

Caracterização de solos do município de São Gonçalo do Abaeté-MG, para utilização em camadas de composição do pavimento rodoviário

Characterization of soils from São Gonçalo do Abaeté-MG, for utilization in asphalt paving layers

Brenda Virgínia Braga Borba

Graduanda do curso de Engenharia Civil (UNIPAM). e-mail: trabalhobs@hotmail.com

Stela Morais Menezes Santos

Graduanda do curso de Engenharia Civil (UNIPAM). e-mail: trabalhobs@hotmail.com

Nancy Tiemi Isewaki

Professora orientadora (UNIPAM). e-mail: nancyti@unipam.edu.br

Resumo: O transporte rodoviário é a forma de transportes mais utilizada em nosso país, suportando a necessidade de rodovias pavimentadas e em boas condições de tráfego. Neste sentido, o presente trabalho teve o objetivo de caracterizar dois tipos de solos (solo A e solo B), extraídos no município de São Gonçalo do Abaeté-MG, para verificar a possibilidade de serem utilizados em camadas de composição de base e sub-base rodoviárias, minimizando custos com o transporte da matéria-prima. Para que os solos sejam usados em camadas de pavimentação, suas propriedades físicas e mecânicas devem atender aos parâmetros exigidos pelas normas vigentes. Através dos ensaios em laboratório verificou-se que as resistências atingidas pelos solos em estudo foram de 6,8% e 20,9% para o solo A e B, respectivamente. De acordo com as especificações normativas, esses resultados não são satisfatórios para os solos comporem as camadas de base e sub-base de pavimentação. No entanto, uma alternativa para melhorar as propriedades desses solos, para o possível uso nas camadas rodoviárias propostas, seria o acréscimo de porcentagens de agregados, a fim de aumentar sua resistência.

Palavras-chave: Pavimentação. Solos. Caracterização.

Abstract: Road transport is the most used form of transport in our country, supporting the need for paved roads and in good traffic conditions. In this way, the present work aimed the characterization of two types of soils (soil A and B), extracted in São Gonçalo do Abaeté, MG, do as to use in base and sub-base asphalt paving layers, minimizing costs with the raw material transport. To be used in paving layers, physical and mechanical properties of the soil must meet parameters required by the current standards. Through laboratory experiments, it was verified the resistance of 6.8% and 20.9% for soil A and B, respectively. According to the normative specifications, these results are not satisfactory for the soils compose base and sub-base paving layers. However, an

alternative to improve the properties of these soils, for use in the proposed asphalt paving layers, would be the addition of aggregates, in order to increase the resistance.

Keywords: Paving. Soils. Characterization

1. Introdução

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2014), a principal estrutura de transporte no território brasileiro é a malha rodoviária, já que esta possui maior vascularização e densidade em relação aos outros modais.

Devido à importância e dependência do transporte rodoviário, um grande desafio enfrentado é garantir um bom estado de conservação das rodovias. Segundo a Confederação Nacional de Transportes (CNT), no ano de 2015, a extensão da malha rodoviária brasileira era de 1.720.607 km de rodovias, sendo que destas 12,4% são pavimentadas, 78,6% não pavimentadas e 9,0% planejadas. Nessa mesma pesquisa, foi avaliado o estado de conservação e manutenção, sendo que o resultado mostrou que mais de 50% das rodovias analisadas possuem pelo menos algum tipo de deficiência (CNT, 2015).

O pavimento é uma estrutura constituída por camadas sobre a superfície final de terraplenagem com o objetivo de suportar os esforços provocados pelo tráfego de veículos e pelo clima, melhorando as condições de rolamento, segurança e conforto, de forma técnica e econômica. É constituída de agregados e ligantes asfálticos e dividida em quatro camadas: revestimento asfáltico, base, sub-base e reforço do subleito (BERNUCCI *et al*, 2008).

Para que a pavimentação resista às solicitações de carga e esforços vindos do tráfego, distribuindo-as para a base, é necessário caracterizar os solos e agregados utilizados nas camadas que compõem a estrutura, assim como obter um alto grau de compactação, para aumentar a resistência à deformação na malha rodoviária (DNIT, 2006).

Existe uma grande variedade de agregados que podem ser utilizados na pavimentação, mas cada utilização demanda que ele possua características específicas. Sendo assim, esses agregados podem ser classificados quanto à sua natureza, tamanho e distribuição de grãos. O comportamento dos agregados e dos solos depende não só da sua rocha de origem, mas também da sua composição mineralógica, da composição química, da granulação, do grau de alteração, da tendência à degradação, abrasão ou fratura sob tráfego e do potencial de adesão do ligante asfáltico em sua superfície (BERNUCCI *et al*, 2008).

Este presente trabalho teve por objetivo estudar e caracterizar dois tipos diferentes de solos para o possível uso em camadas de pavimentação, como alternativa para pavimentar e melhorar as condições das estradas da região de São Gonçalo do Abaete-MG, de acordo com o método *Highway Research Board (H.R.B.)*, também conhecido como método de classificação rodoviária.

