
INVESTIGAÇÃO DO SUBSOLO

Sondagens (NBR 8036): { - 1 furo/200m² de projeção;
- Mínimo 3 sondagens/obra.

1. Processos de investigação do subsolo.

- a) Poços;
 - b) Sondagens a Trado;
 - c) Sondagens à percussão com SPT;
 - d) Sondagens Rotativas;
 - e) Sondagens Mistas;
 - f) Ensaio de Cone (CPT);
 - g) Ensaio Pressiométrico (PMT).
- Ensaio de Palheta (VANE TEST) e Dilatômetro (DMT) são usados para Argilas Moles.
 - Outros ensaios especiais com o Geofísicos e Ensaio de Placa são menos utilizados.
- a) Poços - (NBR 9604/86)
 - São escavações manuais, geralmente não escoradas, que avançam até o nível d'água ou até onde for estável.
 - Permitem um exame do solo nas paredes e fundo da escavação e retiradas de amostras indeformadas (blocos ou em anéis).
 - b) Sondagem à Trado - (NBR 9603/86)
 - A profundidade está limitada à capacidade de furação e nível d'água (arenosos).
 - Amostras deformadas.

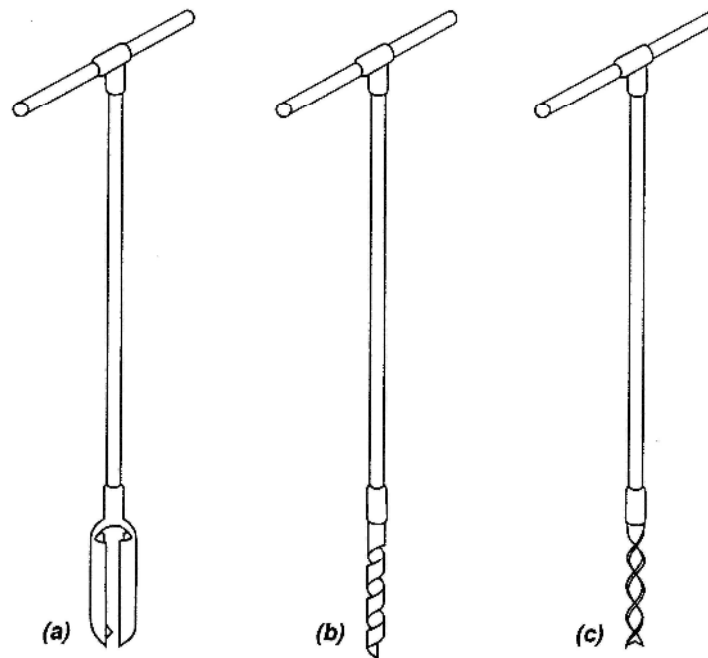


Figura 1 - Trados manuais mais utilizados (a) cavadeira, (b) espiral ou 'torcido' e (c) helicoidal

c) Sondagem à percussão – SPT (NBR 6484/01)

- Atravessa solos relativamente compactos ou duros ;
- Não ultrapassa blocos de rocha e muitas vezes, pedregulho;
- O furo é revestido se for instável;
- Perfuração com Trépano e remoção por circulação de água (lavagem) ;
- O ensaio (SPT) é realizado a cada metro de sondagem;
- Consiste na cravação de um amostrador normalizado (Raymond - Terzaghi), por meio de golpes de um peso de 65 kgf caindo de 75cm de altura;
- Anota-se o nº de golpes para cravar os 45cm do amostrador em 3 conjuntos de golpes para cada 15cm;
- O resultado do ensaio SPT é o nº de golpes necessários para cravar os 30cm finais;
- A amostra é deformada.

