

Através do ensaio pressiométrico de Ménard (PMT) podem avaliar-se os seguintes parâmetros geotécnicos relacionados com a resistência e deformabilidade dos solos:

- Tensão horizontal de repouso (σ_{h0})
- Módulo de Distorção (G)
- Módulo de Deformabilidade (E) e Módulo confinado (E_{oed})
- Coesão não drenada (C_u)
- Ângulo de atrito interno (Φ) e dilatância (ψ)

Tensão horizontal de repouso (σ_{h0})

O ensaio pressiométrico de Ménard tem dificuldades na obtenção da tensão horizontal *in situ*. A sua identificação requer interpretação de dados da curva pressiométrica

a partir de critérios ainda não validados (Schnaid *et al*

., 1995). A

tensão horizontal de repouso

deve ser feita com precaução, tendo em conta que este é um dos parâmetros geotécnicos mais subjectivos que podem ser obtidos a partir do ensaio pressiométrico. Essa subjectividade ocorre devido ao grau de perturbação nas paredes da cavidade durante a perfuração, à diferença entre o diâmetro do furo e o da sonda, ao alívio de tensões logo após a abertura da cavidade e ao insuficiente número de pontos na fase inicial da curva (Furtado, 1998). Em geral, a perturbação resultante dos efeitos da instalação da sonda aumenta com o aumento da rigidez e granulometria dos solos, pelo que a eficiência da avaliação da tensão horizontal é menor nos solos rijos do que nos solos lodosos, e pode tornar-se inconsistente nos solos saturados (Clarke, 1996; Gambin, 1980).

Sandroni e Brandt (1983) afirmam que o ensaio pressiométrico é um instrumento viável para a obtenção de tensões horizontais *in situ*, de características tensão-deformação e da resistência à distorção, enquanto Schnaid *et al.* (1995) e Cestari (1990) consideram que a dedução deste parâmetro através do PMT é pouco fiável.

Módulo de distorção (G)

O módulo de distorção de uma argila é uma medida do seu comportamento elástico a partir do qual é estimado o módulo de deformabilidade.

Segundo Cestari (1990), o módulo de deformabilidade pode ser estimado numa fase inicial da curva pressão-deformação através de uma tangente de declive G

, no entanto os melhores resultados são obtidos através do cálculo, numa fase de comportamento perfeitamente elástico, num ciclo de carga/descarga, através da tangente de declive G

(Figura 1). Pode haver erros na medição das deformações devido à deformação que ocorre previamente, aquando a realização do furo. Assim, numa fase de cálculo posterior garante-se que essa perturbação inicial não é afectada.

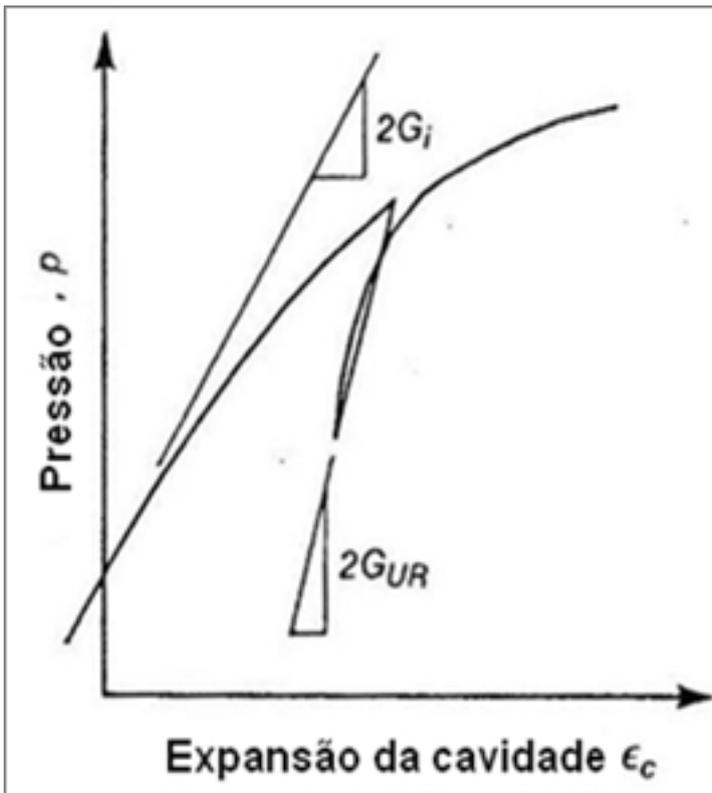


Figura 1 - Módulo tangente inicial da curva pressão/expansão (Mair e Wood, 1987).

