



Análise da Aceleração do Recalque de um Aterro Sobre Solo Mole em um Trecho da Duplicação da BR-470

Talita Menegaz

Uniaavan, Balneário Camboriú, Brasil, tm.menegaz@hotmail.com

Gisele Marilha Pereira Reginatto, Msc.

UFSC, Florianópolis, Brasil, gireginatto@gmail.com

Narayana Saniele Massocco, Msc.

UFSC, Florianópolis, Brasil, nsaniele@gmail.com

Ângela Grando, Dra.

UFSC, Florianópolis, Brasil, angela.grando@gmail.com

Rafael Augusto dos Reis Higashi, Dr.

UFSC, Florianópolis, Brasil, rhigashi@gmail.com

Thaís Ventura Chibiaqui, Dra.

UFSC, Florianópolis, Brasil, ysthais@hotmail.com

Juliano Valdir de Souza, Msc.

UFSC, Florianópolis, Brasil, juliano.souza@avantis.edu.br

Victor Eduardo Cury da Silva, Msc.

UFSC, Florianópolis, Brasil, victoreduardo@hotmail.com

RESUMO: Diversos trechos da BR-470, no município de Ilhota/SC, se desenvolvem sobre solos moles, um dos quais é objeto de estudo deste trabalho. Dessa forma, faz-se necessária a adoção de métodos construtivos para aumentar a resistência do solo de fundação e torná-lo apto para receber as cargas dos aterros projetados na duplicação dessa rodovia. Uma das soluções empregadas foi a instalação de geodrenos para acelerar o tempo de ocorrência do recalque por adensamento primário, possibilitando a construção mais rápida do aterro. O trabalho objetivou dimensionar geodrenos para um trecho problemático, utilizando dados de ensaio de adensamento, sondagem a Percussão e Piezocone, a partir dos quais foi evidenciada a presença de espessas camadas de argila mole a muito mole. Estimado o recalque e o tempo para a sua ocorrência em 90%, foi possível acelerar o recalque que levaria 37 anos para um tempo de 3 anos com o uso de geodrenos.

PALAVRAS-CHAVE: Adensamento, Recalque, Drenos verticais, Argilas moles.



1 INTRODUÇÃO

Na elaboração de um projeto de geotecnia adequado e seguro é imprescindível uma análise criteriosa sobre o comportamento do solo sob o qual será construído, o que apenas é possível a partir do reconhecimento do subsolo.

Neste contexto, a descoberta dos prováveis problemas que poderão ocorrer, em decorrência da obra e do tipo de solo, e a definição da melhor solução geotécnica para solucioná-los, apenas conduzem a uma confiabilidade a partir da maior utilização de dados de investigações geotécnicas, em campo e laboratório (SCHNAID E ODEBRECHT, 2000).

Em obras projetadas sobre solos moles (solos com baixa resistência e alta compressibilidade), garantir a sua viabilidade envolve análises de estabilidade e de recalque, especialmente recalque por adensamento primário. Estes recalques, quando não controlados podem ocasionar danos à estrutura, levando até o seu colapso. Isso implica em gastos, muitas vezes exorbitantes, que podem vir a comprometer o empreendimento.

O recalque por adensamento primário ocorre lentamente, com consequente variação de poropressão, em solos cuja granulometria é predominantemente argilosa, em locais onde o nível da água geralmente é muito próximo à superfície, e se dá pela saída de água do sistema quando o solo é solicitado, por exemplo, pela construção de um aterro (PINTO, 2002).

Diversos trechos da rodovia BR-470, localizados no lote 02, se desenvolvem sobre solos moles, o que torna necessária a adoção de soluções geotécnicas que visam solucionar problemas de ruptura e de recalque para a implantação da rodovia. Em relação a ocorrência de recalques por adensamento primário, acelerar o tempo da sua ocorrência através da utilização de geodrenos tem se mostrado adequado.

A utilização dos geodrenos como solução adotada, traz diversos benefícios, dentre eles o aumento da resistência da camada de fundação ainda no período de construção do aterro (ALMEIDA, 2010).

