

CONSIDERAÇÕES SOBRE A DIMINUIÇÃO DO EFEITO DO COLAPSO DO SOLO DA REGIÃO DE LONDRINA-PR MEDIANTE ENSAIOS DE COMPACTAÇÃO E ENSAIOS EDOMÉTRICOS

CILIO JOSÉ VOLCE^{1*}, ANA CAROLINA CIRIACO PADILHA²

¹Graduando do curso de Engenharia Civil, Faculdade Pitágoras, Londrina-PR, cjvolceuel@yahoo.com.br

²Ms. Pesquisadora, Faculdade Pitágoras, Londrina-PR, anaccpadilha@hotmail.com

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2016
29 de agosto a 1 de setembro de 2016 – Foz do Iguaçu, Brasil

RESUMO: O colapso do solo é um fenômeno que gera um recalque rápido e muito acentuado do solo, caracterizado por uma diminuição brusca do índice de vazios, geralmente ocasionado pelo aumento do teor de umidade do solo (sem que haja necessariamente o aumento de sobrecarga). O colapso do solo está se tornando um problema comum em obras que se apoiam em solos colapsíveis e por sua vez pode gerar patologias nas construções onde as fundações estão apoiadas nestes solos. O presente trabalho tem como objetivo verificar a ocorrência do fenômeno do colapso do solo na cidade de Londrina/PR, bem como examinar qual o impacto que a compactação do solo exerce nesse acontecimento. Foram realizados ensaios de compactação e ensaios edométricos duplos em laboratório com amostras do tipo deformadas e indeformadas retiradas a 2 metros de profundidade, respectivamente. Entende-se como compactação de um solo todo processo manual ou mecânico que visa reduzir o volume de seus vazios e, assim, aumentar sua resistência, tornando-o mais estável. Foram executados os ensaios de compactação na Energia Normal de Proctor, obtendo o ponto de máxima eficiência resultando em uma úmida ótima em torno de 32,8% e massa específica seca de 1,463 g/cm³. Os resultados indicaram que houve correlações significativas na redução do colapso do solo de acordo com o processo de compactação evidenciando que os problemas de estabilidade em obras podem ser significativamente sanados desde que haja a escolha de um bom método de compactação e uma boa execução do mesmo.

PALAVRAS-CHAVE: Colapso, compactação, solo, recalque.

CONSIDERATIONS ABOUT THE DECREASE OF SOIL COLLAPSING EFFECT IN LONDRINA-PR THROUGH COMPACTION AND CONSOLIDATION TRIALS

ABSTRACT: The collapse of the soil is a phenomenon that generates a fast and very sharp ground repression, characterized by a sudden decrease in void ratio, usually caused by the increase of soil moisture content (without necessarily increasing overload). The collapse of the soil is becoming a common problem in works that rely on collapsible soils and in turn can generate conditions in buildings where the foundations are supported in these soils. The current work aims at verifying the occurrence of collapsing soil phenomena in the city of Londrina/PR, as well as examining which is the impact that soil compaction works over this event. Soil compaction and also double consolidation trials have been done in laboratories where deformed and non deformed samples collected at 2 feet depth have been used. It is understood as soil compaction all the process, it can be handmade or mechanical, that aims to reduce emptiness and volume in a way to raise the soil resistance and make it more stable. The trials on soil compaction have been fulfilled in Proctor's Normal Energy, reaching the spot of maximum efficiency, resulting in an optimal humidity at about 32,8%. The results indicate there are significant correlations in soil collapse reduction according to the compaction process, showing that the stability problems while building can be significantly solved since the choice of a good compaction method and a good execution of it be done.

KEYWORDS: Collapse, compaction, soil, repression.

INTRODUÇÃO

Estudar o comportamento físico e mecânico do solo se faz necessário, pois suas características podem corroborar o aumento da vida útil das obras e minimização da manutenção das mesmas. A compactação do solo é um processo manual ou mecânico que diminui significativamente o índice de vazios do solo. Compacta-se um solo para aumentar sua resistência, diminuir sua permeabilidade e recalque. Com isso é possível observar que muitas das soluções dos problemas encontrados para a construção de obras de engenharia, tais como, fundações rasas, barragens, taludes, aterros, galerias pluviais, entre outros, podem ser resolvidos com a compactação do solo.

Segundo Cintra (1998) alguns solos apresentam redução brusca do volume do solo, representada pela diminuição do índice de vazios, geralmente devido ao aumento do teor de umidade sem que haja necessariamente o aumento de sobrecarga, e este fenômeno é chamado de colapso, solos sujeitos a colapso são denominados solos colapsíveis.

