

## DETERMINANDO A APTIDÃO DE UM SOLO PARA SUBLEITO DE RODOVIA

**Camila Ferreira da Silva<sup>1</sup>, Carla Bortolotto Corrêa<sup>2</sup>, Fernanda Machado Scotti<sup>3</sup>, Larissa Binhoti Dal' Anno<sup>4</sup>, Fernanda Simoni Schuch<sup>5</sup>, Fábio da Silva Krueger<sup>6</sup>**

<sup>1,2,3,4</sup> Instituto Federal de Santa Catarina/Departamento de Construção Civil

[camilaafs@gmail.com](mailto:camilaafs@gmail.com)

[bortolottocarla@gmail.com](mailto:bortolottocarla@gmail.com)

[fernanda.mscootti@hotmail.com](mailto:fernanda.mscootti@hotmail.com)

[larissadalannio@gmail.com](mailto:larissadalannio@gmail.com)

<sup>5</sup>Profª Drª do Departamento Acadêmico de Construção Civil do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), Campus Florianópolis

[fernandass@ifsc.edu.br](mailto:fernandass@ifsc.edu.br)

<sup>6</sup>Prof Dr do Departamento Acadêmico de Construção Civil do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), Campus Florianópolis

[fabio.krueger@ifsc.edu.br](mailto:fabio.krueger@ifsc.edu.br)

**Resumo:** O presente estudo tem por finalidade principal apresentar a análise da resistência a penetração de um pistão e a medição da expansibilidade de um solo pelo ensaio CBR (California Bearing Ratio). Para se chegar aos resultados desejados, é necessário conhecer as características do solo, portanto, foram realizados anteriormente, ensaios de caracterização do solo sendo estes, a massa específica dos grãos, granulometria, e compactação. O experimento possui elevada importância no dimensionamento de pavimentações, evitando futuras manifestações patológicas relacionadas ao grande recalque ou expansão, que possa diminuir a qualidade e vida útil desse revestimento. O estudo está dividido em introdução, metodologia, resultados e discussão e considerações finais. A metodologia apresenta como foram realizados os ensaios de caracterização desse solo: massa específica dos grãos, análise granulométrica, compactação e, por fim, o ensaio de Índice de Suporte Califórnia. Como resultados pode-se destacar que o solo em questão ficou caracterizado como um solo silte argiloso e apresentou como resultados um valor de 2,45% para expansão e 4,28% para CBR. Em conformidade com as análises, o solo pode ser utilizado para subleito de pavimentações, apesar de possuir uma expansão maior que a recomendada, a qual também pode ser diminuída com o acréscimo de aditivos ao solo.

**Palavras-Chave:** Índice de Suporte Califórnia, CBR, expansão.

### 1 INTRODUÇÃO

As obras de engenharia necessitam transmitir de alguma forma as cargas impostas sobre as mesmas ao solo e, em muitos casos, como por exemplo, na construção de aterros sanitários e de bases de pavimentos, o solo é utilizado como o próprio material de construção. O estudo do comportamento dos solos diante às solicitações a ele impostas por essas construções é portanto de suma importância (MACHADO SL, 2000; MACHADO MFC, 2000).

O solo tem origem na meteorização das rochas, impregnada ou não com matéria orgânica, que se encontra na superfície da terra e, sendo assim, suas propriedades advém do tipo de rocha que lhe deu origem bem como dos processos de intemperismo que fizeram parte de sua gênese.

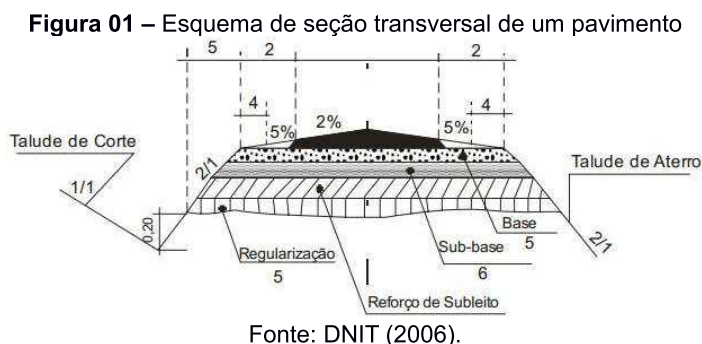
A partir de ensaios de caracterização geotécnica do solo, tenta-se presumir o seu provável comportamento diante de uma situação imposta (BÄR, 2015, p. 51), o que é de suma importância sob o ponto de vista da segurança de uma obra de engenharia civil.

Um destes ensaios é o CBR (Califórnia Bearing Ratio), também conhecido por Índice de Suporte Califórnia, é obtido por meio da análise da penetração de um pistão padrão no solo compactado. O manual de pavimentação do DNIT (Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes) baseia-se neste índice para o dimensionamento de um pavimento (FERNANDES, 2015, p. 19).

O CBR é um ensaio que foi criado pelo Departamento de Estradas de Rodagem da Califórnia (USA), o ensaio mede a resistência à penetração de uma amostra de solo saturada compactada, ou seja, fornece a capacidade de suporte de um determinado solo, chamado também de índice de penetração (FORTES, 2015, p. 1).

Segundo Fernandes (2015, p. 19), o ensaio é difundido em todo o mundo e estudos na área vêm sendo realizados há décadas. Estudos feitos no país mostram resultados satisfatórios, como é o caso do estudo realizado recentemente no Espírito Santo por Queiroz e Rigato (2016, p. 4), no qual verificaram que os resultados obtidos para solos de duas cidades do Espírito Santo utilizados em pavimentação de estradas foram considerados positivos, obtendo os índices de Suporte Califórnia superiores a 20%.

A figura 01 representa as camadas constituintes de um pavimento. Segundo DNIT (2006), os materiais utilizados no subleito devem apresentar uma expansão menor ou igual a 2% e um Índice de Suporte Califórnia maior ou igual a 2%.



De acordo com Donisete (2016), o ensaio é importante, pois se pode obter uma estrutura economicamente viável, preservando-se a camada, sem que haja manifestações patológicas relacionadas à capacidade de suporte ou expansão do solo.

Portanto, o objetivo principal deste artigo é a determinação do Índice de Suporte Califórnia (ISC) de um solo sedimentar extraído nas imediações de um manguezal, visando determinar se está ou não apto a ser utilizado como subleito de uma rodovia. O material estudado foi caracterizado por meio de sua massa específica, granulometria e compactação, com o intuito de complementar as análises.

## 2 METODOLOGIA

A metodologia do presente estudo dividiu-se em: coleta do solo, preparo da amostra, ensaios de massa específica, granulometria, compactação e CBR e, por fim, análise dos resultados.

Os ensaios se basearam nas normas da ABNT. A execução do ensaio de massa específica dos grãos foi determinada de acordo com os critérios estabelecidos na NBR 6508 (1984). A execução do ensaio de análise granulométrica é prescrita pela NBR 7181 (1984). Sendo este realizado por peneiramento ou por combinação de peneiramento e sedimentação. Neste artigo utilizou-se o processo de análise granulométrica por meio de peneiramento e sedimentação. O ensaio de compactação é determinado segundo a prescrição da NBR 7182 (2016). Para a execução do ensaio adotou-se o cilindro grande, soquete grande e cinco camadas com doze golpes por camada. O ensaio foi realizado com reuso de material.

O método de ensaio do Índice de Suporte Califórnia é determinado conforme a descrição da NBR 9895 (2016). A execução deste ensaio assemelha-se ao ensaio de compactação, no entanto, molda-se o corpo de prova com a umidade ótima pré-definida no ensaio de compactação. A expansão foi obtida por meio da imersão do corpo de prova em um tanque de água durante quatro dias. A leitura da expansão foi determinada através do relógio comparador (deflectômetro). A penetração foi realizada com o auxílio de uma prensa onde se obteve a leitura no relógio do anel à medida que o corpo de prova fosse penetrado.

O cálculo da expansão do corpo de prova utiliza a Eq. 1, a seguir:

$$Expansão(\%) = \frac{\text{leitura final} - \text{leitura inicial do relógio comparador (deflectômetro)}}{\text{altura inicial do corpo de prova}} \times 100$$

O cálculo do Índice de Suporte Califórnia utiliza a Eq. 2:

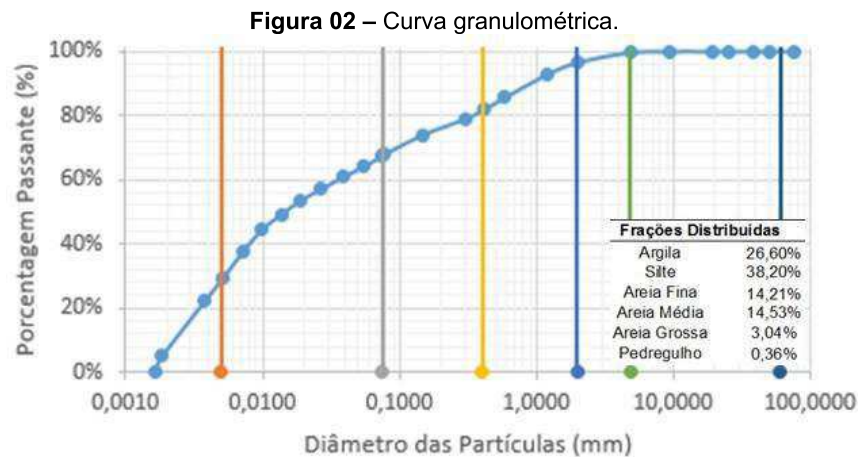
$$ISC = \frac{\text{pressão calculada ou pressão corrigida}}{\text{pressão - padrão}} \times 100$$

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos nos ensaios descritos na metodologia deste artigo são os que seguem abaixo.

A massa específica dos grãos do solo estudado é de 2,209 g/cm<sup>3</sup>.

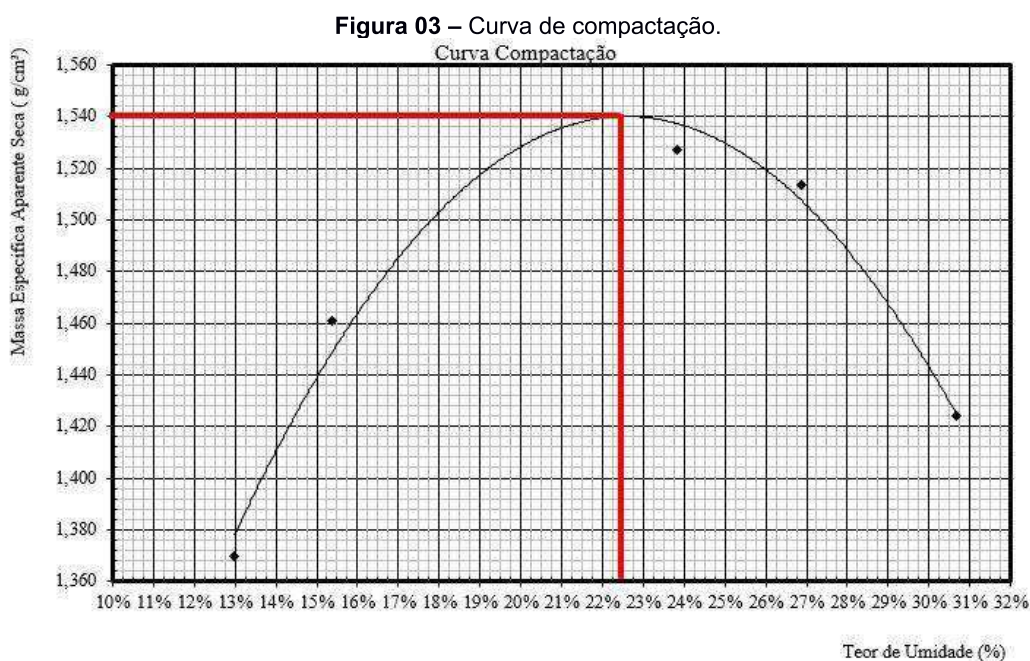
Na figura 2, encontra-se a curva granulométrica do solo e as frações distribuídas em porcentagem.



Fonte: Autores

Analisando-se a curva granulométrica e as frações de solo distribuídas constantes na figura 02, pode-se classificar o solo como sendo silto-argiloso.

A partir dos valores obtidos em laboratório a curva de compactação (figura 03), constrói-se a curva de compactação na qual determina os resultados de umidade ótima e a respectiva massa específica aparente seca máxima.



Fonte: Autores.

A partir da figura 03, obtém-se o valor para umidade ótima de 22,5% e massa específica aparente seca máxima de 1,54 g/cm<sup>3</sup>. A umidade ótima determinada neste ensaio é utilizada para moldar o corpo de prova do ensaio do Índice de Suporte Califórnia.

O ensaio do Índice de Suporte Califórnia apresentou como resultados para a amostra de solo ensaiada uma expansão de 2,45 % e Índice de Suporte Califórnia de 4,28%. O solo avaliado apresentou Índice de Suporte Califórnia maior que 2% (valor mínimo em que o solo é aceito para ser utilizado como subleito), porém uma expansão maior que a permitida por norma. No caso de escassez de jazidas disponíveis e os custos para melhoramento fossem elevados, poderia ser discutido com os contratantes sobre a utilização deste material no subleito numa obra.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Através dos ensaios de massa específica, granulometria e compactação realizados no solo sedimentar extraído nas imediações de um manguezal, afirma-se que o mesmo possui características de um solo silte argiloso. Apesar de sofrer expansão superior ao recomendado por norma, possui Índice de Suporte Califórnia superior ao exigido, portanto, este tipo de solo pode ser utilizado como reforço de subleito de um pavimento, caso não tenha a disponibilização de outro com expansão menor ou igual a 2%.