Desta forma, a partir de um depósito constituído por solo de baixa capacidade de suporte, este trabalho visa analisar a aceleração dos recalques primários com base na utilização de geodrenos dimensionados para um trecho de uma rodovia localizada na BR-470.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo é composta de um trecho da rodovia, cuja a construção do aterro rodoviário se desenvolve sobre solos moles. Esse ponto pertence ao contorno rodoviário da cidade de Ilhota, na BR-470, lote 02, como apresentado na Figura 1.



Figura 1. BR 470, lote 02, km 21+660, área de estudo.
Fonte: Adaptado de Google (2019).

Foram coletados junto ao Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) de Santa Catarina dados de sondagens SPT e CPTu e de ensaios de adensamento e dissipação, os quais possibilitaram a realização das seguintes etapas:

- Determinação do perfil geotécnico do terreno;
- Estimativa do recalque por adensamento primário e seu tempo de ocorrência;
- Dimensionamento de geodrenos para a aceleração do recalque;
- Análise do processo de recalque com e sem o uso de geodrenos.

2.1 Determinação do perfil estratigráfico



O perfil estratigráfico do solo de fundação do trecho em análise foi elaborado com o auxílio do SPT e do CPTu.

Com dados do SPT foram definidas as diferentes camadas que compõem o subsolo, as quais foram comparadas com o perfil do I_c (índice de classificação numérica) de Robertson (2009), com o intuito de melhor delimitar a camada de solo compressível. O I_c foi calculado a partir de dados de piezocone, conforme apresentado na equação 01 e a classificação do solo, ao longo da profundidade foi definida a partir do ábaco apresentado na Figura 2 e da Tabela 1.

$$I_c = [(3 - \log(Q_t(1 - B_q)))^2 + (1,5 + 1,3 \log Fr)^2]^{0,5} \quad (1)$$

Onde:

- Q_t é a normalização da resistência de ponta corrigida (q_c);
- B_q é um índice de acréscimo da poropressão;
- Fr é a normalização do atrito lateral (f_s).

Os parâmetros Q_t , B_q e Fr são determinados, respectivamente pelas equações 2, 3 e 4.

$$Q_t = \frac{q_t - \sigma_{v_0}}{\sigma_{v_0} - u_0} \quad (2)$$

$$Fr = \frac{f_s}{q_t - \sigma_{v_0}} \cdot 100\% \quad (3)$$

$$B_q = \frac{u_2 - u_0}{q_t - \sigma_{v_0}} \cdot 100 \quad (4)$$

Onde:

- q_t , f_s e u_2 são parâmetros medidos no piezocone, representam respectivamente a resistência de ponta corrigida em kPa, o atrito lateral em kPa e a poropressão medida na base do cone em kPa;
- σ_{v_0} é a tensão vertical total em kPa, determinada pela multiplicação do peso específico do solo e sua profundidade;
- u_0 é a pressão hidrostática em kPa.

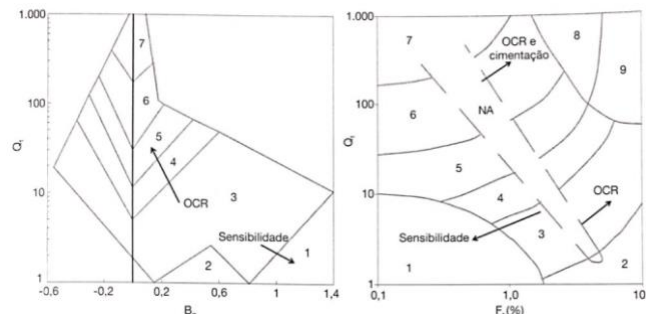


Figura 2. Ábaco do comportamento típico de solos.
Fonte: Robertson (1990).

Tabela 1. Classificação de solos pelo comportamento.

Zona	Tipos de Solos
1	Solo fino sensível
2	Solo orgânico e turfas
3	Argilas – argilas siltosas
4	Argila siltosa – silte argiloso
5	Siltes arenosos – areias siltosas
6	Areias limpas – areias siltosas
7	Areias com pedregulhos – areias
8	Areias – areias limpas
9	Areias finas rígidas

Fonte: Adaptado de Robertson (1990).