O módulo de distorção pressiométrico (G) é também obtido através de uma variação de volume específica segundo a expressão proposta por Lamé (1952):

$$G = V_m \cdot (\Delta P / \Delta V)$$

Onde:

ΔV = variação de volume na fase elástica devido ao aumento de pressão ΔP

V_m = volume inicial da sonda acrescido do volume médio expandido

Tal como o módulo pressiométrico de Ménard (E_{PMT}), o módulo de distorção (G) é determinado com valores de pressão e volume obtidos durante a fase elástica da curva pressiométrica corrigida

A relação entre os dois é dada pela equação:

$$G = E_{PMT} / (2 (1 + \nu))$$

Como Ménard sugere o coeficiente de Poisson $\nu = 0,33$ a expressão pode ser reescrita:

$$G = E_{PMT} / 2,66$$

Módulo de deformabilidade (E) e Módulo Confinado (E_{oed})

O módulo de Young ou de elasticidade (E) é calculado através da expressão:

$$E = E_{PMT} / \alpha_p$$

Onde α_p é um parâmetro que é determinado pela Tabela 1.

Tabela 1 - Parâmetro α_p , (adaptado de Clarke, 1996)

Tipo de Solo	Descrição	E_{PMT}/PL	α_p
Turfas	--	-	1
Argilas	Sob-Consolidadas	>16	1
	Normalmente Consolidadas	9-16	0.67
	Em consolidação	7-9	0.5
Siltes	Sob-Consolidadas	>14	0.67
	Normalmente Consolidadas	8-14	0.5
Areias	--	>12	0.5
	--	7-12	0.33
Areias e cascalho	--	>10	0.33
	--	6-10	0.25
Rochas	Muito Fracturadas	-	0.33
	Sãs ou intactas	-	0.5
	Alteradas	-	0.67

O módulo pressiométrico pode ainda ser relacionado com o módulo confinado E_{oed} :

$$E_{oed} = E_{PMT}/\alpha$$

Onde α é um factor de correlação que depende do tipo de solo, conforme proposto Ménard & Rousseau (1962) na Tabela 2.

Tabela 2 – Parâmetro α para solos normalmente consolidados (Ménard & Rousseau 1962).

Tipo de Solo	Argila	Silte	Areia	Cascalho
α	0.67	0.50	0.33	0.25

Coesão não drenada (C_u)

O valor da coesão não drenada de uma argila não é um valor intrínseco a um dado terreno - depende das condições do meio em que se encontra. Assim, os valores de resistência medidos com o ensaio pressiométrico devem ser comparados com os valores de laboratório em iguais condições de deformação (Cestari, 1990).

Considerando uma curva de tensão-deformação onde se ilustra o comportamento da coesão não drenada (Figura 2), pode ser diferenciada uma fase em que a coesão tem um valor máximo (pico), quando a deformação ainda não atingiu valores definitivos, e uma fase em que a coesão passou a ter um valor residual, onde as deformações já afectaram a força de ligação entre partículas.

