



Análise da Influência da Energia de Compactação no Recalque por Adensamento de Solo Laterítico de Cascavel/PR.

Delmir Fritzen do Prado

Centro Universitário Assis Gurgacz, Cascavel, Brasil, delmirprado@hotmail.com

Maycon André de Almeida

Centro Universitário Assis Gurgacz, Cascavel, Brasil, mayconalmeida@creapr.org.br

Vanessa Wiebbelling

Centro Universitário Assis Gurgacz, Cascavel, Brasil, vanessawi2@hotmail.com

RESUMO: Considerando que o solo em seu estado natural não satisfaça as exigências do projeto geotécnico, e que o mesmo sofra deformações, é necessário o desenvolvimento de técnicas para melhorar sua resistência, como é o caso da compactação. Com o intuito de avaliar o comportamento do solo compactado sob a atuação de cargas, foram realizados 3 ensaios de adensamento unidimensional, de acordo com os padrões estabelecidos pela antiga NBR 12007 (1990) e pela DNER (1994). Para a realização destes ensaios, foram coletadas amostras do solo superficial do Campo Experimental de Engenharia do Centro Universitário Assis Gurgacz (CEEF) em Cascavel/PR, e moldados corpos de prova com 3 energias diferentes de compactação. Verificou-se uma variação nos recalques ocorridos entre as energias de compactação de 65,42% e uma brusca redução no adensamento, quando comparados ao solo em condições pré-saturadas, com 79,64%.

PALAVRAS-CHAVE: Adensamento; Compactação de Solos; Solos lateríticos.

1 INTRODUÇÃO

O solo é um dos principais componentes para a estabilidade de uma edificação, uma vez que sobre eles são lançadas todas as cargas da estrutura. Ainda que abundante, trata-se de um material de comportamento complexo e não padronizado. Portanto, analisar os efeitos que as estruturas causam sobre o solo é de extrema importância. Tais efeitos, quando não previstos em projeto, podem causar danos irreparáveis à obra.

As cargas das edificações são diretamente transferidas para o solo, que deve possuir capacidade de carga para resistir aos esforços sem que ocorram deslocamentos. No entanto, ao receberem tensões superficiais impostas pelas fundações rasas, os solos presentes na base da fundação acabam sofrendo deformações

(recalques), principalmente devido a característica compressível do solo.

Entende-se por adensamento de solo a redução de seus vazios no decorrer do tempo devido à saída da água de seu interior, podendo ser causado pelo acréscimo de tensão originado por novas edificações, pela drenagem do solo, entre outros motivos (PINTO, 2006).

O potencial de compressibilidade de um solo pode ser determinado de várias formas, sendo o método clássico desenvolvido por Terzaghi (1943) o mais utilizado. É conhecido no Brasil como ensaio de adensamento lateralmente confinado, ou ensaio edométrico.

Após o ensaio de adensamento são obtidos dados que possibilitam a análise de recalques, destacando-se entre eles a pressão de pré-adensamento (σ'_{vm}), o índice de compressão (C_c) e o coeficiente de adensamento (C_v).



Cascavel está situada na região Oeste paranaense e região Sul do Brasil e, atualmente, a construção civil tem se destacado na região. Esse fato torna necessário o estudo de parâmetros para o dimensionamento e o aperfeiçoamento das técnicas existentes em engenharia, especialmente na área de fundações rasas aplicadas a edificações de baixa renda, para atender a realidade da região que apresenta um solo laterítico e colapsível, típico de regiões tropicais Brasileiras (PINTO, 2007).

Dentre as técnicas existentes, observa-se a compactação, que segundo Caputo (1957) é o processo manual ou mecânico que visa reduzir o volume de vazios e aumentar a resistência do solo, tornando-o mais estável.

Desta forma, o presente artigo objetivou determinar, por meio de ensaios de adensamento unidimensional em 3 amostras de solo superficiais, o efeito da compactação nas deformações do solo laterítico e colapsível de Cascavel/PR. Foram também comparados os parâmetros de adensamentos determinados, para os 3 níveis de energia de Proctor, aos parâmetros determinados por Silva e Souza (2018), para o solo em condições naturais.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Compactação de solos

De acordo com Pinto (2006), a compactação tem por objetivo dois aspectos: aumentar o contato entre os grãos e tornar o aterro mais homogêneo. O aumento da densidade, ou redução do índice de vazios, é importante pois possibilita o melhoramento de diversas propriedades do solo.

