



Estimativa de coeficiente de adensamento a partir de ensaios de dissipação de piezocone

Artur Cortês da Rosa

Mestrando do Programa de Pós Graduação em Engenharia de Transportes do Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, Brasil, artur.c.rosa@gmail.com

Maria Esther Soares Marques

Professora Associada do Programa de Pós Graduação em Engenharia de Transportes do Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, Brasil, esther@ime.eb.br

RESUMO: Este artigo apresenta o estudo da influência da poropressão inicial, obtida através de oito verticais de ensaio de piezocone (CPTu), na obtenção de valores de coeficiente de adensamento para projeto. A investigação geotécnica ocorreu em uma área do Exército, localizada em Guaratiba/RJ, onde há ocorrência de sedimentos argilosos. Foram realizados juntamente ao ensaio de piezocone, sondagem a percussão com medição de N_{SPT} e coleta de amostras indeformadas para ensaios de caracterização e ensaios de adensamento edométricos. Foi avaliado como o procedimento de correção da dissipação da poropressão do ensaio de piezocone, afeta o valor do coeficiente de adensamento, e consequentemente o prazo para estabilização de recalques de aterros sobre solos moles.

PALAVRAS-CHAVE: Poropressão, Piezocone, Solos moles, Argilas.

1 INTRODUÇÃO

Os depósitos de solos moles são indesejáveis para implantação de obras civis por apresentarem alta compressibilidade, baixas resistência ao cisalhamento e capacidade de suporte. Quando não existe a possibilidade de remoção e substituição do solo mole, outros métodos construtivos devem ser considerados. Para a construção de aterros sobre estes depósitos, pode-se utilizar drenos verticais associados a sobrecargas, aterros leves, constituídos por isopor ou outro material, e aterros estruturados sobre estacas com plataforma flexível ou rígida. A escolha da solução dependerá de diversos fatores e para auxiliar nesta tomada de decisão é imprescindível ter o conhecimento da estratigrafia e das características e propriedades geotécnicas do solo compressível de fundação. Uma das propriedades geotécnicas de grande influência no prazo das obras em solos moles, é

o coeficiente de adensamento, que estabelece a velocidade de dissipação dos excessos de poropressão e é necessário para estimar o comportamento do solo durante e após construções. A determinação deste parâmetro pode ser feita por meio do ensaio de piezocone, mais precisamente na etapa do ensaio de dissipação da poropressão.

Porém, existem dificuldades na interpretação da dissipação da poropressão, por meio de ensaios de piezocone. O ensaio de dissipação pode ser muito lento, demorando para atingir 50% da dissipação, tornando o ensaio caro e, em alguns casos, difícil de ser completado em apenas um dia (KRAGE; DEJONG; SCHNAID, 2014). Outro empecilho é a determinação do valor de t_{50} (tempo para dissipação de 50% do excesso de poropressão), na qual existem diferentes métodos de realização de ajustes da curva de dissipação pelo tempo, alterando por fim o valor de c_h .

Este trabalho tem como objetivo analisar a



influência da poropressão, por meio de metodologias de interpretações de ensaios de dissipação do piezocone, para cálculo de coeficientes de adensamento de solos moles. O estudo tem como dados de análise ensaios feitos em Guaratiba-RJ, em uma região que possui diversos estudos já realizados (Berbert (2016), Marques *et al.* (2016) e Silva (2017)).

2 LOCAL DE ESTUDO

A região em estudo está localizada na baixada de Campo Grande, ocorrendo próxima à extremidade leste da Baía de Sepetiba, no município do Rio de Janeiro, e compreende as denominadas Zonas 1 e 2, as quais são divididas pela Av. Dom João VI, conforme apresentado na Figura 1.

Para melhor caracterizar o solo, a estratigrafia e determinar os coeficientes de adensamento vertical e horizontal, do depósito de Guaratiba, foram realizados 8 verticais de ensaios de piezocone, sendo 5 verticais pertencentes a Zona 1 (Z1) e 3 verticais pertencentes a Zona 2 (Z2). As ilhas de investigações geotécnicas realizadas na área de estudo contaram com ensaios de palheta, piezocone, sondagens, coleta de amostras indeformadas, e em laboratório ensaios de caracterização física completa, adensamento

edométrico, difração de Raios-X e ensaios de fluorescência de raios-X.