2.2 Parâmetros geotécnicos dos solos

Após a definição da estratigrafia do subsolo, foram determinados os dados necessários para o cálculo do recalque por adensamento primário, ocasionado em função da sobrecarga de um aterro de dois metros de altura, conforme dados do projeto geométrico da rodovia, para posterior análise da sua aceleração através da instalação de geodrenos. Para tanto, foram determinados os seguintes parâmetros:

- Peso específico dos solos presentes na fundação e no aterro;
- Tensões efetivas na profundidade de análise, antes e após o carregamento (dado pela construção do aterro);
- Tensão de pré-adensamento (σ'_{pa});
- Razão de sobreadensamento (OCR);
- Índice de compressão (C_c);
- Índice de recompressão (C_r).



2.2.1 Peso específico do solo

Nesta pesquisa, para a camada de argila compressível foi adotado o peso específico (γ) determinado no ensaio de adensamento e para as demais camadas foi determinado com base no N_{spt} (índice de resistência à penetração) a partir da proposta de Godoy (1972), conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Pesos específicos dos solos.

N_{spt}	Consistência	γ (kN/m ³)
< e igual a 2	Muito mole	13
3 – 5	Mole	15
6 – 10	Média	17
11 -19	Rija	19
> e igual a 20	Dura	21

Fonte: Adaptado de Godoy (1972).

O peso específico do aterro compactado foi adotado igual a 18 kN/m³, conforme sofrido no projeto geotécnico da rodovia.

2.2.2 Parâmetros obtidos pela curva de compressibilidade do solo

Com base na curva de compressibilidade da argila coletada a 5,8m, elaborada pelo ensaio de adensamento unidimensional foram definidos: o índice de compressão (C_c) do solo, o índice de recompressão (C_r) e a tensão de pré-adensamento (σ'_{pa}). A σ'_{pa} foi definida pelo método de Pacheco e Silva (1970).

2.2.3 Tensão efetiva vertical inicial e final

A tensão efetiva vertical inicial (σ'_{v_0}) representa a tensão gerada no solo antes da construção do aterro e é obtida pela diferença entre a tensão vertical total (σ_{v_0}) do solo e a poropressão (μ), na profundidade de análise (equação 5) em kPa.

$$\sigma'_{v_0} = \sigma_{v_0} - \mu \quad (5)$$

A tensão efetiva vertical final (σ'_v) representa a tensão gerada no solo após a construção do aterro e é determinada pela equação (6) em kPa.

$$\sigma'_v = \sigma'_{v_0} + (\gamma_a \times z_a) \quad (6)$$

Onde:

- γ_a é o peso específico do aterro em kN/m³;
- z_a é a altura do aterro em m.

2.2.4 Razão de sobreadensamento (OCR)

Com σ'_{pa} e σ'_v determinados, pode-se classificar a argila coletada em função do seu histórico de tensões, a partir do valor do OCR (equação 7).

$$OCR = \frac{\sigma'_{pa}}{\sigma'_v} \quad (7)$$

De acordo com o valor de OCR a argila foi classificada conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3. Classificação da argila em função do OCR.

OCR	Classificação	Sigla
igual a 1	Normalmente adensada	NA
< 1	Sobreadensada	SA
> 1	Pré-adensada	PA

Fonte: Adaptado de Das (2014).

A classificação da argila, assim obtida, foi comparada aquela de Grando (2018), determinada para o mesmo depósito de argila a partir de dados do CPTu, com o intuito de aumentar a confiabilidade dos resultados.

2.3 Recalque por adensamento primário

A equação para o cálculo do recalque por adensamento primário (Δh) depende do histórico de tensões da argila. Para argilas sobreadensadas (SA) o Δh é determinado pela equação (8).

$$\Delta h = H \times \frac{C_r}{(1 + e_i)} \times \log \frac{\sigma'_{pa}}{\sigma'_{v_0}} + H \times \frac{C_c}{(1 + e_i)} \times \log \frac{\sigma'_v}{\sigma'_{pa}} \quad (8)$$

Onde:

- H é a espessura da camada de argila compressível em m;



- e_i é o índice de vazios inicial do solo, obtido no ensaio de adensamento [adimensional].

2.4 Tempo de ocorrência do recalque por adensamento primário

Foi determinado o tempo (t), em anos, para que ocorra 90% do recalque por adensamento primário pelo método de Taylor (equação 9).

$$t = [-0,9332 \log(1 - U_m) - 0,0851] \times \frac{Hd^2}{cv} \quad (9)$$

Onde:

- U_m é o grau de adensamento médio, igual 0,90 nesse estudo;
- Hd é a distância de drenagem vertical em cm;
- C_v é o coeficiente de adensamento do solo em cm^2/s , obtido no ensaio de adensamento.