O colapso do solo pode gerar problemas nas construções onde as fundações se apoiam nestes solos, problemas como recalques imediatos que podem gerar pequenos abalos nas edificações, tais como, trincas em paredes, danos em pisos e tubulações, ou até mesmo grandes abalos que podem levar a demolição total da edificação (Rodrigues & Vilar, 2013).

O presente trabalho tem como objetivo contribuir para os estudos que visam a prevenção dos efeitos colapsíveis do solo da cidade de Londrina/PR, pretende-se contribuir de forma satisfatória para os estudos de compactação em solos, visando identificar uma possível redução dos colapsos do solo quando compactados, através da análise de ensaio edométrico duplo.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para iniciar o estudo foram extraídas amostras de solo à 2 (dois) metros de profundidade em uma cava localizada ao lado do laboratório de Solos e Estruturas da Faculdade Pitágoras em Londrina/PR. Foram retiradas amostra deformadas como orienta a NBR9604/86.

Na metodologia de trabalho foram realizados ensaios de compactação na energia normal de Proctor, utilizando a metodologia descrita na NBR 7182/86, para a determinação dos parâmetros de compactação - teor de umidade ótimo (w_{opt}) e massa específica seca máxima (ρ_{dmax}).

Com os valores encontrados foram compactados amostras para a realização dos ensaios edométricos duplos que foram realizados conforme as determinações da NBR 12007. Determina-se de ensaio duplo o procedimento de realizar ensaios em duas situações distintas de umidade e unificar as curvas de compressão em um só gráfico, para assim verificar se ocorrerá o fenômeno do colapso do solo e qual o seu potencial.

Para isto foram realizados ensaios edométricos no teor de umidade natural e inundado (com saturação de 100%). As leituras das deformações nos seguintes tempos: 8s, 15s, 30s, 1min, 2min, 4min, 8min, 15min, 30min, 1h, 2h, 4h, 8h e 24 horas. O tempo é marcado por meio de um cronômetro. Após 24 horas, a carga é dobrada em relação à carga anterior. Todas as leituras são feitas novamente até que o último estágio esteja finalizado e se realiza-se o descarregamento do solo, foi utilizado os mesmos tempos de leitura. As cargas adotadas foram de 25, 50, 100, 200, 400 e 800kPa.

A avaliação do colapso do solo foi realizada a partir do critério de Reginatto & Ferrero (1973)

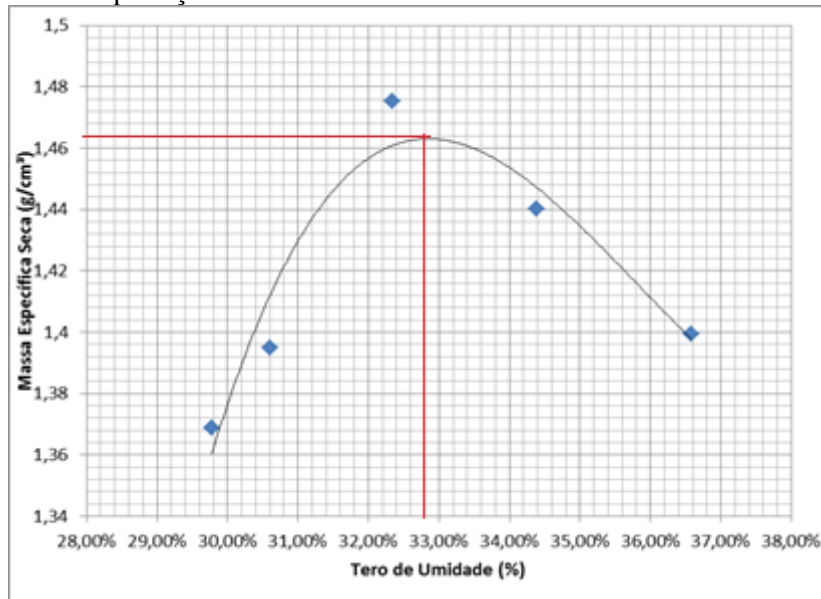
que define um coeficiente de colapsibilidade ($c = \frac{\sigma_{cs} - \sigma_0}{\sigma_{cn} - \sigma_0}$ onde: σ_{cs} : tensão de pré-adensamento do

solo saturado; σ_{cn} : tensão de pré-adensamento do solo com umidade de campo; σ_0 : tensão vertical do solo saturado; e: índice de vazios). Os autores determinaram as seguintes condicionantes para a ocorrência do colapso: se $C < 0$ temos: o solo é verdadeiramente colapsível; se $0 < C < 1$ temos: o solo é condicionalmente colapsível; se $C=1$ temos: o solo não é colapsível; e Se $C= -\infty$ temos: o solo é colapsível e normalmente adensado $\sigma_{cn} = \sigma_0$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir do ensaio de compactação do solo realizado na energia normal de Proctor foi possível obter a curva de compactação do solo e obter os parâmetros de compactação deste solo. O Gráfico 1 apresenta a curva de compactação do solo estudado e assim verificar que o mesmo possui um teor de umidade ótimo de 32,8% e massa específica seca máxima de 1,463g/cm³.

