



The Organizing Committee of

ICEUBI2019

INTERNATIONAL CONGRESS ON ENGINEERING UBI2019

Engineering for Evolution

organized by the Faculty of Engineering, University of Beira Interior, which took place in Covilhã, Portugal, November 27-29, 2019, certifies that

António Paula

attended ICEUBI2019 Congress.

Covilhã, UBI, November 27, 2019

Silvio Mariano

President of Faculty of Engineering

Jorge Silva

Chairman of the Organizing Committee



The Organizing Committee of

ICEUBI2019

INTERNATIONAL CONGRESS ON ENGINEERING UBI2019

Engineering for Evolution

organized by the Faculty of Engineering, University of Beira Interior, which took place in Covilhã, Portugal, November 27-29, 2019, certifies that the paper,

Applicability Study of the Oedometer Test to a Silty Sand

id 195

by:

António Miguel Paula, José Alexandre Gonçalves, José dos Santos Batista, Manuel Teixeira Braz César, Bruno Afonso Freitas

was presented and included in the Congress documentation.

Covilhã, UBI, November 27, 2019

Silvio Mariano

President of Faculty of Engineering

Jorge Silva

Chairman of the Organizing Committee



APPLICABILITY STUDY OF THE OEDOMETER TEST TO A SILTY SAND

António Miguel Paula,¹ José Alexandre Gonçalves,² José dos Santos Batista,³ Manuel Teixeira Braz César,⁴ Bruno Afonso Freitas⁵

1 - Instituto Politécnico de Bragança, mpaula@ipb.pt
2 - Instituto Politécnico de Bragança, goncalves@ipb.pt
3 - Instituto Politécnico de Bragança, jbatista@ipb.pt
4 - Instituto Politécnico de Bragança, brazcesar@ipb.pt
5 - Antigo aluno do Instituto Politécnico de Bragança, bruno__freitas@hotmail.com

Abstract

This paper exposes the applicability study of the oedometer test to an existing silty sand soil, from the city of Braganza, with the purpose to verify the applicability of this test to soils with fines in his composition, in a region with predominance of granite residual soils, considering that the granulometric curve of these soils are substantially different from the granulometric curves of the soils that are usually tested. For this, two types of soils were collected, namely intact samples of a silty sand, and a disturbed soil sample whose grains size distribution curve built into laboratory corresponds to a high plasticity silt. Due to the greater predominance of fines in the high plasticity silt, the mechanical behaviour of this soil, more conditioned by forces of an electrochemical nature, serves as a comparative term to the mechanical behaviour of the undisturbed samples of the silty sand, with a behaviour less dependent on these forces, thus allowing to show applicability of the test to soils with lower percentage of fines, with a more pronounced gravitational behaviour and, therefore, more atypical to the oedometer test. From the results obtained for silty sand, a high value of the immediate settlement was verified after each applied load cycle. Thus this observation, the beginning of the consolidation process demands high accurate recording of the settlement that clearly identify the time that primary consolidation begins. In this way, the implementation of the data acquisition system, allowing the correct reading of the consolidation beginning, minimizing human errors, expands the spectrum of soils existing in the region that can be study by the consolidation problematics point of view.

Keywords

Geotechnical characterization, Oedometer test, Mechanical behavior of soils, Laboratory tests

ESTUDO DE APLICABILIDADE DO ENSAIO EDOMÉTRICO A UMA AREIA SILTOSA

Introdução

O processo de consolidação, por norma associado a solos finos, decorre da dissipação do excesso de pressão neutra devido a tensões induzidas no terreno. Tais solos, constituídos por partículas de argila, apresentam baixa permeabilidade, devido à elevada adesividade entre as moléculas de água e a superfície das partículas de solo. Sendo um fenómeno associado a variações volumétricas do maciço, que se processam num determinado período de tempo, a sua ocorrência é suscetível de provocar o colapso ou anomalias de comportamento nas estruturas que no solo se edificam. Assim, a estimativa da velocidade e da magnitude dos assentamentos associadas ao fenómeno de consolidação deverá nortear o projeto de estruturas, nomeadamente, através do valor de tensão a que se irá submeter o maciço [1]. A relação tensão extensão, característica da avaliação do comportamento e da resistência dos materiais, dita o limite da tensão a que os materiais devem ser solicitados, em conformidade com o comportamento que em ensaio evidenciam. Na mecânica de solos, tais relações de comportamento podem ser observadas mediante a realização de ensaios edométricos, ensaios que permitem a determinação de parâmetros relativos à estimativa do tempo e da magnitude de consolidação/assentamento, nomeadamente o coeficiente de consolidação c_v , índice de compressibilidade c_c , módulo de compressibilidade a_v , e módulo de compressibilidade volumétrica m_v , para assim adequar a solicitação a que o solo deve ser submetido, mediante a observação do seu comportamento em ensaio [2]. Parâmetros estes que no presente trabalho serão determinados para uma areia siltosa e um silte de elevada plasticidade, que para efeitos de referência ao longo do artigo serão denominados de solo A e solo B, respetivamente.