2. Material e métodos

O trabalho foi realizado de forma experimental, desde a coleta das amostras nos diferentes pontos, até a sua caracterização através dos ensaios de laboratório e a análise

final dos dados. Constituiu-se de uma pesquisa qualitativa, uma vez que avaliou a qualidade das propriedades destes solos.

Coleta dos materiais utilizados

Para realizar este trabalho, foram coletados 200 kg de cada solo, identificados como Solo A e Solo B, na fazenda Realina (18° 20' 16" S, 45° 49' 58" W), localizada no município de São Gonçalo do Abaeté- MG. O tipo de coleta utilizada foi a deformada, em conformidade com a ABNT NBR 9604:2016, pois ela facilitou a identificação de mudanças dos horizontes dos materiais, sendo coletadas e separadas a cada metro escavado.

As amostras foram levadas para o Laboratório de Tecnologia dos Materiais de Construção Civil do Centro Universitário de Patos de Minas – UNIPAM, para análise das suas características e propriedades para determinar o possível uso destes em camadas de sub-base e base de pavimentação.

Caracterização dos solos

Os ensaios para caracterizar os solos são regulamentados pelas normas vigentes da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). As amostras foram preparadas de acordo a ABNT NBR 6457:2016 - Amostras de Solo – Preparação para ensaios de Compactação e ensaios de Caracterização.

Os solos foram colocados para secar e destorroados. Após isso, passaram pelo peneiramento mecânico em peneiras de 19 mm e 4,8 mm. Todas as amostras foram pesadas e separadas de acordo com a sua utilização em cada ensaio. Tanto o solo A e o solo B, ficaram embalados para não perderem a umidade higroscópica.

Para o cálculo da umidade dos solos, retiraram-se três amostras, que foram colocadas em cápsulas previamente pesadas. De acordo com a ABNT NBR 6457:2016, as amostras devem permanecer em estufa à temperatura de 105° a 110°, durante um intervalo entre 16 e 24 horas, ou até apresentarem constância de massa, para então serem novamente pesadas. Através da diferença de peso foram calculadas as umidades dos solos A e B. Com as porcentagens e pesos obtidos na granulometria dos solos, foram construídas as curvas da análise granulométrica.

O Limite de Atterberg compreende o limite de Liquidez (LL), Limite de Plasticidade (LP) e Índice de Plasticidade (IP). Esses limites avaliam a plasticidade dos solos de acordo com a capacidade de serem moldados sobre certas condições de umidade.

No Limite de Liquidez (LL) ABNT NBR-6459:2016, foram feitas as homogeneizações das massas de solo, obtendo-se três pontos de ensaio, com o intervalo de 35 a 15 golpes no cinzel. Já no Limite de Plasticidade (LP), de acordo com a ABNT NBR 7180:2016, com uma pasta homogênea dos solos, moldaram-se bolas que foram roladas sobre uma placa de vidro, formando cilindros através da pressão exercida pela palma da mão, até a sua fragmentação.

Na compactação dos solos, atendendo à ABNT NBR 7182: 1986, a energia utilizada foi a intermediária, utilizando-se 21 golpes para o solo A e 26 golpes para o solo B. Com os valores encontrados foram feitas as curvas de compactação.

O Índice de Suporte Califórnia (CBR) determina a resistência e a expansão dos solos. A energia de compactação utilizada foi a intermediária. Foram testados dois corpos de prova, compactados em cinco camadas com 26 golpes em cada uma delas.

3. Resultados e discussão

Análise Granulométrica

A granulometria dos solos foi determinada a partir do tamanho das suas partículas. A escala granulométrica da ABNT NBR 6502 estabelece uma divisão dessas frações do solo, sendo elas: pedregulho (dimensões entre 2,0 e 60 mm), areia (de 0,06 a 2,0 mm), silte (está entre 0,002 mm e 0,06 mm) e argila (abaixo de 0,002 mm).

As curvas granulométricas são as representações gráficas das dimensões das partículas do solo. Elas foram desenhadas em um esquema logarítmico: no eixo das abscissas são mostradas as dimensões das frações dos solos e no eixo das ordenadas, as porcentagens, dadas em peso (CAPUTO, 2012).

Nas tabelas 1 e 2 são especificadas as aberturas das malhas de cada peneira e as porcentagens de materiais passantes por cada uma delas, para os ensaios granulométricos dos dois solos.

Tabela 1. Porcentagens passantes no peneiramento do solo A.