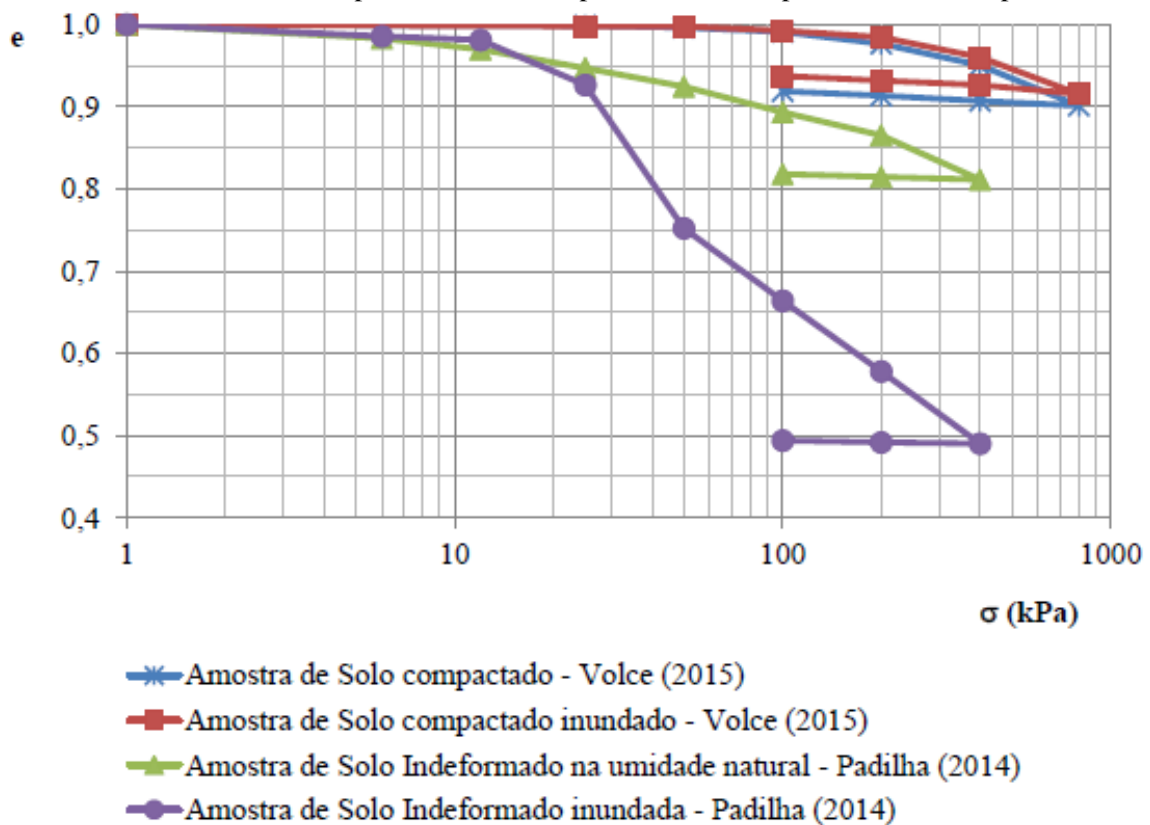
Gráfico 1. Curva de Compactação.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Os valores obtidos na curva de compactação foram utilizados para moldar as amostras e realizar os ensaios edométricos duplos. Para realizar uma análise concisa quanto os benefícios da compactação do solo para com o fenômeno do colapso do solo foram utilizados os valores obtidos nos ensaios edométricos duplos de Padilha (2014) que realizou os ensaios em amostras indeformadas à 2 (dois) metros de profundidade (amostras extraídas na cidade de Londrina/PR). Uma interpolação dos dados foi realizada e o produto está demonstrado no Gráfico 2.

