

S

tandard

P

enetration

T

est

Standard Penetration Test

Ensaio de Penetração Dinâmica

DESCRIÇÃO GERAL DO ENSAIO SPT

O **SPT** é um ensaio dinâmico que consiste em cravar no fundo de um furo de sondagem, devidamente limpo, um amostrador normalizado.

O SPT desenvolvido em 1927 é hoje um dos ensaios correntemente mais usados e o mais económico para obter informação sobre solos de fundações.

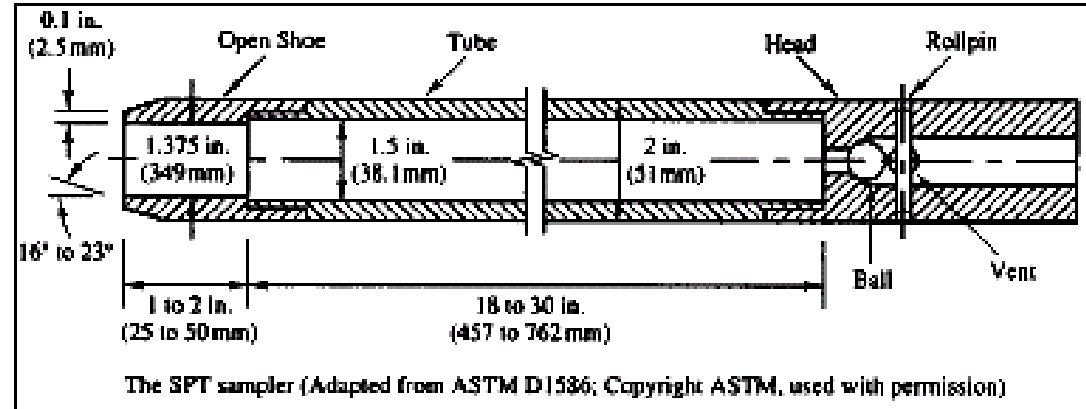
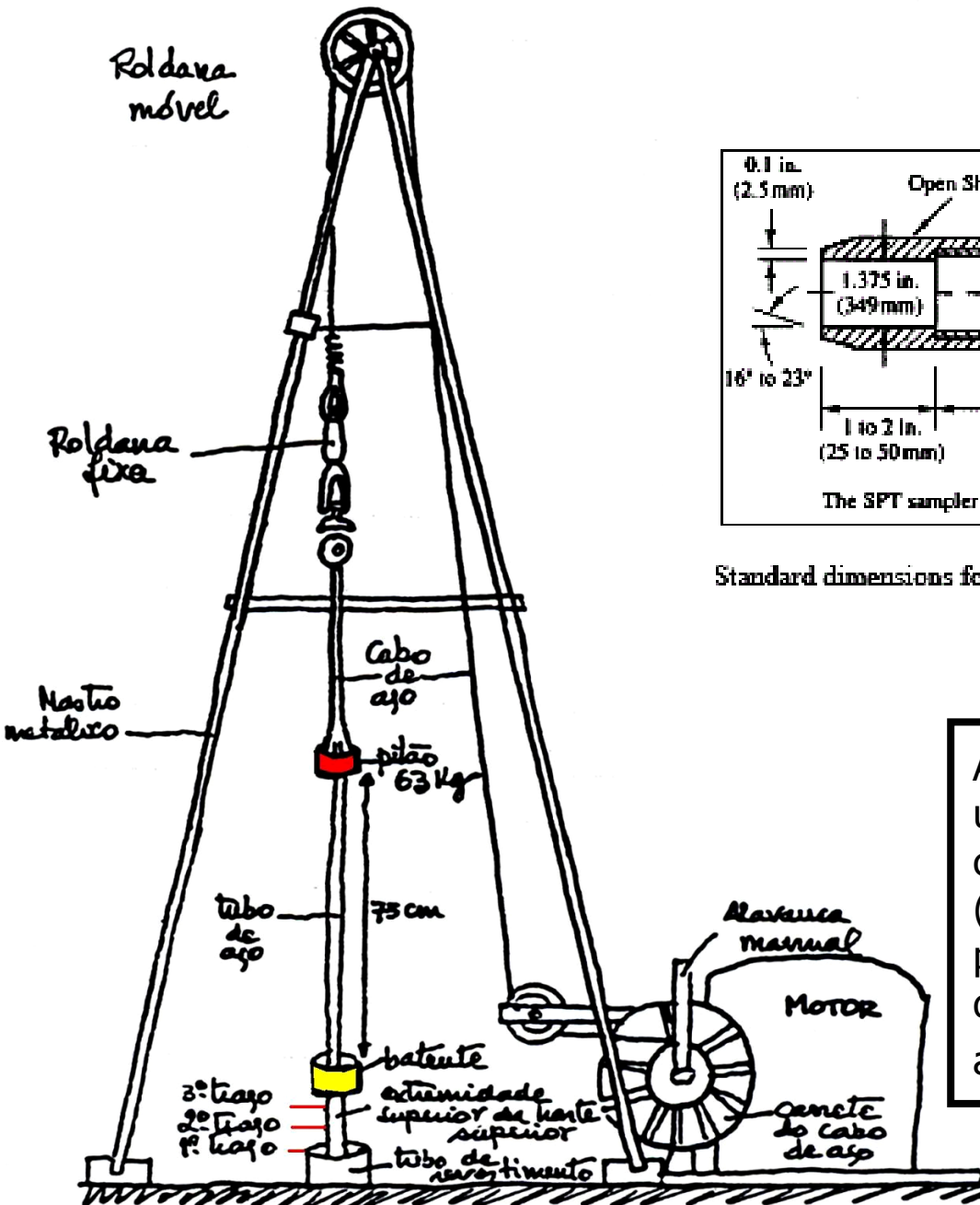
Estima-se que 85% to 90% das fundações convencionais nos EUA usem o SPT.