Os processos de compactação a serem empregados são determinados pelo tipo de obra e de solo disponível. Esses processos levarão em conta a umidade em que o solo deve se encontrar na ocasião da compactação e a densidade a ser atingida, com o objetivo de reduzir futuros recalques, aumentar a rigidez e a resistência do solo e reduzir a permeabilidade.

Segundo Senço (2007) o ensaio de Proctor consiste em compactar o solo com porcentagens crescentes de umidade, num molde cilíndrico de dimensões específicas. A ABNT NBR 7182 (2016) recomenda que sejam respeitados os parâmetros para compactação de acordo com o grau que se deseja obter.

2.2 Influência da energia de compactação

Segundo Pinto (2006), quando um solo se encontra com umidade abaixo da ótima, a aplicação de maior energia de compactação provoca um aumento de densidade seca. Mas quando a umidade é maior do que a ótima, um maior esforço de compactação pouco ou nada provoca o aumento da densidade já que não consegue expelir ar dos vazios. Dessa forma, uma maior energia de compactação conduz a uma maior densidade seca máxima e uma menor umidade ótima, conforme representado na Figura 1.

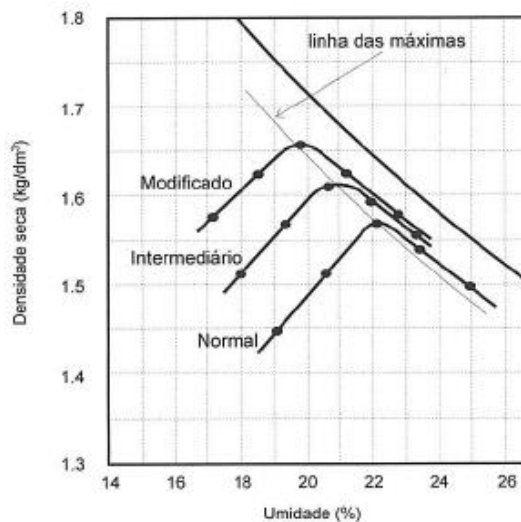


Figura 1. Curvas de energia de compactação.

2.3 Ensaio de adensamento

Segundo Pinto (2006), o ensaio de compressão edométrica é muito útil para a determinação da compressibilidade dos solos, não fornecendo informações referentes à resistência. Nele o solo



é submetido a acréscimos sucessivos de tensão axial, não sendo permitida deformação lateral.

Ainda segundo Pinto (2006), o equipamento para o ensaio é composto basicamente por uma prensa de carregamento e de uma câmara de ensaio, que tem como objetivo acomodar o corpo de prova impedindo a deformação lateral durante a compressão axial. O anel rígido também procura reproduzir no laboratório o que ocorre na natureza, onde a deformação lateral da massa de solo solicitada pela obra é impedida pelo restante do maciço terroso que a envolve.

As amostras possuem, em geral, diâmetros cerca de três vezes maiores que a altura, com o objetivo de reduzir o efeito de atrito lateral e acelerar o processo de adensamento.

Para a realização dos ensaios são utilizadas também duas pedras porosas, que permitem drenagem pela base e pelo topo do corpo de prova, e papel filtro que retém as partículas de solo do corpo de prova, permitindo a drenagem apenas de água durante o ensaio. O carregamento é feito por etapas, mantendo-se as cargas por tempo necessário para a estabilização das deformações. A leitura das deformações é feita por um extensômetro com sensibilidade de 0,01 mm.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Os ensaios foram realizados no laboratório de mecânica dos solos do Centro Universitário Assis Gurgacz, em Cascavel, Paraná.

3.1 Caracterização do subsolo do CEEF

O solo do Campo Experimental de Engenharia do Centro Universitário Assis Gurgacz (CEEF) foi caracterizado por Zen e Almeida (2018). Os autores obtiveram, através de ensaios de granulometria conjunta ao longo da profundidade e de acordo com a ABNT NBR 7181 (2016), para a cota -1,5 m a porcentagem de 71,86% de argila, 25,47% de silte e 2,67% de areia. Desse modo, foi determinado que o solo do CEEF é classificado como uma Argila Silto

Arenosa. Já pelo Sistema Unificado de Classificação de Solos (SUCS) é classificado como CH, o que caracteriza solos argilosos muito compressíveis. Já no Sistema Rodoviário (*Transportation Research Board* - T.R.B), foi classificado como A-7-6, que engloba solos de aplicação regular a má para pavimentação por terem porcentagens altas de finos.

