



FACULDADE GALILEU

Reconhecimento Portaria nº 422 de 29/04/2015 Publicado DOU 29/04/2015

Avenida Marginal 200, nº 680 - Vila Real - Botucatu/ SP

Telefone: (14) 3354-1315 - www.faculdadegalileu.com.br

Solos colapsáveis e ensaio edométrico: uma revisão bibliográfica

Botucatu

2020



FACULDADE GALILEU

Reconhecimento Portaria nº 422 de 29/04/2015 Publicado DOU 29/04/2015

Avenida Marginal 200, nº 680 - Vila Real - Botucatu/ SP

Telefone: (14) 3354-1315 - www.faculdadegalileu.com.br

Karina Oliveira Nascimento

Solos colapsíveis e ensaio edométrico: uma revisão bibliográfica

Artigo apresentado como trabalho de conclusão do curso de Engenharia Civil da Faculdade Galileu.

Botucatu

2020

FOLHA DE APROVAÇÃO

Karina Oliveira Nascimento

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade Galileu, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Data de aprovação: ____/____/____

Prof.

Resumo

Os solos colapsáveis ocorrem em muitas regiões do Brasil, o que causa danos em várias obras no país. Dentro do tema dos solos colapsáveis, foi delimitada para esse trabalho a questão dos solos não saturados e dos ensaios edométricos. Para tanto, os objetivos são detalhar as características dos solos colapsáveis e compreender o funcionamento do ensaio edométrico na prevenção de colapsos de solos não saturados.

Palavras-Chaves: Solos colapsáveis; Ensaio edométrico; Colapsibilidade; Solos não saturados.

1. Introdução

Solos colapsáveis são aqueles que, quando umedecidos, sofrem redução de volume, o que pode ocorrer com adição de carga ou não. A característica do solo que o torna colapsável, ou não, está relacionada com a estrutura do próprio solo. Por isso, é importante conhecer não só a estrutura, bem como, as a interação entre o mesmo e o fluido infiltrante, é preciso saber a interação físico-química entre esses dois elementos.

O adensamento edométrico ocorre quando o solo perde volume, uma vez que a água presente nos poros é drenada. Os solos podem se deformar de tal modo, que obras construídas em terrenos com essas características não são capazes de se manterem sem apresentar algum tipo de dano (NETO, 2004)

Os solos colapsáveis são não saturados, por isso são avaliados em relação à compressibilidade por meio de ensaios edométricos. Esses ensaios buscam quantificar as deformações do solo de acordo com o teor de umidade e saturação do solo e com as cargas aplicadas. É relevante que a sucção deve ser controlada para que possa haver análises mais precisas. A intenção dos ensaios edométricos em solos colapsáveis é ter critérios para a previsão de recalques por adensamento.

Os solos colapsáveis ocorrem em muitas regiões do Brasil, o que causa danos em várias obras no país, como por exemplo, edifícios e barragens. Por isso a importância de identificar a presença desse tipo de solo e analisar como ele se comporta na presença de agentes que podem desestabilizar sua estrutura. (CARNEIRO et al 2019)

Dentro do tema dos solos colapsíveis, foi delimitada para o trabalho a questão do adensamento e dos ensaios edométricos, buscando responder à pergunta: como os ensaios edométricos podem colaborar com a previsão do colapso dos solos?

Para tanto, os objetivos são detalhar as características dos solos colapsíveis e compreender o funcionamento do ensaio edométrico na prevenção de colapsos de solos não-saturados. Para realizar esses objetivos foi feito um levantamento bibliográfico.

2. Revisão bibliográfica

2.1 Solos não saturados

Solos não saturados estão presentes em diversos lugares do mundo. O desenvolvimento das regiões mais áridas, semi-áridas e tropicais do globo terrestre colocou para os engenheiros a importância de aprender a lidar com solos diferentes daqueles a partir dos quais tradicionalmente se elaboraram os conceitos da mecânica dos solos.