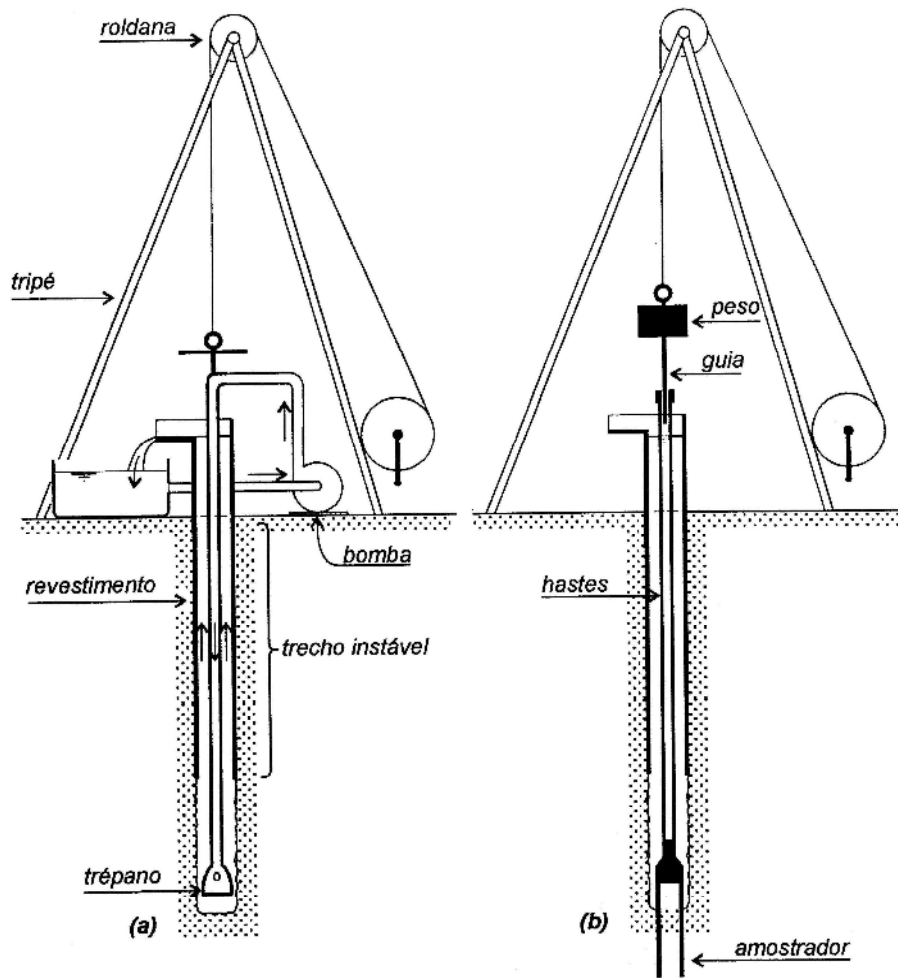


Figura 2 - Etapas na execução de sondagem a percussão: (a) avanço da sondagem por desagregação e lavagem e (b) ensaio e penetração dinâmica (SPT)

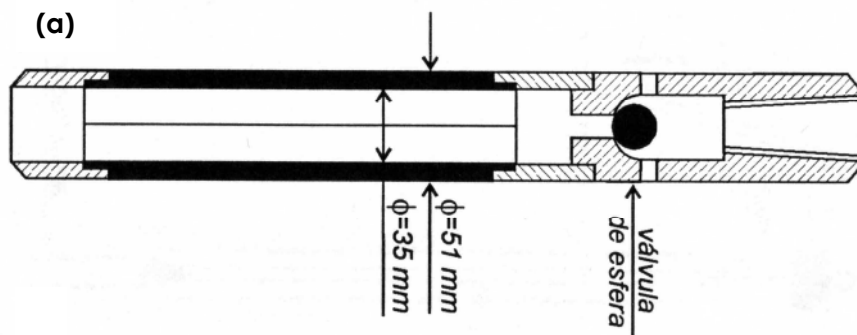


Figura 3 - Amostrador para solo (esquemáticamente representado): (a) Raymond - Terzaghi (usado no SPT)

Tabela 1 - Classificação de areias e argilas conforme SPT

Solo	N	Compacidade/ Consistência
Areias e siltes arenoso	≤ 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	≤ 2	Muito mole
	3 – 5	Mole
	6 – 10	Média(o)
	11 – 19	Rija(o)
	>19	Dura(o)

d) Amostras indeformadas (NBR 9820)

- Blocos;
- Tubos amostradores de parede fina (cravados estaticamente por prensagem).