Foi identificado, em linhas gerais, camadas de solos moles a muito moles de até 14 m de espessura e o nível d'água próximo ou, muitas vezes, coincidente com a superfície do terreno (MARQUES *et al.*, 2016).

3 DETERMINAÇÃO DOS COEFICIENTES DE ADENSAMENTO (C_h E C_v)

Ensaio de dissipação do excesso de poropressões, geradas durante a cravação do piezocone no solo, podem ser interpretados para a estimativa do coeficiente de adensamento horizontal (c_h). Ocorre uma interrupção durante a cravação do piezocone em profundidades predeterminadas, até atingir 50% de dissipação (usualmente) do excesso de poropressões, e monitora-se as poropressões durante esse período. (SCHNAID; ODEBRECHT, 2012).



Figura 1 - Delimitação da Área em Estudo, Zona 1 e Zona 2. Fonte: BERBERT, 2016.



Segundo Schnaid *et al.* (1997) a determinação de c_h envolve um procedimento simples e direto, que consiste na comparação entre a variação do excesso de poropressões e a pressão hidrostática, mostrados na Figura 2 pelo o seguinte procedimento de cálculo:

- calcular a diferença (Δu) entre a poropressão no início da dissipação (u_i) e a poropressão hidrostática (u_0);
- calcular a variação porcentagem de dissipação $\Delta u_{50\%}$ ($= (u_i - u_0)/2$).
- calcular a dissipação para $u_{50\%}$ ($= u_i - \Delta u_{50\%}$) a partir da curva experimental, determinar o tempo real para ocorrer 50% da dissipação (t_{50});
- obter o valor de T^* a partir da Tabela 1 e calcular c_h por meio da Equação 1, baseada no método de Houlsby e Teh (1991).

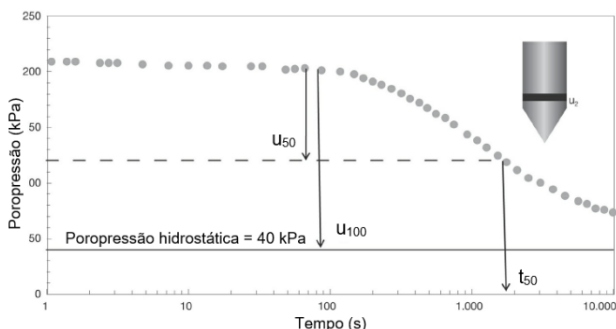


Figura 2. Exemplo típico de um ensaio de dissipação utilizado para ilustrar o procedimento de cálculo de c_h . Fonte: SCHNAID e ODEBRECHT (2012).

Tabela 1 - Fator Tempo T^* em função da porcentagem de dissipação da poropressão u (%). Fonte: HOULSBY e TE (1991)

u (%)	Fator tempo T^* em função da posição do transdutor de poropressão	
	Face do cone (u_1)	Base do cone (u_2)
20	0,014	0,038
30	0,032	0,078
40	0,063	0,142
50	0,118	0,245
60	0,226	0,439
70	0,463	0,084
80	1,040	1,600

$$c_h = \frac{T^* R^2 \sqrt{I_r}}{t} \quad (1)$$

Onde, R é o raio do piezocone; t , o tempo de dissipação (usualmente adotado como $t_{50\%}$); I_r , o índice de rigidez ($=G/Su$) e T^* o fator tempo, segundo Houlsby e Teh (1991).

Sempre se assume a pressão como hidrostática, mas pode não ser verdade. É usual que a pressão seja hidrostática, entretanto têm-se realizado verificação de artesianismo, executando-se dissipação na camada subjacente à argila.