O solo é um sistema particulado composto de partículas sólidas e espaços vazios, os quais podem estar parcialmente ou totalmente preenchidos com água. Os decréscimos de volume (as deformações) dos solos podem ser atribuídos, de maneira genérica, a três causas principais: • Compressão das partículas sólidas; • Compressão dos espaços vazios do solo, com a consequente expulsão da água (no caso de solo saturado); • Compressão da água (ou do fluido) existente nos vazios do solo. (MARANGON, 2018).

Afirma que existe uma vasta produção bibliográfica que apontam a ocorrência de solos colapsíveis na Romênia Argentina, Espanha, Quênia, Rússia, assim como outras regiões que possuem um clima bastante diferente das regiões áridas e semi-áridas. (DAVIES, 2000, apud VILAR, 1981)

O colapso do solo é um fenômeno que está presente em muitas obras como túneis, canais, cortes rodoviários, aterros e obras de construção civil (GUIMARÃES

NETO, 1997). As obras com maior predisposição a sofrerem colapsos são as edificações de pequeno e médio porte, o que é resultado, provavelmente, das “baixas tensões transmitidas às fundações, que são facilmente suportadas pelo solo no seu estado natural (não saturado)” (NETO, 2004).

2.2 Características de solos colapsíveis

Os solos colapsíveis geralmente apresentam uma estrutura porosa, baixo teor de umidade (menor que o necessário para total saturação) e altos índices de vazios. Possuem uma estrutura aberta, o que quer dizer que são compostos por “grãos redondos unidos por algum material de ligação ou força a qual é susceptível de ser removida ou reduzida por adição de água” (NETO, 2004).

Reis (2001) traz mais algumas características principais de solos colapsíveis:

- Estrutura macroporosa: fofa;
- Baixo grau de saturação: não saturado;
- Partículas maiores mantidas por cimentação ou por tensão capilar.

Porém, como aponta Davies (2000), o fato do solo se comportar de maneira colapsível não depende somente das condições apresentadas acima, mas também de variáveis externas como o nível de sobrecarga, a composição química do fluido inundante, o grau de compactação da amostra, o valor de sucção do solo antes de haver uma inundação, entre outros.

Como já visto, existe uma grande diversidade de solos colapsíveis, assim como fatores que podem potencializar o fenômeno, onde o material é frequentemente encontrado é a argila, mas também podem ocorrer de se encontrar óxido de ferro e carbonato de cálcio.

Esse tipo de solo é frequente em locais com deficiência hídrica, e baixos índices pluviométricos, apesar de ter sido constatado solos colapsíveis também em regiões com maiores graus de chuva. As regiões de maior pluviosidade, por conta da lixiviação em áreas que alternam períodos de seca e precipitação intensa, também apresentam condições favoráveis aos solos colapsíveis.

Davies (2000) diz que esses são encontrados com facilidade em depósitos eólicos, residuais, transportados pela água, e elaborados artificialmente, como por exemplo, os aterros compactados. A seguir alguns detalhes que o autor dá de cada tipo de solo que ele apresenta (DAVIES, 2000):

Deposito eólicos: Solos que se formam com a ação do vento, a partir de grãos de areia e silte. Alguns exemplos de depósitos eólicos são os depósitos de loess (os mais comuns), praias eólicas e os grandes depósitos de cinzas vulcânicas. Esses materiais são pouco coesivos e porosos, possuem um baixo peso específico e uma boa drenagem, sendo encontrados em diversas partes do planeta como, por exemplo, na Europa Central, Rússia e China.



Figura1: Planalto de loess na China

Deposito Residual São solos formados por desagregações e alterações de rochas pela ação de intempéries do local. Essa estrutura é colapsível, pois há uma lixiviação de materiais finos solúveis que existem na superfície desses tipos de depósito. Desta forma, temos a formação de uma camada de solo com grandes índices de vazios, pouca densidade e com uma estrutura instável muito parecida com a das formações eólicas.



Figura 2: Amostra de Solo formado por deposito residual

Deposito de materiais transportados pela ação da água: São solos aluviais ou aqueles formados por enxurradas. Esses depósitos se constituem através de um processo de drenagem e evaporação, o que os torna não-saturados até o momento em que uma nova deposição aconteça. Dessa forma, há a formação de um material pouco compacto e com grande teor de argila.

