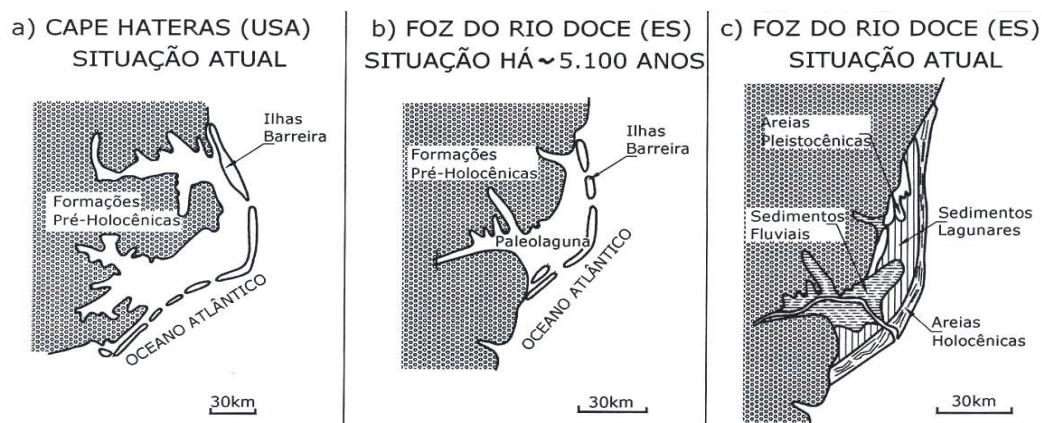


Figura 09 – Ilustração da Formação da Ilhas Barreiras (Fonte: Apud Massad, 2004 e 2006).

2.3 - ASPECTOS GEOTÉCNICOS

2.3.1 - Pressão de pré – adensamento e origem do sobreadensamento

A pressão de pré-adensamento (σ'_a) é definida como a maior tensão efetiva que o solo já sofreu. Diz-se que um solo é normalmente adensado quando a pressão de pré-adensamento (σ'_a) é igual a tensão efetiva a que o solo está submetido (σ'_{vi}). Quando (σ'_a) é maior que (σ'_{vi}), o solo encontra-se sobreadensado. A razão de sobreadensamento ainda é a relação entre essas duas tensões, (σ'_a) / (σ'_{vi}).

Massad (1985, 1994 e 1999), concluiu que o sobreadensamento das argilas da Baixada Santista ocorrem principalmente devido a três fatores:

- oscilação negativa do nível do mar durante os últimos 7.500 anos;
- ação de dunas eólicas;
- envelhecimento das argilas (efeito “aging” proposto por Bjerrum, 1967)

O envelhecimento das argilas (“aging”), ou adensamento secundário, é o fenômeno de reorientação das partículas sob tensão efetiva constante, onde ocorre uma redução do índice de vazios levando a uma configuração mais estável da estrutura do solo. Com o rearranjo de partículas ocorre um ganho de resistência do solo que aumenta com o tempo de aplicação dessa tensão.

O forte sobreadensamento das Argilas Transicionais com RSA (razão de sobre adensamento) da ordem de 2,5 a 4 e pressões de pré-adensamento variando de 300 a 600 kPa, é proveniente do grande abaixamento do nível do mar, que atingiu -110m há 17.000 anos.

Quanto aos Sedimentos Flúvio-Lagunares, Massad concluiu tratar de solos levemente sobreadensados, com RSA variando de 1,3 a 2 e pressões de pré-adensamento, de 30 a 200 kPa. Esse sobre adensamento também foi atribuído mais às oscilações negativas do nível do mar que à ação de dunas. e efeito “aging”.

Estudos feitos por Massad e Perez (1997) em solos próximo a Rodovia dos Imigrantes, em um edifício na Orla de Santos e na Ilha de Santo Amaro, próximo ao Cais Conceiçãozinha, permitiu dividir em percentuais a contribuição dos principais efeitos que explicam o sobreadensamento das argilas SFL da Baixada Santista.

- a) Para o solo da Rodovia dos Imigrantes, chegaram à conclusão que 86% do sobreadensamento é devido as oscilações negativas do nível do mar, e 14% devido ao envelhecimento das argilas; para o solo da orla de Santos, obtiveram-se 71% para as oscilações do N.A e 29% ficou por conta do “aging”.

- b) Para o solo da Ilha de Santo Amaro, próximo ao cais Conceiçãozinha, não foi possível obter valores coerentes para a combinação dos dois efeitos. Nesse caso concluíram que o sobreadensamento foi devido também ao peso de dunas existentes no passado; “(...) seria necessário admitir que tenha existido no local uma espessa camada de areia acima do nível do mar (...)” (Perez e Massad, 1997)

Massad, 2009, destaca que a hipótese exclusiva de envelhecimento (aging) das argilas SFL não se sustenta: “o pré-adensamento provocado pelas oscilações do nível do mar, sobrepôs-se ao efeito do “aging”, mascarando-o com um mecanismo compreensível”.

Fato hoje, totalmente aceito e confirmado pelo comportamento de obras civis na Baixada Santista, é que as argilas de Santos são sobreadensadas e não normalmente adensadas, como se admitiu durante décadas.

2.3.2 - Propriedades geotécnicas dos sedimentos da Baixada Santista

Além dos valores de SPT outros parâmetros são muito importantes para a caracterização das argilas moles da Baixada Santista. Para a construção de alguns edifícios na cidade de Santos, vários ensaios foram executados no local de implantação, e parâmetros geotécnicos foram obtidos. A tabela I, elaborada por Massad, 2003 apresenta esses valores para quatro edifícios em diversos locais da Cidade e ainda uma comparação com os parâmetros geotécnicos da Baixada Santista.

Tabela I – Parâmetros geotécnicos de Santos e da Baixada Santista (Massad, 2003)

CARACTERÍSTICAS	CIDADE DE SANTOS					BAIXADA SANTISTA	
	SFL				AT	SFL	AT
	C/D (1)	U (2)	UNISANTISTA (3)	NÚNCIO MALZ. (3)	I (4)		
z - PROF. (m)	8 ≤ z ≤ 20	7 ≤ z ≤ 22	15 ≤ z ≤ 24	z=16	14 ≤ z ≤ 43	≤ 50	20 ≤ z ≤ 45
e	1,2-2,4	1,2-2,2	1,6-2,2	-	2,1	2-4	< 2
$\bar{\sigma}_a$ (kPa)	100-230	80-200	190-245	-	600-700	30-200	200-700
RSA (*)	1,25	1,13	1,4?	1,3	> 3,5	1,1-2,5	> 2,5
SPT	-	-	2-5	1-4	5-10 (**)	0-4	5-25
s_u (kPa)	25-50	25-90(CS)	60-73	-	200	10-60	> 100
γ_n (kN/m ³)	14,7-17,1	15	14,7-16,0	14,5-15,6	16	13,5-16,3	15,0-16,3
C_{oc} (%)	3-6	3-4,5 (***)	-	1,3-3,9	-	3-6	-
C_v^{lab} (cm ² /s)	(2-7).10 ⁻⁴	(2-4).10 ⁻⁴	1.10 ⁻⁴	(1-7).10 ⁻⁴	-	(0,3-10).10 ⁻⁴	(3-7).10 ⁻⁴
C_v^{campo} / C_v^{lab}	10-20	20	86?	-	-	15-100	-
δ (kN/m ³)	26,5	-	26,5	26,8	-	26,6	26,0
% < 5 μ	15-61	-	40-80	-	20-50	20-90	20-70
LL	47-137	60-130	50-87	-	40-120	40-150	40-150
IP	19-87	30-90	31-46	-	20-60	20-90	40-90
IA	0,9-2,9	-	-	-	1,8	0,7-3	0,8-2,0
IL (%)	39-78	-	-	-	55	50-160	20-90
$C_c / (1+e_0)$	(0,48)	0,25-0,44 (0,35)	0,26-0,31	0,34-0,38	-	0,33-0,51 (0,43)	0,35-0,43 (0,39)
C_r / C_c (%)	(5)	-	6-19	-	-	8-12	9
$\bar{E}_L / \bar{\sigma}_a$ (RSA > 1)	20	-	-	-	-	13-18	11

Legenda:

- (1) Machado (1961); (2) Teixeira (1960-b e 1994);
 (3) Gonçalves e Oliveira (2002); (4) Teixeira (1960-a)

De uma maneira simplificada, a análise da tabela I acima, mostra que as argilas apresentam valores semelhantes de acordo com a sua classificação. Exceção é feita para algumas propriedades de estado, como índice de vazios e resistência não drenada, de acordo com Massad (2003). Isso é devido as argilas de SFL na cidade de Santos terem sido adensadas sob pressões de terra maiores. Nesse contexto, verifica – se também que a pressão de pré-adensamento desempenha papel decisivo quanto à classificação.

2.3.3 - Perfil geotécnico da cidade de Santos

Sondagens de simples reconhecimento, executadas ao longo dos anos em conjunto com os estudos realizados, permitiram resumir o perfil da cidade de Santos bem como a ocorrência das camadas, que se passa a descrever:

Às vezes, sob pequenas camadas de aterro, encontra-se **areia** medianamente compacta com espessuras entre 6 e 20m, com predominância entre 10 e 15 m, SPT variando de 9 a 30.

Logo abaixo ocorrem camadas de argila muito mole, que foram classificadas por Massad, (1985) como sendo **Argilas de SFL**, com profundidades entre 10 e 30m e valores de SPT entre 0 e 4.

Em profundidade, reencontramos camada de **areia** de compacidade variável

Abaixo dos 20 – 25 m de profundidade, são encontradas as **Argilas transicionais (A.T)**, também definidas por Massad (1985). São argilas de consistência média a rija, apresentam valores de SPT superior a 5 golpes.

Abaixo das argilas transicionais é possível encontrar camadas de areia compacta e/ou sedimentos continentais. Em profundidade encontra-se o solo residual.

Nas margens e fundos de canais da rede de drenagem, se encontram ainda os **Mangues**, que são diferentes dos SFI; tratam-se de sedimentos mais recentes, caracterizados como sedimentos tipo vasa (lama), e apresentam valores de SPT = 0.

A tabela II elaborada por Massad (2003), apresenta uma síntese das diferenças entre as propriedades geotécnicas das Argilas Marinhas da Baixada Santista. Os dados apresentados foram obtidos através da realização de ensaios do cone (CPTU) e SPT-T.

Tabela II – Síntese das diferenças das propriedades geotécnicas das argilas marinhas da Baixada Santista (Massad, 2003)

CARACTERÍSTICAS		MANGUE	SFL	AT
D I F E R E N Ç A S	PROFUNDIDADE (m)	≤5	≤50	20 ≤ z ≤ 45
	e	>4	2-4	<2
	$\bar{\sigma}_a$ (kPa)	<30	30-200	200-700
	RSA	1	1,1-2,5	>2,5
	SPT	0	0-4	5-25
	s_u (kPa)	3	10-60	>100
	γ_n (kN/m ³)	13,0	13,5-16,3	15,0-16,3
	ARGILO-MINERAIS	K/I	K/M/I	K/I
	MATÉRIA ORGÂNICA	25%	6% (1)	4% (1)
	SENSITIVIDADE	-	4-5	-
	ϕ' (1) e (2)	-	24	19
	C_{or} (%)	-	3-6	-
	C_v^{lab} (cm ² /s) (3)	(0,4-400).10 ⁻⁴	(0,3-10).10 ⁻⁴	(3-7).10 ⁻⁴
	C_v^{campo} / C_v^{lab}	-	15-100	-
ADESÃO EM ESTACAS (kPa)	-	20-30	60-80	

2.3.4 - Ação de dunas

Massad (2006, 2008), mostrou várias evidências da ação de dunas na Baixada Santista, destacando que elas podem ser de ordem histórica, geográfica e geotécnica.

De acordo com Massad (2006), uma confirmação histórica da presença de dunas no tempo da colonização, é o “Mapa da Ilhas de São Vicente e Santo Amaro, Século XVII”, de autor português, reproduzida por Ab’saber (2005). Este mapa mostra nitidamente a orla praiana de Santos coberta por dunas.

Do ponto de vista geotécnico, as evidências de dunas referem-se: a) aos valores mais elevados de SPT; b) ao pré-adensamento das argilas; c) ao comportamento de aterros e edifícios construídos sobre solos moles.

Autores como Suguio, Martin e Rodrigues, citados por Massad (2006), mencionaram a ocorrência de dunas em Praia Grande, Guarujá e São Vicente, com alturas de 1,0 a 5,0m. Em Santos, sabe-se da existência de dunas na Ponta da Praia, na entrada do canal do porto, onde no início do século XX existia o Forte Augusto (foto 04), e hoje está localizado o Museu de Pesca (fotos 05 e 06)



Foto 04 – Antiga duna existente na Ponta da Praia, início do Sec. XX (Fonte: Adaptada de <http://www.novomilenio.inf.br>, jul, 2008- Foto publicada no Diário Oficial de Santos de 1972)



Foto 05 – Museu de Pesca por volta dos anos 40 (Fonte: Ary Célio – contato pessoal)



Foto 06 – Museu de Pesca hoje, após a restauração.

No presente trabalho, foi feita uma pesquisa nos arquivos históricos da cidade de Santos, para tentar obter mais dados sobre a ocorrência de Dunas no passado.

Foram consultados os seguintes locais nos quais poderiam ser encontrados fotos ou relatos sobre dunas: Fundação Arquivo e Memória de Santos, onde estão arquivados uma enorme quantidade de fotos da cidade, desde os tempos da colonização; jornais com matérias antigas da cidade; o Instituto Histórico e geográfico de Santos; Museu do Porto; Pinacoteca Benedito Calixto, além de busca na internet por fotos, mapas e cartas náuticas. Por último, ainda, historiadores e fotógrafos antigos da cidade também foram procurados.

Não foram encontradas fotos de dunas, mas há relatos de que em Santos existiram o que popularmente os moradores chamavam de "jundus"; esses "jundus" podiam elevar-se sobre dunas de areia com 3,0 a 4,0 metros de altura. Aqui cabe uma explicação técnica ao termo "jundu". Trata-se de *“uma espécie nativa de áreas litorâneas, que cresce em solo arenoso, suporta fatores como a salinidade, ventos e insolação forte; o jundu tem o importantíssimo papel de fixar areia e dunas, impedindo a erosão das praias, pela ação dos ventos e das ondas.”* (Dicionário. Pro Disponível em: <http://www.dicionario.pro.br/dicionario>)

2.3.5 - Influência das dunas nos recalques dos edifícios

Dunas que ocorreram no passado tiveram um papel muito importante se confrontado com os problemas de recalques de hoje. Tomando como exemplo uma duna de 5,0m de altura, supondo que ela tenha ficado estacionada no mesmo local por um longo tempo, a máxima pressão exercida por ela equivale a um edifício de nove andares; mesmo após a sua remoção essa pressão ficaria registrada na argila. Dunas com 3,0 a 4,0m de altura equivaleriam ao peso de edifícios de 6 a 7 andares.

Massad (2006, 2008-a, 2008-b) explicou que o desaprumo de alguns edifícios de Santos pode ser atribuído a tensão não uniforme que as dunas exerceram no subsolo, face a sua altura variável. Dessa maneira entende-se como certos edifícios inclinaram para um lado, sem ter influência de prédios vizinhos. A figura 10 representa essa inclinação.

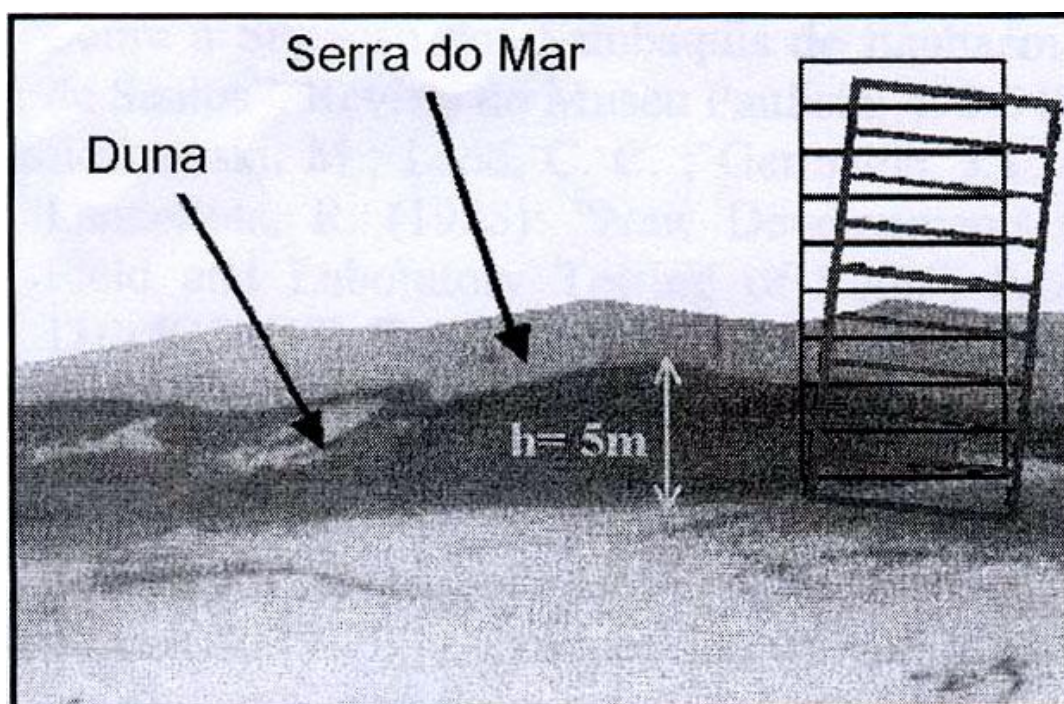


Figura 10 – Esquema da construção de um edifício onde antes existia uma duna (Fonte: Adaptado de Rodrigues, 1965 por Massad, 2004).

2.4 - OS RECALQUES E AS FUNDAÇÕES DOS EDIFÍCIOS

2.4.1 - Adoção de fundações rasas

Durante o período de 1940-1970, Santos esteve em constante crescimento imobiliário, onde praticamente toda orla santista foi tomada por grandes construções.

Conforme já mencionado nesse trabalho, o fato de o solo de Santos possuir uma primeira camada de areia medianamente compacta, levou os construtores na década de 40, início da ocupação da orla praiana, a executar edifícios de 10 pavimentos ou mais em fundação direta.

De acordo com Teixeira (1994), por volta dos anos 50, já era de pleno conhecimento que as edificações, implantadas em fundação direta, poderiam sofrer recalques devido à presença de camadas de argila marinha muito compressíveis. Com o objetivo de diminuir recalques diferenciais, as sapatas eram interligadas por vigas de rigidez.

Na época, havia limitações em termos de fundações profundas: o que se tinha disponível no mercado eram apenas estacas pré-moldadas, estacas Franki e tubulões pneumáticos, soluções tecnicamente inviáveis para o solo de Santos, por não conseguirem atravessar a primeira camada de areia compacta. Mesmo quando se contou com recursos técnicos para execução de estacas através de camadas de areias compactas, podendo chegar a mais de 30m de profundidade, os empreendedores imobiliários julgaram o uso dessas fundações economicamente inviáveis (Teixeira, 1994)

2.4.2 - Recalques: um problema técnico

Ao longo dos anos, não só o tamanho dos edifícios aumentou bem como a quantidade. Isso gerou um aumento nas tensões transferidas às camadas compressíveis e também a interferência dos bulbos de tensão das construções vizinhas, agravando ainda mais a situação dos edifícios.

A densificação e construção de edifícios muito próximos desencadearam uma série de processos e polêmicas judiciais relativas aos *recalques* mútuos ou recíprocos e os conseqüentes desaprumos das estruturas (Teixeira, 1994). Um exemplo disso

está retratado na foto 07, onde o edifício Mahembi, inclinou-se em direção ao edifício vizinho, edifício Paineiras, após sua construção.



Foto 07 – Edifício Maembi a esquerda da foto, inclinado em direção ao edifício Paineiras, à direita

Conforme relatado por Teixeira (1994), com o intuito de minimizar as conseqüências dos recalques na orla de Santos, tentou-se alertar as autoridades competentes a limitar em dez, o número de pavimentos dos edifícios apoiados em fundação direta, mas em contradição com o que foi estipulado, a especulação do mercado imobiliário elevou o número de pavimentos para 18.

Em 1965, uma série de palestras foram apresentadas no Instituto de Engenharia para discutir o problema de fundações em Santos. Como resultado das discussões dois documentos foram gerados: *“Para uma Orientação ao Projeto da Estrutura de Fundação de Obras na Baixada Santista”* (1965) e *“Recomendações à Prefeitura Municipal de Santos”* (1965). Nesses documentos foi descrita uma série de

recomendações e restrições quanto ao emprego de fundação direta na Orla da Santos.

Desde o aparecimento dos primeiros problemas de recalque nas construções de Santos, se fez necessário acompanhar a velocidade de recalques das edificações. Valores de medições de recalques de diversos edifícios foram relatados por Teixeira (1960), Machado (1954, 1958) e mais recentemente por Cardoso (2002). Além dos valores absolutos e diferenciais o adensamento secundário já preocupava os engenheiros da época, Vargas (1965) destacou:

os recalques observados em Santos correspondem em geral aqueles calculados pela teoria de Terzaghi. Mas há casos em que eles continuaram progredindo, ultrapassando os valores previstos. Isso demonstra a existência, nos solos santista, do que se chama compressibilidade secundária.

Talvez um fator agravante em Santos, tenha sido admitir valores de recalques muito mais altos do que em qualquer outro lugar no mundo, salvo algumas exceções, como na cidade do México. Se por exemplo 10 cm de recalque fosse estipulado como valor absurdo, a obra, nessas condições não poderia ser executada.

2.4.3 - Recalques: um problema social

Além do péssimo aspecto visual, os recalques diferenciais excessivos acarretam na má funcionalidade dos edifícios. De acordo com Teixeira (1994) o desaprumo das estruturas gera uma série de problemas tais como:

- a) desnivelamento dos pisos de todos os pavimentos; dessa forma dependendo do sentido desse desnivelamento e da posição dos ralos, a água não mais escorre para os mesmos, sendo necessário refazer o caimento dos pisos para a correção do problema;
- b) perda das prumadas guia dos elevadores, dificultando sua operação;
- c) deformação das paredes de alvenaria, caixilhos e batentes das portas, obrigando o acerto dos mesmos;
- d) fissuramento nas alvenarias e nos revestimentos.

O fato é que a inclinação dos edifícios de Santos deixou de ser um problema somente de engenharia de fundações e estruturas. Passou a ser também um problema social que importuna diariamente a vida dos proprietários e moradores desses edifícios.

Além dos inconvenientes relatados, os grandes desaprumos acarretam problemas de ordem financeira, fazendo com que esses edifícios sofram uma enorme desvalorização, o que tem ocorrido ao longo dos anos.

Para se ter uma idéia do tamanho dessa desvalorização, pode-se tomar como exemplo o edifício Núncio Malzone, que será detalhado mais adiante. Ele é composto por dois blocos, sendo que o da frente possui um apartamento por andar. Antes de o edifício ser recuperado, uma unidade desse bloco foi vendida por R\$ 36.000,00 sendo que o valor de mercado para um imóvel desse porte, de frente para a praia, seria de R\$ 300.000,00 a 400.000,00

O trabalho do arquiteto Nunes (2003), mostrou que a maioria dos apartamentos de pequeno porte ao longo da orla de Santos, com problemas significativos de recalque, são ocupados por idosos e solteiros que possuem renda mensal nominal abaixo de 10 salários mínimos. Nunes (2003) também constatou que a inadimplência no pagamento do condômino mensal, que varia de R\$ 180,00 a R\$ 220,00, é muito alta, dificultando ainda mais a possibilidade de se arrecadar dinheiro para futuras obras de recuperação dos mesmos.

2.4.4 - O uso atual de fundações profundas

Como já dito no item 2.4.1 do presente trabalho, no início da ocupação da orla de Santos, o emprego de fundações profundas era inviável devido ao custo muito alto. Hoje, com o custo reduzido, desenvolvimento de novas técnicas e maior conhecimento dos problemas que ocorrem quando edifícios são apoiados em fundação direta, a maioria dos novos empreendimentos são realizados com emprego de fundações profundas.

Como as fundações devem atravessar as camadas de argila mole (SFL e AT) para atingir o solo resistente, não é qualquer equipamento que consegue realizar o procedimento com eficácia. Atualmente, as soluções mais utilizadas em Santos são:

- a) estacas escavadas de grande diâmetro com uso de lama bentonítica ou polímero,

- b) perfil metálico com uso de martelo hidráulico, para diminuir a vibração no terreno,
- c) estacas raiz.

Em alguns casos ainda, quando a edificação não é muito alta, 16 pavimentos por exemplo, as cargas transmitidas ao terreno são de menor porte. Pode-se utilizar então, “estacas flutuantes”, apoiadas na segunda camada de areia, por volta de 20-30 m de profundidade; nesse caso pode-se utilizar estacas pré-moldadas ou estacas hélice.

2.5 - TÉCNICAS DESENVOLVIDAS PARA A ESTABILIZAÇÃO DOS RECALQUES

Devido a uma série de edifícios desaprumados, o trabalho dos engenheiros e pesquisadores ganhou outro foco: estudar e propor soluções para estabilização dos recalques e nivelamento dos edifícios. No decorrer dos anos surgiram muitas idéias e propostas, mas é importante lembrar que a melhor solução é aquela que seja não só eficiente, de “fácil” execução, mas que tenha um custo acessível para que os moradores tenham condições de executar a obra, caso contrário, torna - se apenas mais uma idéia não aplicada.

Em Santos alguns edifícios foram submetidos a obras de recuperação com o objetivo de estabilizá-los. Certos casos foram bem sucedidos, outros só obtiveram sucesso na segunda tentativa, com aplicação de outra metodologia; há ainda aqueles que não tiveram resultados, ou seja, continuaram a inclinar mesmo após a intervenção.

A seguir serão relatados alguns métodos desenvolvidos para estabilização de recalques e algumas aplicações.

2.5.1 - Sangria de areia sob sapatas

Esta técnica consiste basicamente em retirar areia sob as sapatas do lado menos recalcado, objetivando o reaprumo do edifício. É um método mais econômico, mas em geral não apresenta bons resultados. “(...) É necessário que a remoção de material em cada elemento de área seja proporcional ao recalque que se pretende impor a fim de se induzir um movimento de corpo rígido da estrutura (...)” (Maffei, et al., 2003).

O edifício Morená localizado na orla de Santos próximo ao canal 3 começou a ser construído em 1965. Durante o período das obras, a construtora foi alertada que recalques diferencias de até 90 cm poderiam ocorrer, em função do edifício vizinho que seria construído algum tempo depois. Na ocasião foi sugerido deixar furos nas sapatas para facilitar a execução futura de sangrias, com o intuito de diminuir os recalques futuros.

Em 1969, foi iniciada a construção do edifício vizinho de 17 pavimentos e em julho de 1971, seis meses após o edifício Morená ter sido entregue, ocorreu esmagamento de dois pilares. Na tentativa de estabilizar seus recalques, foram executadas sangrias em duas etapas. Na primeira etapa, retirou-se 27.300kg de areia e na segunda 12.000 kg. Isso foi equivalente a um peso total de material extraído sob as sapatas de 40tf.

Como os recalques totais continuaram a ocorrer em grande velocidade, as sangrias foram suspendidas. Posteriormente, durante a execução de um novo projeto de recuperação, foram feitas escavações para verificar a situação das sapatas e constatou-se a existência de grandes vazios debaixo de todas as sapatas que sofreram sangria.

De acordo com Gerber, et al.(1975), imediatamente os vazios foram preenchidos com concreto e injeção de argamassa. Verificou-se que o volume de argamassa e concreto utilizados para preencher os vazios, foram bem próximos ao volume de areia retirado nas sangrias. Isso comprova que as sapatas não recalçaram com a extração de areia, ficando suspensas; a estabilidade do prédio nessa fase foi garantida pela rigidez da estrutura.

Gerber, et al.(1975), destaca que em algumas sapatas foi possível entrar e passar abaixo do fundo das mesmas.

2.5.2 - Carregamento do lado menos recalçado

Simplemente uma carga é aplicada no lado menos recalçado do edifício, a fim de que esse lado sofra recalque, igualando-se ao lado oposto. Esse método foi julgado pouco eficiente. De acordo com Maffei, et al. (2003), o fato de a argila recalçar e da camada superior de areia acompanhar esse movimento, não implica que o prédio também o fará.

O edifício Excelsior também conhecido na cidade como “o torto”, devido a um bar com esse nome instalado na área comercial do condomínio, foi construído ao lado do canal 4 no final dos anos 60. A edificação tem um formato em “L” e é composta por duas torres de 18 pavimentos. Uma torre foi destinada aos apartamentos, a outra, um edifício só de garagens que por meio de elevadores transportariam os automóveis. Devido aos grandes recalques sofridos logo após a construção do edifício de garagens, a instalação dos elevadores que transportariam os automóveis foi inviabilizada, dessa forma até os dias de hoje o edifício de garagens nunca pode operar.

Por volta de 1977, o edifício Excelsior tinha um recalque diferencial de 0,94m, segundo laudo do IPT realizado na época (Gonçalves, 2004). Isso fez com que engenheiros da Prefeitura Municipal de Santos interditassem o edifício em junho do mesmo ano. Tentar estabilizar os recalques era mais do que necessário.

Como primeira tentativa, foi colocado uma sobrecarga temporária de 20 000 kN do lado menos recalcado do edifício. A sobrecarga não obteve resultado. Uma possível explicação para o fato foi dada anos depois por Massad (2006, 2008), citado no item 2.3.3 do presente trabalho, onde destacou-se que a ação de dunas pode ser responsável pelo sobreadensamento errático das argilas de Santos.

2.5.3 - Injeções para expandir o solo

Injeções de argamassa são aplicadas no maciço com o objetivo de provocar um levantamento controlado do edifício. Como exemplo tem-se a recuperação do Palácio de Belas Artes na cidade do México.

Este Palácio foi construído por volta de 1906, sobre fundação direta. Em 1909 o recalque diferencial entre os lados nordeste e sudoeste alcançou 27,2 cm. Essa situação levou engenheiros e arquitetos da época a optarem por recuperar o edifício injetando argamassa no solo mole.

“Um tubo de 9,0m de comprimento e 2 ½” de diâmetro foi introduzido no subsolo a 5,0m de profundidade, por um martelo de 300 kg, para a execução das injeções de argamassa. A argamassa foi injetada com pressões da ordem de 200 kPa.

Inicialmente 4.388 m³ de argamassa foram aplicadas na recuperação do palácio em campanhas sucessivas, durante, 1910, 1912 e 1913. Em 1921, mais 99m³ de argamassa foi injetado e entre 1924 e 1925 foram aplicadas mais 4.600 m³.

De 1910 a 1925, analisando os pilares extremos do palácio, pode-se observar que o pilar 191 do lado noroeste, em 1901 apresentava velocidade de recalque de 42,9 cm/ano, enquanto que no pilar 14, do lado oposto, a velocidade era 15,7cm/ano; diferença de 27,2 cm/ano (figura 11). Depois do início das injeções de argamassa, a velocidade dos recalques foram diminuindo progressivamente. De acordo com Santoyo e Shelley (2003) o método apresentou resultados satisfatórios pois, embora os recalques totais não tenham sido interrompidos, eles se tornaram uniforme.

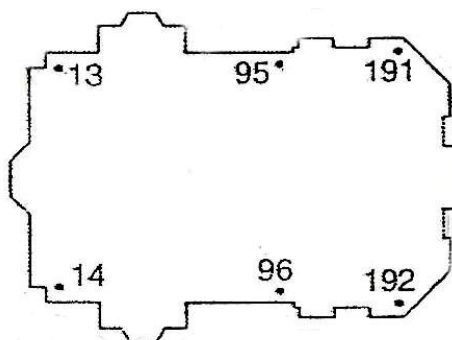


Figura 11 –Localização dos pilares extremos do Palácios de Belas Artes (Fonte: Santoyo e Shelley, 2003)

Na cidade do México diversos edifícios foram submetidos a essa técnica para estabilização de recalques. Em alguns casos, as injeções foram usadas para diminuir as inclinações dos edifícios, em complemento de outras ações, como a retirada de solo mole por exemplo, para garantir a estabilidade da edificação. O trabalho de Santoyo e Sheller (2003), apresenta diversas obras recuperadas com o emprego de injeções de argamassa, mostrando que em todos os casos as injeções modificaram o comportamento das estruturas favoravelmente.

2.5.4 - Sistema cisalhante de Ranzini

Essa proposta de autoria de Ranzini (2001 e 2003), baseia-se na possibilidade de modificar a distribuição de tensões no interior dos solos. Se o meio é contínuo, há distribuição de tensões (espraiamento da carga); se o meio é descontínuo, não há espraiamento das tensões.

De acordo com o autor, quando uma carga é aplicada num ponto da superfície livre do maciço, são geradas tensões de cisalhamento que se “espraiam” lateralmente, diminuindo com a profundidade (figura 12-a). Se no interior do maciço a resistência ao cisalhamento for anulada em planos verticais, como ilustra a figura 12-b o espraiamento das tensões verticais fica impedido, resultando uma concentração dessas tensões.

Em Santos, a técnica proposta por Ranzini para reaprumar edificações pode ser aplicada criando-se um plano vertical na camada de argila mole, de resistência ao cisalhamento nula, junto à face menos recalçada, com o intuito de provocar uma concentração de tensões em profundidade, revertendo a tendência de inclinação dos edifícios. Quanto a aplicação do método de Ranzini existe a dificuldade de se criar o plano vertical de resistência nula ao cisalhamento.

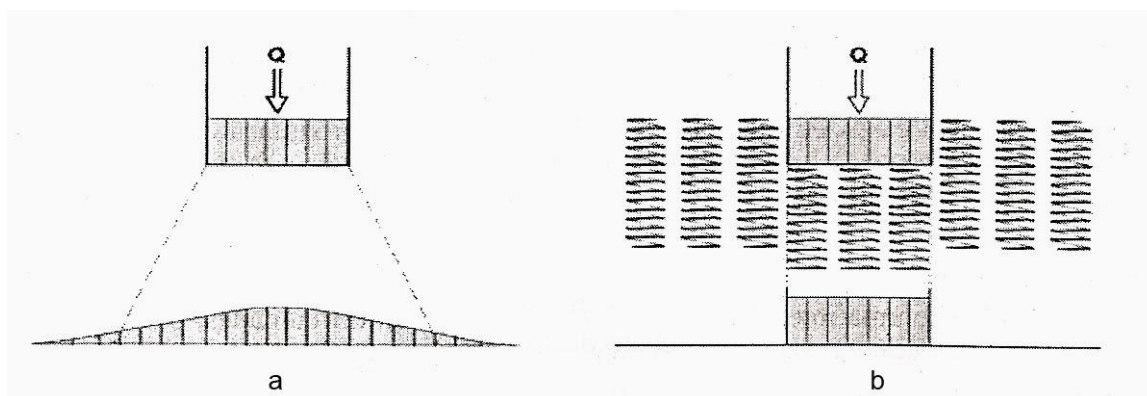


Figura 12 – Esquema representativo do método de Ranzini. A figura do lado esquerdo representa o meio contínuo e, a do lado direito, representa o meio descontínuo (Fonte: Ranzini, 2003)

2.5.5 - Reforço da fundação com emprego de estacas profundas

Existem diversas maneiras de se aplicar esse método, mas o objetivo principal é executar estacas profundas que ultrapassem a camada de solo mole, e por meio de vigas, interligá-las ao edifício para transferir as cargas à nova fundação.

Pode-se incorporar as estacas à fundação direta existente, ou proceder como no edifício Núncio Malzoni, onde as sapatas existentes foram completamente desativadas, e a transferência de carga para a nova fundação, se fez por vigas de travamento passando por toda extensão do edifício, no sentido transversal a ele.

a) O caso do edifício Núncio Malzoni

O edifício Núncio Malzoni construído em 1967, é composto por dois blocos (A e B) de 17 andares, com 55 m de altura; possui fundação em sapatas, apoiadas entre 1,5 m e 2,0 m de profundidade, interligadas por vigas de rigidez.

Em 1978 houve a primeira tentativa de diminuir os recalques diferenciais. Foram executadas estacas raiz, com 25 cm de diâmetro e 50 m de profundidade, em todas as sapatas do lado mais recalçado.

Logo após a execução do reforço, houve diminuição dos recalques, mas meses depois eles voltaram a ocorrer com velocidades parecidas às anteriores, entre 8 mm/ano e 13 mm/ano (Maffei et al, 2003).

O bloco A do edifício Núncio Malzoni chegou a apresentar uma inclinação de 2,2 graus para o lado esquerdo e 0,6 graus em direção ao bloco B, fundo do edifício (Maffei et al, 2000).

Depois de estudar muitas propostas de solução e analisar a relação custo-benefício, os moradores optaram pelo projeto desenvolvido pela Carlos E.M. Maffei engenharia que propôs não só estabilizar os recalques, mas também reaprumar o edifício. A execução da obra exigiu muito cuidado, pois todo o processo ocorreu sem que os moradores desocupassem os imóveis. Pode-se sintetizar a obra em quatro etapas:

1ª etapa: Foram executadas 16 estacas escavadas (estacões), de cada lado do edifício com uma profundidade média de 55 m e diâmetros variando de 1,0 m a 1,40 m. Os estacões começaram a ser executados do lado menos recalçado do edifício.

2ª etapa: Execução das vigas de transição. Foram sete vigas principais tipo virandeel, com cerca de 4,5 m de altura para receber os esforços dos pilares e transmiti-los às novas fundações. A primeira viga a ser executada foi a da frente; as outras foram concretadas de maneira intercalada. As vigas secundárias, longitudinais foram executadas após o termino das principais.

3ª etapa: Foram utilizados 14 macacos hidráulicos acionados por seis bombas, instalados entre as vigas de transição e os novos blocos de fundação, para reaprumar o edifício. Dos dois lados de cada macaco foram construídos pilaretes para a colocação dos calços, que além de garantir a segurança do prédio, serviram de apoio para as vigas enquanto o curso de cada macaco era abaixado. Isso foi

necessário porque o curso dos macacos variava entre 5 cm e 15 cm e o prédio foi levantado em até 80 cm junto ao último pilar do lado esquerdo do edifício.

4ª etapa: Após os macacos terem sido colocados em carga, foi feita a escavação do terreno, para que as sapatas ficassem totalmente livres, sem contato com o terreno.

Reaprumado, hoje, o Núncio Malzoni transmite suas 6500 tf ao solo, por meio das estacas profundas.

Importante ressaltar que o reaprumo foi feito somente no Bloco A. No bloco B foram executadas estacas raiz de 40 cm de diâmetro, com profundidade média de 55,0 m. Mas o macaqueamento do edifício não foi feito por falta de verba. As fotos 08(a) e 08(b) mostram o edifício antes e depois do reaprumo.



Foto 8(a) Edifício antes do reaprumo



Foto 8(b) Edifício depois do reaprumo

b) O caso do edifício Excelsior

Conforme citado no item 2.5.2 do presente trabalho, a primeira tentativa de estabilizar os recalques do edifício foi feita com aplicação de sobrecarga do lado menos recalcado. Como a solução não obteve sucesso, optou-se por reforçar a fundação do prédio utilizando estacas raiz.

Foram executadas 52 estacas raiz com 55 m de comprimento e 15 cm de diâmetro, sob as sapatas mais recalçadas, na região da esquina. O projeto previa a execução de 104 estacas que seriam executadas em duas fases, mas como o recalque quase estabilizou logo após o término da primeira fase, preferiram não continuar o reforço.

Medições de recalques foram feitas periodicamente. Foi constatado que, logo após a execução das estacas raiz, os recalques estabilizaram, mas algum tempo depois eles voltaram a ocorrer só que em proporções bem menores. De acordo com Gonçalves 2004, em novembro de 1992 a velocidade de recalques do edifício variava de 25 a 12 μ /dia. A partir de 1993 as velocidades de recalques não foram mais divulgadas, por decisão dos moradores do edifício. A foto 09 retrata a situação atual do edifício Excelsior, inclinado para o lado do canal 04.



Foto 09 – Edifício Excelsior inclinado para o lado do canal 4

c) O caso do edifício Morená

De acordo com o item 2.5.1 do presente trabalho, foram executadas sangrias em duas etapas na tentativa de diminuir os recalques diferenciais do edifício. Como as sangrias não proporcionaram bons resultados, elaborou-se um novo projeto de recuperação.

A concepção do projeto foi transferir a carga dos pilares mais recalcados, junto à divisa com o prédio vizinho, para os pilares menos recalcados.

Foi cravada uma linha de 17 estacas metálicas (H – 23x23 cm) com 55 m de profundidade, que serviram de apoio a um sistema de macacos, atuantes na extremidade de vigas alavancas, para transmitir a eles as cargas desejadas.

Medidas de recalques constataram que, a aplicação gradativa das cargas cessaram totalmente a evolução dos recalques e inverteram a tendência do desaprumo. Até maio de 1975, constatou – se um retorno de 3, 3 e 6mm nas três prumadas de controle do edifício. (Gerber et al., 1975). A foto 10 mostra a situação atual do edifício Morená.



Foto 10 – Situação atual do edifício Morená

2.5.6 - Deformações controladas através da extração de solo mole

O método consiste em provocar deformações controladas no edifício e seu conseqüente nivelamento através da extração da argila do lado menos recalçado e injeção de argamassa à medida que o trado inserido para a remoção da argila é retirado.

Falconi, et al. (2003), mostram esquematicamente como pode ser feita a extração de solo mole sob as sapatas (figura 13). Os autores ressaltam que esse procedimento exige um sistema de monitoramento contínuo dos recalques dos pilares, para acompanhar a eficiência do tratamento.

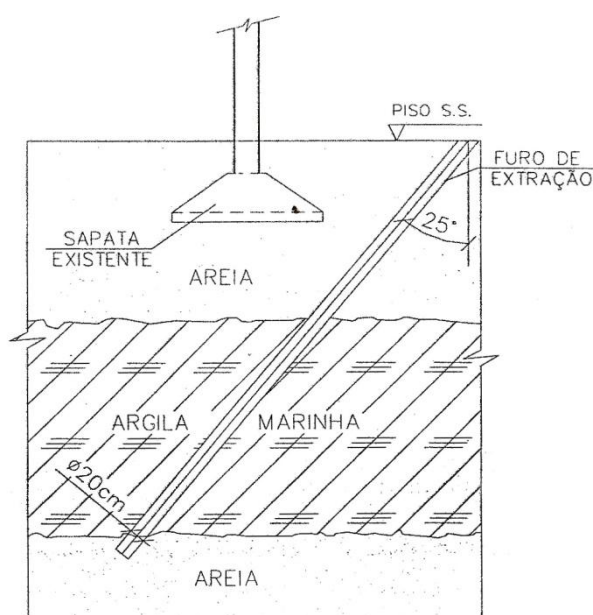


Figura 13 – Esquema representativo de como pode ser feita a extração de argila sob as sapatas (Fonte: Falconi et.al, 2003)

2.5.6.1 O caso da torre de Pisa

A Torre de Pisa que começou a ser construída em 1173 sendo finalizada somente em 1370, é um exemplo bem sucedido da extração de solo mole para estabilização de recalques; porém até chegar-se a essa solução, a edificação passou por diversas intervenções.

Segundo Jamiolkowski (2000), já durante sua construção, foi notado que a torre começou a inclinar para o lado Sul. Na tentativa de compensar essa inclinação, foi

feita uma mudança na espessura das pedras que compunham a torre e na posição do sino.

