

## **CARACTERIZAÇÃO DO SOLO PARA A CONSTRUÇÃO DE UM TALUDE EM UMA RODOVIA**

OSMAR DE CARVALHO MARTINS<sup>\*1</sup>, CAMILA ANGELINE WISNIEWSKI<sup>2</sup>; ELAINE CAROLINE STOSKI<sup>3</sup>; LARISSA GIULIANA NEPPEL<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Profº eng. civ., Uniguauçu, Goiânia-GO, prof\_osmar@uniguacu.edu.br;

<sup>2</sup>Acad. eng. civ., Uniguauçu, União da Vitória-PR, eng-camilawisniewski@uniguacu.edu.br;

<sup>3</sup>Acad. eng. civ., Uniguauçu, Paula Freitas-PR, eng-elainestoski@uniguacu.edu.br;

<sup>4</sup>Acad. eng. civ., Uniguauçu, Irineópolis-SC, enc-larissaneppele@uniguacu.edu.br;

Apresentado no

Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2018  
21 a 24 de agosto de 2018 – Maceió-AL, Brasil

**RESUMO:** Para a infraestrutura viária, plano de estudo em questão, o acúmulo e a má condução dos fluídos nas vias, é um agravante na segurança dos usuários, nestas condições o planejamento da estrutura drenante nas rodovias torna-se responsável por atender aos critérios mínimos de segurança, dessa forma é de fundamental importância que o sistema de drenagem seja projetado e executado de forma criteriosa. Uma vez que estes mecanismos são projetados e igualmente executados, conseqüentemente inúmeros transtornos são evitados, como: retrabalhos, manutenções preventivas e corretivas, interrupção do tráfego, quedas de barreiras, entre outros. O presente artigo tem como princípio a construção de um protótipo onde, simulando um trecho de uma rodovia, com enfoque principal no dimensionamento do talude estabelecido na situação, possibilitou-se a verificação de diversos fatores que influem no comportamento da seção em análise. Para isto, o estudo utilizou-se do laboratório de geologia do Centro Tecnológico Uniguauçu, para o desenvolvimento e obtenção dos dados relativos ao experimento, no que diz respeito aos parâmetros de maior relevância para a construção do talude da rodovia. Tendo como suporte as informações provenientes dos ensaios laboratoriais, identificou-se que os solos possuem peculiaridades específicas, principalmente por ser um material heterogêneo suas características são muito variáveis em comparação com outros materiais da construção civil já conhecidos. O solo não tem parâmetros de resistência e comportamentos definidos, sendo necessário um estudo aprofundado em cada caso isolado.

**PALAVRAS-CHAVE:** Talude, drenagem, rodovias, mecânica dos solos.

### **SOIL CHARACTERIZATION FOR THE CONSTRUCTION OF A DEAL IN A HIGHWAY**

**ABSTRACT:** For a road infrastructure, study plan in question, accumulation and poor conduction of fluids in the roads is an aggravat an aggravating in the user's safety, under these conditions the planning of the drainage structure on the highways becomes responsible for meeting minimum safety criteria. The shape is of fundamental importance to the drainage system designed and executed in a judicious way. Since these mechanisms are designed and executed, consequently innumerable disorders are avoided, such as: rework, preventive and corrective maintenance, traffic interruption, falls of barriers, among others. The present article has as principle the construction of a prototype where, simulating a section of a highway, with main focus not sizing the established slope in the situation, a selection of different factors that influence no behavior of the section under analysis was possible. For this, the study was used by the geology laboratory of the Technological Center Uniguauçu, for the development and obtaining of the data related to the experiment, it is not what concerns the parameter of greater relevance for the construction of the slope of the highway. Having as support as information from the laboratory tests, it is identified that the soils have specific peculiarities, mainly because it is a heterogeneous material its characteristics are very variable in comparison with other already known civil construction materials. The soil does not have a parameter of resistance and defined behaviors, being necessary a detailed study in each isolated case.

