



**Universidade Federal de Campina Grande
Centro de Tecnologia e Recursos Naturais
Unidade Acadêmica de Engenharia Civil**



Relatório de Estágio

**ATECEL - Associação Técnico Científico Ernesto Luiz
de Oliveira Júnior**

Disciplina: Estágio Supervisionado

Professor: Dr. John Kennedy Guedes Rodrigues

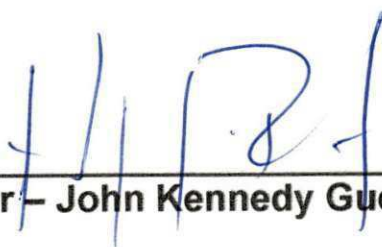
Aluno: Dannel Cláudio de Araújo

**Campina Grande-PB
Outubro/2008**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA DE RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADEMICA DE ENGENHARIA CIVIL

ESTÁGIO SUPERVISIONADO

(ATECEL- Associação Técnico Científico Ernesto Luiz de Oliveira Júnior)



Supervisor – John Kennedy Guedes Rodrigues



Aluno – Dannel Cláudio de Araújo



Biblioteca Setorial do CDSA. Maio de 2021.

Sumé - PB

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por sua presença constante em minha vida; aos meus pais , toda minha família e aos meus amigos pelos conhecimentos adquiridos em grupos de estudos .

Aos meus professores, funcionários e laboratoristas por terem transmitido conhecimentos indispensáveis para minha formação pessoal e profissional, em especial ao professor John Kennedy Guedes Rodrigues por ter aceitado orientar-me durante a realização deste referido estágio.

Agradeço, também, ao engenheiro Francisco Barbosa de Lucena, e aos demais técnicos e colaboradores da Atecel por transmitirem ensinamentos valiosos que nem sempre são alcançados na universidade na Universidade.

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
AB - 1	Rua Almeida Barreto - Poço de Inspeção N° 01
AB - 2	Rua Almeida Barreto - Poço de Inspeção N° 02
ABGE	Associação Brasileira de Geologia de Engenharia
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AL - 1	Rua Alta Leite - Poço de Inspeção N° 01
AL - 2	Rua Alta Leite - Poço de Inspeção N° 02
ASTM	Standard Test Method
B - 1	Rua Bruxelas - Poço de Inspeção N° 01
B - 2	Rua Bruxelas - Poço de Inspeção N° 02
CBR	California Bearing Ratio
DNER	Departamento Nacional de Estrada de Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes
EC - 1	Rua Eurípides C. da Cruz - Poço de Inspeção N° 01
EC - 2	Rua Eurípides C. da Cruz - Poço de Inspeção N° 02
FB - 1	Rua Fernando Barbosa de Melo - Poço de Inspeção N° 01
FB - 2	Rua Fernando Barbosa de Melo - Poço de Inspeção N° 02
HRB	Highway Research Board
IG	Índice de Grupo
ISC	Índice de Suporte Califórnia
IP	Índice de Plasticidade
JC	Rua José Carlos Cirino - Poço de Inspeção – Único
k	Coefficiente de Recalque
LL	Limite de Liquidez
LP	Limite de Plasticidade
Máx	Máximo
MPa	Mega Pascal (10^6 Pascal)
NBR	Norma Brasileira
SI	Sistema Internacional de Unidades
SPT	Standard Penetration Test
SUCS	Sistema Unificado de Classificação de Solos
TB	Terminologia Brasileira
USACE	United States Army Corps of Engineers

LISTA DE FIGURAS

Figura 5.1 - Remoção do material não representativo do subleito	20
Figura 5.2 - Poço de inspeção coleta de amostra do material do subleito	20
Figura 5.3 - Rua Alta Leite	21
Figura 5.4 - Rua Fernando Barbosa de Melo	21
Figura 5.5 - Rua Almeida Barreto	22
Figura 5.6 - Rua Eurípides C. da Cruz	22
Figura 5.7 – Rua Bruxelas	22
Figura 5.8 - Rua José Carlos Cirino	22
Figura 5.9 - Amostras de solos na secagem parcial.	23
Figura 5.10 - Destorroamento da amostra de solos no laboratório	24
Fluxograma 5.1 – Seqüência das atividades realizadas durante a fase experimental do trabalho.	19

SUMARIO

1.0	Apresentação	7
2.0	Introdução	8
3.0	Objetivo	9
4.0	Revisão teórica	10
4.1	Teor de umidade	10
4.2	Massa específica dos grãos	10
4.3	Granulometria	11
4.4	Limites de liquidez e plasticidade	14
4.5	Compactação	16
4.6	Densidade in situ	17
5.0	Atividades realizadas	19
5.1	Coleta e preparação das amostras	19
5.2	Teor de umidade	23
5.2.1	<i>Procedimento experimental</i>	23
5.2.2	<i>Determinação da umidade através de alguns métodos</i>	25
5.3	Granulometria	27
5.3.1	<i>Material utilizado</i>	27
5.3.2	<i>Preparação da amostra</i>	27
5.3.3	<i>Procedimento experimental</i>	28
5.4	Limites de liquidez e plasticidade	30
5.4.1	<i>Material utilizado</i>	30
5.4.2	<i>Determinação dos limites de consistência (LL e LP)</i>	30
5.4.3	<i>Procedimentos</i>	31
6.0	Conclusão	34
7.0	Referência bibliográfica	35
8.0	Anexos	36

1. APRESENTAÇÃO

O presente relatório apresenta informações de atividades desenvolvidas a partir do estágio supervisionado do aluno Danniell Cláudio de Araújo, regularmente matriculado no curso de Engenharia Civil do Centro de Tecnologia de Recursos Naturais, na Universidade Federal de Campina Grande, sob número de matrícula 20411179. O estágio ocorreu no período de 12 de setembro de 2008 a 24 de outubro de 2008, em regime de 30 horas semanais.

As atividades do estágio foram desenvolvidas na ATECEL – Associação Técnico Científica Ernesto de Oliveira Júnior, localizada na Avenida Aprígio Veloso, 882 1726, Bodocongó, Campina Grande - PB tendo como engenheiro responsável o Dr. Francisco Barbosa de Lucena. As atividades do estágio foram coordenadas pelo Engenheiro Francisco Barbosa de Lucena, pelo mestrando Hugo Pimentel e os laboratoristas.

2. INTRODUÇÃO

O estágio supervisionado tem por finalidade primordial criar raciocínios práticos, lógicos e realistas dos trabalhos desenvolvidos a cada dia no local de trabalho, tendo como base os conhecimentos teóricos adquiridos na instituição de ensino (UFCG), mesclados com as experiências vividas pelo estagiário.

