

CARACTERIZAÇÃO DO SOLO APLICADO EM UM ATERRO DA BR-316

ALESSANDRA DOS SANTOS GOMES^{1*}; ERICK RÓGENES SIMÃO SOARES²;
TAÍSE MONIQUE DE OLIVEIRA CARVALHO³; MÁJORES DE OMENA TENÓRIO⁴

¹Estudante, IFAL, Palmeira dos Índios-AL, alle.231@hotmail.com;

² Estudante, IFAL, Palmeira dos Índios-AL, rogenessimao@hotmail.com;

³Dr. em Geotecnia Prof. Efetivo, IFAL, Maceió-AL, taisemocarvalho@gmail.com;

⁴Me. Prof. Efetivo, IFAL, Palmeira dos Índios-AL, majorestenorio@gmail.com;

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2018
21 a 24 de agosto de 2018 – Maceió-AL, Brasil

RESUMO: Este trabalho apresenta a caracterização do solo utilizado no aterro que faz a conformação entre o greide da BR-316 e o viaduto que passa sobre a AL-115 na cidade de Palmeira dos Índios-AL, utilizando os critérios de classificação dos solos segundo o Sistema de classificação “Highway Research Board” (H.R.B) também conhecido como Sistema Rodoviário de Classificação. Os ensaios aplicados para a caracterização foram os seguintes: limite de liquidez (LL), limite de plasticidade (LP) e análise granulométrica, além desses ensaios foi calculado o índice de plasticidade (IP). A amostra foi coletada e levada para o laboratório de solos do Instituto Federal de Alagoas-IFAL. Os ensaios foram realizados segundo as normas específicas da ABNT e foram utilizados os equipamentos (também de acordo com as normas) disponíveis na própria instituição. Após a realização dos ensaios, verificou-se um LL=24,33%, LP=16,54%, IP=7,79% e uma composição granulométrica de 22,59% de pedregulho, 67,95% de areia e 9,46% de silte e argila. A partir desses resultados, o solo foi classificado como A-2-4 (0), classe referente a materiais que apresentam comportamento de bom a excelente para materiais de subleito rodoviário.

PALAVRAS-CHAVE: Caracterização do solo, classificação geotécnica, sistema rodoviário de classificação, sistema de classificação AASHTO, aterro da BR-316.

CHARACTERIZATION OF SOIL APPLIED IN A EMBANKMENT OF BR-316

ABSTRACT: This work presents the characterization of the soil used in the embankment that makes the conformation between the surface of BR-316 and the viaduct that passes over the AL-115 in Palmeira dos Índios-AL, using the criterion of classification according to the classification system "Highway Research Board" (H.R. B). The tests applied to the characterization were the following: liquid limit (LL), plastic limit (PL) and particle size analysis, in addition to these tests was calculated the plasticity index (PI). The sample was collected and brought to the laboratory of soils of the Instituto Federal de Alagoas-IFAL. The tests were carried out according to specific norms of ABNT and equipment were used (also according to norms) available in the IFAL. After the tests, it was found a LL = 24.33%, PL = 16.54%, PI = 7.79% and particle size composition of 22.59% of gravel, 67.95% sand and 9.46% of silt and clay. From these results, the soil was classified as A-2-4 (0), class for materials that exhibit behavior from good to excellent for highway.

KEYWORDS: Soil characterization, geotechnical classification, Highway Research Board, classification system AASHTO, embankment of BR-316.

INTRODUÇÃO

Os distintos tipos de solos existentes embora possuam diferentes propriedades alguns se assemelham, e é com base nessas semelhanças que os solos podem ser classificados em grupos e subgrupos de acordo com o seu comportamento. A fim de que seja estabelecida uma linguagem comum para se referir as características gerais dos solos, foram desenvolvidos os sistemas de classificação de

solos para a engenharia, utilizando como base as propriedades simples de índice, como distribuição granulométrica e plasticidade (Braja, 2014).

A classificação dos solos permite estimar o seu provável comportamento e também através dela é possível orientar o programa de investigação necessário para permitir a adequada análise de um problema, sendo assim, é de grande utilidade para a engenharia.

Os dois principais sistemas de classificação são: o Sistema Unificado de Classificação dos Solos (S.U.C.S.) e a Classificação do H.R.B (*Highway Research Board*) ou Sistema Rodoviário de Classificação (Caputo, 1988), alguns também o chamam de Sistema de Classificação AASHTO (American Association of State Highway Transportation Officials).