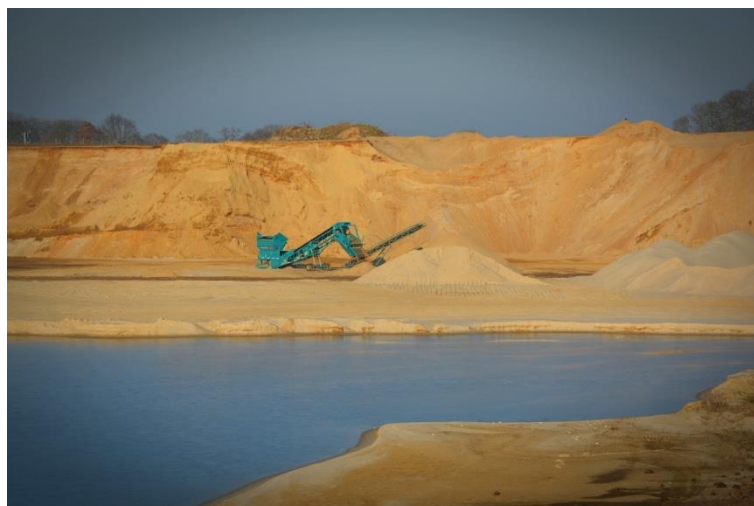


Figura 3: Exploração de minério em aluvião

Aterros Compactados: Mesmo que o colapso do solo esteja relacionado a composições porosas e de baixo peso específico, o fenômeno também pode acontecer em solos compactados, já que podem existir aterramentos onde o material é simplesmente jogado e mal compactado (DAVIES, 2000, apud VILAR & GAIOTO,

1994). Nesses casos específicos, há uma formação de um depósito com compressão e, por isso, suscetível ao colapso. Entre os exemplos estão os aterros construídos a partir de rejeitos de mineração, aterros construídos em regiões áridas e semi-áridas, entre



Figura 4: Serviço de aterramento de terreno

Para que o colapso do solo ocorra, é necessário que a estrutura do mesmo esteja sujeita a ação da água. O solo colapsível, quando entra em contato com umidade, o que aumenta seu grau de saturação, passa por uma deformabilidade, o que produz recalques adicionais não previstos. Em outras palavras, a estrutura do solo colapsível se mantém temporariamente estável graças a vínculos interpartículas (DAVIES, 2000). Quando há um contato com água, ou qualquer outro fluido infiltrante, esses vínculos são enfraquecidos e até mesmo removidos, assim as partículas ficam “soltas”, se movimentando em relação às outras e, desse modo, ocupando espaços vazios do solo, o que gera a redução do volume.

Segundo Reis (2001) alguns dos indicativos do campo são as “inclinações de prédios; Desnívelamento acentuado entre estruturas e os terrenos adjacentes; Trincas no terreno, em pavimentos e em edificações; Afundamentos e formação de cavidades” (REIS, 2001 apud CERRI & AMARAL, 1998).

Entre os possíveis danos que normalmente aparecem em obras que foram construídas sobre solos colapsíveis estão a “inutilização de construções devido a recalques excessivos, podendo mesmo ocorrer o desabamento das

edificações;Rompimento de galerias, encanamentos e tubos subterrâneos;Vazamentos(REIS, 2001 apud CERRI & AMARAL, 1998).

2.3.1 Métodos Indiretos

Existem diversos métodos para a identificação de solos colapsíveis, que podem ser classificados em indiretos e diretos. Os métodos indiretos utilizam os índices físicos e os limites de consistência, ou ainda os parâmetros que estão ligados à textura, que são obtidos de maneira simples em ensaios de laboratório e de campo e servem para identificar a potencialidade de colapso estrutural (NETO, 200, apud FERREIRA, 1995).

Alguns desses métodos indiretos baseados em ensaios de laboratório buscam fazer relações entre o índice de vazios e na umidade equivalente ao limite de liquidez (w_l), com o índice de vazios inicial do solo (e_o). Em outros casos, são relacionadas as características granulométricas do solo, onde é avaliado a susceptibilidade ao colapsodo solo.