O objetivo deste relatório é descrever as atividades realizadas na ATECEL, onde foram aprimorados e adquiridos novos conhecimentos. Foram desenvolvidas, basicamente, as seguintes atividades:

- Coleta e preparação das amostras de Solos
- Realização de ensaios de mecânica dos solos :
 - Teor de Umidade
 - Granulometria
 - Limite de Liquidez
 - Limite de plasticidade
- Ajuda aos alunos de mestrado

3. OBJETIVO

O estágio é muito importante na formação de um profissional, pois é a única oportunidade do aluno para colocar em prática o que ele viu na faculdade. Nesta ocasião ele não só expõe seus ensinamentos, mas também absorvem muitos outros na convivência com os engenheiros e laboratoristas, pois cada um destes, devido a sua vasta experiência na prática, tem muito a ensinar.

Portanto, o estágio tem como objetivo promover a interação entre o aluno e os profissionais da construção civil. Através deste, o aluno sente diretamente o que ele poderá enfrentar futuramente no desempenho de suas atividades profissionais.

4. REVISÃO TEÓRICA

4.1 TEOR DE UMIDADE

Como em toda a avaliação técnica e científica este experimento, tendo em vista uma melhor qualidade de precisão, é direcionado graças a normatização que é cedida e orquestrada pela ABNT.

No Brasil, se dispõe de normas que podem ser utilizadas para fazer o estudo da amostragem, são elas:

DNER-ME 041/94 – Preparação da amostra para ensaio de caracterização;

ABNT-NBR-6457/1986 – Amostra de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização.

Ambas estão cotadas para o uso de grandes amostras coletadas, sejam elas em jazidas ou subleitos de estradas. Entretanto, os ensaios de caracterização são também utilizados em outros tipos de materiais de amostras indeformadas, tais como tubos de paredes finas ou blocos escavados.

4.2 MASSA ESPECÍFICA DOS GRÃOS

A Massa Específica de um solo é a relação entre a sua massa total e o seu volume total, incluindo-se aí a massa de água existente em seus vazios e o volume dos seus vazios. Por definição tem-se:

$$\delta = M_t / V_t$$

Ou seja, é a massa da substância por unidade de volume.

A Massa Específica dos Grãos (partículas sólidas) de um solo é obtido dividindo-se a massa das partículas (não considerando a massa da água) pelo volume ocupado pelas mesmas (sem a consideração do volume ocupado pelos vazios do solo). É o maior valor de massa que um solo pode ter (Machado, S. L.). Por definição, tem-se:

$$\delta_g = M_g / V_g$$

Para a estimativa de todos os índices físicos é necessária a determinação, além da Umidade, da Massa Específica do solo e da Massa Específica dos Grãos determinar o Peso Específico dos Grãos.

Sobre o Peso Específico dos Grãos, que nada mais é que o produto da Massa Específica pela aceleração da gravidade, algumas observações necessitam ser mencionadas.

O peso específico das partículas (γ_g) de um solo é, por definição:

$$\gamma_g = \frac{P_s}{V_s}$$

Ou seja, o peso da substância sólida por unidade de volume.

A densidade relativa (δ) das partículas é a razão entre o peso da parte sólida e o peso de igual volume de água pura a 4°C. Logo:

$$\delta = \frac{\gamma_g}{\gamma_a}$$

Onde $\gamma_a = 1 \text{ g/cm}^3$ é o peso específico da água a 4°C, tem-se que: $\gamma_g = \delta\gamma_a$.

Assim, δ e γ_g são expressos pelo mesmo número, sendo que δ é adimensional e γ_g tem dimensão. Por exemplo, a densidade relativa do quartzo é 2,67 e o seu peso específico 2,67 g/cm³. Conquanto o valor de δ dependa do constituinte mineralógico da partícula, para a maioria dos solos seu valor varia entre 2,65 e 2,85; diminui para os solos que contém elevado teor de matéria orgânica e cresce para solos ricos em óxidos de ferro. O seu conhecimento é necessário para ensaios posteriores (CAPUTO, 1969.).

Segundo dados de Lambe e Whitman e Lambe (1969), o Peso Específico geralmente se encontra no intervalo de 22 a 29 kN/m³ em função dos minerais constituintes do solo. No entanto, é bastante comum se encontrar valores desse peso entre 25 e 28 kN/m³ (Machado, S. L.).

4.3 GRANULOMETRIA

Em qualquer estudo realizado em um solo, deve-se primeiro determinar a granulometria do mesmo.

A realização de todo o processo granulométrico está diretamente normalizada através da norma ABNT NBR 7181 da Associação Brasileira de Normas Técnicas, onde o solo é submetido a um processo de peneiramento respectivamente sobre as seguintes aberturas de malha: 4,8mm, 2,0mm, 600µm, 420µm, 250µm, 75µm. Onde a massa retida em cada peneira é determinada e os resultados obtidos são colocados em um gráfico semilogarítmico.

Neste tipo de gráfico, a quantidade que passa em cada peneira, expressa em percentagem, é colocada em ordenadas e em abscissas, os diâmetros das partículas (abertura da malha da peneira).

O tamanho das partículas é determinado, considerando-se que as partículas do solo tenham a mesma forma esférica, com isso a velocidade de queda em uma distância vertical é determinada com base na lei de Stokes, dada a seguir:

$$v = \frac{2\gamma_s - \gamma_a}{9\eta} \left(\frac{d}{2}\right)^2, \text{ onde}$$

v = velocidade de queda da partícula de solo, cm/s;

γ_s = massa específica do solo, g/cm³;

γ_a = massa específica da água, g/cm³;

η = viscosidade absoluta ou dinâmica do fluido, g/cm.s;

d = diâmetro da partícula, cm;

Tabela granulométrica para cada tipo de solo, relativo ao diâmetro da partícula.

	Fina	Média	Grossa
Argila	Silte	Areia	<u>Pedregulho</u> →

OBS. Para que seja possível descrever a curva granulométrica do solo, se faz necessária à execução de três procedimentos experimentais: peneiramento grosso, peneiramento fino e o ensaio de sedimentação, que teoricamente se encontram abaixo:

- **Peneiramento Grosso:**

Realizado para calcular o percentual de solo que se encontrou retido em cada peneira e dado através de:

$$M_s = \frac{M_t - M_g}{(100 + h)} \times 100 + M_g, \text{ onde}$$

M_s = Massa total da amostra seca ; M_t = Massa da amostra seca ao ar;

M_g = Massa do Material seco, retido na # 2,0 ; h = Umidade;

Para encontrarmos o percentual do material que passa nas peneiras temos que:

$$Q_g = \frac{M_s - M_i}{M_s} \times 100, \text{ onde}$$

Q_g = Percentual que passa na amostra total ; M_s = Massa total da amostra seca;

M_i = Massa do material retido acumulado em cada peneira ; h = Umidade;

- **Peneiramento Fino:**

Realizado para calcular o percentual de solo que se encontrou retido em cada peneira e dado através de:

$$Q_f = \frac{M_h \times 100 - M_i(100 + h)}{M_h \times 100} \times N, \text{ onde}$$

Q_f = Percentagem do material que passa nas peneiras ;

M_h = Massa úmida da amostra;

