

## **ECV 114 – FUNDAÇÕES E OBRAS DE TERRA**

# ***AULA 02: INVESTIGAÇÕES DO SUBSOLO***

*Prof. Ana Paula Moura*  
*ana.paula.moura@live.com*

# PROGRAMAÇÃO DA AULA

1) Processo de investigação – sondagens;

2) Métodos de investigação do subsolo:

*Poços e trincheiras*

*Sondagens a trado*

*SPT e SPT-T*

*Sondagens rotativas e mistas,*

*CPT*

*Ensaio de palheta – vane test,*

*Ensaio dilatométrico DMT*

*Ensaio pressiométrico PMT.*

# 1. O PROCESSO DE INVESTIGAÇÃO

***“Investigação do material abaixo da superfície terrestre ao longo de uma determinada profundidade (profundidade de estudo).”***

Esta profundidade é função do tipo de estudo realizado:

1. Jazidas para rodovias: 0,20 a 1,20 metros.
2. Fundações para edifícios: 10 a 30 metros.
3. Exploração de petróleo: pode ser mais de 1000 metros.

# 1. O PROCESSO DE INVESTIGAÇÃO

## Objetivos da sondagem:

- Necessidade do conhecimento adequado do solo;
- Descrição, classificação e origem dos elementos geológicos (cor, textura, processo formador);
- Estratigrafia e distribuição geológico-geotécnica das camadas;
- Estimativa da espessura das camadas de solo e/ou rochas;
- Saber resistência da camada investigada;
- Posição do nível d'água;

# 1. O PROCESSO DE INVESTIGAÇÃO

## Objetivos da sondagem:

- Identificação e classificação do solo – coleta de amostras ou outro processo in situ;
- Avaliação das propriedades de engenharia – ensaios de laboratório ou de campo (mais comuns).

# 1. O PROCESSO DE INVESTIGAÇÃO

## Tipos de sondagem:

***Geofísicas: não há necessidade de perfuração do maciço explorado.***

- Métodos sísmicos e métodos elétricos
- Usado para prospecções a grandes profundidades.
- Ex: detector de materiais enterrados (metais).

# 1. O PROCESSO DE INVESTIGAÇÃO

## Tipos de sondagem:

***Mecânicas: há perfuração do maciço explorado.***

- Usados em geral para pequenas profundidades – Até 100 m.
- São chamadas sondagens sub-superficiais.

# 1. O PROCESSO DE INVESTIGAÇÃO

## Tipos de sondagem:

1. Escavação de poços de exploração;
2. Escavação de trincheiras (muito usada para prospecção de jazidas);
3. Sondagens a trado;
4. Sondagens a percussão (muito usada para fundações);
5. Sondagem rotativa (para maciços muito resistentes);
6. Sondagem rotativa = Percussão + Rotativa.

# 1. O PROCESSO DE INVESTIGAÇÃO

## Informações requeridas de um programa de prospecção:

1. Área, profundidade e espessura de cada camada de solo identificado
2. Compacidade das areias e consistência das argilas
3. Profundidade do NA e ocorrência de artesianismo
4. Coleta de amostras indeformadas para quantificar compressibilidade; permeabilidade e resistência
5. Profundidade do topo da rocha ou de camada impenetrável à ferramenta de percussão ou ao avanço por lavagem (sondagem de simples reconhecimento).

## 2. PROGRAMAÇÃO DE SONDAGENS

### Quantidade de furos:

Até 200 m<sup>2</sup> → 2 furos

200 m<sup>2</sup> a 400 m<sup>2</sup> → 3 furos

1200 m<sup>2</sup> a 2400 m<sup>2</sup> → 1 furo para cada 400 m<sup>2</sup> excedidos de 1200

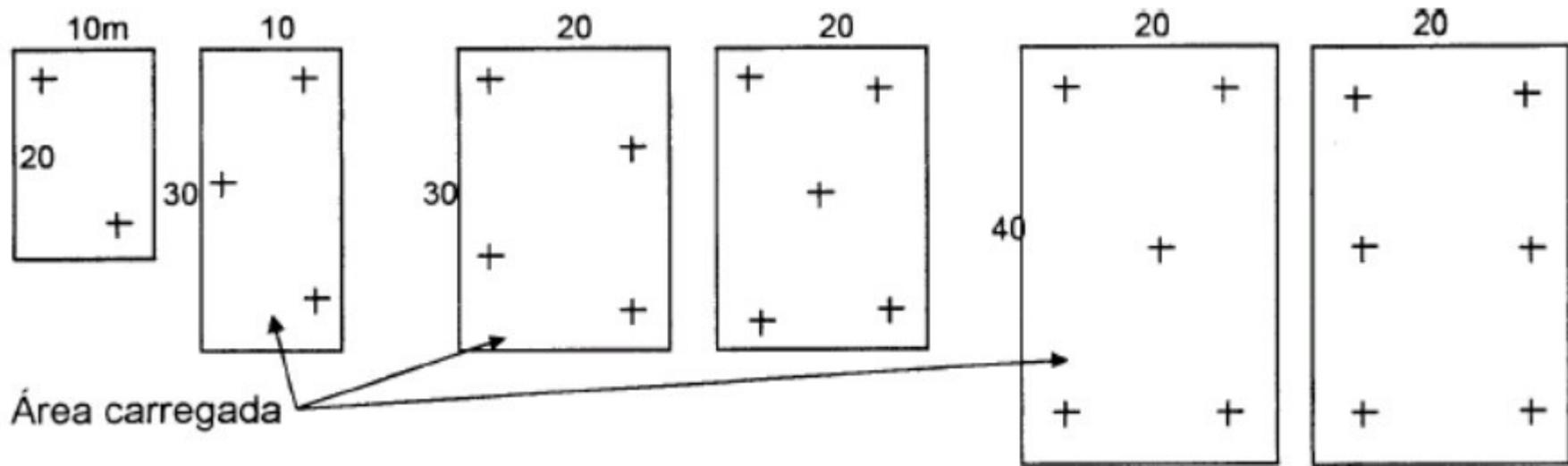
Acima de 2400 m<sup>2</sup> → plano particular da construção

Estudos de viabilidade → mínimo de 3 sondagens e distância máxima de 100m

***ABNT NBR 8036:1983 - Programação de sondagens de simples reconhecimento dos solos para fundações de edifícios - Procedimento***

## 2. PROGRAMAÇÃO DE SONDAGENS

### Quantidade de furos:



***ABNT NBR 8036:1983 - Programação de sondagens de simples reconhecimento dos solos para fundações de edifícios - Procedimento***

## 2. PROGRAMAÇÃO DE SONDAGENS

- Até a profundidade onde o solo não seja mais significativamente solicitado pelas cargas estruturais;
- Pontos de maior concentração de carga;
- Não executar pontos alinhados (planos de corte);
- Não executar apenas um furo (variação de resistência e tipo de solo em área pequenas é comum).
- Locar e nivelar os pontos no terreno em relação a um nível de referência fixo e bem determinado de preferência único para toda a obra e fora do local desta, como, por exemplo, a guia de um passeio.
- Custo aproximado SPT: 35 a 80 reais por metro.

# 3. MÉTODOS DE INVESTIGAÇÃO DO SUBSOLO

## A) Processos indiretos

Resistividade elétrica e sísmica de refração.

## B) Processos diretos:

- Inspeção in situ → trincheiras, poços;
- Amostragem indeformada → coleta manual, amostradores de parede fina.
- Amostragem deformada → escavação manual, trado, amostradores de parede grossa.

## 3.1 POÇOS E TRINCHEIRAS

***“Escavações feitas no solo com a finalidade de retirada de amostras e inspeção direta do terreno ao longo da profundidade de estudo.”***

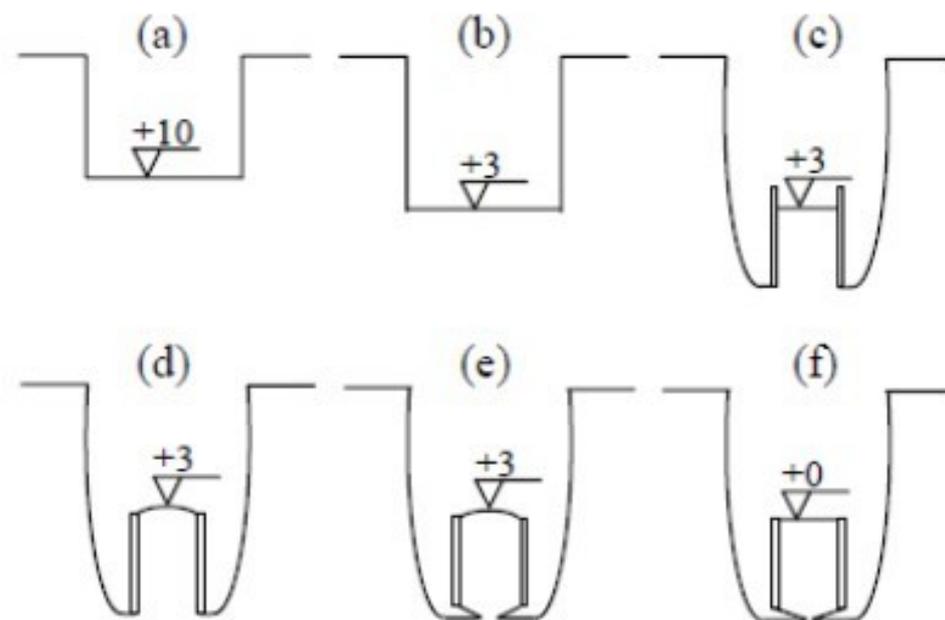
- **Poço:** Seções circulares, menores (o mínimo para permitir o acesso do operário) e profundidade maior que a trincheira;
- **Trincheira:** Seção retangular, mais conhecida como vala.

## 3.1 POÇOS E TRINCHEIRAS

- Permitem a observação da estratificação das camadas do solo;
- Permitem a tomada de amostras indeformadas para caracterização do solo e determinação dos parâmetros de resistência;
- Escavações manuais geralmente não escoradas
- Até o encontro do nível d'água ou onde for estável.

***NBR 9604:2015 – Abertura de poço e trincheira de inspeção em solo, com retirada de amostras deformadas e indeformadas — Procedimento***

# 3.1 POÇOS E TRINCHEIRAS



## 3.1 POÇOS E TRINCHEIRAS



## 3.1 POÇOS E TRINCHEIRAS



## 3.2 SONDAGEM A TRADO

**“Sondagem a trado é um método de investigação de solos que utiliza como instrumento o trado: um tipo de amostrado de solo constituído por lâminas cortantes, que podem ser espiraladas ou convexas. Tem por finalidade a coleta de amostras deformadas, determinação da profundidade do nível d'água e identificação dos horizontes do terreno.”**



## 3.2 SONDAGEM A TRADO

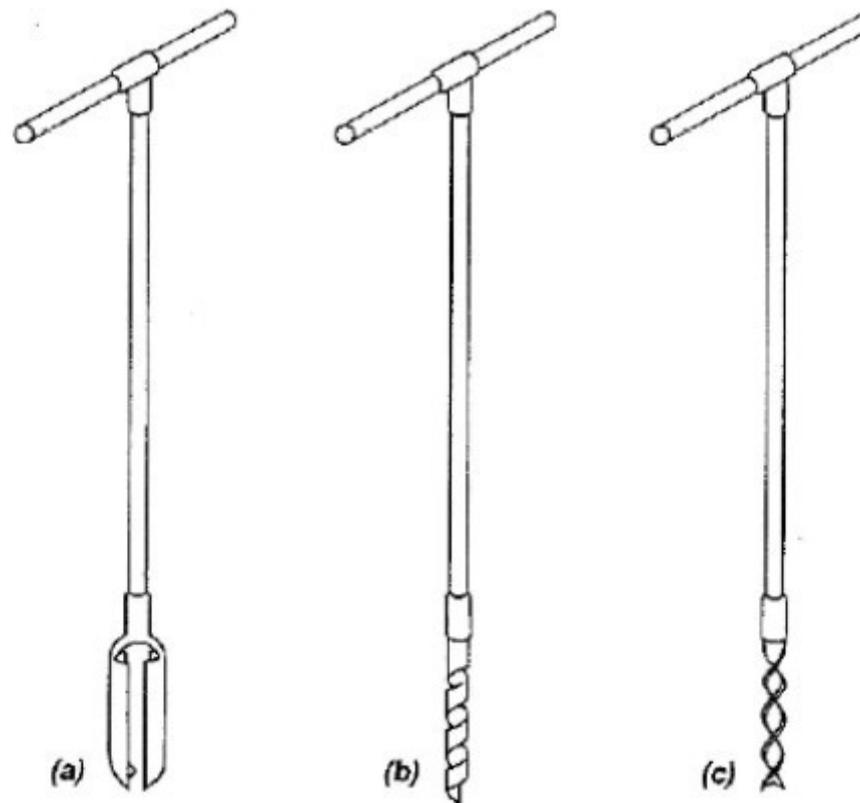


Figura 1 - Trados manuais mais utilizados (a) cavadeira, (b) espiral ou 'torcido' e (c) helicoidal

## 3.2 SONDAGEM A TRADO

- Perfurações executadas com trados manuais;
- Rápida e baratas;
- Não exige equipamentos e mão de obra especializada;
- Profundidade limitada à profundidade do nível d'água;
- Permite a retirada de amostras deformadas;



***NBR 9603:2015 – Sondagem a trado – Procedimento***

## 3.2 SONDAGEM A TRADO

- Obtêm-se somente informações sobre o tipo do material atravessado, não podendo visualizá-lo como no caso da trincheira;
- Coloca-se no chão (coberto com uma lona) o material retirado dos furos de acordo com a profundidade que ele se encontrava.