O método foi estandardizado em 1958 como ASTM D1586.

Na região de Lisboa (até 1991) realizaram-se mais de 16 000 ensaios em cerca de 1 800 sondagens, sendo o primeiro datado de 1953.

SPT – EQUIPAMENTO E MEDIÇÕES

Amostrador



Standard dimensions for the SPT sampler, as given in ASTM D1586.

A cravação é feita recorrendo-se a um pilão com 63.5 kgf de peso que cai livremente de uma altura de 30'' (~ 75 cm), sobre um batente que por sua vez está ligado a um trem de varas, cuja ponta é um amostrador normalizado.

Fase 1

O amostrador é cravado 15 cm, registrando-se o respectivo número de pancadas; a esta fase correspondem em regra solos remexidos pelo que o valor obtido nesta fase é meramente indicativo.

Fase 2

O amostrador é cravado mais 30 cm, sendo o resultado do ensaio SPT o número de pancadas (N) obtido. Se após 60 pancadas, a penetração não atingir os 30 cm, termina-se o ensaio medindo a penetração obtida.

PM

Penetração com o peso do material

n1

Nº pancadas para atingir 15 cm
ou
Penetração conseguida
com 30 pancadas

N

Nº pancadas para atingir 30 cm
ou
Penetração conseguida
com 60 pancadas
(repartido em duas medições
 $N = n2 + n3$)