M_i = Massa da amostra retida acumulada em cada peneira ; h = Umidade;

N = Relação entre o peso de solo que passa na (#10) e o peso seco total de solo;

- **Sedimentação:**

Através do experimento de Sedimentação utilizou-se um densímetro para determinar as respectivas porcentagens correspondentes a suas leituras, tomando como referência à massa total da amostra:

$$Q_s = N \times \frac{\delta}{(\delta - \delta_d)} \times \frac{v \times \delta_c(L - L_d)}{M_h / (100 + h) \times 100}, \text{ onde}$$

Q_s = Percentagem da amostra em suspensão;

V = Volume da suspensão, em cm^3 ;

δ = Massa específica dos grãos de solo passando na peneira 4,8 mm;

δ_d = Massa específica do meio dispersor, à temperatura de ensaio, em g/cm^3 ;

M_h = Massa úmida da amostra;

L = Leitura do densímetro na suspensão;

L_d = Leitura do densímetro no meio dispersor, na mesma temperatura;

h = Umidade;

N = relação entre o peso de solo que passa na (#10) e o peso seco total de solo;

Para calcular o diâmetro máximo das partículas em suspensão, no momento de cada leitura do densímetro, utilizou-se à expressão baseada na lei de Stokes, abaixo:

$$D = \sqrt{\frac{1800 \times \eta}{\delta - \delta_d} \times \frac{\alpha}{t}}, \text{ onde}$$

D = Diâmetro das partículas de solo em suspensão;

η = Coeficiente de viscosidade do meio dispersor, à temperatura de ensaio;

δ = Massa específica dos grãos de solo passando na peneira 4,8 mm;

δ_d = Massa específica do meio dispersor, à temperatura de ensaio, em g/cm³;

α = Altura de queda das partículas, com resolução de 0,1 cm correspondente à leitura do densímetro, em cm;

t = Tempo de sedimentação em segundos;

4.4. LIMITES DE LIQUIDEZ E PLASTICIDADE

Por volta de 1991, o agrônomo sueco Atterberg dividiu os valores de umidade que uma argila pode apresentar em limites correspondendo ao estado aparente do material. Posteriormente Arthur Casagrande padronizou os ensaios para a determinação dos limites de consistência projetando um equipamento (aparelho de Casagrande) para a realização dos experimentos.

Para a determinação do limite de liquidez (LL) e o limite de plasticidade (LP), utilizou-se o cálculo para a obtenção do teor de umidade da amostra do solo:

$$h(\%) = \frac{Pa}{Pss} * 100, \text{ onde:}$$

Pa = Peso da água; Pss = Peso do solo seco; h(%) = Teor de Umidade;

As propriedades plásticas dependem do teor de umidade, além das formas das partículas e da sua composição química e mineralógica.

A plasticidade é normalmente definida como uma propriedade dos solos, que consiste na maior e menos capacidade de serem eles moldados, sob certas

condições de umidade, sem variação de volume, onde um corpo diz-se elástico quando recupera a forma e o volume primitivos, diz-se plástico quando não recupera seu estado original ao cessar a ação deformante.

Falaremos um pouco sobre a determinação dos Limites de Consistência.

A delimitação entre os diversos estados de consistência é feita de forma empírica. Esta delimitação foi inicialmente realizada por Atterberg, culminando com a padronização dos ensaios para a determinação dos limites de consistência por Arthur Casagrande.

Conforme apresentado anteriormente, são os seguintes os limites que separam os diversos estados de consistência do solo:

- **Limite de Liquidez (LL)**
- **Limite de Plasticidade (LP)**
- **Limite de Contração (LC)**

O Limite de Contração (LC) não será abordado neste experimento. Serão abordados apenas os Limites de Plasticidade e Liquidez.

Limite de Liquidez:

É o teor de umidade na qual se unem, em um centímetro de comprimento, os bordos inferiores de uma canelura, aberta por um cinzel de dimensões padronizadas, em uma massa de solo colocada em um aparelho também padronizado (concha de Casagrande), sob o impacto de 25 golpes desse aparelho. O limite de liquidez marca a transição do estado líquido para o estado plástico;

Limite de Plasticidade:

É o teor de umidade no qual o solo começa a quebrar-se, em pequenas peças, quando enrolado em bastões de 3 mm de diâmetro. O limite de plasticidade é o menor teor de umidade em que o solo se comporta plasticamente, definindo, portanto, a transição entre o estado plástico e o semi-sólido.

Índice de Plasticidade:

Denomina-se *índice de plasticidade* à diferença entre os limites de liquidez e de plasticidade:

$$IP = LL - LP$$

Ele define a zona que o terreno se acha no estado plástico e, por ser máximo para as argilas e mínimo, ou melhor, nulo para as areias, fornece um critério para se ajuizar do caráter argiloso de um solo; assim, quanto maior o IP, tanto mais plástico será o solo.

Quando um material não tem plasticidade (areia, por exemplo), considera-se o índice de plasticidade nulo e escreve-se $IP = NP$ (não plástico).

Sabe-se que uma pequena porcentagem de matéria orgânica eleva o valor do LP, sem elevar simultaneamente o do LL; tais solos apresentam, pois, baixos valores para IP.

Sabe-se, ainda, que as argilas são tanto mais compressíveis quanto maior for o IP. Segundo Jenkins, os solos poderão ser classificados em:

Fracamente plásticos.....	1 < IP < 7
Medianamente plásticos.....	7 < IP < 15
Altamente plásticos.....	IP > 15

4.5 COMPACTAÇÃO

Para se utilizar o solo como material de construção pressupõe a determinação de sua densidade através de compactação.

A compactação de um solo é um processo manual ou mecânico que visa reduzir o volume de seus vazios através da eliminação do ar, com isto aumentamos o seu peso específico e melhorando as suas propriedades como: *resistência, permeabilidade, compressibilidade e estabilidade*; a compactação é um dos vários meios empregados para estabilizar um solo.

É o processo mais usado de estabilização de solos em obras tipo estradas, aeroportos e barragens de terra, por ser bastante simples e econômico em relação aos outros; podemos citar os métodos para melhorar um solo: confinamento, cal cimento, sal etc.

O processo de compactação depende de vários fatores que para serem avaliados torna-se necessário dispor-se de procedimentos adequados que reproduzam o processo de compactação de campo em laboratório.

Portanto os processos de compactação devem ser estudados tanto em campo (para obter normas de projeto) como em laboratório, não esquecendo da importância que deve ser dada a investigação das propriedades que é possível obterem nos solos compactados.

A técnica de compactação de solos é relativamente recente e vem evoluindo muito através da evolução tecnológica dos equipamentos de compactação no campo, através de rolos compactadores pesados, com ações estáticas e dinâmicas.