### ***NBR 9603:2015 – Sondagem a trado – Procedimento***

## 3.3 SPT

**“Sondagem a percussão é um método de investigação de solo cujo avanço da perfuração por meio de trado ou de lavagem, sendo utilizada a cravação de um amostrador para a medida de índices de resistência à penetração, obtenção de amostras, determinação do nível d'água e execução de vários ensaios in situ. É possível, ainda, no final do ensaio à penetração, medir o torque para ruptura da amostra.”**

## 3.3 SPT

**“N: abreviatura do índice de resistência à penetração do SPT, cuja determinação se dá pelo número de golpes correspondente à cravação de 30 cm do amostrador padrão, após a cravação dos 15 cm.”**

**ABNT NBR 6484:2001 - Solo - Sondagens de simples reconhecimentos com SPT - Método de ensaio**

## 3.3 SPT

### ***Objetivos:***

1. Determinar tipos de solo em suas respectivas profundidades de ocorrência;
2. Índice de resistência à penetração (N) a cada metro;
3. Posição do nível d'água.

## 3.3 SPT

### *Vantagens:*

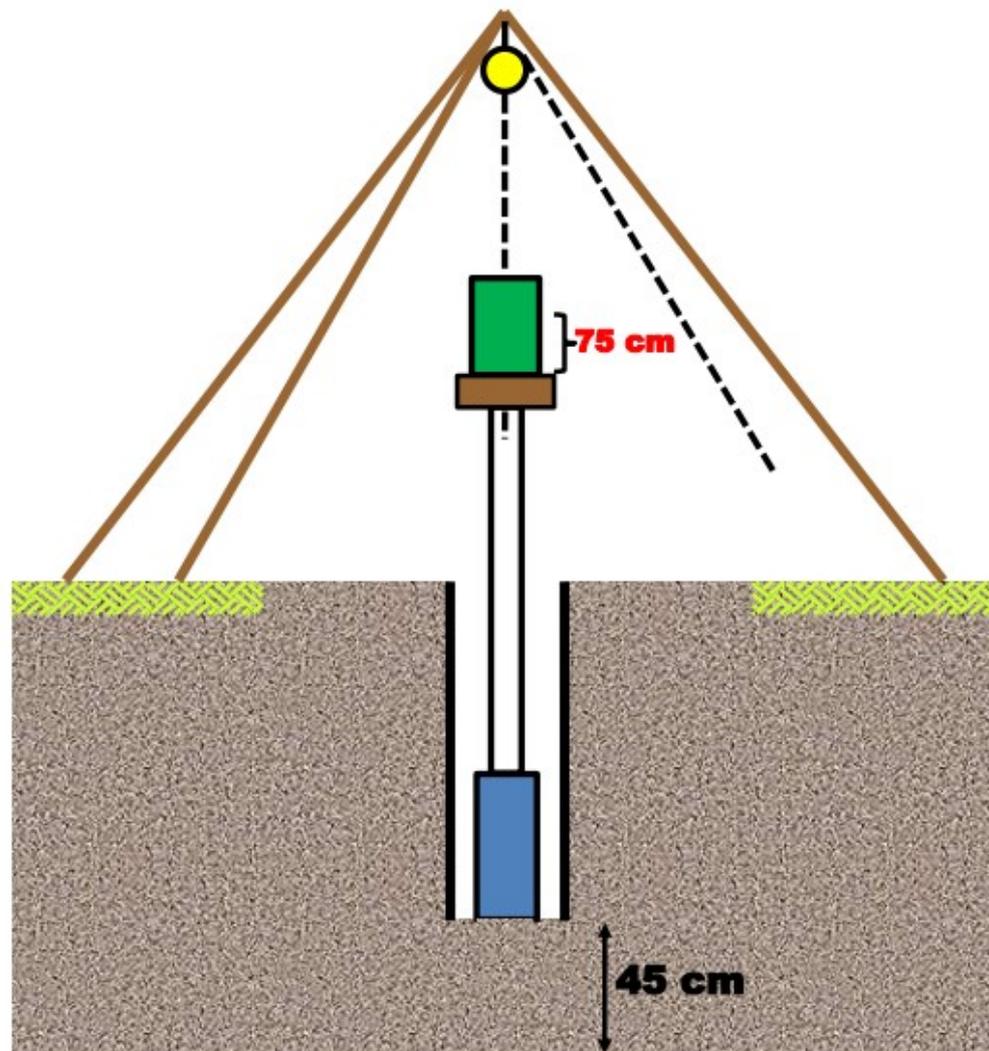
- Capazes de ultrapassar e posicionar o nível d'água;
- O furo pode ser revestido se se apresentar instável;
- Determina o tipo de solo em suas profundidades de ocorrência e atravessa solos mais resistentes;
- Mede a resistência a penetração do solo;
- Baixo custo e fácil execução;
- Pode ser realizado em locais de difícil acesso.

## 3.3 SPT

### *Desvantagens:*

- Não ultrapassam matacões e blocos de rocha;
- Podem ser detidas por pedregulhos ou solos muito compactos;
- Obtenção de amostras deformadas.

## 3.3 SPT



## 3.3 SPT

### *Roteiro de execução:*

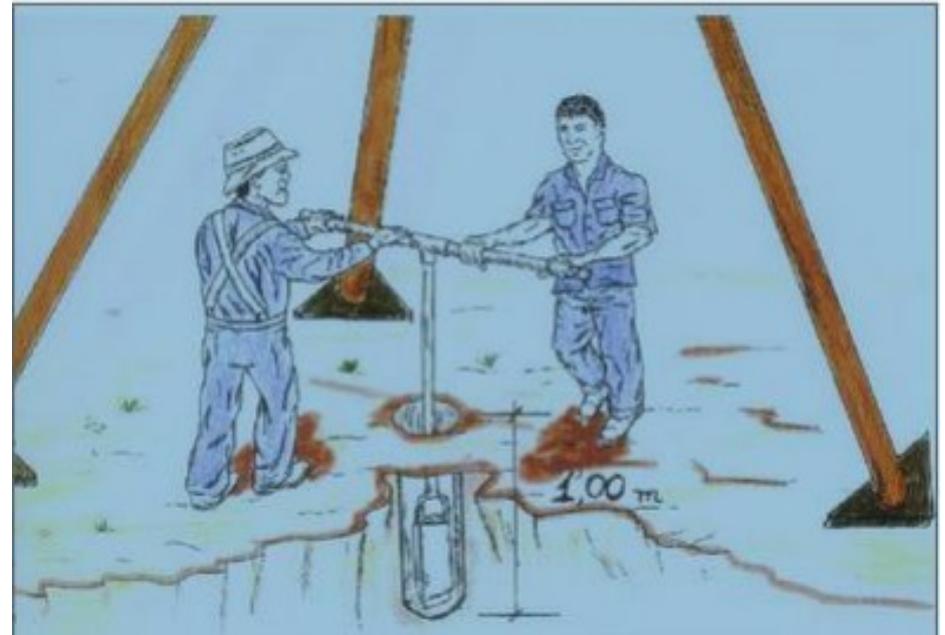
- Marcar os pontos;
- Montar na posição da perfuração um cavalete de quatro pernas, chamado de tripé;



## 3.3 SPT

### *Roteiro de execução:*

- Perfurar com auxílio de um trado cavadeira até um metro de profundidade;
- Recolher e acondicionar uma amostra representativa de solo - amostra zero;



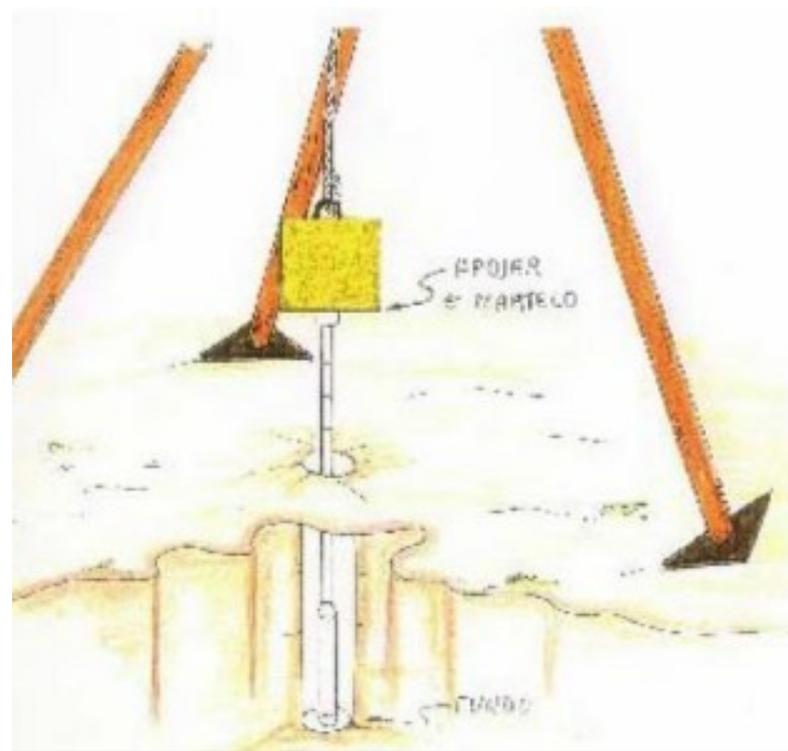
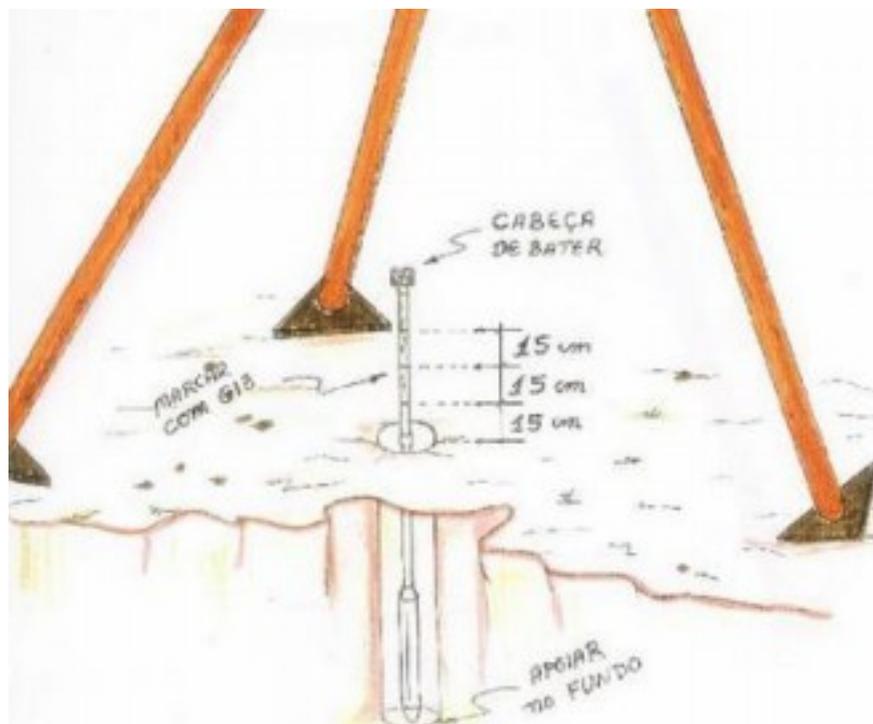
## 3.3 SPT