Em 1838, tentou-se retirar solo de cima das sapatas do lado mais recalcado; para isso foram feitos buracos de aproximadamente 3,0 m de largura, denominados de “catino” (figura 14). Como o fundo do catino foi executado abaixo do nível d’ água, foi preciso drenar a água constantemente, o que contribuiu ainda mais para a evolução dos recalques. Somente em 1935 a drenagem foi suspensa pois, foi injetado cimento na base da torre e implementado um novo catino a “prova d’ água”.

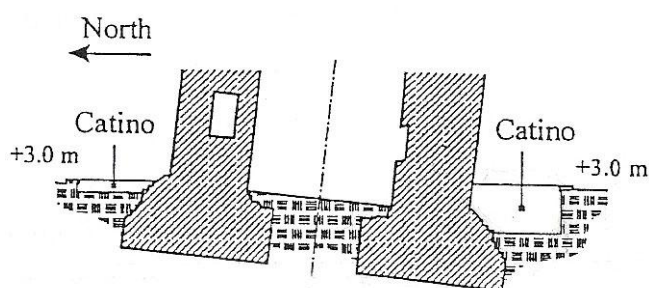


Figura 14 – Detalhe do catino (Fonte: Jamiolkowski, 2000)

Em 1911, a Torre de Pisa começou a ser monitorada pelo método geodético. Em 1965, foram instalados quinze bench marks do lado mais inclinado para medição dos recalques.

Por volta de 1990, a inclinação da torre aumentava por volta de 5seg/ano; decidiu-se como solução temporária, instalar contrapesos na base da face norte da torre e amarra - lá com cabos de aço protendido. O contrapeso permaneceu na torre de maio de 1993 a janeiro de 1994.

Embora essa intervenção tenha sido a primeira a apresentar resultados positivos, diminuindo a inclinação da torre, devido ao aspecto visual decidiu-se retirar os contrapesos e substituí-los por 10 âncoras profundas, com carregamento de 1000kN cada, de forma que essa se tornasse uma solução definitiva para a torre (figura 15).

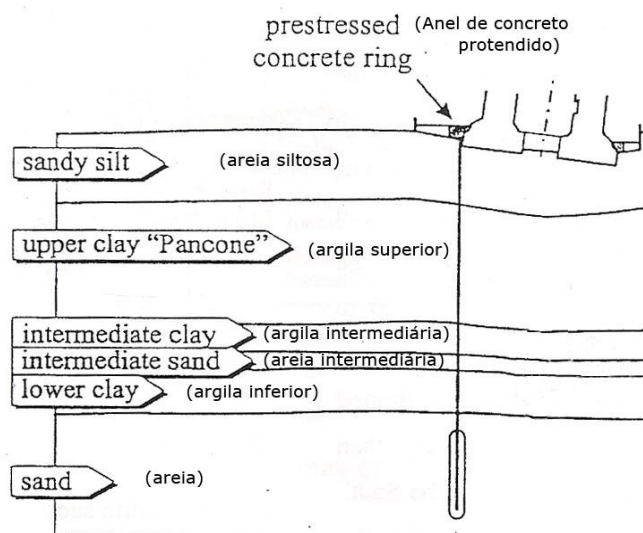


Figura 15 – Solução com âncoras (Fonte: Jamiolkowski, 2000)

Ao contrário do que se previu, a solução não pode ser implantada pois, o “catino” e as injeções de concreto executadas anteriormente, se ligaram a fundação da torre, não trabalhando estaticamente isoladas como haviam imaginado. Na tentativa de remover o “catino” em pequenas partes, a torre começou a inclinar para o lado sul com grau de inclinação = 3seg/dia causando muita preocupação. Esse fenômeno aconteceu em setembro de 1995 e foi remediado com a aplicação de 2700kN na base do lado norte da torre.

Entre 1997 e 2001 foi feito um trabalho especial de recuperação na torre. A solução encontrada por uma comissão de especialistas foi retirar gradativamente solo sob a fundação da torre, iniciando o processo de recuperação pelo lado menos recalçado.

Em 1999, foi iniciada a extração de solo do lado norte da torre. Devido aos resultados positivos, deu-se continuidade ao processo e, até maio de 2000 a Torre de Pisa teve uma redução na sua inclinação igual a 136 mm (Jamiolkowski, 2000). Detalhe da solução empregada é destacado na figura 16.

2.5.7 - Síntese dos métodos de estabilização de recalques apresentados

A tabela III apresenta um resumo dos métodos de estabilização de recalques apresentados, destacando suas vantagens, desvantagens e aplicações

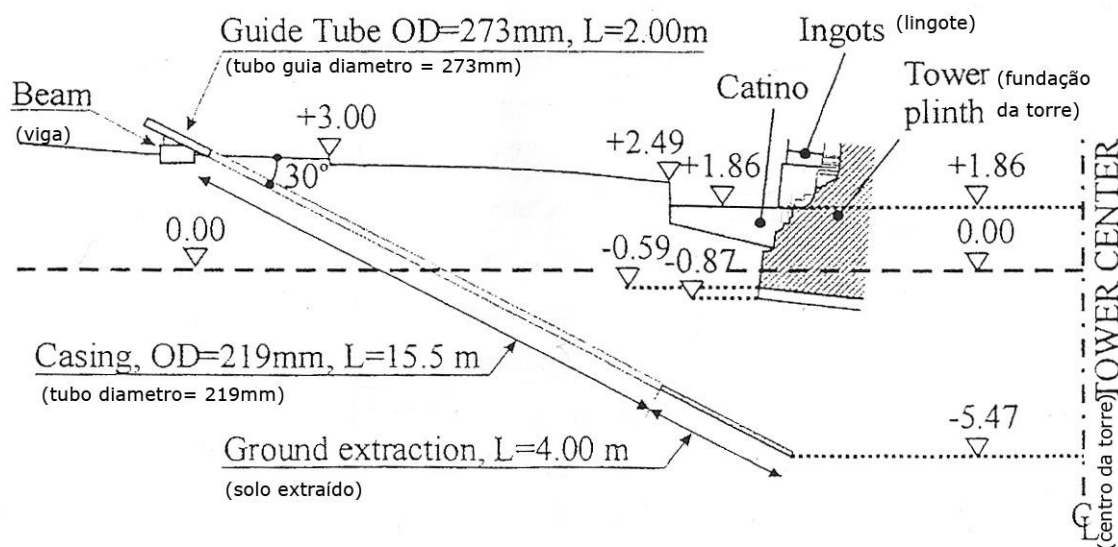


Figura 16 – Solução final – extração de solo (Fonte: Jamiolkowski, 2000)

Tabela III – Síntese dos métodos apresentados para estabilização de recalques

MÉTODO	APLICAÇÃO	VANTAGENS	DESVANTAGENS
Sangria	Edifício Excelsior, Morená (Santos) Torre de Pisa	-	O método apresentou-se ineficiente na estabilização de recalques
Carregamento do lado menos recalçado ou sobrecarga temporária	Torre de Pisa, Edifício Excelsior (Santos)	Praticidade na execução	Em Santos, a aplicação não obteve resultado. Apresenta grande poluição visual a edificação
Injeções para expandir o solo	Palácio de Belas Artes (México)	Redução dos recalques diferenciais e método complementar para garantia da estabilidade	Em geral, o método não interrompe totalmente os recalques, mas tende a torna- los uniforme.
Sistema cisalhante de Ranzine	Nunca foi aplicado	-	Dificuldade de criar um plano vertical de resistência nula ao cisalhamento
Reforço de fundação com estacas profundas	Edifício Excelsior, Edifício Morená, Edifício Nuncio Malzone. (Santos)	Se empregado corretamente, estabiliza os recalques definitivamente. Proporciona a possibilidade de reaprumar as edificações	Somente a execução das estacas não é suficiente para reaprumar o edifício. Para o reaprumo, é necessário um sistema de macacos para aplicação de cargas
Deformações controladas através da extração de solo mole	Cidade do México, Torre de Pisa,	Método eficiente na estabilização de recalques	Exige um sistema contínuo de monitoramento dos recalques dos pilares

CAPÍTULO III – PROJETO ORLA E A PONTA DA PRAIA

3.1 - O PROJETO ORLA

Em 2004, uma parceria entre Prefeitura Municipal de Santos, a Universidade Santa Cecília e Universidade de São Paulo, iniciou o desenvolvimento do projeto piloto denominado **PROJETO ORLA**, sob orientação do Engenheiro da prefeitura, Orlando Carlos Baptista Damim; da professora da Universidade Unisanta, Nilene Janini de Oliveira Seixas e da Professora Heloísa Helena Gonçalves, da Universidade de São Paulo.

A primeira etapa do projeto foi fazer um levantamento dos edifícios acima de três pavimentos ao longo de toda orla de Santos; a segunda, seria verificar a inclinação desses edifícios, e obter um número real de quais e quantas edificações existem com problemas significativos de recalques na cidade. A terceira consistiria na análise dos casos críticos, ou seja, com maior inclinação e a proposta de uma solução.

Segundo Gonçalves (2004), o projeto previa também um levantamento socioeconômico dos edifícios e a tentativa de criação de uma linha de créditos junto ao Governo Federal, para a recuperação dos mesmos.

A autora da presente pesquisa trabalhou no desenvolvimento e na execução do projeto durante seis meses, mas após o término da primeira fase, o projeto foi interrompido e não foi retomado até hoje.

3.1.1 - Área de estudo

No Projeto Orla, foram totalizadas 49 quadras ao longo da orla de Santos; todas foram demarcadas e numeradas como mostra a foto 11.

Para desenvolvimento do presente trabalho, essa numeração será mantida, dando-se ênfase a região da Ponta da Praia.

Levantamentos de campo ao longo das 49 quadras foram feitos para obter o nome dos edifícios, numeração e número de pavimento. Esses dados foram planilhados, e foi quantificado o número de edificações com mais de dois pavimentos em cada bairro. A tabela IV, extraída do Projeto Orla, mostra estes dados para os edifícios da Ponta praia, onde o levantamento foi feito em 2004.

3.1.2 - Digitalização e elaboração de mapas

Todas as quadras foram digitalizadas e os prédios locados com auxílio de fotos aéreas da cidade (foto 12). Quarenta e nove arquivos como a figura 17, foram gerados durante o desenvolvimento do Projeto Orla, para facilitar a execução das próximas etapas. Na época (2004) o mapeamento eletrônico da cidade não estava pronto, por isso foi preciso fazer os desenhos e criar os arquivos eletrônicos.

Hoje, no site da Prefeitura Municipal de Santos estão disponíveis mapas completos, indicando todos os bairros, ruas, lotes e os principais pontos históricos e turísticos da cidade.

Tabela IV - Edifícios da orla do bairro da Ponta da Praia (Fonte: Projeto Orla, 2004)

Ponta da Praia					
Quadra	Endereço	n	Nome do Edifício	nº pavimentos	> 2 pav.
37	Av.: Bartolomeu de Gusmão	132	Ed. Roma	14	
		133	Ed. Viena	14	
		134	Ed. Danúbio	16	
		136	Ed. Damasco	13	
	Av.: Cel. Joaquim Montenegro	10	Comercio	1	
		12	Sobrado	2	
		14	Ed. Eli	11	
		20	Ed. Monte negro	9	
		22	Ed. Sanyra	10	
		26	Sobrado	2	
		34/36	Prédio comercial	3	
	Av.: Eptácio Pessoa	578	Ed. Civitamar	16	
		580	Ed. Milão	13	
		582	Ed. Turim	13	
	Rua Bassin Nagib Trabulsi	50	Ed. Genebra	13	
		90	Ed. Antilhas	13	
		106	Ed. Anduras	13	
	130	Ed. Cairo	13		
	158	Ed. Bagda	13	16	
38	Av.: Bartolomeu de Gusmão	138	Ed. Madrid	16	
		144	Ed. Sem nome	12	
		146	Ed. Barra Linda	10	
	Rua Bassin Nagib Trabulsi	43	Ed. Luxemburgo	13	
		87	Ed. Marselha	13	
		107	Ed. Atenas	13	
		125	Ed. Florença	13	
		145	Ed. Genova	13	
	Av.: Eptácio Pessoa	646	Ed. Lisboa	14	
	Rua Roberto Sandall	28	Ed. Tangará	11	
		52	Ed. Hawai	11	
		76	Ed. Jandaia	11	
		106	Ed. Graúna	11	
		128	Ed. Caledônia	9	
	150	Ed. São Judas Tadeu	12		
	174	Ed. Ancora	12	16	
39	Av.: Bartolomeu de Gusmão	151	Ed. Ponta Mar	13	
			Ed. Barramar	13	
	Rua Roberto Sandall	31	Ed. Itaguapé	13	
		67	Ed. Torre Mar	6	
		83	Ed. Praia Morena	10	
		111	Ed. Guaraciaba	3	
		135	Ed. Itapoa	10	
		153	Ed. Guardia	10	
		181	Ed. Timão	11	
	Av.: Eptácio Pessoa	656	Ed. Guadalajara	9	
	Rua Inglaterra	3	Ed. Inglaterra	14	
		5	Ed. Daniel Lopes	9	
		11/13	Sobrado (Comercio)	2	
		17	Ed. Caiobá	9	
		21	Ed. Golden Liverpool	16	
	29	Ed. Inglaterra	3		
	31	Ed. Tamisa	3	16	

Quadra	Endereço	n	Nome do Edifício	nº pavimentos	> 2 pav.
40	Av.: Bartolomeu de Gusmão	154	Sobrado	2	
		155	Sobrado (comercio)	2	
		156	Comércio	2	
		157	Ed. Aldebaram	12	
		159	Ed. Albamar	13	
	Rua Inglaterra	4	Ed. Azul do Mar	10	
		8	Casa	1	
		12	Ed. Amapá	5	
		14/16	Casa	1	
		18	Ed. Camburiú	5	
		22	Ed. Robby	3	
		26	Ed. Tennessee	13	
		28	Ed. Mont Royal	12	
		34	Ed. Vila Inglesa	4	
		36	Ed. Magali	3	
		40	Casa	1	
	Av.: Eptácio Pessoa	658	Ed. Remanso	11	
		660/662	Sobrado (comercio)	2	
		664	Cond. Jardim América	-	
			Ed. Jamaica	7	
			Ed. Honduras	7	
		666	Sobrado (comercio)	2	
		674	Ed. Aquários	5	
	Rua Izidoro R. de Campos	23	Em obras		
		29	Sobrado	2	
		31	Sobrado (comercio)	2	
		35	Ed. Vermont	12	
		41	Ed. Emilio Cassasco Jr	9	
		43	Ed. Diamont	5	
		47	Sobrado	2	
	59	Sobrado	2		
	63	Ed. Jaguarí	9		
					18
41	Av.: Bartolomeu de Gusmão	161	Ed. Saint Vallier	10	
	Rua Izidoro de Campos	20	Casa	1	
		22/24	Sobrado	2	
		26/28	Sobrado	2	
		30	Sobrado (comércio)	2	
		32/34	Sobrado	2	
		36	Sobrado	2	
		38	Comércio	1	
		40/42/44/46	Sobreposta	2	
		48/50	Sobrado	2	
		54	Sobrado	2	
		56/58	Sobrado	2	
		60	Sobrado	2	
	Av.: Eptácio Pessoa	680	Ed. Manuel Rodrigues	6	
		686	Ed. Maison Voltaire	11	
		688	Ed. Guapirama	3	
		692	Ed Rainha do Mar	4	
	Rua Imperatriz Leopoldina	7	Ed. Estuário	13	
		11	Ed. Arco Verde	4	
		15	Casa da Esperança	1	
	25	Casa	1		
	27	Ed. Mansão dos Nobres	11		
	31	Ed. Marques de Olinda	4		
	33	Casa	1		
	37	Sobrado	2		
					9

Quadra	Endereço	n	Nome do Edifício	nº pavimentos	> 2 pav.
42	Av.: Bartolomeu de Gusmão	174	Ed. Beira Mar	16	
	Rua Imperatriz Leopoldina	4	Ed. Prelúdio	16	
		8	Sobrado	2	
		10	Ed. Lord Luxor	6	
		14	Ed. Imperatriz Leopoldina	9	
		16	Sobrado	2	
		20	Casa	1	
		28	Sobrado	2	
		30	Colégio	2	
		34	Sobrado (comércio)	2	
		36/38	Sobrado (comércio)	2	
		40/42	Sobrado	2	
		46/48	Sobrado	2	
	Av.: Eptácio Pessoa	696/698	Sobrado (comércio)	2	
		700/702	Sobrado (comércio)	2	
	Rua Carlos de Campo	03/05	Sobrado (comércio)	2	
		07/09	Sobrado (comércio)	2	
		15/17	Sobrado	2	
		19/21	Sobrado	2	
		23/25	Sobrado	2	
	27/29	Sobrado	2		
	31/33	Sobrado	2		
	35/37	Sobrado	2		
	39/41	Sobrado	2		
	43/45	Sobrado	2		
	47/49	Sobrado (comércio)	2		
	51/53	Sobrado (comércio)	2		
	55/57	Sobrado	2	4	
43	Av.: Bartolomeu de Gusmão	176	Ed. S/n	3	
		178	Ed. Paysage	13	
		180	Ed. Enseada	14	
	Rua Afonso Celso de P. Lima	21	Ed Estrela Do mar	4	
		23/25	Sobrado (Comércio)	2	
		27	Ed. Afonso Celso	4	
		29	Casa	1	
		31	Ed. Nosso Mar	3	
		37	Ed. Dirce	4	
		39	Sobrado	2	
		43	Ed. São Luiz Gonzaga	10	
		47	Ed. Nacolomi	4	
		49	Sobrado	2	
		51	Sobrado	2	
		55/57	Sobrado	2	
	Rua Carlos de Campos	6	Ed. Península	15	
		18	Ed. Taruma	9	
		22	Ed. Emaús	6	
		30	Ed. Jóia do Mar	9	
		32	Casa	1	
	34	Casa	1		
	36	Ed. S/n	3		
	40/42	Sobrado	2		
	44/46	Ed. Augusta	3		
	50	Ed. São Luiz	3		
	64/66	Sobrado	2		
	70/72	Sobrado	2		
	76/78	Ed. S/n	3		
	80	Sobrado	2	17	

Quadra	Endereço	n	Nome do Edifício	nº pavimentos	> 2 pav.
44	Av.: Almirante Saldanha da Gama	192	Museu de Pesca	2	
		s/n	Comércio	1	
	Rua Afonso Celso Lima	2/4	Ed. Canto do Mar	4	
		10	Ed. Ita	3	
		12/14	Sobrado	2	
		16	Estacionamento	1	
	Av.: Rei Alberto I		Clube Internacional	1	
Rua Francisco Hayden	5	Clube Internacional		2	
45	Av.: Almirante Saldanha da Gama	23	Clube de Regatas Santista	1	
		33	Clube de Regatas Vasco da Gama	1	
		44	Clube de Regatas Saldanha da Gama	1	
		64	Praticagem	2	
		67	Ed. Pontal da Barra	8	
		69	Sobrado (comércio)	2	
		71	Ed. Cabo Frio	3	
		72	Ed. Golden Ocean	15	
	Rua Francisco Hayden		Clube Regatas Santista	-	
	Av.: Rei Alberto I		Clube de Regatas Vasco da Gama	-	
			Clube de Regatas Saldanha da Gama	-	
		198	Sobrepostas	2	
			Sobrepostas	2	
		200	Sobrado (Comércio)	2	
		208	Ed. N. S. de Lourdes	4	
	Rua Cap. João Salerno	19/21	Sobrado	2	
		23/29	Ed. S/N	3	
	31	Ed. Vitalina	3	6	
46	Av.: Almirante Saldanha da Gama	81	Terreno Vazio	-	
		83	Ed. Navegantes	3	
		85	Clube de Pesca	1	
		89	Unimonte	3	
		96	Cond. Jardins da Grécia		
			Ed. Atenas	28	
			Ed. Apolo	28	
			Ed. Hericles	28	
			Ed. Afrodite (em construção)	-	
			Ed. Hermes (em construção)	-	
	Rua Cap. João Salerno	6/8	Ed. Conceição Martins	4	
		16/18	Sobrado	2	
		20/22	Sobrado	2	
		24/26	Sobrado	2	
		28/30	Sobrado	2	
		32	Ed. Caviana	4	
		34	Ed. Rei Alberto	3	
	Av.: Rei Alberto I	222	Ed. Cidadar	3	
		224	Ed. S/N	-	
			Bloco A	3	
	Bloco B		3		
	248	Ed. Puerta del Sol	14		
Rua Daniel Carvalho				12	

Quadra	Endereço	n	Nome do Edifício	nº pavimentos	> 2 pav.
47	Av.: Almirante Saldanha da Gama	111	Banco	1	
		114	Igreja	1	
	Rua Daniel Carvalho	35	Ed. Fragata	5	
	Av.: Rei Alberto I	278	Sobrado (comercio)	2	
	Rua Antonio Guenaga	86	Ed. Empresarial Albatroz	5	
48	Av.: Saldanha da Gama	121	Ed. Mont Blanc	14	
		125	Terreno Vazio	-	
		126/127	Edifício (Comercio)	3	
		137	Ed. Aragarças	3	
		141	Ed. Solmar	8	
		145	Senai	2	
	Rua Antonio Guenaga	43	Ed. Mont Clair		
	Av.: Rei Alberto I	316	Casa	1	
		326	Ed. Ana Carolina	8	
	Rua Áureo Conde				
49	Av.: Almirante Saldanha da Gama	159	Sobrado (comércio)	2	
		161	Casa	1	
		163	Clube Estrela	3	
		174	Terreno Vazio	-	
		177	Campo de Futebol	-	
		182	Comércio	2	
		183/184	Sobrado (comércio)	2	
		186/188	Sobrado (comércio)	2	
		194	Ed. Irmão Castro Conde	4	
		200	Posto de Gasolina	1	
	Rua Áureo Conde				
	Av.: Rei Alberto I	362	Casa	1	
		364	Casa (comércio)	1	
		388	Casa (comércio)	1	
		402	Estacionamento	1	
		s/n	Terreno Vazio	1	
		422	Garagem do Ed. Irmãos Castro Conde	1	
		424 a 434	Ed. Comercial	3	
Pça Gago Coutinho	03/06	Ed. Comercial	3		
	8	Sobrado (comércio)	2	4	
TOTAL			> 2 pavimentos no bairro		128



Foto 11 – Delimitação das 49 quadras ao longo de toda orla Santista – (Fonte: Adaptado de Google Earth, jan, 2009)



Foto 12 – Processo de digitalização das quadras – exemplo quadra 37 (Fonte: Projeto Orla, 2004)

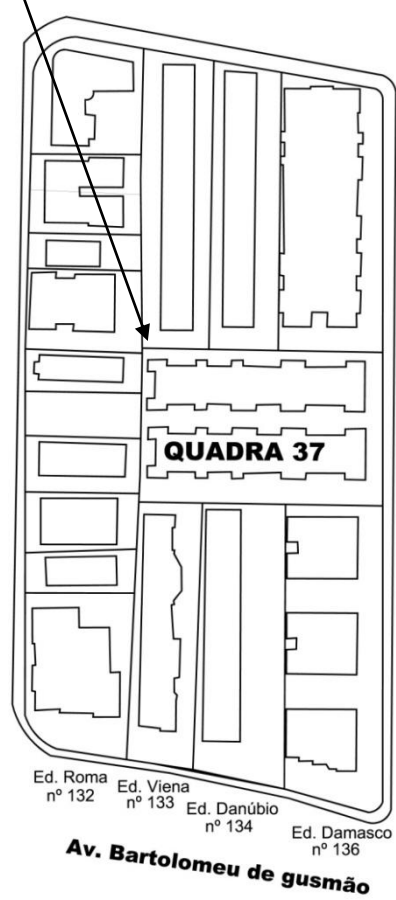


Figura 17 – Arquivo final gerado (Fonte: Projeto Orla, 2004).

3.2 - PONTA DA PRAIA

3.2.1 - Características e localização

Compreendido entre o canal 6 e a balsa de travessia para o Guarujá, quadras 37 a 49 (figura 18), o bairro da Ponta da Praia será abordado neste capítulo

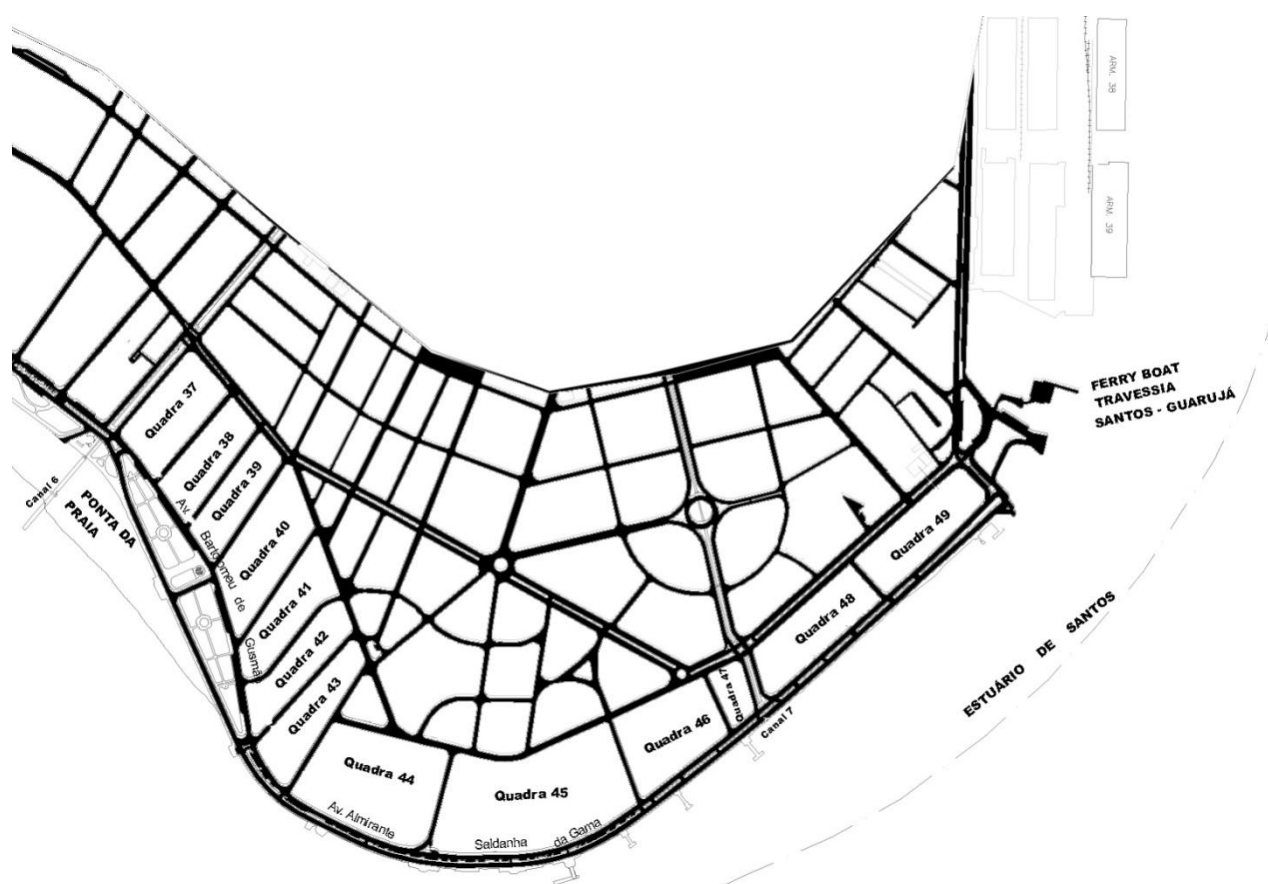


Figura 18 – Bairro da Ponta da Praia quadras de 37 a 49 (Fonte: adaptado de <http://www.digital.santos.sp.gov.br>, set, 2007)

Entre as décadas de 70 e 80, a população da Ponta da Praia dobrou; dos 19.367 habitantes registrados pelo Censo de 1970, passou-se para 41.811 em 1980. De repente, muitos começaram a optar por esse bairro que, se distingue dos demais entre outras coisas, por registrar temperaturas dois ou três graus abaixo da média de Santos. Entre todos os bairros da orla da praia, é o de ocupação mais recente. Suas ruas só começaram a ser drenadas e pavimentadas em 1967, e só a partir de então se verificou crescimento populacional marcante. As fotos 13,14 e 15 ilustram o bairro da Ponta da Praia nos anos 20,40 e 2004, respectivamente.

“Parece um pouco estranho, mas o fato é que o vento que sopra do mar, de Sudeste para Leste, faz com que lá seja o lugar mais fresco de Santos. Hoje se trata também de um dos bairros mais valorizados da cidade concentrando dezenas de mansões.”
(Mondin, L - Disponível em: [http:// www.novomilenio.inf.br](http://www.novomilenio.inf.br))



Foto 13 – Bairro da Ponta da Praia por volta dos anos 20 ou 30, onde ainda não existia calçadão e as casas eram na areia. Pode-se notar também a presença de pequenos "jundus" à esquerda da foto. (Fonte: Ary Célio – contato pessoal)



Foto 14 – Ponta da Praia em 1940. (Fonte: [http:// www.novomilenio.inf.com.br](http://www.novomilenio.inf.com.br), jul 2008)



Foto15 – Ponta da Praia atualmente (2004). (Fonte: Google Earth, março, 2009)

3.2.2 - Levantamento de dados na Prefeitura Municipal de Santos

Como dito anteriormente, o objetivo da pesquisa é comparar as características do solo do bairro da Ponta da Praia com os dados existentes da “Faixa Crítica”, região onde estão concentrados o maior número de prédios com problemas de recalques, facilmente perceptíveis a olho nu.

Para dar início as comparações foi preciso primeiramente saber se os edifícios foram construídos na mesma época e se possuem fundação direta, apoiados na camada superficial de areia. Essa dúvida surgiu, pelo fato de a Ponta da Praia ter sido o último bairro da Orla praiana a ser ocupado.

A partir dessa etapa, os dados foram levantados pela autora do presente trabalho, e não mais extraídos do Projeto Orla, desenvolvido em 2004. Para levantar o tipo de fundação dos edifícios havia duas maneiras: uma seria procurar as construtoras dos edifícios e ter acesso aos projetos; a outra, seria fazer uma pesquisa nos arquivos da Prefeitura. Como na maioria dos casos a construtora do edifício não existe mais, a busca foi feita nos arquivos da Prefeitura.

A Prefeitura Municipal de Santos concedeu uma autorização para pesquisar em seus arquivos internos, os processos existentes relativos aos edifícios da orla. Como cada edifício possui mais de um número de processo, e esses ficam arquivados em lugares diferentes da cidade, não foi possível ter acesso a todos, mesmo porque alguns são muito antigos e não foram cadastrados no banco de dados da Prefeitura.

Todo esse procedimento foi um pouco longo pois, mesmo depois de localizar os processos, era necessário fazer o pedido ao departamento, e até o processo chegar, demorava de uma a duas semanas. Também não era possível pedir todos de uma só vez, pois a Prefeitura possui um limite médio de dez processos por solicitação. A tabela V é um resumo contendo o número do processo, ano e localização no arquivo para os edifícios da Ponta da Praia.

Tabela V – Tabela resumo especificando os processos existentes e a sua localização

Endereço	Nome do Edifício	Processo	Ano	localização
Bartolomeu . Gusmão n 132	Roma	20617	1973	SEAOP
		25983	1973	FAMS - AG
		45165	2002	PROJUR
Bartolomeu . Gusmão n 133	Viena	15691	1976	N/ cadastrado
		0.5391	1980	N/ cadastrado
		57272	1986	N/ cadastrado
		96677	2005	N/ cadastrado
Bartolomeu . Gusmão n 134	Danubio	5444	1943	N/ cadastrado
		10370	1944	N/ cadastrado
		26199	1962	FAMS - AI
		25740	1969	N/ cadastrado
		23790	1987	N/ cadastrado
Bartolomeu . Gusmão n 136	Damasco	22491	1976	FAMS - AI
		7515	1962	N/ cadastrado
		0.2008	1977	N/ cadastrado
		30099	1979	N/ cadastrado
Bartolomeu . Gusmão n 138	Madrid	17815	1961	FAMS-AI
		18725	1972	N/ cadastrado
Bartolomeu . Gusmão n 144	Presidente Prudente	21702	1941	N/ cadastrado
		20131	1964	FAMS-AI
Bartolomeu . Gusmão n 146	Barra Linda	10420	1956	FAMS - AI
		21105	1959	FAMS - AI
		80661	2001	DEOP
Bartolomeu . Gusmão n 151	Ponta mar - Barramar	23267	1976	N/ encontrado
Bartolomeu . Gusmão n 153	Azul do Mar	7818	1951	N/ cadastrado
		anexado ao 66280	2005	N/ cadastrado
Bartolomeu . Gusmão n 157/158	Aldebaram	29764	1964	N/ cadastrado
		26427	1969	N/ cadastrado
		82816-11	2005	N/ cadastrado
		26194	1970	SEPROT
Bartolomeu . Gusmão n 159	Albamar	4455	1970	FAMS - AG
		5839	1970	N/ cadastrado
		28177	1975	FAMS - AI
Bartolomeu . Gusmão n 161	Saint Valier	15343	1939	N/ cadastrado
Bartolomeu . Gusmão n 174	Beira Mar	45194	1990	SEPROT
Bartolomeu . Gusmão n 176	Comercial	6281	1942	APM - FAMS
Bartolomeu . Gusmão n 178	Paysage	9139	1946	N/ cadastrado
		3581	1974	N/ cadastrado
		2111	1985	FAMS - AI
Bartolomeu . Gusmão n 180	Enseada	13588	1951	FAMS = AP
		16086	1983	N/ cadastrado
Saldanha da Gama n 2/4	Canto do mar	12774	1971	FAMS - AG
		21098	1971	N/ cadastrado
Saldanha da Gama n 8/10	Itá	5962	1952	N/ cadastrado
		41545	1962	N/ cadastrado
Saldanha da Gama n 67	Pontal da Barra	5477	1986	N/ encontrado
Saldanha da Gama n 69	comercio	4272	1943	N/ encontrado
		7639	1943	N/ encontrado
Saldanha da Gama n 71	Cabo frio	27457	1964	N/ encontrado
Saldanha da Gama n 72	Golden Ocean	20192	1973	N/ encontrado
		20145	1951	N/ encontrado
Saldanha da Gama n 84	Navegantes	17798	1984	N/ cadastrado
Saldanha da Gama n 96	Jardins da Grécia	não cadastrado nas fichas rosas		
Saldanha da Gama n 121	Mont Blanc	11365	1957	FAMS - AG
		22969	1964	N/ encontrado
		24238	1980	FAMS - AI
Saldanha da Gama n 126/127	comercial	20461	1958	N/ cadastrado
		13959	1963	N/ cadastrado
		12126	1976	FAMS - AI
Saldanha da Gama n 137		12973	1966	N/ cadastrado
		28828	1989	N/ cadastrado
Saldanha da Gama n 141	Solmar	14938	1976	FAMS - AI
		anexado ao 67116	2003	
Saldanha da Gama n 194	Irmãos Castro Conde	26091	1960	FAMS - AI
		6885	1959	N/ cadastrado

Nem todos os processos puderam ser consultados pois, depois de solicitados, nem sempre eram encontrados nos arquivos mas, uma grande quantidade pode ser examinada confirmando que a maioria dos edifícios da Ponta da Praia foram construídos entre 1950-1980 e encontram-se apoiados em sapatas.

Além do tipo de fundação, outro ponto importante pode ser notado. Existem vários prédios principalmente na “Faixa Crítica”, que possuem mais de um laudo técnico, avaliando a situação do edifício, destacando os danos internos causados pelos recalques diferenciais e a execução de algum tipo de reforço na fundação.

Nos edifícios da Ponta da Praia, não foram encontrados laudos técnicos referentes a problemas de desaprumo. Isso ajuda a levar adiante a idéia que os recalques na Ponta da Praia são bem menores, não só pelo fato de não serem perceptíveis a olho nu, mas também por nenhum prédio apresentar registro de problemas quanto a isso.

Para facilitar a visualização dos edifícios da orla da Ponta da Praia, o bairro foi dividido em duas vistas, panorâmica 1 e panorâmica 2, destacados na foto 16.

A foto 17, panorâmica1, retrata os edifícios da região mais densificada, ou seja, onde os edifícios foram construídos lado a lado, assim como na “faixa crítica”. Na panorâmica 2, o cenário é um pouco diferente já que quadras inteiras são ocupadas por clubes e museus da cidade, se tratando de edificações de pequeno porte, dois ou três pavimentos, por esse motivo a panorâmica 2 não foi detalhada nesse trabalho. As figuras 19 a 25 e fotos de 18 a 24, mostram as quadras da panorâmica 1, uma a uma; dessa maneira, pode-se verificar a inclinação mínima ou a inexistência de inclinação dos edifícios.



Foto 16 - Bairro da Ponta da Praia em duas vistas (Fonte: Adaptado de Google Earth, março, 2009)

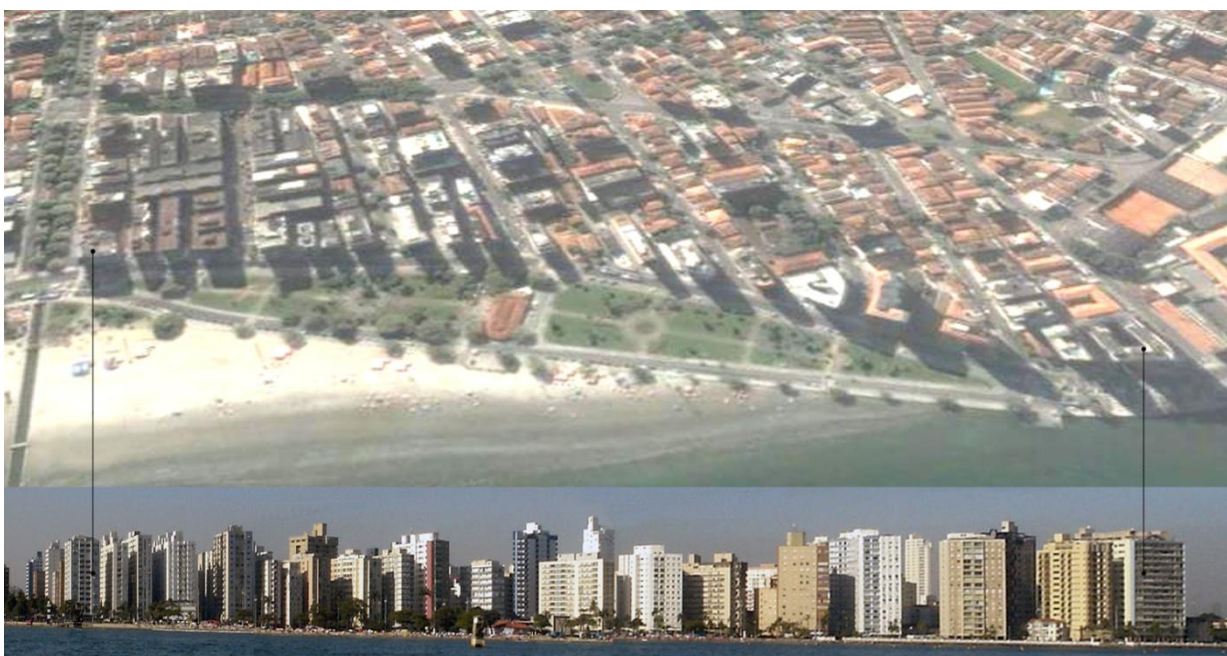


Foto 17 - Panorâmica 1 – Vista dos edifícios trecho mais densificado da Ponta da Praia. (Foto Montagem -Fonte: autora, 2008)

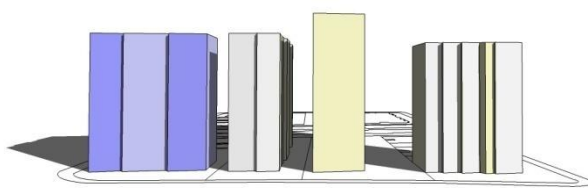


Figura 19 – Esquema de posicionamento dos edifícios da quadra 37



Foto 18 – Quadra 37

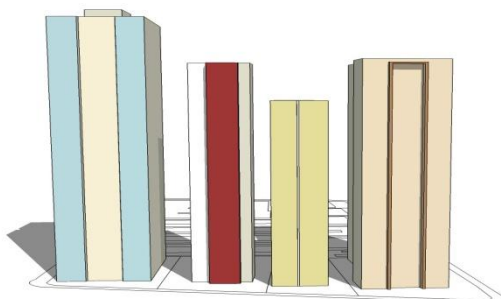


Figura 20 – Esquema de posicionamento dos edifícios da quadra 38



Foto 19 – Quadra 38

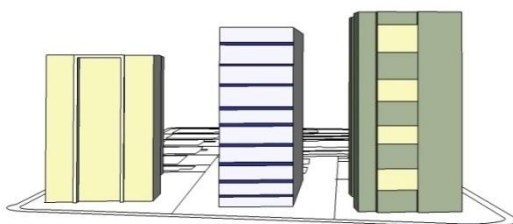


Figura 21 – Esquema de posicionamento dos edifícios da quadra 39



Foto 20 – Quadra 39

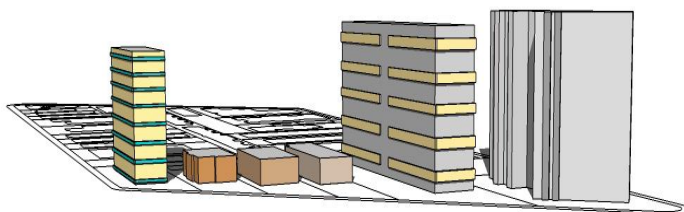


Figura 22 – Esquema de posicionamento dos edifícios da quadra 40



Foto 21 – Quadra 40

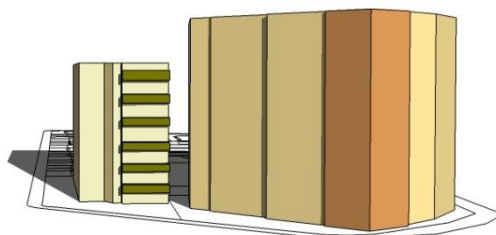


Figura 23 - Esquema de posicionamento dos edifícios da quadra 41



Foto 22 – Quadra 41

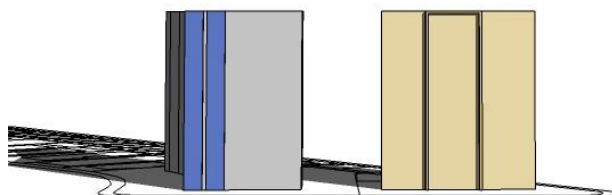


Figura 24 - Esquema de posicionamento dos edifícios da quadra 42



Foto 23 – Quadra 42

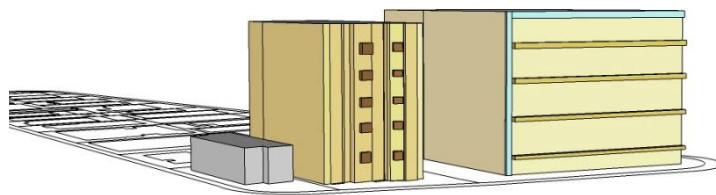


Figura 25 - Esquema de posicionamento dos edifícios da quadra 43



Foto 24 – Quadra 43

CAPÍTULO IV – INTERPRETAÇÃO DE ENSAIOS E PREVISÃO DE RECALQUES NA CIDADE DE SANTOS

4.1 - ANÁLISE COMPARATIVA DE SONDAGENS DE SIMPLES RECONHECIMENTO, COM MEDIDAS DE N_{SPT}

4.1.1 - Sondagens coletadas e analisadas

Foram coletadas mais de 250 sondagens de simples reconhecimento realizadas na cidade de Santos no decorrer dos anos. Essas sondagens foram a base para obter dados e traçar os perfis do subsolo Santista.