Os valores do coeficiente de adensamento horizontal (c_h) obtidos a partir das dissipações de excessos de poropressões, correspondem às propriedades de solo na faixa de tensão sobreadensada. Durante a penetração do CPTu, o material ao redor do cone é submetido a elevados níveis de deformações, e a partir deste estado comporta-se como um solo em recompressão (SILVA, 2017). A estimativa do c_h na faixa normalmente adensada, é realizada através da abordagem semi-empírica proposta por Jamiolkowski *et al.* (1985), na Equação 2.

$$c_{h(NA)} = \frac{c_s}{c_c} \cdot c_{h(SA)} \quad (2)$$

Onde, $c_{h(SA)}$ é o coeficiente de adensamento horizontal na faixa sobreadensada, $c_{h(NA)}$ é o coeficiente de adensamento horizontal na faixa normalmente adensada, c_s é o índice de expansão e c_c o índice de compressão. Lima e Campos (2014), em ensaios realizados em Guaratiba, próximo ao local em estudo, chegaram a valor médio de c_s/c_c igual a 0,15.

Após a realização da conversão do $c_{h(SA)}$ em $c_{h(NA)}$, esse pode ser transformado em $c_{v(NA)}$, como pode ser visto na Equação 3.

$$\frac{c_{h(NA)}}{c_{v(NA)}} = \frac{k_h}{k_v} \quad (3)$$

A relação k_h/k_v , representa a anisotropia de permeabilidade horizontal e vertical da argila.

Berbert (2016) obteve a relação média de c_h/c_v de 1,2, para o domínio normalmente adensado em ensaios realizados em Guaratiba, RJ, o qual é inferior ao valor de anisotropia de



permeabilidade utilizada usualmente em projetos no Rio de Janeiro, na ordem de 1,5.

Os valores de c_h e c_v têm grande importância para o dimensionamento de drenos verticais, e na previsão da evolução de recalques com o tempo de aterros sobre solos moles, ou seja, são valores fundamentais para a definição de prazos de obra.

4 ESTIMATIVA DA POROPRESSÃO INICIAL (u_i) PARA CÁLCULO DE t_{50} .

A determinação de u_i com precisão é de fundamental importância para uma correta determinação de c_h . Segundo Lunne *et al.* (1997), em solos sobreadensados, é normal que haja uma variação no decaimento do excesso de poropressão, pois durante esse processo ocorre um elevado gradiente de poropressão indo da ponta do cone para a luva. O fenômeno também ocorre nos chamados solos levemente sobreadensados. Portanto, antes do início da dissipação da poropressão, ocorre uma redistribuição local, acarretando um aumento inicial da poropressão na base do cone. Isso pode levar alguns segundos até que haja uma estabilização da dissipação, para que assim ocorra o decaimento de poropressão.

No trabalho de Sully *et al.* (1999) dois métodos de apresentação e análise de dados foram discutidos, para corrigir os diferentes tipos de resposta a solos sobreadensados. O primeiro método (Figura 3a), tem-se os dados em escala $t^{0,5}$ com uma extrapolação linear da curva de dissipação, de modo que haja um decaimento seguindo um mesmo padrão. Na segunda abordagem (Figura 3b), tem-se os dados em escala $\log t$, deslocando o eixo da poropressão ao máximo valor da curva de dissipação, adotando-o como poropressão inicial.

Soares (1986) e Thomas (1986) sugerem procedimentos específicos para o cálculo de u_i ; também por meio da extrapolação do trecho linear medido na curva de dissipação (Figura 3a).

Chai *et al.* (2012) comentam que o método

de deslocar o ponto inicial da curva de dissipação para o ponto de poropressão máxima (Figura 3b), pode deixar de levar em consideração que exista uma redistribuição de poropressão, a qual ocorre no entorno do piezocone antes de ser atingida a poropressão máxima. Este método, tende a superestimar o valor de t_{50} , e conseqüentemente subestimar o valor de c_h . Isto levaria a um valor de c_h mais conservativo no ponto de vista da engenharia, para fins de projeto, implicando em maiores prazos previstos para a obra.

5 VALORES DE C_v E C_h

Foram, portanto, calculados os valores de c_h para os dois métodos de determinação da poropressão inicial (u_i), um sendo a poropressão inicial u_i corrigido, e o outro método sendo $u_i = u_{máx}$, como explicado nas Figuras 3a e 3b.