Trabalhos Realizados

Para a realização dos ensaios, três edómetros e respetivas células de carga, com 80mm de diâmetro e 20mm de altura em anel de liga metálica, com base biselada, do Laboratório de Geotecnia do Instituto Politécnico de Bragança, foram instrumentados com sistema de aquisição de dados, baseado em software LabView, com sensores LVDT, (Linear Variable Differential Transformer), e respetiva placa de aquisição de dados, dotando assim o ensaio de procedimento semiautónomo, minimizando erros na obtenção de leituras. Para mais pormenores do equipamento usado recomenda-se a leitura de [3] e [4]. A ensaio foram submetidas 3 amostras indeformadas de areia siltosa e também 3 amostras cujas curvas granulométricas, construídas em laboratório, dizem respeito a um silte de elevada plasticidade. Os dois solos foram classificados segundo a classificação unificada [5], tendo-se obtido a classificação de SM (areia siltosa) para o solo A e MH (silte de alta plasticidade) para o solo B. No Quadro seguinte estão apresentados alguns dos parâmetros físicos e de identificação dos dois solos estudados, tendo sido efetuada a inundação dos provetes relativos ao solo A, após aplicação do terceiro estágio de carga.

Estes dois tipos de solos, oriundos de uma região com predominância de maciços cujo comportamento mecânico é ditado por forças essencialmente gravíticas devido à escassa participação de finos na sua constituição e, portanto, com comportamento mecânico pouco dependente de forças de natureza eletroquímica características dos solos coesivos. Sendo estes solos dos mais finos já ensaiados no laboratório de geotecnia do Instituto Politécnico de Bragança, o presente artigo tem como objetivo o estudo de aplicabilidade do ensaio a solos de granulometria com maior percentagem de finos existentes na região, nomeadamente o solo A, nas suas condições naturais, debruçando-se na fiabilidade da obtenção dos parâmetros mecânicos que permitem a estimativa da velocidade e magnitude de assentamento, servindo

o solo B, devido à sua granulometria mais fina, de base de observação de comportamento de um solo mais característico do ensaio edométrico.

No presente artigo, o comportamento mecânico dos solos A e B foi comparado até ao valor de tensão vertical aplicada de 315 kPa, aproximadamente 31 toneladas força por metro quadrado. De referir que o limite de deslocamento dos edómetros foi atingido para valores de tensão de 2500 kPa e de 627 kPa, para os solos A e B respetivamente, estando estes valores relacionados com a compressibilidade dos solos. Atendendo à natureza dos solos em estudo ser propensa ao fenómeno de consolidação, e ao facto de que neste tipo de solos por norma se reduz a tensão a que se solicita o maciço, nomeadamente na execução de fundações superficiais, julga-se suficiente o estudo comparativo de comportamento entre o solo A e o solo B, e de aplicabilidade do ensaio ao solo A, ser efetuado até ao valor referido de tensão vertical de 315 kPa, sendo que a problemática de aplicabilidade do ensaio ao solo A, é bem evidenciada em todos os patamares de tensão nos quais o estudo incide. Os ensaios seguiram os procedimentos relativos à norma [6], norma que prevê a realização do ensaio em amostras não saturadas.

Quadro 1-Parâmetros físicos e de identificação dos solos A e B.

Solo	γ (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	G_s	S (%)	w (%)	w_p (%)	w_L (%)	I_p
A	17,4	15,58	2,75	44,4	11,75	13,2	25,0	11,8
B	17,7	13,10	2,65	95,4	35,4	34,6	50	15,4

γ - peso volúmico; γ_d - peso volúmico seco; G_s - densidade das partículas; S-grau de saturação; w - teor em água; w_p - limite de plasticidade; w_L - limite de liquidez; I_p - índice de plasticidade.

Resultados obtidos nos ensaios

Parâmetro relativo ao tempo de consolidação, c_v .