Empresas que executaram e ainda executam sondagens na região, foram contatadas. A empresa Engesolos concedeu uma autorização para pesquisar em seus arquivos, sondagens realizadas na cidade ao longo dos anos. Outras empresas enviaram o material por e – mail. A Zaclis Falconi, especializada em projetos de fundação também disponibilizou as sondagens de suas obras na cidade.

Os estudos e análises de sondagens se concentraram na região da faixa crítica, quadras 19 a 36 e na Ponta da Praia quadras 37 a 49, (ver foto 11). O objetivo foi separar uma sondagem representativa por quadra, comparar os valores de N_{SPT} e espessura das primeiras camadas de areia e argila (SFL) e depois retraçar as seções geológicas das regiões estudadas.

As sondagens foram separadas por trechos: canal 3 – canal 4 (Bairro Boqueirão); canal 4 - canal 5 (Bairro Embaré); canal 5 - canal6 (Bairro Aparecida) e Ponta da Praia (canal 6 - balsa). Para cada trecho foram selecionadas oito sondagens de maneira que a localização não fosse repetida; dessa forma, foi possível abranger toda extensão da “Faixa Crítica” até a Ponta da Praia. Na planta da figura 30, foram localizadas todas as sondagens e ensaios do cone coletados durante a pesquisa, em destaque estão as sondagens de referência que foram a base para a elaboração dos perfis geotécnicos mostrados na figuras 45 e 46, e dos valores apresentados nas

tabelas VI, VII, VIII e IX e para a. As figuras 26, 27, 28 e 29, mostram ainda uma sondagem representativa de cada trecho analisado.

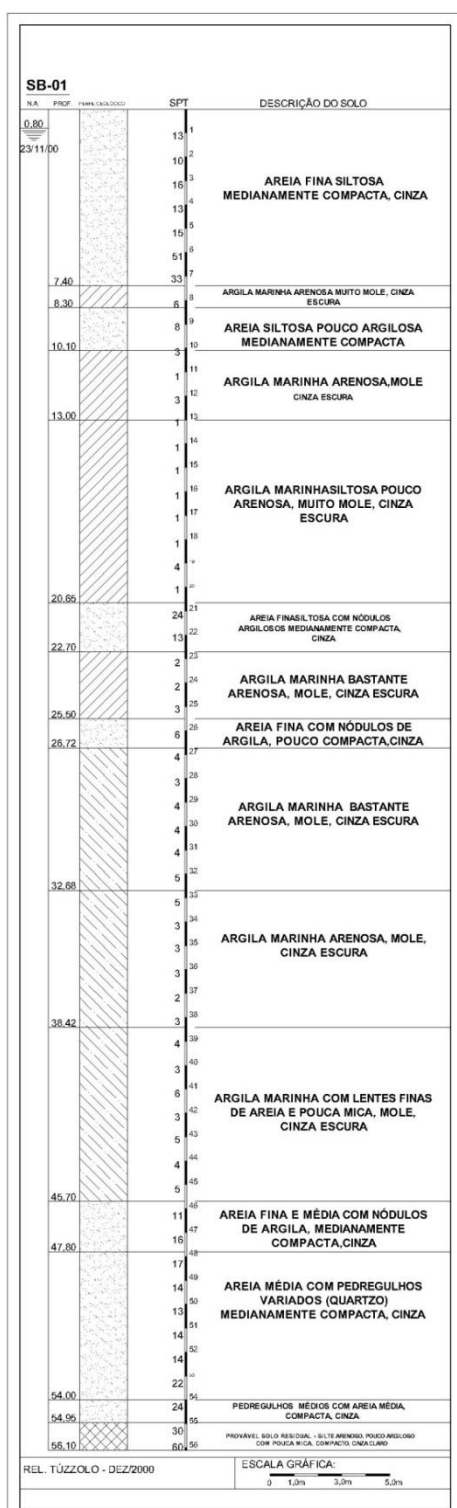


Figura 26 - sondagem representativa canal 3 - 4

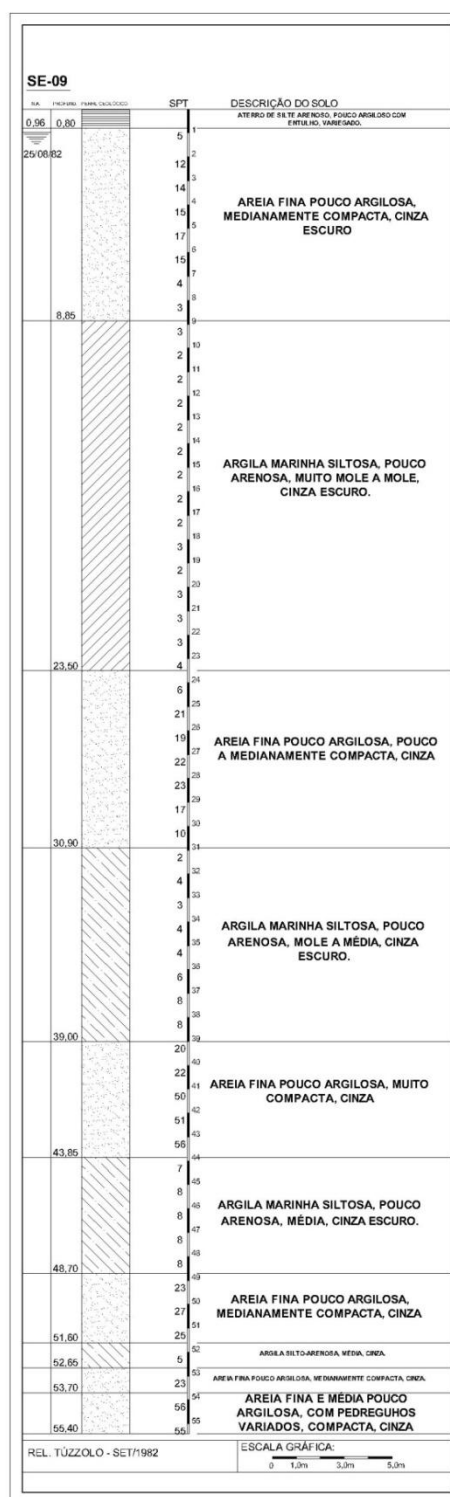


Figura 27 - sondagem representativa canal 4 - 5

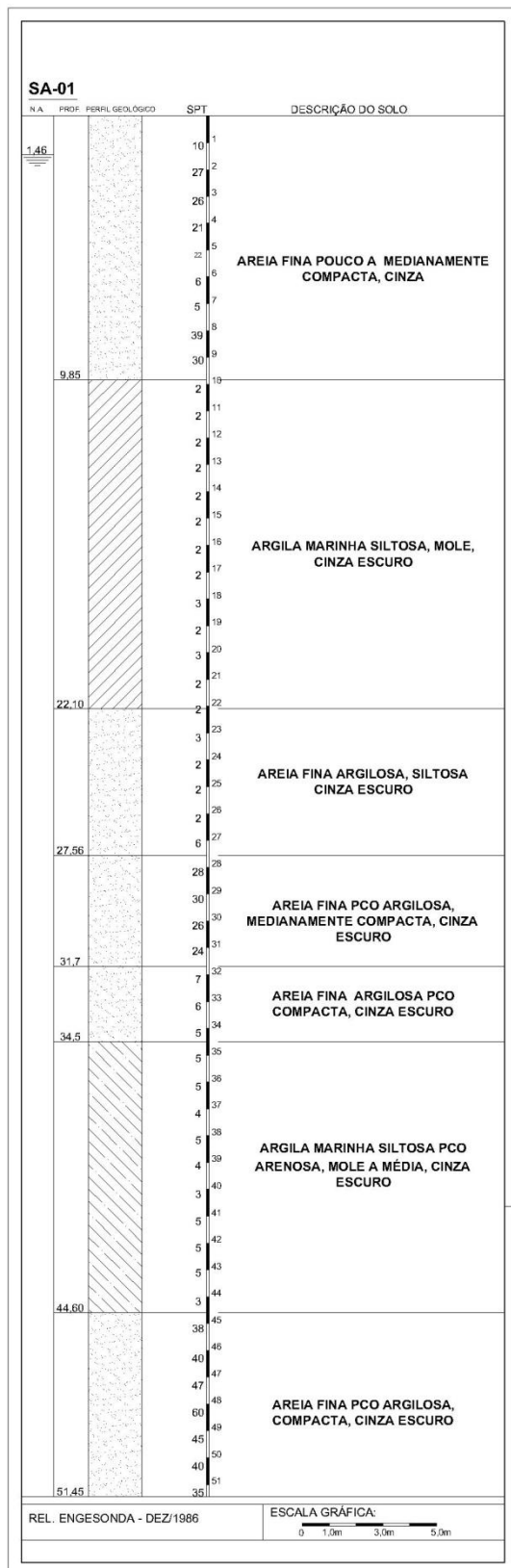


Figura 28 – Sondagem representativa canal 5 - 6

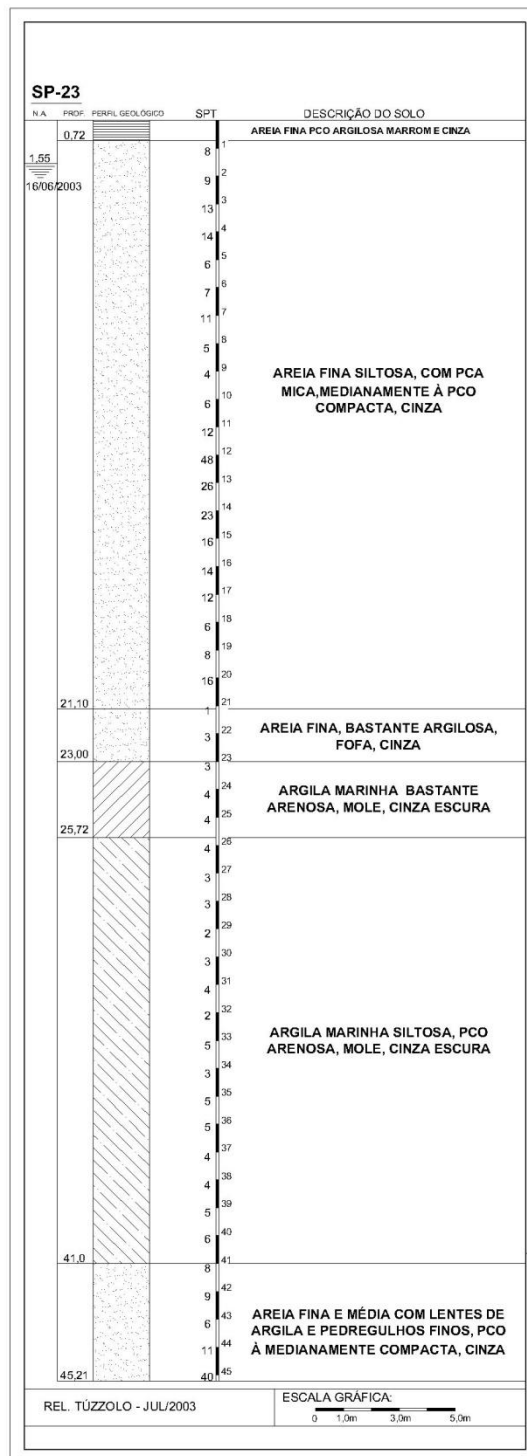


Figura 29 – Sondagem representativa Ponta da Praia



Figura 30 - Localização das sondagens e ensaios coletados
(Fonte: adaptado de Santos digital - <http://www.santosdigital.com.br>, jan, 2009)

Figura 30 – Localização das sondagens e ensaios coletados

4.1.2 - Valores de N_{SPT} médio para as sondagens de referência

As tabelas VI, VII, VIII e IX apresentam os valores dos NSPT médios, bem como as espessuras da primeira camada de areia e da primeira camada de argila (SFL) das sondagens selecionadas.

Tabela VI – Análise das sondagens no trecho: Canal 3 – Canal 4

Canal 3 – Canal 4 (Bairro Boqueirão)								
Sondagem	SB01	SB04	SB06	SB17	SB21	SB24	SB27	SB32
Espessura camada de areia (m)	10,0	10,0	12,5	11,0	12,0	7,0	11,0	12,5
Espessura camada de argila SFL (m)	13,0	10,0	13,0	16,0	17,0	23,0	16,0	14,0
N_{SPT} médio camada de areia	17,0	14,0	14,0	12,0	14,0	23,0	10,0	25,0
N_{SPT} médio camada de argila (SFL)	1,7	1,9	2,5	1,6	2,4	1,5	1,0	1,2

Tabela VII – Análise das sondagens trecho: Canal 4 – Canal 5

Canal 4 – Canal 5 (Bairro Embaré)								
Sondagem	SE02	SE06	SE09	SE12	SE13	SE15	SE19	SE22
Espessura camada de areia (m)	9,0	8,5	8,5	9,5	9,0	9,0	9,0	10,5
Espessura camada de argila SFL (m)	16,0	12,0	15,0	14,0	13,0	11,0	14,0	16,0
N_{SPT} médio camada de areia	11,0	9,0	10,5	12,5	15,0	11,0	11,0	10,0
N_{SPT} médio camada de argila (SFL)	1,3	1,3	1,8	1,8	2,2	3,0	1,0	1,8

Tabela VIII – Análise das sondagens trecho: Canal 5 – Canal 6

Canal 5 – Canal 6 (Bairro Aparecida)								
Sondagem	SA01	SA05	SA11	SA14	SA18	SA22	SA25	SA29
Espessura camada de areia (m)	9,5	10,5	10,0	8,0	7,0	8,5	9,5	10,0
Espessura camada de argila SFL (m)	12,0	15,0	12,0	16,0	16,0	12,0	13,0	14,0
N _{SPT} médio camada de areia	20,5	16,5	22,0	15,5	11,0	11,5	13,5	12,5
N _{SPT} médio camada de argila (SFL)	2,4	1,6	1,6	2,0	1,2	1,0	1,7	2,0

Tabela IX – Análise das sondagens da Ponta da Praia

Canal 6 – Canal 7 (Ponta da Praia)											
Sondagem	SP37	SP01	SP04	SP09	SP10	SP16	SP22	SP23	SP44	SP49	SP50
Espessura camada de areia (m)	10	12	12,5	16,5	17,5	21,5	24,5	23,0	21,0	20,5	17,5
Espessura camada de argila SFL (m)	9,0	10,0	7,0	19,0	13,0	8,0	8,0	10,0	9,0	5,0	9,0
N _{SPT} médio camada de areia	12,5	10,0	15,6	12,5	9,0	11,0	7,5	11,0	7,5	10,5	7,5
N _{SPT} médio camada de argila (SFL)	1,8	1,5	1,7	3,5	2,2	4,0	3,0	3,5	3,2	3,3	2,5

4.1.3 - Análise das sondagens

Inicialmente foi observado que o aumento da espessura da primeira camada de areia no bairro da Ponta da Praia é bem significativo. Enquanto nos trechos do canal 3 ao canal 6 ela tem em média 10,0 m, variando de 7,0 a 12,50 m, na Ponta da praia chega até mais de 23,0m, tendo como valor médio 20,0m de espessura.

Com a análise do N_{SPT} médio da primeira camada de areia, observa-se que embora a primeira camada de areia da região da Ponta da Praia seja mais espessa, ela possui N_{SPT} médio menor que na região comparada. Na “Faixa Crítica”, a variação do N_{SPT} foi de 9,5 a 20, com valor médio = 14; na Ponta da praia os valores variam entre 7,5 e 16, com N_{SPT} médio = 10.

Ainda quanto a primeira camada de areia no Bairro da Ponta da Praia, foi notado que sua espessura aumenta gradativamente no sentido canal 6 - canal7, até atingir o valor máximo encontrado, cerca de 23,0 a 24,0m na região próxima à quadra 46, depois ela volta a diminuir, retornando aos 17,0 m perto da quadra 49, tendendo a desaparecer a medida que se aproxima do Guarujá.

Para a camada de argila SFL constatou - se que na Ponta da Praia os valores de N_{SPT} médio variam de 2 a 4, e para a “Faixa Crítica” os números ficaram entre 1 e 3.

Foi observado também que à medida que se aproxima do canal 7, sentido Guarujá, as camadas de argila SFL e AT não se encontram mais entremeadas por camadas de areias

4.2 - SONDAGENS PROFUNDAS

Até pouco tempo, era comum na cidade de Santos, quase todas as sondagens serem executadas até 50 a 55m, que é a profundidade na qual costuma-se encontrar o solo residual.

Porém, avanço das construções de grande porte na cidade, propiciou um maior número de investigações geotécnicas e fez necessário aprofundar as sondagens, dada a grandeza das cargas nas fundações. Com isso foram encontradas camadas

de argila profundas, abaixo dos 55-60m, e a presença do solo residual abaixo dos 70-80m de profundidade

Essas argilas apresentam $N_{SPT's}$ relativamente elevados (6 a 13 golpes), cores predominantemente cinza-claras, mas ocorrendo também em tons avermelhados, podendo tratar-se de solos residuais ou sedimentos continentais. Na Baixada Santista é comum ocorrência de sedimentos continentais sobre solo residual, mas é fato novo sua possível existência ao longo da orla Praiana de Santos. Outro ponto a ser destacado, refere-se à posição do topo rochoso que, na “faixa crítica”, pode estar abaixo dos 80m de profundidade, ver figura 43.

Como exemplo, tem-se o caso de duas sondagens executadas recentemente na cidade de Santos (2008). A primeira, próxima ao canal 4 e à praia, com aproximadamente 70 m de profundidade (figura 31), revelou camadas de argila muito profundas, avermelhadas, a mais de 55 m, diferente das ATs. Tratar-se-iam de sedimentos continentais ou de solos residuais. A segunda sondagem, próxima ao canal 6, um pouco mais afastada da praia (figura 32), camadas de argila avermelhadas, também foram observadas. As fotos 25, 26 e 27, mostram as argilas retiradas do terreno próximo ao canal 4, a diferentes profundidades. Essas amostras foram obtidas durante a execução da fundação de um edifício, nesse caso, foram utilizadas estacas escavadas de grande diâmetro, com uso de lama bentonítica, o diâmetro da estaca de onde as amostras foram retiradas foi de 90 cm. A foto 28 mostra a argila avermelhada encontrada na sondagem próxima ao canal 6, obtida durante a execução da sondagem.

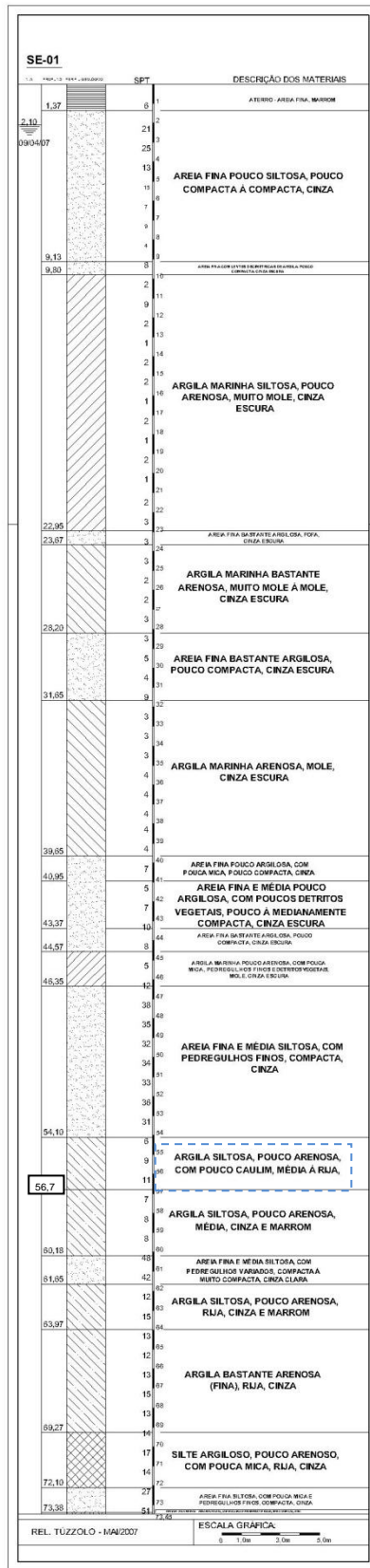


Figura 31 – Sondagem representativa próxima ao canal 4



Figura 32 – Sondagem representativa próxima ao canal 6

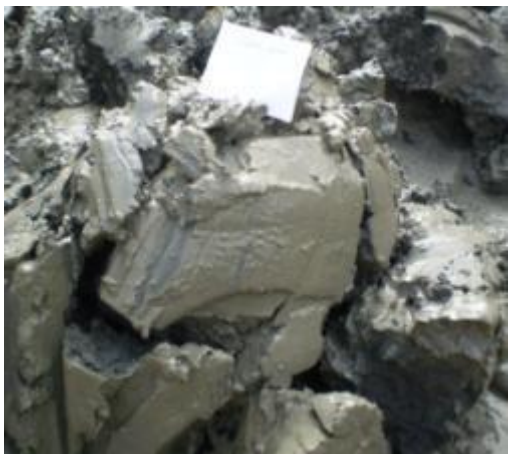


Foto 25 – Argila SFL aos 10m de profundidade



Foto 26 – Argila A.T aos 42m de profundidade



Foto 27 - Argila avermelhada aos 56,0m de profundidade



Foto 28 - Argila avermelhada próxima ao canal 6

4.3 - RESULTADOS DE ENSAIOS DO CONE (CPT e CPTU) NA CIDADE DE SANTOS

4.3.1 - Ensaio analisados

Além dos valores de N_{SPT} das diversas sondagens analisadas, ensaios de CPT (Cone Penetration Test) e CPTU (Piezocone Penetration Test), que medem a resistência de ponta do solo, comprovaram que a primeira camada de areia da Ponta da Praia é menos resistente que na “Faixa Crítica”.

Para efeito de comparações, foram analisados resultados de ensaios CPTs, realizado na Orla do Bairro da Ponta da Praia, e CPTs e CPTUs, realizados no Bairro do Boqueirão, próximo à região da “Faixa Crítica”.

Os ensaios CPTs da Ponta da Praia foram realizados em 1978, durante a construção do Clube Saldanha da Gama, quadra 45, e foi cedido pela Engesolos. Os ensaios CPTs próximos à “Faixa Crítica” foram realizados pela PTS Pesquisas Tecnológicas do solo em 1997, para a construção de um edifício residencial. Já os CPTUs foram realizados durante a construção de um dos edifícios da Universidade Santa Cecília e os resultados foram divulgados por Oliveira (2000).

As figuras 33, 34 e 35 (a, b, c e d), mostram a localização e o resultado dos ensaios de CPTUs e CPTs. As sondagens referentes a cada ensaio estão no anexos “A” e “D”.

Tanto no ensaio CPT quanto no ensaio CPTU, é possível obter a resistência à penetração de ponta e a resistência por atrito lateral do solo. A principal diferença entre os dois ensaios é que no CPTU é possível medir também a pressão neutra durante a cravação do cone.

Os CPTUs e CPTs realizados no bairro do Boqueirão foram executados até 20 e 30,0m, atingindo a camada de argila SFL. Os CPTs da Ponta da Praia foram interrompidos aos 13,0m, não atingindo por inteiro a primeira camada de areia.

Analisando preliminarmente os três ensaios realizados, verifica-se que para a primeira camada de areia, na região próxima à “Faixa Crítica”, a resistência de ponta

(qc) oscilou em média de 10000 a 25000 kPa, tanto no CPT quanto no CPTU, enquanto que na Ponta da Praia a resistência de ponta da primeira camada de areia de não passou de 10000kPa.

Quanto à resistência de ponta da primeira camada de argila (SFL), verifica-se nos dois ensaios (CPT e CPTU) que a resistência de ponta apresenta valores bem baixos, em média 500 a 1000kPa.

Em análise aos mesmos CPTUs apresentados abaixo, Massad (2008), obteve para as argilas de SFL valores de $Bq=0,4$ a $0,7$; $qt=1,0$ a $1,5$ MPa e $Rf=3$ a 4% destacando que, os resultados dos ensaios do Cone não só confirmaram a classificação genética dos solos da cidade de Santos, como também possibilitaram delimitar com precisão cada camada de solo, graças aos dados contínuos fornecidos ao longo de todo perfil.

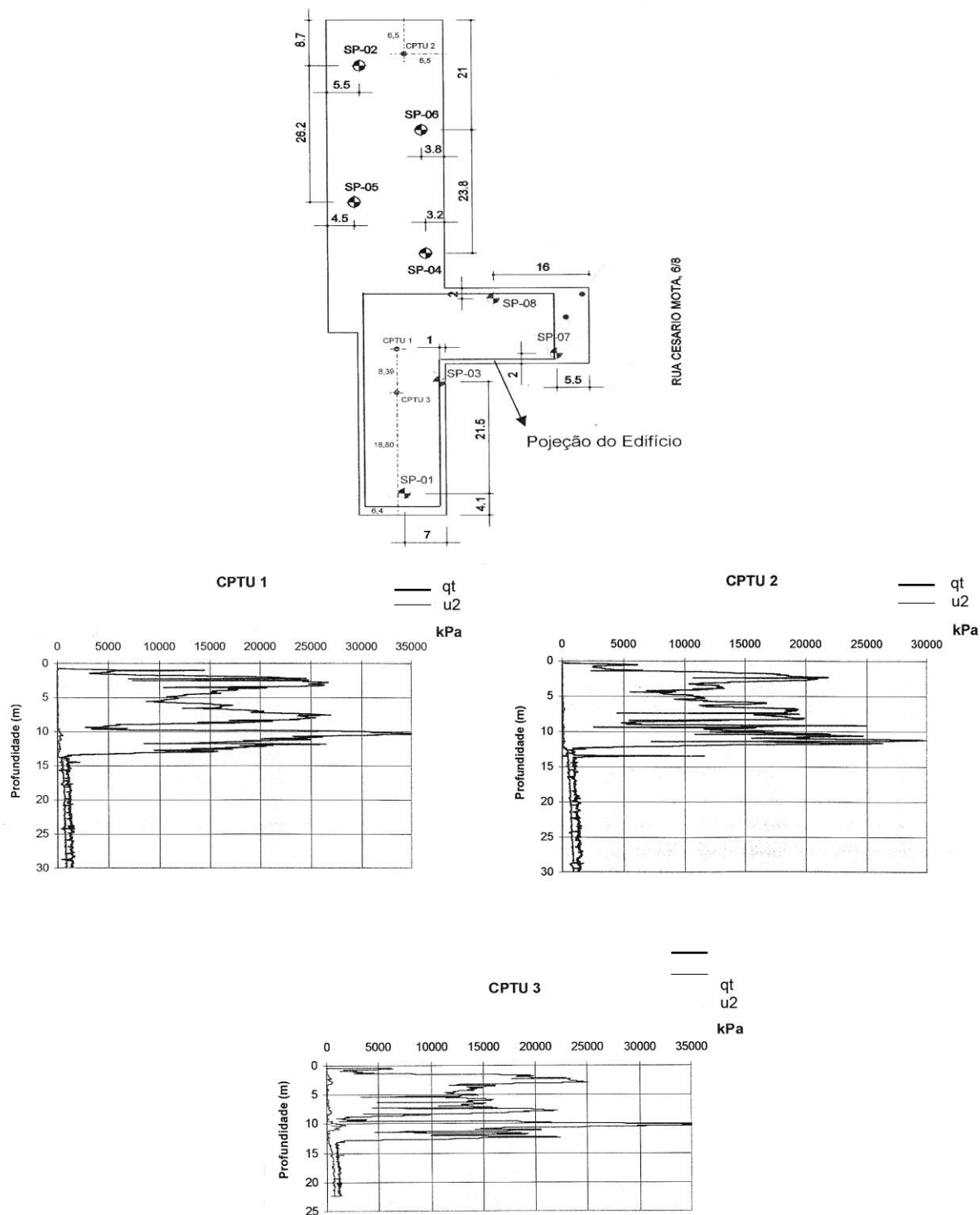


Figura 33 – Localização e resultados dos ensaios de CPTU – Edifício Unisanta, próximo à “Faixa Crítica” (Fonte: Oliveira, 2000)

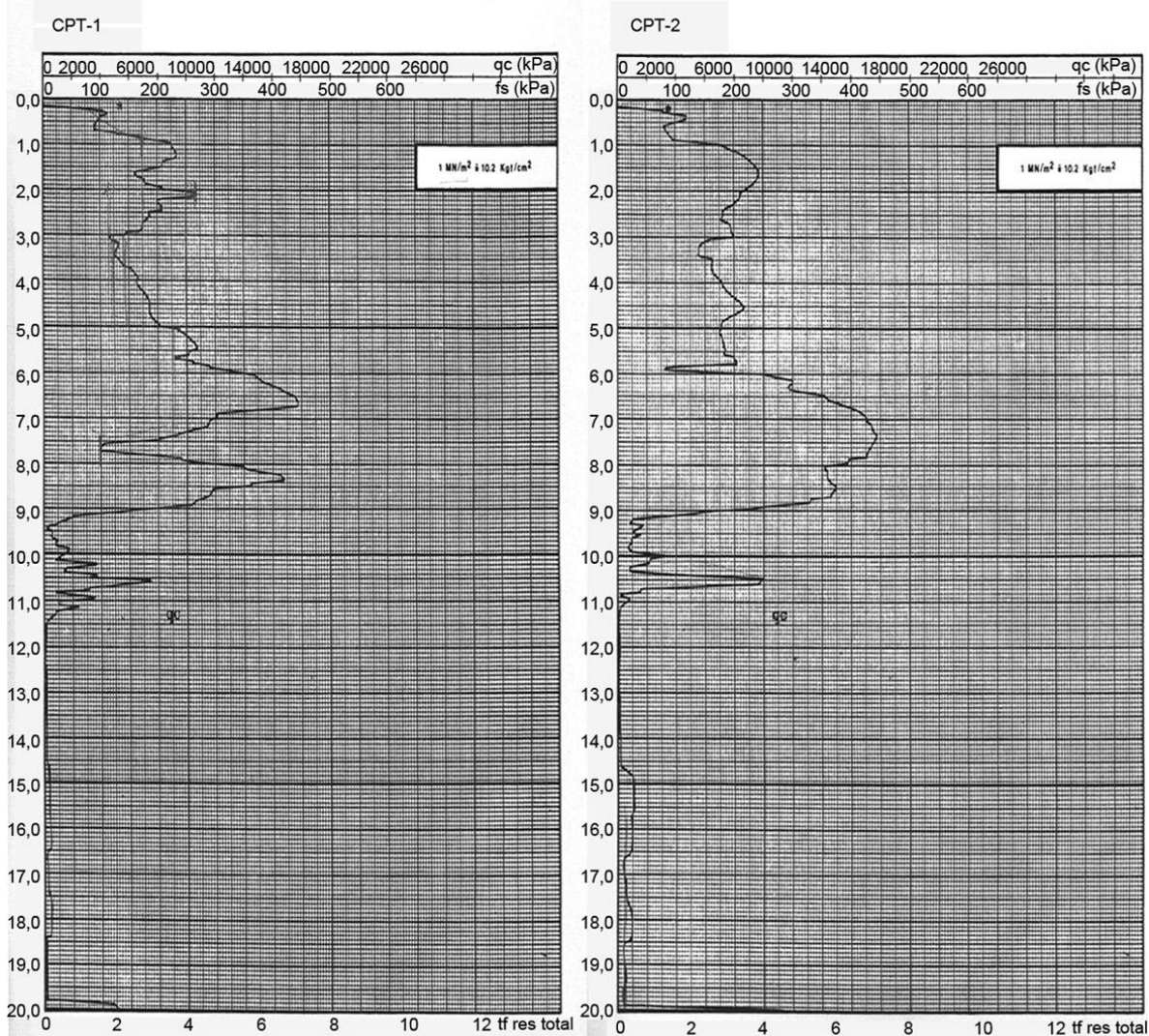
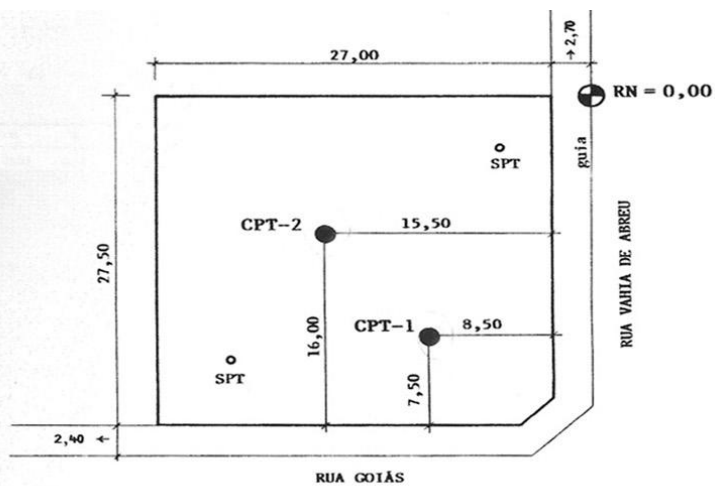


Figura 34 – Localização e resultados dos ensaios de CPT (Fonte: Cedido pela Zaclis Falconi, realizado pela PTS- Pesquisas Tecnológicas do solo (1997))

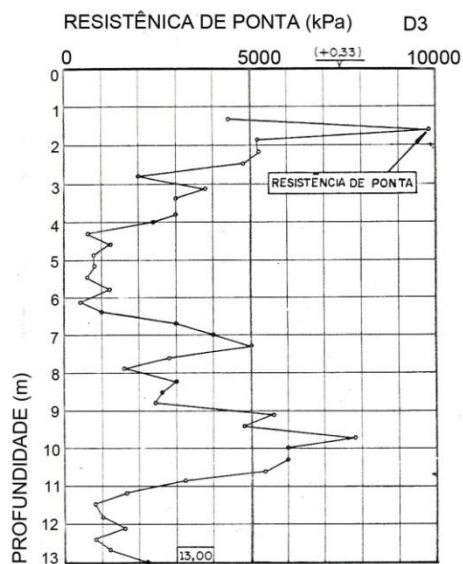
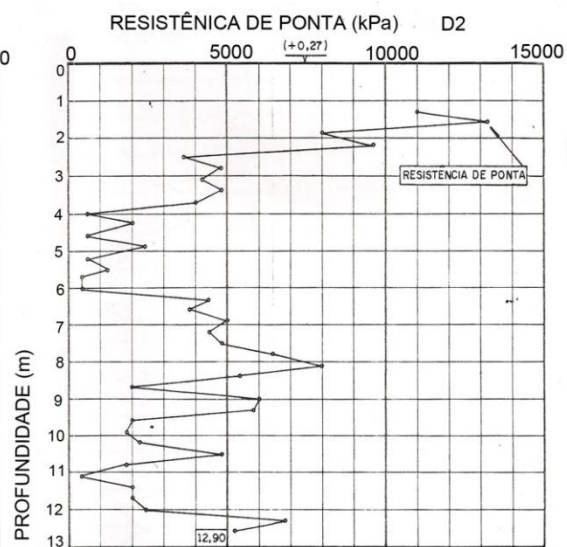
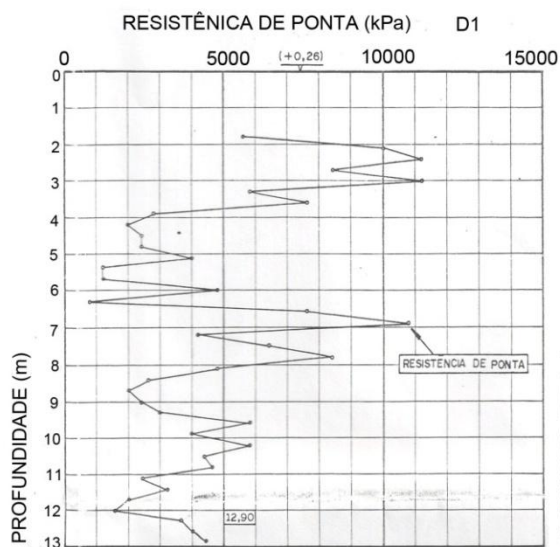
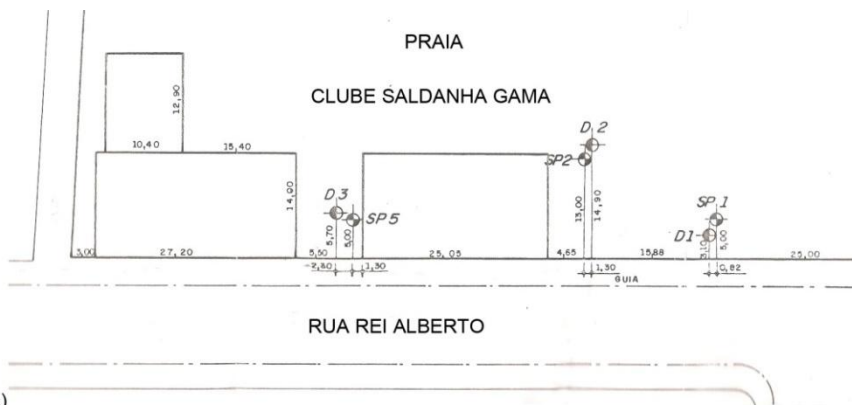


Figura 35 – Locação e resultados dos ensaios de CPT na Ponta da praia (Fonte: cedido pela Engenheiros- Engenharia de Solos e Fundações (1978))

4.3.2 - Parâmetros geotécnicos obtidos através dos ensaios do cone

No intuito de aprofundar os estudos, quanto às diferenças das propriedades geotécnicas da primeira camada de areia do bairro da Ponta da Praia e do bairro do Boqueirão, próximo à “Faixa Crítica”, foram analisados somente os resultados dos CPT’s na areia, mostrados nas figuras 34 e 35.

Para melhor compreensão dos dados, foram elaboradas as tabelas X, e XI que mostram os valores de N_{SPT} e da resistência de ponta média, a cada da metro, para os dois ensaios de CPT, em seguida estão apresentados os gráficos (figuras 36 37), onde foram plotados os valores ($q_c \times N_{SPT}$) e traçadas as curvas, para avaliar a variação da resistência de ponta com os valores de N_{SPT} .

Tabela X – Resistência de Ponta média e valores de N_{SPT} médio ao longo da profundidade para os CPT’s do bairro do Boqueirão (próximo à “Faixa Crítica”)

CPT-BOQUEIRÃO			
Profundidade (m)	Média NSPT	CPT - I	CPT - II
		Média q_c (kPa)	Média q_c (kPa)
1,0	9,5	3.500	2.250
2,0	17	8.100	8.000
3,0	14,5	7.100	7.750
4,0	12,5	5.200	6.400
5,0	14,5	7.000	8.000
6,0	25	11.500	6.900
7,0	22	16.000	14.000
8,0	28	8.000	17.000
9,0	2,5	13.500	12.750
10,0	4	5.250	5.000
11,0	3,0	4.000	5.250

Tabela XI – Resistência de Ponta média e valores de N_{SPT} médio ao longo da profundidade para o CPT's do bairro da Ponta da Praia

CPT- PONTA DA PRAIA						
Profundidade (m)	NSPT Sp01	CPT - I	NSPT Sp02	CPT - II	NSPT Sp05	CPT-III
		Média qc (kPa)		Média qc (kPa)		Média qc (kPa)
1,0	19	-	15	-	16	-
2,0	15	7.200	16	9.500	11	7.200
3,0	13	10.100	21	7.500	10	3.550
4,0	4	6.900	2	2.650	5	3.100
5,0	3	2.500	2	1.400	5	1.250
6,0	2	2.950	2	1.000	1	1.000
7,0	9	5.800	7	2.750	7	2.250
8,0	7	7.500	9	5.900	9	3.300
9,0	3	3.500	2	5.000	10	3.500
10,0	2	4.200	2	3.950	10	6.500
11,0	3	4.900	3	2.900	9	4.250
12,0	5	2.400	8	1.200	4	1.650
13,5	5	3.300	5	3.500	110	1.600

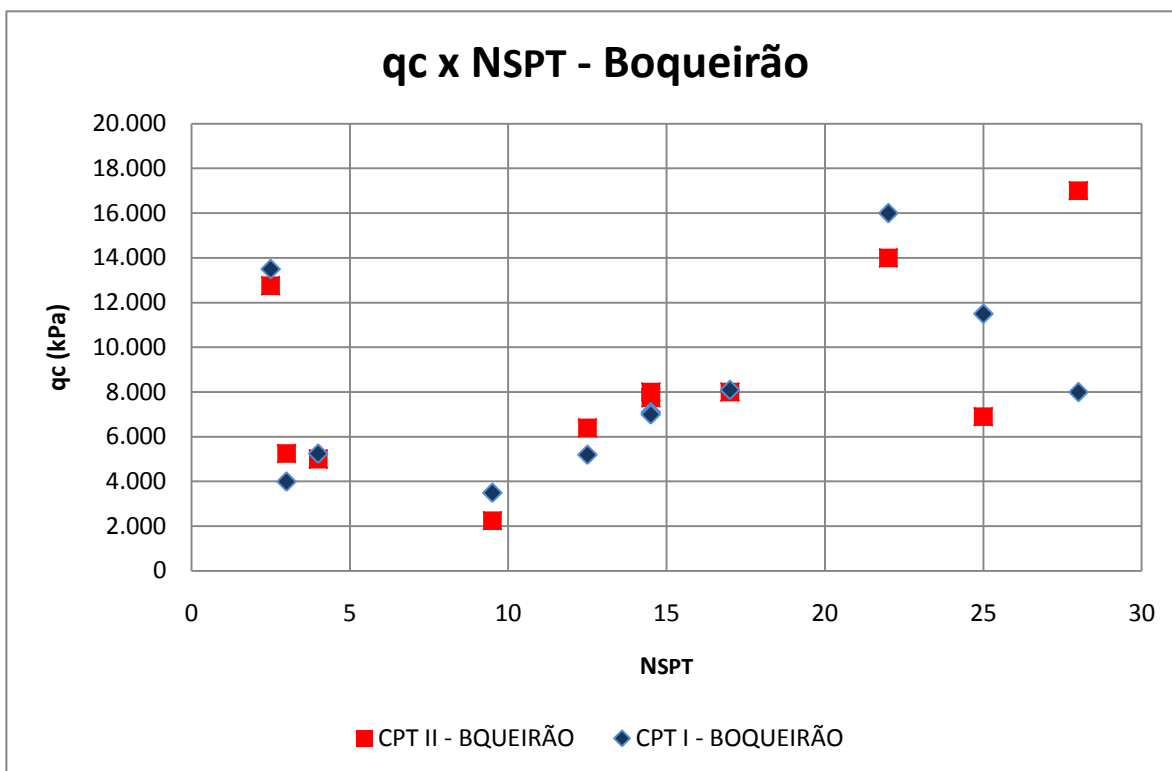


Figura 36 – Gráfico resistência de ponta média (q_c) x N_{SPT} , para os CPTs do bairro do Boqueirão

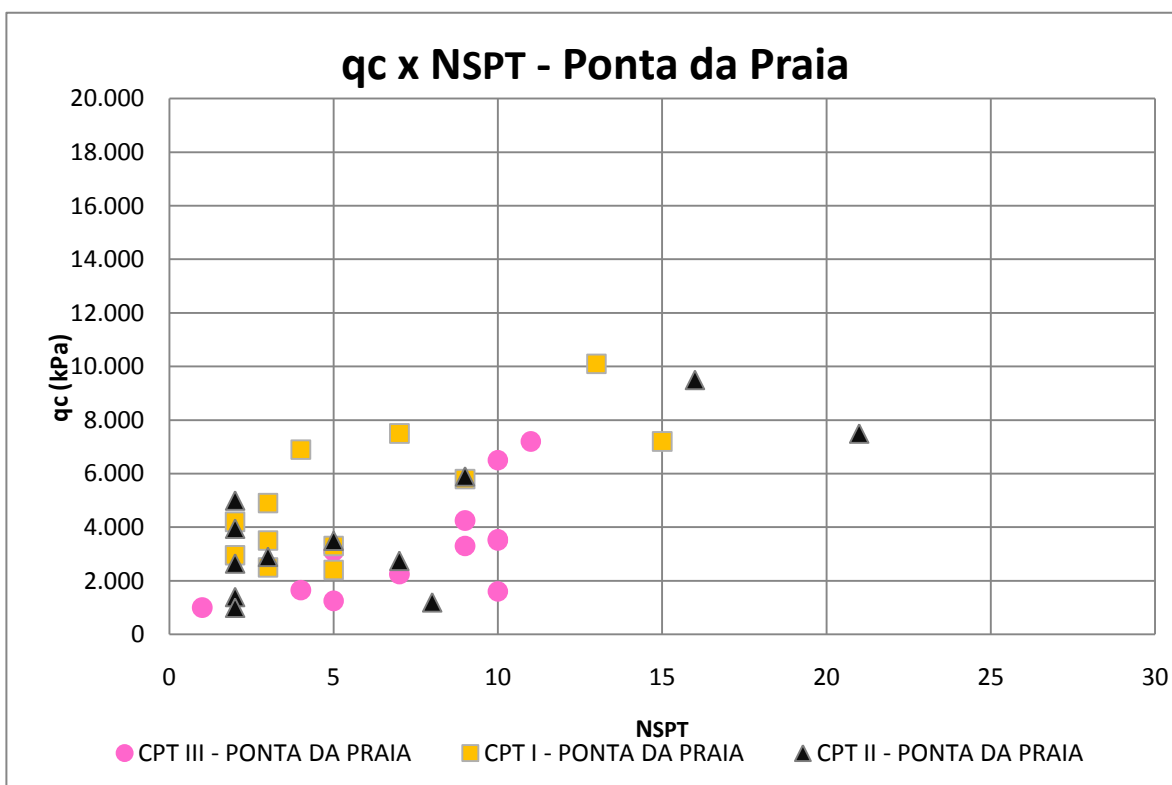


Figura 37 – Gráfico resistência de ponta média (q_c) x N_{SPT} , para os CPTs da Ponta da Praia

4.3.2.1 - Densidade relativa e ângulo de atrito interno

A medida de resistência de ponta de cone q_c pode ser utilizada na previsão da densidade relativa D_r ou do ângulo de atrito interno ϕ , de acordo com Schnaid, 2000, o valor de D_r pode ser obtido através da equação (I):

$$(I) \quad D_r = -98 + 66 \log_{10} q_c / (\sigma'_{vo})^{0,5}$$

Sendo q_c e σ'_{vo} expressos em t/m^2

Das tabelas X e XI tem-se q_c médio (Boqueirão) = 8300 kPa ($830t/m^2$); $q_{cmédio}$ (Ponta da Praia) = 3800 kPa ($380t/m^2$). Admitindo $\gamma = 1,8t/m^3$ temos:

$$\sigma'_{vo} \text{ (boqueirão)} = 1,8 \times 1,25 + (1,8 - 1,0) \times 9,75 = 10,0 t/m^2 \text{ (100kPa)}$$

$$\sigma'_{vo} \text{ (ponta da praia)} = 1,8 \times 1,0 + (1,8 - 1,0) \times 12 = 18,0 t/m^2 \text{ (180(kPa))}$$

Aplicando a equação I, unidades em tf/m^2 , tem-se:

$$D_r \text{ (boqueirão)} = -98 + 66 \log_{10} (830/10^{0,5})$$

$$D_r \text{ (boqueirão)} = 60\%$$

$$D_r \text{ (ponta da praia)} = -98 + 66 \log_{10} (380/18^{0,5})$$

$$D_r \text{ (ponta da praia)} = 30\%$$

A conversão de D_r em ângulo de atrito pode ser realizada de acordo com a equação II, de Mello, 1971 apud Schnaid, 2000:

$$(II) \quad (1,49 - D_r) \text{ tag} \phi = 0,712$$

Aplicando a equação II tem-se:

$$(1,49 - 0,60) \text{ tag} \phi = 0,712$$

$$\phi \text{ (boqueirão)} = 38^\circ$$

$$(1,49-0,30) \operatorname{tag} \phi = 0,712$$

$$\phi_{(\text{ponta da praia})} = 30^{\circ}$$

4.3.2.1 - Módulo de deformabilidade

Ainda com os valores de resistência de ponta q_c , é possível obter o valor do módulo de deformabilidade do solo (E), através de correlações. Segundo Schnaid (2000), existem restrições quanto a estimativa do módulo de deformabilidade, através de ensaios de penetração, pois, o módulo é função da história de tensões e deformações, e o cone não é capaz de fornecer medidas precisas de deformabilidade.

