

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DE UM SOLO DO MUNICÍPIO DE CAXIAS DO SUL PARA FINALIDADE DE USO NA PAVIMENTAÇÃO

Christie Frozi Fleck

Acadêmica do curso de Engenharia Civil da Universidade de Caxias do Sul

Prof. Jaqueline Bonatto, Msc.

Professora do Curso de Engenharia Civil da Universidade de Caxias do Sul

Resumo. Segundo o DNIT (2006), a princípio qualquer solo pode ser utilizado como material constituinte das camadas de pavimentação. Contudo, alguns não apresentam resultados satisfatórios quanto às normas estabelecidas para durabilidade e resistência, por exemplo. Para determinar se um solo é inadequado, utilizam-se alguns limites relacionados ao material que, se for confirmada a necessidade de intervenção, permitem definir qual método de melhoramento do solo será necessário. Dentre estes limites estão a granulometria e os limites de consistência. O presente trabalho teve como objetivo caracterizar os principais aspectos granulométricos de um solo do município de Caxias do Sul, localizado na Serra do estado do Rio Grande do Sul, que será objeto de estudo posteriormente quanto a viabilidade da sua utilização na pavimentação em sua forma pura ou por meio de melhoramento químico. A caracterização dos solos da área de estudo para sua viabilidade de uso em sua forma pura se deu inicialmente através de ensaios laboratoriais que definiram a granulometria do solo, por meio de peneiramento, além de seus limites de consistência, teor de umidade e peso específico.

Palavras-chave: solos, granulometria, caracterização, pavimentação.

1. INTRODUÇÃO

A análise granulométrica de um solo é passo essencial para tomar conhecimento do

tipo de solo com que iremos trabalhar. É por meio dela que se compreende as propriedades e características do material. Para tanto, a análise granulométrica consiste na determinação das dimensões das partículas que constituem as amostras e no tratamento estatístico dessa informação. De acordo com Bressani, Flores e Nunes (2005), que realizaram diversos ensaios mineralógicos, o solo de Caxias do Sul é composto em sua maioria por cinco materiais rochosos: os Dacitos Galópolis, Canyon, Caxias, Forqueta e Ana Rech. Por meio dessas conclusões, eles analisaram os percentuais de material retidos no peneiramento e determinaram que em sua maioria o solo apresenta uma predominância de matéria argilosa.

Dessa forma, o presente artigo pretende caracterizar os principais aspectos de um solo coletado do bairro Nossa Senhora da Saúde, loteamento Vinhedos, do município de Caxias do Sul - RS, utilizando-se da elaboração de alguns ensaios laboratoriais que permitiram realizar sua classificação, demonstrando de o material utilizado possui, ou não, essa tendência argilosa.

2. METODOLOGIA

Para definir as características físicas do solo em estudo foram realizados uma sequência de ensaios. Esses ensaios tiveram como finalidade determinar as suas características de umidade, granulometria e a maneira a que esse material reage à adição de água.

2.1 Umidade Natural do Solo (w)

A umidade natural de um solo é definida como a quantidade de água presente naturalmente no solo em condições normais.

De acordo com a norma que rege o ensaio utilizado para definir a umidade natural de um solo (NBR 6457, 2016), deve-se inicialmente inserir cerca de 200 g de solo destorroado e em estado fofo em uma cápsula metálica com tampa, realizando em seguida a pesagem do conjunto. Após, deve-se retirar a tampa e levar a cápsula com o material para uma estufa aquecida de 105 a 110°C, até que esse apresente constância de massa (isso ocorre de 16 a 24h de secagem na estufa). Finalmente, após o material ser resfriado até chegar à temperatura ambiente através de um dessecador, deve-se tampar novamente a cápsula (tomando o cuidado de utilizar a mesma tampa que fora utilizada na pesagem anterior) e pesar novamente o conjunto. Devem ser realizadas três determinações de umidade por amostra e utilizar a média dos valores encontrados.

Com base nos valores obtidos, é possível calcular a média das umidades, afim de encontrar a umidade natural do solo.

2.2 Peneiramento

Tomando como base a norma NBR 7181 (2016), que regula a análise granulométrica de solos, a amostra de solo retirada do campo deverá ser seca ao ar ou por meio de uma estufa. Após, deverá ser realizado o destorroamento do material com a mão de gral recoberta de borracha, de maneira a evitar que o tamanho natural das partículas individuais do solo, sejam reduzidas, ou seja, para evitar a quebra do grão de solo, como demonstrado na Figura 1.