2.5 Dimensionamento dos geodrenos

O cálculo referente a quantidade de drenos verticais foi realizado empregando a teoria de Nabor Carillo (1942), descrita por Richart (1957) e apresentada em DNER (1990).

Determinou-se o grau de adensamento vertical (U_v) pelo ábaco apresentado na Figura 2, com o valor do coeficiente vertical (c_v) definido no ensaio de adensamento e a distância de drenagem vertical (Hd) obtida no perfil geotécnico.

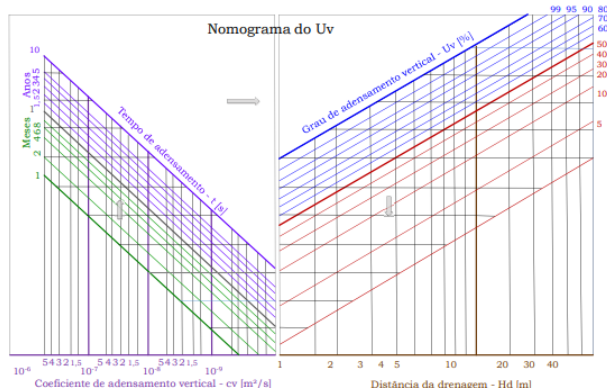


Figura 6. Ábaco para o cálculo de U_v .

Fonte: Adaptado de DNER (1990, *apud* Grando 2018).

Após determinado o U_v e adotando U igual a 0,90, conforme mencionado anteriormente, definiu-se o grau de adensamento horizontal (U_h) a partir da equação (10) de Carrillo.

$$1 - U = (1 - U_v) - (1 - U_h) \quad (10)$$

A partir do valor do U_h e do coeficiente horizontal (ch), foi empregado o ábaco de Baron (Figura 7) para obter os diâmetros d (diâmetro dos drenos em cm) e Dg (diâmetro de influência em m). O valor de ch foi adotado igual $0,90 \times 10^{-3} cm^2/s$, conforme determinado por Grando (2018).

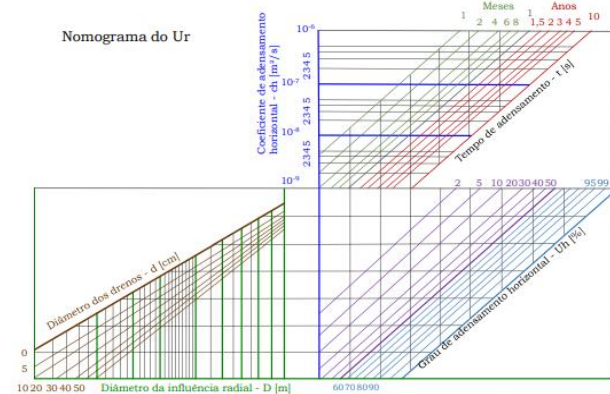


Figura 7. Ábaco para determinar os diâmetros d e Dg .
Fonte: Adaptado de DNER (1990, *apud* Grando 2018).

Na sequência, foi calculado o espaçamento entre os drenos (L) em metros, observando que, segundo o DNER (1990) o espaçamento mínimo permitido deve estar entre 1,5 e 3,0 m. O S foi determinado a partir da equação (11), visto que a malha é do tipo triangular, após a definição do diâmetro equivalente (Dg).

$$S = \frac{Dg}{1,05} \quad (11)$$

O comprimento dos geodrenos (C) foi determinado a partir da equação (12):



$$C = \left(\frac{b_a \times l}{A} \right) \times p \quad (12)$$

Onde:

- b_a é a base da rodovia somada às distâncias de talude nas duas laterais em metros;
- l é o valor do trecho onde será inserido o geodreno em metros;
- A é a área de abrangência do geodreno em metros quadrados;
- P é a profundidade da camada do geodreno em metros, determinado no perfil estratigráfico.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Perfil estratigráfico do subsolo

O perfil apresentado na Tabela 4 foi elaborado com base no ensaio de SPT, realizado no km 21+660 da BR-470, o qual especifica o tipo de solo e a sua consistência a cada metro investigado. A consistência da argila foi determinada a partir do N_{spt} em acordo com a NBR 7250/82.