Gráfico 2. Ensaio edométrico duplo – curva de compressão solo compactado e não compactado.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Analisando a interpolação dos gráficos percebe-se que os estudos realizados por PADILHA (2014) a trajetória da curva inundada está significativamente abaixo da curva não inundada, ou seja, ocorreu acentuada variação que leva a observar possíveis características colapsíveis no solo; já nos estudos feitos por Volce (2015) verificou-se que não existe uma diferença significativa entre as curvas de compressão, isso leva a concluir que possivelmente após a compactação do solo ele perdeu as características que ocasionavam o fenômeno do colapso.

Na Tabela 1 observa-se a avaliação do colapso do solo pelo critério de Reginatto & Ferrero (1973), Padilha (2014) utilizou a tensão de pré-adensamento de 80kPa de campo e depois de inundado de 19kPa e a tensão geostática de 26kPa e Volce (2015) utilizou o valor de 119kPa como sendo a tensão de pré-adensamento após a inundação, e um valor de 118kPa do solo compactado sem inundação e a tensão geostática de 40kPa.

Tabela 1. Avaliação do colapso pelo critério de Reginatto & Ferrero (1973)

Amostra	Critério de Reginatto & Ferrero (1973)	
	Coefficiente	Classificação
Solo indeformado – Padilha (2014)	-0,13	Verdadeiramente Colapsível
Solo Compactado – Volce (2015)	1	O solo não é colapsível

Pode-se observar então que com a avaliação pelo critério de Reginatto & Ferrero (1973) os solos de Londrina/PR em seu estado natural são verdadeiramente colapsíveis, pois o coeficiente obtido é menor que 0 (zero); por outro lado os solos depois de compactados foram classificados como sendo não colapsíveis, tendo em vista que o coeficiente obtido foi igual a 1.

Assim sendo é possível analisar a partir dos ensaios edométricos duplos que o solo quando compactado tende a perder as características dos solos colapsíveis e conseqüentemente não haverá mais a ocorrência deste fenômeno.

CONCLUSÃO

O uso da compactação do solo pode ser uma ferramenta para evitar a ocorrência do fenômeno do colapso do solo em solos que possuem estas características. Nos estudos comparados demonstram que o solo compactado não gera deformações consideráveis depois de inundado, porém o solo estudado em sua estrutura natural apresentou deformações consideráveis e depois da análise a partir do critério de Reginatto & Ferrero (1973) que o solo é verdadeiramente colapsível.

Verificaram-se correlações significativas na redução do colapso do solo de acordo com o processo de compactação, possivelmente comprovando que os problemas de estabilidade em obras podem ser significativamente sanados, desde que haja a escolha de um bom método de compactação e uma boa execução do mesmo, podendo assim, eliminar o colapso do solo.

Este estudo pretende auxiliar nas soluções para evitar a ocorrência do colapso no solo, pois assim é possível minimizar os gastos com manutenções ocorridas devido a recalques imediatos. Espera-se que os apontamentos feitos sobre o comportamento colapsível dos solos típicos da região de Londrina oportunizem melhor dimensionamento para futuras obras apoiadas em solos colapsíveis, evitando assim, custos de reparos na área de Engenharia Civil.

AGRADECIMENTOS

A Faculdade Pitágoras Londrina que possibilitou o estudo para a elaboração do TCC do primeiro autor e ao incentivo aos docentes na realização de pesquisas da segunda autora. A CAPES pela concessão de bolsa de pesquisa durante o mestrado da segunda autora.

REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR 6457: Amostras de Solo - Preparação para Ensaios de Compactação e Ensaios de Caracterização. Rio de Janeiro, 1986.
- Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR 7182/86: Ensaio de compactação. Rio de Janeiro, 1986.
- Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR 12007: Ensaio de Adensamento Unidirecional. Rio de Janeiro, 1990.
- Cintra, J. C. A. Fundações em solos colapsíveis. EESC – USP, São Carlos, 116 p, 1998.

- Padilha, Ana Carolina Ciriaco. O efeito do fluido de inundação no colapso do solo superficial da região de Londrina/PR. 182f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento). Centro de Tecnologia e Urbanismo. Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2014.
- Reginatto, A. R. & Ferrero, J. C. Collapse potencial of soils and soil-water chemistry. In: International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Moscow, Proceedings, v.2.2, p. 177-183, 1973.
- Rodrigues, Roger Augusto; Vilar, O (2013). Colapso de solo desencadeado pela elevação do nível d'água. Disponível em: < file:///D:/Ana%20Carolina/Downloads/521-1053-2-PB.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2016.
- Volce, Cilio José. Considerações sobre a diminuição do efeito do colapso do solo mediante ensaios de compactação e ensaios edométricos na região de Londrina-PR. 57f. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação em engenharia civil). Faculdade Pitágoras. Londrina, 2015.