Figura 1: Execução do destorroamento de um solo.



Fonte: Autor, 2019.

Após o solo ser destorroado, o material preparado deverá ser reduzido utilizando-se o método de quarteamento, até se obter uma amostra de aproximadamente 1kg para solos argilosos e 1,5 kg para solos arenosos ou pedregulhosos; o peso utilizado após o quarteamento irá se tratar do peso total da amostra seca.

Realizado o quarteamento, deve-se encaixar as peneiras previamente limpas, de modo a formar um único conjunto de peneiras, com abertura de malha em ordem crescente da base para o topo abertura (3/4'', 3/8'', 4, 10, 16, 20, 30, 40, 60, 80, 100 e 200), como no modelo da Figura 2. Então, coloca-se a amostra ou porções dela, sobre a peneira superior do conjunto (de modo a evitar a formação de uma camada espessa de material) e promover a agitação mecânica do conjunto por um tempo razoável, para permitir a separação classificação prévia dos diferentes tamanhos de grão da amostra.

Figura 2: Conjunto de peneiras granulométricas e agitador.



Fonte: Didática, SP.

Após, deve-se remover o material retido na peneira para uma bandeja identificada e escovar a tela em ambos os lados para limpá-la. O material removido pelo lado interno é considerado como retido (deve-se juntar à bandeja) e o desprendido na parte inferior como passante (parte da próxima bandeja).

Deve-se então determinar a massa total de material retido em cada uma das peneiras e no fundo do conjunto. O somatório de todas as massas não deve diferir mais de 0,3% da massa seca da amostra, inicialmente introduzida no conjunto de peneiras.

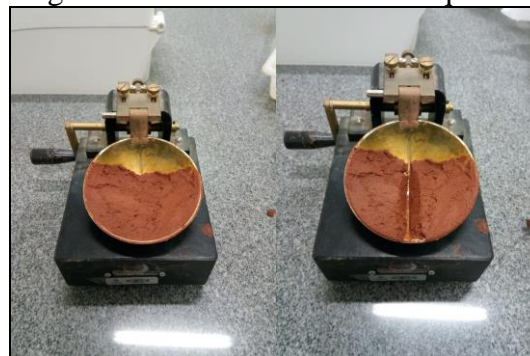
Realizado o ensaio, deve-se calcular a porcentagem retida, em massa, em cada peneira, com aproximação de 0,1% e fazer a curva granulométrica do solo, seguido de sua classificação.

2.3 Limite de Liquidez

Limite de liquidez é o valor de umidade no qual o solo passa do estado líquido para o estado plástico. Para realizar o ensaio, de acordo com a NBR 6459 (2017), deve-se colocar em uma cuba de porcelana uma amostra de 200g de solo passante na peneira 0,42 mm e acrescentar, lentamente, água destilada, misturando vigorosa e continuamente com o auxílio de uma espátula, até obter uma pasta homogênea.

Após, deverá ser colocada uma porção da pasta na concha do aparelho de Casagrande, moldando-a de forma que a espessura na parte central seja de aproximadamente 10 mm, retornando o excesso de solo à cuba. Dividir a pasta de solo em duas abrindo uma ranhura em sua parte central com instrumento adequado (cinzel), como pode ser visto na Figura 3, que deve ser deslocado perpendicularmente à superfície da concha. Iniciando a sequência de golpes, girando a manivela à razão de duas voltas por segundo, até que a ranhura se una ao longo de 13 mm de comprimento.

Figura 3: Ensaio de Limite de Liquidez.



Fonte: Autor, 2019.

2.4 Limite de Plasticidade

Limite de plasticidade é o valor de umidade na qual o solo passa do estado plástico para o estado semissólido. Segundo a NBR 6459 (2017), deve-se colocar em uma cuba de porcelana uma amostra de 200g de solo passante na peneira 0,42 mm e acrescentar lentamente água destilada, misturando vigorosa e continuamente com o auxílio de uma espátula, até obter uma pasta homogênea.

Deve-se colocar a amostra na cuba de porcelana, adicionar água destilada em pequenos incrementos, amassando e revolvendo, vigorosa e continuamente, com o auxílio da espátula, de forma a obter uma pasta homogênea, de consistência plástica.