Na análise de Guaratiba, adotou-se $I_r = 50$, comumente adotado para depósitos do Rio de Janeiro (BARONI, 2016). O fator tempo T^* em função da posição do transdutor de poropressão do piezocone, que se localiza na base, de acordo com a Tabela 1, para $u_{50\%}$ é 0,245. Juntamente, foram estabelecidos os valores de c_v , para cada tipo de método de estimativa de u_i , através da relação da Equação 3. Os valores de c_v e c_h calculados podem ser vistos na Tabela 2.

Através dos ensaios de adensamento edométrico realizados por Berbert (2016) para amostras coletadas dessas verticais, estimaram-se os valores do coeficiente de adensamento normalmente adensado, obtidos pelo Método de Taylor (c_v), razão de compressão (CR) e índice de vazios inicial da amostra em laboratório (e_o) apresentados na Tabela 2. Por fim, a Figura 4 apresenta os valores de c_v de cada método, para cada vertical de ensaio CPTu, juntamente ao valor de c_v adquirido pelo ensaio de adensamento edométrico.

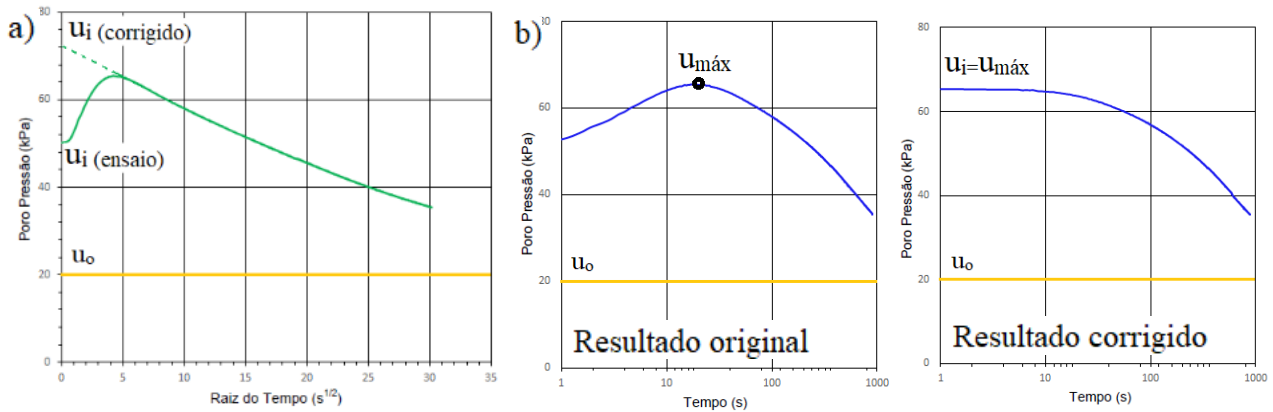


Figura 3 - Procedimentos de correção da poropressão inicial u_i - Exemplo ensaio de dissipação Z1-9 (2m)

Tabela 2 - Valores de c_h e c_v para as verticais de ensaio CPTu (normalmente adensado)

Vertical de ensaio CPTu	Profundidade (m)	NA (m)	u_o (kPa)	c_h (u_i corrigido) m^2/s ($\times 10^{-8}$)	c_h ($u_i=U_{máx}$) m^2/s ($\times 10^{-8}$)	c_v (u_i corrigido) m^2/s ($\times 10^{-8}$)	c_v ($u_i=U_{máx}$) m^2/s ($\times 10^{-8}$)
Z1-14	2	0	20	29,1	17,32	24,24	14,44
	6	0	60	8,36	6,31	6,97	5,26
Z1-20	3	1,4	16	3,98	2,86	3,32	2,38
	4,73	1,4	33,3	2,81	2,34	2,34	1,95
Z1-27	3	0,8	22	3,41	2,52	2,84	2,10
	5	0,8	42	4,05	3,13	3,37	2,61
	7	0,8	62	7,44	6,09	6,20	5,08
	2	0	20	22,4	16,69	18,64	13,91
Z1-29	4	0	40	5,67	6,95	4,73	5,79
	6	0	60	9,80	8,51	8,17	7,09
	8	0	80	11,6	10,11	9,70	8,42
	10	0	100	17,1	13,08	14,26	10,90
Z1-36	3	0	30	6,33	5,04	5,28	4,20
	4	0,5	35	4,90	3,67	4,08	3,06
	6	0,5	55	3,45	3,11	2,87	2,60
Z2-06	8	0,5	75	7,56	6,22	6,30	5,19
	10	0,5	95	5,79	4,66	4,82	3,88
	3	0,3	27	5,50	3,68	4,58	3,07
Z2-09	5	0,3	47	7,69	5,68	6,41	4,73
	7	0,3	67	8,46	6,77	7,05	5,64
	2	0	20	14,2	11,82	11,81	9,85
Z2-14	4	0	40	7,05	6,19	5,87	5,16