No entanto, na ausência de correlações desenvolvidas e validada para solos arenosos brasileiros, recomenda-se utilizar a expressão III, de Baldi, 1981 apud Schnaid, 2000, para a estimativa do módulo E_{25} (para 25% da tensão desviadora máxima) onde:

$$(III) \quad E_{25} = 1,5 q_c; \text{ sendo } q_c \text{ em kPa}$$

Portanto para os valores médios de q_c da região em estudo tem-se:

$$E_{25(\text{boqueirão})} = 1,5 \times 8300 = 12450 \text{ kPa}$$

$$E_{25(\text{ponta da praia})} = 1,5 \times 3800 = 4750 \text{ kPa}$$

A tabela XII abaixo é um resumo dos parâmetros obtidos para a primeira camada de areia do bairro da Ponta da Praia e Boqueirão, destacando os valores máximo, médio e mínimo encontrados na análise dos CPTs, com aplicação das equações (I), (II) e (III).

Tabela XII – Parâmetros da primeira camada de areia dos bairros do Boqueirão e Ponta da Praia

BOQUEIRÃO	NSPT		qc (kPa)		Dr (%)		φ (graus)		E25 (kPa)	
	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min
	28	3	17000	2000	80	20	45	28	25500	3000
	medio 14		medio 8300		medio 60		medio 38		medio 12450	
PONTA DA PRAIA	NSPT		qc (kPa)		Dr (%)		φ (graus)		E25 (kPa)	
	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min
	21	1	10100	1000	58	-	38		15150	1500
	medio 8		medio 3800		medio 30		medio 30		medio 4750	

Na ausência de ensaios do cone, alguns autores como Aoki e Velloso (1975), Velloso (1991) e Sanglerat (1972), propuseram correlações entre o N_{SPT} e o valor de q_c de acordo com a expressão (IV) e gráfico IV respectivamente:

$$(IV) \quad q_c = KN, \text{ onde } N \text{ é o valor do } N_{SPT}$$

Os valores de K propostos por Aoki e Velloso (1975) estão apresentados na tabela XII

Tabela XII – valores de K propostos por Aoki e Velloso (1975)

TIPO DE SOLO	K (kPa)
Areia	1000
Areia siltosa	800
Areia silto-argilosa	700
Areia argilosa	600
Areia argilo-siltosa	500
Argila	200
Argila arenosa	350
Argila areno-siltosa	300
Argila siltosa	220

Tomando como exemplo os resultados dos CPTs I, II e III realizados no bairro da Ponta da Praia, aplicou-se a expressão (IV) e o gráfico da figura 38, para as

profundidades de 2,0 e 12,0m, os resultados obtidos estão apresentados na tabela XII.

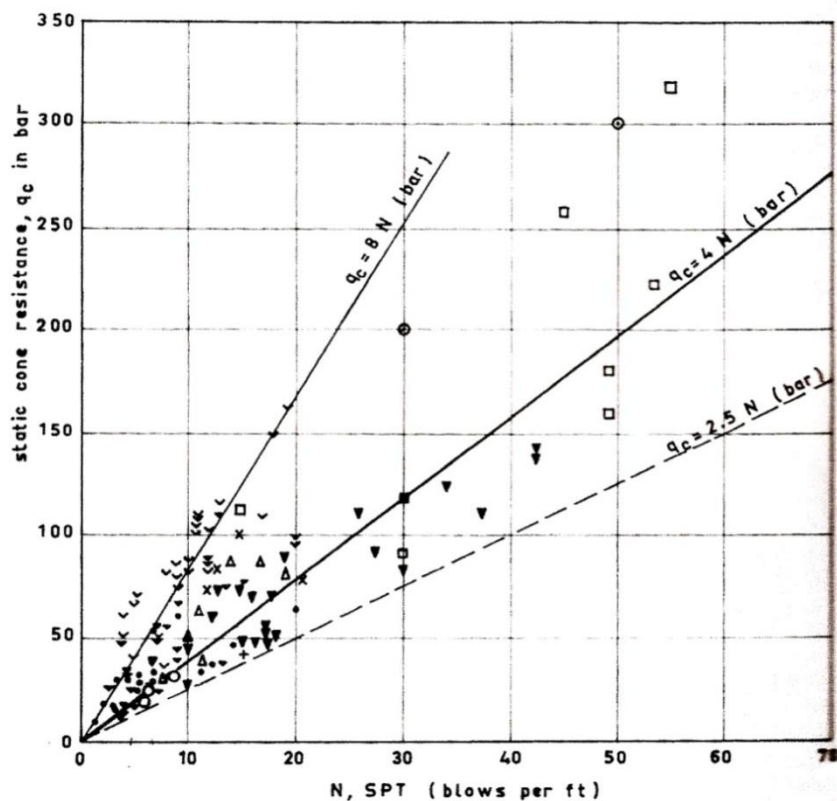


Figura 38 - Comparação entre q_c e NSPT Sanglerat, 1972

Legenda:

N = 6 para argila arenosa N = 4 para areia argilosa
 N = 5 para silte arenoso N = 3 para silte argiloso

4.3.3 - Análise dos resultados

Foi observado que a resistência de ponta média ($q_{c \text{ médio}}$) no bairro da Ponta da Praia é igual a 3800kPa e no bairro do Boqueirão esse valor é mais que o dobro, igual a 8300kPa. Além da resistência de ponta, valores de N_{SPT} , densidade relativa (D_r), ângulo de atrito interno (ϕ) e módulo de deformabilidade (E), mostraram que, a primeira camada de areia do bairro da ponta da praia é menos resistente e mais fofa do que a primeira camada de areia do Boqueirão (próximo a “Faixa Crítica”), sendo elas diferentes não só quanto a espessura das camadas, mas também quanto as propriedades geotécnicas.

Analisando os perfis geotécnicos e os gráficos de q_c obtidos nos ensaios realizados na Ponta da Praia, notou-se a presença de uma camada de areia muito argilosa, próxima a superfície, por volta dos 4,0m de profundidade. Os CPTs se mostraram sensíveis a ela, apresentando uma queda na resistência de ponta ao atingi-la, já valores de N_{SPT} não representaram quedas significativas ao atravessá-la

Os gráfico $q_c \times N_{SPT}$, conforme esperado, apresentaram valores dispersos. As correlações entre q_c e N_{SPT} apresentadas também não mostraram resultados muito seguros. De acordo com Schnaid (2000), valores de q_c calculados a partir de medidas de N_{SPT} (ou vice-versa) são imprecisos; isso pode ser devido a efeitos de energia de cravação, poro-pressão, entre outros, que não são considerados na medida do N_{SPT} . Portanto para execução de projetos, deve-se sempre adotar medidas diretas de ensaio.

Quanto à primeira camada de argila (SFL), verificou-se através dos Ensaio do Cone (CPT e CPTU) que a resistência de ponta, conforme esperado, apresentou valores bem baixos, em torno de 500 a 1200kPa. A tabela XIII apresenta uma comparação entre o métodos tomando como exemplo resultados obtidos no CPT da Ponta da Praia para duas profundidades (2,0 e 12,0m).

Tabela XIII – Comparação entre os valores de campo, método de Aoki Velloso e Sanglerat para a Ponta da Praia

Método	Prof.(m)	N_{SPT}	q_c (kPa)	N_{SPT}	q_c (kPa)	N_{SPT}	q_c (kPa)
<i>Ensaio de campo</i>	2,0	15	7.200	16	9.500	11	7.200
	12,0	5	2.400	8	1.200	4	1.650
<i>Aoki Velloso- para $K = 600$ kPa</i>	2,0	15	8.400	16	9.600	11	6.600
	12,0	5	3.000	8	4.800	4	2.400
<i>Sanglerat $p/q_c = 4N$</i>	2,0	15	5.800	16	6.200	11	5.500
	12,0	5	2.000	8	2.600	4	1.500

4.4 - PREVISÃO DE RECALQUES

4.4.1 - Cálculos para a região da “Faixa Crítica” e Ponta da Praia; edifício com 16 pavimentos (edifício “A”)

No decorrer do presente trabalho, foram apresentadas diferenças entre o subsolo do Bairro da Ponta da Praia e da “Faixa Crítica”, destacando um aumento significativo da espessura da primeira cama de areia no bairro da Ponta da Praia. Com intuito de verificar a influência dessa camada na previsão de recalques, foi feita uma comparação entre os valores de recalques previstos para a região de estudo, supondo o mesmo edifício, apoiado em fundação direta, ora implementado na “Faixa Crítica”, ora na Ponta da praia.

Para os cálculos, foi adotado um perfil genérico da “Faixa Crítica” e um da Ponta da Praia. Admitiu-se a espessura média da primeira camada de areia da “Faixa Crítica” de 10,0m e da Ponta da Praia de 20,0m. Para a camada de argila SFL, adotou-se a mesma espessura de 20m e as mesmas propriedades geotécnicas para as duas regiões. As figuras 39 e 40 mostram os perfis adotados.

Foi escolhido um edifício “A”, hipotético, com 16 pavimentos, dimensões em planta 15mx20m, carga total = 6.600tf, Apoiado em radier a 1,5m de profundidade. Foram admitidas duas situações para o sobreadensamento das argilas SFI:

- 1) Devido a oscilações do nível do mar (cerca de 2,0m abaixo do nível do mar atual; Massad, 1985);
- 2) Devido à ação de dunas no passado (adotada duna = 4,0m de altura; $\gamma = 20\text{kPa}$).

Para o cálculo dos recalques por Adensamento, foi utilizado o método de Terzaghi que prevê para solos sobreadensados, a seguinte expressão:

$$p = \frac{H}{1 + e_0} \times \left(C_r \times \log \frac{\sigma'_a}{\sigma'_i} + C_c \times \log \frac{\sigma'_f}{\sigma'_a} \right)$$

Onde:

H = espessura da camada de argila

Cc = índice de compressão

e₀ = índice de vazios

σ'_{vi} = tensão vertical efetiva inicial

σ'_a = tensão pré-adensamento

σ'_{vf} = tensão vertical efetiva final

De acordo com Massad (2003), para as argilas de SFL da Baixada Santista, pode-se adotar como valor médio para $\frac{Cc}{1+e_0} = 0,43$ e para $\frac{Cr}{1+e_0} = 0,043$

Admitindo a dissipação de cargas do edifício adotado, conforme representação da figura 39, na metade da camada de argila (conforme teoria do adensamento), para a “Faixa Crítica”, tem-se a tensão distribuída atuante (q) = 108kPa. Efetuando os cálculos para a 1 hipótese de sobreadensamento (elevação negativa do nível do mar). Para a faixa crítica tem-se:

$$\sigma'_{vi} = (18 \times 1,5) + (18-10) \times 8,5 + (16-10) \times 10 = 155 \text{ kPa}$$

$$\sigma'_{vf} = (18 \times 1,5) + (18-10) \times 8,5 + (16-10) \times 10 + 108 = 263 \text{ kPa}$$

$$\sigma'_a = (18 \times 1,5) + (18-10) \times 8,5 + (16-10) \times 10 + 20 = 175$$

$$\rho = 0,043 \times 20 \times \log (175/155) + 0,43 \times 20 \times \log (263/175)$$

$$\rho_{\text{primário}} = 156 \text{ cm}$$

Ainda para a “faixa crítica, será admitido a segunda hipótese de sobreadensamento (ação de dunas), sendo altura da duna adotada = 4,0m, aplicando a teoria do Adensamento tem-se

$$\sigma'_{vi} = (18 \times 1,5) + (18-10) \times 8,5 + (16-10) \times 10 = 155 \text{ kPa}$$

$$\sigma'_{vf} = (18 \times 1,5) + (18-10) \times 8,5 + (16-10) \times 10 + 108 = 263 \text{ kPa}$$

$$\sigma'_a = (18 \times 1,5) + (18-10) \times 8,5 + (16-10) \times 10 + (20 \times 4) = 235 \text{ kPa}$$

$$\rho = 0,043 \times 20 \times \log (235/155) + 0,43 \times 20 \times \log (263/235)$$

$$\rho_{\text{primário}} = 57 \text{ cm}$$

Admitindo a dissipação de cargas do edifício adotado, conforme representação da figura 40, na metade da camada de argila, de para a Ponta da Praia, tem-se a carga distribuída atuante (q) = 77kPa. Efetuando os cálculos para a 1 hipótese de sobreadensamento (elevação negativa do nível do mar) tem-se:

$$\sigma'_{vi} = (18 \times 1,5) + (18-10) \times 18,5 + (16-10) \times 10 = 235 \text{kPa}$$

$$\sigma'_{vf} = (18 \times 1,5) + (18-10) \times 18,5 + (16-10) \times 10 + 77 = 312 \text{kPa}$$

$$\sigma'_a = (18 \times 1,5) + (18-10) \times 18,5 + (16-10) \times 10 + 20 = 255 \text{ kPa}$$

$$\rho = 0,043 \times 20 \times \log (255/235) + 0,43 \times 20 \times \log (312/255)$$

$$\rho = 78 \text{cm}$$

Ainda para a Ponta da Praia, admitindo a segunda hipótese de sobreadensamento (ação de dunas), com $h = 4,0\text{m}$, tem-se:

$$\sigma'_{vi} = (18 \times 1,5) + (18-10) \times 18,5 + (16-10) \times 10 = 235 \text{kPa}$$

$$\sigma'_{vf} = (18 \times 1,5) + (18-10) \times 18,5 + (16-10) \times 10 + 77 = 312 \text{kPa}$$

$$\sigma'_a = (18 \times 1,5) + (18-10) \times 18,5 + (16-10) \times 10 + (4 \times 20) = 315 \text{ kPa}$$

$$\rho = 0,043 \times 20 \times \log(315/235)$$

$$\rho = 10 \text{cm}$$

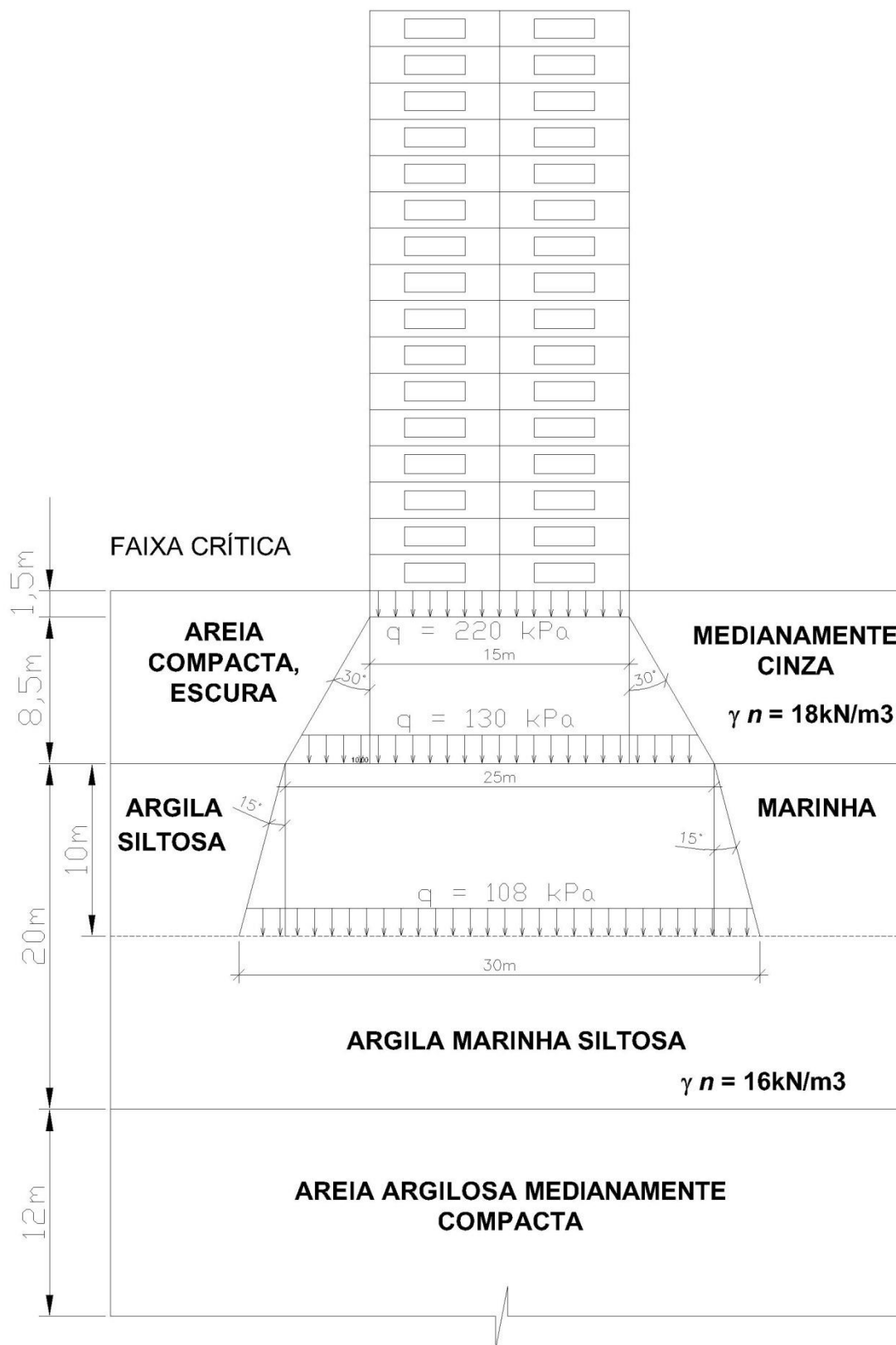


Figura 39 – Esquema de dissipação de cargas para o perfil adotado da “Faixa Crítica” edifício “A”, com 16 pavimentos

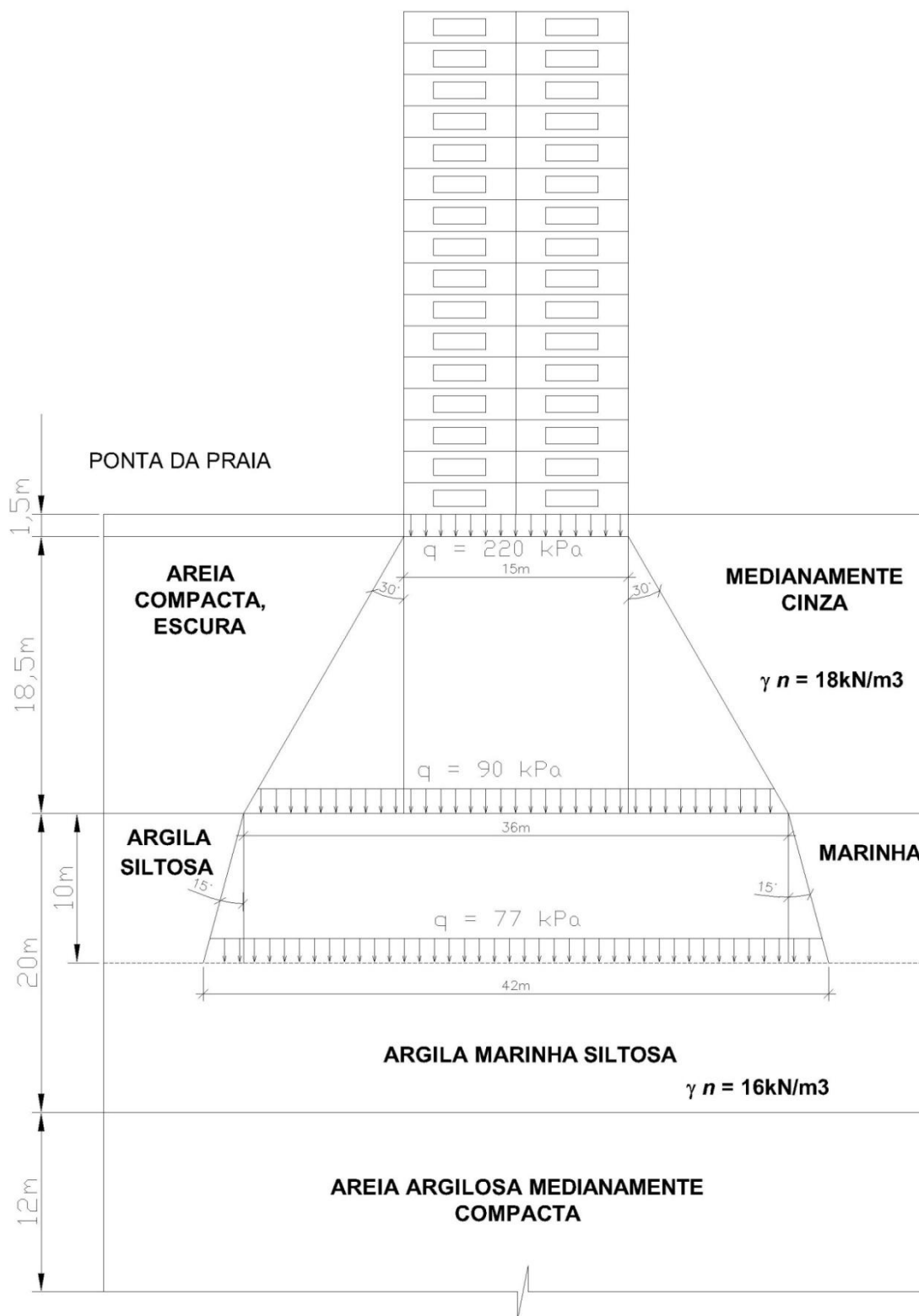


Figura 40 – Esquema de dissipação de cargas para o perfil adotado da Ponta da Praia edifício "A", com 16 pavimentos

4.4.2 - Cálculos para a região da “Faixa Crítica” e Ponta da Praia - edifício com 12 pavimentos (edifício “B”)

Como segunda análise, propôs-se um edifício “B”, também hipotético, com 12 pavimentos, dimensões em planta iguais as do edifício “A”. Por se tratar de um edifício especial, que comportará depósitos de carga pesada, seu peso equivale a um edifício de 14 pavimentos. Carga total = 5.000tf, também apoiado em radier a 1,5m de profundidade, sobre o perfil geotécnico representado nas figuras 41 e 42. Para os cálculos, foram mantidas as duas situações de sobreadensamento das argilas SFI:

Devido as elevações do nível do mar (+/- 2,0m acima do nível do mar atual; Massad, 1985);

Devido a ação de dunas no passado (adotada duna = 4,0m de altura; $\gamma = 20\text{kPa}$).

De acordo com a dissipação de cargas do edifício “B”, representada na figura 41, na metade da camada de argila, para a “Faixa Crítica”, tem-se a carga distribuída atuante (q) = 82,5kPa. Efetuando os cálculos para a 1 hipótese de sobreadensamento (elevação negativa do nível do mar) tem-se:

$$\sigma'_{vi} = (18 \times 1,5) + (18-10) \times 8,5 + (16-10) \times 10 = 155\text{kPa}$$

$$\sigma'_{vf} = (18 \times 1,5) + (18-10) \times 8,5 + (16-10) \times 10 + 82,5 = 237,5\text{kPa}$$

$$\sigma'_a = (18 \times 1,5) + (18-10) \times 8,5 + (16-10) \times 10 + 20 = 175$$

$$\rho = 0,043 \times 20 \times \log (175/155) + 0,43 \times 20 \times \log (237,5/175)$$

$$\rho_{\text{primário}} = 118\text{cm}$$

Ainda para a “Faixa Crítica, admitido a segunda hipótese de sobreadensamento tem-se:

$$\sigma'_{vi} = (18 \times 1,5) + (18-10) \times 8,5 + (16-10) \times 10 = 155\text{kPa}$$

$$\sigma'_{vf} = (18 \times 1,5) + (18-10) \times 8,5 + (16-10) \times 10 + 82,5 = 237,5\text{kPa}$$

$$\sigma'_a = (18 \times 1,5) + (18-10) \times 8,5 + (16-10) \times 10 + (20 \times 4) = 235\text{kPa}$$

$$\rho = 0,043 \times 20 \times \log (235/155) + 0,43 \times 20 \times \log (237,5/235)$$

$$\rho_{\text{primário}} = 19\text{cm}$$

Admitindo a dissipação de cargas do edifício “B” adotado, conforme representação da figura 42, na metade da camada de argila, de para a Ponta da Praia, tem-se a carga distribuída atuante (q) = 58,5kPa. Efetuando os cálculos para a 1 hipótese de sobreadensamento (elevação negativa do nível do mar) tem-se:

$$\sigma'_{vi} = (18 \times 1,5) + (18-10) \times 18,5 + (16-10) \times 10 = 235 \text{ kPa}$$

$$\sigma'_{vf} = (18 \times 1,5) + (18-10) \times 18,5 + (16-10) \times 10 + 58,5 = 293,5 \text{ kPa}$$

$$\sigma'_a = (18 \times 1,5) + (18-10) \times 18,5 + (16-10) \times 10 + 20 = 255 \text{ kPa}$$

$$\rho = 0,043 \times 20 \times \log(255/235) + 0,43 \times 20 \times \log(293,5/255)$$

$$\rho = 55 \text{ cm}$$

Ainda para a Ponta da Praia, admitindo a segunda hipótese de sobreadensamento tem-se:

$$\sigma'_{vi} = (18 \times 1,5) + (18-10) \times 18,5 + (16-10) \times 10 = 235 \text{ kPa}$$

$$\sigma'_{vf} = (18 \times 1,5) + (18-10) \times 18,5 + (16-10) \times 10 + 58,5 = 294 \text{ kPa}$$

$$\sigma'_a = (18 \times 1,5) + (18-10) \times 18,5 + (16-10) \times 10 + (4 \times 20) = 315 \text{ kPa}$$

$$\rho = 0,043 \times 20 \times \log(315/235)$$

$$\rho = 10 \text{ cm}$$

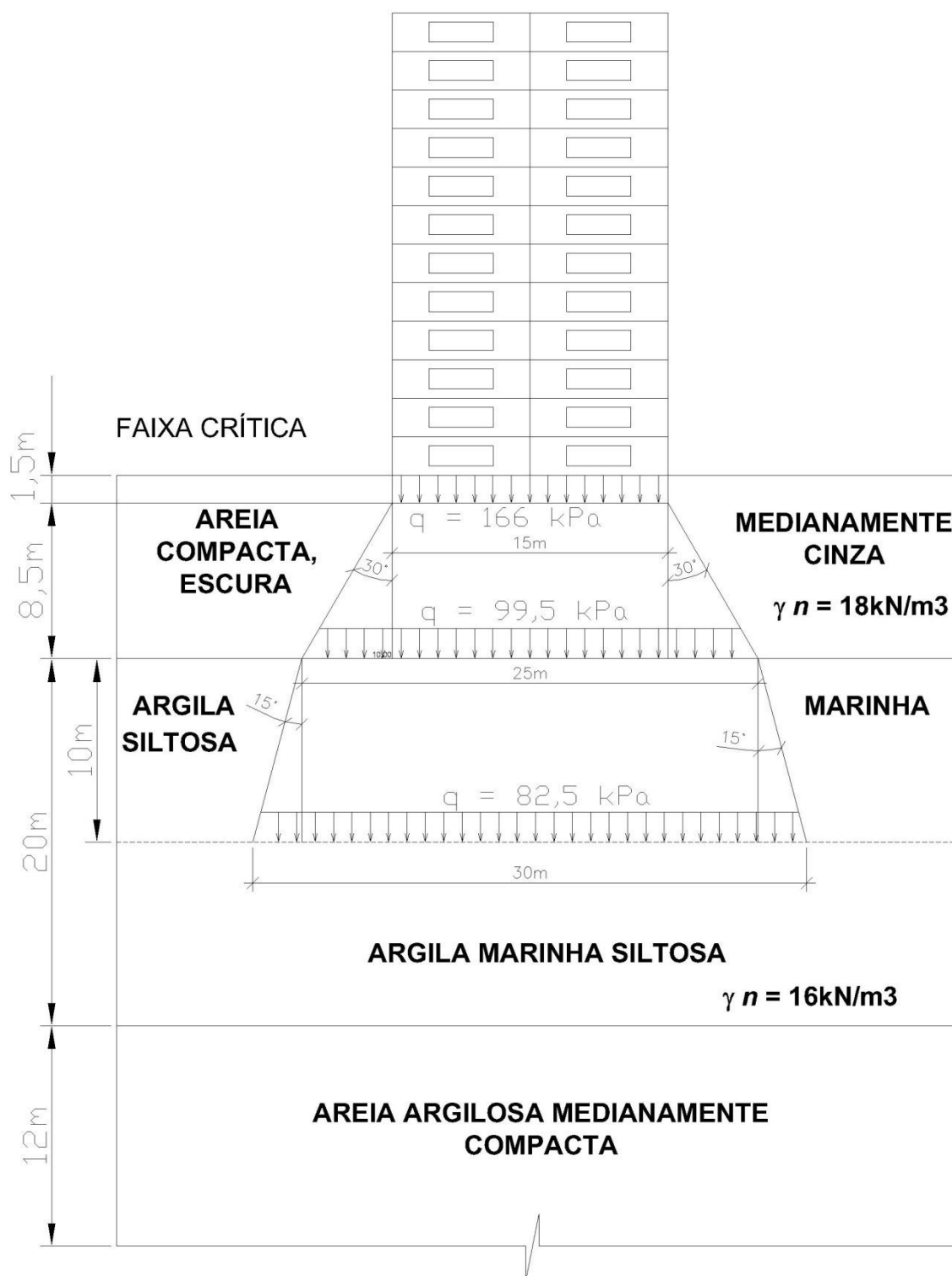


Figura 41 – Esquema de dissipação de cargas para o perfil adotado da “Faixa Crítica” edifício “B”, com 12 pavimentos

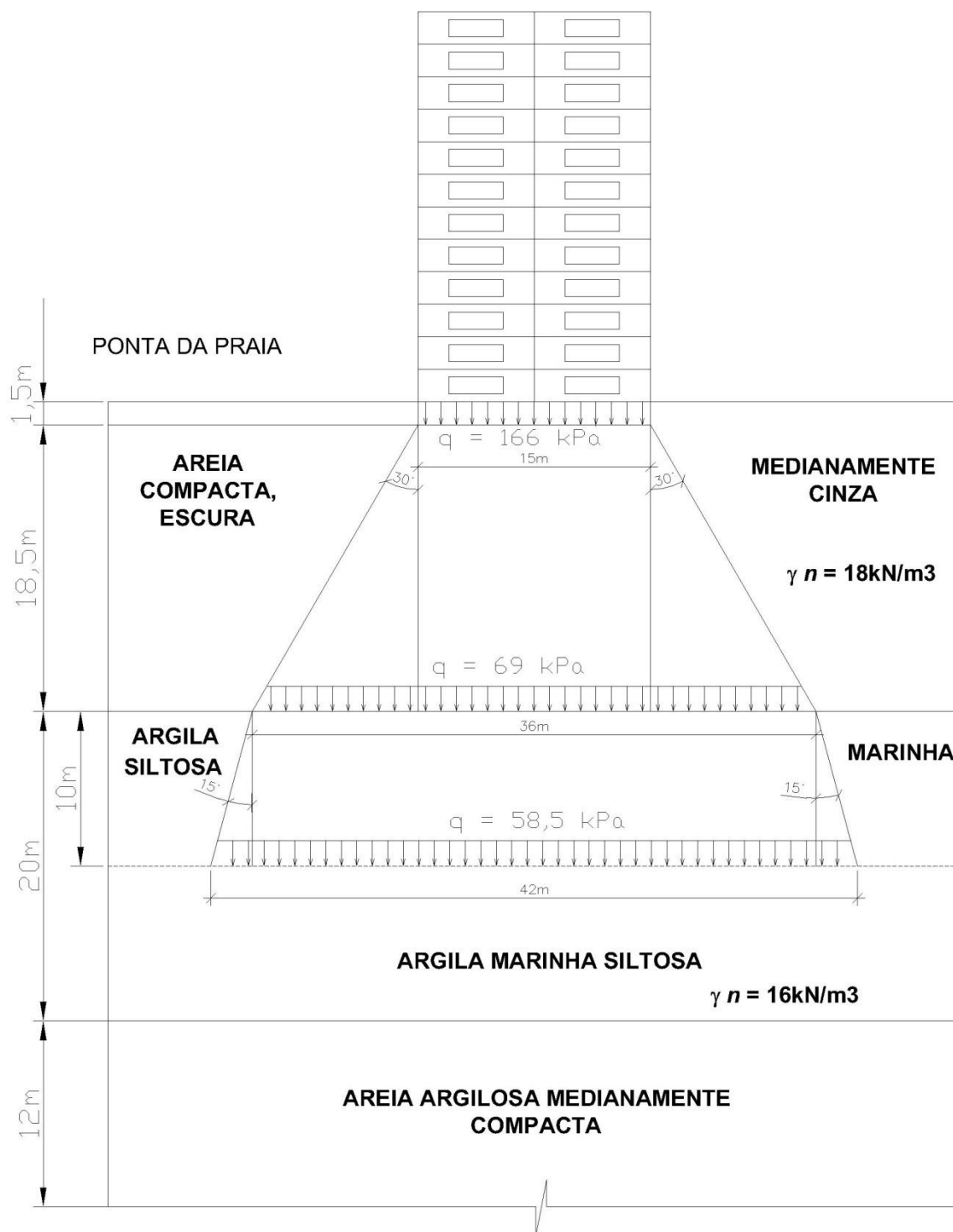


Figura 42 – Esquema de dissipação de cargas para o perfil adotado da Ponta da Praia edifício "B", com 12 pavimentos

4.4.3 - Resumos dos valores obtidos

Tabela XIV – Resumo dos recalques obtidos para o bairro da Ponta da Praia e “Faixa Crítica”

Edif.	REGIÃO	Mecanismo de Sobradensamento	σ'_{i} (kPa)	q (kPa)	σ'_{f} (kPa)	σ'_{a} (kPa)	RSA	ρ primário (cm)	ε primário (%)
edifício "A" 16 pavimentos	FAIXA	oscilação negativa do nível do mar	155	108	263	175	1,12	157	7,9
	CRÍTICA	ação de dunas	155	108	263	235	1,52	57	2,9
	PONTA DA	oscilação negativa do nível do mar	235	77	312	255	1,09	78	3,9
	PRAIA	ação de dunas	235	77	312	315	1,34	10	0,5
edifício "B" 12 pavimentos	FAIXA	oscilação negativa do nível do mar	155	82,5	237,5	175	1,12	118	5,9
	CRÍTICA	ação de dunas	155	82,5	237,5	235	1,52	19	1
	PONTA DA	oscilação negativa do nível do mar	235	58,5	294	255	1,09	55	2,8
	PRAIA	ação de dunas	235	58,5	294	315	1,34	8	0,4

Tabela XV – Relação dos recalques primários (ρ), entre as regiões de estudo para o mesmo mecanismo de sobreadensamento

Mecanismo de de Sobradensamento	Região	ρ primário (cm)	
		Edifício A	Edifício B
		16 pavimentos	12 pavimentos
oscilação negativa do nível do mar	Faixa crítica	157	118
	Ponta da Praia	78	55
	Relação	2,0	2,0
Ação de dunas	Faixa crítica	57	19
	Ponta da Praia	10	8,0
	Relação	5,7	2,4

Tabela XVI – Relação dos recalques primários (ρ), entre os mecanismos de sobreadensamento para uma mesma região

<i>Região</i>	<i>Região</i>	<i>ρ primário (cm)</i>	
		<i>Edifício A</i>	<i>Edifício B</i>
		<i>16 pavimentos</i>	<i>12 pavimentos</i>
Faixa crítica	oscilação negativa do nível do mar	157	118
	Dunas	57	19
Relação		2,7	6,2
Ponta da Praia	oscilação negativa do nível do mar	78	55
	Dunas	10	8
Relação		7,8	6,9

4.4.4 - Análise dos cálculos efetuados

Com o espriamento das cargas mostradas na figuras 39, 40,41 e 42, pode-se notar (tabela XIV) que, devido à maior espessura da primeira camada de areia do bairro da Ponta da Praia, o incremento de tensão (q) que atinge o plano médio da primeira camada de argila SFL é cerca de 1,4 vezes menor do que na “Faixa Crítica”. Em relação à tensão de pré-adensamento, em média, a mesma relação se mantém, sendo neste caso, maior na Ponta da Praia. No entanto, as RSA são muito próximas, para o mesmo mecanismo de sobreadensamento.

Analisando os valores obtidos para as duas regiões em estudo e os mecanismos de sobreadensamento, foi possível tirar algumas conclusões, como seguem:

Os valores de recalques admitindo o sobreadensamento das argilas devido às oscilações negativas do nível do mar, tanto para o edifício de 16 pavimentos (A) quanto para o edifício de 12 pavimentos (B), na Ponta da Praia, foram cerca de duas vezes menores que os recalques encontrados na “Faixa Crítica”. (ver tabela XV). Dessa forma entende-se que o aumento da espessura da primeira camada de areia no bairro da Ponta da Praia, reduziu pela metade, os valores dos recalques em comparação com a “Faixa Crítica”.

Nos cálculos admitindo o sobreadensamento das argilas devido à ação de dunas, verificou-se que para o edifício “A”, na Ponta da Praia, o valor do recalque encontrado foi cerca de seis vezes menor que o da “Faixa Crítica” (ver tabela XV).

Para o edifício B, uma análise da tabela XIV revela que o incremento de tensão praticamente não atinge a reta virgem, tanto na Ponta da Praia, quanto na “faixa crítica”. Daí a razão dos pequenos recalques indicados na tabela XV.

Verificou-se também que a ação de dunas no passado pode contribuir na diminuição dos recalques em cerca de seis vezes na “Faixa Crítica” e até oito vezes na Ponta da Praia (tabela XVI)

Em resumo os valores obtidos confirmam que na Ponta da Praia as tensões que chegam à camada de argila são menores que na “Faixa Crítica”, diminuindo significativamente os valores dos recalques. Entende-se também que na Ponta da Praia a sobreposição dos bulbos de tensão entre prédios vizinhos, foi pequena, ou até mesmo inexistente, principalmente se admitirmos a espessa camada de areia em conjunto com a ação de dunas, dessa forma não há contribuição para recalques diferenciados.

4.5 - READAPTAÇÃO DA SEÇÃO GEOTÉCNICA DA ORLA DE SANTOS

4.5.1 - Destaque a orla do bairro da Ponta da Praia e seção transversal à praia.

Com as análises realizadas, foi possível readaptar o perfil geotécnico de Teixeira (figura 43), esclarecendo a dúvida quanto à espessura da camada de areia na Ponta da Praia deixado por Massad (2003) e retratar o perfil geotécnico da orla da ponta da praia, representado na figura 44.

No perfil da figura 43, foi inserido um novo questionamento quanto as camadas de argila SFL e AT no bairro da Ponta da Praia, pois, como mencionado anteriormente, à medida que se aproxima do Guarujá, essas camadas se confundem, não sendo possível afirmar a profundidade correta de sua ocorrência.

Mantém-se ainda a interrogação abaixo da camada de argila AT. Isto é devido a grande quantidade de sondagens analisadas na região da Ponta da Praia, não serem profundas: muitas delas não atravessaram por completo a camada de argila SFL. Outro fato são as argilas encontradas nas sondagens executadas

recentemente, abaixo dos 60,0m de profundidade, com características diferentes das ATs, e a dúvida quanto a profundidade do topo rochoso que foi encontrado abaixo dos 80m de profundidade na “Faixa Crítica”.