Deve-se tomar cerca de 10g da amostra assim preparada e formar uma pequena esfera, que deve ser rolada sobre a placa de vidro com pressão suficiente da palma da mão para lhe dar a forma de cilindro que deve se aproximar em tamanho e diâmetro do cilindro modelo.

Se a amostra se fragmentar antes de atingir o diâmetro de 3mm, retorná-la à cuba de porcelana, adicionar água destilada, homogeneizar durante pelo menos 3 minutos, amassando e revolvendo vigorosa e continuamente com auxílio da espátula e repetir o procedimento. Se a amostra atingir o diâmetro de 3mm sem se fragmentar, é

necessário amassar o material e repetir o procedimento, visto que o cilindro deve se fragmentar quando atingir os 3mm e 100mm de comprimento, como pode ser visto na Figura 4.

Figura 4: Ensaio de Limite de Plasticidade.



Fonte: Autor, 2019.

Quando for possível chegar a essas condições, transferir imediatamente as partes dele para um recipiente metálico com tampa, previamente pesado, e pesá-lo novamente. Deve-se repetir pelo menos três vezes o ensaio, anotando os valores de peso final encontrado em cada um deles como M_1 , M_2 e M_3 .

Após, deve-se retirar a tampa e levar o recipiente metálico com o solo para uma estufa à temperatura de 105°C a 110°C, onde deve permanecer em um intervalo de 16 a 24 horas para a secagem do material. Esperar que o material atinja a temperatura ambiente, recolocar a tampa e voltar a pesar o conjunto.

O teor de umidade deverá ser calculado por meio da Equação 1.

$$h = \frac{M_1 - M_2}{M_2 - M_3} \times 100 \quad (1)$$

Onde:

H = teor de umidade em percentual;

M_1 = massa do solo úmido mais o peso do recipiente, em gramas;

M_2 = massa do solo úmido mais o peso do recipiente, em gramas;

M_3 = massa do recipiente (cápsula metálica com tampa), em gramas.

O resultado final é a média de, pelo menos, três valores de umidade considerados satisfatórios (quando nenhum deles diferir da respectiva média de mais que 5% dessa média), aproximado para o inteiro mais próximo.

2.3 Índice de Consistência

O índice de consistência dos solos deve ser obtido utilizando a Equação 2.

$$IC = \frac{LL - h}{IP} \quad (2)$$

Onde:

LL = limite de liquidez;

h = teor de umidade natural do solo;

IP = índice de plasticidade.

2.3 Índice de Plasticidade

O índice de plasticidade dos solos deve ser obtido utilizando-se a Equação 3.

$$IP = LL - LP \quad (3)$$

Onde:

IP = índice de plasticidade;

LL = limite de liquidez;

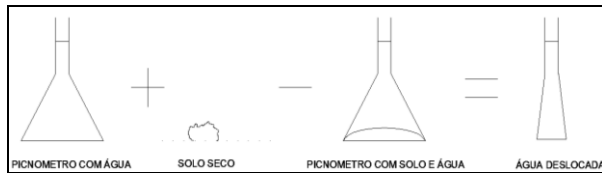
LP = limite de plasticidade.

2.4 Peso Específico do Solo

O ensaio em que é possível determinar o peso específico do solo é regido pela NBR 6458 (2016), cujo conteúdo determina que, em laboratório, o peso específico de um solo é obtido somando-se os valores de peso individuais encontrados para o conjunto picnômetro com água e para o solo, determinando, então o peso total. Após, deve-

se colocar o solo no picnômetro com água, sendo possível determinar o peso do conjunto. Ao subtrair do valor do peso total, o peso do conjunto, é possível concluir o peso da água que foi substituída pelo solo, como pode ser visto na Figura 5.

Figura 5: Determinação do peso específico de um solo.



Fonte: Autor, 2019, adaptado de Pinto (2000).

A partir do peso de água substituída pelo solo, pode-se calcular o volume de água deslocada pelo solo e que é o volume do solo. Com o peso e o volume, tem-se o peso específico.