O coeficiente de consolidação, c_v , que permite a estimativa do tempo associado à consolidação primária é determinado para cada estágio de carga através da aplicação do método de Taylor ou de Casagrande, representando-se em abcissa a raiz quadrada ou o logaritmo do tempo, respetivamente, e em ordenada a altura do corpo de prova, sendo possível após a sua determinação obter a estimativa do tempo de consolidação através da expressão seguinte [1]:

$$t = \frac{T_v \cdot d^2}{c_v} \quad (1)$$

em que t representa o tempo de consolidação (em dias), T_v o fator tempo (0,197 para 50% de consolidação e 0,848 para 90% de consolidação), d a maior distância que uma molécula de água terá que percorrer e por último, c_v o coeficiente de consolidação (m²/ano). A magnitude do assentamento imediato do solo A inviabiliza a aplicação do método de Casagrande, tendo o parâmetro c_v , sido determinado através do método de Taylor para os dois solos. A determinação do parâmetro requer a identificação do início da consolidação primária, consolidação esta que ocorre após um assentamento imediato que deverá ser identificado. Assim, os resultados obtidos para a areia siltosa (solo A), revelam uma elevada magnitude de assentamento imediato em todos os patamares de tensão evidenciado no registo dos primeiros 5 segundos de ensaio. No Quadro 2 apresentam-se os registos dos primeiros 20 segundos de ensaio, relativos ao patamar de tensão vertical de 315 kPa, da variação da altura H , da amostra a cada 5 segundos, da respetiva percentagem de variação relativa do patamar de tensão (% Δh do Δh total), e da percentagem relativa a cada 5 segundos (% Δh). Com este quadro pretende-se evidenciar a identificação do início da consolidação primária. Assim, é possível verificar que para o solo A, cerca de 50% do assentamento total do patamar de carga se verifica ao fim dos primeiros 5 segundos de registo, considerando-se assim que o assentamento por consolidação se inicia após este tempo devido ao elevado valor do primeiro registo da percentagem de assentamento, (% Δh), comparativamente aos restantes intervalos de tempo. De salientar que o comportamento descrito foi observado em todos os patamares de carga. Para o solo B, a discrepância do registo de assentamento dos primeiros 5 segundos,

relativamente aos restantes intervalos de tempo, não é tão acentuada, verificando-se no primeiro registo 8% do assentamento total do patamar de tensão, o que implica um menor assentamento imediato comparativamente à magnitude deste assentamento observada para o solo A. Assim, para o solo A, após a identificação da magnitude do assentamento imediato, considera-se viável a determinação do coeficiente de consolidação c_v , segundo a normal aplicação do método de Taylor.

Quadro 2- Comportamento dos solos A e B nos primeiros 20 segundos de registo.

t (s)	Solo A (315kPa)			Solo B (315kPa)		
	H (mm)	% Δh do Δh total	% Δh a cada 5s	H (mm)	% Δh do Δh total	% Δh a cada 5s
0	17,736	0	0	18,648	0,00	0,00
5	17,417	48,93	48,93	18,623	8,31	8,31
10	17,381	54,45	5,52	18,607	13,62	5,32
15	17,362	57,36	2,91	18,596	17,28	3,65
20	17,347	59,66	2,30	18,588	19,93	2,66

Após a determinação do assentamento imediato, os solos evidenciam similitude em consolidação, pelo que a diferença dos valores de c_v entre os dois solos se relaciona com as distintas magnitudes de assentamento relativas a cada patamar de carga, quando estes se encontram em claro processo de consolidação, julgando-se que o elevado valor do assentamento imediato do solo A apenas se relaciona com a percentagem de areia existente na sua constituição, repercutindo-se em uma superior permeabilidade, denotando assim o solo A, um valor de c_v aproximadamente 3,6 vezes superior comparativamente aos valores de c_v , que o solo B apresenta.

No Quadro 3 e na Figura 1 são apresentados os resultados dos coeficientes de consolidação, c_v , dos solos A e B, para todos os patamares de carga.

Na Figura 1 observa-se, sem surpresa, oscilação do parâmetro c_v nos primeiros estágios de carga nos provetes do solo A, sendo que nos provetes relativos ao solo B, argila siltosa, reconstituída em laboratório, a variação do parâmetro c_v , é muito menos pronunciada. Observa-se também, que a oscilação do parâmetro tende a atenuar-se à medida que o solo adquire algum grau de compacidade, sendo que para o solo B se observa uma oscilação muito menos pronunciada, considerando-se plausível a adoção dos valores de c_v , de $48,03 \text{ m}^2/\text{ano}$ para o solo A, e de $13,4 \text{ m}^2/\text{ano}$, para o solo B.

A aplicação da equação [5] aos resultados obtidos nos dois tipos de solo, permite desde já evidenciar que para o mesmo grau de consolidação e as mesmas condições fronteira, a argila siltosa irá demorar cerca de 3,6 vezes mais tempo a consolidar, evidenciando-se assim as distintas permeabilidades entre os dois solos.

Quadro 3- Valores do coeficiente de consolidação, C_v , dos provetes ensaiados.