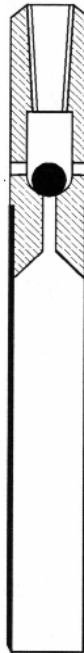


Figura 4 - Amostrador para solos (esquemáticamente representado) de parede fina ou "Shelby" comum.

e) Nível de água (em furos de sondagem)

- Piezômetro (pressão neutra no ponto);
- Medidor de nível d'água.

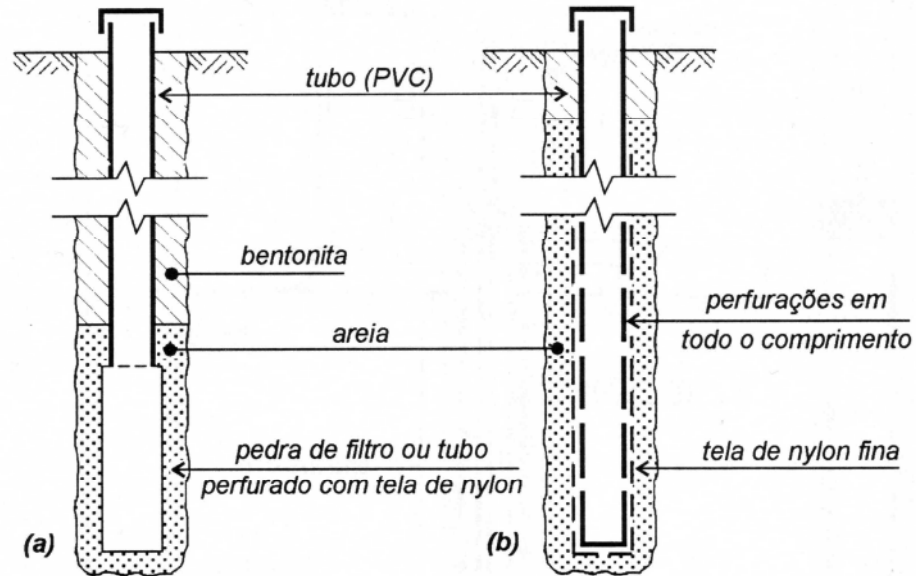


Figura 5 - (a) piezômetro e (b) medidor de nível d'água

f) Sondagem rotativa

- Para ultrapassar rocha (matações ou blocos) em furos de sondagem;
- Barrilete com ponta cortante → coroa de Tungstênio ou Diamante.,

Tabela 2 - Diâmetros de perfuração em rocha

Padrão DCMA	Diâmetro da coroa (pol.; mm)	Diâm. testemunho (mm)
EX	1,47 ; 37,3	20,6
AX	1,88 ; 47,6	30,1
BX	2,35 ; 59,5	41,3
NX	2,97 ; 75,3	54,0
HX	3,89 ; 98,8	76,2