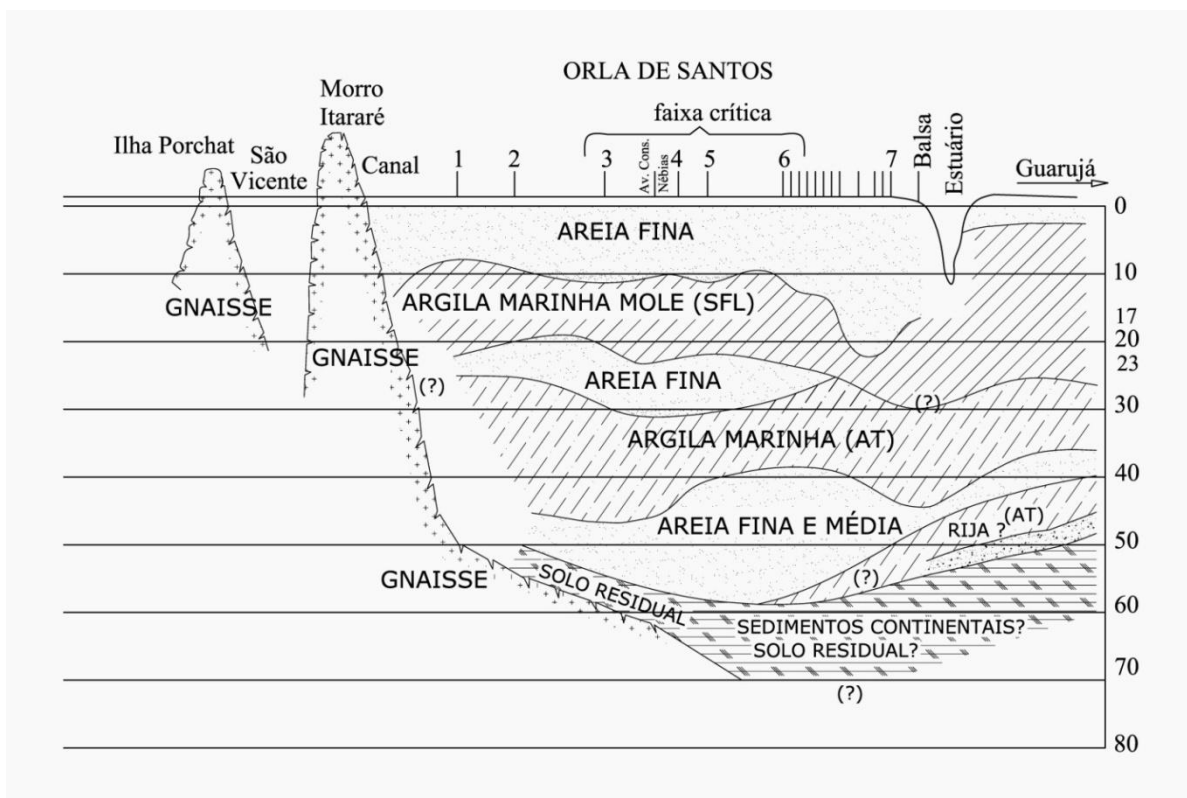


Figura 43 – Perfil Geotécnico sintético da orla praiana – Adaptado de Teixeira (1994) e Massad (2003).

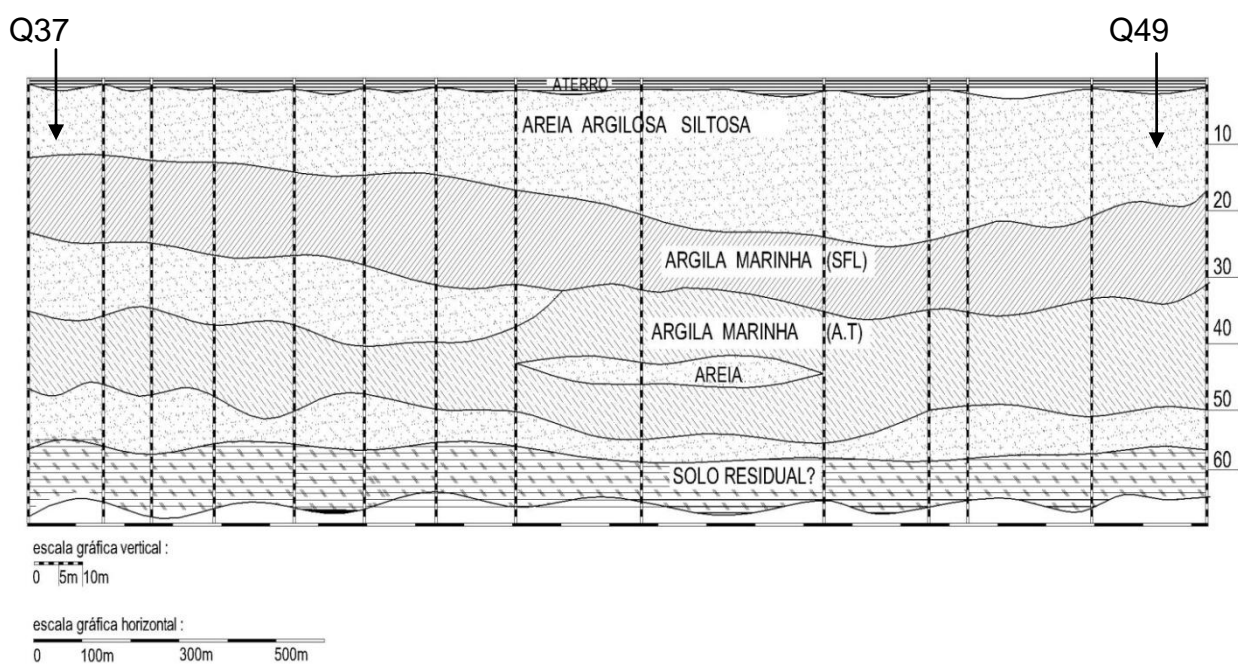
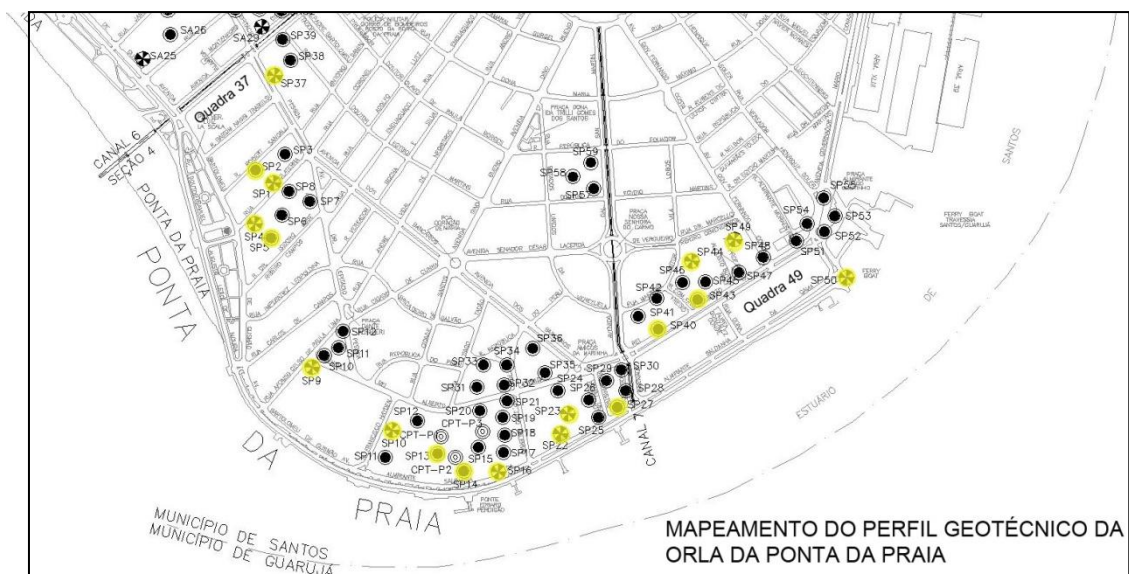


Figura 44 – Representação do perfil geotécnico sintético da orla da Ponta da Praia e mapeamento

4.5.2 - Seções transversais a orla de Santos

Conforme já relatado no presente trabalho, foram coletadas sondagens em diversos locais da cidade de Santos. Na tentativa de representar o subsolo Santista, decidiu-se traçar seções transversais ao longo de alguns canais.

As seções foram desenhadas da orla em direção ao centro, tendo como limite a linha do trem, que passa no sentido longitudinal à cidade. As seções traçadas são bem genéricas, havendo uma distância bem grande entre uma sondagem e outra. Além disso, as sondagens foram projetadas em direção aos canais, para traçar os perfis em um mesmo sentido, praia – centro.

Também foi preciso “extrapolar” algumas sondagens pois, como algumas são curtas, elas foram prolongadas de acordo com a sondagem mais próxima, para compor os perfis. Em trabalhos futuros, modificações e correções deverão ser feitas, à medida que novas sondagens puderem ser incorporadas aos perfis. As seções traçadas bem como a localização estão representadas nas figuras de 45 a 49.

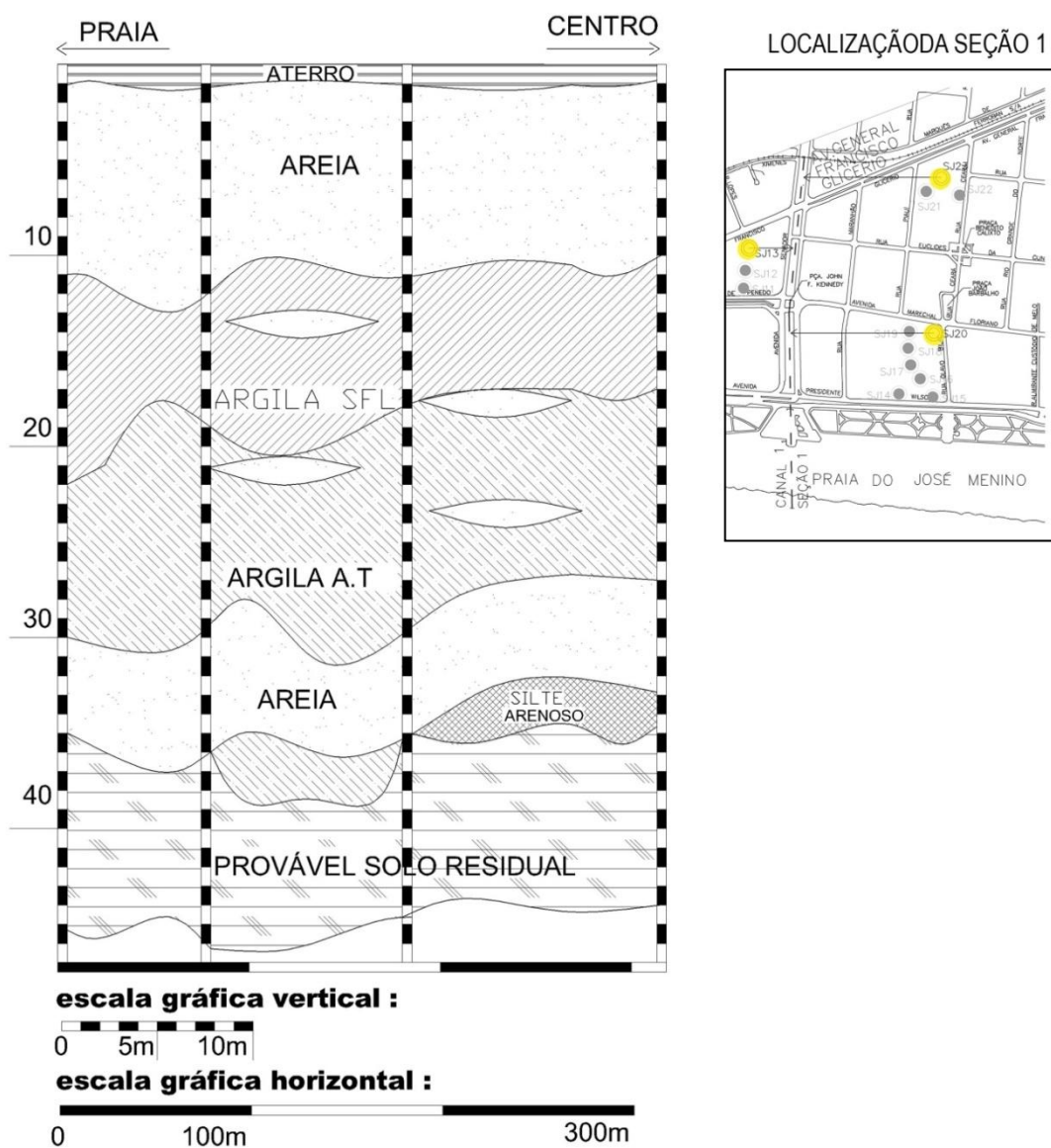


Figura 45 – Seção Transversal 1 sentido praia – centro (canal1).

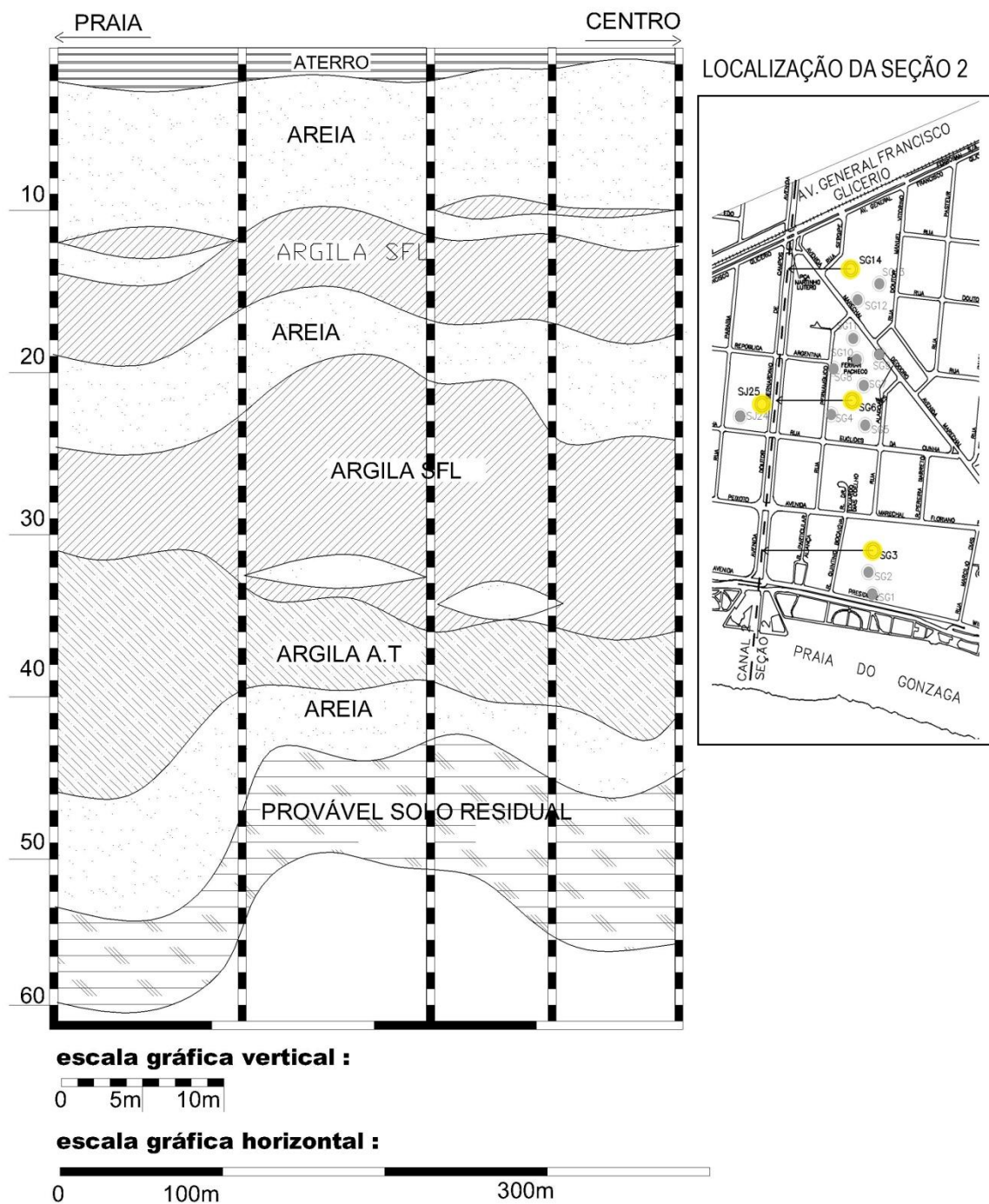
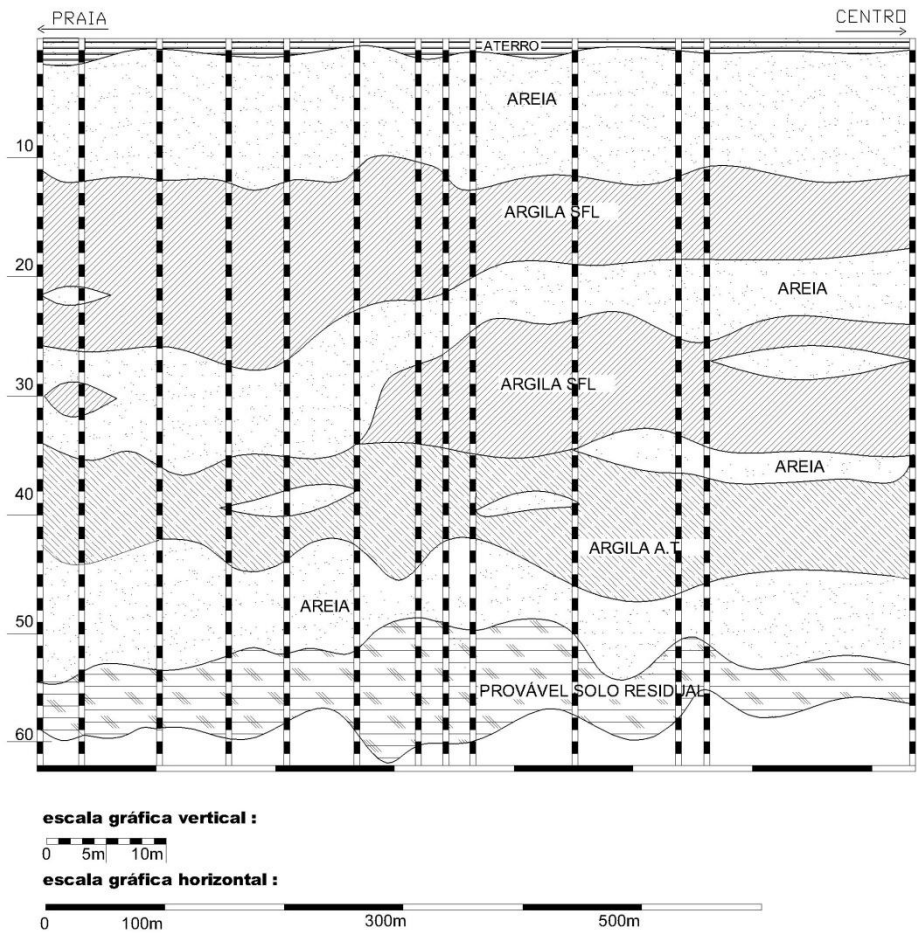


Figura 46 – Seção Transversal 2 sentido praia – centro (canal2).



LOCALIZAÇÃO DA SEÇÃO 3

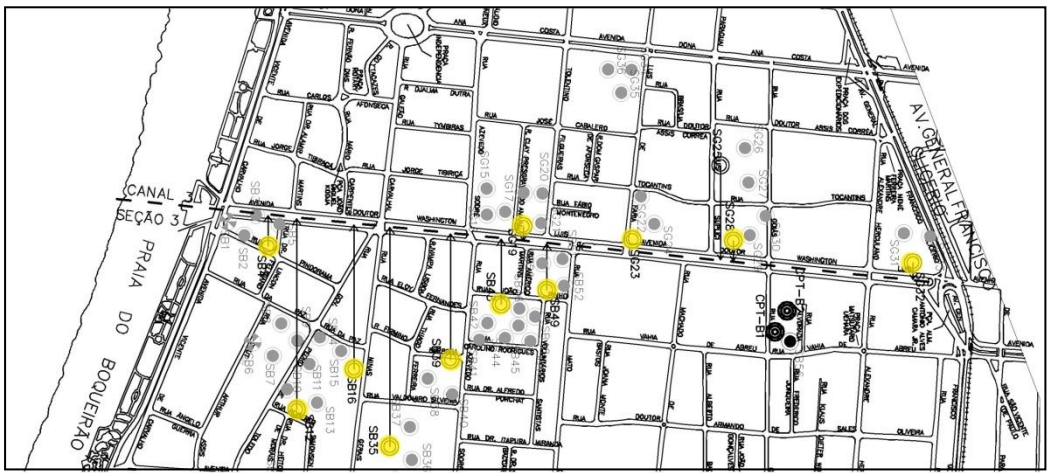
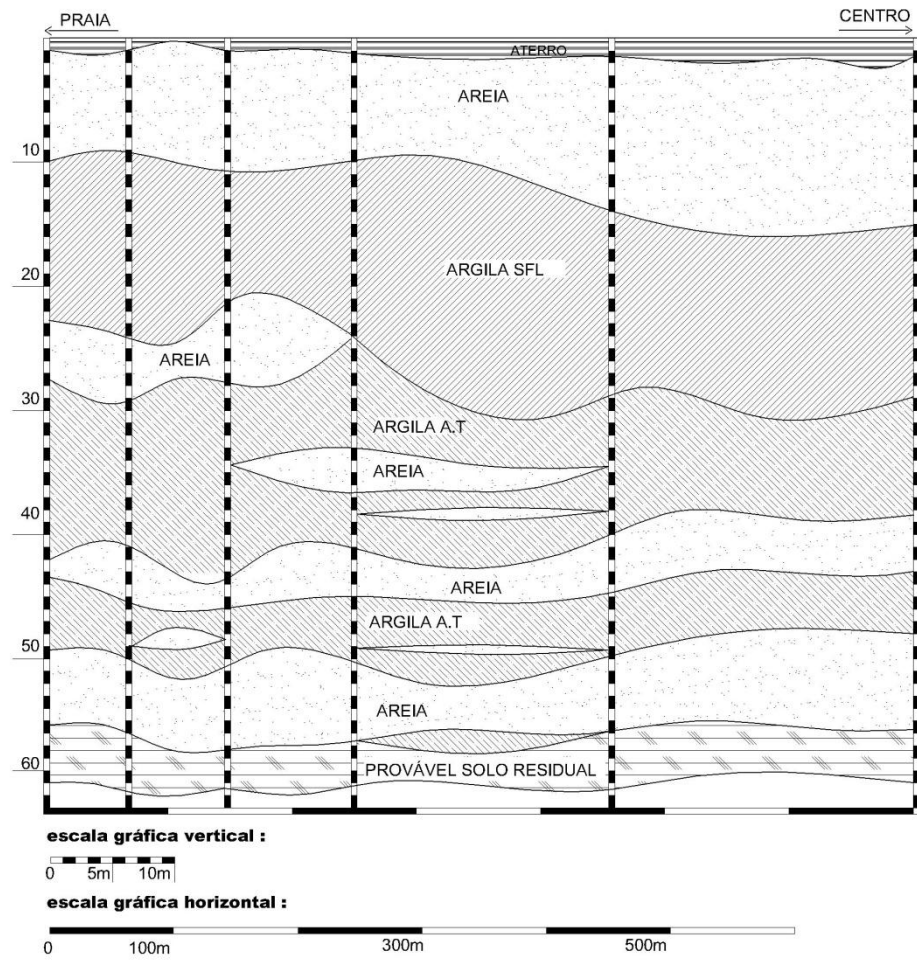


Figura 47 – Seção transversal 3 sentido praia – centro (canal 3)



LOCALIZAÇÃO DA SEÇÃO 4

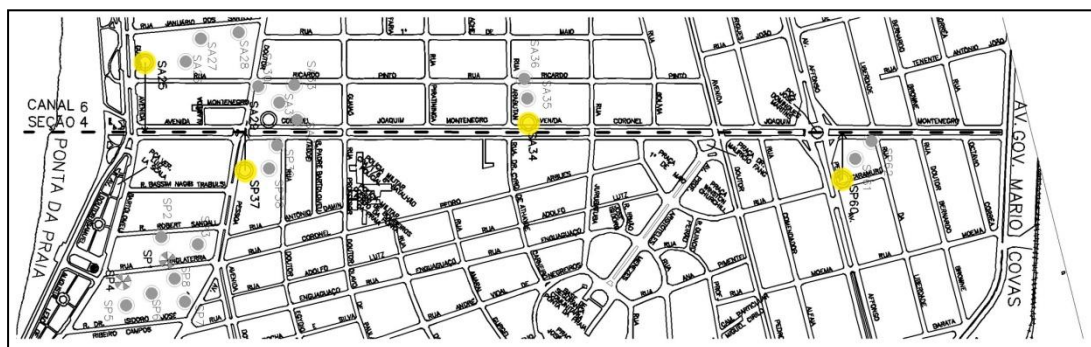


Figura 48 – Seção transversal 4 sentido praia – centro (canal 6)

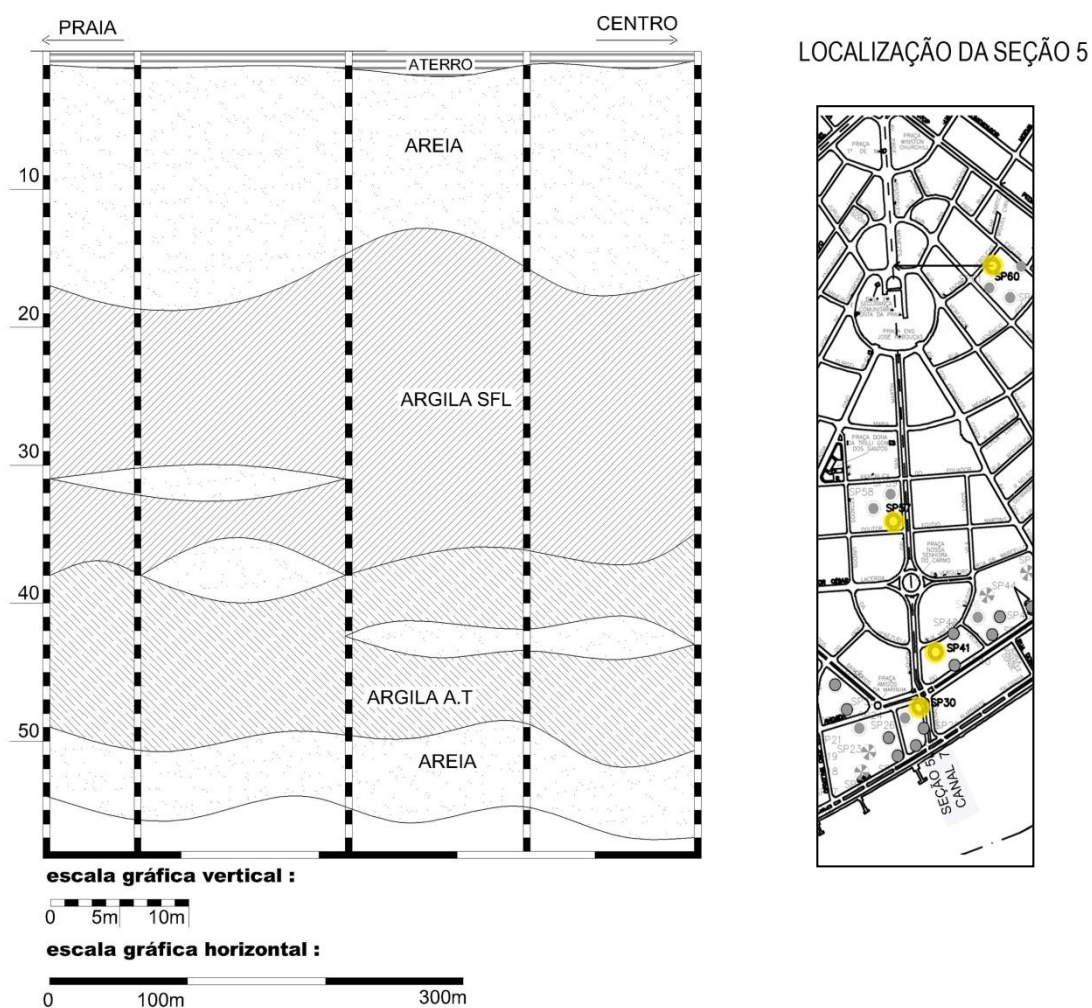


Figura 49 – Seção transversal 5 sentido praia – centro (canal 7)

4.5.3 - Análise das seções transversais

Em uma breve análise sobre as seções transversais traçadas, observa-se que o subsolo da cidade de Santos não varia muito à medida que se afasta da praia, exceto é claro nas regiões próximas aos morros da cidade, onde a rocha é aflorante.

De uma maneira geral ocorrem camadas de argila SFL, AT e areias muito e pouco compactas. Nota-se uma tendência das camadas de argila SFL e AT se juntarem, assim como no bairro da Ponta da Praia, não havendo uma camada de areia bem definida entre as argilas, como na “Faixa Crítica”.

CAPÍTULO V – CONCLUSÕES e SUGESTÕES

5.1 - CONCLUSÕES

Com a análise das sondagens, foi possível readaptar o perfil geotécnico da orla de Santos na região de aproximação com o Guarujá (figura 43) e traçar a seção geotécnica do bairro da Ponta da Praia (figura 44) e traçar seções transversais à orla de Santos (figura 45 a 49), conforme proposto no início do trabalho.

Verificou-se que a primeira camada de areia tem um aumento significativo no Bairro da Ponta da Praia, atingindo mais de 23,0 m. Após a travessia da balsa, já no Guarujá, essa camada de areia tende a desaparecer.

Observou-se também que embora a camada de areia na Ponta da Praia seja mais espessa, apresentou valores de N_{SPT} médio menores em relação às outras regiões estudadas. Além das análises das sondagens de simples reconhecimento, parâmetros geotécnicos obtidos através dos ensaios do cone comprovaram as diferenças entre o bairro da Ponta da praia e da “Faixa Crítica”. Destacaram-se as propriedades da primeira camada de areia para as duas regiões. Comprovou-se através dos valores do ângulo de atrito, módulo de elasticidade, resistência de ponta, que a “Faixa Crítica” possui uma areia mais compacta e resistente que a Ponta da Praia.

A presença de camadas de argila bem profundas, com valores de N_{SPT} elevados, causa certa dúvida quanto à sua origem, sedimentos continentais ou solos residuais, e quanto à possibilidade de sua ocorrência em outras regiões da Orla de Santos. Dessa forma, os perfis abaixo dos 50-60 m de profundidade continuam com pontos de interrogação.

Quanto às seções transversais traçadas, pode-se notar uma tendência das camadas de argila SFL e AT se juntarem, no sentido centro. As camadas de areia intermediárias não são tão definidas quanto na orla da Santos em muitas sondagens elas aparecem em pequenas espessuras entre as camadas de argila.

Cálculos para a previsão de recalques, admitindo oscilação negativa do nível do mar como mecanismo de sobreadensamento, mostraram que o aumento da espessura da primeira camada de areia, no bairro da Ponta da Praia, contribuiu para que os recalques fossem cerca de 2 vezes menores que na “Faixa Crítica”.

Verificou-se que ação de dunas no passado pode ter contribuído na diminuição dos recalques de seis a oito vezes se comparados com o efeito das elevações do nível do mar, dependendo da região.

Ficou claro que a ação de Dunas no passado e a espessa camada de areia na Ponta da Praia foram determinantes para que o cenário do bairro se tornasse diferente do restante da orla da Santos, ou seja, sem prédios visivelmente recalcados e inclinados.

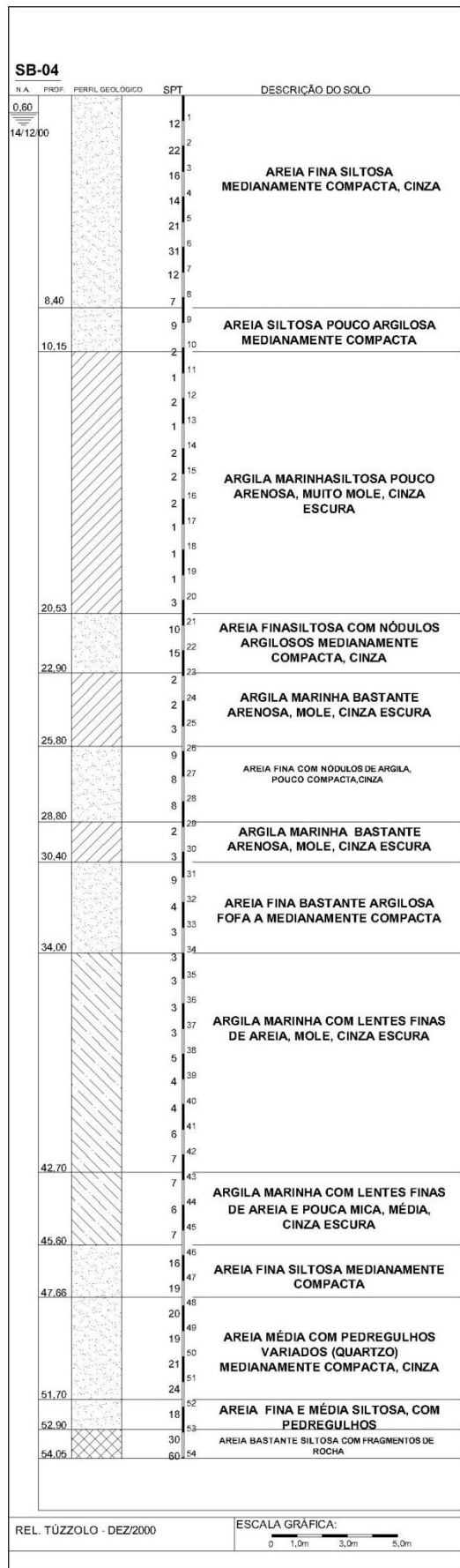
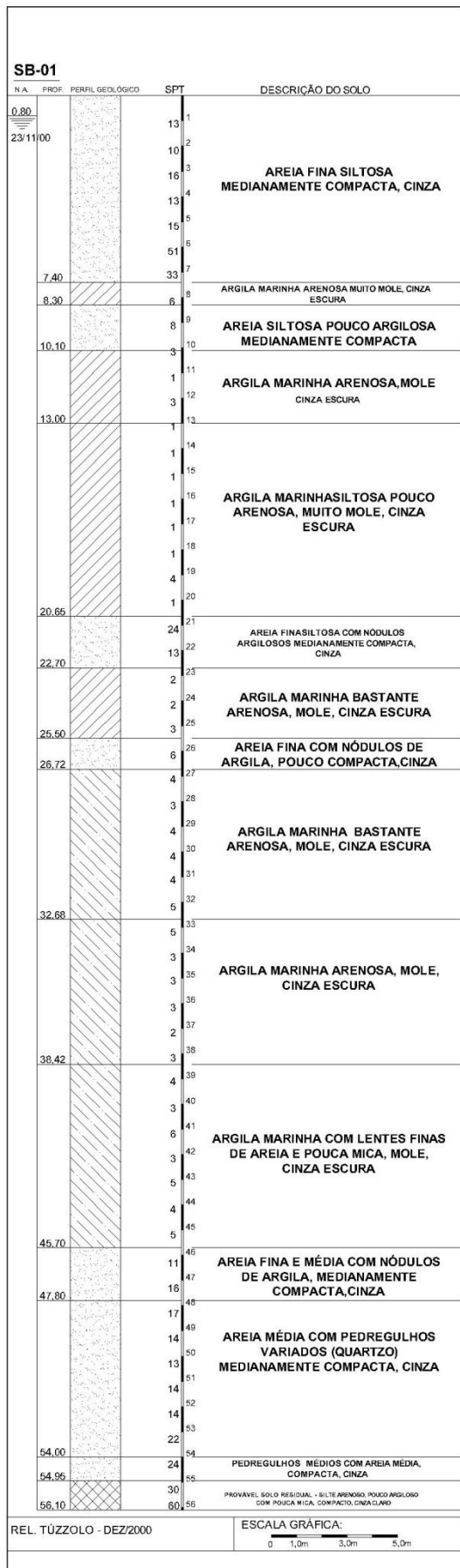
5.2 - SUGESTÕES PARA CONTINUIDADE DA PESQUISA

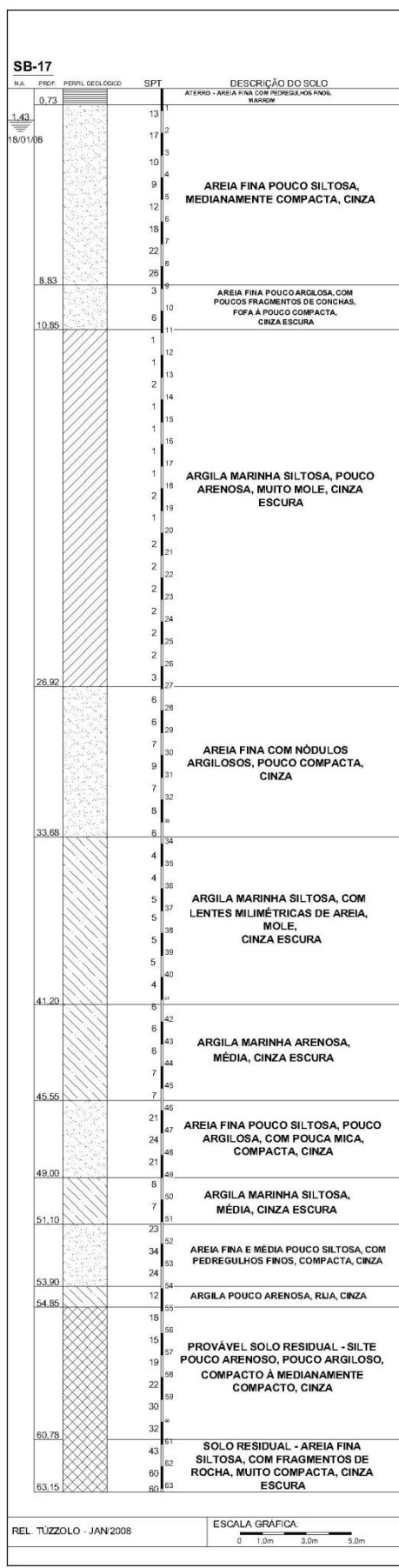
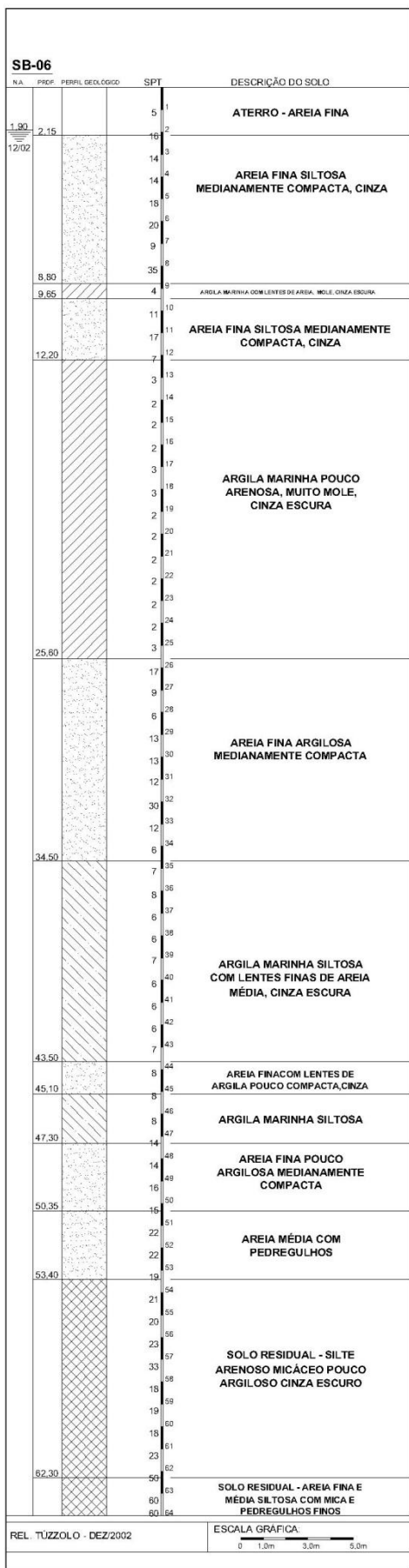
Seguir a mesma linha de pesquisa, em direção aos canais um e dois, que não foram estudados nesse trabalho

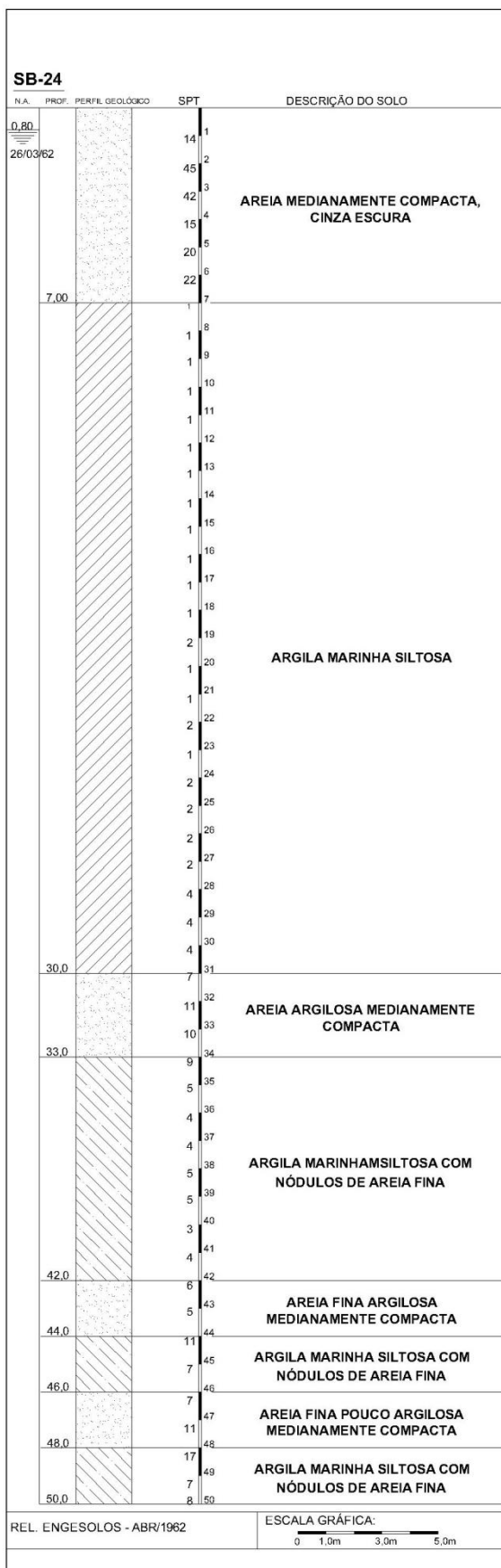
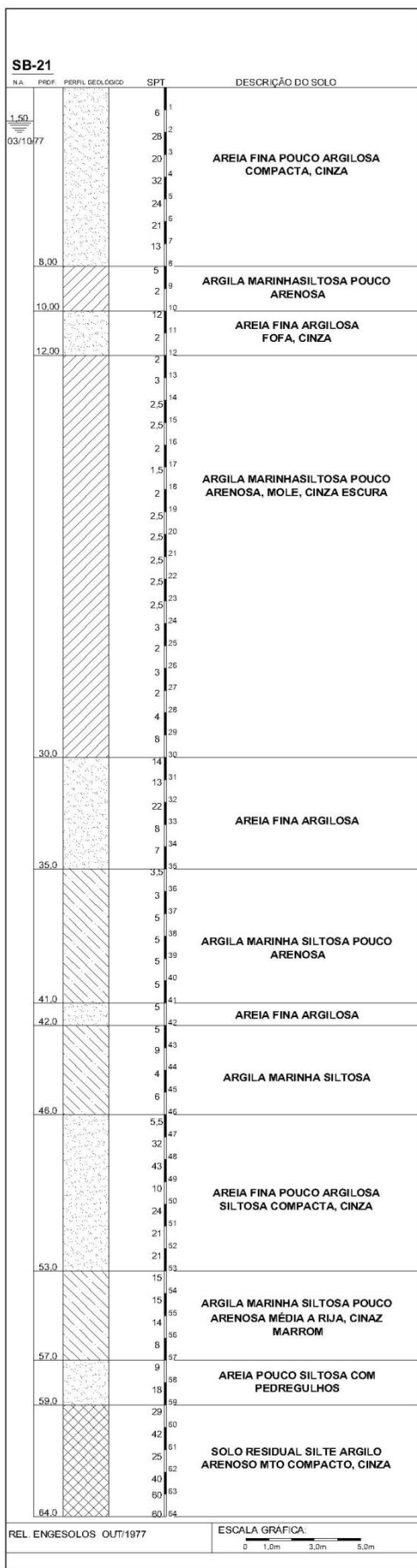
Traçar novas seções transversais, seguindo os demais canais e inserir novas sondagens nas seções já traçadas