Tensão (kPa)	Areia siltosa (Solo A)				Silte de alta plasticidade (Solo B)			
	Média			Média c_v	Média			Média c_v
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3		Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	
12,49	57,48	36,96	48,46	47,63	12,11	11,60	18,34	14,02
22,25	31,48	68,36	65,44	55,09	11,63	10,41	11,24	11,09
41,77	64,24	51,92	50,14	55,43	12,79	13,38	9,64	11,93
80,80	41,97	39,15	42,96	41,36	16,74	13,99	12,97	14,57
158,86	41,59	56,64	47,20	48,48	16,46	14,63	14,08	15,06
314,99	38,86	41,26	40,26	40,13	13,41	15,27	12,56	13,74
			Média	48,02			Média	13,40

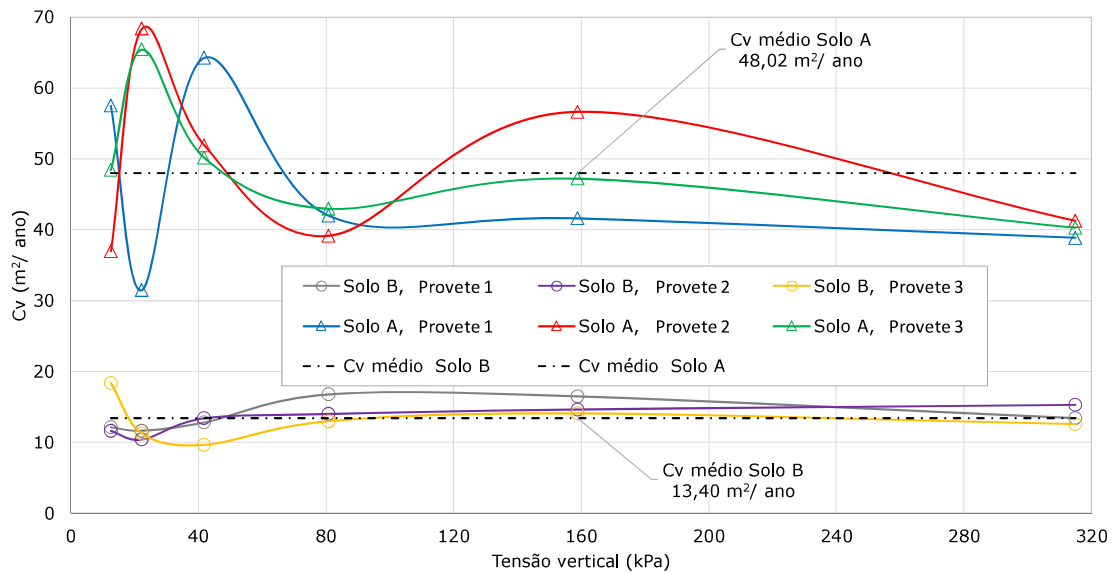


Figura 1 - Representação dos coeficientes de consolidação vertical c_v em m^2/ano dos solos A e B

Parâmetros mecânicos relativos à magnitude de consolidação, c_c , a_v e m_v

- *Estimativa de assentamento recorrendo ao índice de compressibilidade c_c*

O declive do troço virgem das curvas edométricas, onde em abcissa se representa o logaritmo da tensão vertical e em ordenada o índice de vazios, que a cada incremento de carga diminui, define o valor do índice de compressibilidade c_c , do solo, ver Figura 2.

Assim, e segundo a Mecânica Clássica de Solos, o índice de compressibilidade, c_c é determinado por:

$$c_c = \frac{e_1 - e_2}{\log p_2 - \log p_1} \quad (3)$$

em que, $(e_1 - e_2)$, é a diferença entre o índice de vazios inicial e final referentes a um determinado estágio de tensão vertical induzida, associado ao ramo virgem da curva edométrica, e $(\log p_2 - \log p_1)$, a diferença entre o logaritmo das tensões associadas aos índices de vazios e_1 e e_2 . Ainda assim, as curvas dos ensaios edométricos deverão ser corrigidas atendendo ao facto de que por mais cuidadoso que seja o processo de amostragem e manuseamento das amostras, hipoteticamente indeformadas, estas sempre sofrem alterações de maior ou menor magnitude. Objetivando uma superior aproximação ao estado do solo *in situ*, o declive que define o parâmetro c_c , deverá ser corrigido segundo a construção empírica de Schmertmann, [1].

Dada a extensão do trabalho realizado, optou-se por apresentar de forma resumida os valores obtidos dos índices de compressibilidade c_c , dos provetes de ensaio relativos aos solos A e B, após aplicação da correção empírica de Schmertmann, ver Quadro 4.

Para o solo A, o declive do ramo virgem c_c , corrigido, pouco varia aquando da utilização de uma tensão máxima de 315 kPa ou de 2500 kPa, sendo que a discrepância dos valores do índice de vazios que este solo apresenta se relacionará com o facto de que ainda que retiradas da mesma profundidade, as amostras serem oriundas de pontos distintos de um terreno relativo a um estaleiro de obras.