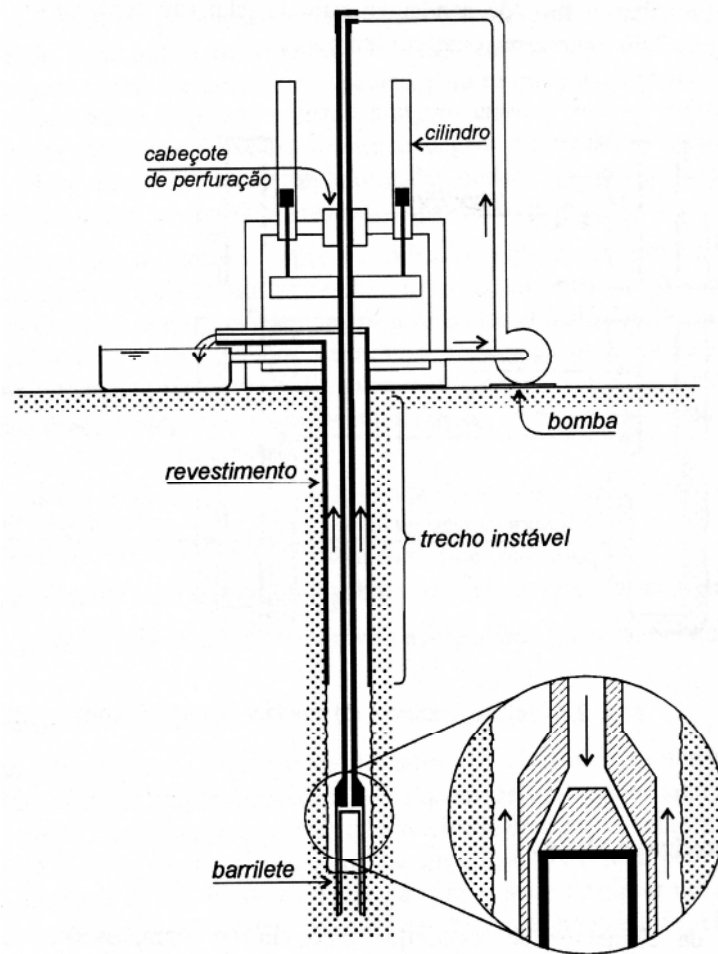


Figura 6 - Esquema de funcionamento de sonda rotativa

g) Sondagem mista

- Sondagem combinada de SPT + Rotativa.

h) Ensaio de cone (CPT) – NBR 12069

- Ensaio de penetração estática;
- Ensaio de penetração contínua;
- Diepsondering.

O ensaio consiste na cravação à velocidade lenta e constante (2cm/s) de uma haste com ponta cônica (10 cm² e 60°) medindo -se a resistência encontrada na ponta e a resistência por atrito lateral.

— Cone { - Mecânico;
 Prof. José M. G. - Elétrico.

- $CPTU = CPT + PORO-PRESSÃO = PIEZOCONE$
- Ensaio de dissipação → Coeficiente de adensamento horizontal C_h .

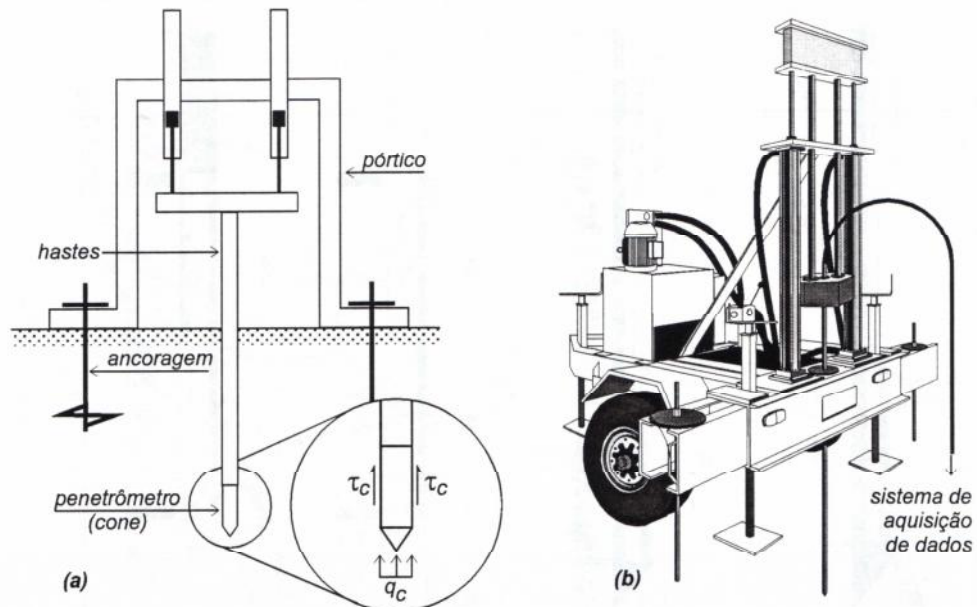


Figura 7 - Ensaio CPT (a) princípio de funcionamento e (b) vista de um equipamento (desenvolvido pela COPPE - UFRJ juntamente com a GROM - Automação e Sensores)