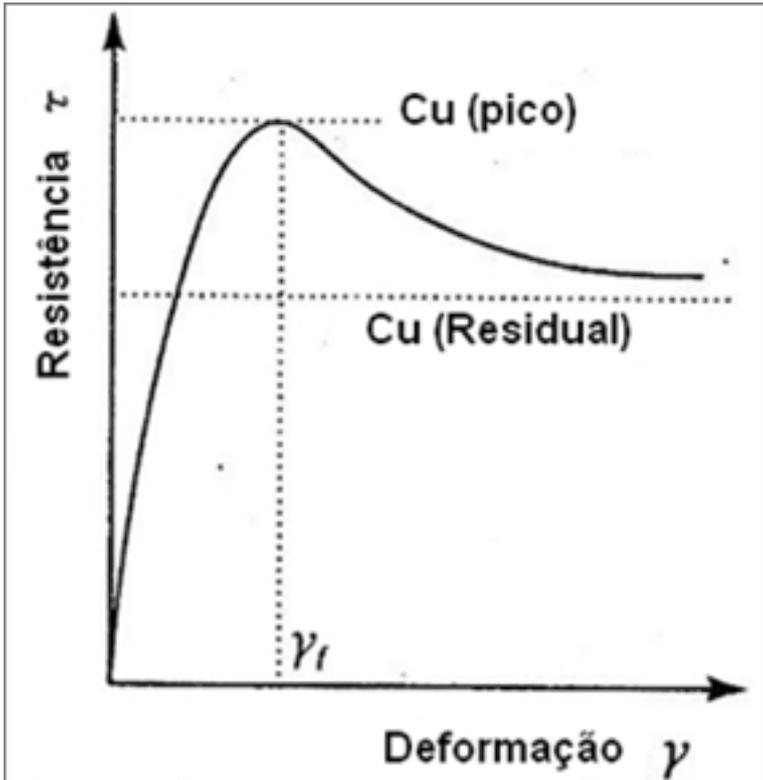


Figura 2. Comportamento da resistência em função da grande deformação (Mair e Wood, 1967) e curva de resistência em função da deformação (Mair e Wood, 1967) e curva de resistência em função da deformação (Mair e Wood, 1967)



Figura 3. Relação entre a pressão e o logaritmo da extensão volumétrica em argilas (Mair e Wood, 1967) e curva de resistência em função da deformação (Mair e Wood, 1967) e curva de resistência em função da deformação (Mair e Wood, 1967)

PL - σ_{h0} (kPa)	Cu (kPa)
<300	$(P_L - \sigma_{h0}) / 5.5$
>300	$((P_L - \sigma_{h0}) / 10) + 25$

Mais recentemente, em 1992, **Briaud** sugere a obtenção do parâmetro de coesão c_u através do teste de penetração de ponta plana (conforme o tipo de solo) (Tabela 4). Hughes *et al.* (1977), com a utilização dos

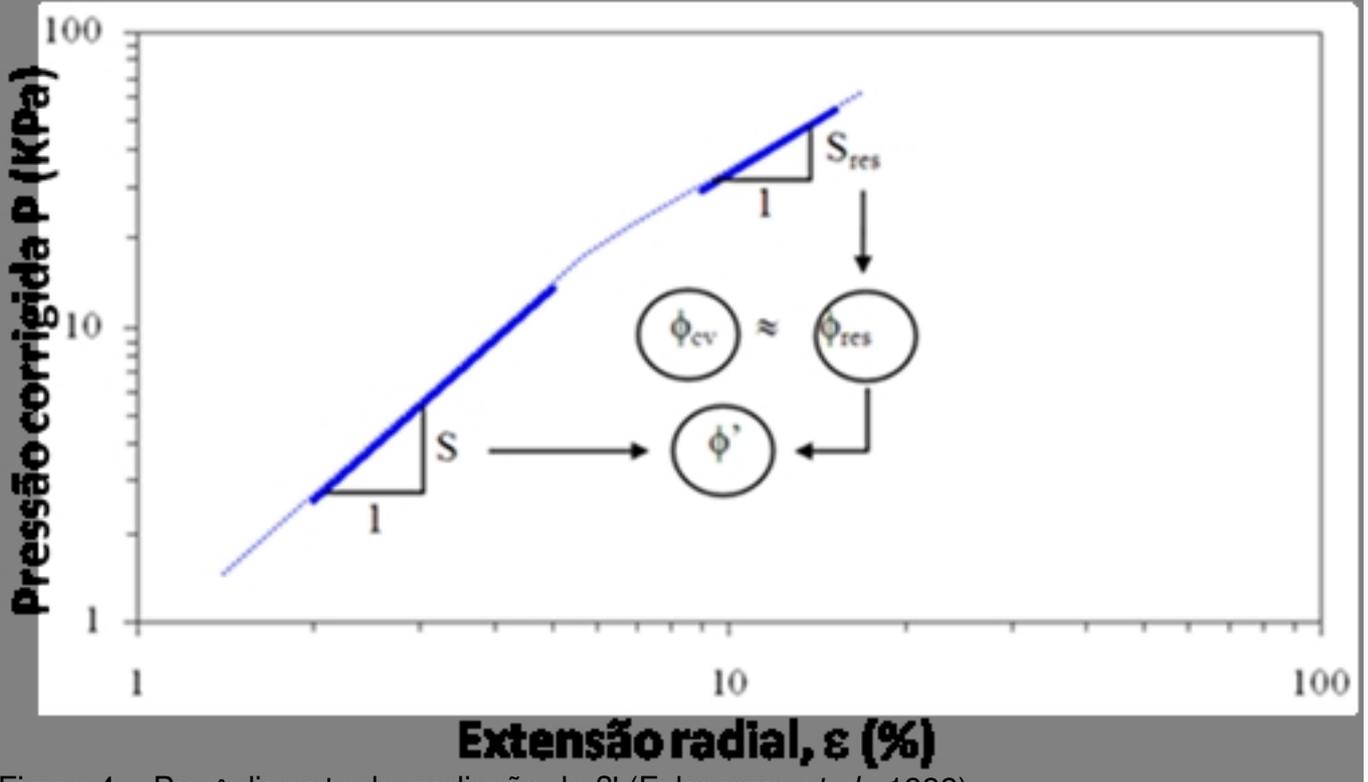


Figura 4 – Procedimento de avaliação de φ' (Fukagawa *et al.*, 1988)