Sendo a curva granulométrica do solo B construída em laboratório, não existindo necessidade de correção do valor de c_c . A correção de Schmertmann, cuja aplicabilidade é discutível segundo alguns autores, que de forma muito subtil incrementa o declive do troço virgem, efetuada para o solo B, visou apenas o estudo de aplicabilidade do método, uma vez que o

valor de 42% de e_0 , necessário à aplicação do mesmo, muito se distancia do valor mínimo do índice de vazios alcançado relativo ao patamar de tensão induzida de 315 kPa. Observa-se assim que o solo A, apresenta um parâmetro mecânico intrínseco que à priori denota o dobro de suscetibilidade a variações volumétricas relativamente à suscetibilidade que o solo B apresenta. Não incidindo o estudo que se apresenta na natureza do mineral de argila constituinte dos solos A e B, parte significativa desta maior suscetibilidade relacionar-se-á com as diferenças do grau de saturação entre os dois solos, dado o solo A ter sido ensaiado nas suas condições naturais, e obviamente com as diferenças de granulometria que os dois solos apresentam, patente na nomenclatura atribuída segundo a classificação unificada [5].

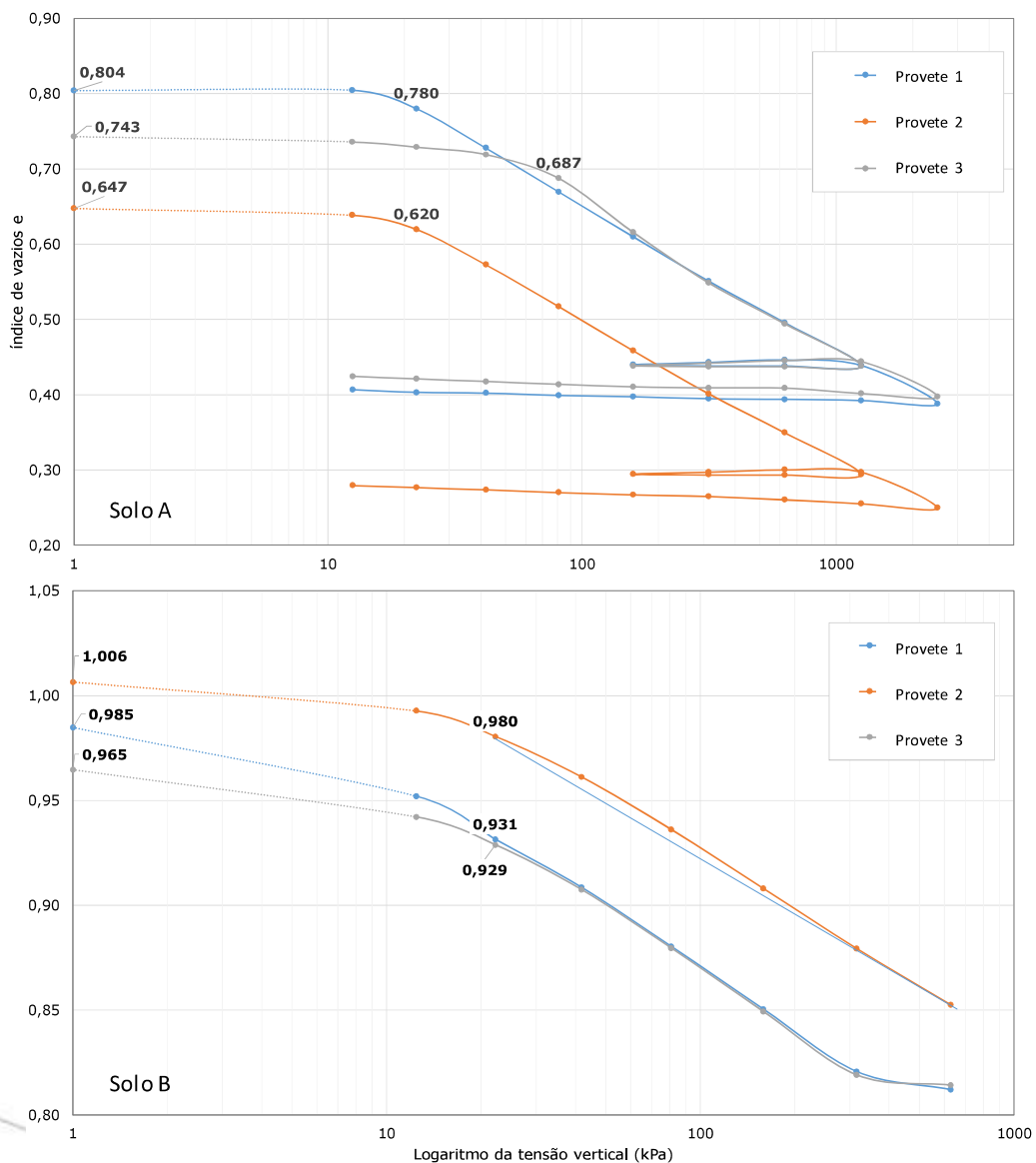


Figure 2 - Curvas edométricas das 3 amostras dos dois solos.