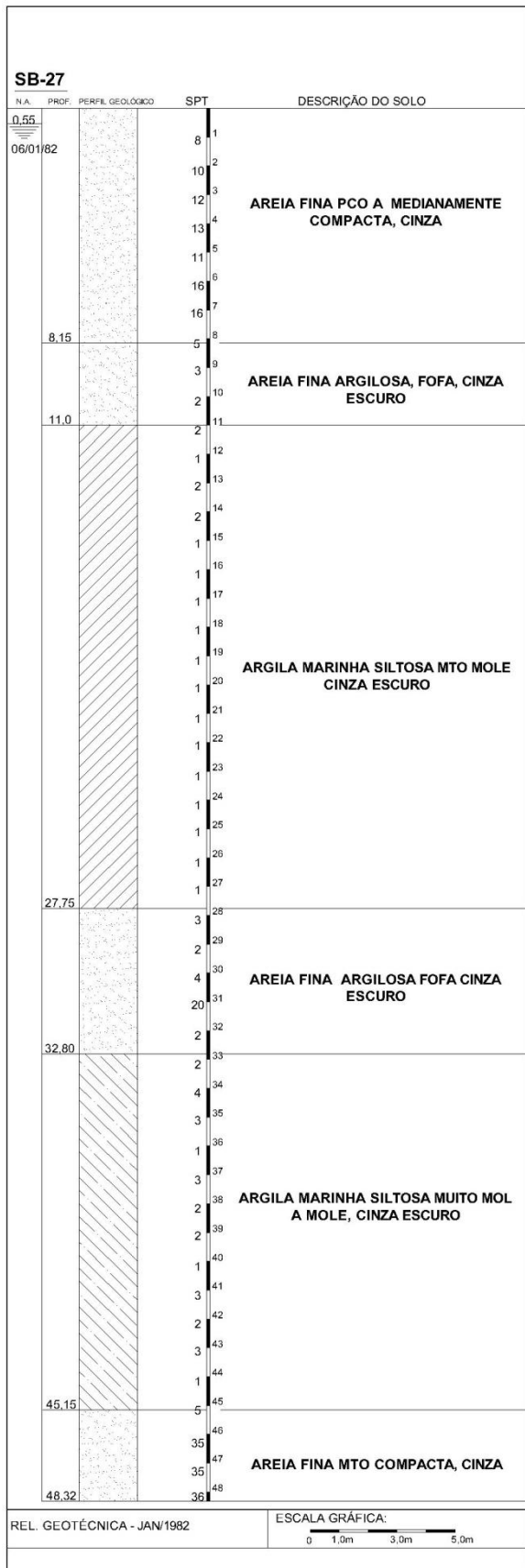
Realizar novos ensaios do cone CPT e CPTU nos bairros que não foram abordados nessa pesquisa e confrontar os com os dados apresentados

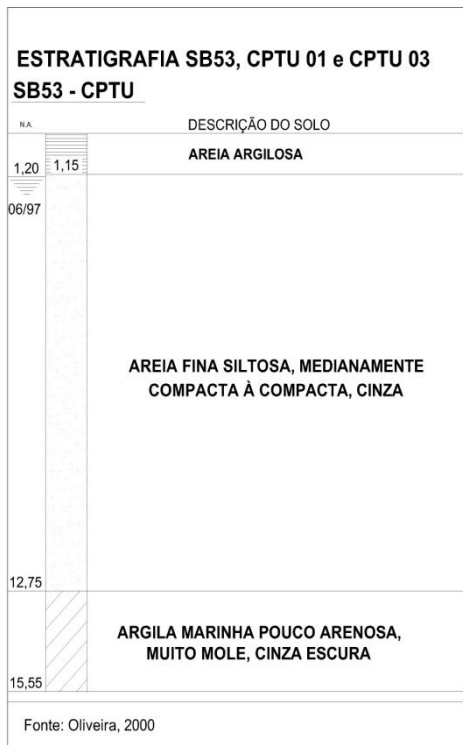
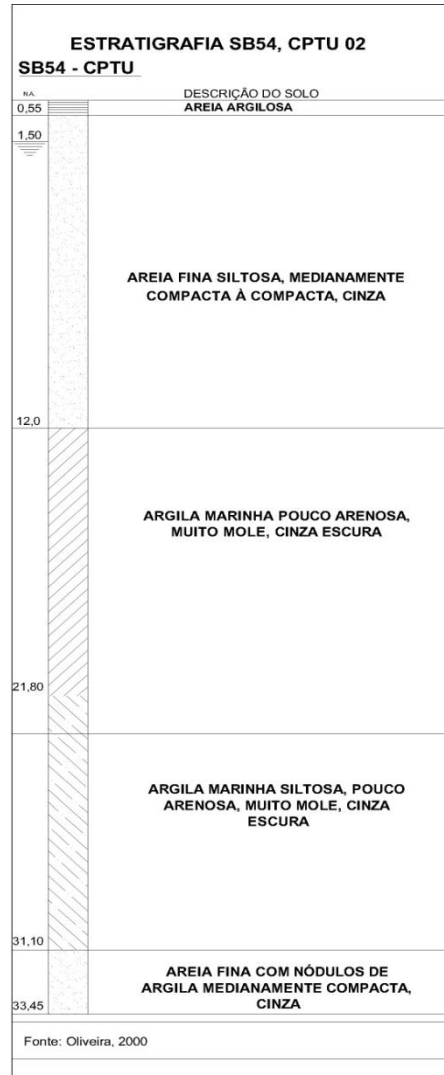
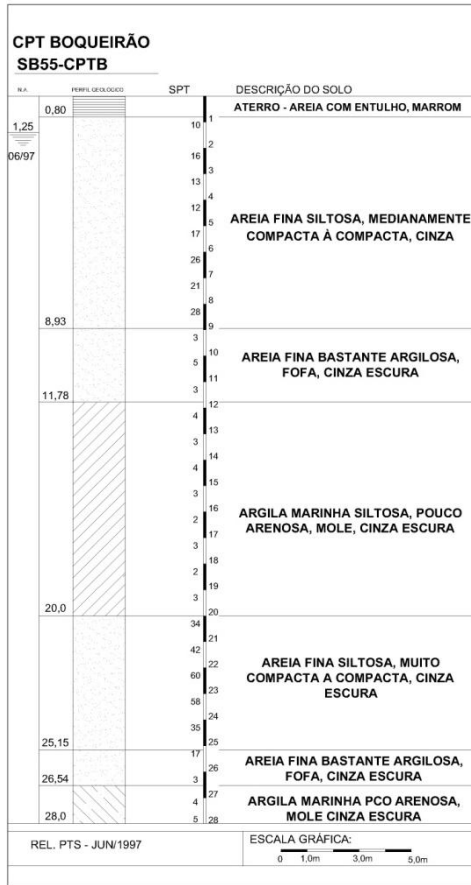
ANEXO A – SONDAGENS DE REFERÊNCIA BAIRRO
BOQUEIRÃO (canal 3 – canal4)



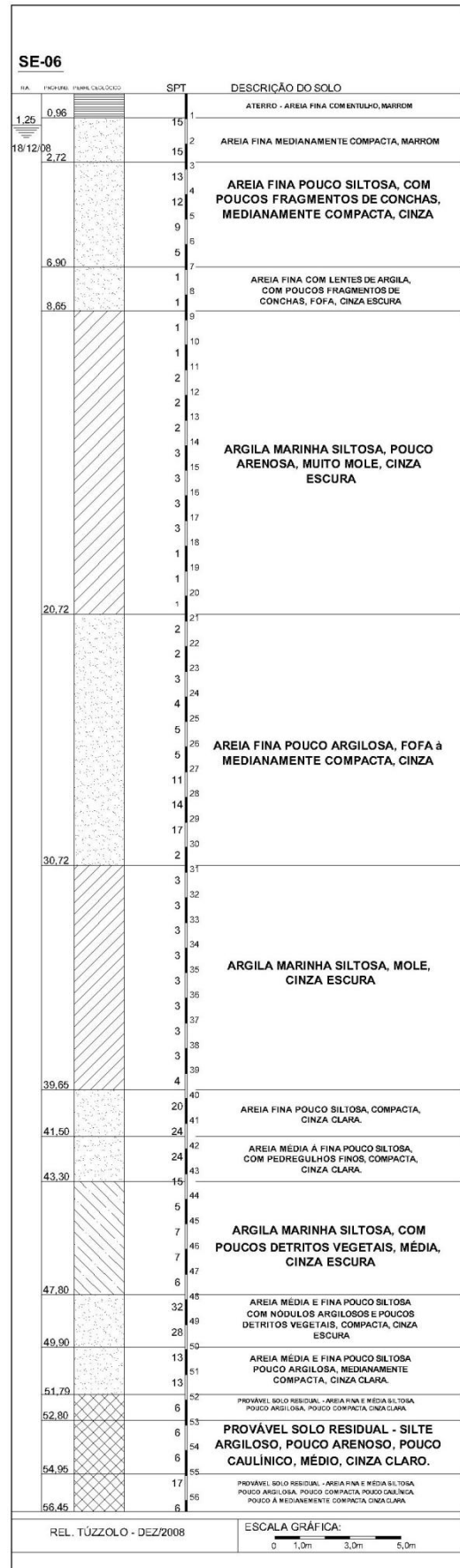
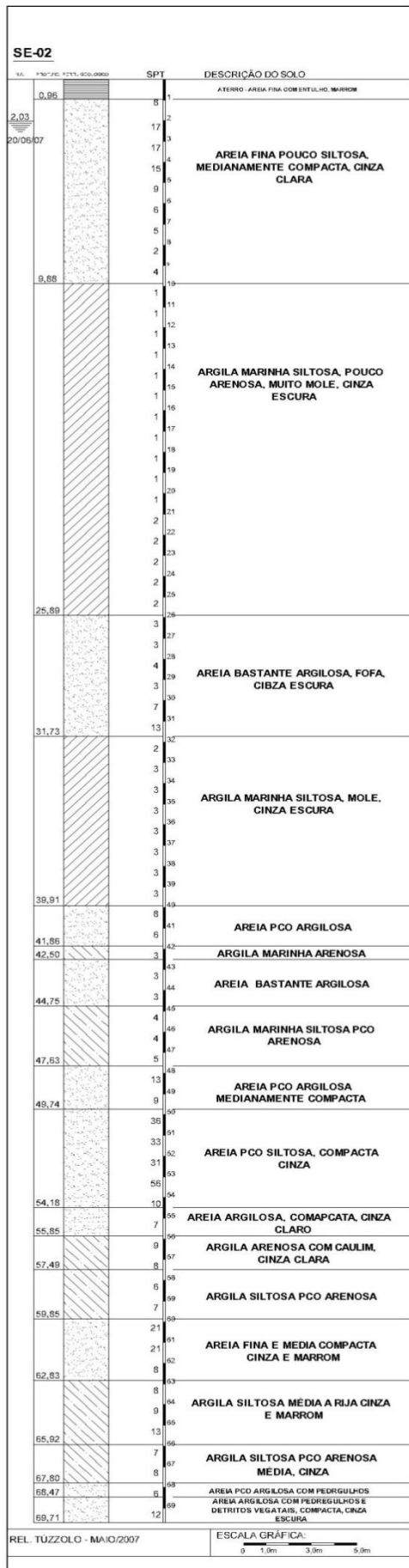


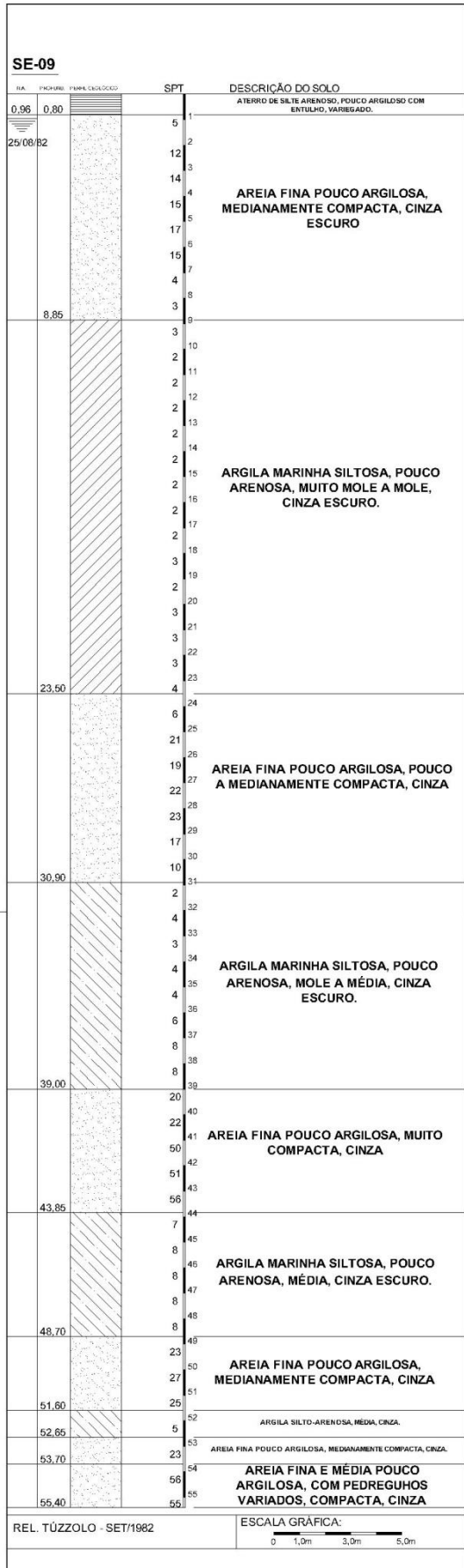


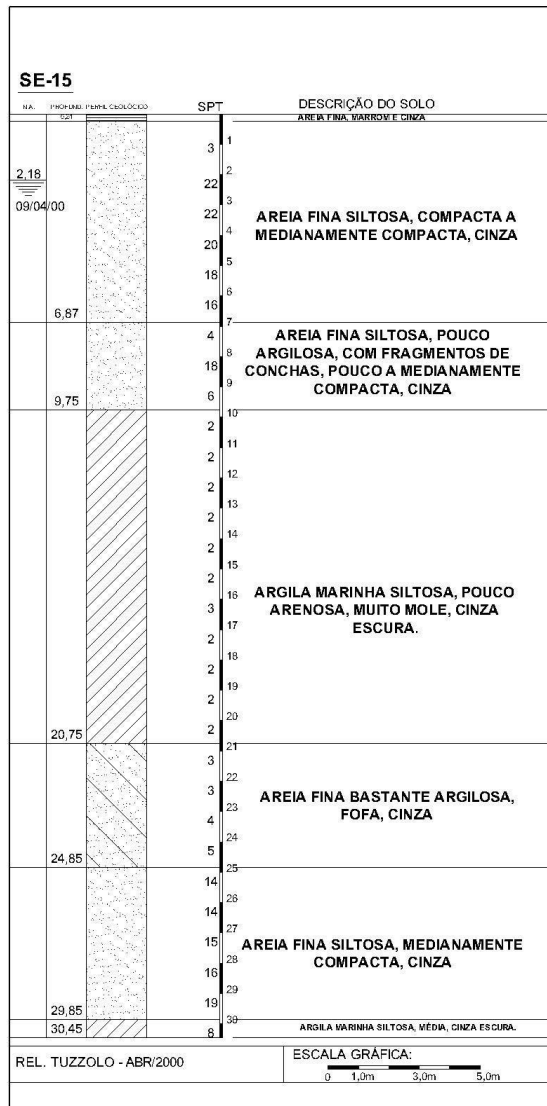
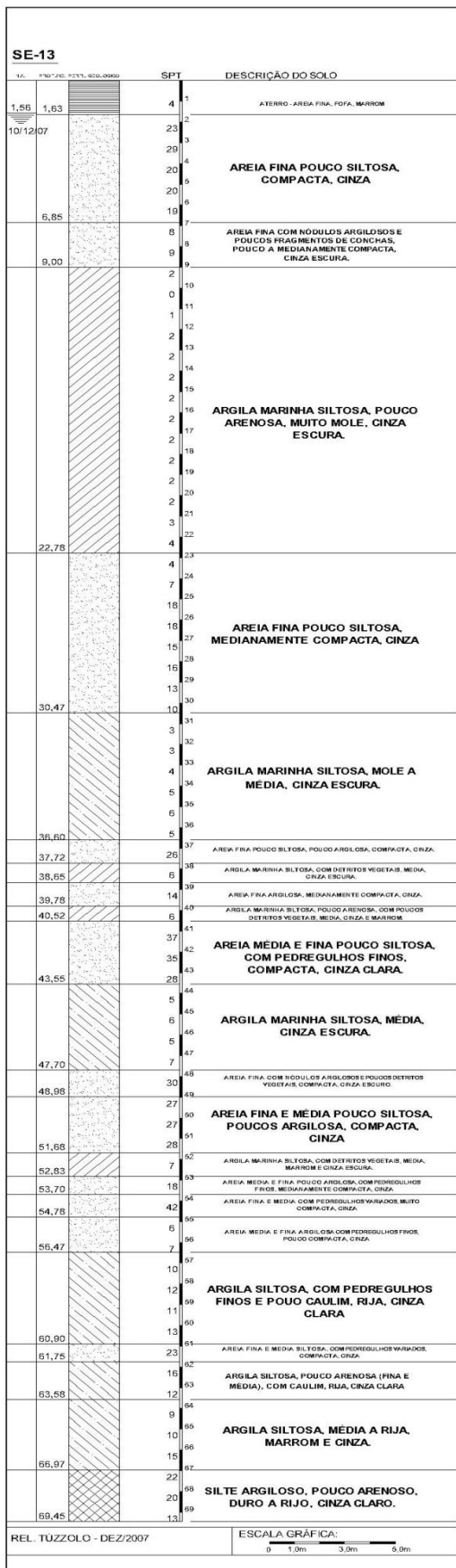


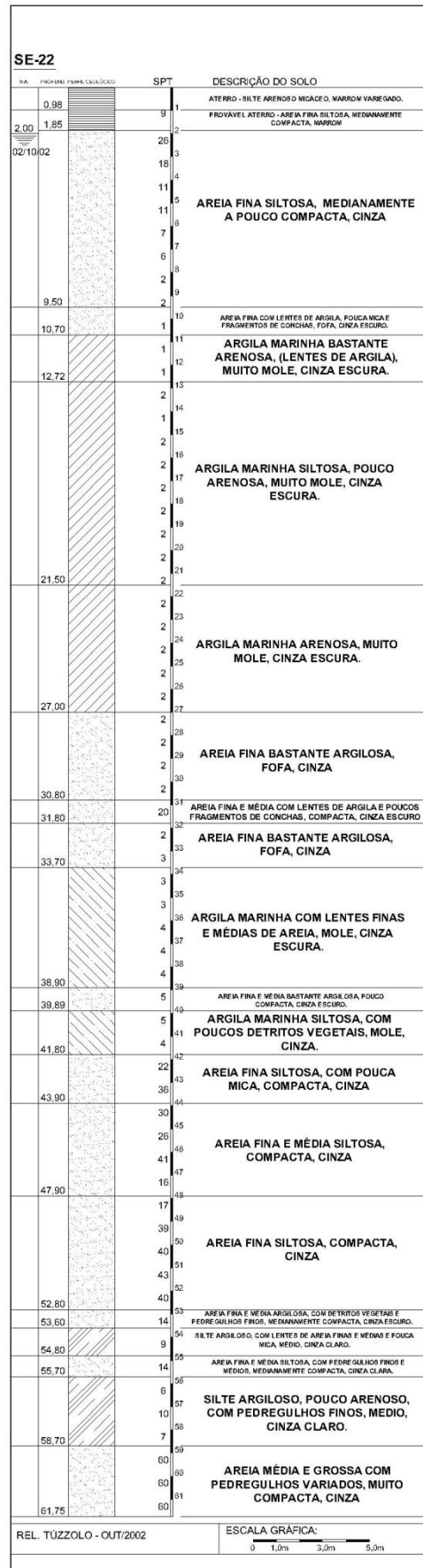
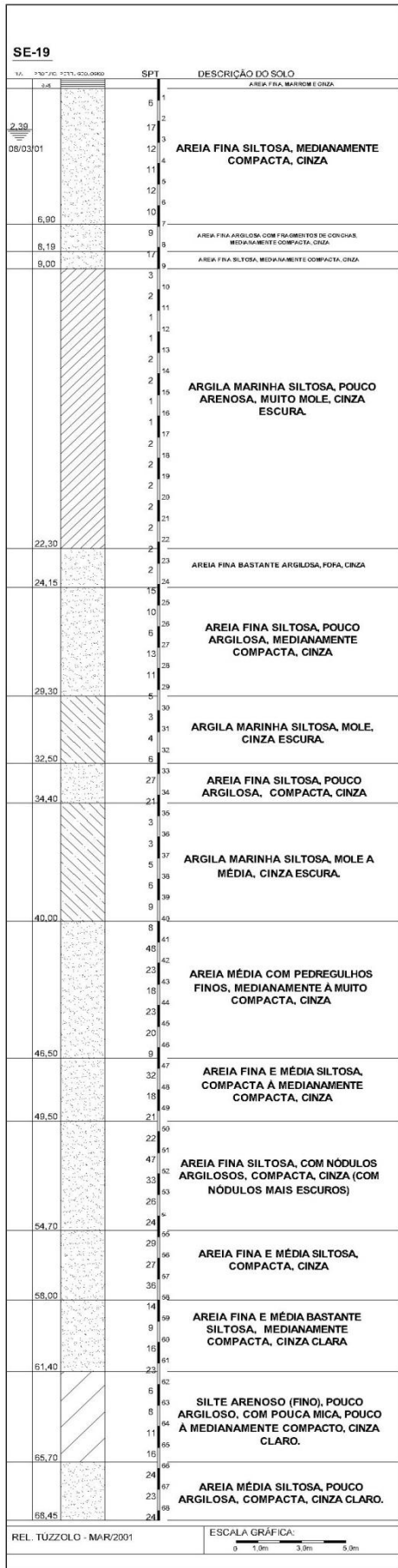


ANEXO B - SONDAgens DE REFERÊNCIA BAIRRO
EMBARÉ (canal 4 – canal 5)

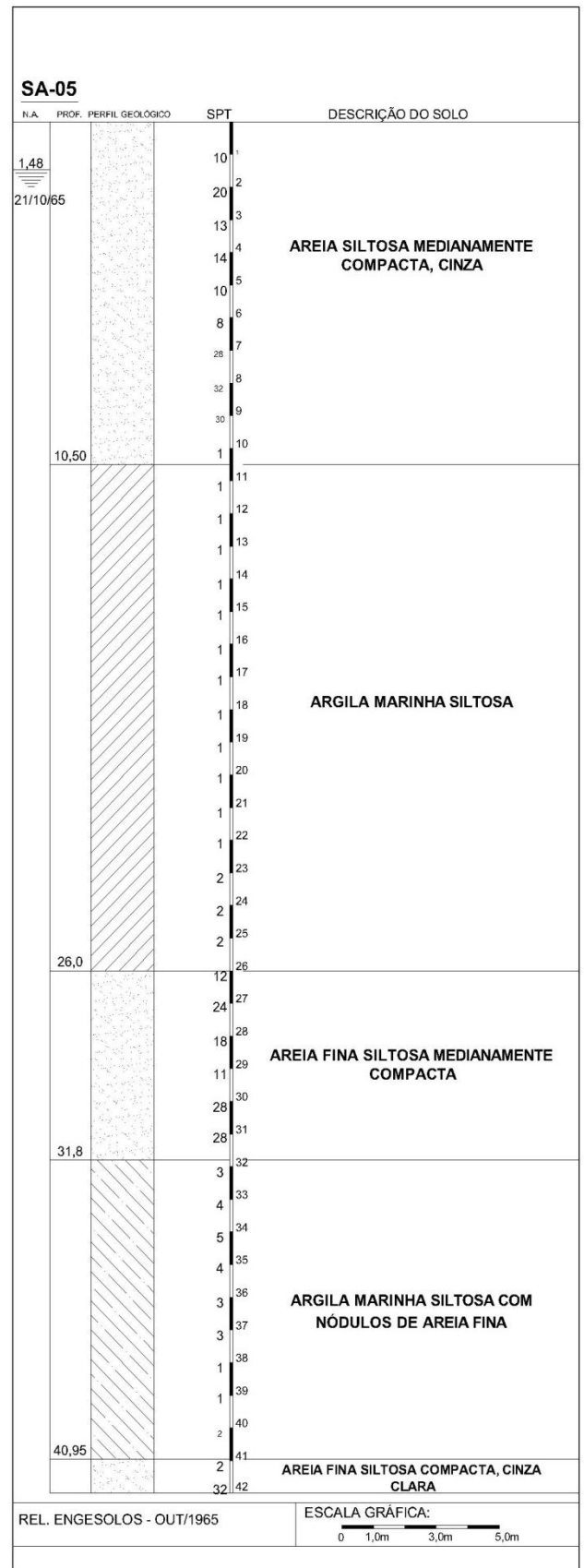
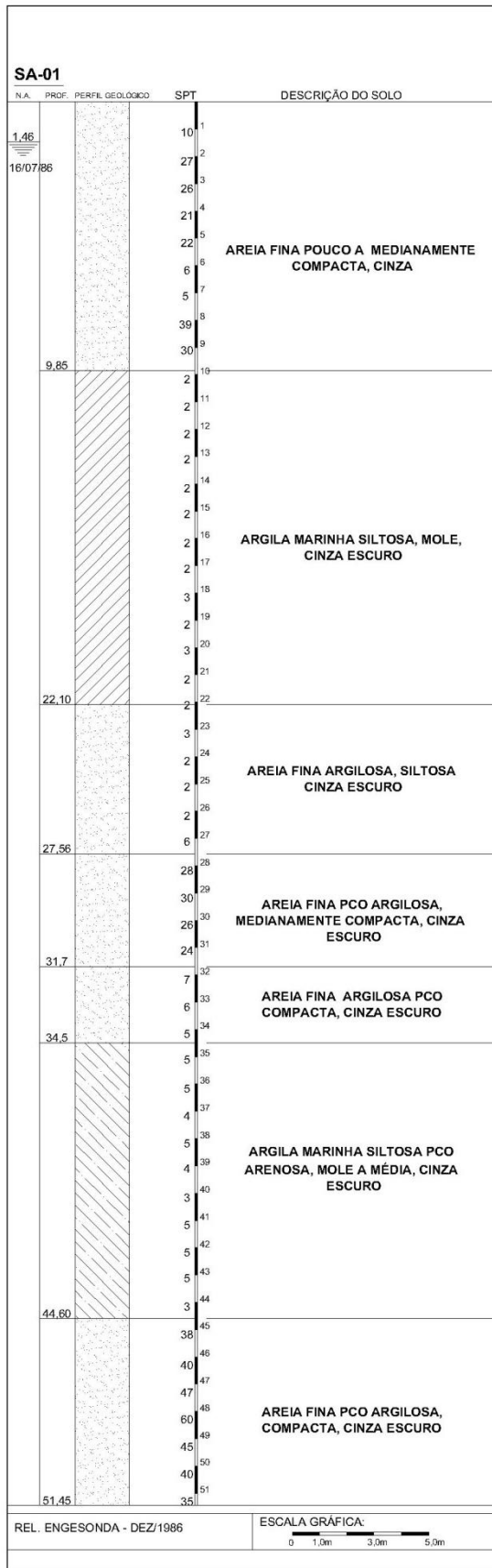


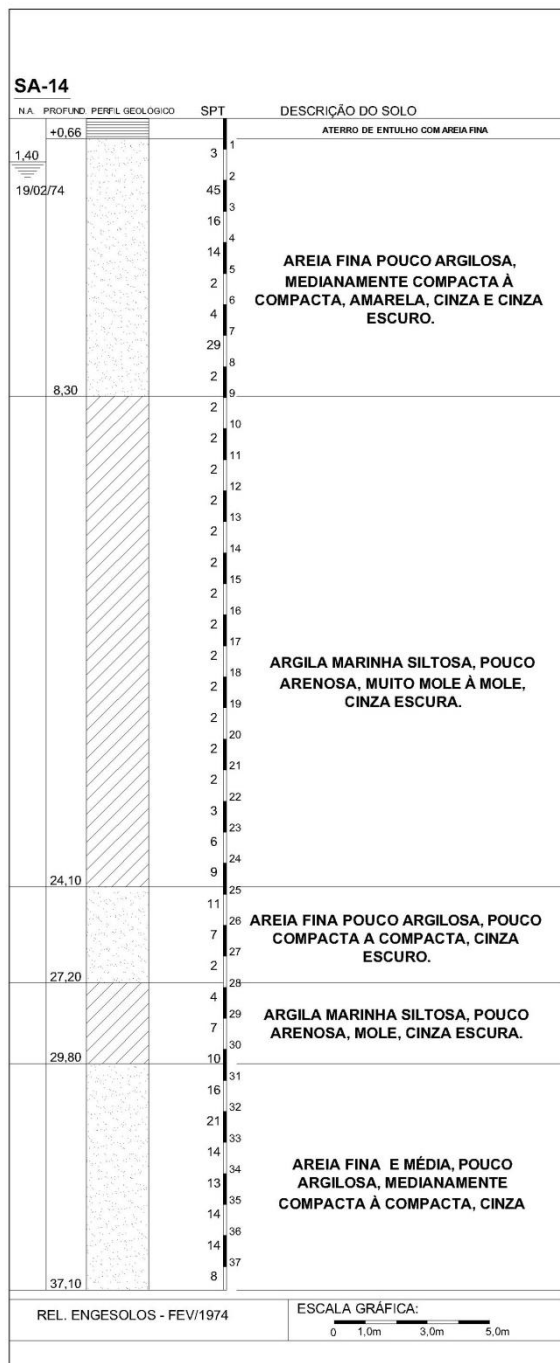
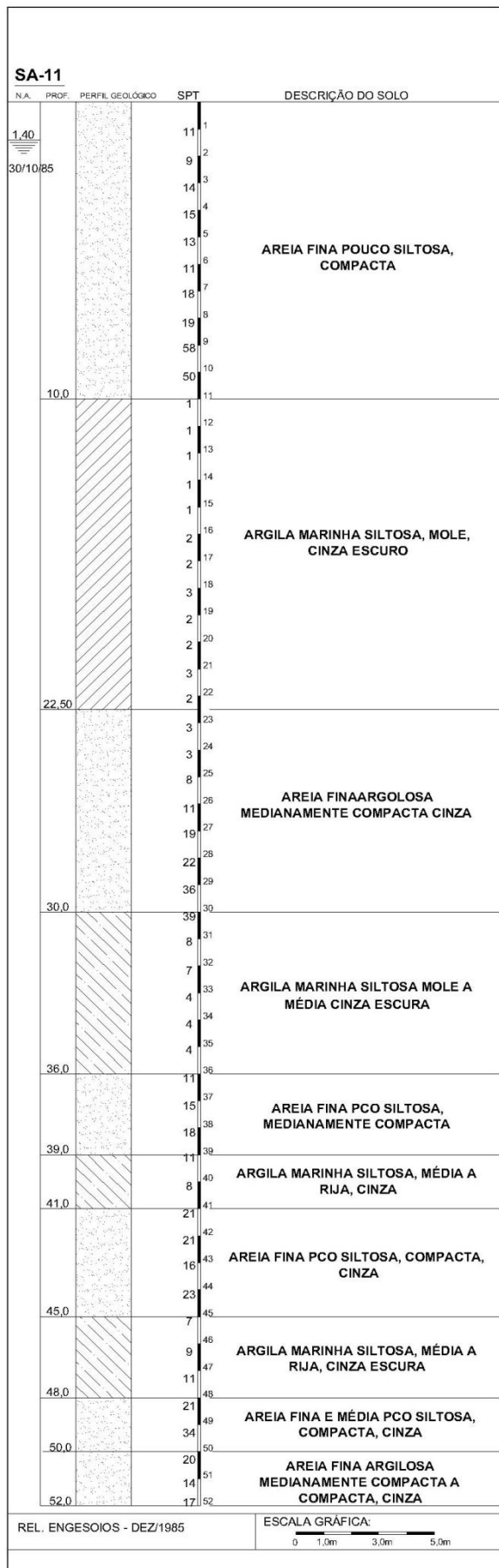


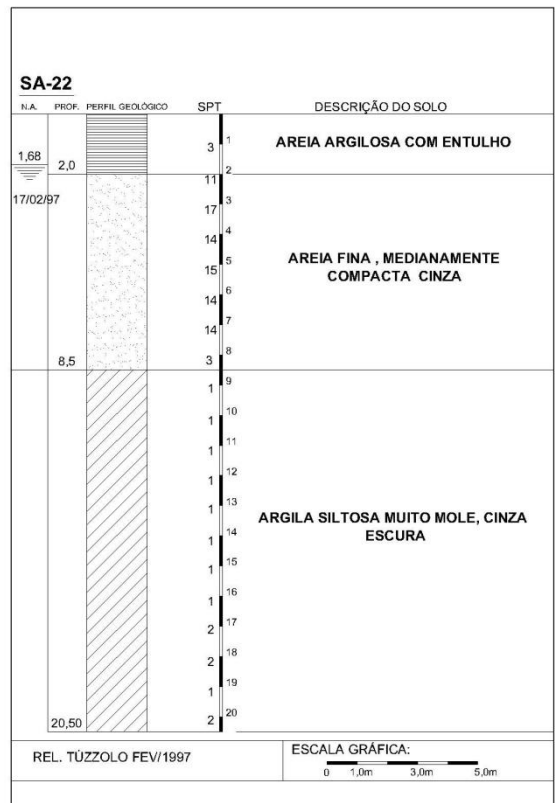
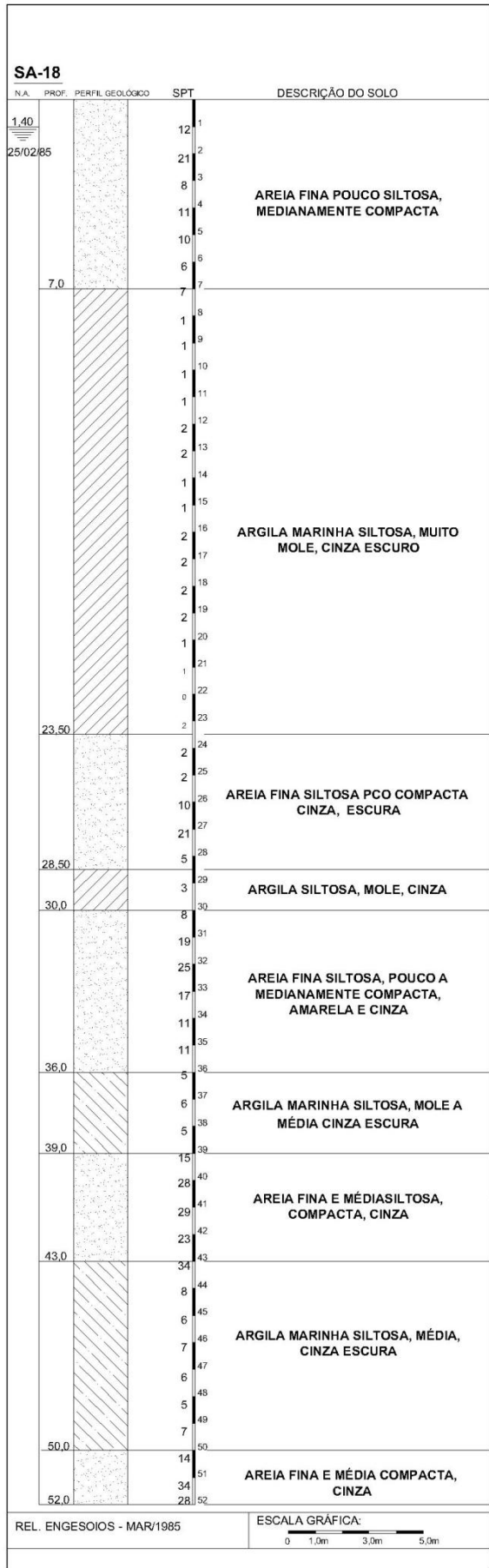


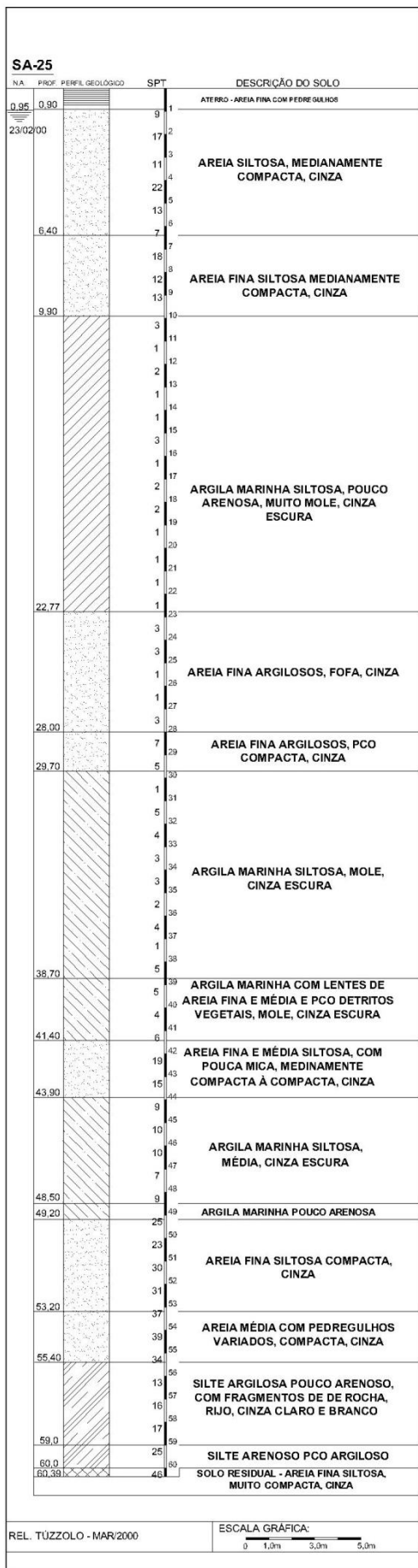


ANEXO C - SONDAGENS DE REFERÊNCIA BAIRRO
APARECIDA (canal 5 – canal 6)

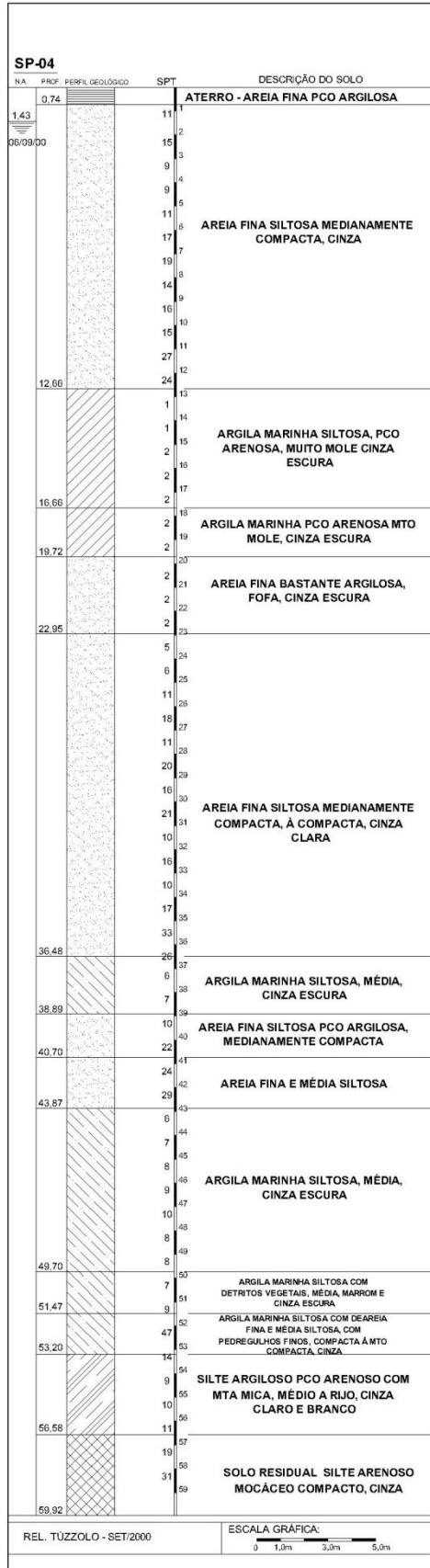
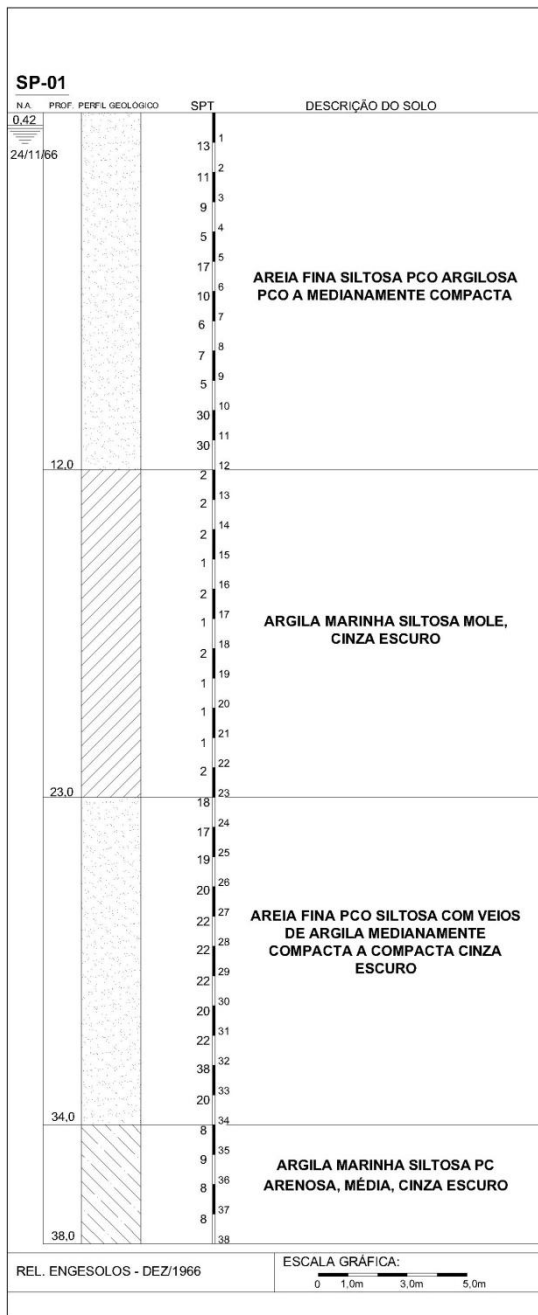