Tabela 4. Perfil do subsolo definido pelo SPT.

Profundidade (m)	Classificação do solo
1	Argila muito mole
2	Argila muito mole
3	Argila muito mole
4	Argila muito mole
5	Argila muito mole
6	Argila mole
7	Argila mole
8	Argila mole
9	Argila muito mole
10	Argila muito mole
11	Argila muito mole
12	Argila muito mole
13	silte
14	silte

Como pode ser observado, o perfil em análise apresentou uma espessa camada de argila de

baixa resistência, cuja consistência variou de muito mole a mole. Sua ocorrência inicia a partir de 0,60m desenvolvendo-se até a profundidade de 12,0m. Esse perfil, correspondente ao solo de fundação de um aterro rodoviário de 2,0 m de altura, ao receber carga, dentre outros, apresentará problemas de recalque por adensamento primário.

A Figura 8 corresponde ao ábaco de Robertson (1990) com os dados de CPTu. Percebe-se que o solo encontra-se na maior parte na zona 6 e 7 (Q_t versus B_q) caracteriza-se portanto como argilas a argilas siltosas.

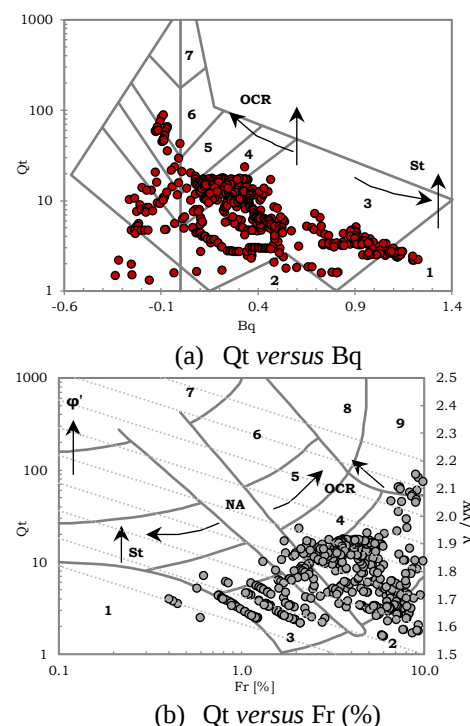


Figura 8. Ábaco para caracterizar o solo do estudo. Fonte: Grandó (2018)

Ao comparar o perfil definido pelo SPT com o do CPTu percebeu-se uma diminuição da camada de argila compressível. No CPTu foram identificadas em diferentes profundidades lentes de materiais classificados como misturas de areias, misturas de silte e areia, as quais não foram identificadas no SPT, visto que o solo é investigado de metro em metro. Essas lentes são pouco espessas e intercaladas com camadas de argilas, sendo assim, foram desconsideradas e foi analisada a situação crítica do perfil. Grandó (2018) identificou no perfil de I_c apenas 20% de



material drenante. Dessa forma, o perfil analisado apresentou uma camada de aproximadamente 11,4m de argila cuja consistência variou de muito mole a mole.

3.2 Peso específico do solo

A variação do peso específico ao longo da profundidade do perfil de solo, obtida pela prospeção de Godoy (1972) está apresentada na Tabela 5.

Tabela 5. Perfil de peso específico obtido pelo Nspt.

γ (kN/m ³)	Classificação do solo
13,00	Argila muito mole
13,00	Argila muito mole
13,00	Argila muito mole
13,00	Argila muito mole
13,00	Argila muito mole
15,00	Argila mole
15,00	Argila mole
15,00	Argila mole
13,00	Argila muito mole
13,00	Argila muito mole
13,00	Argila muito mole
13,00	Argila muito mole
	silte
	silte

Também foi determinado o peso específico da argila, coletada a 5,80m de profundidade, no ensaio de adensamento unidimensional, resultando em um valor de 15,36 kN/m³. Adotou-se esse valor para representar a camada de argila de consistência muito mole.