Zen e Almeida (2018) realizaram também ensaios de sondagem a percussão do tipo Standard Penetration Test (SPT) para determinar as características de resistência e os índices físicos do solo do CEEF. Os principais índices físicos da primeira camada são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Valores médios dos índices físicos do CEEF.

Valores Médios	Camada: 1 a 9 metros
w(%)	34
LL(%)	53
LP(%)	38
IP(%)	15
γ_d (kN/m ³)	12
γ_s (kN/m ³)	27
γ_{sat} (kN/m ³)	17
Sr (%)	55
Argila (%)	71,86
Silte (%)	25,47
Areia (%)	2,67
Consistência	Muito mole a media
Índice de vazios (e)	1,22

Os autores também realizaram ensaios de compactação (Proctor) para os 3 níveis de energia, determinando assim o ponto ótimo de compactação, ou seja, as umidades ótimas ($w_{ót}$) e os valores de peso específico seco máximo ($\gamma_{dmáx}$), para cada energia de compactação, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Peso específico seco máximo e umidade ótima.

Energia	$\gamma_{dmáx}$ (kN/m ³)	$w_{ót}$ (%)
Normal	14,0	40,0
Intermediária	13,9	32,5
Modificado	14,5	26,0

3.2 Coleta e moldagem de corpos de prova

As amostras para a moldagem e realização dos ensaios de adensamento unidimensional foram retiradas do primeiro metro de solo do CEEF,



com o auxílio de pá. Como se trata de uma amostra deformada, foram seguidos os procedimentos indicados pela ABNT NBR 9604 (2016).

Devido ao volume reduzido da amostra compactada (235 cm^3), quando comparada a uma amostra padrão moldada no cilindro de Proctor (1000 cm^3), foi desenvolvido um soquete especial para a pesquisa, contendo o mesmo diâmetro (10 cm) do soquete de 2,5 kg de Proctor, porém com altura de queda de 30 cm e massa de 777,77 g, conforme representa a Figura 2. A compactação foi feita com o travamento do anel de adensamento em um cilindro de Proctor.



Figura 2. Soquete utilizado e amostra compactada

Como o solo utilizado é considerado um solo mole, foi aplicada uma pressão de 2 kPa e, após 5 minutos do solo já estabilizado, zerou-se o extensômetro. Decorrido esse tempo, aplicou-se uma pressão de 10 kPa e, imediatamente após a aplicação da carga, fez-se a inundação do corpo de prova por 24 horas, atendendo a antiga ABNT NBR 12007 (1990) e DNER (1994). As demais cargas aplicadas foram de 20, 40, 80, 160, 320 e 640 kPa, mantendo-se cada pressão pelo período de tempo de 24 horas.

Na Tabela 3 são apresentados os índices físicos determinados para cada corpo de prova, após a moldagem que seguiu o indicado pela ABNT NBR 7182 (2016). A variação dos golpes e da quantidade de camadas utilizadas nas moldagens são apresentadas para cada caso.

Tabela 3. Dados dos corpos de prova ensaiados

Energia de Compactação	Normal	Intermed.	Modific.
Massa do soquete (g)	777,77	777,77	777,77
Altura de queda (cm)	30	30	30
Número de golpes	40	35	60
Número de camadas	3	5	5
Cilindro padrão (cm^3)	235,62	235,62	235
Energia (kJ)	11883	17329	29679
Massa de solo (g)	397,97	623,59	558,00
Teor de umidade (w)	40%	32,5%	26%
Volume de água (ml)	159	202	145
γ_d (kN/m^3)	14,0	13,9	14,5

Para cada estágio de pressão, fez-se a leitura do extensômetro da altura do corpo de prova imediatamente antes do carregamento (tempo zero) e, a seguir, nos intervalos de tempo 15 e 30 segundos, 1, 2, 4, 8, 15, 30 minutos, 1, 2, 4, 8, 16 e 24 horas, conforme DNER (1994). O esquema do ensaio pode ser visto na Figura 3.