## 3.3 SPT

### *Roteiro de execução:*

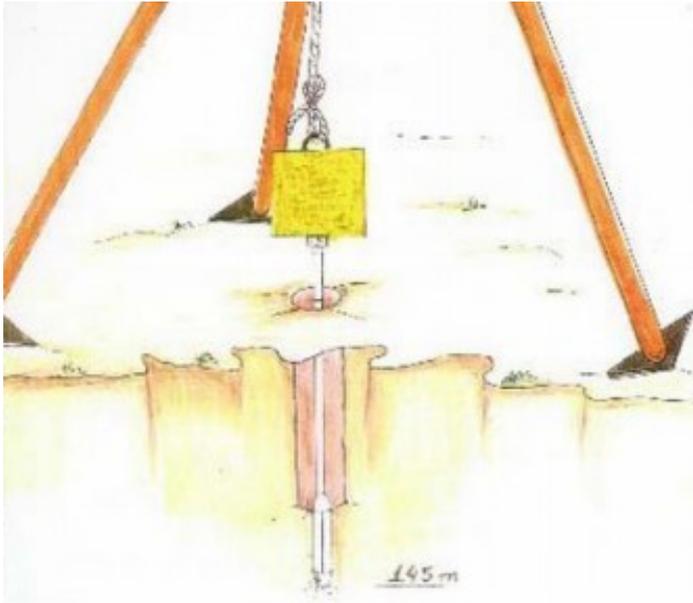
- Apoiar o amostrador acoplado na haste do tripé no fundo do furo aberto, apoiar o martelo sem bater e anotar a penetração;



## 3.3 SPT

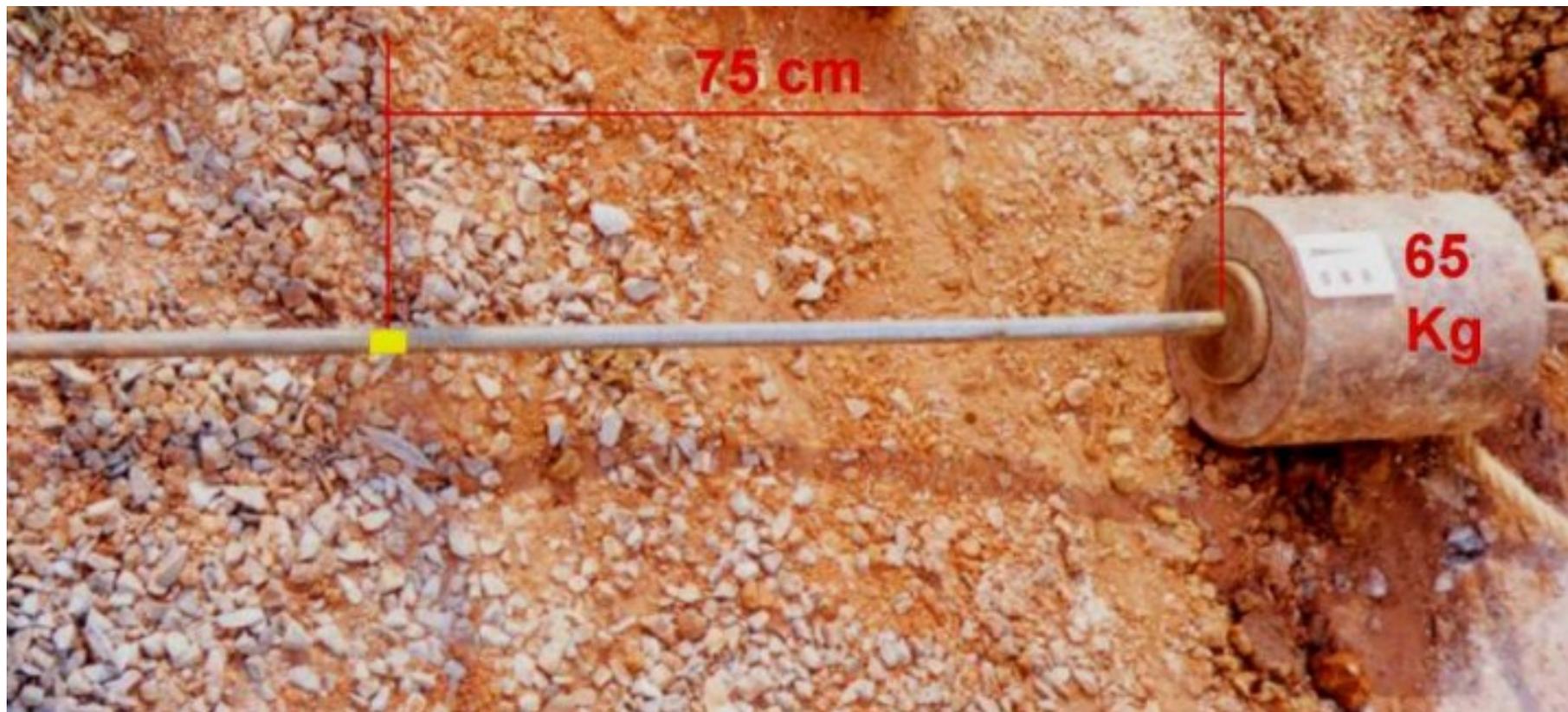
### *Roteiro de execução:*

- Erguer o martelo de 65kg com auxílio das cordas e roldanas até a altura de 75cm e deixar cair em queda livre;
- Repetir até a penetração dos 45 cm do amostrador padrão;



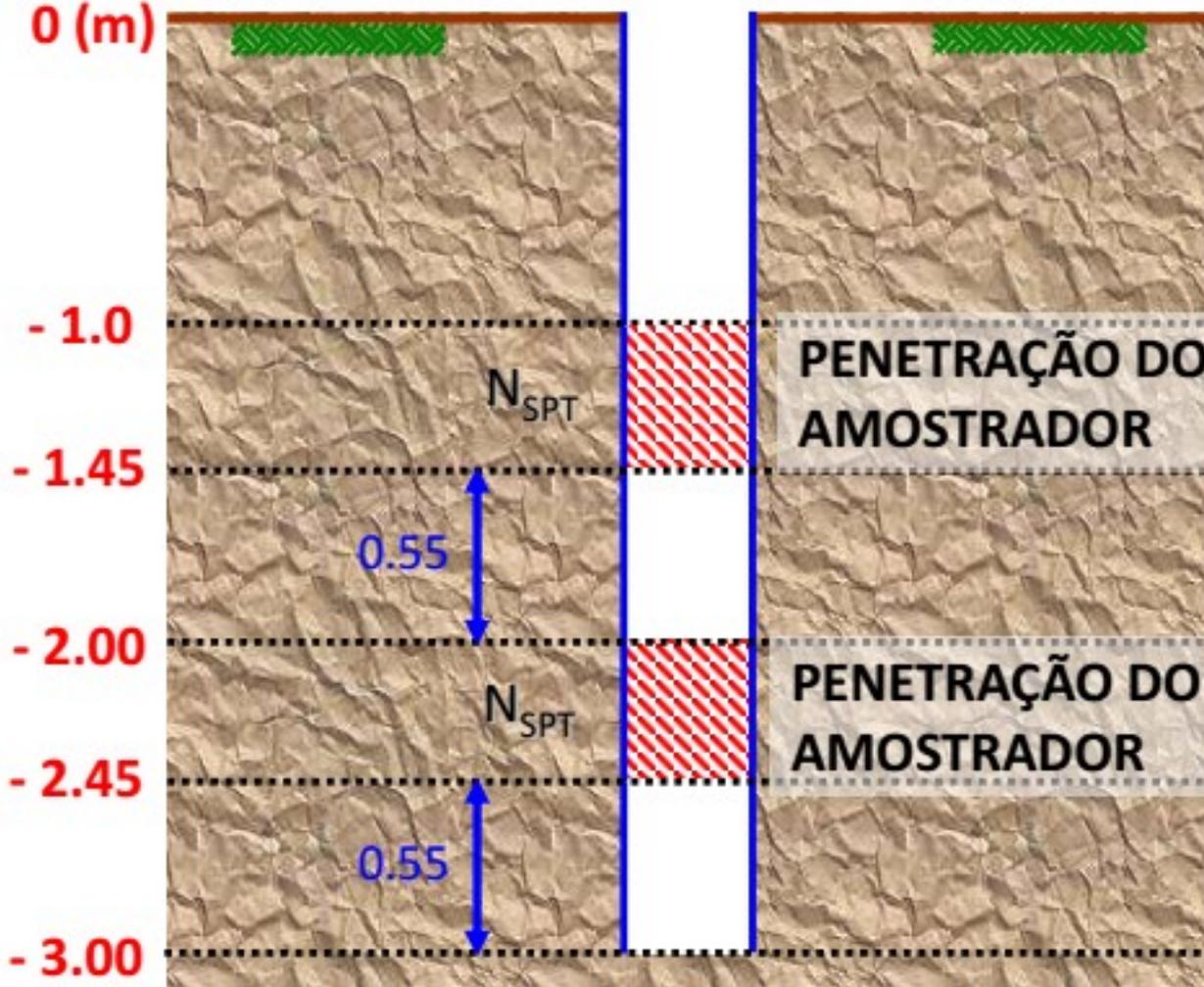
## 3.3 SPT

*Roteiro de execução:*



# 3.3 SPT

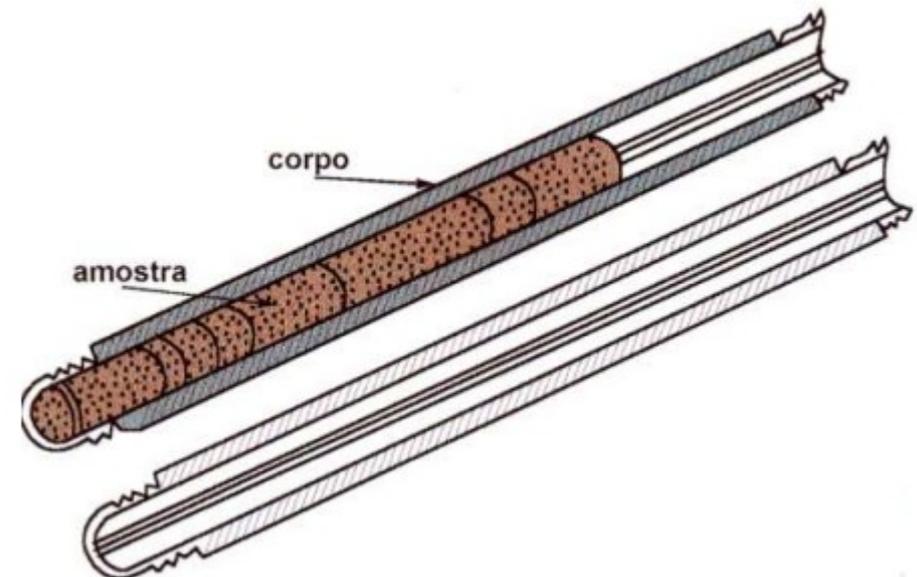
*Roteiro de execução:* 0 (m)



## 3.3 SPT

### *Roteiro de execução:*

- Contar o número de quedas do martelo necessário para cravação de cada segmento de 15 cm do total de 45 cm;
- Recolher e acondicionar a amostra contida no amostrador;



## 3.3 SPT

### ***Roteiro de execução:***

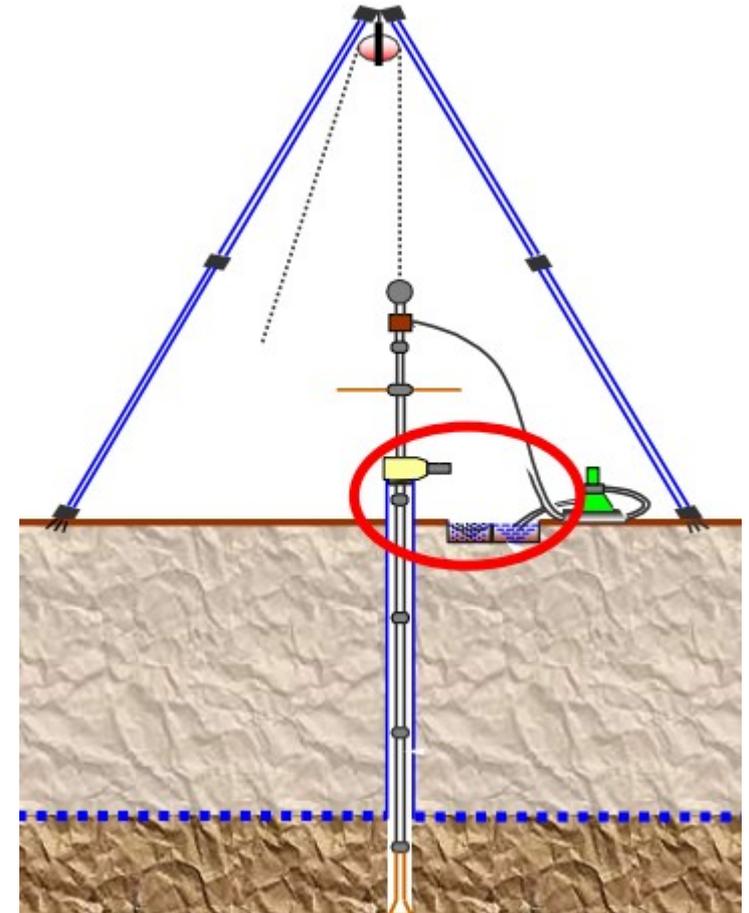
- Repetir o procedimento com perfuração a trado helicoidal ou perfuração com auxílio de circulação de água;
- Atingindo o segundo metro, repetir o processo que continua até atingir um solo muito resistente ou a profundidade estabelecida pelo cliente.