Tabela 3 - Valores de c_v obtidos no ensaio de adensamento edométrico (normalmente adensado)

Amostra	Profundidade (m)	NA (m)	e_0	$CR=C_c/(1+e_0)$	c_v edométrico $m^2/s (x 10^{-8})$
Z1-14	2	0	3,340	0,50	1,17
	6	0	3,440	0,46	1,22
Z1-20	3	1,4	2,910	0,25	2,47
	3	0,8	2,975	0,41	1,90
Z1-27	5	0,8	3,292	0,38	1,28
	7	0,8	3,457	0,41	3,02
Z1-29	2	0	1,830	0,28	2,86
	6	0	3,870	0,44	1,55
	10	0	3,740	0,42	1,76
Z1-36	3	0	3,488	0,43	1,44
Z2-06	4	0,5	3,711	ID	1,32
	10	0,5	2,978	0,44	1,90
Z2-09	5	0,3	2,873	0,40	1,40
	7	0,3	2,685	0,43	1,90
Z2-14	2	0	3,085	0,43	1,30
	4	0	2,838	0,39	1,40

ID -impossível determinar

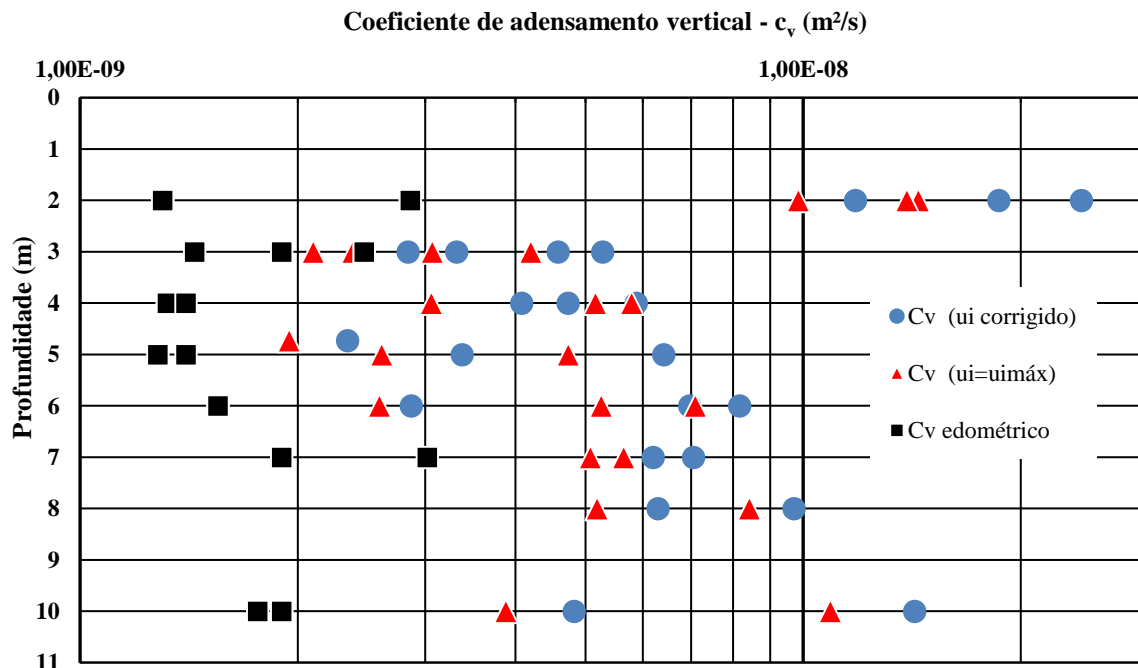


Figura 4 - Valores de c_v calculados (normalmente adensado)



Nota-se que existe um padrão de ordens de grandeza para os valores de c_v , onde para cada profundidade tem-se o c_v do ensaio edométrico como o de menor valor, seguido do $c_v (u_i = u_{máx})$ e $c_v (u_i \text{ corrigido})$. Cabe ressaltar que os valores de c_v do ensaio edométrico são afetados pela qualidade da amostragem, que neste caso eram amostras de boa qualidade, segundo critério proposto por Lunne *et al.* (1997).