Quadro 4 - Valores corrigidos segundo Schmertmann, do índice de compressibilidade C_c

Solo A			Solo B		
0,2083	0,1887	0,2292	0,1009	0,1010	0,1072
Valor médio			Valor médio		
			0,2087		
			0,1030		

Salienta-se que o estudo que se apresenta incide na aplicabilidade do ensaio edométrico a um

solo com elevada percentagem de finos na sua constituição num contexto de maciço em que tal participação de finos não abunda. Refere-se ainda que a norma [6], prevê o ensaio em condições da amostra não saturada e eventual submersão dos provetes para estágios de tensão vertical que simulem futuras condições de solicitação do maciço, facilitando assim a identificação de solos potencialmente colapsíveis.

Para solos normalmente consolidados, a estimativa da magnitude de assentamento por consolidação é dada pela fórmula:

$$S_c = \frac{h_0}{1 + e_0} \cdot c_c \cdot \log \frac{\sigma'_{v0} + \Delta\sigma'_v}{\sigma'_{v0}} \quad (4)$$

em que, S_c é o assentamento por consolidação em metros, h_0 a espessura do estrato compressível em metros. Para as estimativas S_c , de assentamento relativas aos solos A e B, foi considerado o valor médio dos índices de vazios e_0 (ver quadro 5), relativos ao início do tramo virgem dos três provetes, observados nas figuras 3, sendo que para o solo B, devido à sua granulometria ser construída em laboratório, os valores de e_0 referentes ao início do tramo virgem estarão relacionados com o grau de compacidade conferido aos provetes em laboratório. Refere-se ainda que a estimativa de assentamento negligencia o tramo de recompressão devido à sua diminuta magnitude, pelo que a estimativa do valor da magnitude de consolidação se reporta ao tramo virgem e, portanto, na consideração do valor médio do índice de vazios do início deste tramo.

Quadro 5 - Valores médios do índice de vazios inicial, e_0 , relativos ao tramo virgem da curva edométrica.

Solo A	Solo B
0,6957	0,9467

Relativamente aos parâmetros de tensão, a estimativa do assentamento por consolidação S_c , irá então depender do valor da tensão induzida, $\Delta\sigma'_v$, e do valor da tensão vertical de repouso, σ'_{v0} , devendo a determinação destes parâmetros reportar-se ao ponto central do estrato compressível.

Na Figura 3 estão representadas as relações entre a tensão vertical induzida $\Delta\sigma'_v$, e o respetivo assentamento por consolidação estimado, Δh , para 1 metro de espessura de estrato. As equações de aproximação apresentadas na figura, denotam a relação de magnitude de assentamento entre os dois solos de aproximadamente 2,3, sendo possível afirmar que para idêntico valor de tensão induzida e espessura de estrato, o solo A irá assentar cerca de 2,3 vezes mais que o solo B.

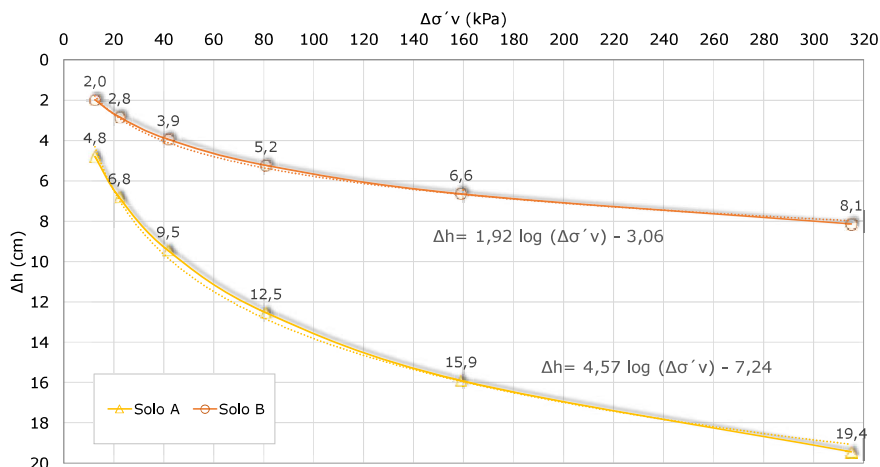


Figure 3 - Assentamentos estimados, Δh (cm), para 1 metro de espessura de estrato $h_0=1m$, em função da tensão induzida $\Delta\sigma'_v$ (kPa)

Dada a relação do índice de compressibilidade c_c , entre os dois solos ser de aproximadamente

2, e atendendo à elevada aproximação do valor de tensão vertical de repouso admitida para os dois solos, a diferença de aproximadamente 2,3 do valor da estimativa da magnitude de assentamento, justificar-se-á com o menor índice de vazios inicial e_0 , que o solo A apresenta, que segundo a equação 4, se repercute num maior valor de assentamento.