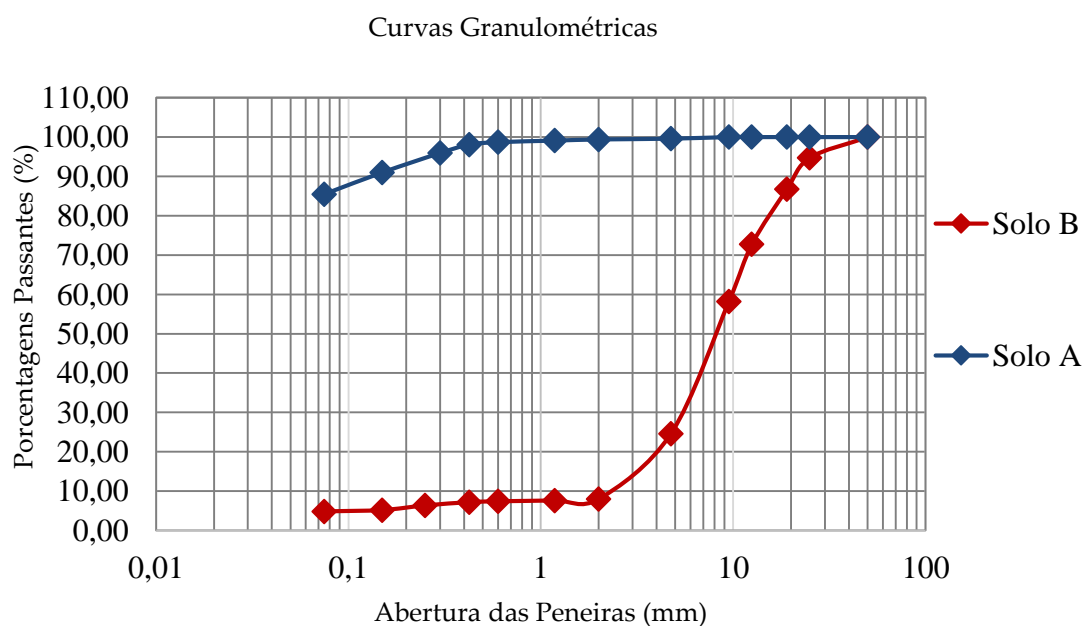
Abertura (mm)	Porcentagem que passa (%)
50	100,0
25	100,0
19	100,0
12,5	100,0
9,5	100,0
4,75	99,6
2,00	99,35
1,18	99,10
0,600	98,70
0,425	98,00
0,250	95,95
0,15	91,00
0,075	85,47

Tabela 2. Porcentagens passantes no peneiramento do solo B.

Abertura (mm)	Porcentagem que passa (%)
50	100,0
25	94,73
19	86,73
12,5	72,74
9,5	58,22
4,75	24,59
2,00	7,97
1,18	7,59
0,600	7,39
0,425	7,16
0,250	6,32
0,15	5,16
0,075	4,81

A figura 1 correlaciona as curvas granulométricas dos dados descritos nas tabelas acima, onde são marcados os logaritmos das dimensões das partículas no eixo das abscissas, e no das ordenadas são mostradas as porcentagens.

Figura 1. Curvas Granulométricas dos solos estudados



Através das curvas granulométricas, constatou-se que o solo A é classificado como solo fino, com predominância de areia fina, silte e argila, e uma pequena porcentagem de areia média, grossa e pedregulho. É considerado de graduação uniforme, por apresentar grãos com dimensões uniformes (Figura 1 e Tabela 3).

Tabela 3. Porcentagens de partículas encontradas no solo A

Solo	Diâmetro das Partículas	Porcentagens (%)
Pedregulho	>2 mm	0,65
Areia Grossa	0,6 mm a 2,0 mm	0,65
Areia média	0,2 mm a 0,6 mm	5,70
Areia Fina	0,075mm a 0,2 mm	7,53
Areia fina, Silte e argila	<0,075mm	85,47

O solo B (Figura 1 e Tabela 4) foi considerado solo grosso, por ser composto predominantemente de pedregulho, contendo menor quantidade de areia fina, média e grossa, silte e argila. É um solo bem graduado, por possuir dimensões variadas em suas partículas.

Tabela 4. Porcentagens de partículas encontradas no solo B

Solo	Diâmetro das Partículas	Porcentagens (%)
Pedregulho	2mm a 60 mm	92,03
Areia Grossa	0,6 mm a 2,0 mm	0,58
Areia média	0,2 mm a 0,6 mm	1,19
Areia Fina	0,075mm a 0,2 mm	1,39
Areia fina, Silte e argila	<0,075mm	4,81

Limites de Atterberg

Para que o solo possa ser usado, para diferentes finalidades, em engenharia civil, é importante saber sua granulometria, bem como o comportamento de suas partículas finas quando acrescidas de água. Com isso, estes são classificados em: líquido, plástico, semi-sólido e sólido.