SPT – DOMÍNIO DE APLICAÇÃO

Solos finos

homogéneos

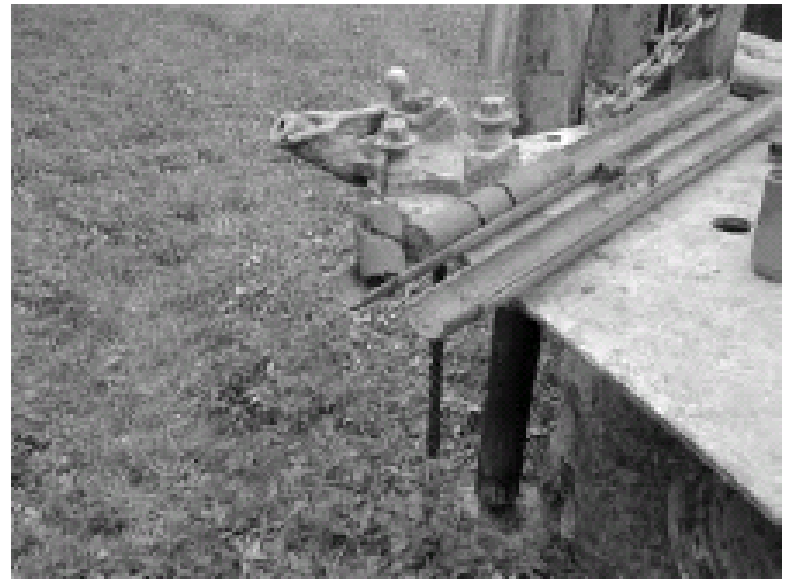
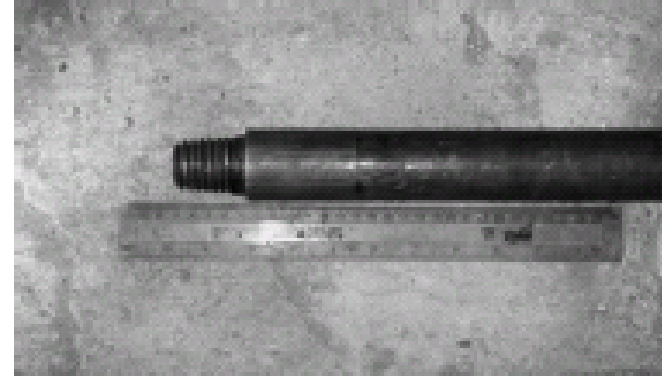
pouco consolidados

areias • siltes • argilas





Ensaio de penetração dinâmica SPT



SPT – INTERPRETAÇÃO DE RESULTADOS

(CORRELAÇÕES COM PROPRIEDADES FÍSICAS DOS SOLOS)

CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS COERENTES QUANTO À SUA CONSISTÊNCIA

CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS	MUITO MOLE	MOLE	CONSISTÊNCIA MÉDIA	DURO	MUITO DURO	RIJO
PENETRAÇÃO SPT N	0 - 2	2 - 4	4 - 8	8 - 15	15 - 30	30
TENSÃO DE ROTURA kgf/cm ²	0 - 0.25	0.25 - 0.50	0.50 - 1.00	1.00 - 2.00	2.00 - 4.00	>4.00

Há tabelas distintas para solos arenosos e solos argilosos

SPT – CORRECÇÕES AO VALOR **N** DO ENSAIO

Factores correctivos:

$$(N_1)_{60} = ER_{\gamma}/60 \cdot \lambda \cdot C_N \cdot N \dots$$

ER_{γ} – eficiência

λ - factor de correcção do comprimento das varas

C_N – factor de correcção da tensão efectiva de recobrimento (areias)

Energia de Cravação

Factor correctivo relacionado com a energia de cravação ($ER_v/60$):

Considerou-se para efeitos de normalização uma eficiência de 60% para o sistema de cravação, isto é, só 60% da energia potencial (produto da massa pela altura de queda do pilão) atinge o extremo inferior do equipamento.

Os equipamentos com dispositivo de disparo automático do pilão apresentam uma eficiência da ordem dos 60%, enquanto que os equipamentos mais antigos em que é necessário elevar e largar o martelo através de um dispositivo de corda e roldana, as perdas de energia são bastante superiores e a eficiência reduz para valores da ordem dos 45%.

(Nota: $45\% / 60\% = 0.75$ – Assim, por exemplo, um resultado de $N=20$ obtido num equipamento de corda e roldana é equivalente a um resultado de $N=15$ num equipamento de disparo automático do pilão.