3.2 Estimativa do recalque por adensamento primário

A argila em análise foi classificada como sobreadensada (SA), visto que o seu OCR resultou em um valor menor do que um, relacionando o valor da tensão de pré-adensamento (σ'_{pa}) de 53 kPa com a tensão efetiva vertical final (σ'_v) de 89,08 kPa. A σ'_{v0} foi obtida pela subtração da tensão efetiva vertical total (σ'_v) de 89,08 kPa com a poropressão de 54,50 kPa.

O recalque por adensamento primário (Δh) foi estimado empregando a equação específica para argilas sobreadensadas. Para tanto, foram empregados os parâmetros apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Parâmetros empregados na estimativa do Δh .

Parâmetro	Valor	Unidade
H	11,40	m
Cr	0,04	adimensional
Cc	0,9855053	adimensional
ei	1,932	adimensional
σ'_{pa}	53,00	kPa
σ'_{v0}	34,58	kPa
σ'_v	89,08	kPa

Para as características do perfil em análise foi estimado um recalque por adensamento primário igual a 0,51m.

3.3 Tempo de ocorrência do recalque estimado

O tempo (t) para que ocorra 90% do recalque por adensamento primário, estimado para o perfil em análise, foi determinado pelo método de Taylor empregando os parâmetros apresentados na Tabela 7.

Tabela 7. Parâmetros empregados na estimativa do t

Parâmetro	Valor	Unidade
cv	$2,34 \times 10^{-4}$	cm ² /s
Hd	5,70	m
Um	0,90	adimensional

O tempo (t) foi calculado considerando dupla drenagem, tendo em vista as características granulométricas dos solos presentes no perfil. Logo, na determinação do Hd a espessura da camada de argila foi dividida ao meio.

Em relação ao cv, foi definido no ensaio de adensamento a partir da interpolação dos valores correspondentes aos estágios cuja tensão foi de 50kPa e 100kPa, uma vez que a σ'_v (89,08 kPa) encontra-se dentro desse intervalo de carregamento.

Dessa forma, foi determinado um tempo (t) de aproximadamente 37,34 anos para que ocorra 90% do recalque estimado.



3.4 Dimensionamento de geodrenos para a aceleração do recalque estimado

Com o tempo estimado de recalque para 90% de ocorrência, possibilitou definir os valores de U_v e U_h pelos ábacos inseridos nas Figuras 6 e 7. obteve para U_v , o valor de 12% e U_h o valor de 89%.

Com estes resultados, o diâmetro dos drenos é definido em 1,9 metros e o espaçamento necessário entre eles de 1,8 metros. Ressalta-se que o espaçamento (S) mínimo deve ser de 1,5 a 3,0, segundo DNER (1990), estando portanto conforme a esta norma.

A Figura 9 corresponde a seção analisada deste trecho de 32,2 metros.



Figura 9. Corte da seção tipo G-G, para determinação da base da rodovia.

Fonte: DNIT (2012).

O valor de (p), onde utiliza-se a profundidade do geodreno, é a altura total da camada definida como sendo de 12 metros e (l), o comprimento do segmento que é dado pelo comprimento total do trecho, considerado de 400 metros de comprimento.

A área (A) que o geodreno abrange, definiu-se, portanto de 2,84 m². Dessa forma com os dados obtidos utilizamos a equação (12) e tivemos um comprimento estimado de 54512,99 metros.

A Figura 10 corresponde aos posicionamentos do diâmetro, bem como o espaçamento necessário.

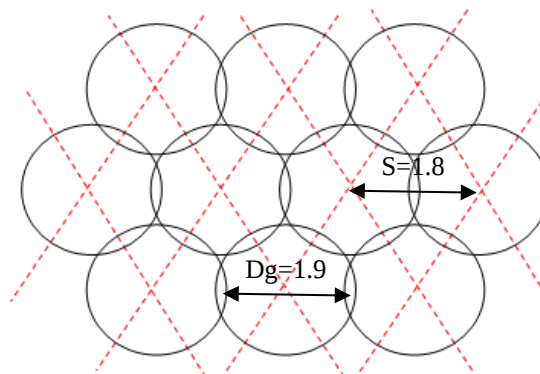


Figura 10. Desenho esquemático de implantação da malha.

De acordo com Massocco (2013) este quantitativo estimado para projetos é considerado normal para a extensão de solos moles que a rodovia será inserida, no entanto para fins econômicos o custo é elevado.