Já quando se trata de métodos baseados em ensaios de campo, (Neto 2004) afirma que não existe um critério consolidado quando se quer identificar um solo colapsível. Porém existem algumas peculiaridades que são observadas em alguns solos reconhecidamente colapsíveis no Brasil. “Várias formações das regiões sudeste e centro-oeste apresentam camadas porosas, não saturadas, variando de solos arenosos a argilosos, apresentando baixos valores de N_{SPT} ” (NETO, 2004).

Em solos analisados no interior de São Paulo, essas camadas são caracterizadas por $N_{SPT} < 5$ (NETO, 2004, apud FERREIRA, 1990), inclusive existem resultados semelhantes em solos porosos de outras regiões.

Neto (2004, apud FERREIRA e TEIXEIRA 1989) afirma que em outro teste, dessa vez feito com amostragens de solo do município de Santa Maria da BoaVista, região semi-árida de Pernambuco, a camada de solo colapsível apresentou N_{SPT} variando de 5 a 10 golpes. Já em outro estudo feito com amostras retiradas do município de Petrolândia, a camada colapsível, que foi considerada até a profundidade de 5,50m, o N_{SPT} aumentou com a profundidade, tendo uma variação de 10 a 56 golpes, em uma

verificação feita a seco. Com a realização de uma sondagem com circulação d'água, o N_{SPT} variou de 7 a 19 golpes.

Os exemplos citados servem para mostrar a dificuldade de estabelecer critérios de identificação com métodos baseados em ensaios de campo, já que há uma forte influência nos valores do N_{SPT} para estas formações. Porém, realizar uma sondagem dupla, com a umidade natural do solo e com a inundação do mesmo, pode ser uma ferramenta de trabalho interessante.

Há um método que permite estabelecer se um solo é colapsível ou não, partindo dos resultados conseguidos através do ensaio SPT com mediação de torque (NETO, 2004, apud DÉCOURT e QUARESMA FILHO 1994). Esse método prevê que após determinado o valor de N_{SPT} , deve-se medir o torque máximo necessário para girar o amostrador padrão do solo. Aqui o índice de torque (TR) é definido pela razão entre o valor do torque máximo medido ($T_{máx}$), em kgf x m, e o valor N_{SPT} . Se o valor resultante dessa razão estiver entre 2 e 3, o solo é considerado colapsível. A respeito deste método, Neto (2004) diz que “é importante ressaltar que este limite foi definido com base em ensaios realizados em solo porosos de São Paulo, podendo não ser satisfatório para solos de outras regiões”.

2.3.2 Ensaios Edométricos

Para a obtenção dos parâmetros de compressibilidade, é feito um estudo das propriedades mecânicas do solo. Esse estudo é feito por meio do ensaio edométrico. Segundo Moncada (2004), o ensaio edométrico possibilita a simulação das condições de campo, ou seja, há uma infiltração vertical, junto da aplicação de cargas, onde se reproduz as condições de tensão do campo, cujo resultado é a mudança de volume das amostras em relação ao tempo e ao volume.

Esse tipo de ensaio foi desenvolvido por Karl von Terzaghi, engenheiro austríaco conhecido como pai da engenharia geotécnica. No sistema desenvolvido por Terzaghi, o solo é representado por uma mola, que se deforma na mesma proporção da carga aplicada sobre ela. Pode-se imaginar o solo saturado como uma mola dentro de um cilindro de água, esse cilindro tem um furo pequeno por onde sai a água lentamente, o que representa sua baixa permeabilidade. Esse ensaio permite obter o coeficiente de

adensamento, valor necessário para realizar, por exemplo, o dimensionamento da fundação de uma obra.