A classificação através do Sistema Rodoviário, criado em 1929, é baseado na granulometria e limites de consistência do solo, dividindo-os em grupos e subgrupos de acordo com a sua aplicabilidade em obras rodoviárias, os grupos A-1, A-2 e A-3 serão referentes aos solos granulares, que possuem bom comportamento como material de estradas, e os grupos A-4, A-5, A-6 e A-7 aos solos finos, materiais que devem ser evitados em obras de rodovias (Caputo, 1988).

MATERIAL E MÉTODOS

Realizou-se uma revisão bibliográfica acerca dos ensaios necessários para caracterizar o solo estudado, bem como os critérios de classificação dos solos segundo o Sistema de Classificação AASHTO.

Após o levantamento bibliográfico, procedeu-se com a escolha do solo a estudar. O material escolhido foi o do aterro que faz a conformação entre o greide da BR-316 e o viaduto que passa sobre a AL-115 na cidade de Palmeira dos Índios-AL (Figura 1). O local foi escolhido devido a sua importância para o município pois ele possibilita a intersecção em desnível entre duas importantes estradas da região, a BR-316 que liga a cidade à capital Maceió-AL e a AL-115 que dá acesso à cidade de Arapiraca-AL, além disso, trata-se de um ponto crítico de solicitação do solo por conta das interações dinâmicas que ocorrem na transição entre aterro e estrutura (Ribeiro, 2012).

Figura 1. Local estudado (Fonte: própria, 2017).



Recolheu-se uma amostra deformada utilizada para caracterizar o solo, sendo tomado o cuidado de remover toda matéria orgânica que se apresentava na superfície do aterro.

A amostra foi levada para o laboratório de solos do Instituto Federal de Alagoas-IFAL, onde foram realizados os seguintes ensaios (necessários para a classificação): limite de liquidez, limite de plasticidade e análise granulométrica (por peneiramento).

O ensaio de limite de liquidez (LL) foi realizado, com o uso do aparelho de Casagrande, segundo a norma NBR 6459/1984, este ensaio visa obter o teor de umidade no qual o solo deixa de se comportar como plástico e passa a ter um comportamento fluido. Esse limite é definido como umidade necessária para que a ranhura executada na amostra se feche quando a concha do aparelho é submetida a 25 golpes.

O ensaio de limite de plasticidade (LP) visa determinar o teor de umidade correspondente a transição do solo do estado plástico para o semi-sólido, foi seguido para sua determinação a norma NBR 7180/1984. Esse limite é definido como o menor teor de umidade com o qual se consegue moldar um cilindro de solo com 3 mm de diâmetro e 10 cm de comprimento, rolando o solo com a palma da mão sobre uma placa de vidro fosca.

Foram moldados 5 cilindros e a partir deles foi calculado a média das umidades. As amostras que apresentaram umidade com variação de $\pm 5\%$ da média inicial foram desconsideradas. O tratamento

dos dados foi feito retirando uma amostra por vez e recalculando a média. O limite de plasticidade é definido a partir da média de no mínimo três amostras.

Determinados ambos os limites foi calculou o índice de plasticidade (IP), que é definido como a diferença entre o limite de liquidez e o de limite plasticidade (Equação 1). Este índice é um parâmetro bastante significativo para caracterização da parcela fina do solo (grãos menores que 0,075mm), pois nesses existem uma forte influência dos minerais-argila, cujo o estudo é muito complexo, daí substituiu-se estes estudos pela análise indireta do valor do índice de plasticidade (Braja, 2014).

$$IP=LL-LP \text{ (Equação 1)}$$

A análise granulométrica visa determinar a distribuição dos grãos do solo nos diversos intervalos de diâmetros, foi realizada segundo a NBR 7181/1984, sendo realizados apenas o processo de peneiramento, para os grãos maiores que 0,075mm. O peneiramento foi dividido entre peneiramento grosso (para partículas com diâmetro maior ou igual a 2,00 mm) e peneiramento fino (partículas menores que 2,00 mm).