4 CONCLUSÕES

Através das sondagens SPT e CPTu foi constatada no km 21+660 do projeto de duplicação da BR-470, na cidade de Ilhota/SC, uma espessa camada de argila cuja consistência varia de muito mole a mole, que, para receber as cargas provenientes do aterro rodoviário deve ter a sua resistência melhorada e ser analisada, principalmente em função da ocorrência de recalques por adensamento primário.

Em função das características dos solos presentes no local e da obra a ser executada, definiu-se a instalação de geodrenos para a aceleração do recalque por adensamento primário com o intuito de viabilizar a sua implantação, visto que foi estimado um recalque por adensamento primário de 0,51m, cuja ocorrência de 90% desse valor, demoraria aproximadamente 37 anos.

Dessa forma, para reduzir o tempo de ocorrência do recalque para aproximadamente 3 anos, foram dimensionados drenos com diâmetro de 1,9 metros e espaçamento entre eles de 1,8 metros, atendendo ao espaçamento mínimo exigido pelo DNER (1990), estando em acordo com a norma. O comprimento total do dreno para



o segmento analisado, com 400 metros de comprimento, resultou em 54512,99 metros, tendo em vista a situação crítica do solo de fundação do trecho analisado.

Apesar da situação do solo de fundação encontrado no local não ser favorável, em termos de engenharia, ressalta-se a importância da duplicação desse trecho da BR-470 para a população em geral, o que justifica a adoção de métodos construtivos para viabilizar essa obra de infraestrutura. Destaca-se no presente estudo a utilização dos drenos verticais como alternativa de aceleração do recalque por adensamento primário, entretanto, observa-se que o tempo de 3 anos obtido no dimensionamento deve ser analisado em termos de compatibilidade com o projeto de duplicação proposto.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a equipe de doutores, doutorandos e mestres que se fizeram presentes para o desenvolvimento desse trabalho. Agradeço ao DNIT que cedeu os dados analisados neste estudo.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 12007 (ABNT/MB 3336). “Solo: Ensaio de Adensamento Unidimensional”. Rio de Janeiro, 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 6484 (ABNT/MB 1211). “Solo – Sondagens de Simples Reconhecimento com SPT - Método de Ensaio”, p. 17, 2001. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR12069 (ABNT/MB 3406). “Solo - Ensaio de Penetração de Cone in Situ (CPT)”, p. 10, 1991. Rio de Janeiro.

ALMEIDA, Marcio de Souza S.; MARQUES, Maria Esther Soares. Aterro sobre solos moles: projeto e desempenho. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

CAPUTO, Homero Pinto; CAPUTO, Armando Negreiros. Mecânica dos solos e suas aplicações. Rio de Janeiro: LTC, 7ª edição, 2015.

DAS, Braja M.; SOHBAN, Khaled. Fundamentos da engenharia geotécnica. Edição Norte Americana:

Cengage Learning, 2014.

DNER. Manual de projeto e execução de aterros sobre solos moles. Rio de Janeiro: Geomecânica s/a, 1990. 227p.

DNIT. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. Projeto Básico e Executivo para Duplicação e Restauração da Pista da Rodovia BR-470/SC, 2012.

GRANDO, Ângela. Propriedades e parâmetros geotécnicos de depósitos com argilas moles de Santa Catarina. 808 p. 2018. Dissertação (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de pós-graduação em Engenharia Civil (PPGEC), UFSC, Florianópolis. 2018

JEFFERIES, M. G.; DAVIES, M. P. Estimation of SPT N values from the CPT.

American society for testing and materials, 1993.

MASSAD, F. Obras de terra: curso básico de geotecnia. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

MASSOCO, N. S. Determinação de parâmetros de compressibilidade e de resistência não drenada de argila mole – Estudo de caso. 114 p. 2013. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Tecnológico –Departamento de engenharia civil – UFSC, Florianópolis, 2013.

PINTO, C. S. Curso Básico de Mecânica do Solos, 2ª ed, São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

ROBERTSON, P. K. Soil Classification Using the Cone Penetration Test. Canadian Geotechnical Journal, v. 27, p. 151–158, 1990.

SCHNAID, F. Ensaios de Campo e suas aplicações na engenharia de fundações. São Paulo: oficina de textos, 2000.

SCHNAID, F.; ODEBRECHT, E. Ensaios de Campo. 20 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.