Figura 3. Ensaio oedométrico sendo realizado

Completadas as leituras correspondentes ao máximo carregamento empregado, efetuou-se o descarregamento do corpo de prova em 3 estágios, efetuando-se as leituras do extensômetro de expansão do corpo de prova.

Após a conclusão do ensaio foi efetuada a pesagem do solo e, posteriormente, dividiu-se o solo do anel em 3 cápsulas que permaneceram na



estufa por 24 horas para a determinação do teor de umidade final das amostras.

Para cada uma das 3 amostras moldadas, foram realizados os mesmos procedimentos descritos acima, totalizando 3 ensaios de adensamento, um para cada nível de energia. Após a realização dos ensaios foram determinados os parâmetros de adensamento.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Ensaio de adensamento

A Tabela 4 apresenta os dados de cada amostra, como a massa específica natural (γ_n), o índice de vazios inicial (e_0) e a altura dos sólidos (H_s), determinados após moldagem dos corpos de prova.

Tabela 4. Dados dos corpos de prova moldados

Energia	γ_n (g/cm ³)	(e_0)	H_s (cm)
Normal	1,95	0,94	1,55
Intermediária	1,84	0,94	1,54
Modificada	1,82	0,87	1,61

Foram determinadas as curvas de adensamento para cada uma das três energias de compactação, conforme apresenta a Figura 4, relacionando a variação do índice de vazios pela tensão aplicada em cada incremento de carga ($e \times \log \sigma'$). As curvas foram normalizadas (e_0/e) para que iniciassem no mesmo ponto. Com as curvas de adensamento, foi determinado o índice de compressão (C_c), a tensão de pré-adensamento e o coeficiente de adensamento (C_v), sendo os 2 últimos parâmetros determinados para a comparação com os já obtidos por Silva e Souza (2018) com amostras indeformadas do mesmo solo, também sob condições de pré-inundação por 24 horas.

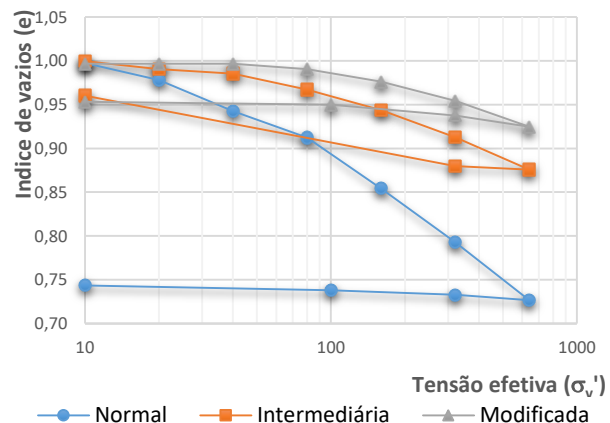


Figura 4. Curvas de adensamento para as três energias de compactação.

Segundo Pinto (2006), quando há mudança no gradiente de adensamento, este indica a separação entre o trecho de recompressão e o de compressão virgem. Desse modo, sugere-se que o solo tenha sido submetido a tal carregamento em seu histórico. Há alguns métodos gráficos para a determinação dessa tensão, tendo sido optado para o presente estudo o método do engenheiro Pacheco Silva.

Segundo Pinto (2006), o método de Pacheco Silva consiste em prolongar a reta virgem até a horizontal correspondente ao índice de vazios iniciais da amostra. Do ponto de intersecção, traça-se uma vertical até a curva de adensamento e desse ponto traça-se uma horizontal, a intersecção da horizontal com o prolongamento da reta virgem é considerada o ponto de pré-adensamento, conforme representa a Figura 5.

Como o solo foi compactado antes do ensaio de adensamento unidimensional, a tensão de pré-adensamento determinada pelo método foi variável em cada amostra e, portanto, é um dado que deve ser considerado apenas para fins de comparação.