Factores Correctivos

Tensão efectiva de recobrimento

Factor correctivo relacionado com a tensão efectiva de recobrimento (EC7):

Tipo de areia	Compacidade relativa I_D (%)	C_N
Normalmente consolidadas	40 a 60	$2/(1+\sigma'_v)$
	60 a 80	$3/(2+\sigma'_v)$
Sobreconsolidadas		$1,7/(0,7+\sigma'_v)$

Nota: σ'_v em $\text{kPa} \times 10^{-2}$, assim para uma tensão efectiva de recobrimento de 100kPa tem-se $\sigma'_v=1$ e $C_N=1$

Não são recomendáveis valores de C_N superiores a 2 (ou preferivelmente 1,5)

Skempton(1986): $N_{60} = I_D^2 (a + b \sigma'_v)$ ($a, b \rightarrow \text{material}$)

Comprimento das varas

Factor correctivo relacionado com o comprimento das varas (EC7):

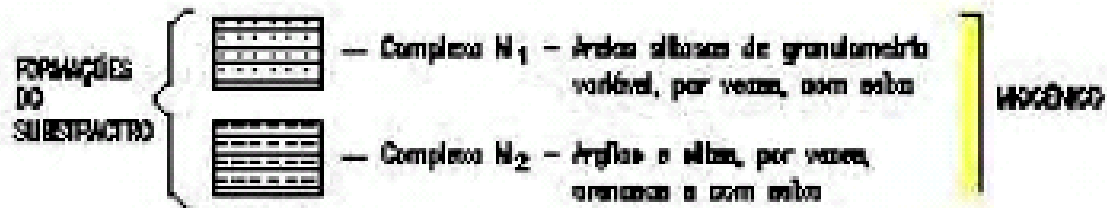
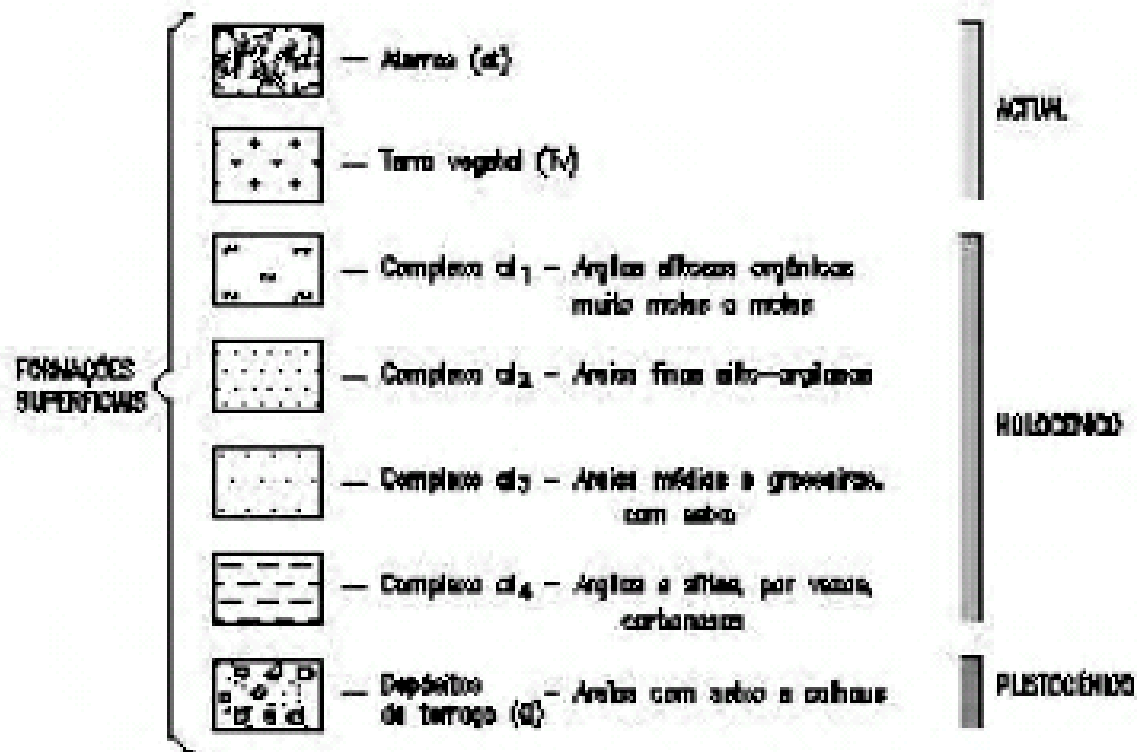
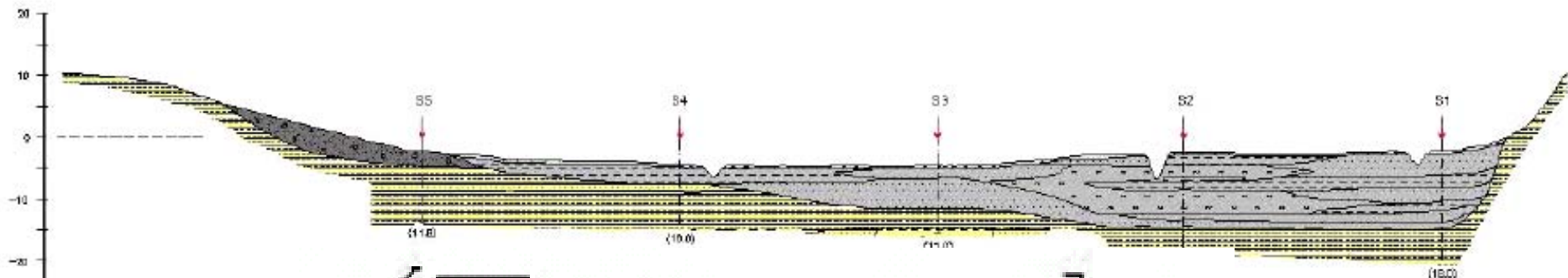
Comprimento total das varas (m)	λ
3 – 4	0,75
4 – 6	0,85
6 – 10	0,95
> 10	1,0