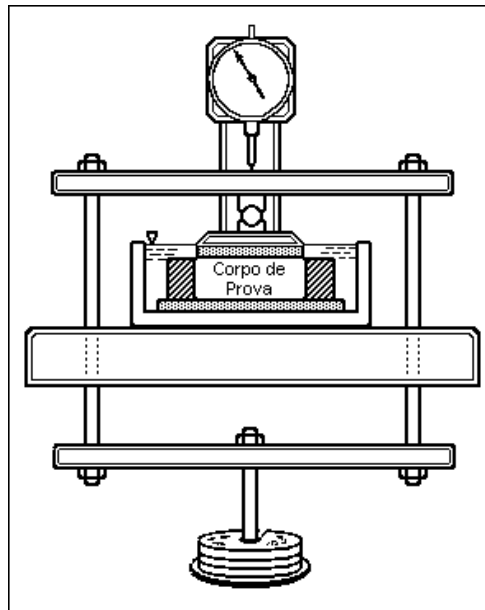


Figura 5: Ensaio edométrico ou ensaio de adensamento

O ensaio edométrico é realizado em etapas. Em cada etapa é aplicada uma carga ao corpo de prova. Sabe-se que

(...) os ensaios edométricos foram desenvolvidos para obter parâmetros a serem utilizados na previsão de recalques por adensamento, cujas hipóteses simplificadoras (semi-espaço infinito, fluxo na direção vertical) se ajustam a este tipo de ensaio. Numa fundação superficial, tanto as condições de tensão quanto às de deformações não obedecem a este princípio. (NETO, 2004).

Uma vez que esse tipo de ensaio é feito pra obter parâmetros que colaborem na previsão de recalques, e que recalques podem gerar danos irreversíveis às construções, é relevante compreender exatamente como o ensaio edométrico funciona e sua capacidade de contribuição na análise de solos colapsíveis.

2.3.3 Ensaio Edométrico duplo

Segundo Neto (2004, apud JENNINGS e KNIGHT, 1957) um dos métodos para identificar um solo colapsível é através do ensaio edométrico duplo. Na teoria seriam comparadas duas curvas e ou ε vs. $\log \sigma_v$ (uma na umidade natural e outra saturada), de duas amostras de solo idênticas.

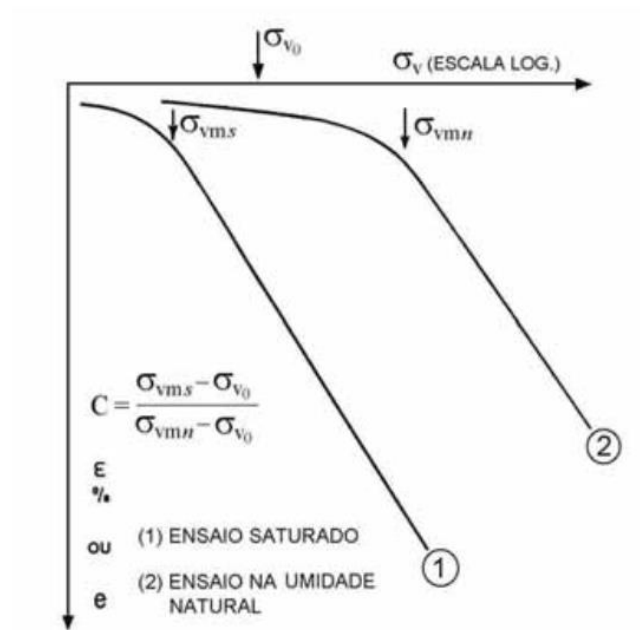
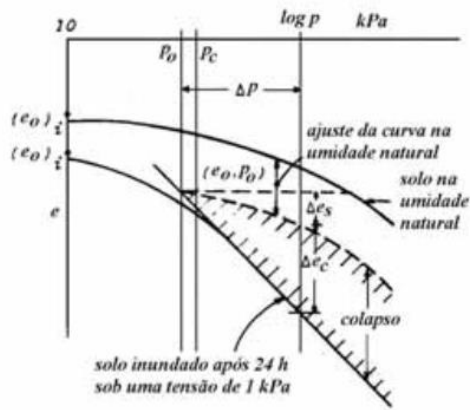