4.6. DENSIDADE IN SITU

Compactação no campo

Como a compactação tem por objetivo estabilizar um solo com relação a seu comportamento como material de construção, é importante assegurar propriedades de engenharia para um aterro, em geral bem correlacionadas com a massa específica aparente seca e o teor de umidade. Assim sendo, o controle da compactação de solos, no campo, deve ser feito através de dois parâmetros:

- *controle do teor de umidade* – antes do início da compactação de forma que o solo seja compactado na umidade ótima, com uma tolerância máxima especificada;
- *controle da massa específica aparente seca* – após a compactação, através do Grau de compactação (GC) definido como a relação entre a massa específica obtida no campo (γ_{campo}) e a massa específica aparente seca máxima obtida em laboratório ($\gamma_{\text{smáx}}$):

$$Gc = (\gamma_{\text{campo}} / \gamma_{\text{max lab}}) \times 100$$

É importante sabermos que o grau de compactação deve ser no mínimo de 95%, para que o solo não precise ser compactado novamente.

Para execução desse ensaio no campo, têm-se duas formas do gerenciamento da qualidade nas obras relacionadas à construção civil:

1. exigência de desempenho ("end-product specification");
2. metodologia especificada.

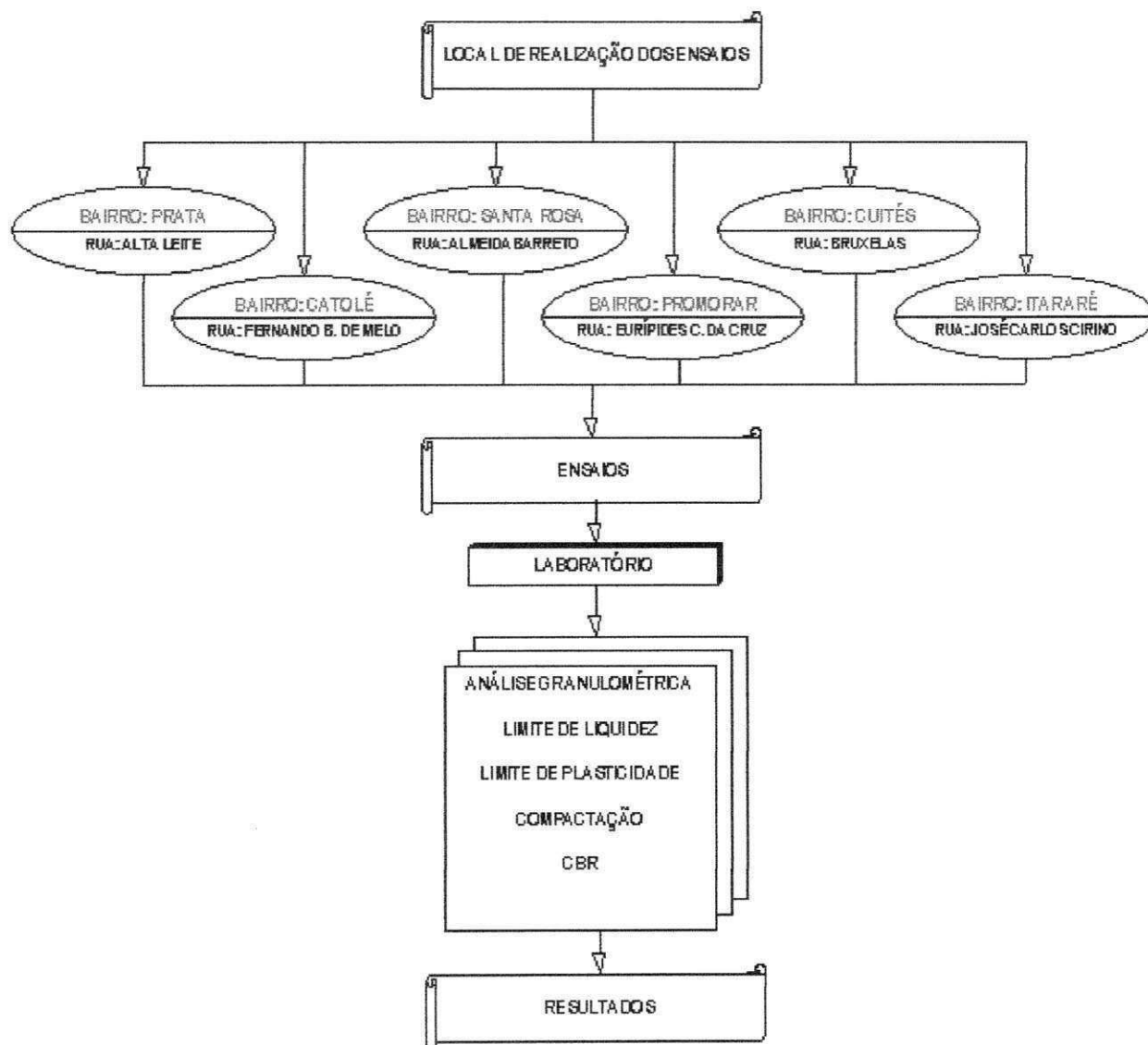
Observa-se que no primeiro caso o controle é de responsabilidade do construtor, sem interesse nas técnicas e equipamentos utilizados para realização do serviço contratado assim como pela performance da obra durante sua vida de serviço. Considera-se que razões de ordem econômica asseguram a necessidade de o construtor utilizar processos adequados para atender as exigências estabelecidas, bem como satisfazer as ambições consignadas nos interesses da empresa contratante.

Já para o segundo caso é exigido uma padronização de ensaio assim como um elenco de exigências que se tornam padrão para o nível de qualidade estabelecido em geral, sob responsabilidade do estado brasileiro.

5.0 – ATIVIDADES REALIZADAS

5.1. Coleta e preparação das amostras

Foi realizada a coleta das amostras de solos nas diversas ruas ,para posteriormente serem caracterizadas. No Fluxograma 5.1 está ilustrada a seqüência das atividades realizadas durante a fase experimental do trabalho.



Fluxograma 5.1 – Seqüência das atividades realizadas durante a fase experimental do trabalho.

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Fo realizada a escolha dos trechos de ruas não pavimentadas para realização de ensaios de caracterização do solo para posteriormente realizar o ensaio de CBR in situ.

Os critérios de escolha dos trechos de ruas para realização de coletas de amostras e dos ensaios em campo foram: não ser pavimentada; representatividade, tipo de solo, topografia, localização e condições de segurança.

Após a escolha dos trechos de ruas foram as coletas de amostras para ensaios em laboratório objetivando um completo estudo sobre as características físicas e comportamento mecânico dos solos que constituíam os subleitos investigados.

Os materiais utilizados na coleta das amostras de solos foram:

- >Balde
- >Pá
- >Picareta
- >Trena
- >Etiqueta de identificação
- >“Metro”

Para cada trecho de rua estudado foram abertos dois poços de inspeção de dimensões (0,8 m x 0,8 m x 0,1 m). Primeiro foi retirado o material não representativo no subleito.(Figura 5.1)

Em cada poço de inspeção foram retiradas amostras de material para realização dos ensaios em laboratório de caracterização física (Figura 5.2).