EXEMPLOS DE APLICAÇÃO DO SPT

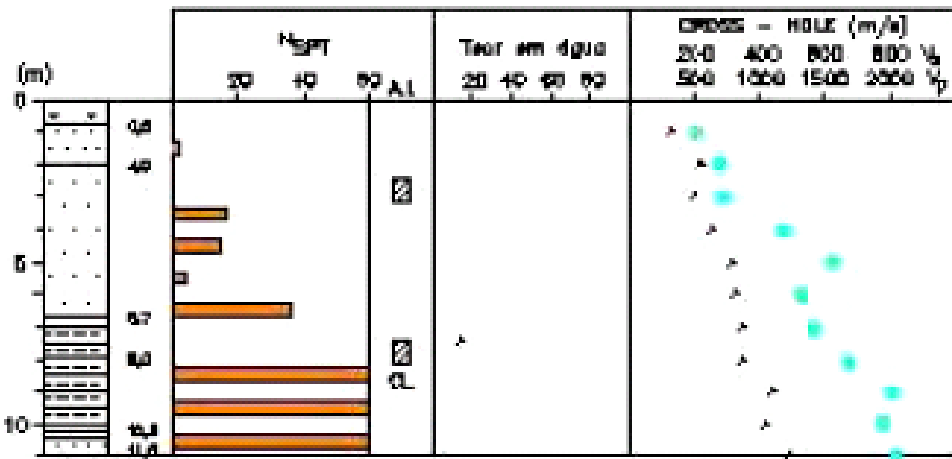
OTA

PONTE VASCO DA GAMA

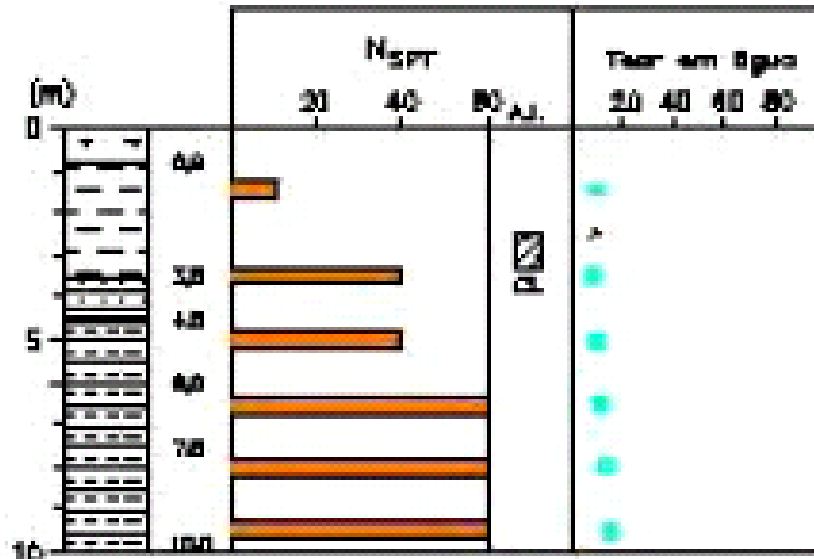
Coimbra (Aplicação prática na aula)