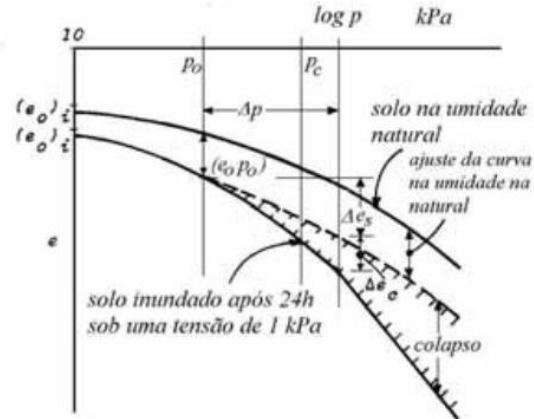
Figura 6: Representação esquemática de um ensaio edométrico duplo indicando as tensões limites para o cálculo do coeficiente de colapsibilidade

Porém, é impossível conseguir duas amostras idênticas, por mais parecidas que elas sejam além das condições de manuseio do solo dentro do laboratório também interferirem no cálculo. Para corrigir esse problema, foi criado um método gráfico de ajuste da curva. Para Neto

O método, parte da hipótese que todo solo no estado natural, em uma profundidade qualquer encontra-se em equilíbrio sob a tensão geostática, independente das variações de umidade. Em outras palavras, o método se aplica a solos condicionalmente colapsíveis. Em linhas gerais, consiste em transladar verticalmente uma das curvas para o ponto (e_0, σ_{v0}) , definido pelo índice de vazios do solo na tensão devido ao peso das terras (σ_{v0}) . (NETO, 2004)



(a) Ajuste das curvas para um solo normalmente adensado



(b) Ajuste das curvas para um solo pré-adensado.

Figura 7: Representação gráfica do ajuste das curvas.

Segundo os gráficos, a deformação volumétrica específica diz respeito a um aumento de tensão total $\Delta\sigma_v$, além da tensão devido ao peso das amostras de solos. Elas podem ser calculadas segundo as expressões (NETO 2004):

1) Antes da inundação:

$$s_1 = \frac{\Delta e_s}{1 + e_o}$$

2) Depois da inundação, sob uma tensão vertical total σ_v constante:

$$s_2 = \frac{\Delta e_c}{1 + e_o}$$

Onde:

- Δe_s é a variação do índice de vazios, desde antes da inundação até a tensão σ_v considerada;
- Δe_c é a variação do índice de vazios devido à inundação, sob tensão σ_v constante;

- e_o é o índice de vazios na coordenada (e_o , p_o).

Neto afirma que os recalques de uma sapata podem ser estimados quando se multiplica a deformação volumétrica que corresponde as duas equações apresentadas, pela espessura da camada H que está envolvida no processo.

Antes da inundação, esta espessura é limitada pela profundidade abaixo da placa, onde as tensões induzidas são significativas. Após a inundação há que se considerar a extensão da frente de umedecimento, que pode ser inferior à da profundidade das tensões induzidas. (NETO, 2004)

Porém há três limitações que podem gerar influência nos cálculos do ensaio edométrico duplo (NETO, 2004, apud AITCHINSON, 1973). A primeira limitação é o fato de o teste depender do colapso com a umidade inicial (sucção) do solo. Em segundo lugar, o processo de colapso pode depender do caminho das tensões. Já a terceira limitação diz respeito ao mecanismo do colapso, já que ele pode sofrer influência de outros fatores diferentes da sucção, como por exemplo, a interação química.

2.3.4 Ensaio Edométrico simples

Uma alternativa para suprir as limitações do ensaio edométrico duplo é a utilização do ensaio edométrico simples. Esse modelo propõe apenas um ensaio edométrico que pode prever as deformações de colapso, independente do nível de tensão (NETO, 2004, apud HOUSTON 1988).

O ensaio edométrico simples pode ser resumido em 3 partes:

- É colhida uma amostra de solo com umidade natural que é colocada em um aparelho edométrico com tensão de ajuste de 5kPa. Aqui é assumido que as deformações desse carregamento são originadas do efeito de perturbação da amostra de solo, assim elas não são incluídas na construção gráfica da curva ε ou ε vs. $\log \sigma_v$ a deformação decorrente destecarregamento.