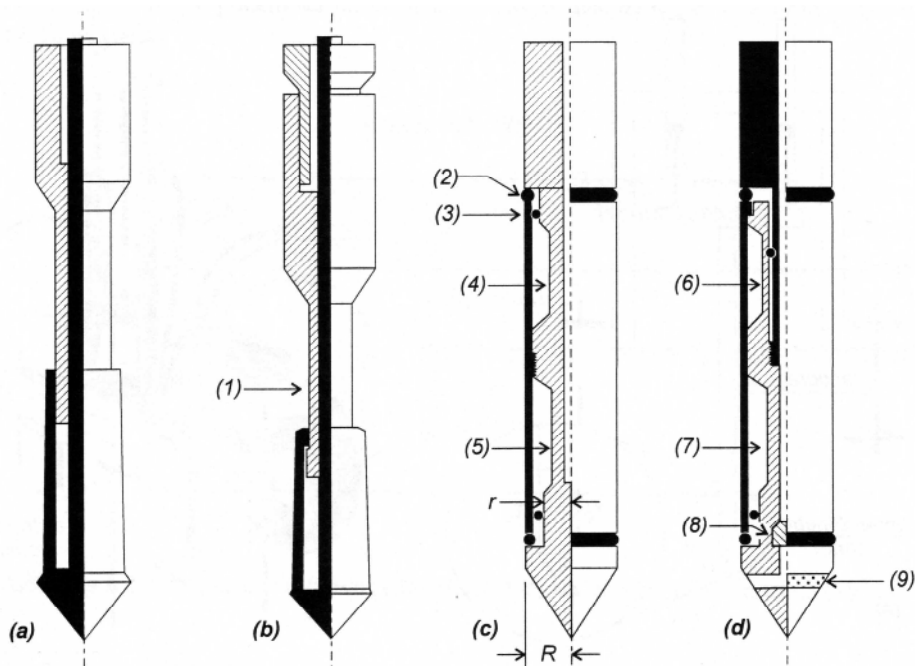


Figura 8 – Penetrômetros para CPT (a) de Delft, (b) Begemann, (c) cone elétrico (FUGRO - tipo subtração) e (d) piezocone (COPPE -UFRJ modelo 2), estando indicados: (1) luva de atrito, (2) anel

de vedação de solo, (3) idem, de água (4) célula de carga total, (5) idem, de ponta, (6) idem, de atrito, (7) idem, de ponta (8) transdutor (medidor) de poro -pressão e (9) elemento poroso.