Tipo de Solo	Φ _{cv}	Φ	
		Medianamente Compacto	Compacto
Silte (não plástico)	26	28	30
Areias finas a médias mal graduadas	26 a 30	30 a 34	32 a 36
Areias bem graduadas	30 a 34	34 a 40	38 a 46
Areias e Cascalhos	32 a 36	36 a 42	40 a 48

pois a penetração de ponta plana é utilizada para determinar o índice de compactação (Figura 5). Cabe ressaltar que

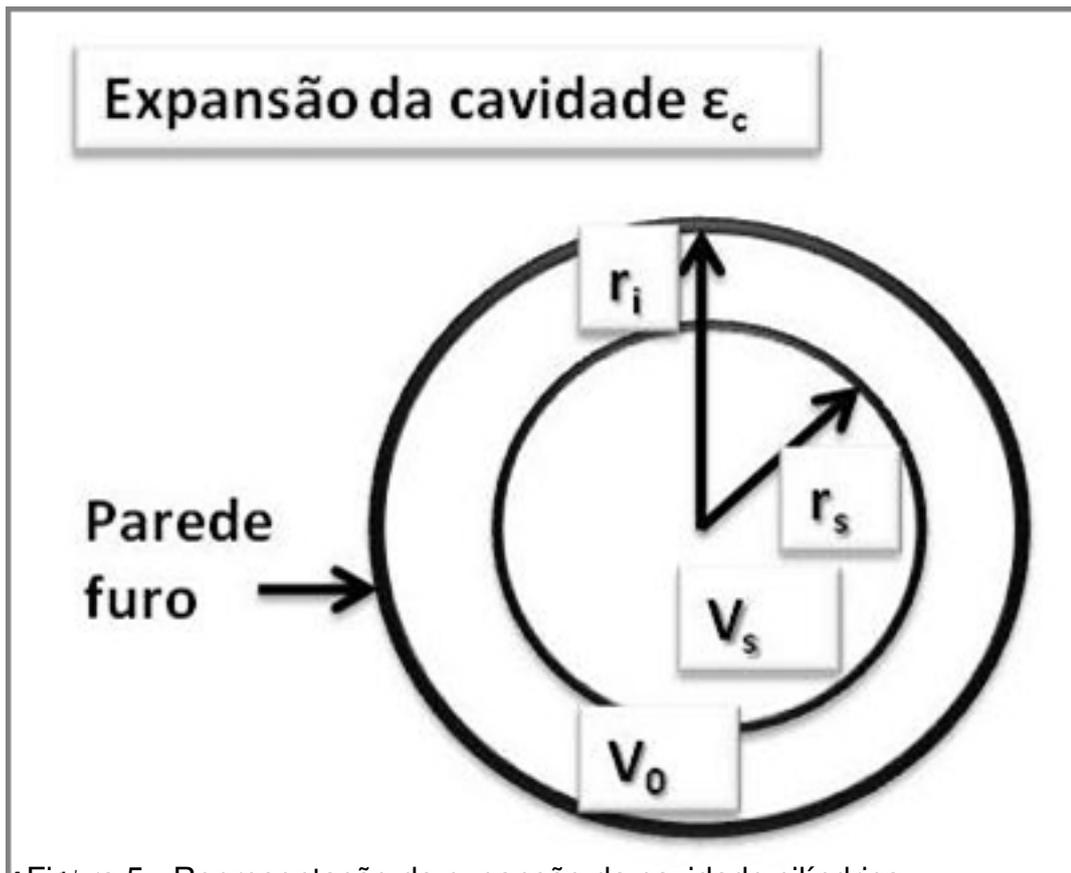


Figura 5. Representação da expansão da cavidade cilíndrica. A cada patamar de pressão, o raio da cavidade r_s aumenta. A expansão da cavidade ϵ_c é a diferença entre o raio da cavidade r_s e o raio da cavidade r_0 . A pressão p_s é a pressão de saturação da cavidade e p_0 é a pressão de saturação da cavidade inicial. A pressão p_s é a pressão de saturação da cavidade e p_0 é a pressão de saturação da cavidade inicial.

[ways to quit smoking](#)