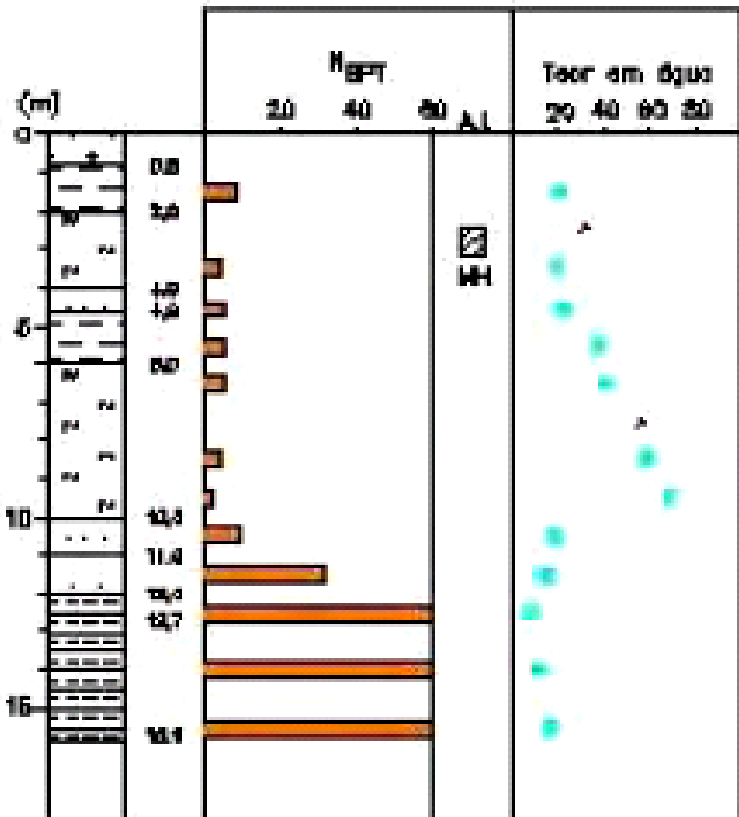
Stationspunkt 1



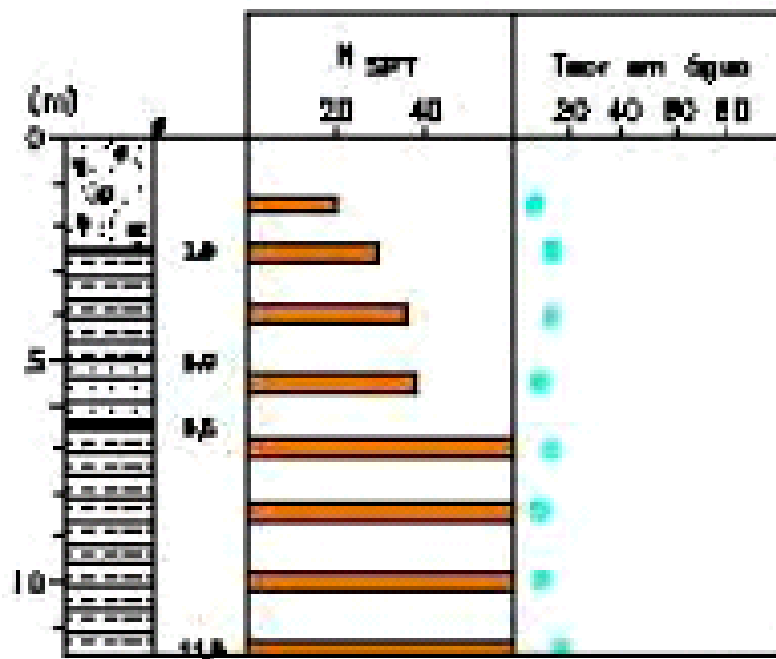
Stationspunkt 2



Stationspunkt 3



Stationspunkt 4



Ponte Vasco da Gama (Lisboa - Montijo)

Prospecção geotécnica, ensaios in situ e ensaios em laboratório

Programas preliminar e complementar

Sondagens

- 114 com **ensaios SPT** (espaçamento 1,5 a 4 metros)
- 7 com **amostragem indeformada**

Foram intersectadas as seguintes formações :
Aterros (At), aluviões (**a₀, a₁, a₂, a₃**),
PQ – Pliocénico-Quaternário e **M** – Miocénico

Ensaio sísmicos entre furos

Determinação de **V_p** e **V_s** e **E** (módulo de elasticidade)

Ensaio in situ

- 19 Ensaio **pressiométricos**
tensão in situ horizontal
módulo pressiométrico em regime de carga e descarga
- 18 Ensaio ao **corte não drenado**
- 112 Ensaio de **penetração estática** (de 28 a 52 metros)
resistência de ponta
resistência lateral

Ensaio de Laboratório