Figura 5.1 Remoção do material não representativo do subleito



Figura 5.2 Poço de inspeção coleta de amostra do material do subleito

As amostras de solo coletadas foram preparadas para os ensaios de caracterização seguindo os procedimentos da norma NBR-6457. Os procedimentos para à análise granulométrica foram realizados de acordo com o método de ensaio NBR-7181, em que cada amostra do material foi submetida ao processo de peneiramento, fazendo-se uso da série normal de peneiras. Os índices de consistência foram obtidos segundo os procedimentos contidos na norma NBR-6459, para limite de liquidez, e na norma NBR-7180, para limite de plasticidade.

Depois da realização dos ensaios de caracterização física, os materiais foram classificados segundo o método HRB (Highway Research Board) e SUCS (Sistema Unificado de Classificação de Solos).

O critério para a escolha da localização dos poços de inspeção foi aleatório objetivando dessa forma um caráter mais representativo ao procedimento de obtenção dos dados. Os pontos de amostragem foram realizados em lados opostos ao eixo das ruas, sendo um locado no início desta e outro no final. As localizações dos poços de inspeção encontram-se ilustrados na Figura 5.3 à Figura 5.8.



Figura 5.3 - Rua Alta Leite



Figura 5.4 - Rua Fernando Barbosa de Melo



Figura 5.5 - Rua Almeida Barreto



Figura 5.6 - Rua Eurípides C. da Cruz



Figura 5.7 - Rua Bruxelas



Figura 5.8 - Rua José Carlos Cirino

5.2 TEOR DE UMIDADE

5.2.1 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Para este se faz necessário os seguintes procedimentos:

Secagem parcial das amostras de solo;

Destorroamento;

Quarteamento;

Pesagem; e

Peneiramento.

• SECAGEM PARCIAL DAS AMOSTRAS

Sendo a primeira etapa, pode ser feita de três maneiras:

Exposição ao ar – a amostra é espalhada em área aberta, tendo contado direto com o sol e o ar;

Exposição à luz infravermelha – a amostragem é espalhada em bandejas, rasas e expostas a luzes infravermelhas, por um período de 12 horas, e;

Secagem a estufa – a amostra é colocada em estufa, por um período de 12 horas, a uma temperatura máxima de 60°C. Esta alternativa só deverá ser empregada, se houver conhecimento de que a temperatura não mudará as características do material.

A figura 5.9 mostra as amostras de solos sendo secadas a exposição do ar.



Figura 5.9 - Amostras de solos na secagem parcial.

- **DESTORROAMENTO DA AMOSTRA**

Tem como finalidade principal a separação das partículas maiores das menores do solo. A amostra é coletada em uma cápsula de porcelana com capacidade de 5 kg de solo, e aos poucos, com o auxílio da mão de gral, recoberta de borracha, precisa-se a amostra, fazendo movimento circular até conseguir uma desagregação total das partículas do solo, o mesmo deve ser feito sem que haja redução nas partículas, para isso a mão de gral deverá estar em perfeito estado. A figura x apresenta a amostra de solo sendo destorroada no laboratório



Figura 5.10 - Destorroamento da amostra de solos no laboratório

- **QUARTEAMENTO DA AMOSTRA**

É o processo pelo qual se extrai da amostra total, uma menor, homogênea e representativa da amostra ensaiada.

O quarteramento se faz com a amostra destorroada, podendo ter como auxílio um repartidor de amostras. No quarteramento direto, a amostra é colocada numa superfície plana e limpa, misturada intensamente com uma pá, para o caso da amostra se grande, no caso de uma amostra pequena, a mesma poderá ser feita com uma colher, sendo arrumada de formas cônicas.

Esse cone é então achatado, com a ajuda da pá e em seguida é cortado em quatro partes iguais.

Sendo que duas partes diametralmente será descartada, misturando o material restante e repetindo o mesmo processo até obter o valor de amostra desejada. O repartido tem

como função dividir de forma igual a amostra que nela for colocada, distribuindo o material em duas bandejas. Assim, a amostra original é colocada em caçambas, a qual é colocada em diagonal, sobre o separador e o solo é despejado, fazendo o movimento de vaivém até esgotar todo material da amostra da caçamba.

O material de uma das bandejas é descartado, submetendo o solo da outra bandeja a separação, até se conseguir a amostra com peso desejado.

A amostra representativa, obtida no quarteamento, deverá ter cerca de:

Solos argilosos ou siltosos – 1500g

Solos arenosos ou pedregulhosos – 2000g

O peso da amostra representativa, obtido com aproximação de 5g, deve ser registrado como o peso total da amostra seca ao ar.

- **PENEIRAMENTO DA AMOSTRA**

O peneiramento é o ultimo processo para a preparação da amostra, e nele o material é separado para diferentes ensaios. Recomenda-se, que antes do peneiramento, se proceda mais um destorroamento, com a finalidade de desagregar todos os torrões, de modo a assegurar os grãos de maior valia para a malha especificada. Toda a amostra é passada na peneira de 2,0 mm (nº 10), para o DNER, já para a ABNT será o de 4,8 mm

5.2.2. DETERMINAÇÃO DA UMIDADE ATRAVÉS DE ALGUNS MÉTODOS

- **MÉTODO DO ÁLCOOL**

A umidade se determina pela adição de 12,5 ml de álcool a uma amostra de aproximadamente 50g de solo e sua posterior queima, avaliando peso inicial e final. Este método é empregado em campo quando autorizado pela fiscalização da obra .

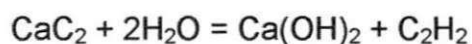
- **MÉTODO SPEEDY**

Consiste no emprego do aparelho Speedy. Ele é constituído por um reservatório metálico fechado que se comunica com um manômetro destinado a medir a pressão interna. Dentro deste reservatório são colocados em contacto uma certa quantidade de

solo úmido e uma determinada porção de Carbureto de Cálcio(CaC₂) . A água contida no solo, combinando-se com o CaC₂ gera acetileno, e a partir daí pela variação da pressão interna obtém-se a quantidade de água existente no solo.

- **DESCRIÇÃO DO CONJUNTO SPEEDY**

Nosso conjunto Speedy é uma unidade portátil compacta, simples e de rápida operação. Não exige, já que a porcentagem de umidade é lida diretamente no mostrador. É de uso flexível já que não exige nenhum acessório ou componente elétrico. Nenhuma habilidade especial é necessária para sua operação. A balança portátil que o acompanha é sensível à 1g. Ele é constituído por um reservatório metálico fechado que se comunica com um manômetro destinado a medir a pressão interna. Dentro deste reservatório são colocados, em contato, uma certa quantidade de solo úmido e uma determinada porção de carbureto de cálcio (CaC₂). A água contida no solo combinando-se com o carbureto de cálcio,, gera acetileno, tal como expressa a equação:



E daí, pela variação da pressão interna obtém-se a quantidade de água existente no solo.