**KEY WORDS:** Slope, drainage, highways, soil mechanics.

## **INTRODUÇÃO**

Conhecendo a infraestrutura viária atual do país, já é sabido que muito ainda deve ser desenvolvido para que o Brasil melhore seus índices de competitividade em relação a outros países, no cenário viário por exemplo, segundo dados apresentados pela Confederação Nacional do Transporte (CNT) no período de 2015 a 2016, demonstram que o número de trechos com pavimentação de péssima qualidade, quedas de barreiras, erosão, pontes danificadas e sinalização precária aumentaram para 26,6%, em um estudo que envolveu todas as rodovias federais e as principais rodovias estaduais pavimentadas. A deficiência na infraestrutura das pistas além de fazer vítimas fatais todo ano, também reflete em gastos que chegam a bilhões de reais para a economia, uma vez que grande parte da produção no país escoada pelo transporte rodoviário. O investimento para melhorias nas rodovias, ainda é insuficiente para que haja de fato qualidade em toda a malha brasileira, de acordo com o presidente da CNT, Clésio Andrade. Estes fatores contribuem para que outros países tenham uma visão menos atrativa do Brasil.

Para o desenvolvimento do escopo de uma obra rodoviária, ou seja, todos os estudos que caracterizam um projeto rodoviário, se faz necessário o estudo de diversos fatores, dentre eles: estudo de tráfego, estudo de traçado, estudo topográfico, estudo hidrológico, etc., determinantes para a inicialização do empreendimento. Em termos de construção no ramo da Engenharia Civil, existe a necessidade do reconhecimento e entendimento da mecânica dos solos, visto que para o suporte de qualquer tipo de construção este item deve ser enfatizado. Tendo em vista tal importância, tem-se normas que regimentam e padronizam ensaios que executados caracterizam a estrutura, composição, comportamento, etc., objetivando sempre a constante prevenção de possíveis contratemplos nos maciços rochosos de acordo com a solicitação.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O desenvolvimento da análise para a então elaboração da situação, teve como suporte os métodos construtivos mais utilizados na engenharia civil, buscando maior conhecimento da estrutura de uma rodovia, tendo como foco principal o comportamento do solo em casos anteriormente observados e diagnosticados, dessa forma realizou-se uma série de ensaios laboratoriais que caracterizaram o solo escolhido para o estudo. Para tanto utilizou-se as seguintes normas técnicas:

- ABNT – NBR 6457 – Amostras de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização (MAR/2016)
- ABNT – NBR 7180 – Solo – Determinação do limite de plasticidade (MAR/2016)
- ABNT – NBR 6459 – Solo – Determinação do limite de liquidez (ABR/2016)
- ABNT – NBR 6458 – Grãos de pedregulho retidos na peneira de abertura 4,8 mm - Determinação da massa específica, da massa específica aparente e da absorção de água. (SET/1984)
- ABNT – NBR 7181 – Solo – Análise granulométrica (DEZ/1984)
- ABNT – NBR 7182 – Solo – Ensaio de compactação (SET/2016)

Com os resultados obtidos por meio dos ensaios, releituras de obras literárias, situações existentes, conceitos teóricos acerca do tema, etc., um *Know-how* foi estabelecido, para a aplicação de forma prática do que ocorre na realidade, facilitando a construção de um protótipo que simula um trecho de rodovia. Levando em consideração toda a perspectiva do trecho, bem como a possível existência de taludes, deu-se enfoque também no dimensionamento do mesmo, posicionado junto a rodovia para complementar a situação. No decorrer do presente artigo se é explicitado os resultados dos ensaios do solo caracterizado.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Conforme a terminologia descrita pela NBR 6502/95, o solo nada mais é que um “Material proveniente da decomposição das rochas pela ação de agentes físicos ou químicos, podendo ou não ter matéria orgânica”. Tendo em vista a diversidade de rochas e a consequente decomposição para a formação do solo, torna-se clara a relevância dos processos de investigação do mesmo, de acordo com o US Army Corps of Engineers (2001) uma

"Investigação geotécnica insuficiente e interpretação inadequada de resultados contribuem para erros de projeto, atrasos no cronograma executivo, custos associados a alterações construtivas, necessidade de jazidas adicionais para materiais de empréstimo, impactos ambientais, gastos em remediação pós construtiva, além de risco de colapso de estrutura e litígio subsequente."

Os resultados colhidos com a investigação do solo permitem ao profissional de engenharia a melhor tomada de decisões quanto aos aspectos construtivos de um empreendimento. No caso de um talude em uma rodovia por exemplo, é de fundamental importância a obtenção de parâmetros para o desenvolvimento estrutural do mesmo, dessa forma para a construção representativa do talude em análise, utilizou-se critérios advindos de ensaios anteriormente reportados pelas NBRs. Dentre eles a seleção da amostra de solo, onde de forma tátil-visual *in situ*, foram selecionadas propositalmente amostras que apresentassem considerável coesão entre os grãos para que houvesse estabilidade na forma geométrica do talude, seguidamente a captura de um volume significativo para a examinação e construção de todo o protótipo, o solo foi previamente secado naturalmente num período de sete dias e destorroado, para o posterior peneiramento e análise granulométrica, cujos resultados estão contidos na Tabela e Gráfico 01, onde é possível comprovar a heterogeneidade da porção analisada, e com o dimensionamento dos grãos caracterizar o tipo de solo retido em cada peneira, conclusões estas visíveis com a leitura da curva granulométrica.

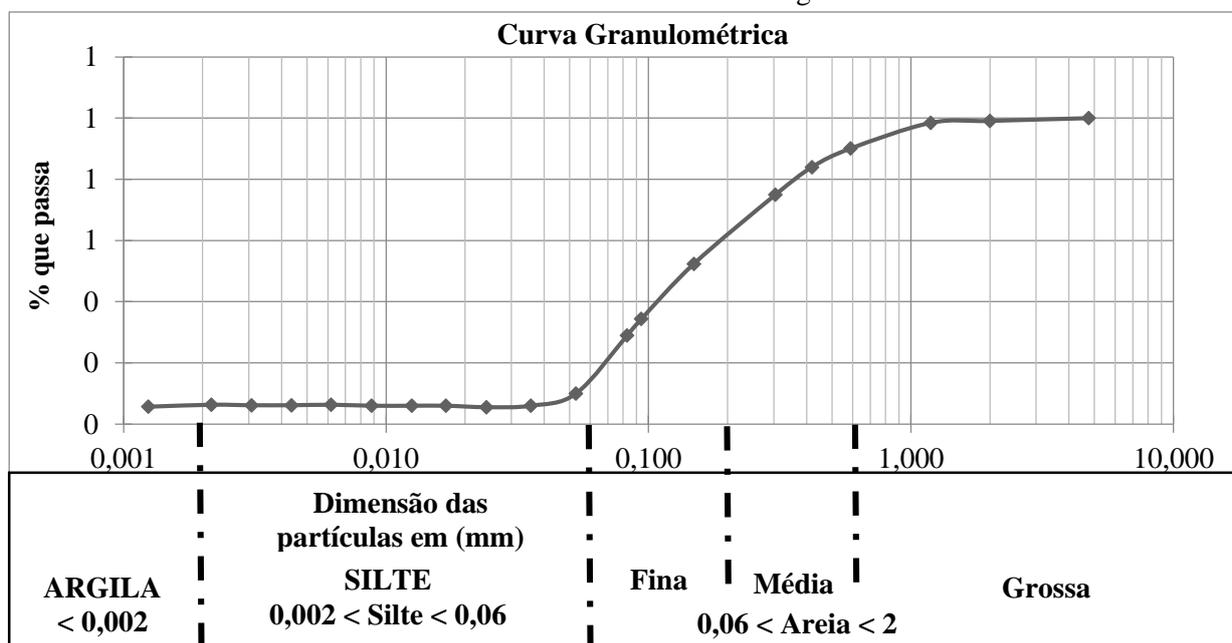
Tabela 01: Resultados obtidos com a análise granulométrica.

Peneiramento Grosso					
Peneira	Abertura(mm)	Solo retido(g)	Solo ret. acum.(g)	% retida	% passante
4	4,76	0,00	0,00	0,00%	100%
10	2,00	3,30	3,30	0,90%	99%

Peneiramento Fino					
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido (g)	Solo ret. acum. (g)	% retida	% passante
16	1,19	2,30	5,60	1,52%	98%
30	0,59	30,80	36,40	9,90%	90%
40	0,42	22,40	58,80	15,99%	84%
50	0,30	45,10	103,90	28,25%	72%
100	0,149	71,20	175,10	47,61%	52%
200	0,074	66,30	241,40	65,63%	34%

Fonte: As autoras, 2017.

Gráfico 01: Resultados obtidos com a análise granulométrica.



Fonte: As autoras, 2017.

Complementando a análise granulométrica, efetuou-se o ensaio de sedimentação, que contempla o material passante pela peneira 200 com abertura de 0,074 mm. Tendo como finalidade a caracterização do solo de acordo com a dispersão dos grãos, ou seja, quanto maior a granulometria dos grãos, mais rápida será a dispersão, neste caso verificou-se a dificuldade dos grãos se sedimentarem.

Além disso, a obtenção de índices básicos como a umidade natural do solo e a umidade higroscópica, tem como propósito a determinação do teor de umidade presente no solo em seu estado natural e quando seco de forma espontânea, assim respectivamente. Por sua vez os ensaios de natureza empírica do químico sueco Albert Atterberg (1846-1916), permitem a averiguação do comportamento deste material em condições de umidade variáveis, dessa forma torna-se possível identificar as características de trabalhabilidade, estritamente relacionada a plasticidade nos solos mais finos. Conforme a NBR 7250/82, plasticidade é a característica do solo com teores altos de umidade, de não se fissurar com a aplicação de uma deformação permanente. Para Atterberg (1911) uma das características dos solos finos é justamente a variação de sua consistência em razão do teor de umidade nele contido. Obedecendo o que é prescrito nas NBRs, para cada situação foram obtidos os dados expressos na Tabela 02.

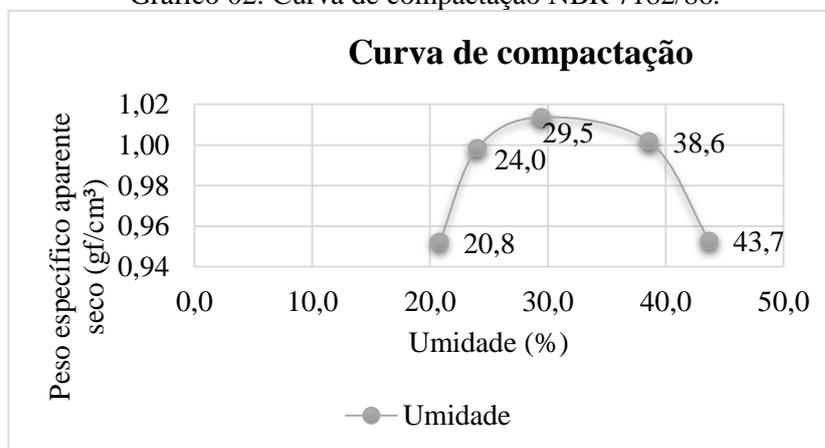
Tabela 02: Ensaio de caracterização do solo.

Ensaio	NBRs	Resultados
Umidade natural	6457/16	33,3%
Umidade higroscópica	6457/16	4,4%
Limite de plasticidade	7180/16	41%
Limite de liquidez	6459/16	51%
Índice de plasticidade	7180/16	10
Índice de consistência	7180/16	1,8

Fonte: As autoras, 2017.