230	Ensaio de identificação tipo de material e granulometria W _I , W _p e S _w
60	Ensaio edométrico S _w (ϕ) Coeficiente de compressibilidade volumétrica (a _v) Coeficiente de consolidação (c _v) Coeficiente de permeabilidade – condutividade hidráulica (k)
58	Ensaio triaxial Coesão Ângulo de atrito (ϕ) Correlações entre tensões e extensões,
13	Ensaio de corte
8	Ensaio químico , etc

TABELA COM A SÍNTESE DE ALGUNS VALORES

SOLOS	a₀	a₁	a₂	a₃	a₄
Espessura (m)	0 - 30	Variável			
USC	CL e CH	SM, SC e SW			
%> # 200	47 - 100	1 - 39			
Wl	33 - 93	0 - 35			
Wp	21 - 38	0 - 24			
Sw	38 - 88	16 - 41			
q _u (kPa)	6 - 41				
c (kpa)	0 - 29		0		
φ	12 - 36		35		
av (m ² /N)	8E-8 – 1,1E-2				
cv (m ² /N)	1,2E8 – 5,8E-7				
k (m/s)	1E-11 – 3,8E-9				
SPT (N)	0 - 6	4 - >>60	12 - >>60	34 - >>60	15 - >>60
CPT (Mpa)	0,1 - 1,2	3 - 36	9,5 - 37	22 - 50	2 - 30
Vp (m/s)	665 - 1526	904 - 1073	1137 - 1671	1209 - 2750	1233 - 2493
Vs (m7s)	51 - 246	111 - 309	212 - 316	267 - 469	157 - 680