- **SECADOR A INFRAVERMELHO DETERMINADOR DE UMIDADE**

O secador a infravermelho é especialmente projetado para determinar umidades, já que consiste numa balança integrada a um secador. A amostra é colocada sobre o prato e sua medida registrada. Após a secagem a medida é refeita e a umidade determinada. A carga máxima é de 200g, sensibilidade 00.1g. A faixa de temperatura vai de 35°C a 205°C por 1°C, e a temperatura de funcionamento é de 10°C a 40°C. Possui autocalibração e leitura digital (100, 120, 220, 240 VCA, 50/60 Hz).

MATERIAIS E MÉTODOS UTILIZADOS

A aparelhagem necessária para a execução do ensaio é a seguinte: Balanças, Estufa, Dessecador e Recipientes adequados;

EXECUÇÃO DO ENSAIO

Procedimento geral:

Tomar uma quantidade de material, função de dimensões dos grãos maiores contidos na amostra, destorrear-lo, coloca-lo no estado fofo, em cápsula adequadas . pesar o conjunto com a resolução correspondente e anotá-lo;

Colocá-lo na estufa, à uma temperatura de 105°C a 110°C, onde deve permanecer até apresentar constância de massa, normalmente um intervalo de 16 a 24 horas é suficiente para a secagem do material, podendo ter intervalos maiores se for necessário, dependendo do tipo e qualidade do solo ou se mesmo estiver muito úmido.

5.3 GRANULOMETRIA

5.3.1 Material Utilizado

Para a realização da experiência se fez necessária à utilização do seguinte material:

- ✓ Balança;
- ✓ Estufa;
- ✓ Decepador;
- ✓ Dispensor;
- ✓ Proveta de vidro;
- ✓ Densímetro de bulbo de simétrico;
- ✓ Termômetro graduado;
- ✓ Relógio com indicação de segundos;
- ✓ Béquer de vidro, com capacidade de 250 cm³;
- ✓ Proveta de vidro, com capacidade de 250 cm³ e resolução de 2 cm³;
- ✓ Tanque para banho, com dimensões adequadas à imersão das provetas;
- ✓ Peneiras de 50; 38; 25,4; 19,1; 9,5; 4,8; 2,0; 1,2; 0,6; 0,42; 0,30; 0,15 e 0,074 mm;
- ✓ Escova com cerdas metálicas;
- ✓ Agitador mecânico de peneiras com dispositivo para fixação de até seis peneiras, incluindo tampa e fundo;
- ✓ Baqueta de vidro.

5.3.2. PREPARAÇÃO DA AMOSTRA (Norma NBR 7181/1984)

Após o recebimento da amostra de solo, efetuou-se o seguinte procedimento:

Secou-se uma determinada quantidade de solo ao ar (uma quantidade maior do que se utilizou no ensaio), desmanchando-se os torrões e homogeneizando-se cuidadosamente o solo trabalhado.

A quantidade de solo que foi utilizada no ensaio foi obtida por quarteamento (realizada manualmente ou com o uso do quarteamento) obtendo-se assim uma amostra de solo com o peso necessário para se efetuar os ensaios (a quantidade de solo necessária para a realização do ensaio de granulometria é função do tipo de solo: solos grossos requerem uma maior quantidade de solo e vice-versa).

Pesou-se a amostra de solo seco ao ar e peneirou-se o material na peneira 10. Tomou-se o cuidado de desmanchar os possíveis torrões que ainda não tinham sido desmanchados.

A amostra retida na peneira 10 foi utilizada no peneiramento grosso do solo. Do material que passou na peneira 10 retirou-se quantidades suficientes de solo para a realização do peneiramento fino, do ensaio de sedimentação, para determinar o peso específico dos sólidos e para determinar o teor de umidade do solo.

5.3.3. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

O procedimento experimental para o ensaio de granulometria foi dividido em três partes, que são: peneiramento Grosso, peneiramento fino e sedimentação.

Peneiramento Grosso:

O peneiramento grosso foi realizado utilizando-se a quantidade de solo que ficou retida na peneira 10, no momento da preparação da amostra, e que se seguiu o seguinte procedimento experimental:

1. Lavou-se a amostra na peneira 10 colocando-se em seguida na estufa;
2. As peneiras de aberturas maiores e igual a #10 foram colocadas uma sobre as outras com as aberturas das malhas crescendo de baixo para cima. Embaixo da peneira de menor abertura colocou-se o prato que recolheu os grãos que por ela

passou. Em cima da peneira de maior abertura foi colocado a tampa para que se evitasse a perda de partículas no início do processo de vibração. O conjunto de peneiras assim montado pôde ser agitado manualmente;

3. Pesou-se a fração da amostra retida em cada peneira;

Peneiramento Fino:

O peneiramento fino foi realizado utilizando-se a quantidade de solo que passou na peneira 10, no momento da preparação da amostra, e que se seguiu o seguinte procedimento experimental:

1. Colocou-se a amostra na peneira 200, onde se lavou e colocou-o na estufa;
2. Juntou-se e empilhou-se as peneiras de abertura compreendidas entre as peneiras 10 e 200, colocando-se a amostra seca no conjunto das peneiras. Agitou-se o conjunto manualmente (tomou-se todo o cuidado como descrito para o caso do peneiramento grosso);
3. Pesou-se a fração da amostra retido em cada peneira;

Sedimentação:

Para a realização do ensaio de sedimentação, utilizou-se a amostra obtida conforme descrito anteriormente, com peso entre 50 e 100g. O ensaio de sedimentação é realizado seguindo-se o seguinte procedimento experimental:

1. Colocou-se a amostra em imersão (6 a 24h) com defloculante (solução de hexametáfosfato de sódio);
2. Agitou-se a mistura no dispersor elétrico por 5 a 15 minutos;
3. Transferiu-se a mistura para uma proveta graduada, completando com água destilada até 1000 ml e realizando-se o agitação da mistura amostra/água;
4. Efetuou-se as leituras do densímetro nos instantes de 30s, 1 min, 2, 4, 8, 15 min, 30 min, 1h, 2, 4, 8, 24h;

Observações:

Para a elaboração da curva granulométrica da amostra foi realizado o cálculo para os três procedimentos, que estão em anexo.

No entanto, antes de se obter a curva relatada acima, foi necessário determinar a altura da queda das partículas (α), com relação à leitura dos densímetros, onde traçou-se o gráfico de variação da altura de quedas partículas em função da leitura do densímetro, relacionando L (Leitura do densímetro na suspensão).

Os gráficos, bem como os cálculos estão relacionados em anexo, como foi relatado anteriormente.