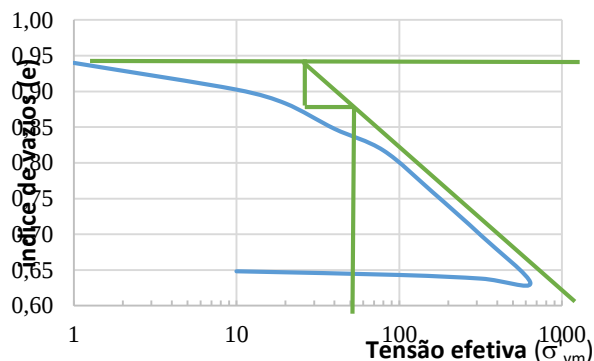


Figura 5. Aplicação do método de Pacheco e Silva (energia normal de Proctor)

Segundo Sayão (2009), o coeficiente de adensamento (C_v) determina a velocidade na qual um solo se deforma quando solicitado por acréscimo de tensão. Pode-se dizer que, para um mesmo solo, quanto maior a permeabilidade, mais rápido se dará o adensamento. Por outro lado, quanto mais compressível for o solo, maior será o tempo necessário para que o adensamento se processe totalmente, uma vez que uma maior quantidade de água terá que sair da massa de solo resultando em um menor C_v .

Segundo Das (2007), o coeficiente de adensamento (C_v) pode ser obtido através de dois métodos: o de Casagrande e o de Taylor. Ambos são calculados para um estágio de carregamento específico. Os dados de tensão de pré-adensamento (σ'_{vm}), índice de compressão (C_c) e coeficiente de adensamento (C_v) determinados para as amostras ensaiadas são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Dados do ensaio de adensamento unidimensional

Energia	σ'_{vm} kPa	C_c	C_v (cm ² /s) Taylor	C_v (cm ² /s) Casagrande
Normal	40	0,17	0,00369	0,00387
Intermediária	65	0,10	0,00340	0,00161
Modificada	120	0,07	0,00284	0,00138

Os dois processos (Casagrande e Taylor) apresentam resultados muito próximos, porém há casos em que o coeficiente de adensamento (C_v) varia de acordo com os incrementos de carga. Ressalta-se, no entanto, que como se trata de um solo compactado, que na prática encontram-se em condições não saturadas,

parâmetros como o coeficiente de adensamento devem ser utilizados com cautela, pois não são regidos pela teoria de adensamento proposta inicialmente por Biot (1935;1941) e consagrada na publicação de Terzaghi (1943).

Na Tabela 5 são apresentados o teor de umidade (w), o peso específico seco (γ_d) e a porcentagem de deformação das amostras compactadas com as energias normal, intermediária e modificada. A porcentagem de recalque foi calculada através da divisão do recalque parcial pela altura total da amostra, apresentando o percentual de deformação que ocorreu em cada amostra durante os ensaios de adensamento.

Tabela 5. Dados dos ensaios edométricos

Amostras	Teor de umidade (%)	γ_d (g/cm ³)	Deformação (%)
Normal	40,0	13,94	15,03
Intermediária	32,5	13,90	5,28
Modificada	26,0	14,50	2,68

Quando comparada à amostra 01 (energia normal), a amostra 02 (energia intermediária) apresentou uma redução de deformação de cerca de 65%. Já comparando a amostra 01 a amostra 03 (energia modificada), houve uma redução de 82% nas deformações. Segundo Pinto (2006), isso ocorre por que a combinação de aplicação de energia maior, com teor de umidade menor, elimina os vazios do solo deixando-o mais compactado e consequentemente mais resistente, como verificado por Das (2007).

4.2 Comparativo entre solo compactado e amostras indeformadas

Silva e Souza (2018) realizaram, com o solo do CEEF, ensaios de adensamento unidimensional em amostras indeformadas pré-inundadas por 24 horas, com o objetivo de determinar os parâmetros de compressibilidade do solo e comprovar sua característica colapsível. As amostras foram retiradas das profundidades de 1,50 e 12,00 metros.

Segundo Das (2007), um solo saturado, quando sofre um acréscimo de tensão, tem sua



pore pressão aumentada repentinamente. Devido a isso, solos argilosos apresentam recalques elásticos de maneira imediata. Porém, devido ao excesso de pore pressão se dissipar lentamente, o recalque por adensamento acaba sendo várias vezes maior do que o recalque elástico, tendo também uma maior duração.