- *Estimativa de assentamento segundo os coeficientes de compressibilidade a_v , e coeficiente de compressibilidade volumétrica m_v .*

Para além do exposto no ponto anterior, a estimativa de assentamento pode também ser obtida através da relação da variação de índice de vazios com o valor do incremento de tensão a_v , ou através da relação da extensão volumétrica com o valor do incremento de tensão m_v , sendo que ambos parâmetros se relacionam mediante as equações: [1]

$$a_v = \left| \frac{\Delta e}{\Delta \sigma'_v} \right| \quad (5) \quad m_v = \frac{\varepsilon_{vol}}{\Delta \sigma'_v} \quad (6) \quad \varepsilon_{vol} = \Delta h/h_0 \quad (7)$$

$$S_c = \frac{a_v}{1 + e_0} \cdot h_0 \cdot \Delta \sigma'_v \quad (8) \quad m_v = \frac{1}{1 + e_0} \cdot a_v \quad (9) \quad S_c = m_v \cdot h_0 \cdot \Delta \sigma'_v \quad (10)$$

Dos coeficientes referidos, o coeficiente de compressibilidade volumétrica, m_v , é aquele que melhor evidencia em termos gráficos a diferença de comportamento mecânico dos dois solos. Mais uma vez, observa-se a maior deformabilidade do solo A comparativamente à deformabilidade do solo B.

Na Figura 4, estão expostas as suscetibilidades que os dois solos apresentam relativamente a deformações volumétricas segundo o aumento da tensão vertical efetiva.

Do exposto e mediante a observação da Figura 5, constata-se elevada aproximação dos valores estimados para as magnitudes de assentamentos dos solos A e B, S_c , segundo os parâmetros mecânicos, c_c , a_v e m_v , sendo a estimativa fornecida por estes dois últimos coeficientes idêntica, uma vez que estes parâmetros se relacionam entre si.

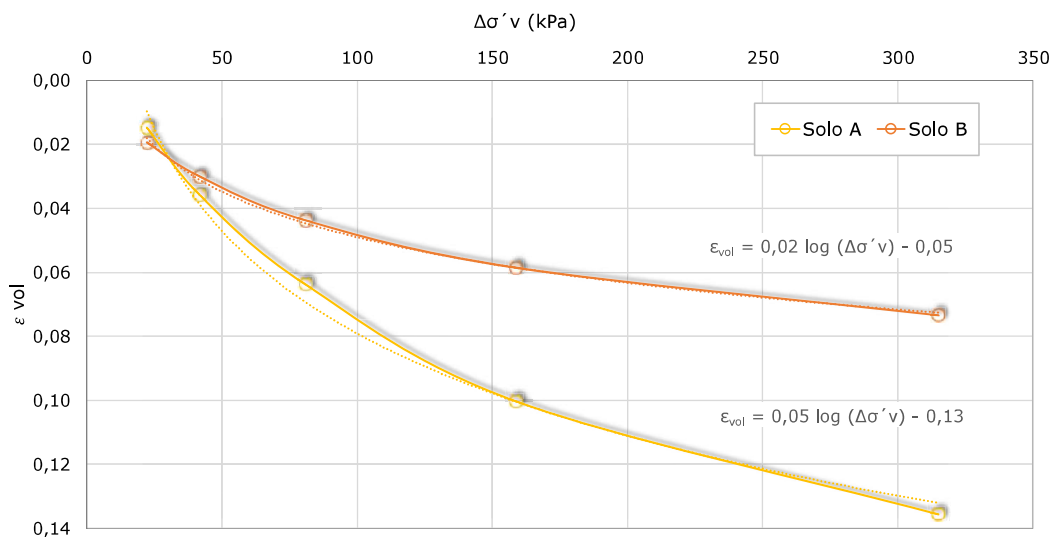


Figure 4 - Diagrama $\sigma'_v - \varepsilon_{vol}$

A relativa discrepância dos valores da estimativa de assentamento observada para o solo A, que incrementa de forma significativa o valor do assentamento deste solo, mediante a estimativa segundo c_c , estará relacionada com a heterogeneidade que este solo apresenta, sendo que uma observação mais atenta da sua curva edométrica, ver figura 2, permite verificar que o declive dos tramos virgens relativos aos vários patamares de carga não apresentam declive constante, evidenciando-se esta diferença nos últimos patamares de tensão, pelo que o valor de c_c admitido, será uma aproximação ao real declive de cada troço,

que se repercutirá numa discrepância de estimativa. No entanto as discrepâncias observadas também podem estar relacionadas com a correção de Schmertmann que se realizou aos resultados dos ensaios. Já para o solo B, a aproximação da estimativa da magnitude de assentamento fornecida pelos parâmetros c_c , a_v e m_v considera-se muito satisfatória, apresentando este solo uma muito maior homogeneidade da sua constituição, podendo a discrepância evidenciada estar relacionada com a correção de Schmertmann efetuada.