Com os resultados dos ensaios de caracterização realizou-se a classificação do material segundo o Sistema de Classificação AASHTO. Esse sistema define pedregulhos como a fração de solo que passa na peneira de 75 mm e fica retida na peneira de 2 mm, areias como a parcela do solo que fica retida entre 2 mm e 0,075 mm e siltes e argilas como as partículas do solo menores que 0,075 mm. Além dos critérios de granulometria são levados em conta também os limites de consistência do solo, quando o índice de plasticidade é de no máximo 10 é utilizado o termo silteoso e quando é pelo menos 11 o solo é enquadrado como argiloso (Braja, 2014). Os critérios desse sistema estão resumidos na Tabela 1.

Tabela 1. Critérios do Sistema de Classificação AASHTO (Fonte: adaptado de Braja, 2014).

Classificação geral	Materiais granulares (35% ou menos da amostra total passam na peneira nº 200)						
	A-1			A-2			
Classificação do grupo	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Ensaio de peneiramento (porcentagem passante)							
Nº 10	≤ 50						
Nº 40	≤ 30	≤ 50	≤ 51				
Nº 200	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35
Característica da fração passante na peneira nº 40							
Limite de liquidez				≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41
Índice de plasticidade	≤ 6		NP	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11
Classificação geral	Materiais de silte-argila (mais de 35% da amostra total passante pela peneira nº 200)						
Classificação do grupo							A-7 A-7-5 ¹ A-7-6 ²
Ensaio de peneiramento (porcentagem passante)							
Nº 200				≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36
Característica da fração passante na peneira nº 40							
Limite de liquidez				≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41
Índice de plasticidade				≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11

¹ Para a-7-5, IP ≤ LL-30; ² Para a-7-6, IP > LL-30

Outro parâmetro utilizado nessa forma de classificação é o índice de grupo (IG) a fim de avaliar a qualidade do solo como um material subgraduado de estrada. Ele é expresso entre parêntesis no fim da classificação e é determinado pela Equação 2.

$$IG= (F200-35) [0,2+0,005(LL-40)]+0,01(F200-15)(IP-10) \text{ (Equação 2)}$$

Sendo: F200 a porcentagem passante na peneira nº 200 (0,075 mm).

A classificação do solo é feita da esquerda para direita, por eliminação. O primeiro grupo da esquerda em que o solo se enquadrar será o grupo procurado.

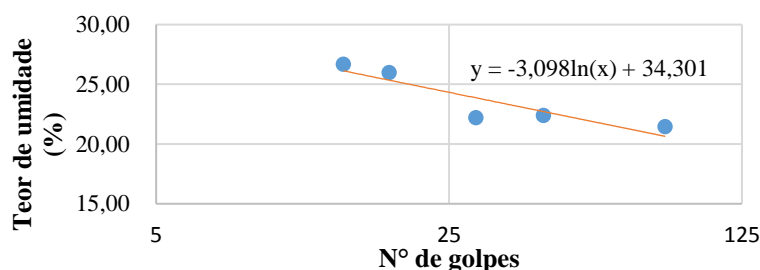
RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos resultados do ensaio de limite de liquidez, de acordo com o exposto na Tabela 2, foi traçada uma reta interpolando os pontos obtidos (Gráfico 1).

Tabela 2. Resultados do ensaio de limite de liquidez (Fonte: própria, 2018).

Ponto	nº de Golpes	Teor de umidade (%)
1	14	26,69
2	18	25,99
3	29	22,2
4	42	22,38
5	82	21,46

Gráfico 1. Reta para determinação do limite de liquidez (Fonte: própria, 2018).



A partir da equação da reta podemos definir o limite de liquidez da seguinte forma:

$$LL = -3,098 \times \ln(25) + 34,301 = 24,33\% \text{ (Equação 3)}$$

Os resultados do ensaio de limite de plasticidade estão agrupados na Tabela 3.

Tabela 3. Resultados do ensaio de limite de plasticidade (Fonte: própria, 2018).

Amostra	Peso do solo Seco (g)	Peso da água (g)	Teor de umidade (%)
1	2,11	0,324	15,355
2	1,805	0,269	14,903
3	2,168	0,367	16,928
4	1,841	0,292	15,861
5	2,616	0,44	16,82

Após a limpeza dos valores não representativos, restaram apenas as amostras 3,4 e 5. O limite de plasticidade encontrado foi LP=16,54%, determinado a partir da média entre essas três amostras.

Em posse dos valores de limite de liquidez e limite de plasticidade, o valor resultante do índice de plasticidade é igual a IP=7,79%, calculado a partir da Equação 1.