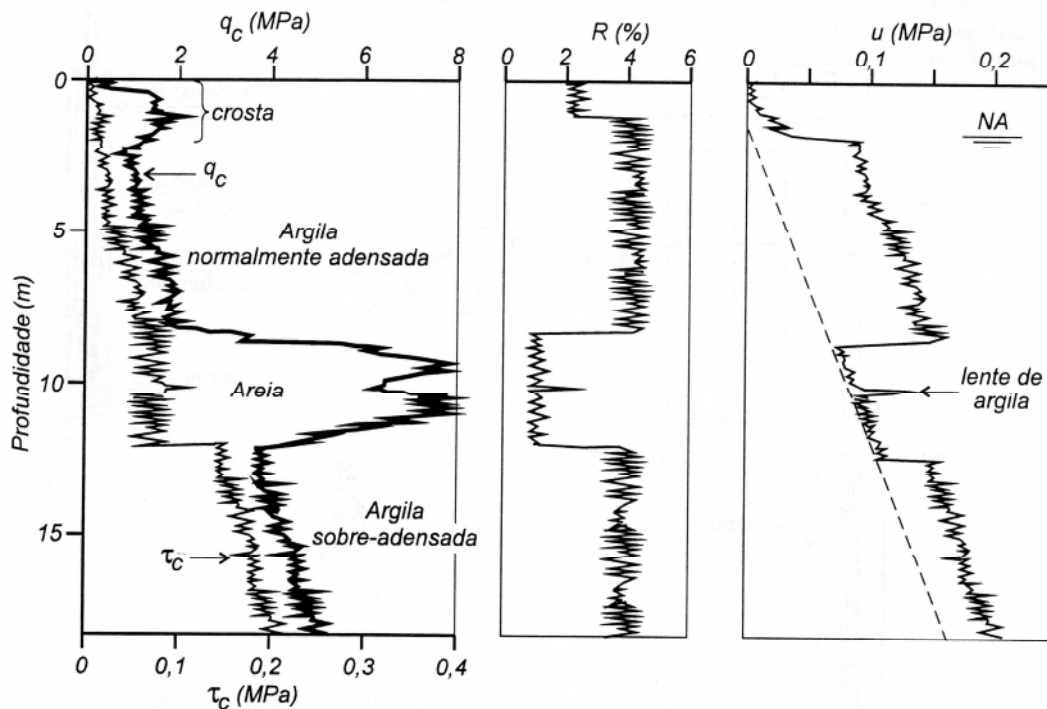


Figura 9 - Resultado de um ensaio CPTU (realizado com piezocone)

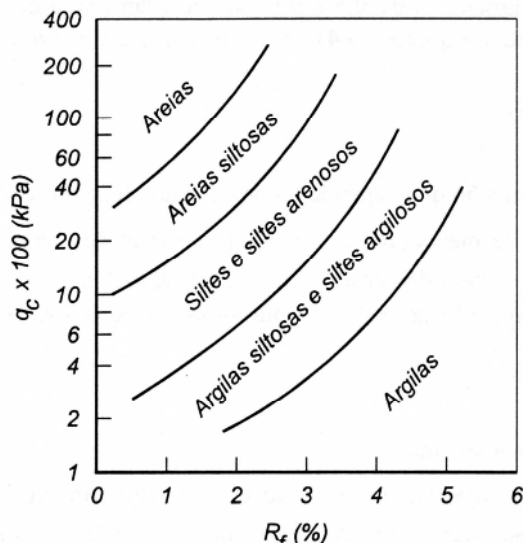


Figura 10 - Relação entre a razão de atrito, resistência de ponta do cone e tipo de solo (Robertson e Campanella, 1983)

$$R_f = \frac{f_s}{q_c} - \text{RAZÃO DE ATRITO}$$

Tabela 3 - Tipo de solo de acordo com a Razão de atrito

TIPO DE SOLO	R _f (%)
Areia fina e grossa	1,2 – 1,6
Areia siltosa	1,6 – 2,2
Areia silto-argilosa	2,2 – 4,0
Argila	> 4,0

i) Ensaio Pressiométrico (PMT)

- Consiste na expansão de uma sonda ou célula cilíndrica instalada em um furo executado no terreno.