- Essa amostra de solo com umidade natural é carregada até se obter uma tensão que seja igual ou superior à prevista no campo. Em cada incremento de carga, a coleta de dados do processo são feitas a cada meia hora, até que menos de 1% da compressão ocorra em uma hora. Neste momento, a amostra de solo é inundada com o fluido inundante e as deformações de colapso são acompanhadas.
- Depois de as deformações estabilizarem estabilizadas, é aumentada a tensão na amostra de solo inundada, o que define a forma final da curva inundada.



Figura 8: Representação esquemática do resultado da inundação em solos colapsáveis

Vale ressaltar que a principal vantagem deste procedimento é a obtenção de um grande número de dados a partir de um único corpo de prova, sendo que as amostras remanescentes podem ser utilizadas em avaliações da variabilidade espacial do depósito (NETO, 2004, apud HOUSTON, 1996).

É importante dizer que há uma vasta bibliografia onde são desenvolvidos critérios com bases em diferentes ensaios edométricos para analisar o comportamento de solos colapíveis (DAVIES, 2000). A seguir uma tabela onde são categorizados alguns métodos:

Tabela 1: Métodos indiretos e diretos de identificação de solos colapsáveis¹

Métodos	Sub-Divisões	Base para Definição do Critério	Referências Bibliográficas
Indireto	Identificativos	Microscopia eletrônica de varredura	COLLINS e McGOWN (1974), WOLLE et al. (1978)
	Orientativos	Pedologia; Ensaios Expedidos	FERREIRA (1990) e FERREIRA (1993), ARMAN e THORNTON (1972) e JENNINGS e KNIGHT (1975)
	Qualitativos	Índices Físicos; Ensaios de Campo – Cone; Ensaios SPT-T	DENISOV (1951), PRIKLONSKIJ (1952), GIBBS e BARA (1962 e 1967), FEDA (1966), KASSIF e HENKIN (1967), DESIGN OF SMALL DAMS (1960 e 1974), CÓDIGO DE OBRAS DA URSS (1977) CÓDIGO DE OBRAS URSS (1977), DÉCOURT e QUARESMA FILHO (1994)
Direto	Avaliativos	Ensaios Edométricos Duplos	REGINATTO e FERRERO (1973)
	Quantitativos	Ensaios Edmoétricos Simples; Ensaios de Campo	BALLY et al. (1973), JENNINGS e KNIGHT (1975), VARGAS (1978), LUTENEGGER e

¹Para ter um detalhamento das referências bibliográficas apresentadas na tabela 1, ler Neto (2004).

			SABER (1988) FERREIRA e LACERDA (1993)
--	--	--	--

Fonte: Neto 2004, apud Ferreira 1995.

A intenção aqui foi de apresentar alguns dos conceitos bastante difundidos, mas vale ressaltar que cada caso de campo e cada leitura teórica vão apresentar variações em seus métodos, por este motivo é importante analisar cada caso em suas especificidades.

3. Conclusão

Os solos colapsíveis estão presentes em várias regiões do mundo, por esse motivo vale ressaltar a importância de se realizar ensaios edométricos que procuram analisar os solos onde será construída uma obra, pois esses cuidados evitam gastos futuros com reparos nas obras, algo que faz o orçamento previsto subir e gera prejuízo, embargos na construção e, principalmente, evita possíveis acidentes e desmoronamentos, o que pode deixar várias pessoas feridas e até mortas.

Por este motivo é muito importante, também, a realização e o aprofundamento de estudos que envolvam solos colapsíveis, para que, a partir de situações específicas, se desenvolvam técnicas ainda mais seguras de ensaios edométricos para avaliar casos em diferentes regiões e situações externas.

4. Referências

ARAUJO, A.; CHAGAS, G. S.; MOURA, A. S. Avaliação de compactação como melhoramento de um solo silto, argiloso, colapsível, um partidor da realização de ensaios odométricos e provas de cargas diretas. Revista de Engenharia Civil IMED, v. 6, n 11. Passo Fundo – RS, 2019. Disponível em:

<<https://seer.imed.edu.br/index.php/revistaec/article/view/2287>>. Acessado em 11 de novembro de 2019.