Pereira (2016) também analisou os dois métodos de estimativa da poropressão inicial (u_i), para argilas de Tubarão/SC, chegando as mesmas conclusões deste estudo, onde os menores valores de c_h são encontrados quando se é utilizado $t_{50} (u_i = u_{máx})$. Tal fato ocorre, pois como a poropressão máxima considerada ($u_i = u_{máx}$) é sempre menor do que quando se utiliza $u_i \text{ corrigido}$, o valor de $u_{50\%}$ é menor, e, portanto, precisa-se de mais tempo para atingir o t_{50} . Uma comparação a outros estudos de estimativas de valores de c_h obtidos por ensaios de piezocone são apresentados na Tabela 4.

Os métodos para determinação dos coeficientes de adensamento fornecem valores que variam na faixa de $29,1 - 2,81 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$

para $c_h (u_i \text{ corrigido})$, de $17,32 - 2,34 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$
 para $c_h (u_i = u_{máx})$, de $24,42 - 2,34 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$
 para $c_v (u_i \text{ corrigido})$, e de $14,44 - 1,95 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$
 para $c_v (u_i = u_{máx})$.

Além disto, as correções de estado de tensões e de direção de fluxo são utilizadas para definição de valores de projeto. Berbert (2016) apresentou um exemplo (Figura 5), onde discute a influência da relação c_h/c_v , verificando a evolução dos recalques por adensamento com o tempo. Trata-se de um exemplo de aterro rodoviário considerando-se material com peso específico de 18 kN/m^3 , de $3,0 \text{ m}$ de altura sobre camada de $10,0 \text{ m}$ de argila mole, considerando tempo para estabilizar 90% dos recalques. Em relação aos geodrenos, considerou-se a disposição em malha triangular, com espaçamento entre eles de $1,5 \text{ m}$. Observa-se que pode haver uma diferença relevante no prazo de projeto, devido aos valores adotados:

- sem drenos; $t_{90} = 26 \text{ anos}$
- $c_h/c_v = 1$; $t_{90} = 25,5 \text{ meses}$
- $c_h/c_v = 1,2$; $t_{90} = 21 \text{ meses}$
- $c_h/c_v = 1,5$; $t_{90} = 17 \text{ meses}$
- $c_h/c_v = 2,0$; $t_{90} = 13 \text{ meses}$

Tabela 4 - Comparação de valores de c_h normalmente adensado em diferentes localidades nacionais.

Local	$c_h (\text{m}^2/\text{s}) \times 10^{-8}$	Referência
Tubarão (SC)	14,8-97,72	Pereira (2016)
Porto Alegre (RS) - CEASA	25,59-53,90	Soares (1997)
Porto Alegre (RS) - Aeroporto Salgado Filho	19,41-49,75	Soares (1997)
Rio de Janeiro (RJ) - Barra da Tijuca	20-61	Danziger <i>et al.</i> (1997)
Rio de Janeiro (RJ) - Sarapuí	5-50	Baroni (2010)
Recife (PE)	17-39	Bezerra (1996)