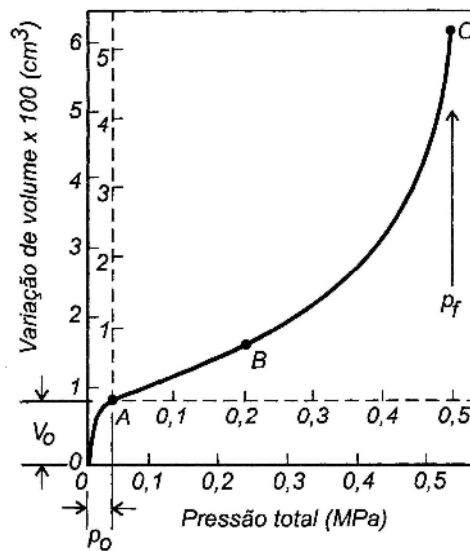


Figura 11 - Resultado de ensaio pressiométrico

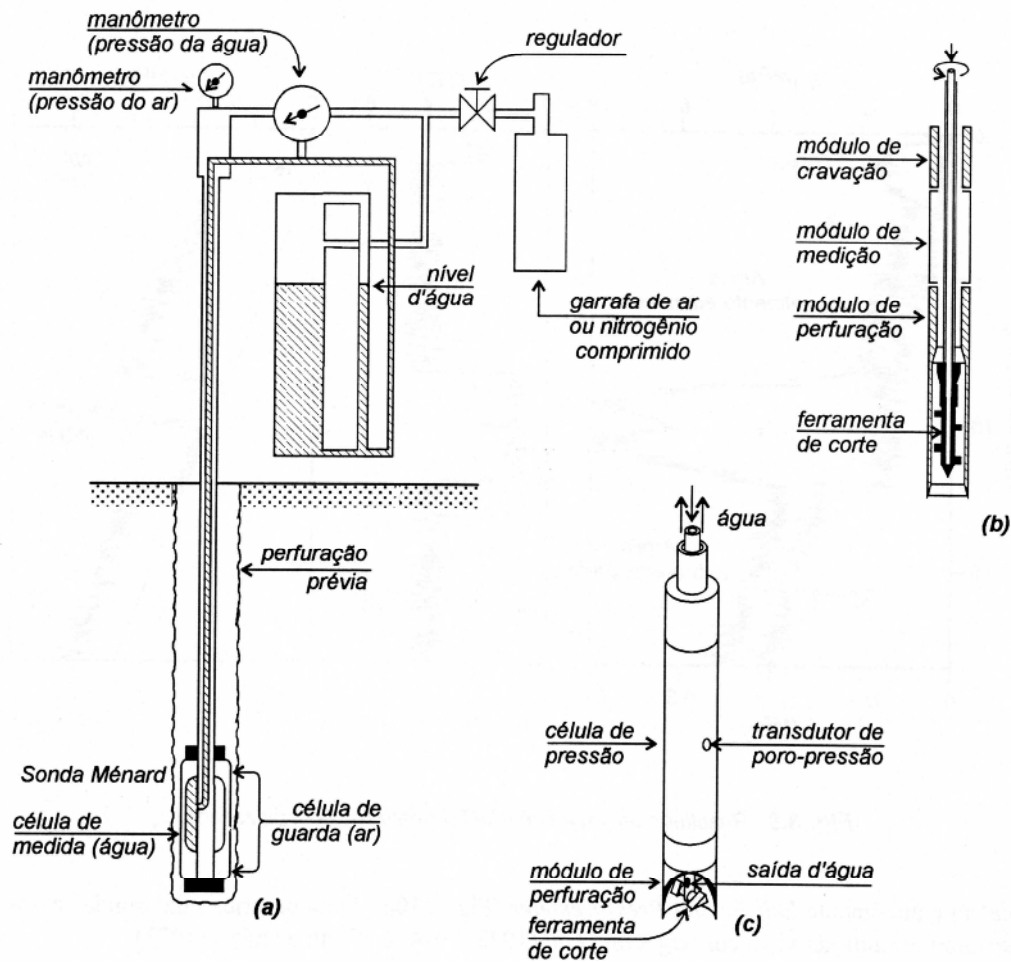


Figura 12 - Ensaio PMT: (a) princípio de execução (com sonda tipo Ménard), (b) sonda auto-perfurante tipo LCPC e (c) idem, tipo Camkometer.

A interpretação do ensaio fornece:

- $k_o ; \sigma_{ho}$

- $E_u ; G$ $G = \frac{E}{2(1+\nu)} = Vm \frac{\Delta p}{\Delta v}$

- $S_u \approx \frac{p_f - p_o}{5,5}$

- Atualmente S.B.P. → Autoperfurante

j) Outros ensaios in Situ

• Palheta → VANE TEST → S_u (Argilas Moles).

• Dilatômetro (DMT) → S_u ; K_0 ; σ'_{ho} .