CORREIA, R. Aluvião: o que é e como pode ser explorado? Minas Jr Consultoria Mineradora, 2019. Disponível em: <<https://www.minasjr.com.br/aluviao-o-que-e/>>.Acessado em 11 de novembro de 2019.

DAVIES, G. I. Análise e modelagem do comportamento colapsível de um solo arenoso. Dissertação de Mestrado, USP, São Carlos – SP, 2000.

GUIMARÃES NETO, J.S. Análise de Alguns Fatores que Podem Influenciar a Colapsibilidade de um Solo Compactado Devido à Inundação. Dissertação de Mestrado, UFPE, Recife – PE, 1997.

MARANGON, M. Compressibilidade e adensamento dos solos. In: _____. Mecânica dos Solos II. Faculdade de Engenharia- NuGeo/Núcleo de Geotecnia. 2018.

MONCADA, M. P. H. Ensaio de Adensamento e Colapsibilidade. In: _____. Estudo em laboratório de características de colapso e transporte de solutos associadas à infiltração de licor cáustico em um solo laterítico. Dissertação de Mestrado, PUC-Rio, Rio de Janeiro – RJ, 2004.

NETO, J. B. S. Comportamento de um solo colapsível avaliado a partir de ensaios e laboratório e campo, e previsão de recalques devidos à inundação (colapso). Tese de doutorado (Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2004.

OLIVEIRA MARQUES G. L. Elementos sobre o solo. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/nugeo/files/2009/11/Geologia-Cap10c.pdf>>. Acessado em 11 de novembro de 2019.

PEIXOTO, I. Classificação de solos na Geologia de Engenharia. Igeológico.

Disponível em: <<http://igeologico.com.br/classificacao-de-solos-na-geologia-de-engenharia/>>. Acessado em 11 de novembro de 2019.

REIS, F. A. G. V. Módulo 9 – riscos geológicos. 3. Estudos dos processos naturais do Brasil: Riscos geológicos. Curso de geologia ambiental via internet. UNESP, Rio Claro – SP, 2001.

Disponível em < <https://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/riscos/risco18.html>>. Acessado em 11 de novembro de 2019.

REVITALIZATION NEWS. Loess Plateau: Policies and Practices for Regenerating Farmland and Revitalizing Rural Economies. Propagate, 2017. Disponível em: <<https://www.propagate.org/ag-environment/2017/11/17/loess-plateau-policies-and-practices-for-regenerating-farmland-and-revitalizing-rural-economies>>. Acessado em 11 de novembro de 2019.

UFBA. Adensamento. Geotecnia, s/d. Disponível em: <<http://www.geotecnia.ufba.br/?vai=Extens%E3o/Ensaio%20de%20Laborat%F3rio/A densamento>>. Acessado em 11 de novembro de 2019.

VESPOLI, T. Aterro compactado Campinas, Americana, Limeira, Monte Mor, Hortolândia. VCV SERVIÇOS DE ENGENHARIA LTDA, 2012. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=h3fJAzeJ14E>>. Acessado em 11 de novembro de 2019.

Figura 1: Planalto de loess na china (Fonte: Revitalization News, 2017)

Figura 2: Amostras de Solos formados por deposito residuais(Fonte: OLIVEIRA MARQUES, s/d).

Figura 3: Exploração de minério em aluvião (Fonte: CORREIA, 2019)

Figura 4:Serviço de aterramento de terreno (Fonte: VESPOLI, 2012).

Figura 5: Ensaio edométrico ou ensaio de adensamento(Fonte: UFBA, s/d).

Figura 6: Representação esquemática de um ensaio edométrico duplo indicando as tensões limites para o cálculo do coeficiente de colapsibilidade (Fonte: Neto 2004, apud Reginato e Ferrero, 1973.)

Figura 7: Representação gráfica do ajuste das curvas. (Fonte: Neto 2004, et al).

Figura 8: Representação esquemática do resultado da inundação em solos colapsáveis(Fonte: Neto 2004, et al)