5.4. LIMITE DE LIQUIDEZ E DE PLASTICIDADE

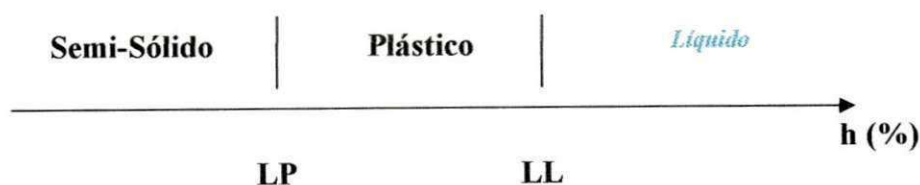
5.4.1 MATERIAL UTILIZADO

Para a realização dos objetivos aqui esperados fez-se necessária à utilização dos seguintes materiais:

- ❖ estufa;
- ❖ cápsula de porcelana;
- ❖ espátula de 80mm de comprimento e 20mm de largura;
- ❖ aparelho Casagrande;
- ❖ cinzel;
- ❖ balança;
- ❖ gabarito para calibração.

5.4.2 DETERMINAÇÃO DOS LIMITES DE CONSISTÊNCIA (LL e LP)

Definição:



Estados Físicos para Solos Finos.

{ LL = Limite de Liquidez.
{ LP = Limite de Plasticidade.

Ambos são teores de umidade (h), que indicam:

{ LP ⇒ Passagem do estado semi-sólido para o plástico.
{ LL ⇒ Passagem do estado plástico para o Líquido.

5.4.3 PROCEDIMENTOS

Determinação do LL

- Peneira-se a amostra de solo na peneira nº 40 (0,42mm)* e do material passado, separando 250gf.

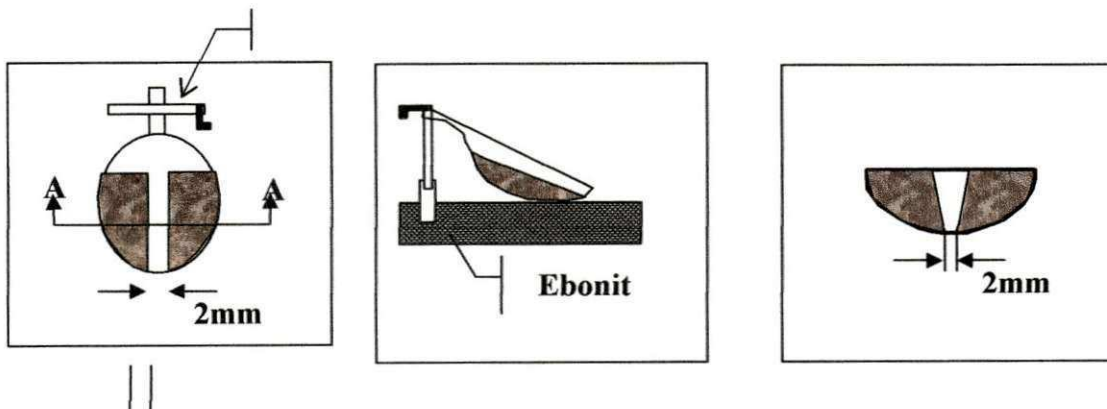
*Argila Orgânica e Solo Residual.

Uma parte para o ensaio de determinação do LL.

E a outra parte para o ensaio de determinação do LP.

- Destorroa-se o solo e homogeneizamos numa placa de vidro liso com pequena quantidade de água (h baixo)

- Coloca-se no aparelho de Casagrande seguindo todas as norma especificas e anota-se o nº de golpes (N1) realizados pelo Casa Grande para fechar o sulco em 1cm, e determina-se o teor de umidade do 1º ponto (h1).

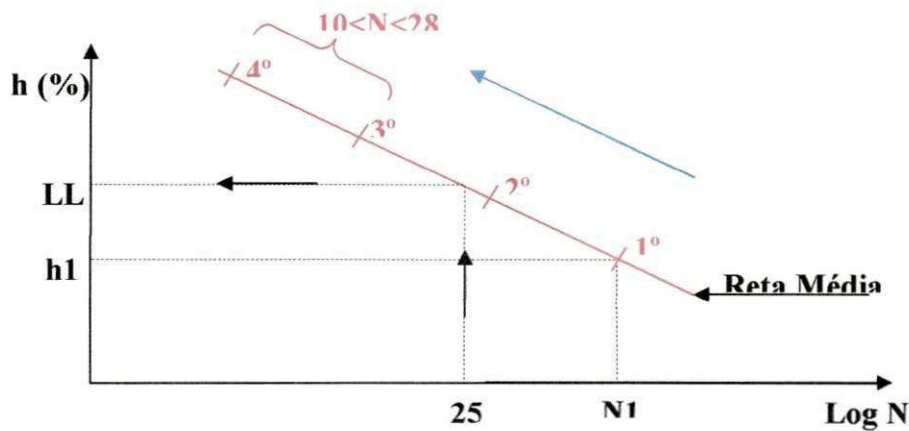


Planta

Perfil

Corte A- A

- Repeti-se essa operação mais quatro vezes, sempre com h crescente obtendo-se pares de valores (h, N)
- Plota-se um gráfico $h \times N^\circ$ de golpes, onde LL é h para $N = 25$ golpes.



Este índice indica a faixa de umidade, na qual um solo é coesivo. De acordo com Atterberg, temos:

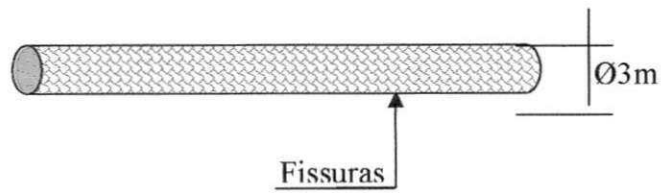
$IP < 7$	Solo de baixa plasticidade
$7 \leq IP \leq 17$	Solo de plasticidade média
$IP > 17$	Solo de alta plasticidade

Determinação do LP

- Destorra-se o solo restante sobre a placa de vidro fosco (poroso) e homogeneizamos com pequenas quantidade de água (h baixo)
- Faz-se manualmente um pequeno cilindro de solo (moldamos com o auxílio de um gabarito de aço com aproximadamente $\varnothing 3\text{mm}$), até que ele comesse a fissurar.

- Repeti-se essa operação mais duas vezes .
- O LP é a média aritmética dos três valores de umidade.

$$LP = \frac{h1+h2+h3}{3}$$



6.0 – CONCLUSÕES

Através dos trabalhos apresentados, constata-se que houve uma crescente absorção de conhecimentos, devido ao aprofundamento na área de geotecnia, presenciando , a caracterização dos solos, ou seja, buscando suas características e qual a maneira mais adequada de utilizá-los.

Ainda sobre os tipos de solos ensaiados, foram obtidas características importantes, à exemplo do teor de umidade, da granulometria, além dos índices que trazem para as obras uma maior segurança para engenharia, destarte percebe-se o quanto o estudo de solo torna-se indispensável para a aplicação prática da engenharia civil.

Diante do exposto, percebe-se que o estágio é de extrema importância para a formação de um profissional, além da participação do mesmo em programas como os estágios, pois a prática profissional traz aos estudantes da construção civil uma vivência direta com engenheiros, laboratoristas e demais técnicos, mostrando-nos com agir, falar, ou seja, como nos relacionarmos no ambiente de trabalho. É de extrema valia e agradeço a todos pela colaboração.