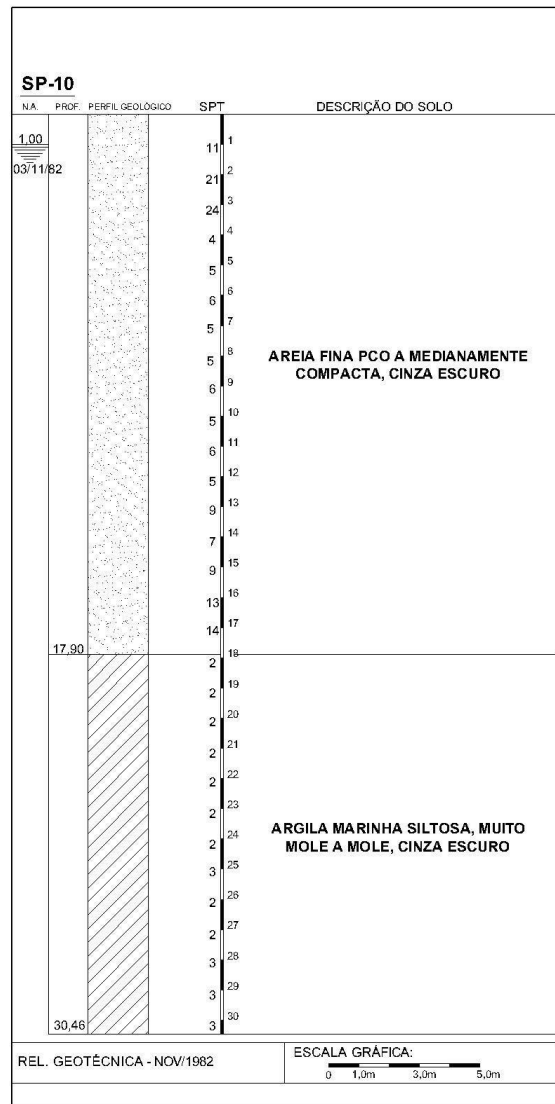
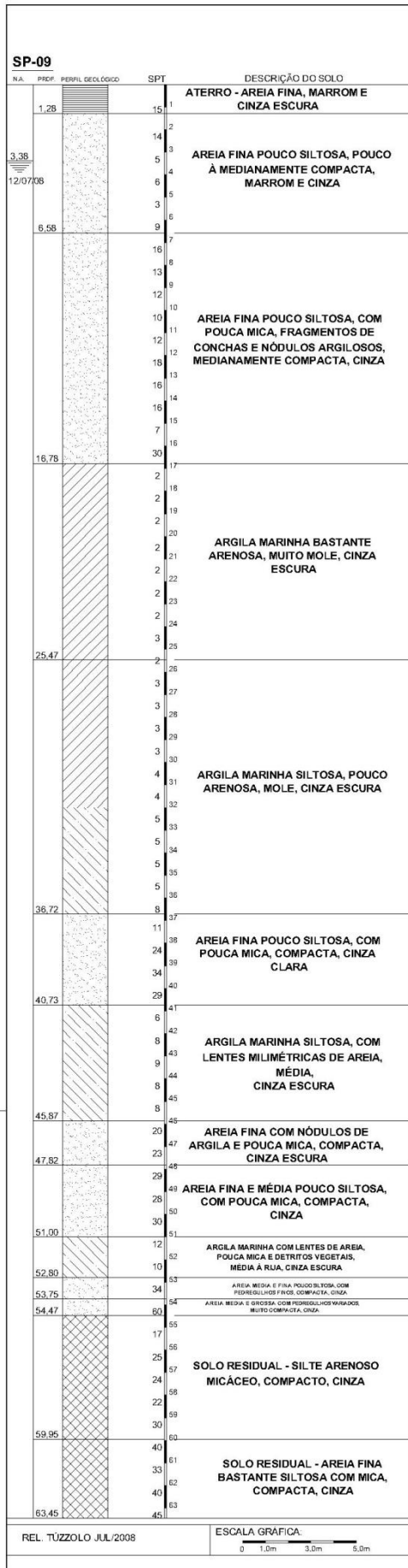


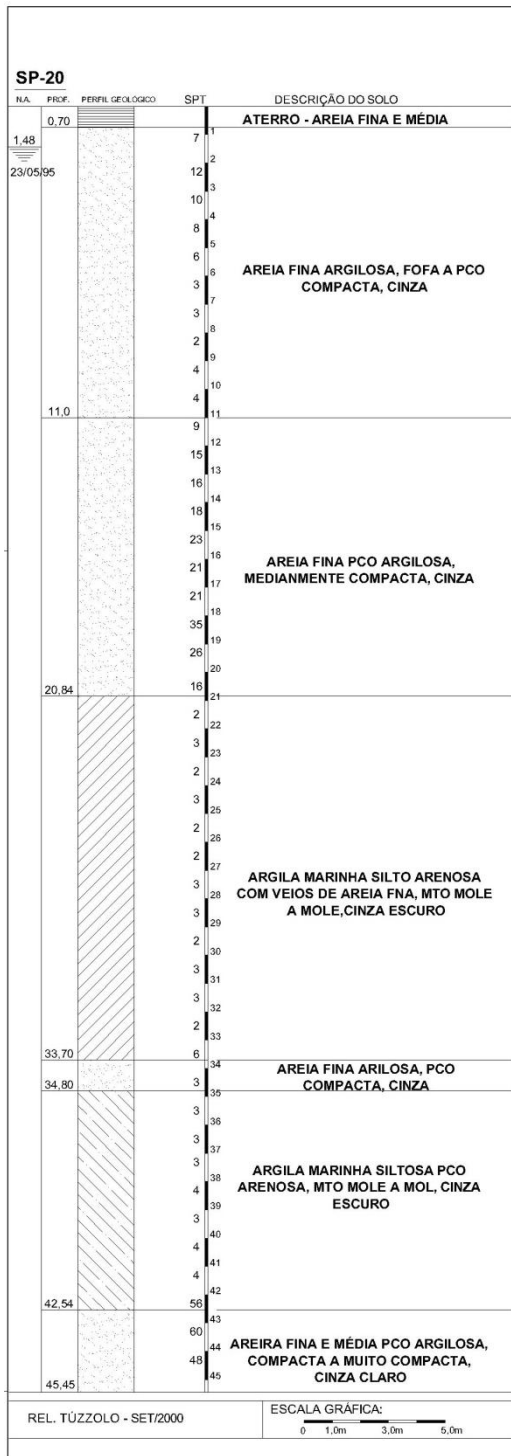
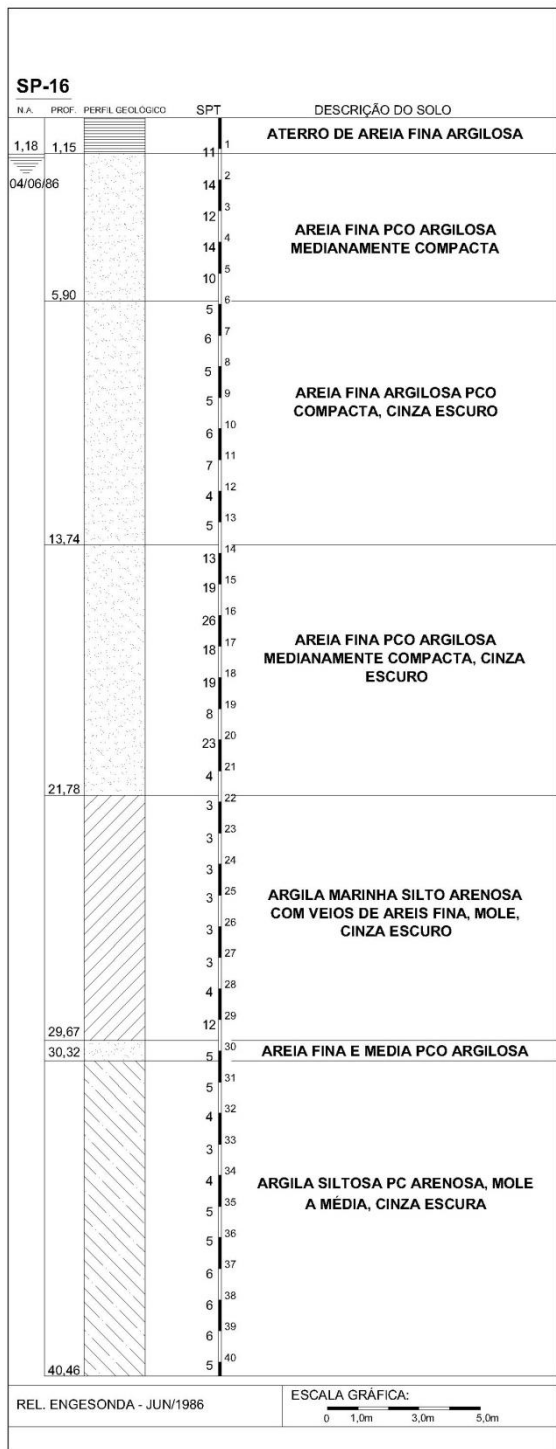


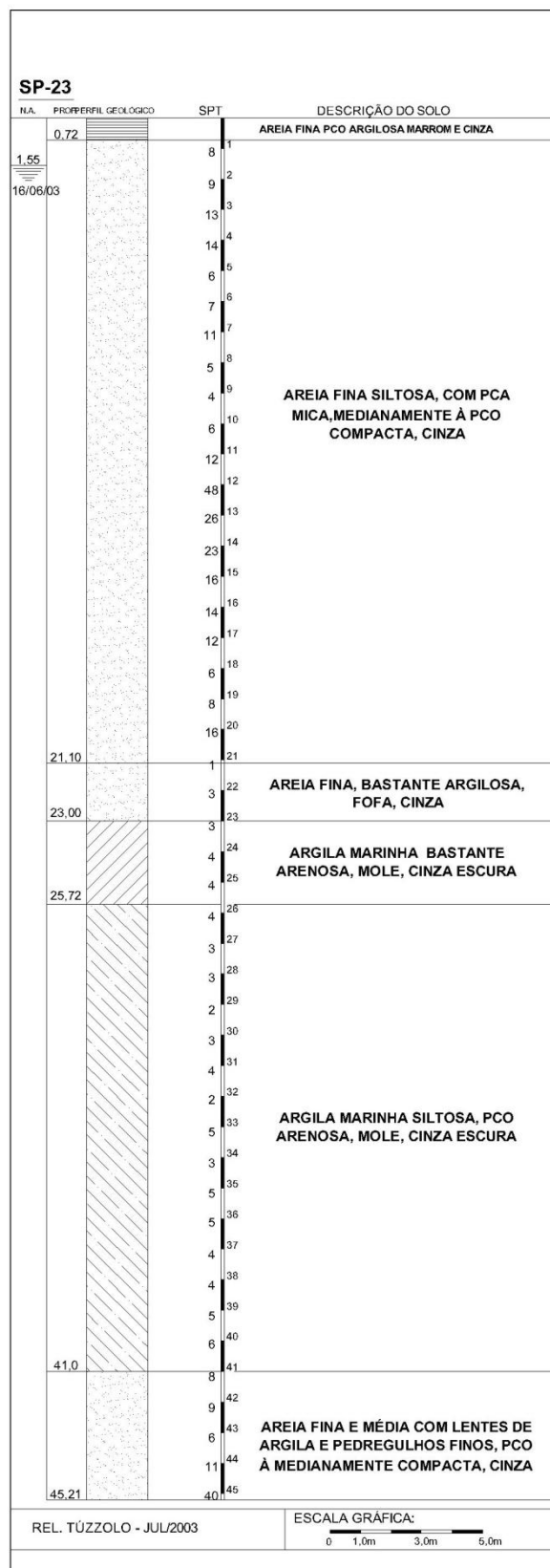
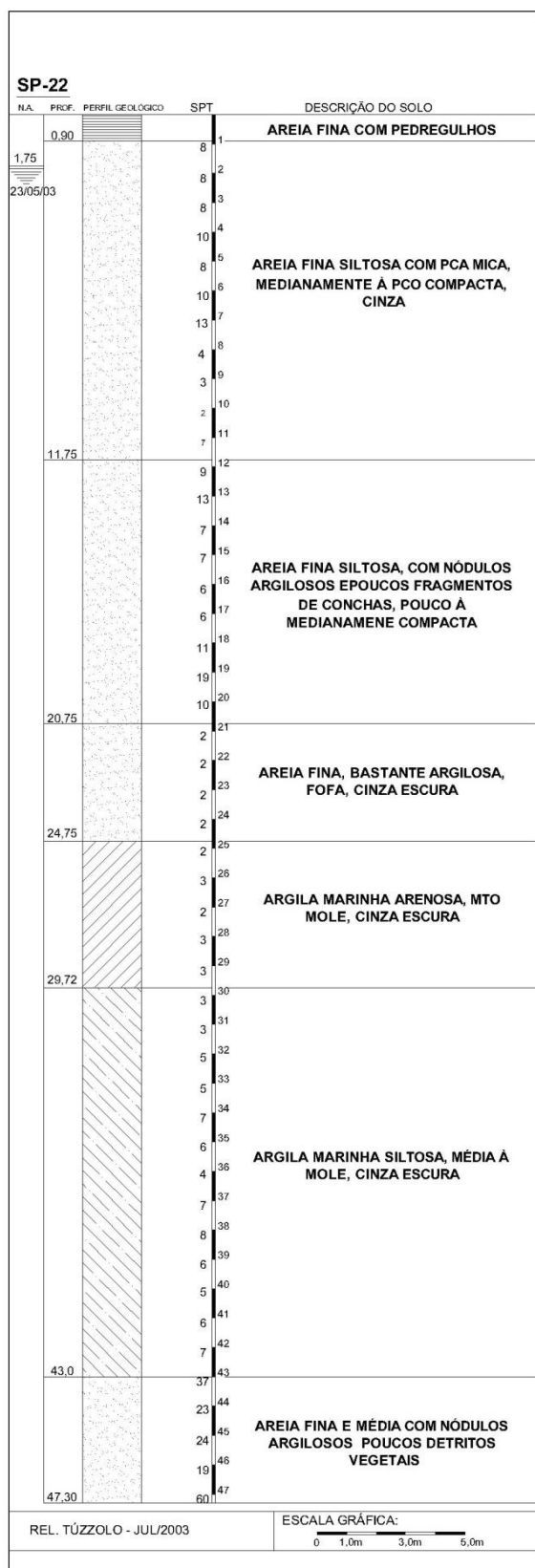


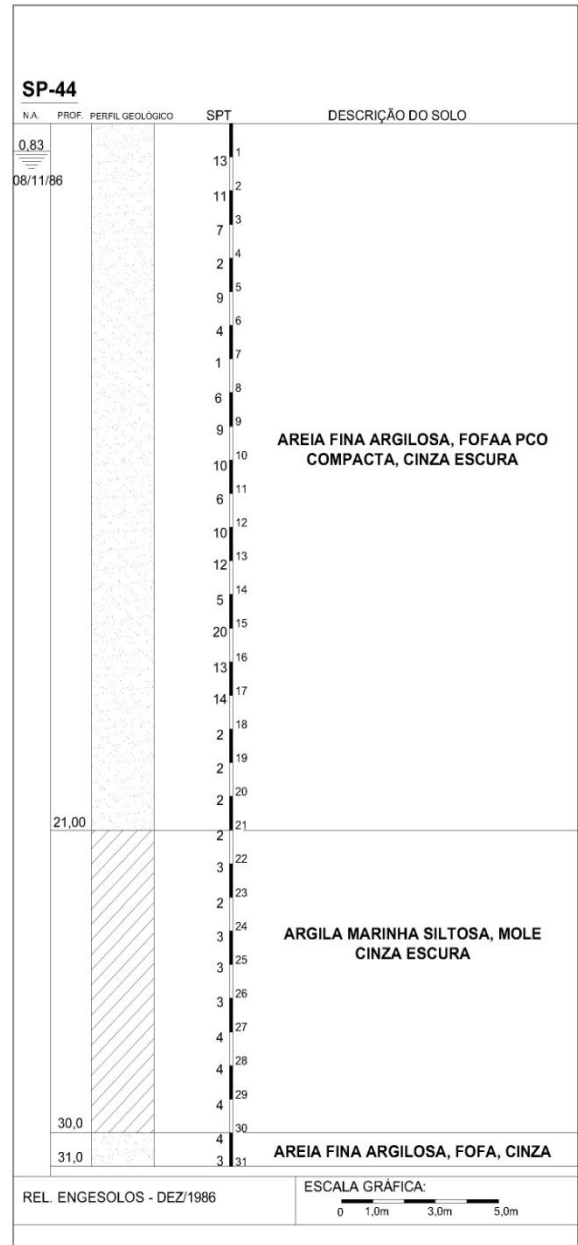
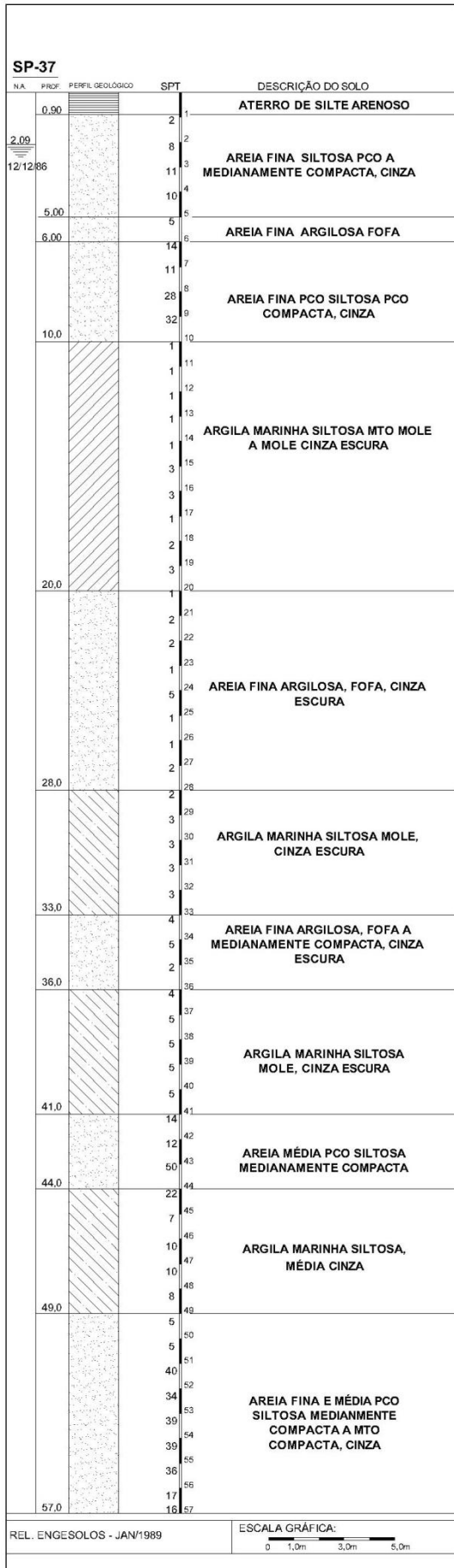
ANEXO D - SONDAGENS DE REFERÊNCIA BAIRRO
PONTA DA PRAIA (canal 6 – Ferry Boat)

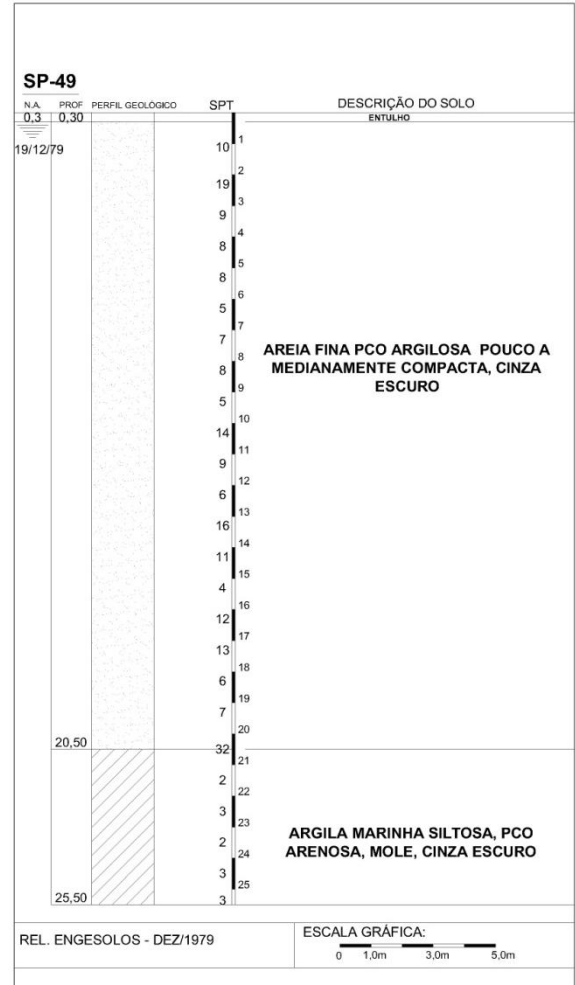
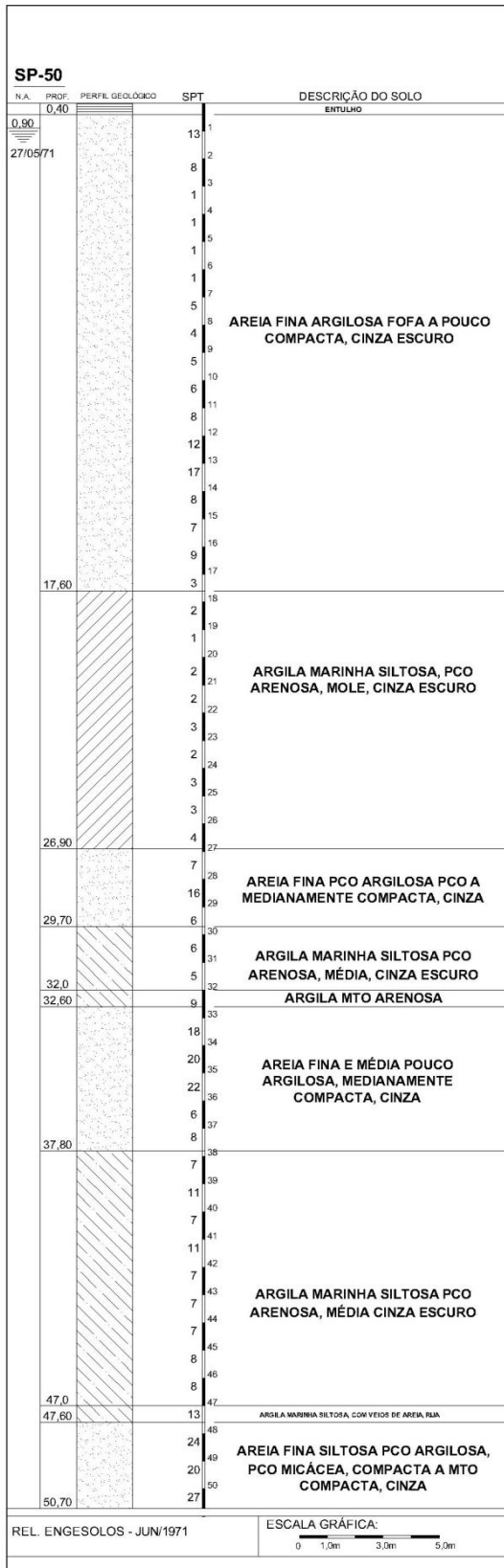


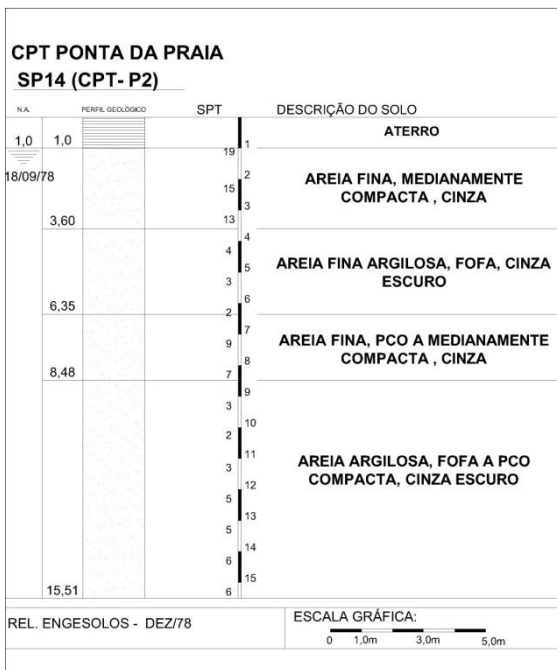
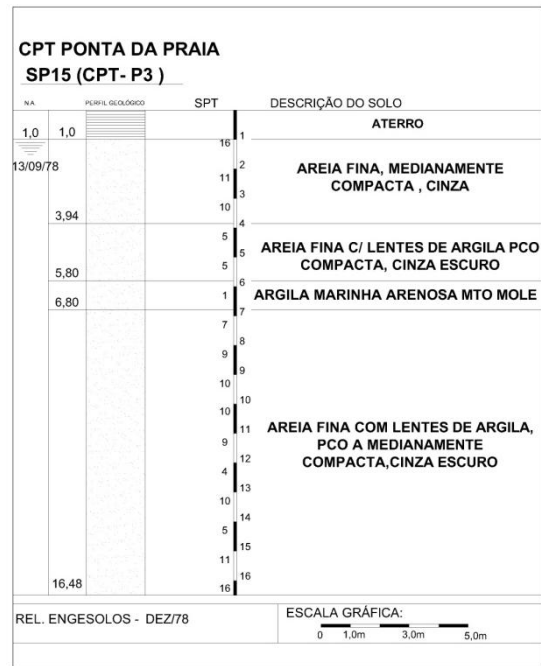
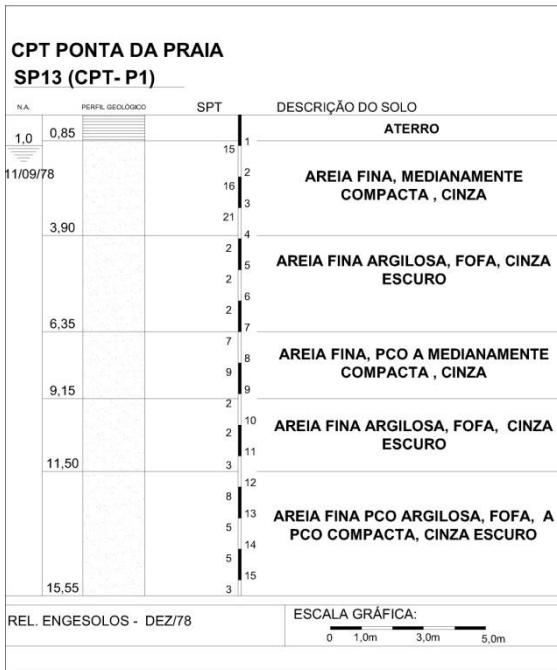




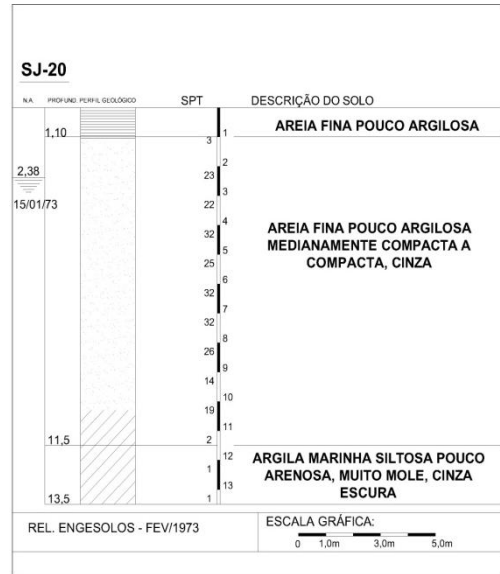
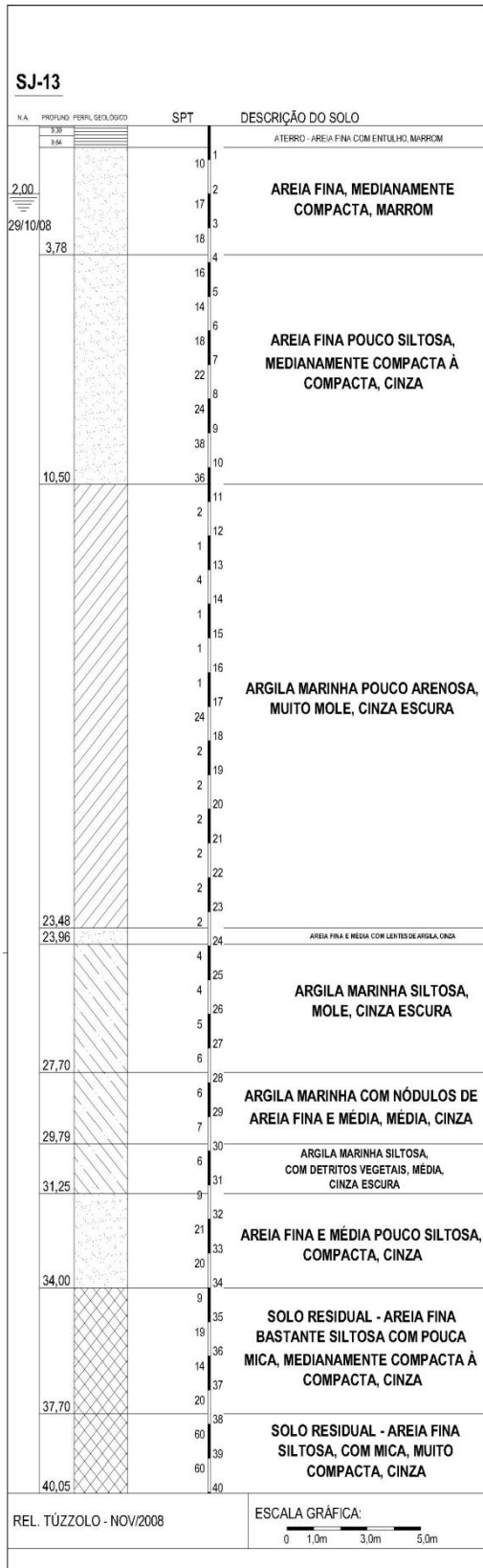


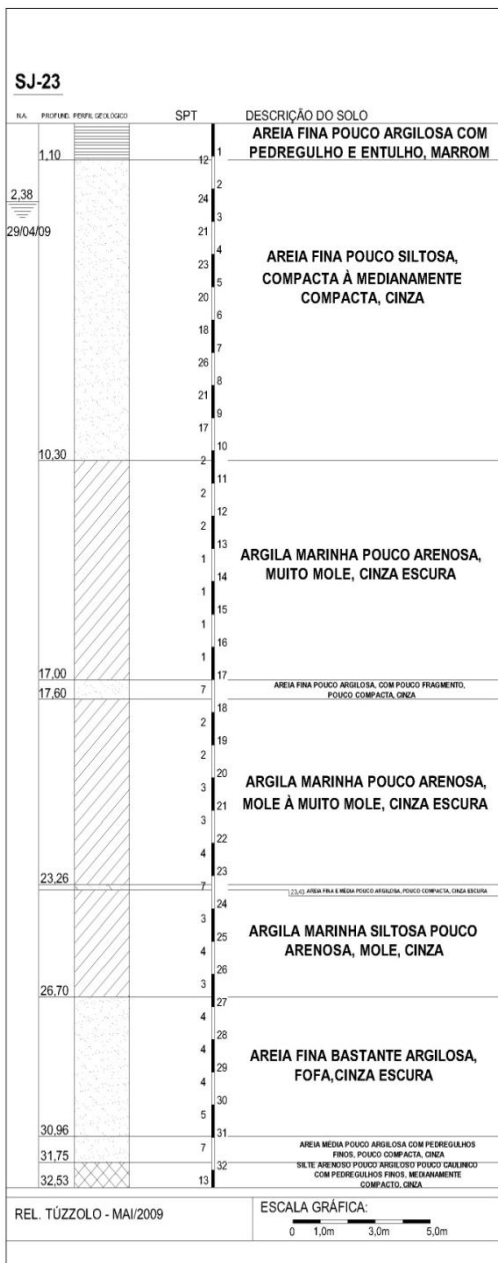


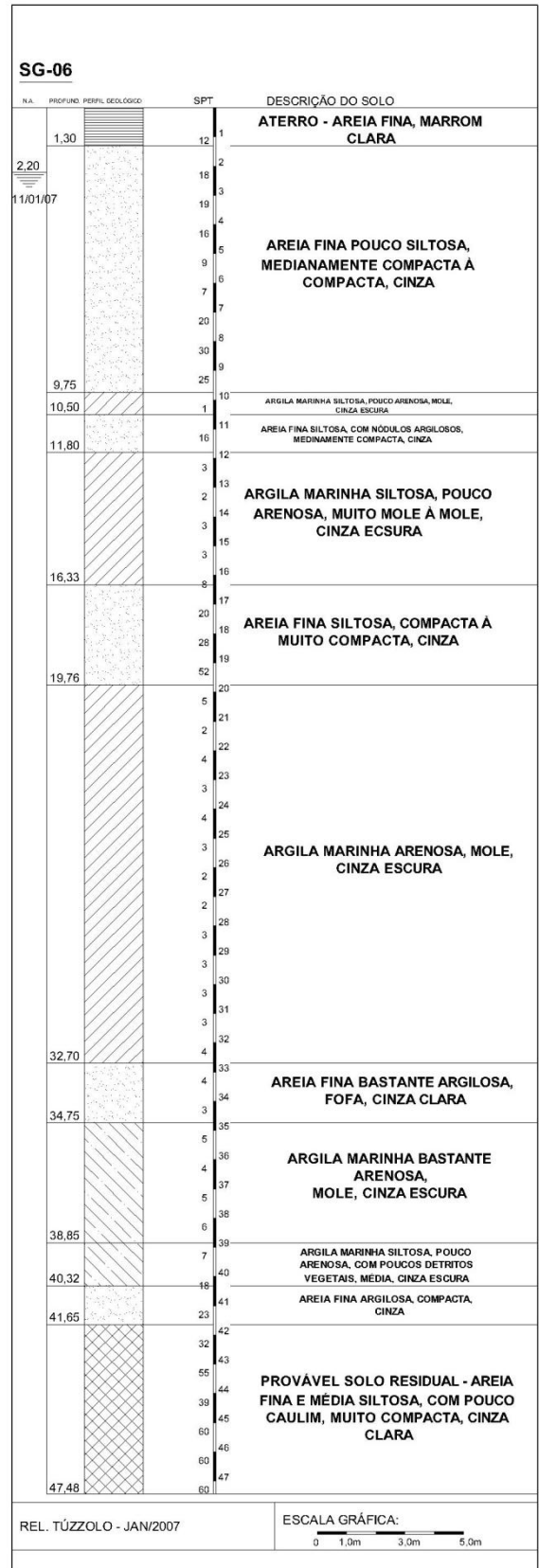
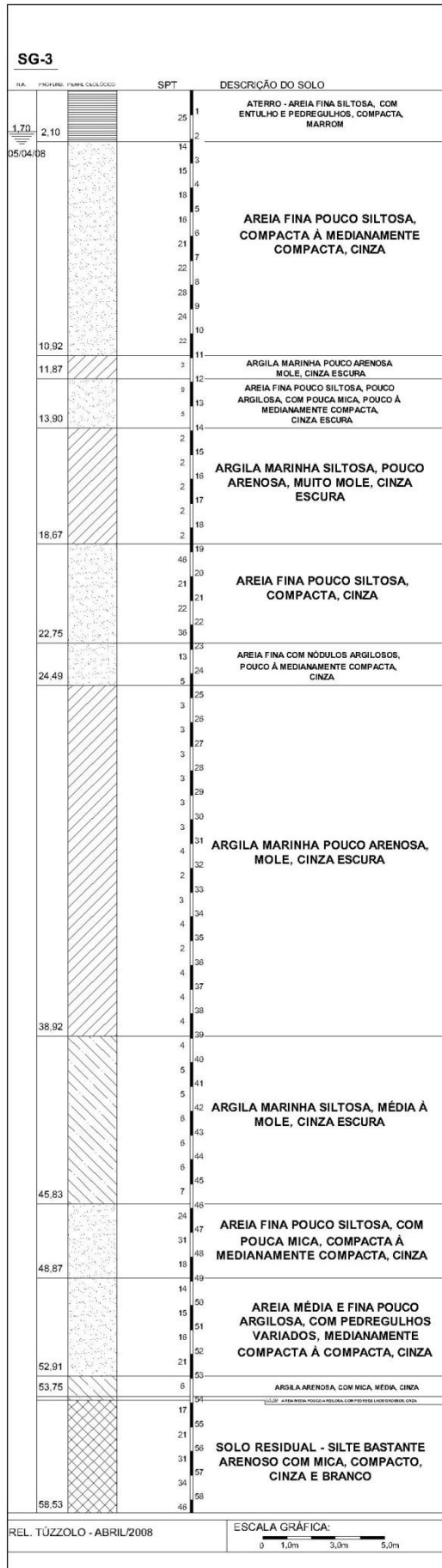


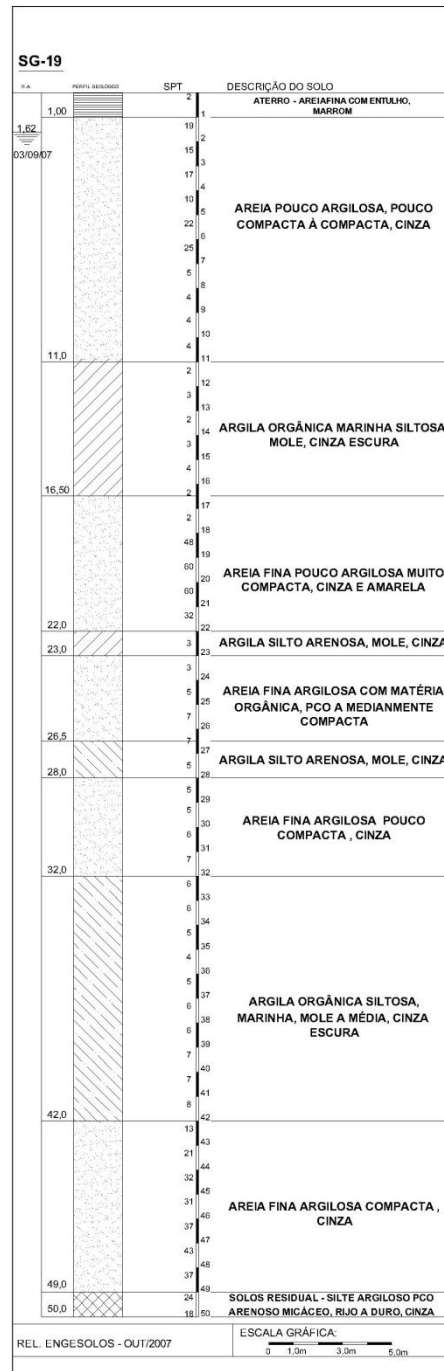


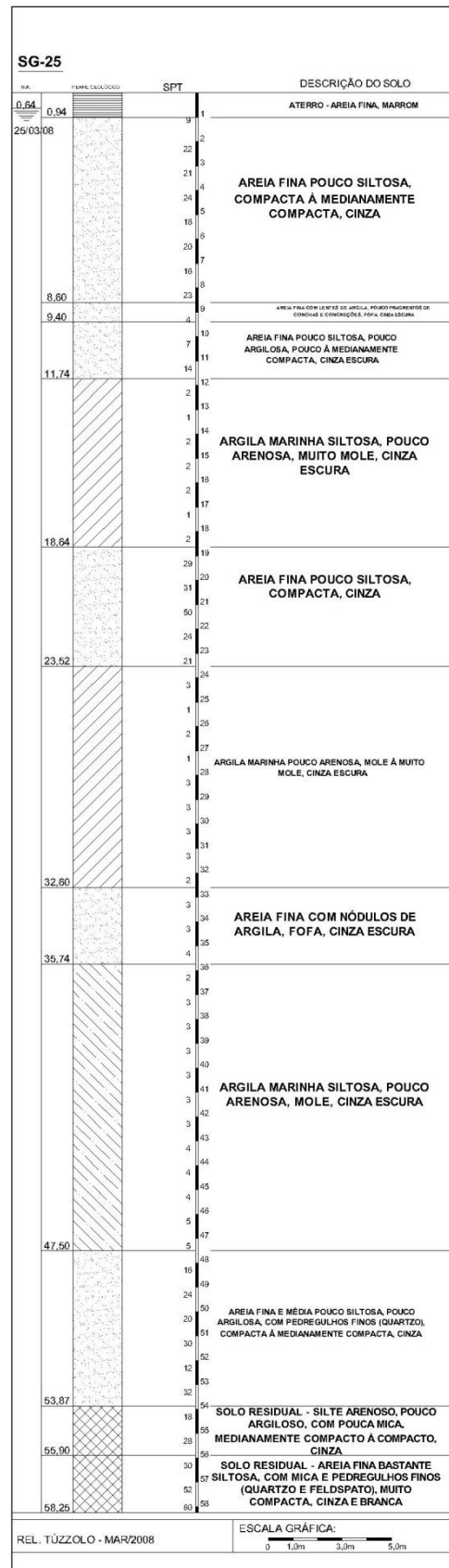
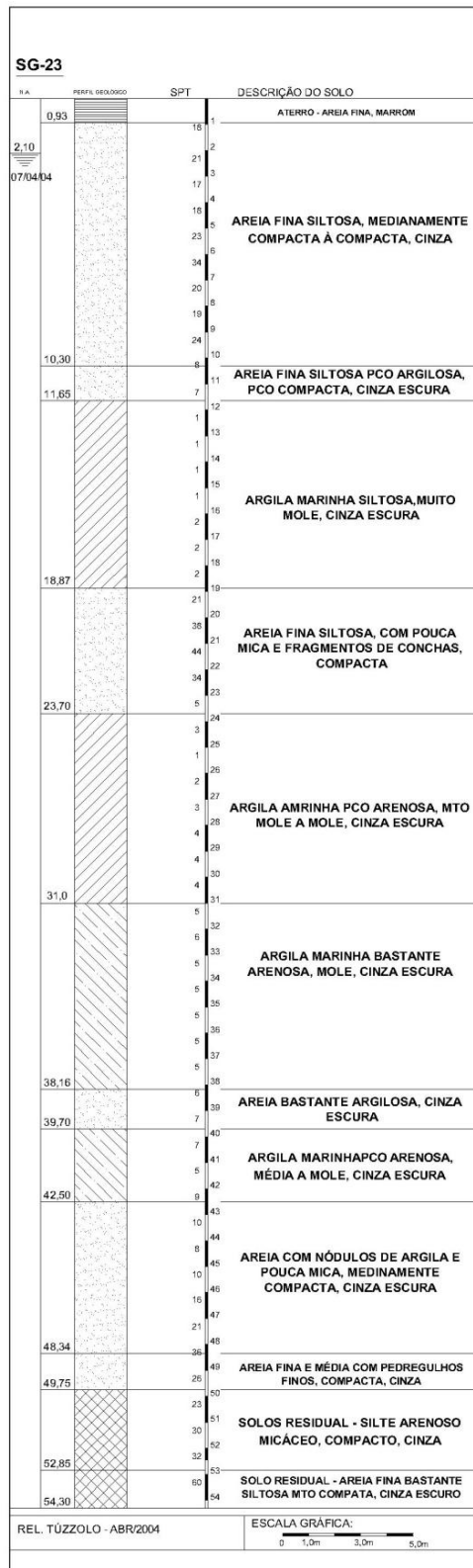
ANEXO E - SONDAGENS DE REFERÊNCIA SEÇÕES
TRANSVERSAIS (Praia – Centro)