Sugere-se, no entanto, uma pesquisa avaliando a adição de cal ao solo para melhorar suas propriedades mecânicas, e, de acordo com Bernucci et. al. (2008, p. 364), recomenda-se a utilização de cal em teores entre 4 e 10% em massa, contribuindo para o enrijecimento, trabalhabilidade e redução da expansão. A cal é aplicada preferencialmente em solos argiloso e siltosos caulínicos. A mistura solo-cal é utilizada principalmente como reforço de subleito ou sub-base de pavimentos. Deste modo, a adição de cal no solo estudado poderia reduzir sua expansão e possivelmente cumpriria a exigência para um solo utilizado como subleito de um pavimento, contudo poderia aumentar os custos da obra.

## 5 REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7182**: Ensaio de Compactação – Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 2016.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6508**: Grãos de solos que passam na peneira de 4,8 mm - Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 1984.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181**: Solo – Análise Granulométrica – Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 1984.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9895**: Solo – Índice de suporte Califórnia (ISC) – Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 2016.

AZEVÊDO, A. L. C. **Estabilização de Solos com adição de Cal**. Um estudo a respeito da reversibilidade das reações que acontecem no solo após a adição de cal. 2014. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Geotecnia) – Universidade Federal de Ouro Preto, 2014. Disponível em: <[http://www.nugeo.ufop.br/uploads/nugeo\\_2014/teses/arquivos/andre-cairo.pdf](http://www.nugeo.ufop.br/uploads/nugeo_2014/teses/arquivos/andre-cairo.pdf)>. Acesso em 28 de maio de 2017.

BÄR, V. B. **Estudo da Capacidade de Carga e Recalque dos Solos Residuais do Noroeste do Rio Grande do Sul**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio, Ijuí, 2015. Disponível em: <<http://www.projetos.unijui.edu.br/petegc/wp-content/uploads/tccs/2015/TCC%20Bruna%20Vogt%20B%C3%A4r.pdf>>. Acesso em 28 de maio de 2017.

BERNUCCI, L. B. et. al. **Pavimentação asfáltica**: formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro: PETROBRAS: ABEDA, 2008.

DONISETE, I. **Ensaio de Índice de Suporte Califórnia – CBR**. LPE Engenharia, 2016. Disponível em: <<http://lpe.tempsite.ws/blog/index.php/ensaio-de-indice-de-suporte-california-cbr/>>. Acesso em 25 de maio de 2017.

DNIT (2006). **Manual de pavimentação**. Publicação IPR – 179. Ministério dos transportes. Departamento nacional de infraestrutura de transportes. Instituto de pesquisas rodoviárias.

FERNANDES, R. **Desenvolvimento de correlação entre os ensaios DCP e CBR**. Estudo de Caso: Pista de Testes. 2015. 80f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Infraestrutura) – UFSC, Joinville, 2015. Disponível em: <[https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/157141/tcc\\_2015\\_Ramon\\_Fernandes\\_final.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/157141/tcc_2015_Ramon_Fernandes_final.pdf?sequence=1&isAllowed=y)>. Acesso em 25 de maio de 2017.

FORTES, R. M. **Índice de suporte Califórnia (ISC) ou CBR**. Apostila Noções de Solo. 2015. Disponível em: <<http://www.latersolo.com.br/wp-content/uploads/2015/02/4-CAPACIDADE-DE-SUPORTE-CBR.pdf>>. Acesso em 25 de maio de 2017.

MACHADO, S. L.; MACHADO, M. F. C. **Conceitos introdutórios**. Apostila Mecânica dos Solos I. 2000. Disponível em: <<http://www.ct.ufpb.br/~celso/solos/material/teoria1>>. Acesso em 28 de maio de 2017.

PINTO, Carlos de Sousa. **Curso básico de mecânica dos solos**. São Paulo: Oficina de textos, 2006.

QUEIROZ, J. L.; RIGATO, G. **Determinação do Índice de Suporte Califórnia em solos do norte do estado do Espírito Santo**. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia CONTECC'2016, Foz do Iguaçu, 2016. Disponível em:<<http://www.confea.org.br/media/contecc2016/civil/determina%C3%A7%C3%A3o%20do%20%C3%ADndice%20de%20suporte%20calif%C3%B3rnia%20em%20solos%20do%20norte%20do%20estado%20do%20esp%C3%ADrito%20santo.pdf>>. Acesso em 27 de maio de 2017.