Os resultados dos peneiramentos grosso e fino estão representados na Tabela 4 e a partir desses valores determinou-se a curva granulométrica (Gráfico 2).

Tabela 4. Resultado do peneiramento (Fonte: própria, 2018).

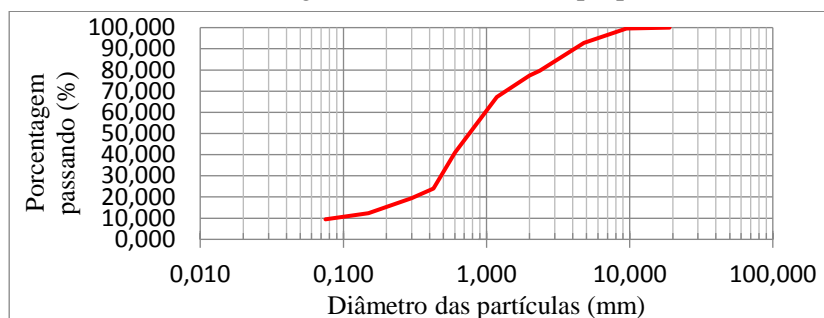
Peneiramento grosso					
Umidade higroscópica (%)	1,209	Massa total úmida (g)	1122,7	Massa total seca (g)	1109,29
Peneiras (mm)	Material retido			Material passando	
	Parcial (g)	Acumulado Mi (g)		Qg (%)	
19	0	0		100,00%	
9,5	4,246	4,246		99,62%	

4,8	75,624	79,87	92,80%
2,36	145,428	225,298	79,69%
2	25,267	250,565	77,41%

Peneiramento Fino

Massa úmida da amostra do material passante na peneira 2,00 mm (g)		106,1	Massa seca da amostra do material passante na peneira 2,00 mm (g)		104,833
Peneiras (mm)	Material retido		Material passando		
	Parcial (g)	Acumulado Mi (g)	Qg (%)		
1,18	13,767	13,767	67,25%		
0,6	35,662	49,429	40,91%		
0,425	22,832	72,261	24,05%		
0,3	6,258	78,519	19,43%		
0,15	9,553	88,072	12,38%		
0,075	3,951	92,023	9,46%		

Gráfico 2. Curva granulométrica (Fonte: própria, 2018).



Analisando a curva granulométrica através dos critérios do Sistema Rodoviário de Classificação encontra-se 22,59% de pedregulho, 67,95% de areia e 9,46% de silte e argila. A classificação do solo foi realizada a partir das seguintes informações: mais de 35% do solo passa na peneira nº 200 (0,075 mm); mais de 50% dos grãos passa na peneira nº 10 (2,00 mm); menos 50% passa na peneira nº 40 (0,425 mm); menos de 25% passa na peneira nº 200; IP maior que 6; LL menor que 40.

O solo enquadrou-se no grupo A-2 e no subgrupo A-2-4, logo é definido como solo de excelente para bom em relação a aplicação em estradas (Caputo, 1988). Segundo Braja (2014) o índice de grupo para os solos pertencentes ao subgrupo A-2-4 é sempre 0. Assim o solo estudado é classificado como A-2-4 (0).

CONCLUSÃO

O solo estudado foi classificado como A-2-4 (0), esse tipo de solo é, segundo Caputo (1988), enquadrado como entre excelente a bom para construção de estradas, pois é um material estável e possui pouca atividade em contato com a água, isso acontece porque o solo possui pequena fração fina de grãos.

Assim, o material do maciço do trecho estudado possui características adequadas para a situação em que foi aplicado.

REFERÊNCIAS

- Braja, M. D. Fundamentos de Engenharia Geotécnica. Cengage Learning. 8. ed. São Paulo, 2014. 614 p.
- Caputo, H.P. Mecânica dos solos e suas aplicações. LTC, vol. 1. 6. ed. Rio de Janeiro, 1988. 244 p.
- NBR 6457: Amostras de solo. Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Rio de Janeiro. 1986.
- NBR 6459: Solo. Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro. 1984.
- NBR 7180: Solo. Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro. 1984.
- NBR 7181: Solo. Análise granulométrica. Rio de Janeiro. 1984.
- Ribeiro, A.C.C.A. Transições aterro – estrutura em linhas ferroviárias de alta velocidade: análise experimental e numérica. Porto: FEUP, 2012. 336f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil).