

CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA DE UM SOLO DO MUNICÍPIO DE OURÉM PARÁ: UTILIZAÇÃO COMO CAMADA DE BASE EM RODOVIAS

Brendon Warlyson de Leão Paula E-mail: brendonleao@gmail.com

Bruno Gomes Alencar (FACI) E-mail: brunoalencar020@gmail.com

Felipe Junior Favacho E-mail: felipejrfavacho@gmail.com

Janneson Bruno Marques Sales E-mail: janneson_sales@hotmail.com

Ana Amélia Paulino Tinôco Buselli (FACI) E-mail: ana.buselli@faculdadeideal.edu.br

RESUMO: O Brasil possui grande área territorial e vasta movimentação rodoviária. Sua maior fonte de transporte é baseada na sua extensa malha rodoviária, algo em torno de 1.720.700,3 km. Segundo a Confederação Nacional do Transporte CNT (2019), para que essa malha suporte o efetivo rodoviário, é necessário que ao conceber-se uma rodovia haja o uso de matéria prima de boa qualidade e projetos bem elaborados, o que vai conferir tal qualidade são os ensaios de caracterização geotécnica. Neste contexto, no trabalho são apresentados ensaios básicos de caracterização geotécnica para avaliar as propriedades de uma amostra de solo *in natura*. Os resultados obtidos apresentaram propriedades geotécnicas satisfatória segundo as normas técnicas vigentes no país, sendo possível o uso deste solo como camada de base em rodovias de acordo com o imposto pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes DNIT.

Palavras-Chave: Rodovias, Caracterização Geotécnica, Camada de Base.

GEOTECHNICAL CHARACTERIZATION OF A SOIL OF THE MUNICIPALITY OF OURÉM PARÁ: USE AS BASE LAYER ON HIGHWAYS

Abstract: Brazil has a large territorial area and extensive road traffic. Its largest source of transport is based on its extensive road network, about 1,720,700.3 km. According to the CNT National Transport Confederation (2019), so that this mesh supports the road staff, it is necessary that when designing a highway there is the use of good quality raw material and well-designed projects, what will confer such quality are the geotechnical characterization tests. In this context, basic geotechnical characterization tests are presented in this work to evaluate the properties of an *in natura* soil sample. The results obtained showed satisfactory geotechnical properties according to the technical standards in force in the country, it is possible to use this land as a base layer on highways according to the tax imposed by the National Department of Transport Infrastructure DNIT.

Keywords: Highways, Geotechnical Characterization, Base Layer.

1. Introdução

O Brasil é um país de dimensões continentais, possui área de 8.515.000 km² e tem como principal modal de transporte o rodoviário onde, segundo a CNT (2020), possui uma malha rodoviária estimada em 1.720.700,3 km, desse total apenas 213.452,0 km são pavimentadas (CNT, 2020). Levando em consideração o pequeno percentual de rodovias pavimentadas, o Brasil encontra-se no cenário em que o poder público precisa realizar grandes investimentos no setor rodoviário, principalmente na pavimentação de novas rodovias, mas também na recuperação das rodovias já existentes. No contexto de grande necessidade nacional de obras rodoviárias, a utilização de materiais de alta qualidade geotécnica é essencial para que seja possível alcançar patamares melhores de qualidade. Para Oliveira (2011) observa-se que é cada vez mais frequente a dificuldade de conseguir materiais na natureza e as distâncias estão maiores do local de aplicação, logo se na região próxima a execução de alguma rodovia possuir material com características geotécnicas de elevada qualidade irá gerar impactos positivos no que diz respeito a aspectos, técnicos, econômicos e ambientais.

A caracterização geotécnica do solo a ser utilizado na implantação da rodovia é uma das etapas mais importantes, o estudo do solo é essencial desde a camada de fundação (subleito), tanto

quanto das camadas granulométricas constituintes. Balbo (2007) diz que o estudo do solo em pavimentação se faz partir de conhecimentos da mecânica dos solos clássica, mas também de estudos mais peculiares e relativos a solos de regiões de clima tropical úmido que é o caso do Brasil. Os ensaios de caracterização mais comuns e importantes são a análise granulométrica, limites de consistência, ensaio de compactação e Índice de Suporte Califórnia CBR. Sem estes ensaios de caracterização é impossível implantar uma rodovia que atenda requisitos básicos de qualidade.

Este estudo tem como objetivo elaborar a caracterização básica de uma amostra de solo in natura proveniente do município de Ourém no estado do Pará, com a finalidade de demonstrar a capacidade de suporte geotécnica deste solo assim como a sua aplicabilidade em camadas de base de obras rodoviárias.

2. Pavimento

Pavimento é uma estrutura projetada para durar um lapso temporal pré-estabelecido, onde camadas de diversos materiais compactados são sobrepostas para proteger o subleito e atender estruturalmente a solicitações impostas pelo tráfego de veículos (BALBO, 2007). Ainda neste sentido o DNIT (2006) define pavimento rodoviário como uma superestrutura executada sistematicamente por camadas de espessuras finitas assentadas em uma fundação de espessura teoricamente infinita de terreno natural nominada como subleito. O pavimento é concebido para que de forma aliviada os esforços solicitantes sejam recebidos e minorados pelas camadas superiores mais nobres, assim gerando alívios sobre as camadas inferiores geralmente menos resistentes. A função do pavimento é criar uma superfície mais regular e aderente aos usuários, gerando mais conforto mecânico e ambiental, além de segurança dada as adversidades climáticas como a chuva que acometem as rodovias. Para que o pavimento seja funcional todas as camadas constituintes devem trabalhar a deformação de tal modo que evite rupturas indesejadas nos materiais e surgimento de patologias, diminuindo a vida útil do pavimento. De uma forma mais generalista os pavimentos podem ser classificados em três tipos, que são: o flexível, semi-rígido e rígido. Nesta pesquisa será trabalhada apenas pavimento do tipo flexível.

2.1 Pavimento flexível

Pavimento flexível é aquele, em que as camadas constituintes são regidas pelo regime elástico de deformação e ao serem solicitadas sofrem deformidades consideráveis sob o carregamento aplicado, assim a carga se distribui em parcelas aproximadamente equivalentes entre as camadas (DNIT, 2006). Este tipo de pavimento permite que haja deformações somente a um determinado limite sem que ocorra ruptura da estrutura. Usualmente pavimentos flexíveis são dimensionados a resistir as tensões de compressão e tração na flexão, causado pela solicitação do tráfego.

A constituição básica do pavimento flexível é formada por uma camada de revestimento betuminoso que suporta os esforços solicitantes de compressão e tração, além de resistir as ações climáticas apoiado sobre as camadas de base. Camada de base é aquela disposta a receber os esforços oriundos do carregamento vertical, está assente sobre a camada de sub-base. Quando existe particularidades técnicas e econômicas impossibilitando a construção da base diretamente sobre o subleito se faz uso de uma camada adicional a base, camada denominada de sub-base, que por sua vez possui em sua composição materiais com características geotécnicas inferiores a camada de base. Quando necessário, dado as condições de baixo suporte do subleito, pode ser necessário a execução de uma camada de reforço do subleito. O DNIT (2010) define reforço de subleito como uma camada estabilizada granulometricamente, regularizada e compactada mecanicamente, usada quando há necessidade de reduzir espessuras elevadas da sub-base. Por fim, tem-se o subleito que é o terreno natural encontrado no local de

implantação do pavimento, este solo de implantação deve possuir suporte de $C.B.R \geq 2\%$ e expansão menor ou igual 2% para atender a capacidade suporte. A Figura 1, abaixo, mostra o esquema de seção transversal de um pavimento.

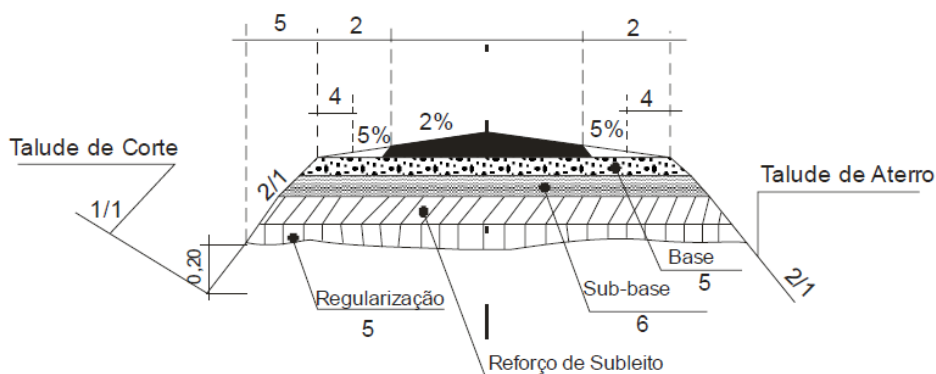


Figura 1 – Esquema de seção transversal do pavimento

Fonte: DNIT (2006)

3. Método

Coletaram-se 200 kg de amostra de solo para a realização dos ensaios de laboratório. O solo caracterizado foi coletado em uma jazida de extração de seixo rolado situada no Município de Ourém, na mesorregião do nordeste do estado do Pará, pertencente a microrregião do Guamá. Na Figura 2 apresenta-se uma visão geral da jazida onde o solo foi coletado.



Figura 2 - Jazida de seixo rolado - Ourém – PA

Fonte: Autor (2019)

O solo estudado foi caracterizado com base nos ensaios de granulometria, limites de consistência, compactação que foi executado com energia de compactação com o método C - Proctor modificado e o ensaio de Índice de Suporte Califórnia (CBR), todos os ensaios foram realizados como demandam as normas do DNIT.

3.1 Granulometria

O procedimento para a determinação da percentagem em peso das faixas específicas de tamanho de partículas em relação a massa total ensaiada é conhecido como ensaio granulométrico. Para a execução desse, utilizou-se a norma DNER-ME 051/94 que dispõem sobre ensaio de granulometria, como mostra a Figura 3.



Figura 3 - Separação das faixas granulares do solo

Fonte: Autor (2019)

3.2 Limites de consistência

Os ensaios de limite de liquidez (LL) e limite de plasticidade (LP) que compõem o Limite de consistência do solo, também conhecido como Limites de Atterberg, permitem avaliar e determinar a plasticidade dos solos.

Segundo DNIT (2006) esta característica do solo argilosos baseia-se na aptidão de serem moldados em umidades diferentes sem haver variação de volumes. Os limites de Atterberg foram determinados conforme a DNER-ME 122/94 e DNER-ME 082/94.

3.3 Ensaio de compactação

Procedimento de estudo e qualidade de solo mais empregado no mundo, a compactação Proctor consiste na compactação de camadas de solo confinadas em um molde cilíndrico, onde essa amostra recebe um determinado número de golpes com um soquete. Esse ensaio tem como objetivo a determinação da umidade ótima e densidade máxima seca.

Para a execução do ensaio de compactação utilizou-se a norma DNER-ME 129/94 conforme o método C - modificado, com energia de compactação referente a 55 golpes em 5 camadas sucessivas de solo, utilizando um cilindro Califórnia com volume de 2.088 cm³ e soquete com altura de queda 45,72 cm. A figura 4 mostra o procedimento executivo da compactação das camadas de solo.



Figura 4 - Execução do ensaio de compactação

Fonte: Autor (2019)

3.4 Ensaio de CBR

A determinação do índice de suporte Califórnia é dada pela relação entre a força de compressão necessária para a penetração de um pistão cilíndrico em um corpo de prova moldado com solo. Esse ensaio ainda permite a determinação do índice de expansibilidade do solo em uma das etapas do ensaio, etapa que demanda a submersão dos corpos de prova em água por um período determinado. Esse ensaio é normatizado pela norma DNER-ME 049/94. Como mostra a Figura 5, abaixo.



Figura 5 - Corpos de prova submersos

Fonte: Autor (2019)

4. Resultados e discussão

Na Figura 7 apresenta-se a curva granulométrica do solo em estudo. Avaliando-se a curva observa-se que o solo se enquadra na faixa granulométrica A, DNIT (2006), tendo em sua composição 50,2% de pedregulho, 20,6% de areia grossa, 15,9% de areia fina e 13,4% <#200.

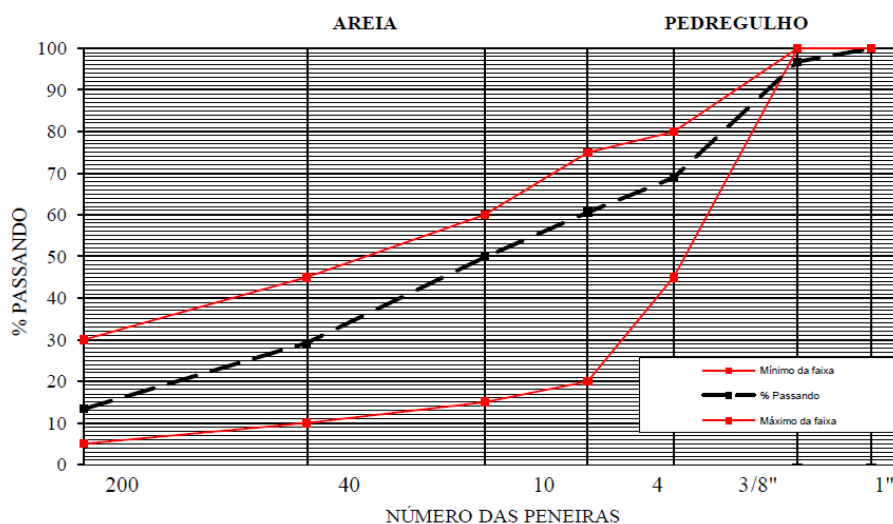


Figura 6 - Curva granulométrica do solo

Fonte: Autor 2019

Nos resultados dos ensaios de consistência, não foram obtidos valores de Limite de liquidez (LL) e Limite de plasticidade (LP). Resultando em um Índice de Plasticidade $IP=NP$ (Não Plástico) e o Índice de Grupo $IG=0$.

Em função da granulometria e dos limites de consistência é possível classificar esse solo de acordo com o sistema de classificação dos solos do TBR (Transportation Research Board) como um solo A-1-A. Os ensaios demonstram a capacidade do solo para ser utilizado em camada de base de pavimentação de rodovias, pois segundo o manual de pavimentação do DNIT (2006) os valores máximos de LL e IP são respectivamente 25% e 6%.

No ensaio de CBR a energia de compactação utilizada foi a do Proctor modificado, no qual é a recomendada para materiais com fins de utilização em camadas de base. A Tabela 1 e a Figura 7 e a Figura 8 demonstram os resultados obtidos.

Tabela 1 - Resumo dos ensaios de Compactação e CBR

Faixa DNIT	Compactação		CBR	
	Umidade ótima (%)	Densidade máxima seca (kg/dm ³)	Expansão (%)	ISC (%)
A	6,6	2,189	0	154,7

Fonte: Autor 2019

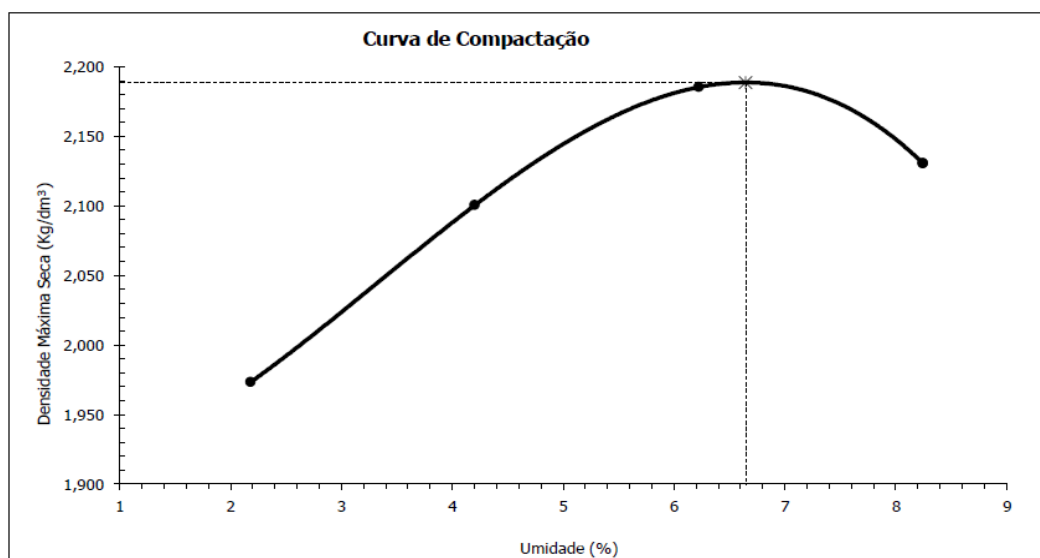


Figura 7 - Curva do ensaio de compactação

Fonte: Autor 2019

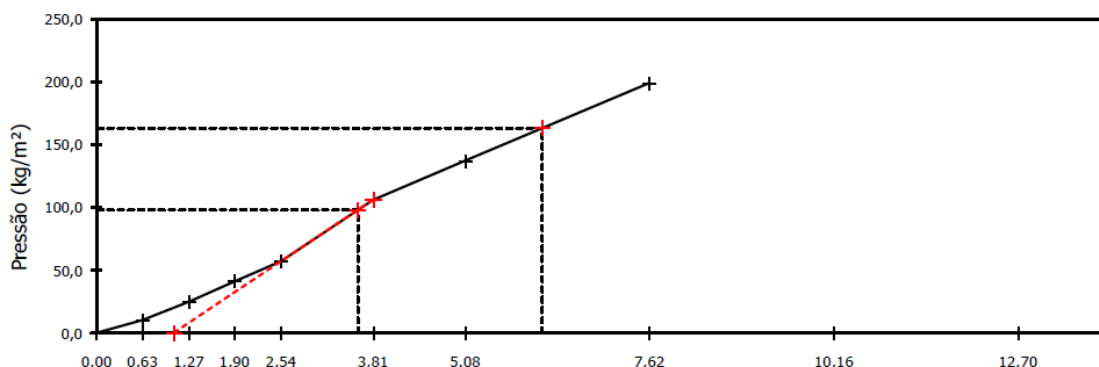


Figura 8 - Curva do ensaio de CBR

Fonte: Autor 2019

Em face dos resultados obtidos nos ensaios, constatou-se que o material atende todas as especificações técnicas contidas no manual de pavimentação DNIT (2006) onde o ISC deverá

ser maior ou igual a 80% e a expansão máxima de 0,5% em qualquer condição de tráfego. Com ISC de 157,4% o solo analisado apresenta resultado muito acima do exigido pela norma para a utilização como camada de base em obras de pavimentação rodoviária.

5. Considerações finais

Verificou-se que o solo se enquadra na faixa granulométrica A do DNIT (2006). Os ensaios de consistência, não apresentaram Limite de Liquidez (LL) e Limite de plasticidade (LP), resultando em um Índice de Plasticidade $IP=NP$ (Não Plástico) em função da granulometria e dos limites de consistência.

Como os parâmetros utilizados para uso em camadas de base rodoviárias regulamenta que ISC deverá ser maior ou igual a 80% e a expansão máxima de 0,5% em qualquer condição de tráfego, com ISC do solo analisado de 157,4%, apresentou resultado acima do exigido pela norma, dessa forma, o material não só atende, como supera as especificações técnicas contidas no manual de pavimentação rodoviária do DNIT. Sendo assim o solo analisado apresenta elevadas condições geotécnicas para ser utilizado como camada de base em rodovias.

Referências

CNT – **Confederação Nacional dos Transportes** – Pesquisa CNT de rodovias 2017. Disponível em <<https://anuariodotransporte.cnt.org.br/2020/Rodoviario/1-1-/Principais-dados>>. Acesso em: 22/03/2021.

DNER ME (1994). ME-049/94. Solos – **Determinação do índice de suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas**. Departamento nacional de estradas rodagens. 14p.

DNER ME (1994). ME-051/94. Solos – **Análise granulométrica**. Departamento nacional de estradas rodagens. 12p.

DNER ME (1994). ME-082/94. Solos – **Determinação do limite de plasticidade**. Departamento nacional de estradas rodagens. 3p.

DNER ME (1994). ME-122/94. Solos – **Determinação do limite de liquidez – método de referência e método expedito**. Departamento nacional de estradas rodagens. 7p.

DNER ME (1994). ME-129/94. Solos – **Compactação utilizando amostras não trabalhadas**. Departamento nacional de estradas rodagens. 7p.

DNIT - **Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes**. Manual de pavimentação. 3ª ed. Rio de Janeiro. 2006. 278p

NORMA DNIT 138/2010 – ES. Pavimentação – **Reforço do subleito - Especificação de Serviço**. Instituto de Pesquisas Rodoviárias – IPR/DNIT. 7p.

OLIVEIRA, R.F.V. **Análise de dois solos modificados com cimento para dimensionamento de pavimentos**. Dissertação (Mestrado em engenharia Geotécnica) Ouro Preto: Escola de Minas/UFOP, 2011. 186p.

PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA: **Materiais, projetos e restauração** / José Tadeu Balbo. -- São Paulo: Oficina de Texto, 2007. 557 p.