Na Tabela 6 podem ser observadas as deformações que ocorreram nas amostras para a profundidade de 1,5 metros, para os ensaios realizados por Silva e Souza (2018), além das deformações nas amostras compactadas com as diferentes energias de compactação, sendo H_0 a altura inicial dos corpos de prova.

Tabela 6. Deformações obtidos por Silva e Souza (2018) e pelos autores.

CP	Silva e Souza (2018)			Autores (2019)	
	H_0	H_1	Deform.	H_1	Deform.
01	30,00	19,14	36%	25,55	15%
02	30,00	18,17	39%	28,30	5%
03	30,00	18,76	37%	29,30	2%

Ao se comparar os resultados dos ensaios de adensamento unidimensional, realizados por Silva e Souza (2018) em amostras indeformadas, aos ensaios de adensamento unidimensional elaborados no presente trabalho com amostras compactadas com diferentes energias de compactação, pode-se observar uma redução de aproximadamente 60% nas deformações sofridas pelo corpo de prova devido a compactação utilizando energia normal. Já a energia intermediária promove uma redução de aproximadamente 85%, seguida da energia modificada que reduziu as deformações em cerca de 93%.

Verificou-se que houve uma grande redução na deformação das amostras. Segundo Senço (2007), a obtenção da maior massa específica aparente possível de um solo, por meio da aplicação de energia mecânica, implica na obtenção da maior quantidade de partículas sólidas por unidade de volume, o que resulta no aumento da resistência desse solo e sua menor deformabilidade. A diferença entre as curvas de adensamento compactadas e uma das curvas

determinadas por Silva e Souza (2018), para o estado natural, pode ser observada na Figura 6.

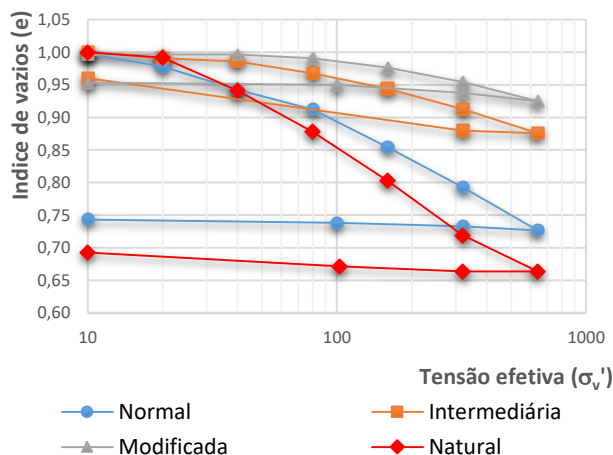


Figura 6. Comparação entre curvas de adensamento de solo compactado e de solo na condição natural.

Verificou-se também uma redução significativa do índice de compressão (C_c) em função da compactação, variando entre um valor médio de 0,20 (determinado por Silva e Souza, 2018) à 0,17 (proctor normal), 0,10 (intermediário) e 0,07 (modificado).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ensaio de compactação, ou ensaio de *Proctor*, auxilia na determinação das melhores condições para se compactar um solo. Este, por sua vez, tem sua estrutura alterada, reduzindo seus vazios por expulsão de ar e consequentemente aumentando sua resistência.

O ensaio de compressão edométrica simula em laboratório uma situação na qual um maciço de solo, em confinamento lateral, recebe estágios de aplicação de cargas, e através da expulsão de água dos seus vazios é deformado, ocasionando os recalques por adensamento.

Partindo desse pressuposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar as reduções de deformações que corpos de prova de solo sofreriam, através de ensaios de adensamento unidimensional, devido ao efeito de compactação. Para tanto, amostras de solo foram compactadas e submetidas a ensaios



edométricos, sendo possível avaliar certas propriedades pertinentes à camada de solo superficial, como o índice de compressão, a tensão de pré-adensamento e o coeficiente de adensamento, sendo os 2 últimos parâmetros determinados com o intuito de comparar-se com os já obtidos por Silva e Souza (2018), em amostras indeformadas do mesmo solo, também sob condições de pré-inundação por 24 horas.

O índice de compressão (C_c), definido como o coeficiente que determina o trecho virgem da curva de adensamento, ou seja, a tensão que o solo foi submetido a partir da tensão de pré-adensamento, apresentou valores de 0,17 para energia normal, 0,10 para energia intermediária e 0,07 para energia modificada. Pode-se notar que, para ambos os métodos de cálculo, o coeficiente de adensamento e o índice de compressão foram menores quando comparados ao ensaio de compressão edométrica do solo em condições saturadas (SILVA E SOUZA, 2018).