## 3.3 SPT

### *Roteiro de execução:*

- Se encontrar o nível d'água a sondagem é realizada com a utilização do processo de perfuração por circulação d'água.
- A água é injetada na haste que leva na extremidade o trépano que possui orifícios laterais e injeta água no solo. A pressão da água e movimentos de rotação e percussão imprimidos fazem com que o trépano rompa a estrutura do solo.
- O solo misturado a água volta a superfície e é despejado na caixa d'água.

## 3.3 SPT



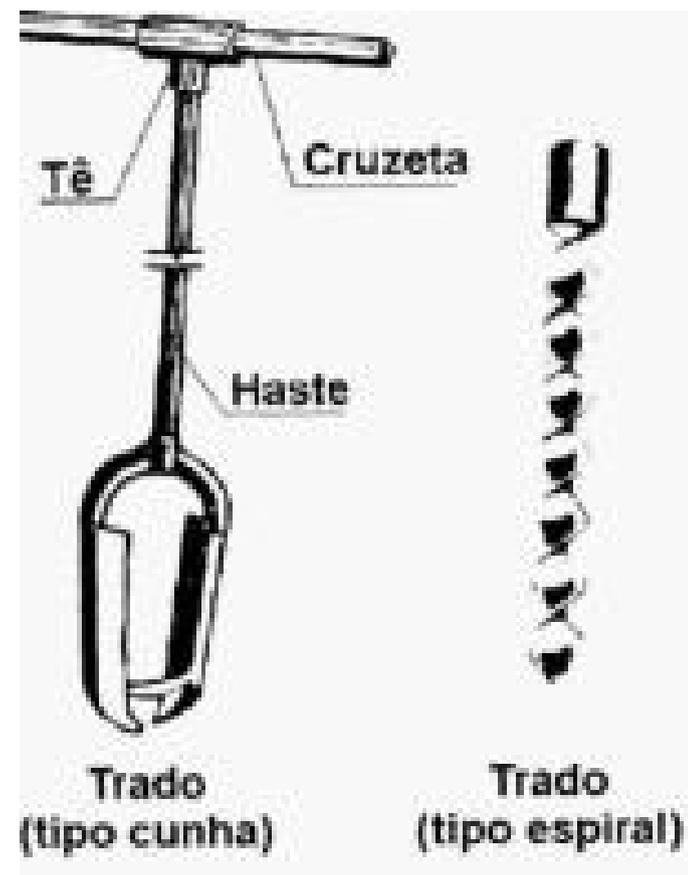
## 3.3 SPT

***PORQUE DESPREZAR  
OS PRIMEIROS 15 cm?***

## 3.3 SPT

### *Avanço do furo:*

1. Com trado-concha até o 1º metro;
2. Com trado helicoidal do 2º metro até:  
O nível d'água;  
Avanço do trado for inferior à 50mm após  
10min;  
Solo não aderente ao trado.
3. Com trépano com circulação de água  
quando não for possível o uso do trado  
helicoidal.



## 3.3 SPT

### ***Registro do número de golpes:***

Como geralmente não ocorre penetração exata de 45cm:

1. É registrada a penetração imediatamente superior a 15cm;
2. Conta-se o número de golpes adicionais para 30cm;
3. Em seguida, conta-se o adicional para o amostrador atingir 45cm.

Exemplo de Registro: 14/18 – 12/12 – 15/15.

## 3.3 SPT

### ***Casos especiais:***

1/47, 1/50 → Quando para o 1º golpe do martelo a penetração for superior a 45cm;

0/23. 0/51 → Se ao apoiar o martelo houver penetração (zero golpes);

15/7 → Se a penetração for incompleta.

0/65, 2/40 → Quando exceder significativamente os 45cm ou quando não for possível distinguir claramente os três intervalos de 15cm.

0/65, 1/33, 1/20 → Penetração com poucos golpes ultrapassa 45cm.

## 3.3 SPT

### ***Cravação interrompida antes dos 45 cm (penetração incompleta):***

Em qualquer dos 3 segmentos de 15 cm, o número de golpes ultrapassar 30: 12/16, 30/11

Um total de 50 golpes tiver sido aplicado durante toda a cravação: 14/15 – 21/15 – 15/7;

Não se observar o avanço do amostrador durante a aplicação de 5 golpes sucessivos do martelo (seguir o processo com método de lavagem): 10/0

## 3.3 SPT

### ***Cr terios para paralisa o da sondagem:***

Se em 3 m sucessivos for necess rios 30 golpes para penetra o dos 15 cm iniciais do amostrador;

Se em 4 m sucessivos for necess rios 50 golpes para penetra o dos 30 cm iniciais do amostrador;

Se em 5 m sucessivos for necess rios 50 golpes para penetra o dos 45 cm iniciais do amostrador.

Justificativa geot cnica ou solicita o do cliente.

Quando os avan os da perfura o, por circula o de  gua forem inferiores a 50mm ap s 10 minutos.

## 3.3 SPT

### ***Cálculo da profundidade:***

- Até a profundidade onde o acréscimo de tensão no solo, fruto das cargas estruturais, for menor do que 10% da tensão geostática efetiva (usar ábaco da NBR 8036/83);
- Profundidade mínima (Azeredo, 1977. O edifício até sua cobertura):  $fD \geq 1,5.B$  (se  $B \leq 25\text{m}$ );  $fD \geq B$  (se  $B > 25\text{m}$ ). onde B é a menor dimensão da área construída.

## 3.3 SPT

### *O boletim de sondagem:*

- Cota da boca do furo: nem sempre é a cota de implantação da obra;
- Coordenadas do furo;
- Nível d'água;
- Nome do técnico;
- Dados do equipamento;
- Data e hora do início do furo;
- Data e hora do fim do furo.

# 3.3 SPT

## sondagem nº SP 01

Nível do I. Freático	Profund. (m)	PENETRAÇÃO: SPT - N Golpes/30cm					Amostra N°	COTA DO FURO:-0.25m		
		----- 1ª + 2ª Penetrações ----- 2ª + 3ª Penetrações						LIMITE DA SONDAGEM:11.37m		
		Nº DE GOLPES		GRÁFICO				NÍVEL D'ÁGUA INICIAL:7.40m		
		1ª+2ª	2ª+3ª	10	20	30	40	50		DATA DA SONDAGEM:23/10/2007
		Avanço							00	ARGILA siltosa, VERMELHA.
	-1.00								01	ARGILA arenosa, com pedregulhos diversos, mole, MARROM.
	-2.00	2	2						02	
	-3.00	2	3						03	Idem; mole.
	-4.00	4	5						04	Idem; rija.
	-5.00	13	15						05	SILTE arenoso, micáceo, compacto, MARROM.
	-6.00	17	19						06	
	-7.00	24	25						07	
	-8.00	26	27						08	AREIA siltosa, micácea, compacta, MARROM.
	-9.00	28	29						09	
	-10.00	31	32						10	SILTE arenoso, micáceo, compacto, MARROM.
	-11.00	37	40						11	Idem; muito compacto.
	-12.00	38	40/22							

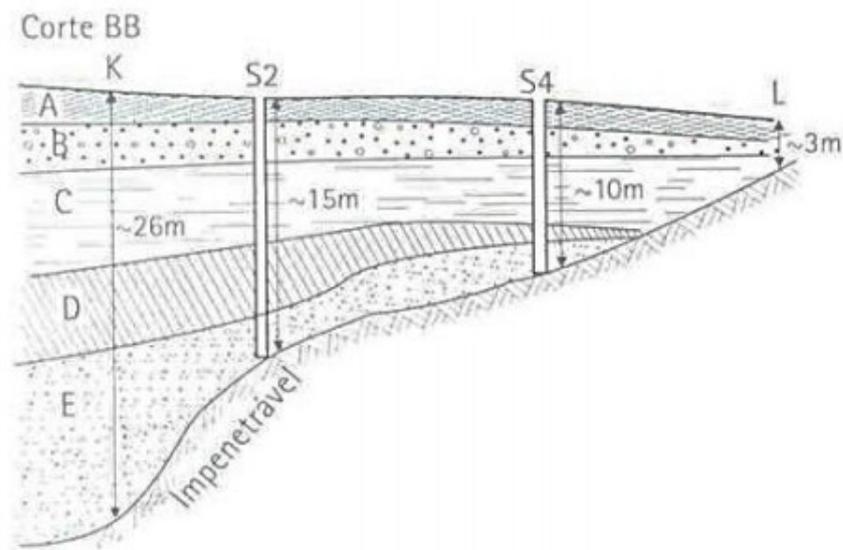
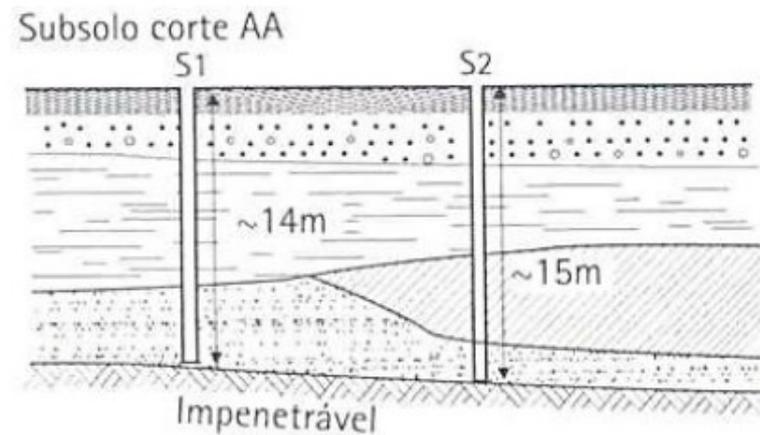
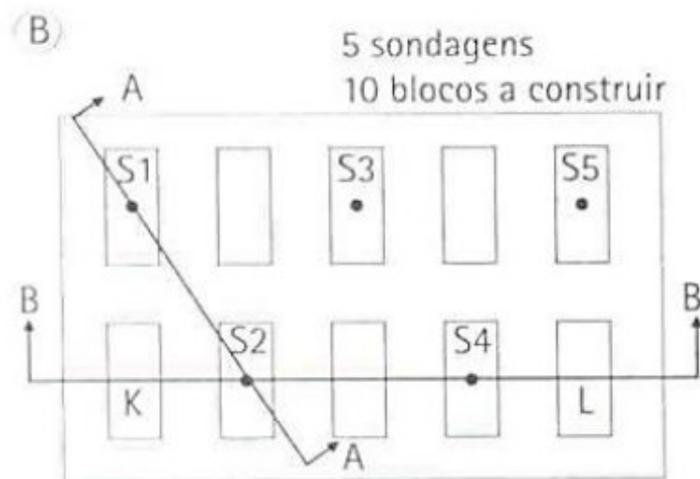
## 3.3 SPT

Solo	N	Compacidade/ Consistência
Areias e siltes arenoso	$\leq 4$	Fofa(o)
	5 – 8	Pouco compacta(o)
	9 – 18	Medianamente compacta(o)
	19 – 40	Compacta(o)
	$>40$	Muito compacta(o)
Argilas e siltes argilosos	$\leq 2$	Muito mole
	3 – 5	Mole
	6 – 10	Média(o)
	11 – 19	Rija(o)
	$>19$	Dura(o)

# 3.3 SPT



# 3.3 SPT



## 3.4 SPT-T

- A medida do torque é efetuada ao término de cada ensaio de perfuração SPT.
- Acopla-se o torquímetro e inicia-se o movimento da rotação da haste.
- O instrumento de leitura é observado e anota o máximo valor lido.

*Índice de torque: É a relação existente entre o valor do torque, medido em  $Kgf \times m$ , pelo valor  $N$  do SPT ( $T/N$ ) → Novas correlações*

## 3.4 SPT-T



# EXERCÍCIOS SOBRE O SPT

- 1) A respeito das sondagens à percussão (SPT), é correto dizer que:
- a) NSPT é igual à soma do número de golpes necessários para penetrar os 30 cm finais no processo de cravação, a cada metro investigado.
  - b) apesar de ser um excelente ensaio para inspeção geotécnica dos solos, com fins de aplicação em fundações, o ensaio SPT não atravessa solos compactos e duros.
  - c) este ensaio é realizado com uma sonda rotativa.
  - d) o ensaio (SPT) é realizado a cada 3 metros de sondagem.
  - e) as amostras de solo analisadas são indeformadas.

# EXERCÍCIOS SOBRE O SPT

**2) Com relação ao Método de Sondagem SPT (Standard Penetration Test), é incorreto afirmar que:**

- a) o ensaio SPT constitui-se em uma medida de resistência dinâmica conjugada a uma sondagem de simples reconhecimento**
- b) a perfuração é obtida por tradagem e circulação de água, utilizando-se um trépano de lavagem como ferramenta de escavação.**
- c) amostras de solo são coletadas a cada metro de profundidade por meio de um amostrador padrão.**
- d) o procedimento de ensaio consiste na cravação de um amostrador, usando a queda de um peso, normalmente um bloco de aço, de 75 kg, caindo a uma altura de 65 centímetros.**
- e) os índices de resistências à cravação do amostrador permitem avaliar a compacidade e/ou consistência do solo ao longo da perfuração.**

# EXERCÍCIOS SOBRE O SPT

**3) Sobre o Ensaio de Penetração Padrão (SPT - Standard Penetration Test), durante a prospecção do subsolo, é correto afirmar:**

**a) A perfuração do terreno é sempre iniciada com a técnica denominada percussão e lavagem, permitindo, desta forma, a coleta de amostras de metro em metro e sua devida identificação visual e tátil.**

**b) Quando o solo é muito fraco, de forma que a aplicação do primeiro golpe do martelo leve a uma penetração superior a 45 cm, o resultado da cravação deve ser expresso pela relação deste golpe com a respectiva penetração.**

**c) A perfuração do terreno com trado não é recomendada, mesmo acima do nível d'água, pois o uso do trado, tanto cavadeira como helicoidal, impede a coleta de amostras indeformadas para a identificação visual e tátil.**

**d) Em função da resistência à penetração, o estado do solo é classificado pela compacidade, quando o solo for argila ou silte argiloso ou pela consistência, quando o solo for areia ou silte arenoso.**

**e) Quando não ocorre penetração total do amostrador, registra-se o SPT em forma de fração, por exemplo, 30/15, indicando que para os primeiros 30 cm penetrados foram necessários apenas 15 golpes.**

# EXERCÍCIOS SOBRE O SPT

**4) Sobre o Ensaio de Penetração Padrão (SPT- Standard Penetration Test), durante a prospecção do subsolo, é correto afirmar:**

**a) Na amostragem, são anotados os números de golpes do martelo de peso 75 kg necessários para cravar cada trecho de 15 cm do amostrador. A resistência à penetração é definida como sendo o número de golpes necessários para cravar 30 cm iniciais do amostrador.**

**b) Quando não ocorre penetração total do amostrador, registra-se o SPT em forma de fração, por exemplo, 35/12, indicando que para 35 cm de penetração foram realizados 12 golpes.**

**c) A perfuração por lavagem é mais rápida do que pelo trado, entretanto, ela só pode ser utilizada abaixo do nível d'água, uma vez que, acima alteraria o teor de umidade do solo, assim como, as condições de amostragem.**

**d) A cravação do barrilete amostrador será interrompida quando se obtiver penetração inferior a 15 cm após quinze golpes consecutivos, não se computando os cinco primeiros golpes do teste, ou quando o número de golpes ultrapassar 45 em um mesmo ensaio.**

**e) Mesmo em sondagens realizadas com proximidade em planta, como por exemplo, a cada 10 metros, não é permitido o traçado de seções, entre materiais semelhantes do subsolo, supondo camadas contínuas.**

## 3.5 SONDAGENS ROTATIVAS

***“Sondagem rotativa é um método de investigação que consiste no uso de um conjunto motomecanizado à perfuração de maciços rochosos e obtenção de amostras de materiais rochosos com formato cilíndrico, chamadas e testemunho.”***

- Uso de conjunto motomecanizado: penetração e rotação;
- Obtenção de amostras de materiais rochosos;
- Barrilete com ponta cortante;
- Amostra → testemunho.

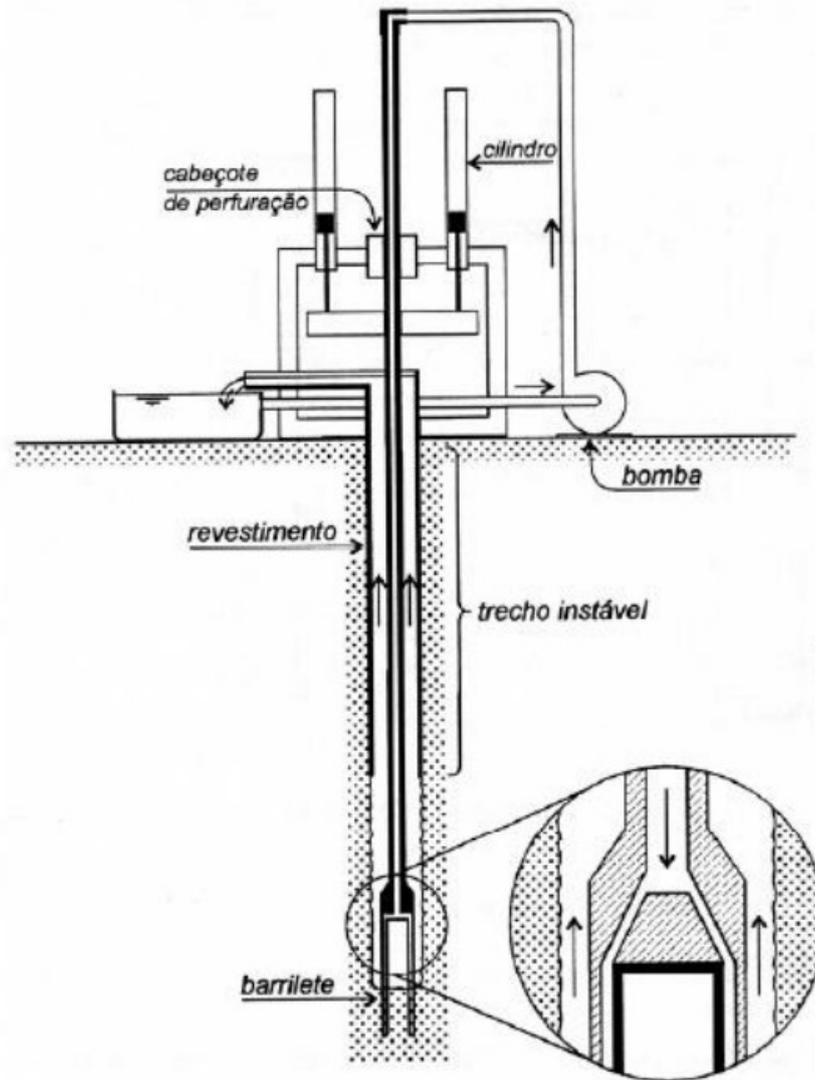
## 3.5 SONDAGENS ROTATIVAS



## 3.5 SONDAGENS ROTATIVAS



## 3.5 SONDAGENS ROTATIVAS



## 3.6 SONDAGENS MISTAS

***“Sondagem mista é um método de investigação que conjuga a sondagem a percussão para o trecho em solo e a sondagem rotativa para o trecho em rocha.”***

***Sondagem mista: percussão + rotativa***

## 3.7 ENSAIO DE CONE – CPT – CONE PENETRATION TEST

***“O ensaio consiste basicamente na cravação a velocidade lenta e constante de uma haste com ponta cônica, medindo-se a resistência encontrada na ponta e a resistência por atrito lateral.”***

- Dados fornecidos: resistência de ponta, atrito lateral e poro pressão;
- Ábacos → A razão entre o atrito lateral e a resistência de ponta pode ser usada para determinar o tipo de solo atravessado;
- Associado a investigação para melhor caracterização do solo atravessado.

## 3.7 ENSAIO DE CONE – CPT – CONE PENETRATION TEST

### *Método de execução:*

- Consiste na cravação estática lenta de um cone mecânico ou elétrico que armazena em um computador os dados a cada 2 cm.
- O cone alocado nesta bomba hidráulica é penetrado no terreno a uma velocidade de 2 cm por segundo.
- O próprio equipamento, por ser hidráulico, crava o cone no terreno e funciona como uma prensa.
- Após cravado ele adquire os dados de forma automática e o próprio sistema captura os índices e faz o registro contínuo dos mesmos ao longo da profundidade.

## 3.7 ENSAIO DE CONE – CPT – CONE PENETRATION TEST

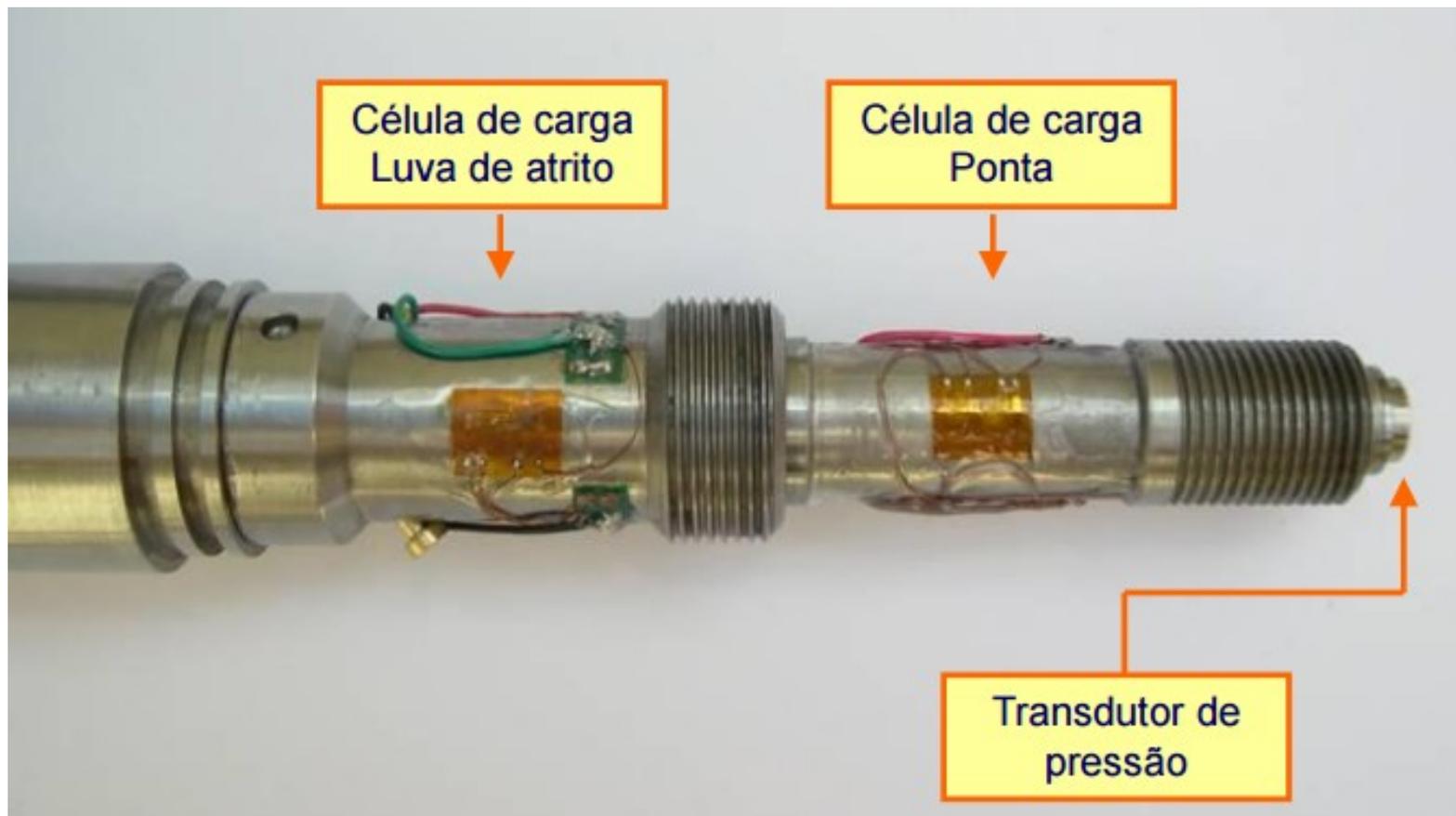
### *Método de execução:*

- O equipamento do cone apresenta um conjunto de células de carga junto à ponta cônica, que permite a medida da resistência de ponta ( $q_c$ ), uma luva de atrito para determinação do atrito lateral do solo e transdutores de pressão capazes de medir a poro pressão do solo.



# 3.7 ENSAIO DE CONE - CPT - CONE PENETRATION TEST

*Método de execução:*



## 3.7 ENSAIO DE CONE – CPT – CONE PENETRATION TEST

### *Método de execução:*

- Preparação do cone;
- Cravação com sistema hidráulico;
- Penetração a 2,0 cm/s;
- Registros contínuos (a cada 2cm);
- Aquisição automática dos dados.

## 3.7 ENSAIO DE CONE – CPT – CONE PENETRATION TEST

Além dos dados lidos em tempo real durante o ensaio ( $q_c$ ,  $f_s$  e  $u$ ), podem-se obter através de correlações as seguintes propriedades:

- Estratigrafia
- Perfil geotécnico
- Coeficiente de adensamento ( $C_h$  e  $C_v$ )
- Densidade relativa ( $D_r$ )
- Resistência não drenada ( $S_u$ )
- Ângulo de atrito efetivo de areias ( $\phi$ )
- História de tensões (tensão de pré-adensamento, OCR)
- Coeficiente de permeabilidade ( $K$ )

## 3.7 ENSAIO DE CONE – CPT – CONE PENETRATION TEST

### *Vantagens:*

- Cravação quase estática;
- Precisão – Confiabilidade do resultado;
- Medição da poro pressão;
- Rapidez de execução e agilidade dos resultados.

## 3.7 ENSAIO DE CONE – CPT – CONE PENETRATION TEST

### *Desvantagens:*

- Falta de experiência dos profissionais.
- Geralmente, é necessário que o terreno tenha condições de acessibilidade para receber o equipamento que pode estar montado sobre um caminhão. Dentro da equipe que acompanha esse procedimento é necessário que haja algum engenheiro geotécnico

# 3.7 ENSAIO DE CONE – CPT – CONE PENETRATION TEST



# 3.7 ENSAIO DE CONE – CPT – CONE PENETRATION TEST



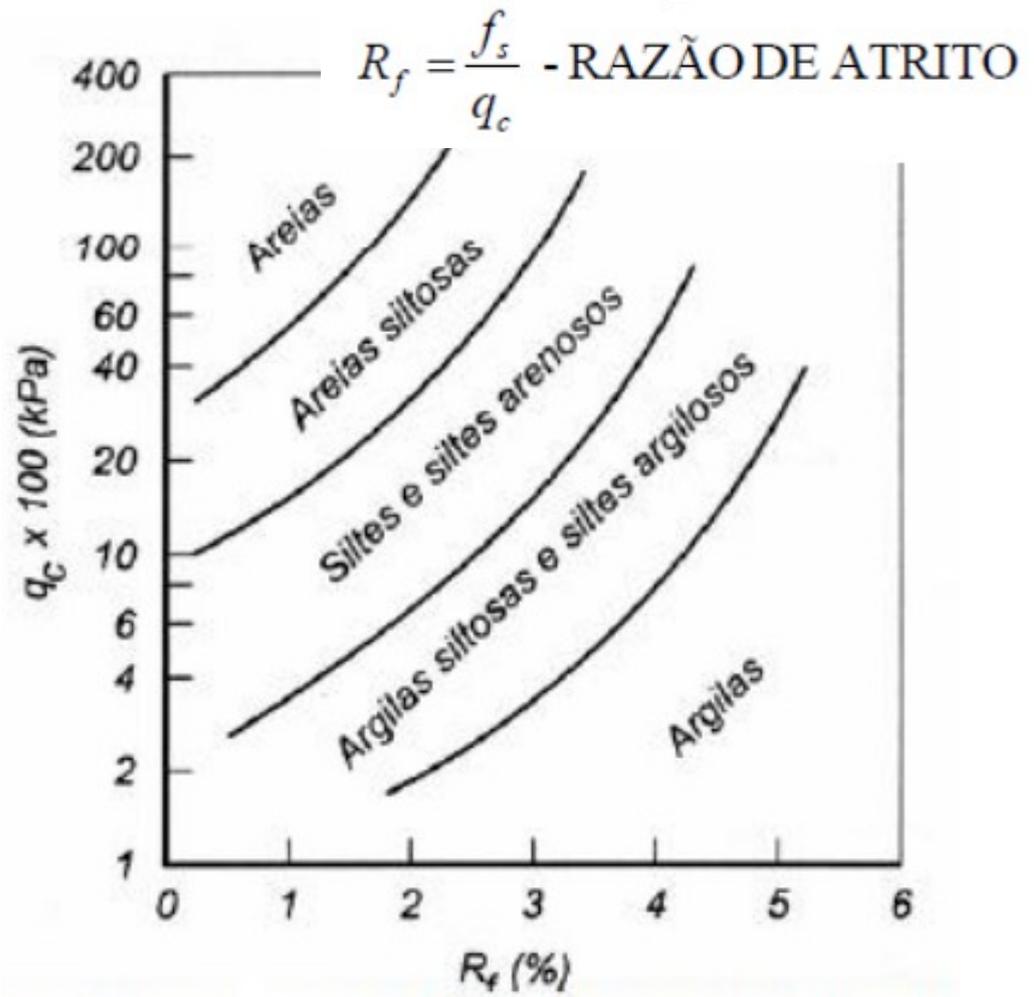
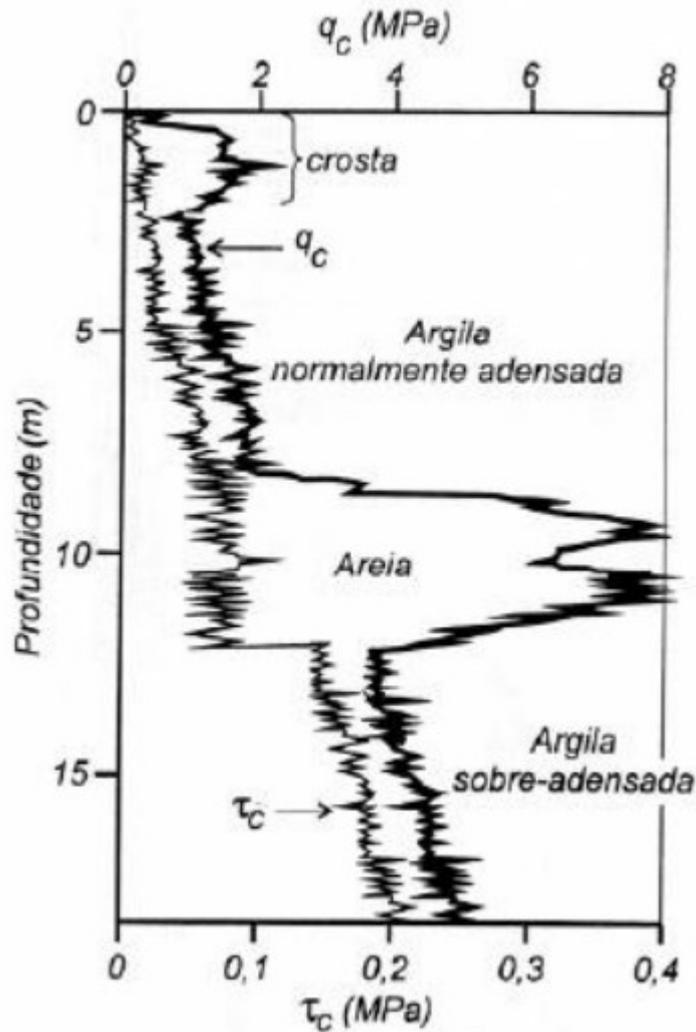
# 3.7 ENSAIO DE CONE - CPT - CONE PENETRATION TEST



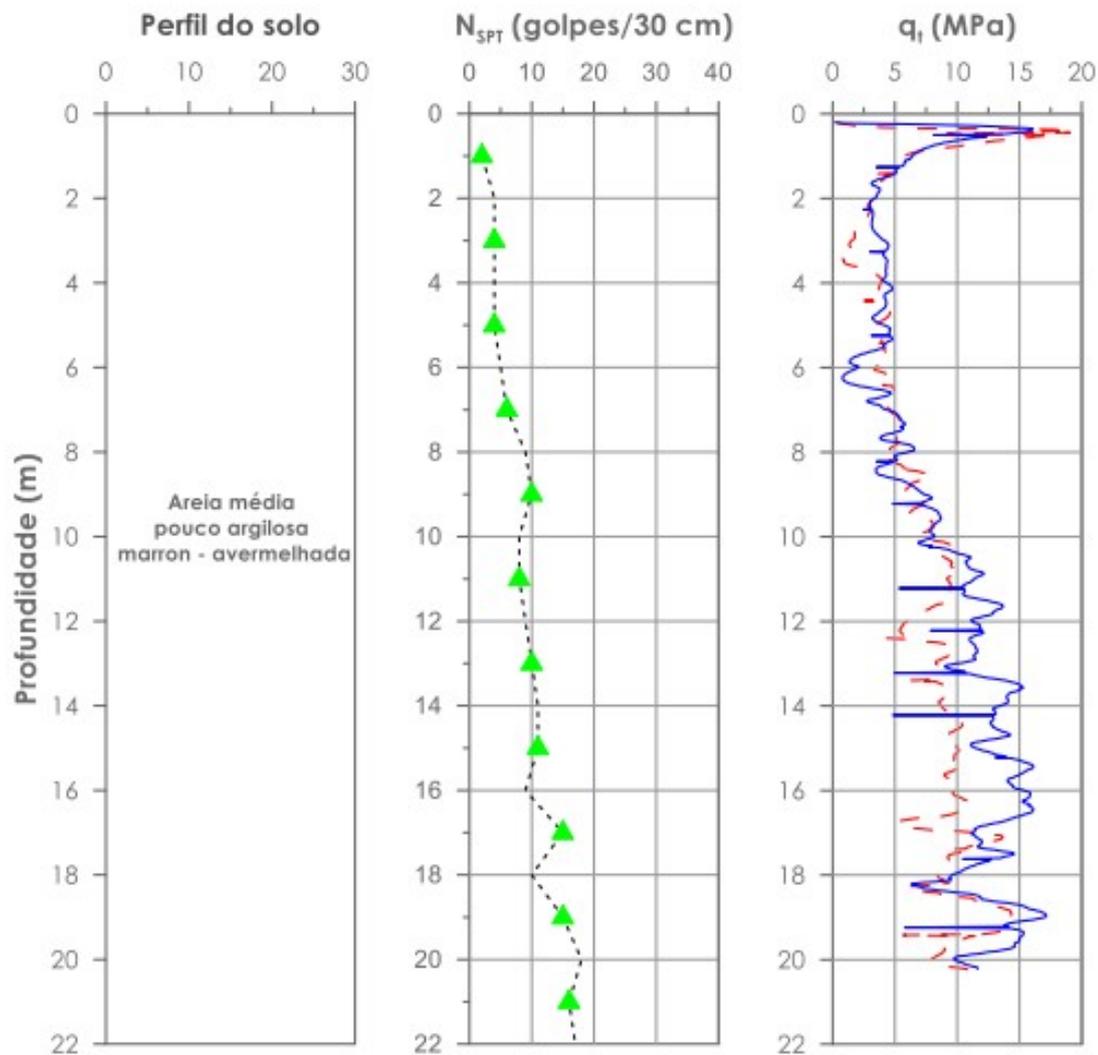
# 3.7 ENSAIO DE CONE - CPT - CONE PENETRATION TEST



# 3.7 ENSAIO DE CONE - CPT - CONE PENETRATION TEST

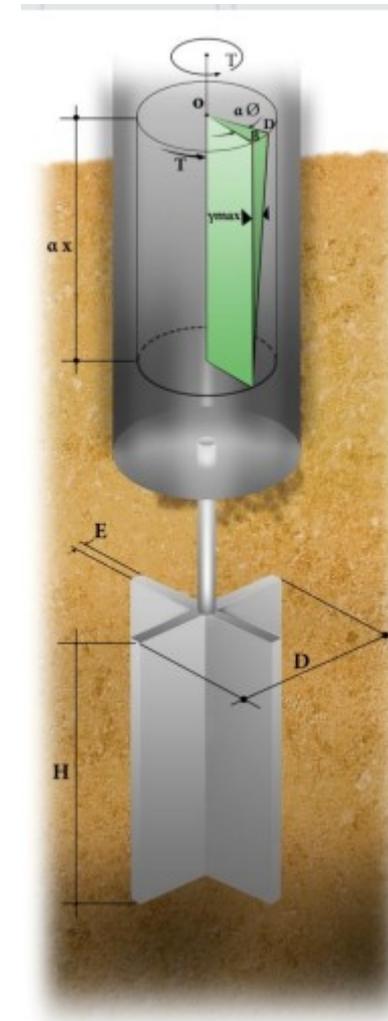


# 3.7 ENSAIO DE CONE - CPT - CONE PENETRATION TEST

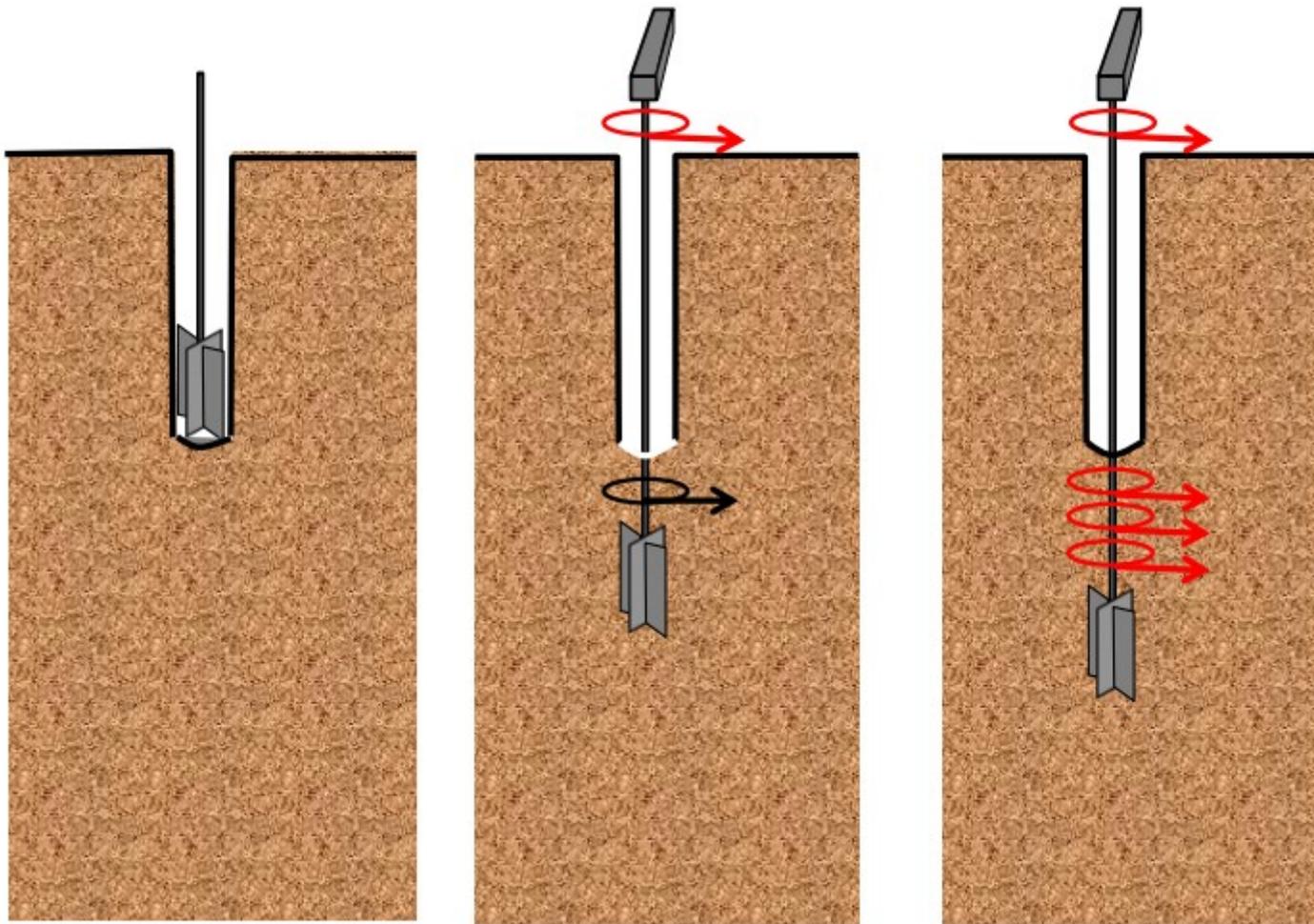


## 3.8 ENSAIO DE PALHETA – VANE TEST

***“O ensaio de palheta é tradicionalmente empregado na determinação da resistência ao cisalhamento não drenado,  $S_u$ , das argilas moles.”***



## 3.8 ENSAIO DE PALHETA – VANE TEST



## 3.8 ENSAIO DE PALHETA – VANE TEST

Consiste na rotação a uma velocidade de rotação padrão de uma palheta cruciforme em profundidades pré-definidas. A medida do torque  $T$  versus a rotação permite a determinação da resistência não drenada do solo.



## 3.8 ENSAIO DE PALHETA – VANE TEST

### *Vantagens*

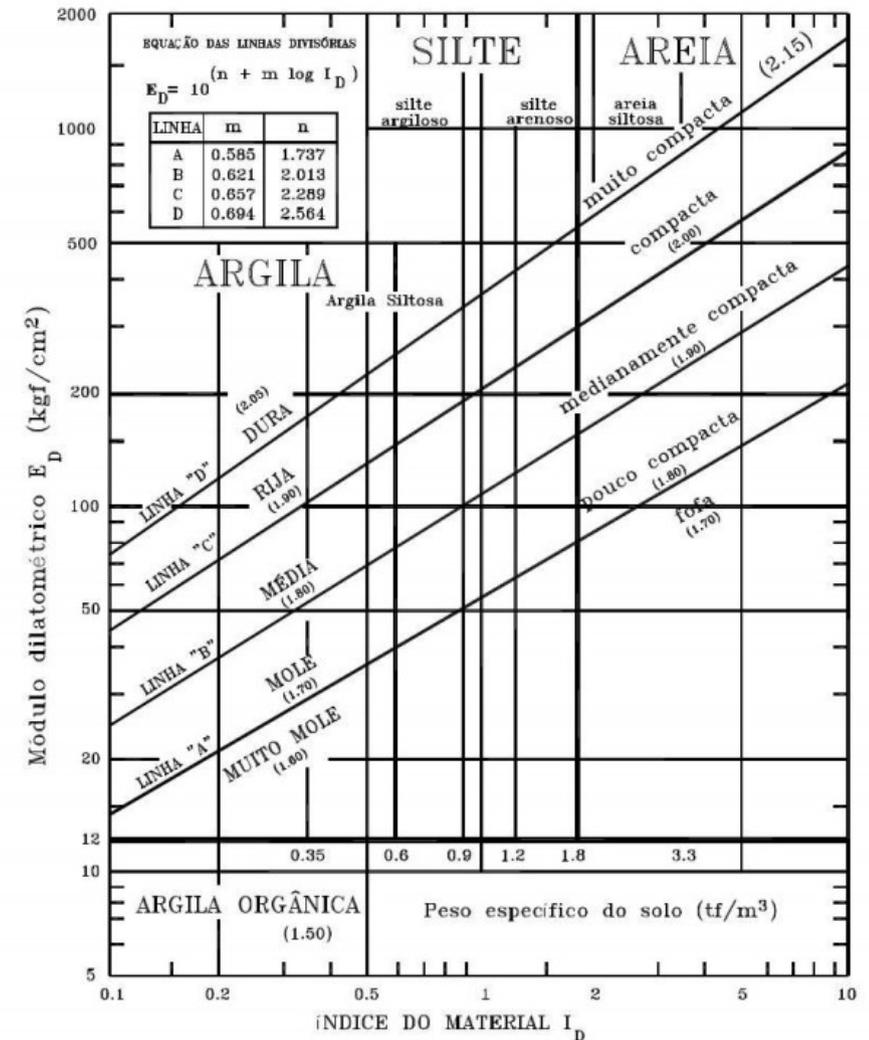
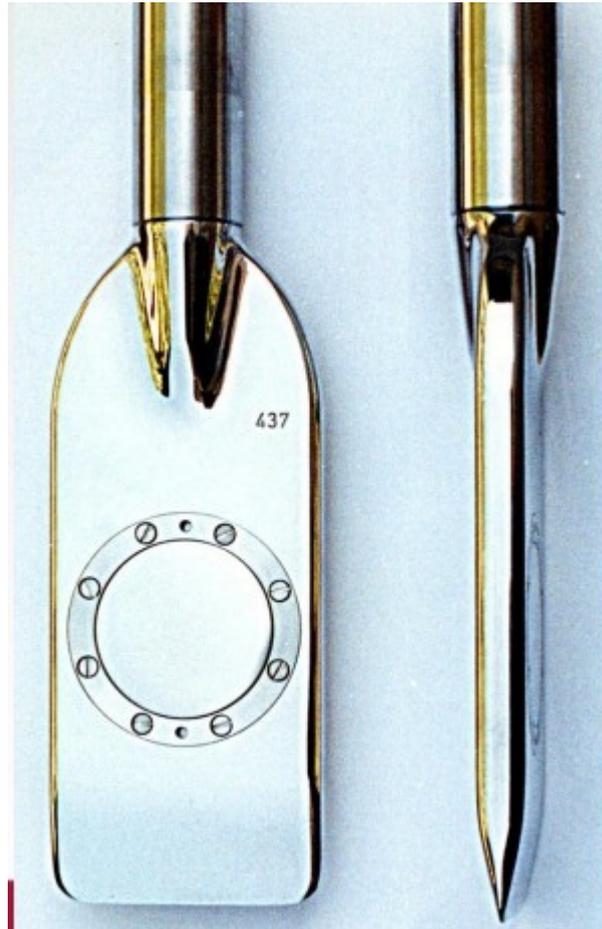
- Equipamento simples;
- Repetibilidade;
- Interpretação;
- Medida de uma grandeza física.

### *Desvantagens*

- Extremamente lento;
- A resistência não-drenada é um tópico complexo. Recomenda-se também ensaios de laboratório.

# 3.9 ENSAIO DILATOMÉTRICO - DMT

**Estimativa do módulo de elasticidade das camadas de solo prospectadas.**

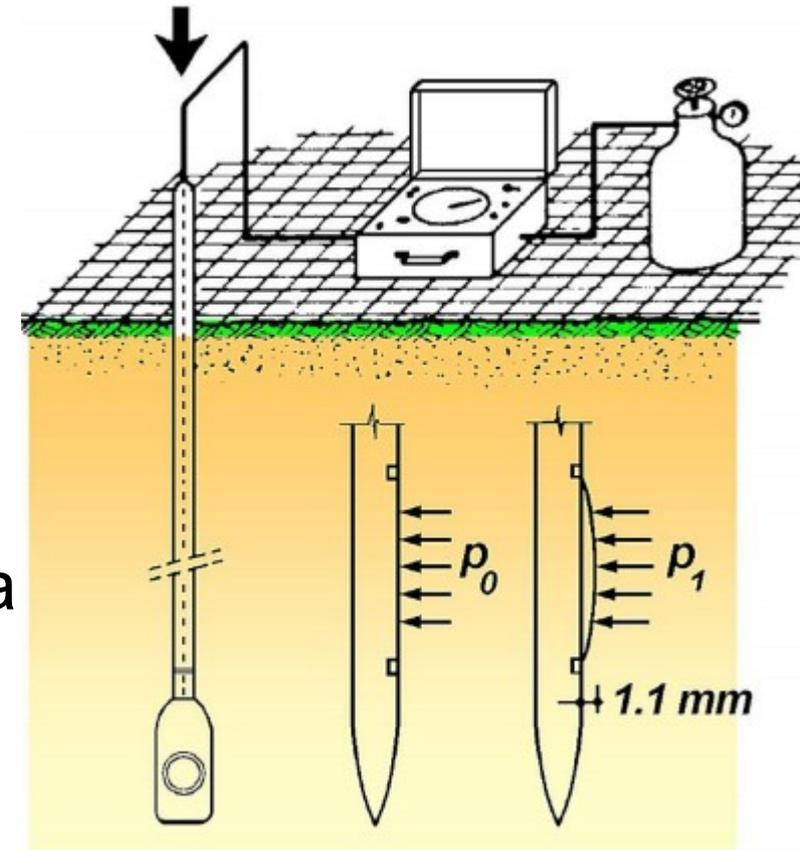


## 3.9 ENSAIO DILATOMÉTRICO - DMT

O teste consiste na cravação de ponteira metálica, com interrupções desta cravação a cada 20 cm.

Nestas interrupções, é introduzido gás nitrogênio que expande a membrana metálica da ponteira contra o terreno.

Dessa expansão, registram-se em manômetro de precisão duas leituras: a primeira quando a dilatação da membrana “vence” o esforço de compressão do terreno, e a segunda quando esta deforma o solo de 1,1mm.



## 3.10 ENSAIO PRESSIOMÉTRICO - PMT

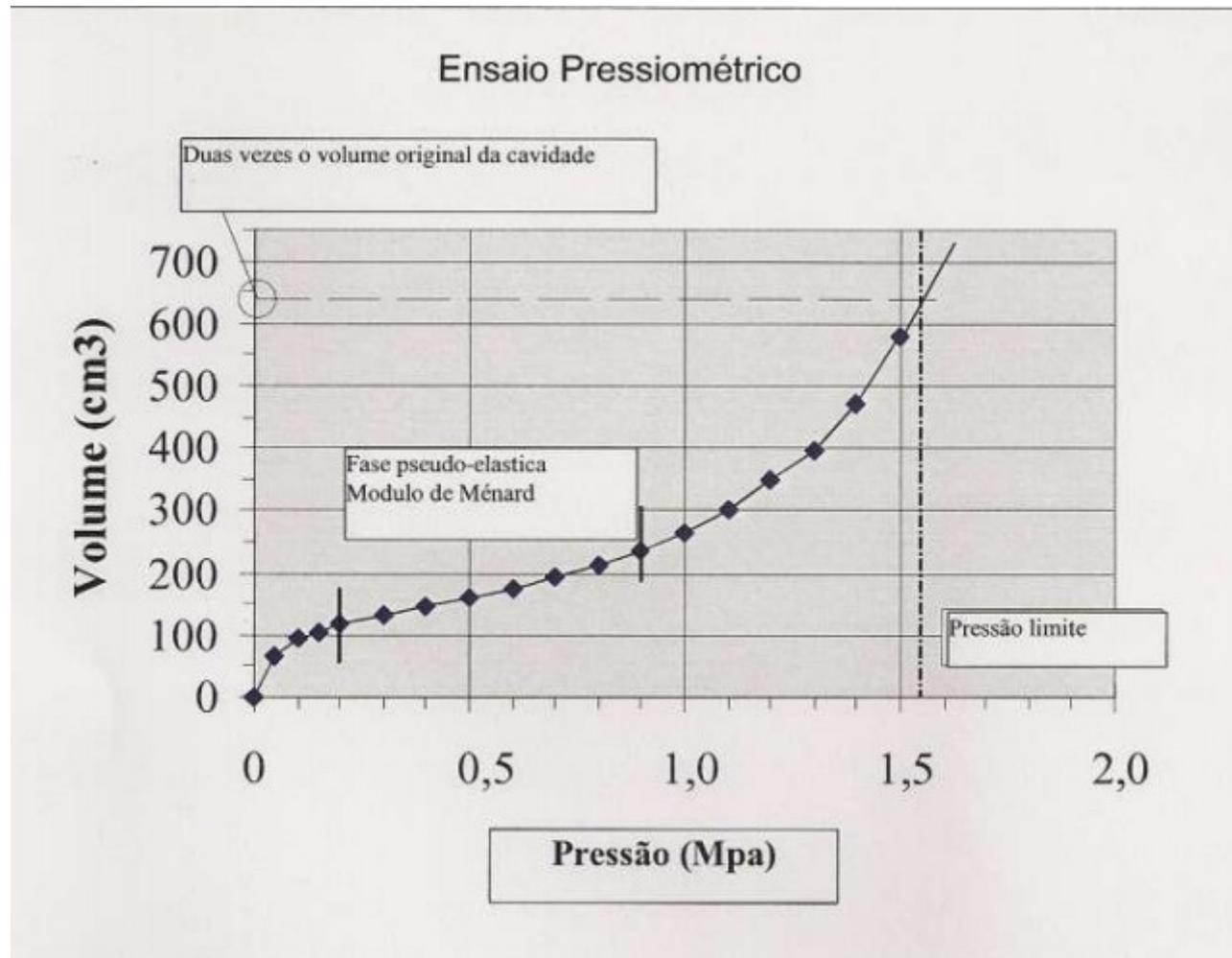
***Estimativa do módulo de elasticidade das camadas de solo prospectadas.***

Consiste na inserção em um pré-furo de sonda pressiométrica e deformação radial de membrana por meio de inserção de gás nitrogênio.

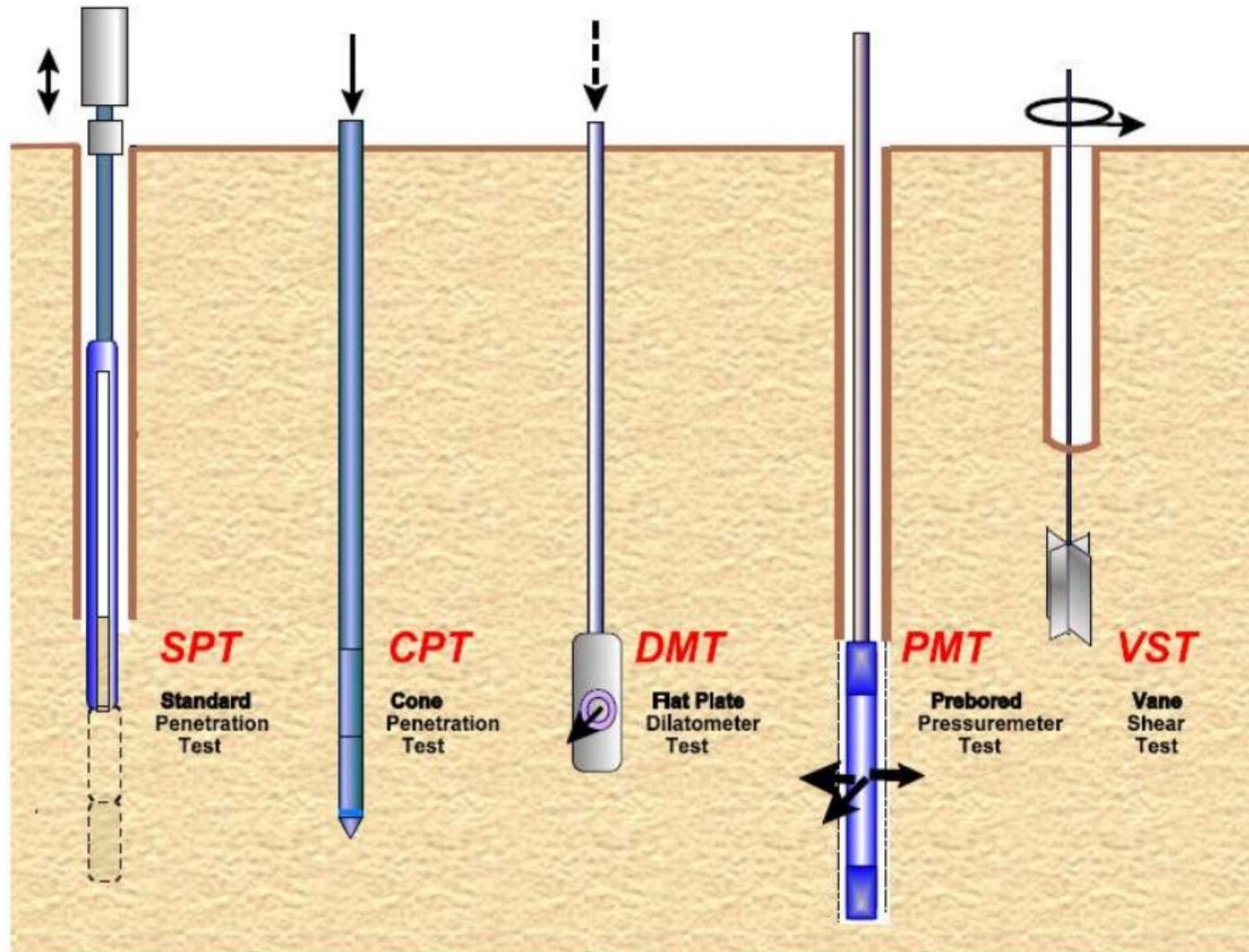
As medidas de deformação são através do painel de controle, que mede variações de pressões e volumes ocorridos com a deformação do solo.



# 3.10 ENSAIO PRESSIOMÉTRICO - PMT



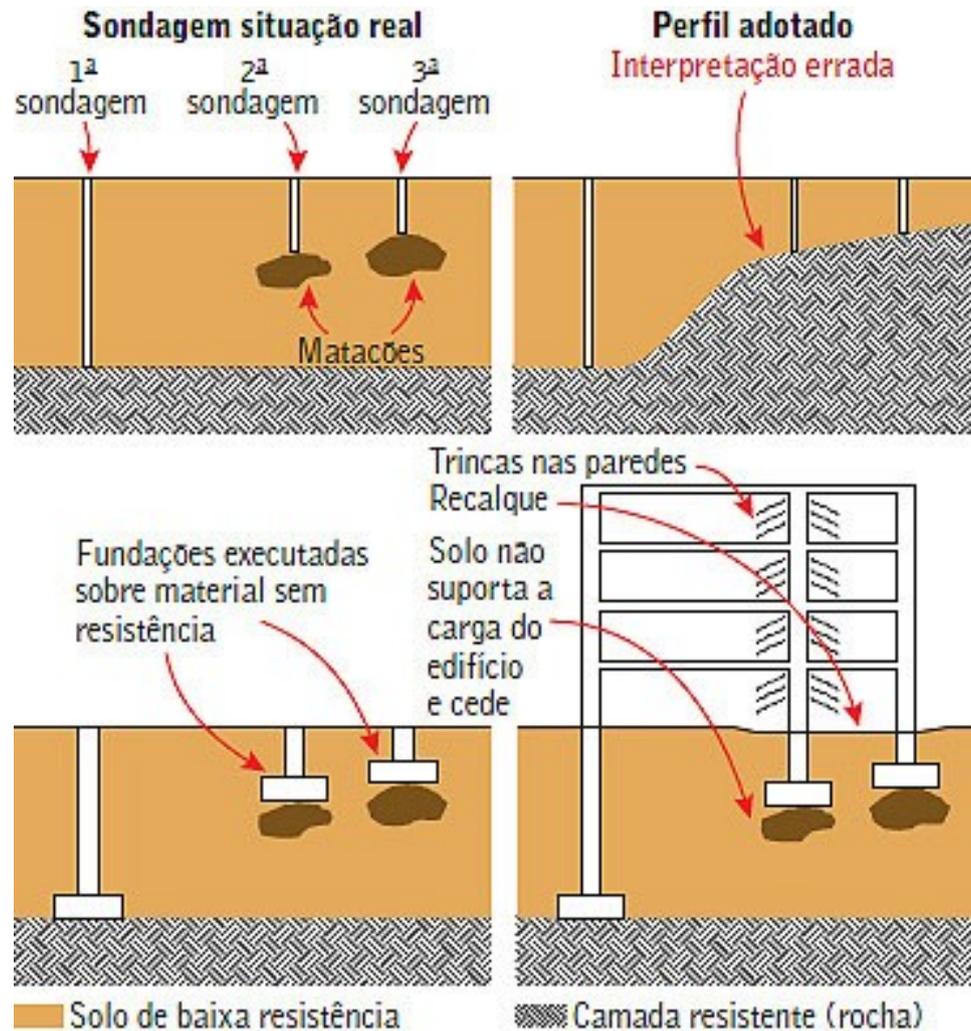
# RESUMINDO...



# RESUMINDO...

Características	SPT	CPT	PMT	DMT	VANE
Solo	Qualquer, melhor arenoso	Qualquer, melhor arenoso	Qualquer, mesmo solos duros	Qualquer, melhor arenoso	Argiloso mole
Informações	N, coleta de amostras, posição do NA	$q_p, f_s, R_s, u$	Variação de volume x pressão aplicada	Variação de volume x pressão aplicada	Torque

# RESUMINDO...



# EXERCÍCIOS

5) Durante os estudos geotécnicos do solo de uma região em que será realizada uma terraplanagem, foram realizados os seguintes testes:

- sondagem à percussão
- ensaio de palheta (Vane test);
- ensaio de Piezocone.

Julgue o item subsecutivo, com base nas informações apresentadas acima.

- 1. No ensaio de Piezocone, podem ser medidos três dados do solo: resistência de ponta, resistência ao atrito lateral e pressões neutras.*
- 2. A sondagem à percussão, por meio de correlação, permite medir as mesmas propriedades do solo determinadas pelos ensaios de palheta e Piezocone.*
- 3. O ensaio de palheta é empregado para determinar o grau de compactação de solos arenosos.*

# EXERCÍCIOS

**6) O ensaio que consiste na expansão de uma sonda ou célula cilíndrica, normalmente de borracha, instalada em um furo executado no terreno, é:**

- a) de cone;**
- b) pressiométrico;**
- c) de palheta;**
- d) de dilatômetro;**
- e) SPT.**

# REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**1) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6122:2010 – Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, 2010.**

**2) ABEF/ABMS (1996) Fundações - Teoria e Prática. São Paulo: Pini, 1998. 751 p.**

**3) VELLOSO, D. & LOPES, F. R. Fundações. São Paulo: Oficina de textos, 2010. 568 p.**