O peso específico dos grãos dos solos varia pouco de solo para solo e, por si, não permite identificar o solo em questão, mas é necessário para cálculos de outros índices. Os valores situam-se em torno de 27 kN/m^3 , sendo este valor adotado quando não se dispõe do valor específico para o solo em estudo, grãos de quartzo (areia) costumam apresentar pesos específicos de $26,5 \text{ kN/m}^3$ e argilas lateríticas, em virtude da deposição de sais de ferro, valores até 30 kN/m^3 .

3.RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados encontrados para os ensaios realizados com o solo de Caxias do Sul. Todos os ensaios foram regidos por suas respectivas normas que são citadas na metodologia desse artigo.

3.1 Umidade Natural do Solo

Baseando-se nas recomendações da norma (NBR 6457, 2016), foram retiradas 3 amostras do solo, com as quais foi possível obter os resultados exibidos na Tabela 1.

Tabela 1: Resultados das amostras para Umidade Natural do Solo (w).

Cápsula	Umidade (%)
Cápsula 1	29,6 %
Cápsula 2	29,5 %
Cápsula 3	29,6 %
Média	29,57%

Fonte: Autor, 2019.

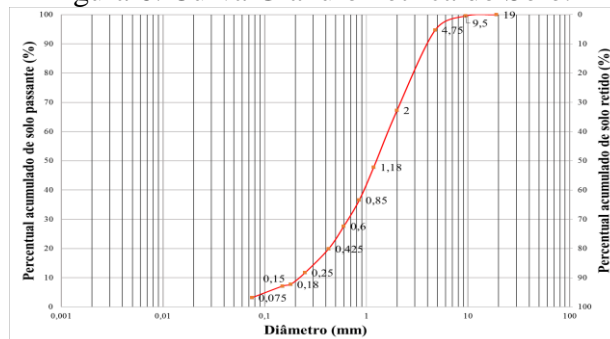
Com base nos valores obtidos, é possível calcular a média das umidades, a fim de encontrar a umidade natural do solo e para tanto o resultado deu-se como 29,57%.

3.2 Peneiramento

Para os estudos de análise granulométrica foram seguidas as orientações da norma e a amostra de solo utilizada foi de 963,31g.

Os resultados dos ensaios de peneiramento permitiram coletar e analisar dados dos percentuais de solo passantes com os quais foi possível gerar a sua curva granulométrica (Figura 6).

Figura 6: Curva Granulométrica do Solo.



Fonte: Autor, 2019.

Por meio da análise da curva granulométrica, foi possível obter os percentuais de partículas de solo de diferentes espessuras (Tabela 2), a fim de obter a sua classificação.

Tabela 2: Análise do Solo

Descrição	Percentual presente
Argila	0%
Silte	0%
Areia Fina	17%
Areia Média	50%
Areia Grossa	28%
Pedregulho	5%
Pedra	0%
Matacão	0%

Fonte: Autor, 2019.

Com base nos resultados obtidos, determinou-se que a classificação do solo, segundo ao sistema universal é a de uma Areia Média.

3.3 Limite de Liquidez

A partir das orientações da Norma, foram realizados seis ensaios de Limite de Liquidez com diferentes teores de umidade e, por sua vez, número de golpes. Os valores obtidos das amostras estão expostos na Tabela 3.

Tabela 3 - Amostras para Limite de Liquidez

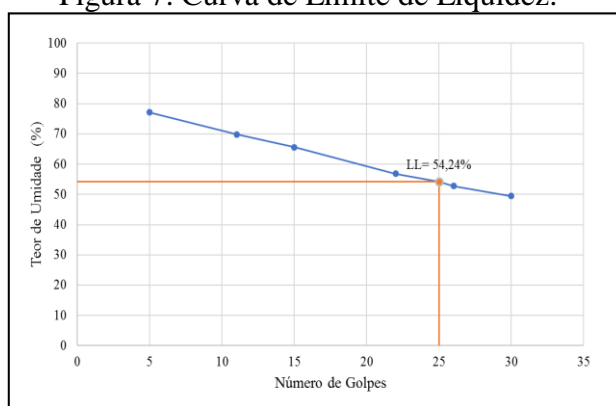
Limite de Liquidez			
Amostra 1 -	Peso (g)	Amostra 4	Peso (g)
30 golpes		- 15 golpes	
umidade	49,47	umidade	65,62
Amostra 2 -	Peso (g)	Amostra 5	Peso (g)
26 golpes		- 11 golpes	
umidade	52,76	umidade	69,86

Amostra 3 -	Peso (g)	Amostra 6	Peso (g)
22 golpes		- 5 golpes	
umidade	56,80	umidade	77,11

Fonte: Autor, 2019.

A partir dos valores encontrados na tabela 6, foi possível construir a curva do limite de liquidez (Figura 7), a fim de obter o valor do LL para o solo, que se verifica como a umidade correspondente aos vinte e cinco golpes.

Figura 7: Curva de Limite de Liquidez.



Fonte: Autor, 2019.

Com base nos valores observados na curva, o teor de umidade ótimo encontrado foi de 54,24%.

3.4 Limite de Plasticidade

Para realizar o ensaio, foram preparadas quatro amostras segundo as recomendações da Norma, cujos resultados se encontram na Tabela 4.

Tabela 4: Amostras para Limite de Plasticidade

Limite de Plasticidade			
Amostra 1	Peso (g)	Amostra 3	Peso (g)
umidade	46,74	umidade	50,62
Amostra 2	Peso (g)	Amostra 4	Peso (g)
umidade	49,57	umidade	52,10

Fonte: Autor, 2019.

A umidade responsável pelo menor teor de umidade em que o solo se comporta plasticamente se determinou utilizando como base a Equação 1. O valor encontrado para a umidade foi de 49,76%.

3.5 Índice de Consistência

O índice de consistência dos solos deve ser obtido utilizando a Equação 2.

Assim, o índice de consistência encontrado para o solo estudado é de 5,51%, consistência rija.

3.6 Índice de Plasticidade

O índice de plasticidade dos solos deve ser obtido utilizando-se a Equação 3.

O resultado final deve ser expresso em porcentagem. Dessa forma, o índice de plasticidade encontrado para o solo estudado é de 4,48%, ou seja, pouco plástico.

3.7 Peso Específico

Para o solo estudado, foram encontrados os valores apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Peso Específico dos Grãos

Peso Específico dos Grãos	
Picnometro+água destilada	490,41 g
Solo	44,81 g
Picnometro+solo+água destilada	518,45 g
Volume de água deslocada	16,77 cm ³
Massa específica do solo	2,672 kg/m ³
Peso específico do solo	26,72 kN/cm ³

Fonte: Autor, 2019.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer à minha professora, Jaqueline Bonatto, pela orientação e

indicação. Ao laboratório da UCS, por ceder o local para realização dos ensaios.

4 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) – **NBR 7180**: Solo - Análise granulométrica. Rio de Janeiro, 2016.

_____. **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. Rio de Janeiro, 2016, versão corrigida, 2:2017.

_____. **NBR 6459**: Solo - Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro, 2016, versão corrigida, 2017.

_____. **NBR 6457**: Solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Rio de Janeiro, 2016.

_____. **NBR 6502**: Rochas e Solos. Rio de Janeiro, 1995.

PINTO, Carlos de Souza. **Curso Básico de Mecânica dos Solos**, 2000.

SILVA, A. C. S. **Caracterização geotécnica por meio das metodologias SUCS e TRB para os principais solos encontrados em Palmas – TO**. Trabalho de Conclusão de Curso, Engenharia Civil, Universidade Federal do Tocantins, Palmas, Tocantins, 2017.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi utilizado um solo que inicialmente apresentava aspectos que levavam a crer se tratar de um material

argiloso, devido a sua homogeneidade e coloração. Entretanto, com base na caracterização granulométrica por meio do peneiramento e seus resultados, realizados nesse artigo, foi possível verificar que, apesar do solo caxiense possuir a tendência de ser argiloso, o solo em estudo não possui essa característica, comportando-se como uma Areia Média. O peso específico do solo é outro dado que veio a corroborar com esse fato, visto que o valor encontrado de $26,72 \text{ kN/cm}^3$ encontra-se na faixa destinada às Areias.

Além disso, os ensaios de limite de liquidez e plasticidade permitiram encontrar, respectivamente, o percentual de umidade ótimo de 54,24% para o solo e o limite em que o solo deixa de ter comportamento plástico e inicia o comportamento semissólido como tendo um teor de umidade de 49,76%.

Por fim, com os valores encontrados para os limites de consistência foi possível calcular os índices de consistência e plasticidade que resultaram, respectivamente, 5,51%, consistência rija e 4,48%, baixa plasticidade.