Quanto ao coeficiente de adensamento (C_v), que é a velocidade em que o solo se deforma quando sofre um acréscimo de tensão, observou-se, através dos métodos de determinação de Taylor e de Casagrande, que houve variações quanto a acréscimos de tensão e variação de energia de compactação. O método de Taylor apresentou valores médios de $0,00369 \text{ cm}^2/\text{s}$ para a energia normal, $0,00340 \text{ cm}^2/\text{s}$ para a energia intermediária e $0,00284 \text{ cm}^2/\text{s}$ para a energia modificada.

Já pelo método de Casagrande, os valores médios foram, respectivamente, de $0,00387 \text{ cm}^2/\text{s}$, $0,00161 \text{ cm}^2/\text{s}$ e $0,00138 \text{ cm}^2/\text{s}$. Devido as energias de compactação empregadas na confecção das amostras, os valores para o coeficiente de adensamento ficaram abaixo do valor médio encontrado por Silva e Souza (2018) para o solo em condições naturais. Isso se dá pela alteração da estrutura do solo, o que o torna mais resistente, e consequentemente com uma velocidade menor da deformação.

A partir disso, pode-se concluir que há uma grande influência das energias de compactação quando se trata da redução de recalques por adensamento em camadas superficiais.

Verificou-se uma média de variação dos recalques ocorridos entre as energias de compactação de 65,42%. Ou seja, com a aplicação de uma maior energia de compactação houve uma brusca redução no recalque ocorrido, quando comparadas ao solo em condições saturadas, cuja média é de 79,64%.

Desse modo, pode-se afirmar que com a compactação do solo é possível reduzir as deformações efetivamente, prevenindo a incidência de patologias de fundações em solos coesivos.

REFERÊNCIAS

- Caputo, H. P. (1957). *Mecânica dos solos para uso de engenheiros rodoviários*, Rio de Janeiro, Rodovia.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT NBR 12007 (1990). *Ensaio de Adensamento Unidimensional*, Rio de Janeiro. (Cancelada)
- Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT NBR 7182 (2016). *Ensaio de Compactação*, Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT NBR 7181 (2016). *Análise Granulométrica*, Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT NBR 9604 (2016). *Condições exigíveis para abertura de poço de inspeção, de trincheira e para retirada de amostras*, Rio de Janeiro.
- Biot, M. A. (1935). *Le Problem de la Consolidation des Matieres Argileuses sous une Charge*. Annaies de la Societé Scientifique de Bruxelles, Series B, vol. 55, pp 110-113.
- Biot, M. A. (1941). *General Theory of Three-dimensional Consolidation*. Journal of Applied Physics, vol. 12 , pp 155 – 164.
- Das, B. M. (2007). *Fundamentos da Engenharia Geotécnica*; São Paulo, Thomson Learning.
- Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – DNER (1995). *Instrução de Ensaio 005 – Solos: Adensamento*. 19 p.
- Pinto, C. S. (2006). *Curso Básico de Mecânica dos Solos, em 16 Aulas*. 3 ed. São Paulo: Oficina de Textos.
- Sayão, A., Sieira, A. C. e Petrucio, S. (2009). *Reforço de Solos Manual Técnico*. São Paulo: Maccaferri.
- Senço, W. (2007). *Manual de técnicas de pavimentação: volume 1 - 2*. ed. ampl. — São Paulo: Pini.
- Silva, E. S.; Souza, C. E. (2018). *Variabilidade dos Parâmetros de Deformabilidade do Solo de Cascavel/PR ao longo da profundidade*. Trabalho de conclusão de curso (TCC). Faculdade Assis Gurgacz. Cascavel – Paraná.



Zen, B. A. B. e Almeida, M. A. (2018). *Implantação e Caracterização Geotécnica do Campo Experimental de Engenharia do Centro Universitário Assis Gurgacz em Cascavel/PR*. XIX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica (Cobramseg 2018). ABMS.

Terzaghi, K. (1943). *Theoretical soil mechanics*, John Wiley & Sons, New York.