Com a obtenção dos dados caracterizantes do tipo de solo trabalhado, outro fator fundamental na mecânica dos solos recentemente difundido, diz respeito a compactação. Conforme o estabelecido pelo engenheiro americano Ralph Proctor, em 1933 “a densidade com que um solo é compactado, sob uma determinada energia de compactação, depende da umidade do solo no momento da compactação”. Avaliando o conceito determinado por Proctor, o solo quando compactado utilizando uma suposta quantidade de água, teria seu peso específico aumentado, uma vez que a água contribui na coesão entre os grãos, permitindo com que espaços vazios sejam reduzidos. Este teor de umidade está relacionado a intensidade de energia de compactação utilizada. O gráfico 02 apresenta a curva de compactação, resultante dos ensaios laboratoriais, a umidade de compactação ótima está atrelada ao pico máximo de peso aparente seco que o solo poderá atingir, neste caso 29,5%.

Gráfico 02: Curva de compactação NBR 7182/86.



Fonte: As autoras, 2017.

## CONCLUSÕES

Sustentando-se pelos argumentos colhidos a partir de métodos desenvolvidos pela ciência, tem-se como conclusão a caracterização definitiva do tipo de solo investigado. A análise granulométrica seguida pelos valores obtidos com o ensaio de sedimentação, resultou na definição de um solo Argilo siltoso, com índice de plasticidade inclinando ao medianamente plástico e de consistência dura.

Deste modo recorrendo a valores técnicos tabelados, tem-se que o ângulo de atrito é nulo, proporcionando segurança na estabilidade de taludes construídos perpendicularmente ao plano, ou seja, em até 90 graus. Este último dado tem relação com o formato dos grãos dos solos finos, que tem formato laminar. Desta maneira a percolação da água pelos capilares da estrutura rochosa torna-se impedida, característica fundamental de solos desta natureza.

## AGRADECIMENTOS

A Uniguapu pelo constante incentivo na busca pelo conhecimento, além da disponibilização de seu laboratório de Geologia e Mecânica dos solos e ao Eng<sup>o</sup> Civil, Ambiental, de Segurança do Trabalho e com MBA em Gestão da Qualidade e Sistemas de Gestão Integrada - SGI, Prof.<sup>o</sup> Osmar de Carvalho Martins por colocar seu conhecimento excepcional a disposição.

## REFERÊNCIAS

- Agência CNT de Notícias. Pesquisa CNT aponta 58,2% das rodovias com problemas. Disponível em: <http://www.cnt.org.br/Imprensa/noticia/pesquisa-cnt-aponta-58-das-rodovias-com-problemas>. Acesso em: 20 de outubro de 2017.
- Associação brasileira de normas técnicas. NBR 6457: Amostras de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Março de 2016.
- Associação brasileira de normas técnicas. NBR 6458: Grãos de pedregulho retidos na peneira de abertura 4,8 mm - Determinação da massa específica, da massa específica aparente e da absorção de água. Setembro de 2016.
- Associação brasileira de normas técnicas. NBR 6459: Solo – Determinação do limite de liquidez. Abril de 2016.
- Associação brasileira de normas técnicas. NBR 6502: Solo – Rochas e solos. Setembro de 1995.
- Associação brasileira de normas técnicas. NBR 7180: Solo – Determinação do limite de plasticidade. Março de 2016.
- Associação brasileira de normas técnicas. NBR 7181: Solo – Análise granulométrica. Dezembro de 1984.
- Associação brasileira de normas técnicas. NBR 7182: Solo – Ensaio de compactação. Setembro de 2016.
- Atterberg, A. Die Plastizität der Tone. Internationale Mitteilungen für Bodenkunde, 1, 1911, p. 10-43.
- Proctor, R. The design and construction of rolled earth dams. Engineering NewsRecord, 3, 31 de agosto, 7,21 e 28 de setembro de 1993.
- Schnaid, F. Edgar Odebrecht, E. Ensaios de Campo e suas aplicações à Engenharia de Fundações: 2ª edição, cap 1, 224p, 2012.
- US Army Corps of Engineers. Geotechnical Investigations, janeiro de 200. Disponível em: [http://www.publications.usace.army.mil/Portals/76/Publications/EngineerManuals/EM\\_1110-1-1804.pdf](http://www.publications.usace.army.mil/Portals/76/Publications/EngineerManuals/EM_1110-1-1804.pdf). Acesso em: 20 de outubro de 2017.