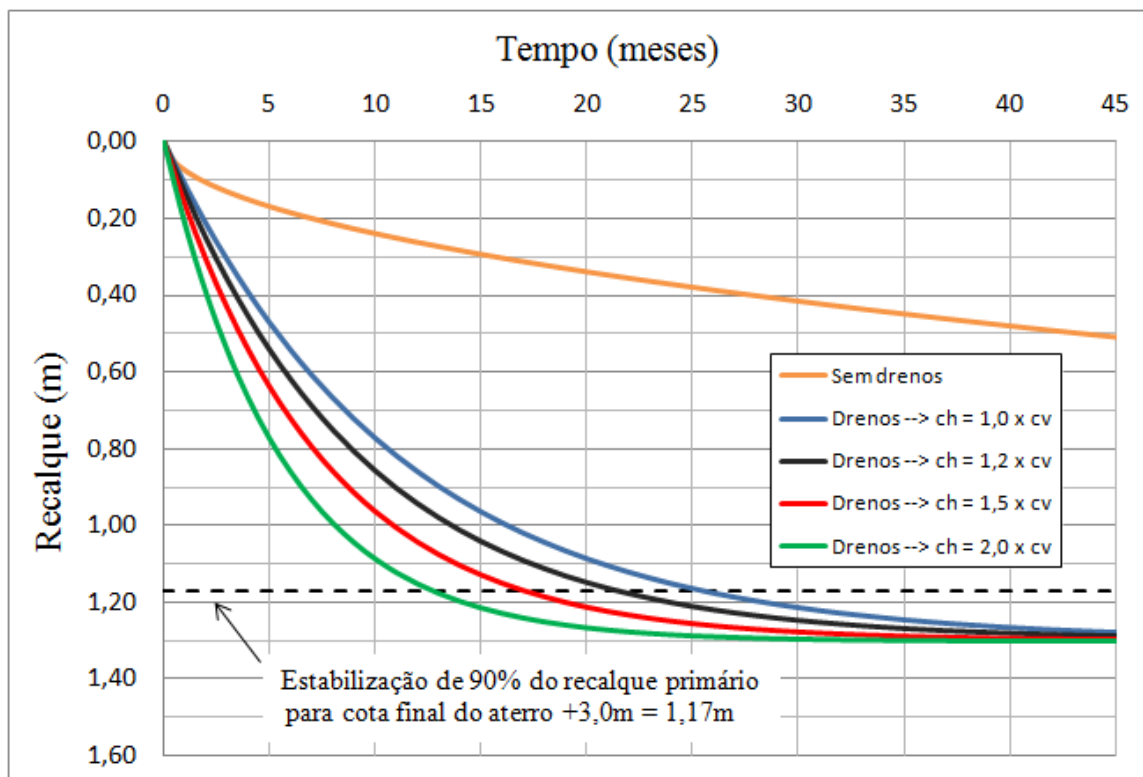


Figura 5 - Influência da relação c_h/c_v em prazo de projetos. Fonte: BERBERT, 2016.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste artigo procurou-se discutir métodos para estimativa de coeficiente de adensamento a serem empregados em projeto. Este tipo de análise é realizado para qualquer depósito de solo mole, uma vez que a costa brasileira tem depósitos que vão de norte a sul.

Para determinação dos coeficientes de adensamento vertical e horizontal do depósito de Guaratiba, foram realizados 8 verticais de ensaios de piezocone e coletadas amostras para realização de ensaio de adensamento edométrico.

A definição de valores da poropressão inicial durante a dissipação, é empregada por duas diferentes metodologias, gerando valores distintos para cálculo de t_{50} , conseqüentemente diferentes valores de coeficientes de adensamento, neste trabalho denominados c_v ; c_h ($u_i = u_{máx}$) e c_v ; c_h (u_i corrigido).

Comprovou-se que existe um padrão de ordens de grandeza para os valores de c_v , onde o

c_v gerado pelo ensaio edométrico tem o menor valor, seguido do c_v ($u_i = u_{máx}$) e c_v (u_i corrigido).

Portanto, é de grande importância a discussão de valores dos coeficientes de adensamento c_v e c_h , visto a influência da relação destes coeficientes em prazo de obra.

A adoção de um valor de c_v ou c_h de projeto é muito dificultada pela grande variabilidade dos valores calculados a partir de ensaios de laboratório, ensaios de campo e medidas de instrumentação de campo. Cabe ressaltar que é fundamental que sejam realizados estudos comparativos entre o previsto em projeto e o desempenhado na obra por meio de instrumentação. Os valores de c_v medidos por instrumentações de campo são de 20 a 30 vezes maiores que os de projeto (Almeida e Marques, 2014).

REFERÊNCIAS

Almeida, M. S. S. e Marques, M. E. S. (2014) Aterros Sobre Solos Moles: Projeto e Desempenho. 2a ed.: Oficina de Textos, São Paulo.