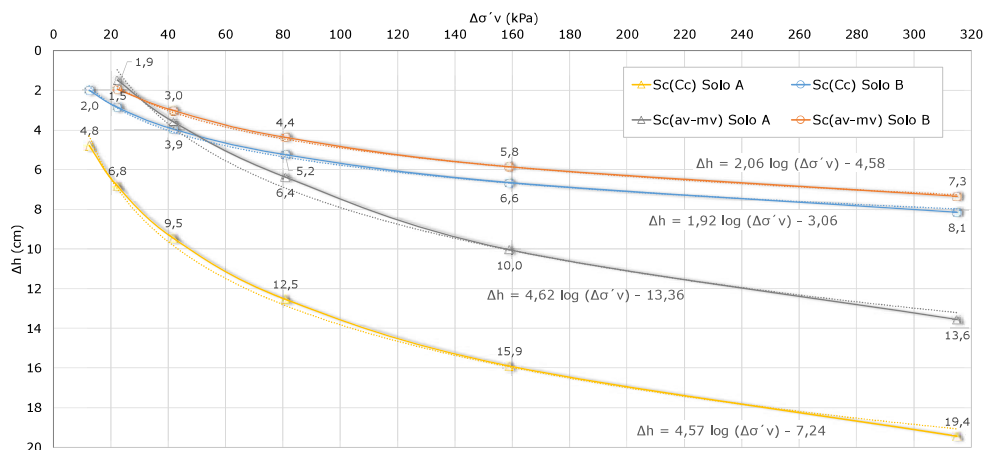


Figure 5 - Magnitude de assentamento, S_c , segundo os parâmetros mecânicos C_c e a_v-m_v para os solos A e B, para 1 metro de espessura de estrato.

Conclusões

A magnitude de assentamento imediato, do solo A, registada nos primeiros cinco segundos pelo sistema de aquisição de dados, sendo várias vezes superior ao que por norma se verifica nos solos em que o ensaio se realiza, torna fundamental a identificação da transição entre o assentamento imediato e o assentamento primário, sendo este último do domínio de aplicação da teoria da consolidação. A automatização de registo permite uma muito superior resolução do processo de consolidação, que se revelará fundamental em solos de granulometria atípica ao ensaio. A automatização do processo de aquisição de dados, para além de minimizar o erro humano, alarga o espetro de aplicabilidade do mesmo, nomeadamente a solos mais difíceis ou mesmo impossíveis de ensaiar, ou na obtenção de uma estimativa do coeficiente de consolidação, c_c muito mais refinada.

Adicionais inerentes ao facto da granulometria do solo A ser atípica ao ensaio, como denota o elevado valor médio obtido de c_v , de 48,02 m²/ano, sendo que os parâmetros mecânicos que permitem tal estimativa confluem em resultado.

Salienta-se ainda que a teorização do modelo de consolidação implica o assumir de considerações que algo se afastam do real comportamento do solo, nomeadamente o assumir da elasticidade linear. Ainda que neste contexto o conhecimento do desenvolvimento de tensões em profundidade permita uma estimativa mais aprimorada do valor real do assentamento.

References

- [1] Matos Fernandes, M.. Mecânica dos Solos - Conceitos e princípios fundamentais. Volume 1. Quinta edição. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2017.
- [2] J.A.R. Ortigão. Introdução à Mecânica dos Solos dos Estados Críticos. Terratek, 3ª Edição. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil, 2007.
- [3] José Gonçalves, José Batista, Miguel Paula, Manuel B. César. One Dimensional Consolidation Properties of Soil Using Incremental Loading Test: Experimental Setup Based on

a LABView Approach. Proceedings of the 7th International Conference on Mechanics and Materials in Design Albufeira/Portugal 11-15 June 2017. Editors J.F. Silva Gomes and S.A. Meguid. Publ. INEGI/FEUP (2017). pp. 925-930, 2017.

[4] ASTM D2435 / D2435M: Standard Test Methods for One-Dimensional Consolidation Properties of Soils Using Incremental Loading, Standard, <https://www.astm.org/Standards/D2435.htm>, 2011.

[5] ASTM D2487: Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System). American Society for Testing and Materials, 1985.

[6] ABNT MB-3336, Solo - Ensaio de adensamento unidimensional, 1990.