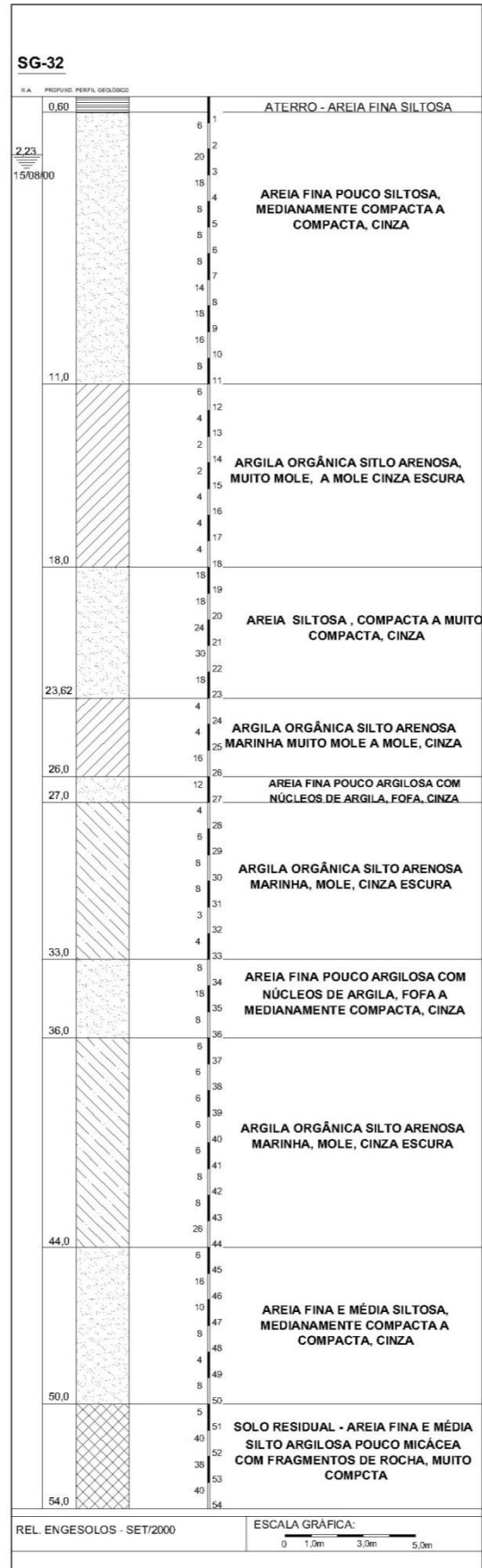
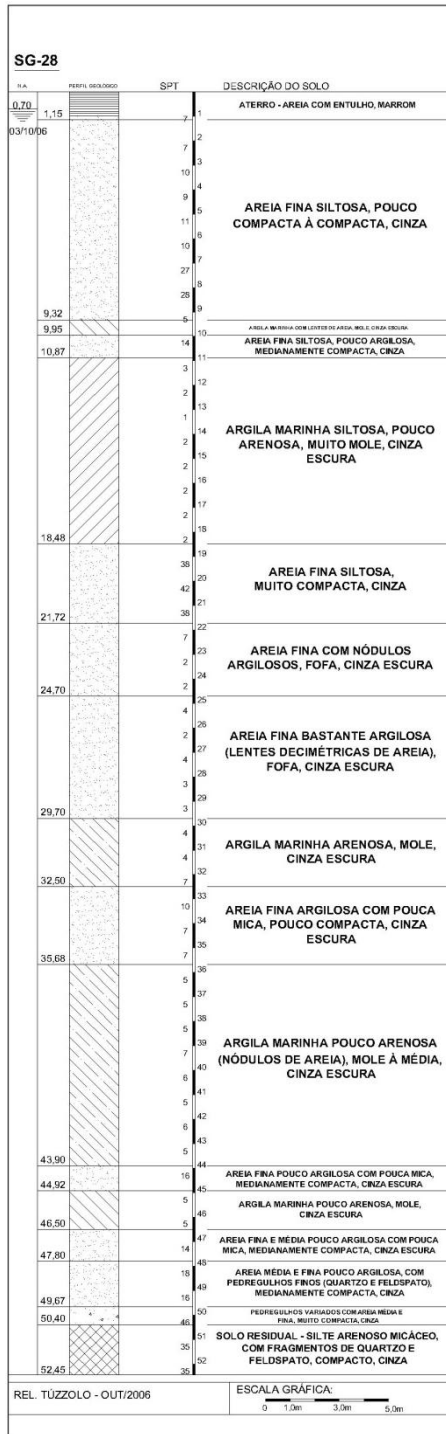


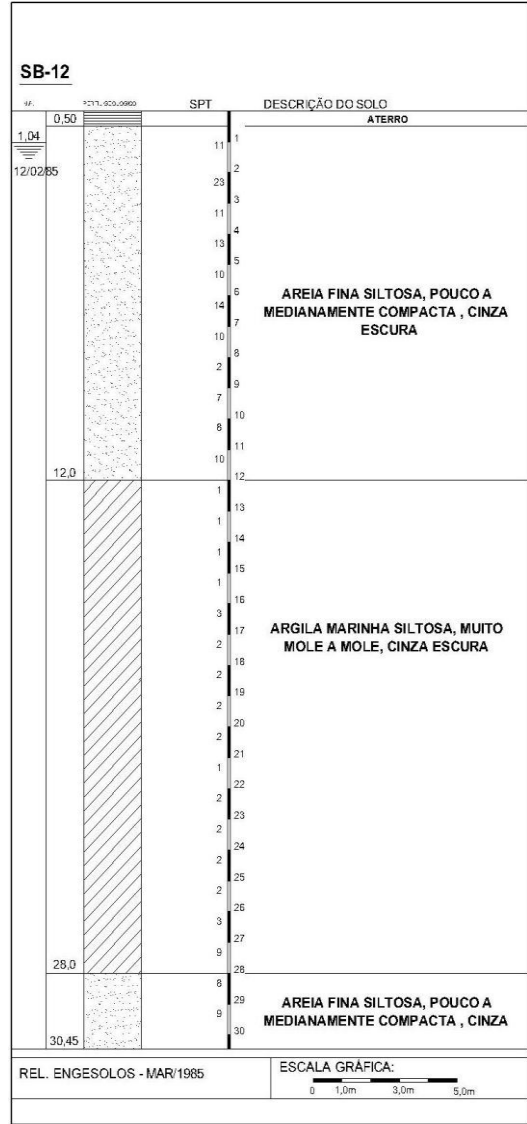
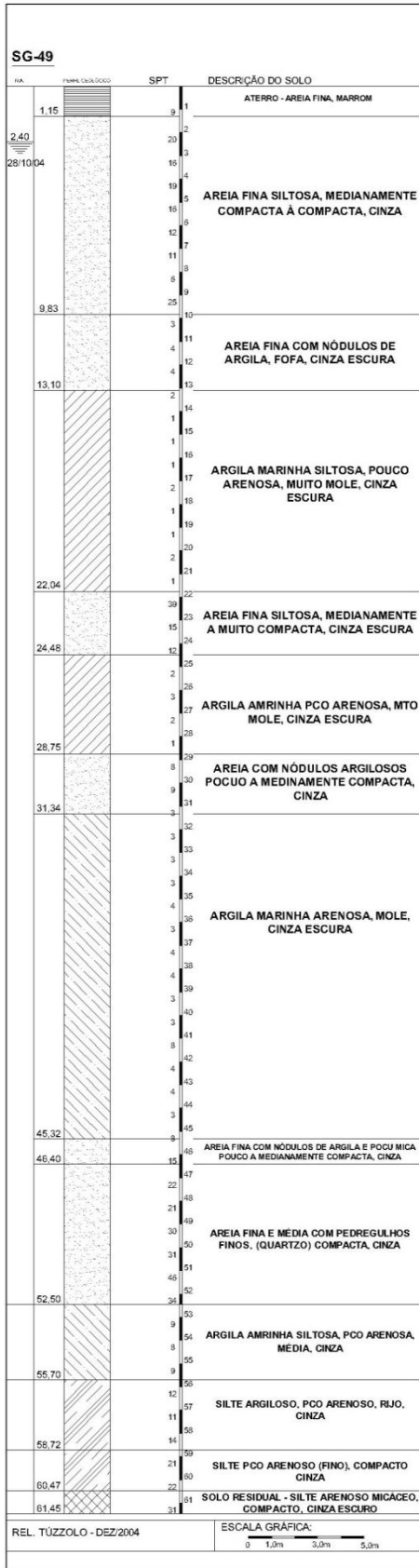


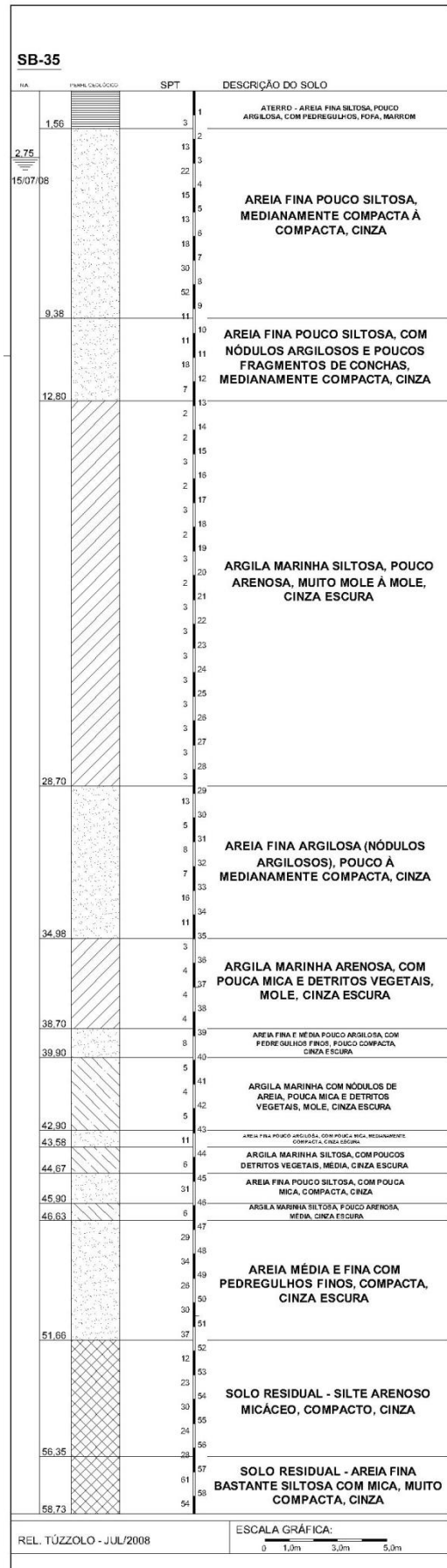
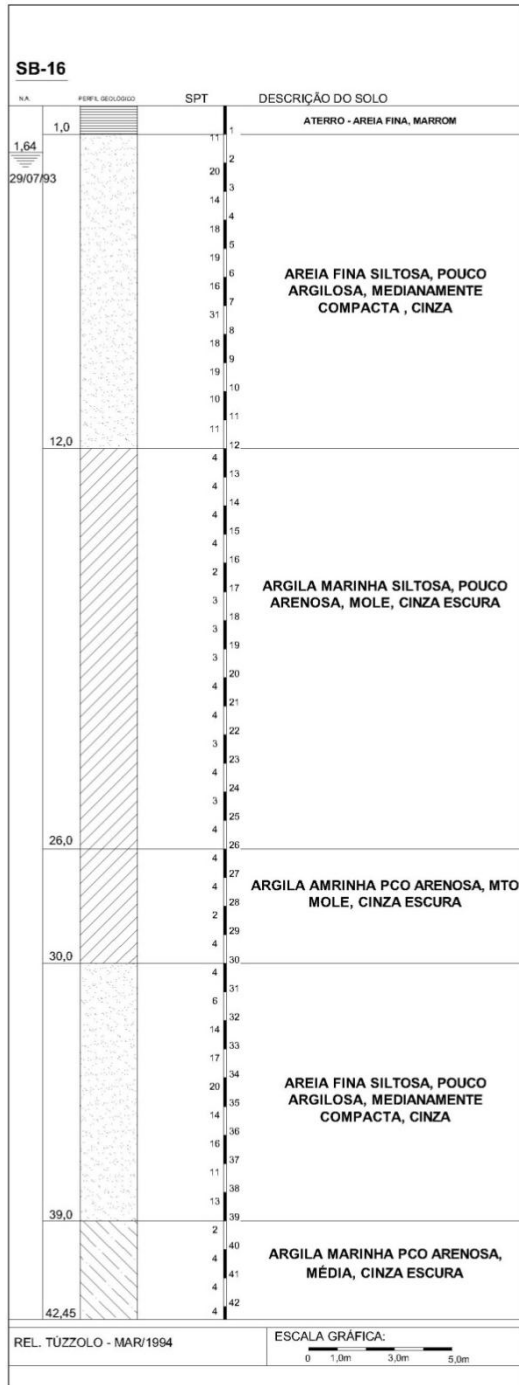


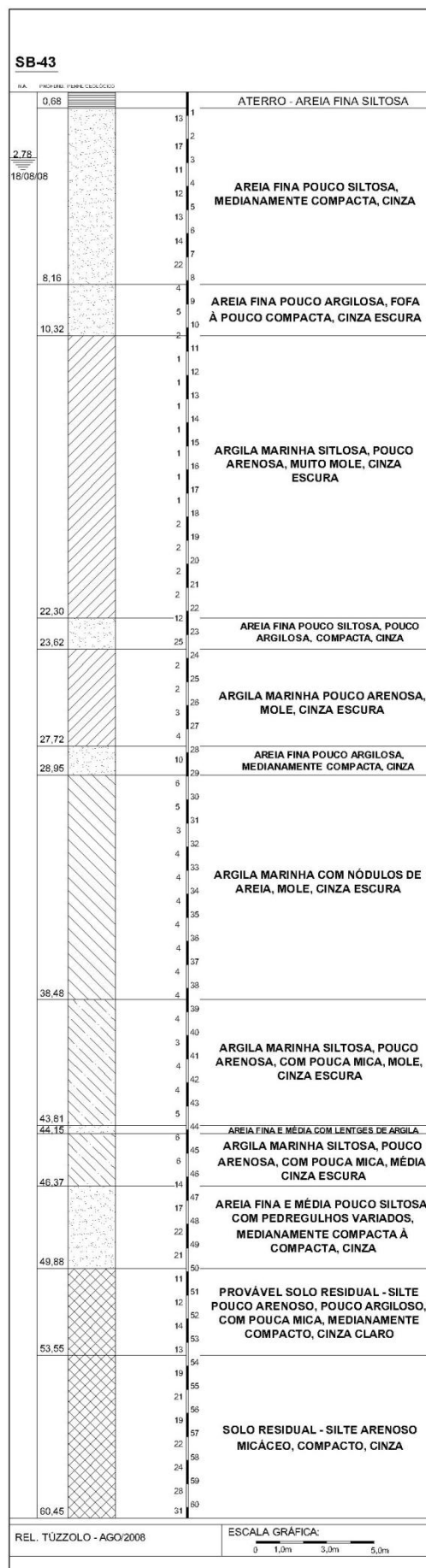
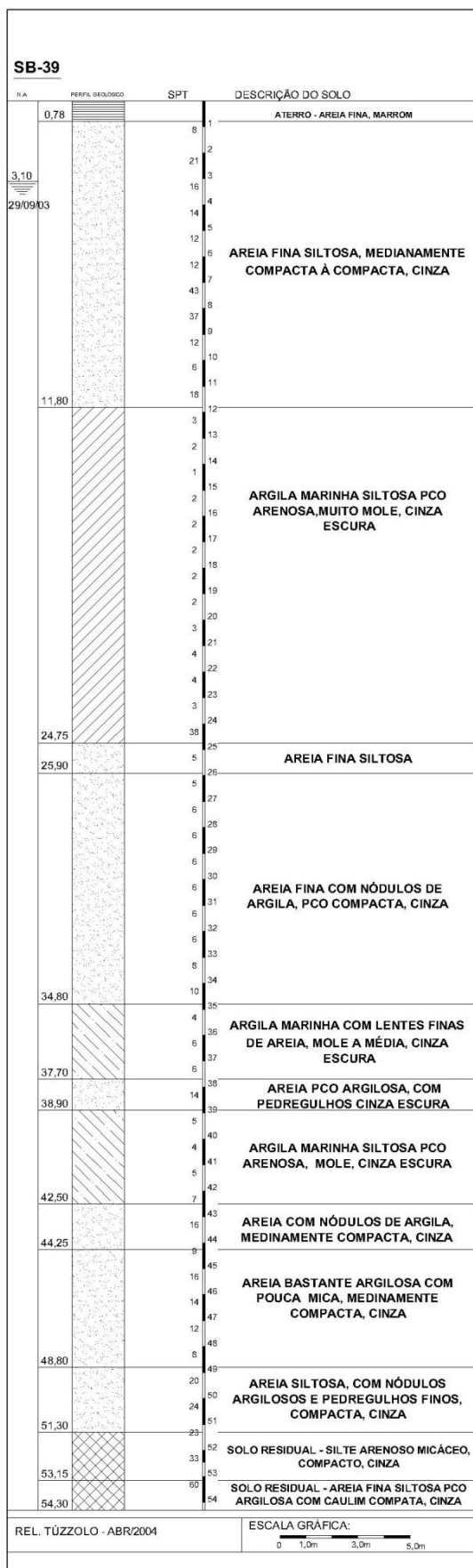


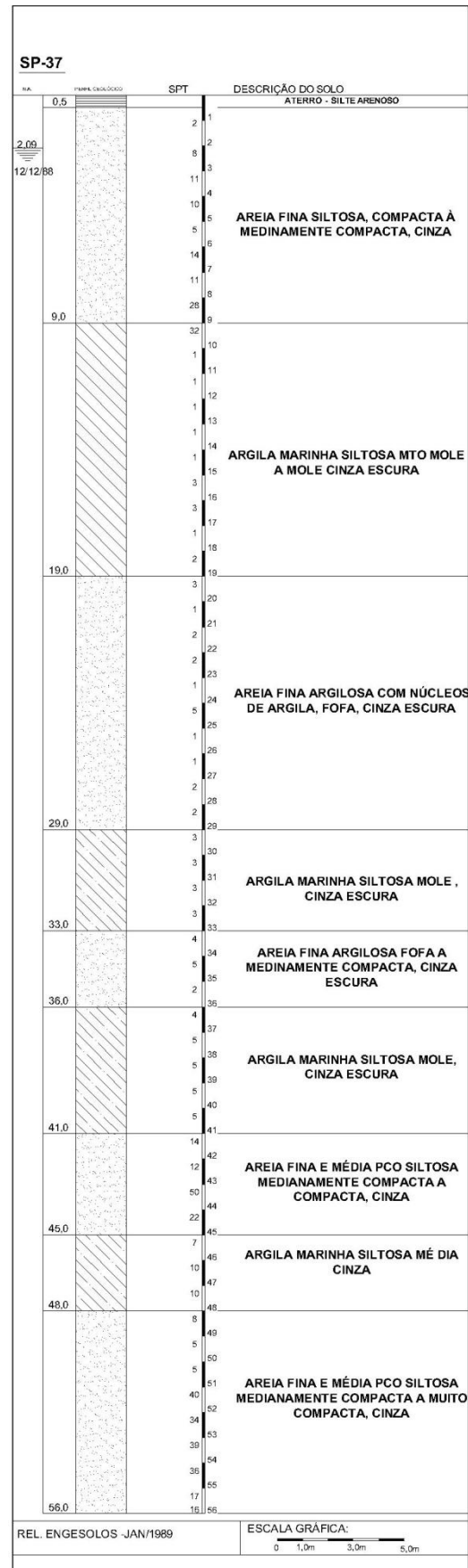
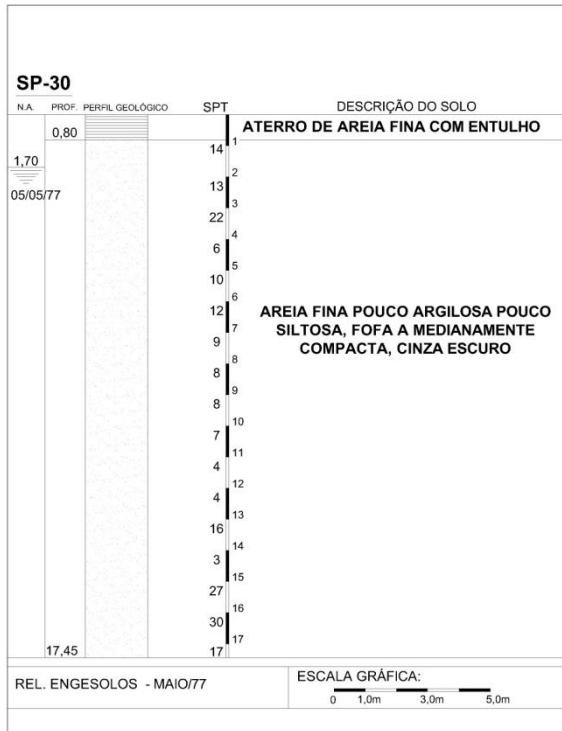


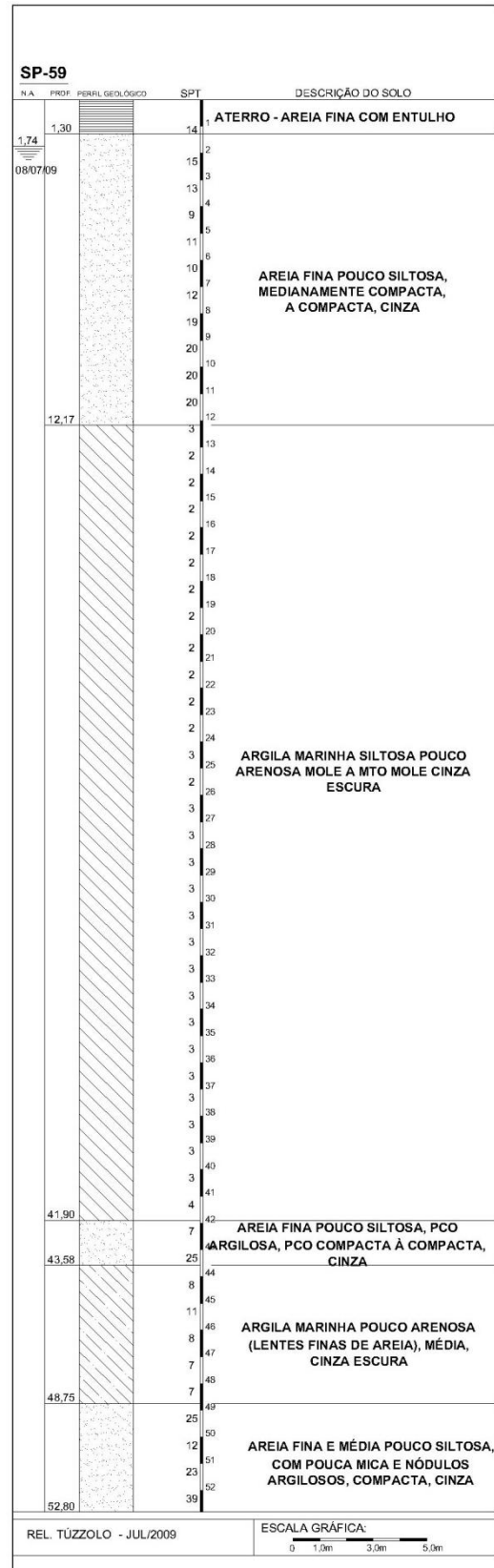
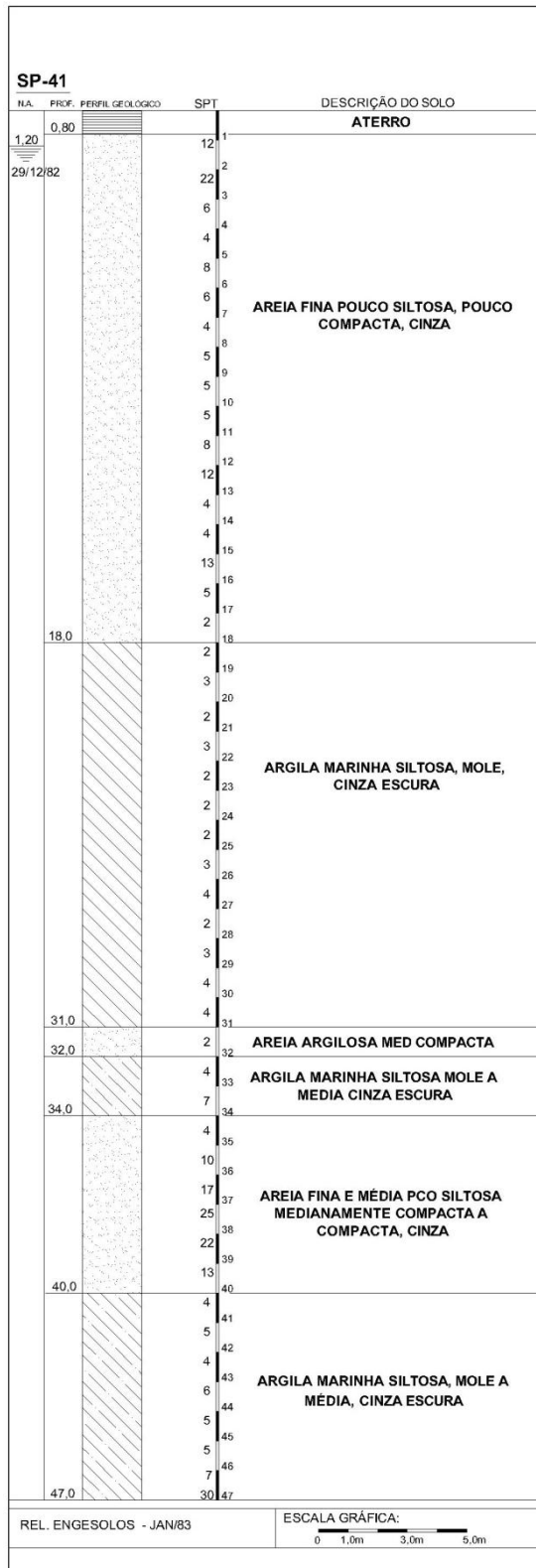


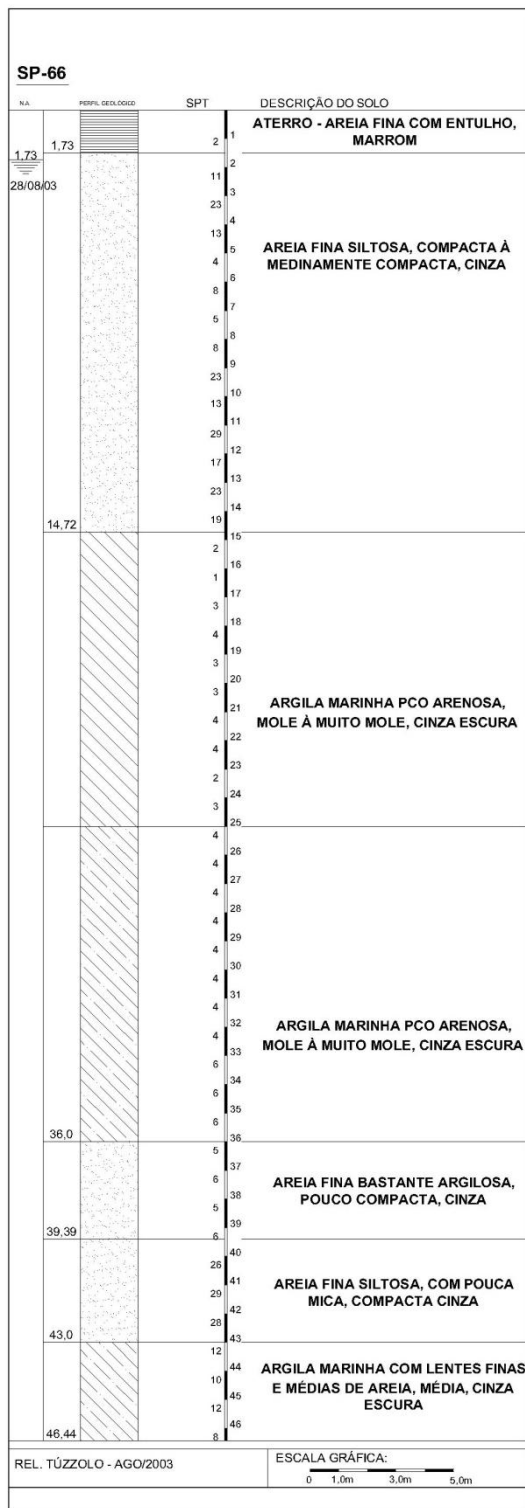
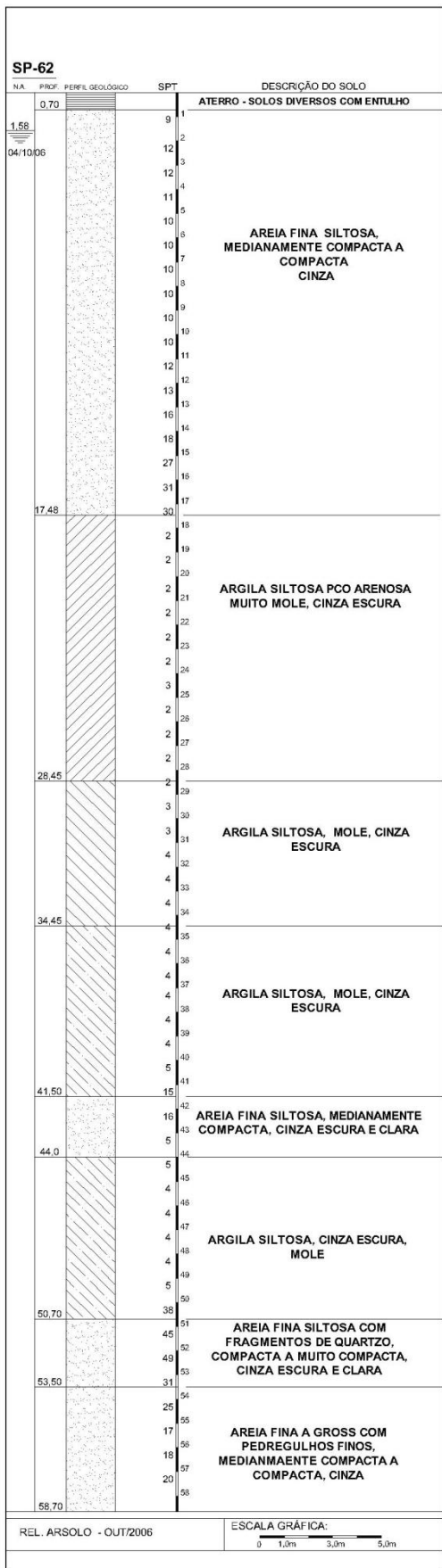












BIBLIOGRAFIA

AB' SABER, A.N. Litoral do Brasil. Ed. Metalivros. São Paulo, 2005

AOKI, Nelson e Velloso, D. Na Aproximate Method to Estimate the Bearing Capacity of Piles. In: V PASCSMFE. Buenos Aires, 1975

ARAÚJO FILHO, J.R. A Expansão Urbana de Santos. A Baixada Santista Aspectos geográfico. EDUSP. São Paulo, 1964. vol.3.

BJERRUM, I. Engineering Geology of Norweian Normally Consolidated Marine Clays as Related to Settlement of Buildings. In: Geotechnique 18 (2). Jun, 1967.

CARDOSO, Denise S. Análise dos Recalques de Alguns Edifícios da Orla Marítima de Santos: Dissertação de mestrado apresentada à Escola Politécnica da USP – Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002.

GERBER Inácio; GOLOMBEK Sigmundo; COLOTTO Armando S.A. Estabilização de recalques e tentativa de endireitamento de prédio 18 pavimentos em Santos. In: Congresso Panamericano de Mecânica de Suelos Y Cimentaciones. Buenos Aires, 1975. Anais. vol3.

DICIONÁRIO.PRO. Disponível em: <http://www.dicionario.pro.br/dicionario/>. Acesso em outubro. De 2008

GEOCITIES. Disponível em: http://br.geocities.com/guaruja_1/. Acesso em fevereiro de 2008

GONÇALVES, Heloisa.H; OLIVEIRA, Nilene.J. Parametro Geotécnicos das Argilas de Santos. In: XII Cobranseg, 2002. Anais. vol

GONÇALVES, Heloisa.H; OLIVEIRA, Nilene.J. O Edifício da Universidade Santa Cecília: Medidas de Recalque desde o Início da Obra . In: Workshop Passado Presente e Futuro dos Edifícios da Orla Marítima de Santos. Santos, 2003

GONÇALVES, Heloísa. H. Santos' Inclined Buildings. In: Revista Saint Petersburg Rússia, 2004. n.9:132-155

GONÇALVES, Heloísa H.S. Comportamento das Argilas moles: Aplicações a Problemas práticos da Engenharia Civil. Tese de Livre Docência apresentada à Escola Politécnica da USP – Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

GONÇALVES, Heloísa. H. Histórias e Lendas de Santos: Prédios inclinam mais que Pisa. Disponível em <http://www.novomilenio.inf.com.br>. Acesso em jan.2008.

FALCONI, Frederico; AZEM, Fábio; Hachich, Waldemar. Proposta de Renivelamento de Prédio em Santos. In: Workshop Passado Presente e Futuro dos Edifícios da Orla Marítima de Santos. Santos, 2003.

JAMIOLKOWSKI, Michele. B. The leaning Tower of Pisa. In: 15th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. Istanbul, 2000. Anais. vol4.

Maffei, Carlos. E. M; Gonçalves, H. H; Pimenta, P. M. The Plumbing of 2,2^o Inclined Tall Building. In: 15th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. Istanbul, 2000. Anais. vol 3.

MAFFEI, Carlos.E.M; GONÇALVES, Heloísa H.S; PIMENTA, Paulo. M. Renivelamento do Edifício Núncio Malzone: Projeto e Aspectos Estruturais. In: Workshop. Passado Presente e Futuro dos Edifícios da Orla Marítima de Santos. Santos, 2003

MASSAD, Faiçal. As Argilas Quaternárias da Baixada Santista: Características e Propriedades Geotécnicas. Tese de Livre Docência apresentada à Escola Politécnica da USP – Universidade de São Paulo. São Paulo, 1985.

MASSAD, Faiçal. Reinterpretação de Sondagens de Simple Reconhecimento da Baixada Santista, à Luz dos Novos Conhecimentos sobre a origem Geológica dos Sedimentos Quaternários. In: VIII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações. Porto Alegre, 1986b. Anais. vol 2.

MASSAD, Faíçal. O Sobreadensamento das Argilas Quaternárias da Baixada Santista. In: VIII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações. Porto Alegre, 1986 c. Anais. vol2.

MASSAD, Faíçal. As Argilas Transicionais (Pleistocênicas) do Litoral Paulista: Características Geotécnicas e Propriedades de Engenharia. In: VIII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações. Porto Alegre, 1986. Anais. vol2

MASSAD, Faíçal. História Geológica e Propriedades dos Solos das Baixadas: Comparação entre Diferentes Locais ao Longo da Costa Brasileira. In: Simpósio sobre Depósitos Quaternários das Baixadas Litorâneas Brasileiras. Rio de Janeiro, 1988 a. Anais. vol1.

MASSAD, Faíçal. Propriedades dos Sedimentos Marinhos. In: Solos do Litoral de São Paulo. livro editado pela ABMS. São Paulo, 1994.

MASSAD, Faíçal; PEREZ, Francisco.S. O Efeito Combinado das Oscilações Negativas do Nível do Mar e do Envelhecimento no Sobreadensamento das Argilas Marinhas Holôcênicas de Santos. In:Revista Solos e Rochas. Abril, 1997. vol 20(1).

MASSAD, Faíçal. Baixada Santista: Implicações da História Geológica no projeto de Fundações. In: Revista Solos e Rochas. Abril, 1999. vol 22(1).

MASSAD, Faíçal. Características Geológicas e Geotécnicas dos Solos da Baixada Santista com ênfase na Cidade de Santos. In: Workshop Passado Presente e Futuro dos Edifícios da Orla Marítima de Santos. Santos, 2003

MASSAD, Faíçal. A Ação de Dunas nas Argilas Marinha e os Edifícios Inclinados de Santos. In: V Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnia. São Paulo, nov. 2004.

MASSAD, Faíçal. Sobre o Uso de ensaios de Piezocone no Aprofundamento dos Conhecimentos das Argilas Marinhas de Santos, Brazil. In:9 Congresso Nacional de Geotecnia. Aveiro, Portugal, 2004. Anais. vol1

MASSAD, Façal. Os edifícios de Santos e a História Geológica Recente da Baixada Santista. In: V Geosul. Porto Alegre, 2006. Anais. vol1

MASSAD, Façal. Cidade de Santos, Brasil: Os Recalques dos Edifícios e o Sobreadensamento Errático dos Solos Moles. In: Congresso Luso Brasileiro de Geotecnia. Coimbra, 2008-a.

MASSAD, Façal. Os edifícios de Santos e a História Geológica Recente da Baixada Santista. In: V Geosul. Porto Alegre, 2008-b. Anais. vol1.

MASSAD, Façal. Solos Marinhos da Baixada Santista características e propriedades geotécnicas. Oficina de textos. São Paulo, 2009

MACHADO, José. Estudos de Recalques de Fundações Diretas em Santos. In: I Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações. Porto Alegre, 1954. Anais. vol2

MACHADO, José. Estudo Comparativo de Recalques Calculados e Observados em Fundações Diretas em Santos. In: II Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações. Recife e Campina Grande, 1958. Anais. vol1.

MENDES, Carlos. P. História do porto: No tempo dos trapiches. Disponível em: <http://www.novomilenio.inf.com.br>. Acesso em nov. 2008

MONDIN, Leda. Histórias e Lendas de Santos: Ponta da Praia um Bairro de Contrastes. Disponível em: <http://www.novomilenio.inf.com.br>. Acesso em nov. 2008

NOVO MILENIO. Disponível em: <http://www.novomilenio.inf.br>. Acesso em julho de 2008.

NUNES, Luis Antônio. P. Edifícios Inclinados de Santos Aspectos Sociais e Urbanísticos. In: Workshop Passado Presente e Futuro dos Edifícios da Orla Marítima de Santos. Santos, nov. 2003.

OLIVEIRA, Nilene. J. Estudo Comparativo de Recalques observados e Calculados utilizando a Teoria de Terzaghi: O caso de um edifício situado em Santos. Dissertação de mestrado apresentada à Escola Politécnica da USP - Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.

PETRONE, Pasquale. Povoamento e população. A Baixada Santista Aspectos Geográficos. EDUSP. São Paulo, 1964. vol2.

PROJETO ORLA, Programa Piloto. SEIXAS, Nilene J.O; DAMIN, Orlando C.B; SANTOS, Laureana O; GOMES, Leonardo F; PINHEIROS MATEUS, Marcelo; Dias, Marianna S; Projeto não publicado pela Prefeitura Municipal de Santos. Santos, 2004

RANZINE, Stelvio. M.T. Stabilization of leaning structures: The Tower of Pisa case. In: Géotechnique, 2001. v.51, n.7.

RANZINI Stelvio M.T. Estabilização de Edifícios Inclinados: Nova Abordagem (com vistas aos casos de baixadas litorâneas).In: Workshop Passado Presente e Futuro dos Edifícios da Orla Marítima de Santos.Santos, 2003

RODRIGUES, José C. As Bases Geológicas. A Baixada Santista Aspectos Geográficos. EDUSP. São Paulo, 1964. vol1.

SANGLERAT, G. The Penetrometer and Soil Exploration Interpretation of Penetration Diagrams Theory and Practice. In: Elsevier Publishing Company. Amsterdam and New York, 1972

SANTOYO Enrique V; SHELLEY Efraim O. Cement Injection in Mexico City for Leveling Buildings. In: Workshop Passado Presente e Futuro dos Edifícios da Orla Marítima de Santos. Santos, 2003

SCHNAID, Fernando. Ensaio de Campo e suas aplicações à Engenharia de Fundações. Oficina de textos. São Paulo, 2000

SUGUIO, Kenitio; MARTIN. Louis. Formações Quaternárias Marinhas do Litoral Paulista e Sul Fluminense. Publicação Especial nº 1: Quaternary Marine Formation of the State of São Paulo and Southern Rio de Janeiro In: International Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary. São Paulo, 1978

SUGUIO, Kenitio; MARTIN. Louis. Progress in Research on Quaternary Sea Level Changes and Coastal Evolution in Brazil, Preprint: variations in sea level in the last 15,000 years, Magnitude and causes . Univ. South Caroline, USA,1981

SUGUIO, Kenitiro; MARTIN. Louis. Geologia do Quaternário. In: Solos do Litoral de São Paulo. livro editado pela ABMS. São Paulo, 1994

SUGUIO, Kenitiro. Avaliação da Dinâmica Sedimentar no Litoral Brasileiro em Diferentes Escalas Temporais. Aula Inaugural de 1996. São Carlos.1996

TEIXEIRA, Alberto H. Caso de um edifício em que la Camada de Arcilla (Santos) se Encontraba Inusitadamente Preconsolidada. In: Congresso Panamericano de Suelos Y Cimentaciones. México, 1960-a. Anais. vol1

TEIXEIRA, Alberto H. Condiciónes Típicas del Subsuelo Y Problemas de Asiento em Santos, Barasil. In: Congresso Panamericano de Mecanica de Suelos Y Cimentaciones. México,1960-b. Anais. vol1.

TEIXEIRA, Alberto H.– Fundações Rasas na Baixada Santista. In: Solos do Litoral de São Paulo. livro editado pela ABMS. São Paulo, 1994.

VARGAS, Milton. Fundação em Santos é Problema: Recalque é Questão de Temperamento. Evento I.E de São Paulo. O Dirigente Construtor 2. São Paulo, 1965.

VARGAS, Milton. Historia dos Conhecimentos Geotécnicos: Serra do Mar. In: Solos do Litoral de São Paulo. Livro editado pela ABMS. São Paulo, 1994.

VELLOSO, D. Capacidade de carga por meio do SPT. In: SEFE II. São Paulo, 1991. Anais vol 2.

WIKIPÉDIA. Disponível em: [http:// www.wikipedia.org/wiki/Santos](http://www.wikipedia.org/wiki/Santos). Acesso em fevereiro de 2008

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

CINTRA, José Carlos. A. Didática e Oratória com Data-Show. Ed. Compacta. São Carlos. São Paulo, 2008

GOOGLEEARTH. Disponível em: [http:// www.Googleearth.com](http://www.Googleearth.com). Acesso em janeiro de 2008, março de 2009

GOOGLE MAPS BRASIL. Disponível em: <http://maps.google.com.br>. Acesso em maio de 2009

MANUAL DE ESTILO EDITOR ABRIL: Um manual prático de redação para jornalistas, escritores, editores, estudantes e profissionais ou amadores 3º edição editora Nova Fronteira

SEVERINO, Antonio J. Metodologia do Trabalho Científico. 23 edição. Editora Cortez.

SOUSA PINTO, Carlos. Curso Básico de Mecânica dos Solos. Oficina de textos 2 edição. São Paulo, 2002

VIVA SANTOS. Disponível em: [http:// www.vivasantos.com.br](http://www.vivasantos.com.br). Acesso em janeiro de 2008