Determinação do Limite de Plasticidade

O ensaio de plasticidade, regulamentado pela ABNT NBR 7180:2016 é a transição

do estado semi-sólido para o estado de consistência plástica, verificando a trabalhabilidade dos solos em diferentes umidades. Para o solo fino, foram moldados cinco cilindros, com 3 mm de diâmetro e 10 cm de comprimento. Assim, calcularam-se as suas umidades, que estão descritas na tabela 5:

Tabela 5. Umidades encontradas nos cilindros moldados: Solo A

Cápsula	Peso cápsula	Solo + cápsula (antes da secagem)	Solo + cápsula (após a secagem)	W	w%
1	14,8	17,2	16,61	0,32	32,59
2	23,07	24,99	24,52	0,32	32,41
3	13,89	15,65	15,22	0,32	32,33
4	14,95	16,26	15,95	0,31	31
5	14,29	16,94	16,28	0,33	33,16

Já com as partículas finas do cascalho foram moldados seis corpos de prova, que passaram pelos mesmos processos do solo fino. Seus valores estão apresentados na tabela 6:

Tabela 6. Umidades encontradas nos cilindros moldados: Solo B

Cápsula	Peso cápsula	Solo + cápsula (antes da secagem)	Solo + cápsula (após a secagem)	W	w%
1	12,62	15,17	14,77	0,19	18,60
2	14,02	16,18	15,84	0,19	18,68
3	14,25	16,54	16,19	0,18	18,04
4	13,89	15,9	15,6	0,17	17,54
5	13,42	15,22	14,93	0,19	19,20
6	14,19	16,03	15,74	0,19	18,71

De acordo com os dados obtidos no ensaio anterior, foi determinado o limite de plasticidade (LP) de cada solo, descritos na tabela 7:

Tabela 7. Limite de Plasticidade encontrado para cada solo

Tipo de solo	LP (%)
Solo A	32,5
Solo B	18,64

“As propriedades plásticas dependem da umidade do solo, da forma das partículas e da composição química e mineralógica dessas partículas” (SENÇO, 2011, p. 92). Com essa análise observou-se que o valor encontrado de LP foi maior para o solo A, pois este possui em sua composição predominância partículas de silte e argila, o que faz com que o solo absorva melhor a água, tornando-se mais plástico.

O solo B possui predominância de partículas grandes, sendo constituído de pedregulho e areias (grossa, média e fina), siltosa ou argilosa, apresentando um menor valor de LP.

De acordo com Senço (2011) um índice elevado de plasticidade indica que o solo tem grande capacidade de absorver água, o que provoca aumento em seu volume. Com isso, se essa água for retirada, o solo tende a sofrer recalque, tornando-se instável. Já solos com baixo LP não apresentam esse inconveniente.

Determinação do Limite de Liquidez

O ensaio de Limite de Liquidez (LL), regulamentado pela ABNT NBR 6459:2016, é feito com o aparelho de Casagrande, escolhendo-se o cinzel de acordo com o tipo de solo. A partir da quantidade de golpes para fechar o sulco, feito na amostra, é traçada a linha de escoamento do material. O intervalo estava entre 6 e 35 golpes, criando uma reta. O resultado do LL é o teor de umidade onde o sulco se fecha com 25 golpes. A tabela 8 identifica os resultados do ensaio do Limite de Liquidez, mostrando que a quantidade de golpes é proporcional à umidade:

Tabela 8. Relação nº golpes x Umidade

Amostra	Solo A		Solo B	
	Nº Golpes	Umidade	Nº Golpes	Umidade
1	45	42,1	14	27,7
2	72	41,4	35	26,26
3	35	47,2	82	23,85
4	14	62,2	26	29,73
5	39	51,3	60	27,77
6	-	-	46	26,9

Conforme os dados apresentados na tabela 8 foram construídos os gráficos das figuras 2 e 3, onde o eixo das abscissas representa o número de golpes e o eixo das ordenadas as umidades encontradas.

Figura 2. Gráfico do limite de liquidez do solo A

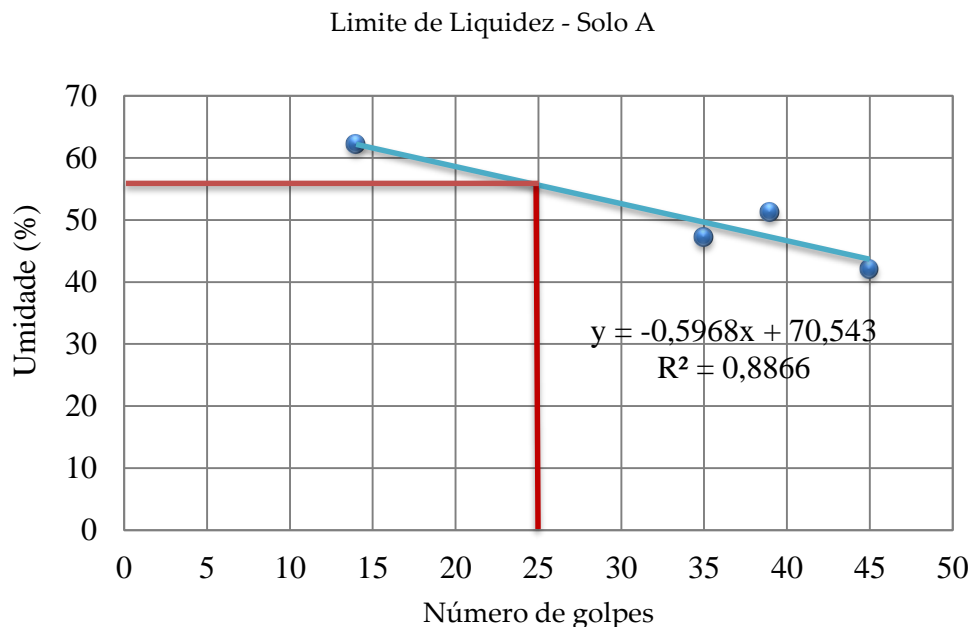
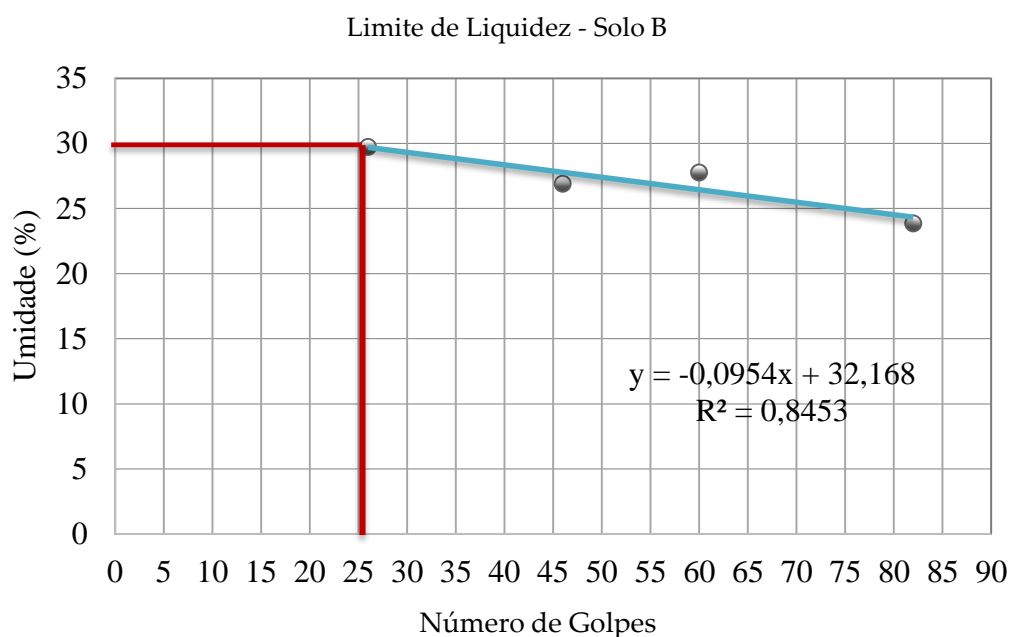


Figura 3. Gráfico do limite de liquidez do solo B



Com a análise dos dados observou-se que o solo A possui um limite de liquidez alto, pela presença de maior quantidade de argila em sua composição. Em oposição ao solo fino, o limite de liquidez do solo B foi menor, devido à influência da porcentagem de argila no solo.

Determinação do Índice de Plasticidade

Outro índice importante na classificação dos solos é o Índice de Plasticidade (IP) encontrado através da diferença entre o Limite de Liquidez (LL) e o Limite de Plasticidade (LP). Abaixo a tabela 9 ilustra os índices de Atterberg encontrados para os dois solos, já incluídos os valores de IP para cada um deles:

Tabela 9. Limites de Atterberg

	Solo A	Solo B
Limite de Liquidez (%)	55,62	29,78
Limite de Plasticidade (%)	32,50	18,64
Índice de Plasticidade (%)	23,12	11,14

O solo A apresentou Índice de Plasticidade igual a 23,12%; por isso, de acordo com Caputo (2012), utilizando a classificação de Jenkins, solos com IP maior que 15% são considerados altamente plásticos. Ainda segundo essa classificação e de acordo com o valor de IP = 11,14%, encontrado para o Solo B, solos com IP de 7 a 15% são classificados como medianamente plástico.

Classificação dos solos quanto à Highway Research Board (H.R.B.)

Os solos precisam atingir parâmetros definidos por normas para serem usados nas camadas de pavimentação, passando por diferentes ensaios para sua classificação. Dessa forma, com base nos resultados de granulometria e limites de consistência, prosseguiu-se com as classificações dos solos.

Senço (2007) cita a classificação do *Highway Research Board (H.R.B.)* muito usada para pavimentação, que leva em consideração os dados de compactação, limite de liquidez e índice de plasticidade. Segundo essa classificação, o solo A se enquadra no grupo A-7-5, sendo considerado fraco a pobre na aplicação como subleito e possuindo solos argilosos como materiais predominantes.

Já o solo B é classificado no grupo A-2-6, exercendo comportamento de excelente a bom, quando usado em subleitos, com predominância de solo grosso, areia e areia silteosa ou argilosa.

O solo A, através da sua caracterização, foi definido sendo um solo fino, devido às dimensões das suas partículas e predominância de silte, argila e areia fina. O solo B foi denominado solo grosso, sendo considerado cascalho, de acordo com o tamanho das suas partículas, composto por pedregulhos grandes, médios e pequenos.

Compactação do solo

A compactação, regulamentado pela ABNT NBR 7182:1986, tem como finalidade reduzir o volume dos seus vazios, para aumentar a resistência, melhorando suas características de permeabilidade, compressibilidade e absorção de água. Em cada corpo de

prova, foi acrescentada uma porcentagem de água diferente, até chegar à umidade ótima.

A compactação do solo fino foi feita com cinco corpos de prova pequenos, com a ajuda do soquete pequeno manual. Foi empregada uma energia intermediária, com aplicação de 21 golpes. Para o solo grosso, o ensaio foi realizado com cinco corpos de prova grandes com o soquete grande mecânico. Foi empregada uma energia intermediária com aplicação de 26 golpes. A tabela 10 mostra os dados obtidos na compactação do solo fino:

Tabela 10. Dados para compactação do solo A (solo fino)

Quadro resumo – Solo Fino					
Amostra	1	2	3	4	5
Massa específica (g/cm ³)	1,799	1,847	1,862	1,839	1,803
Massa específica seca (g/cm ³)	1,403	1,417	1,407	1,368	1,322
Peso esp. seco (kn/m ³)	13,76	13,90	13,80	13,42	12,97
Umidade (%)	28,3%	30,3%	32,3%	34,4%	36,4%

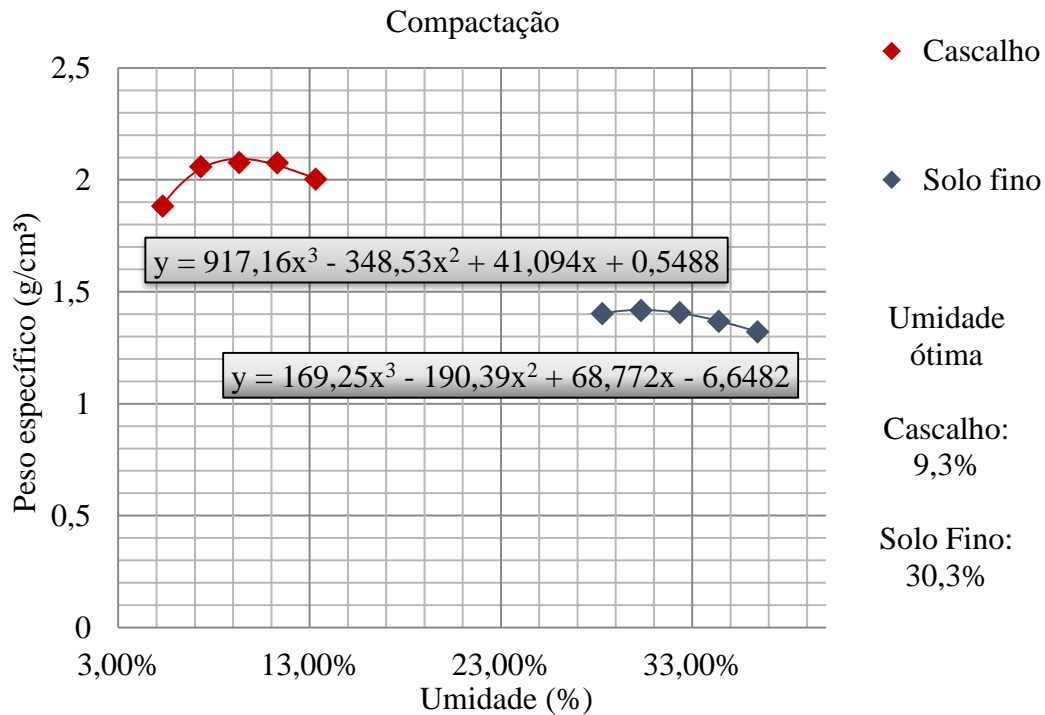
A tabela 11 apresenta os resultados da compactação do cascalho:

Tabela 11. Dados para compactação do solo B (cascalho)

Quadro resumo – Cascalho					
Amostra	1	2	3	4	5
Massa específica (g/cm ³)	1,983	2,21	2,271	2,311	2,271
Massa específica seca (g/cm ³)	1,883	2,060	2,077	2,076	2,004
Peso esp. seco (kn/m ³)	18,48	20,21	20,38	20,37	19,66
Umidade (%)	5,3%	7,3%	9,3%	11,3%	13,3%

O gráfico da figura 4 expõe a relação da massa específica seca e a umidade ótima para cada um dos solos:

Figura 4. Curvas de Compactação dos dois solos



A umidade ótima do solo fino foi de 30,3%, e do cascalho, de 9,3% (Figura 4). Observou-se que o cascalho, ao ser compactado, alcançou peso específico aparente maior que o solo fino, devido à relação do peso específico com as características dos grãos presentes nos solos.

Em concordância com a análise feita por Pinto (2011), os solos atingiram valores esperados, visto que solos argilosos apresentam densidades secas baixas e umidades ótimas elevadas, e solos com predominância de areias com pedregulhos apresentam densidades secas elevadas e umidades ótimas baixas, como pode ser observado no gráfico da figura 4.

Segundo Senço (2007), por meio da aplicação de energia mecânica, obtém-se a maior massa específica aparente possível e com isso uma maior quantidade de partículas sólidas por volume, resultando no aumento de resistência dos solos, uma vez que estes se tornam mais densos, atingindo assim uma maior estabilidade.

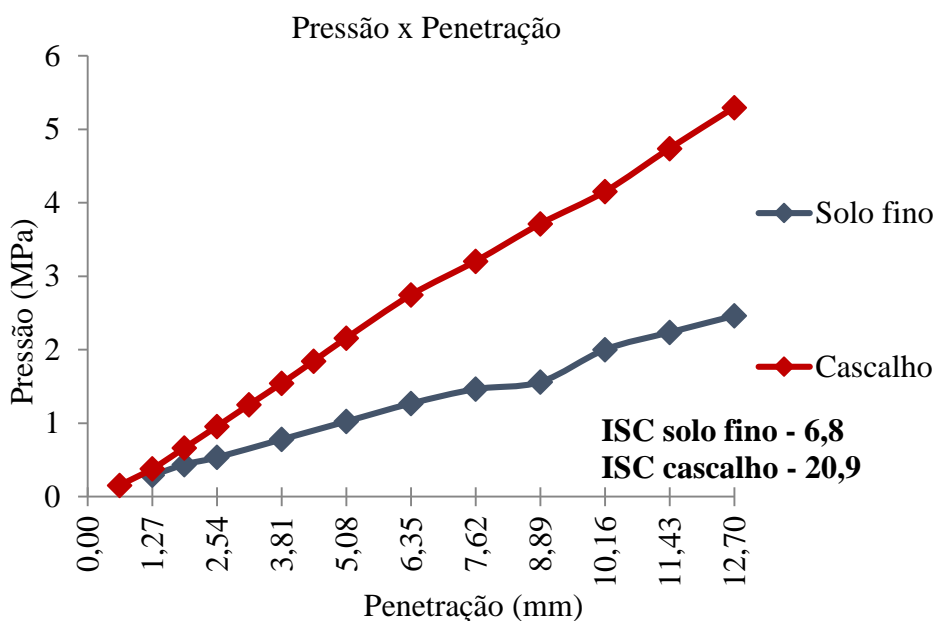
A partir desses dados foi realizado o Índice de Suporte Califórnia (CBR). Solos grossos possuem mais resistência e compressibilidade que os solos com partículas pequenas e de granulometria uniforme.

Índice Suporte Califórnia

Após a compactação dos solos e com a umidade ótima estabelecida, foi realizado o ensaio Índice de Suporte Califórnia (CBR ou ISC), regulamentado pela ABNT NBR

7182:1986. A uma amostra de seis quilos de solo separada acrescentou-se água para compactação do corpo de prova, na umidade ótima. Logo após, o mesmo foi pesado e colocado imerso em um tanque durante quatro dias, efetuando-se, através de um extensômetro, as medidas da expansão. Decorridos quatro dias de imersão, o corpo de prova passou pelo ensaio de penetração, no qual foi submetido a pressões medidas por um manômetro, e as de penetração, por um extensômetro. Através desses dados foi confeccionado o gráfico da figura 5, que relaciona a pressão com penetração dos dois solos estudados:

Figura 5. Curva CBR encontrado para os solos



De acordo com a classificação do DNIT (2010), estabelecida pelas normas DNIT ES 139:2010 e DNIT ES 141:2010, e analisando os dados obtidos foram calculados os valores de ISC e expansão para cada solo, mostrados na tabela 12:

Tabela 12. Resultados de ISC e expansão no ensaio CBR

Tipo de Solo	ISC (%)	Expansão (%)
Solo Fino	6,8	0,8
Cascalho	20,9	0,91

Para a camada de sub-base (Tabela 12), o DNIT (2010) exige que o ISC seja maior ou igual a 20% e expansão menor ou igual a 1%; portanto, apenas o solo grosso conseguiu atender às exigências, com 20,9% de ISC e 0,91% de expansão. Nas camadas de base

são exigidos pela norma um ISC maior ou igual a 60% (para $N \leq 5 \times 10^6$) e maior ou igual a 80% (para $N > 5 \times 10^6$) e expansão menor a 0,5%. Conforme os dados obtidos, nenhum dos dois solos conseguiu atender o que é definido nas normas.

O intuito dessa pesquisa foi avaliar se os solos poderiam ser usados nas camadas de base e sub-base, mas de acordo com Tabela 12, os dois são compatíveis para utilização em camadas de subleito (ISC maior ou igual a 2% e expansão menor ou igual a 2%) e reforço de subleito (ISC maior que o subleito e expansão menor ou igual a 1%), já que o solo fino teve ISC de 6,8% e expansão de 0,8%, o solo grosso obteve 20,9% de ISC e 0,91% de expansão.

4. Considerações finais

Como já mencionado anteriormente, a presente pesquisa teve como intuito estudar e classificar dois tipos de solo, a fim de avaliar através de ensaios de laboratório se estes atenderiam aos requisitos estabelecidos pelas normas vigentes, para serem usados em camadas de base e sub-base de pavimentação. Tendo em vista que o transporte rodoviário é o mais utilizado em nosso país, a situação problemática de nossas rodovias faz com que busquemos alternativas para melhorá-las.

Através dos ensaios de granulometria, limites de Atterberg, compactação e índice de suporte Califórnia (CBR), realizado para os dois solos em estudo, foi possível classificar o solo A em A-7-5, sendo considerado solo fino com predominância de silte e argila, e o solo B em A-2-6, sendo chamado de cascalho, composto por pedregulho e areia siltosa ou argilosa.

Tendo em vista os resultados de resistência encontrados para os dois solos, ficou estabelecido que estes não atendem aos requisitos normativos para serem utilizados em base de pavimentação. De forma que o Solo A, tipo A-7-5, apresentou ISC = 6,8%, podendo ser utilizado em subleitos ou reforço do subleito, com características de irregular a fraco. Por outro lado, o Solo B, tipo A-2-6, apresentou ISC de 20,9% podendo ser utilizado em sub-base, subleito e reforço do subleito.

Espera-se que a presente pesquisa estimule o estudo de novos métodos e dosagens, buscando meios, como o acréscimo de agregados, para melhorar o desempenho dos solos.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR NM 248: Agregados- Determinação da composição granulométrica*. Rio de Janeiro, julho 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 6457: Determinação do teor de umidade*. Rio de Janeiro, março 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 6459: Solo – Determinação do Limite de Liqueidez - Método de Ensaio*. Rio de Janeiro, outubro 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 7180: Solo – Determinação do Limite de Plasticidade - Método de Ensaio*. Rio de Junho, março 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 7181: Solo - Análise Granulométrica- Método de Ensaio*. Rio de Janeiro, dezembro 1988.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 7182: Solo - Ensaio de Compactação- Método de Ensaio*. Rio de Janeiro, agosto 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 7185: Determinação de massa específica in situ*. Rio de Janeiro, março 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 9604: Abertura de poço e trincheira de inspeção em solo, com retirada de amostras deformadas e indeformadas*. Rio de Janeiro, janeiro 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 6502: Rochas e solos*. Rio de Junho, setembro 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 9895: Solo - Índice Suporte Califórnia - Método de Ensaio*. Rio de Junho, 1987.

BALBO, José Tadeu. *Pavimentação asfáltica: materiais, projeto e restauração*. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

BALBO, José Tadeu. *Pavimentação asfáltica: materiais, projeto e restauração*. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

BERNUCCI, Liedi Bariani, et al. *Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para Engenheiros*. Rio de Janeiro: PETROBRAS: ABEDA, 2008.

CAPUTO, Homero Pinto. *Mecânica dos Solos e suas aplicações: Fundamentos*. 6. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2012.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE-CNT (2015) *Metodologia para avaliação e classificação das rodovias pesquisadas 2015*. Brasília: CNT: Sest/ Senat.

Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2014/11/ibge-mapeia-a-infraestrutura-dos-transportes-no-brasil/>> Acesso em: 29 de fevereiro 2016.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGEM DE SÃO PAULO. *ET-DE-P00/006: Sub-base ou base de solo brita*. São Paulo: Diretoria de Engenharia, 2006. 22 p. Disponível em:

<ftp://ftp.sp.gov.br/ftpder/normas/ET-DE-P00-006_A.pdf>. Acesso em: 01 abr. 2016.

DNER. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes.

COLETA DE AMOSTRAS deformadas de solo. 2. ed Rio de Janeiro, 1994.

DNIT. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. *Manual de Pavimentação*. 3.ed. - Rio de Janeiro, 2006. 274p.

DNIT. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. *Norma 139/2010- ES -Pavimentação-Sub-base estabilizada granulometricamente- Especificação de serviço*. Rio de Janeiro, 2010. 8p.

DNIT. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. *Norma 141/2010- ES -Pavimentação-Base estabilizada granulometricamente- Especificação de serviço*. Rio de Janeiro, 2010. 9p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE (2014) *Banco de dados INFRAESTRUTURA*. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2014/11/ibge-mapeia-a-infraestrutura-dos-transportes-no-brasil/>> Acesso em: 29 de fevereiro 2016.

ORTIGÃO, J. A. R. *Introdução à mecânica dos solos dos estados críticos*. 3. ed. Rio de Janeiro: Terratek, 2007.

PINTO, Carlos de Sousa. *Curso básico de mecânica dos solos*. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

SENÇO, Wlastermiler de. *Manual de técnicas de pavimentação*. 2. ed. São Paulo: Pini, 2007.