- Baroni, M. (2010) Investigação geotécnica em argilas orgânicas muito compressíveis em depósitos da Barra da Tijuca. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Baroni, M. (2016) Comportamento Geotécnico de Argilas Extremamente Moles da Baixada de Jacarepaguá, RJ. Tese de Doutorado em Geotecnia. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ.
- Berbert, L. A. (2016) Avaliação dos Coeficientes de Adensamento Vertical e Horizontal de um Depósito de Solo Mole Para a Previsão de Recalques em Obras de Infraestrutura. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Transportes. Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, RJ.
- Bezerra, R. L. (1996) Desenvolvimento do piezocone COPPE de terceira geração e sua utilização em argilas moles. 1996. 444 f. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia Civil) – Coordenação dos Programas de Pós-graduação de Engenharia – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Chai, J.; Sheng, D.; Carter, J. P.; Zhu, H. (2012) Coefficient of consolidation from non-standard piezocone dissipation curves. *Computers and Geotechnics*, v.41, p. 13-22. 2012.
- Danziger, F. A. B.; Almeida, M. S. S.; Sills, G. C. (1997) The significance of the strain path analysis in the interpretation of piezocone dissipation data. *Géotechnique*, v. 47, n. 5, p. 901-914.
- Houlsby, G. T.; Teh, C. I. (1991) An analytical study of the cone penetration test in clay. *Géotechnique*, v. 41, n. 1, p. 17-34.
- Jamiolkowski, M., Ladd, C.C., Germaine, J.T. e Lancellotta, R. (1985). *New Developments In Field And Laboratory Testing Of Soils*. Proc., XI ICSMFE, San Francisco, Vol. 1, p. 57-153.
- Krage C. P., DeJong J. T., and Schnaid F. (2014) Estimation of the Coefficient of Consolidation from Incomplete Cone Penetration Test Dissipation Tests, *ASCE Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, Vol. 141, Issue 2.
- Lima, I.S e Campos, T.M.P. (2014) Caracterização de um Depósito De Argila Mole de Guaratiba - RJ. XVII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica – COBRAMSEG, Goiânia – GO.
- Lunne, T.; Robertson, P. K.; Powell, J. J. M. (1997) *Cone Penetration Testing in Geotechnical Practice*. Melbourne: Blackie Academic & Professional.
- Marques, M. E. S., Berbert, L. A., Aguiar, W. B. (2016) Mapeamento geotécnico de um depósito de solo compressível em Guaratiba, Rio de Janeiro. *Revista Militar De Ciência e Tecnologia*, V. 33, n. 2.
- Pereira, F. S. (2016) Nova metodologia para interpretação de ensaios de dissipação do piezocone. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul., Porto Alegre, RS.
- Schnaid, F., Sills, G.C., Soares, J.M.D. e Byirendam, Z. (1997) Predictions of the Coefficient of Consolidation from Piezocone Tests. *Canadian Géotechnical Journal*, 34 (2), 143–159.
- Schnaid, F.; Odebrecht, E. (2012) *Ensaio de Campo e suas Aplicações à Engenharia de Fundações*. 2a ed.: Oficina de Textos, São Paulo, 254p.
- Silva, F. V. (2017) *Parâmetros Geotécnicos de Argilas muito moles de Guaratiba, Rj*. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Transportes. Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, RJ.
- Soares, J. M. D. (1997) *Estudo do comportamento geotécnico do depósito de argila mole da grande Porto Alegre*. 1997. 332 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Soares, M. M. (1986) *Interpretation of dissipation tests in Oslo clay*. Report 40019-5. Oslo: Norwegian Geotech. Institute.
- Sully, J. P.; Robertson, P. K.; Campanella, R. G.; Woeller, D. J. (1999) An approach to evaluation of field CPTU dissipation data in overconsolidated fine-grained soils. *Canadian Geotechnical Journal*, v. 36, n. 2, p. 269-381.
- Thomas, S. D., (1986) *Various techniques for the evaluation in the coefficient of consolidation from a piezocone dissipation test*. Report SM064/86. Oxford: Oxford University.