7.0 – REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR-6457. Amostras de solo – **Preparação para Ensaio de Compactação e Ensaio de Caracterização**. Rio de Janeiro, 1996.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR-6459. Solo – **Determinação do Limite de Liquidez**. Rio de Janeiro, 1984.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR-7180. Solo – **Determinação do Limite de Plasticidade**. Rio de Janeiro, 1984.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR-7181. Solo – **Análise Granulométrica**. Rio de Janeiro, 1984.

ABNT– ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR-7185/84 Solo – **Determinação da Massa Específica Aparente, “in situ” com Emprego do Frasco de Areia**. Rio de Janeiro 1986.

ANEXOS

APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Em laboratório

Um sistema de classificação de solos bastante utilizado em pavimentação é o HRB (Highway Research Board). Nesta classificação, os solos são reunidos em grupos e subgrupos, em função de sua granulometria, limites de consistência e do índice de grupo.

O Sistema Unificado de Classificação de Solo (SUCS) baseia-se na identificação dos solos de acordo com as suas qualidades de textura e plasticidade, agrupando-lhes de acordo com seu comportamento quando usados em estradas, aeroportos, aterros e fundações.

Nas Tabelas 4.1 e 4.2 estão apresentadas as distribuições dos tamanhos dos grãos, os índices de consistência (LL e LP) e as classificações das amostras dos materiais dos subleitos segundo o que preconizam os métodos de classificação HRB e SUCS.

Tabela A.1 - Resultados do ensaio de granulometria por peneiramento.

Porcentagem	que passa (%)	# Pen.	AL -1	AL -2	FB -1	FB -2	EC -1	EC -2	B - 1	B - 2	AB -1	AB -2	JC
		1"	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
3/8"	99,6	99,6	99,8	93,9	88,0	92,2	98,3	100,0	99,8	99,3	100,0		
nº 4	98,9	98,1	99,2	91,7	82,5	86,3	93,8	100,0	97,3	97,9	100,0		
nº 10	92,2	91,4	93,8	89,9	78,0	74,2	83,4	98,1	91,2	95,3	99,6		
nº 40	64,4	62,9	74,7	79,8	55,1	45,0	49,7	72,6	64,6	64,0	85,7		
nº200	23,0	23,6	50,7	41,9	14,7	21,1	13,7	27,1	21,7	25,3	28,3		

Tabela A.2 - Resultados dos ensaios de consistência e classificação dos solos.

Poço	AL -1	AL -2	FB -1	FB -2	EC -1	EC -2	B - 1	B - 2	AB -1	AB -2	JC
LL*	NL	NL	34,5	28,0	NL	NL	NL	NL	NL	NL	NL
IP*	NP	NP	12,3	10,4	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
IG	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0
HRB	A-2-4	A-2-4	A-6	A-4	A-2-4	A-1-b	A-1-b	A-2-4	A-2-4	A-2-4	A-2-4
SUCS	SM	SM	CL	ML	SM	SW	SW	SM	SM	SM	SM

* valores em porcentagem (%)

Os resultados dos ensaios indicam que a maioria dos solos dos subleitos são do tipo A-2-4 e SM, solos constituídos por misturas de areia e silte (areia siltosa), cujo comportamento como subleito pode variar de excelente a bom. O solo coletado no poço 01 da Rua Fernando B. de Melo, foi classificado como sendo do tipo A-6 e CL, sendo caracterizado como uma argila inorgânica de baixa plasticidade (argila arenosa), já o solo do poço 02, dessa mesma rua, foi classificado como A-4 e SC, solo constituído por misturas de areia e argila (areia argilosa). Esses dois tipos de solos possuem um comportamento como subleito classificado como sofrível a mau. Em se tratando dos solos coletados nos poços de inspeção EC-2 e B-1 ambos são classificados como sendo do tipo A-1-b e SW, solos constituídos por areias bem graduadas ou areias pedregulhosas, com pouco ou nenhum fino, cujo comportamento como subleito pode variar de excelente a bom.

Em campo

Os resultados dos ensaios de Massa Específica Aparente Seca "in situ" (NBR-7185, ABNT) e dos teores de umidade encontrados em campo, encontram-se apresentados na Tabela A.3.

Tabela A.3 – Valores da Densidade "in situ" e dos teores de umidade obtidos em campo.

Poço	AL - 1	AL - 2	FB - 1	FB - 2	EC -1	EC -2	B - 1	B - 2	AB -1	AB -2	JC
Massa Específica Aparente Seca "in situ" (g/cm ³)											
	1,749	1,846	1,174	1,650	1,990	1,930	2,175	1,940	2,030	1,900	1,975
Umidade (%) – Período de maior índice pluviométrico (P = 106,7 mm)											
	12,37	6,25	16,30	11,17	5,69	6,10	6,82	7,70	7,73	7,56	NR
Umidade (%) – Período de menor índice pluviométrico (P= 13,4 mm)											
	4,97	5,58	13,58	4,64	1,76	6,09	3,45	3,60	1,58	4,76	10,25

NR = Não Realizado

caracterização do comportamento mecânico do material coletado

Para o estudo do comportamento mecânico dos materiais, foram realizados, em laboratório, os ensaios de compactação, CBR e expansão, e em campo, os ensaios com o CPD, CPE e Ensaio de Placa.

Em laboratório

- Ensaio de Compactação

A compactação é a operação da qual resulta o aumento da massa específica aparente de um solo, pela aplicação de esforços mecânicos, o que faz com que as partículas constitutivas do material entrem em contato mais íntimo, pela expulsão do ar. Com a redução da porcentagem de vazios de ar, consegue-se também, reduzir a tendência de variação dos teores de umidade dos materiais integrantes do pavimento, durante a vida de serviço.

Os ensaios de compactação foram realizados conforme o Método de Ensaio ME-162/94, segundo recomendações do Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transporte (DNIT). Devido ao fato dos materiais coletados serem de origem de subleito, aplicou-se, a energia do Proctor Normal (12 golpes por camadas, num total de 5 camadas), já que essa é a energia de compactação geralmente apropriada para a compactação de materiais provenientes da fundação de pavimentos.

Na Tabela A.4, estão apresentados os resultados obtidos por meio dos ensaios de compactação realizados com as amostras coletadas nos poços de inspeções.

Tabela A.4 – Resultados dos ensaios de compactação na Energia de Proctor Normal.

Poço	AL -1	AL -2	FB -1	FB -2	EC-1	EC 2	B - 1	B - 2	AB -1	AB -2	JC	
Compactação Energia Normal	γ_d Máx. (g/cm ³)	1,910	1,918	1,555	1,811	1,908	1,948	1,975	2,020	1,865	1,970	1,900
	$W_{ótm}$ (%)	9,8	9,1	23,5	15,7	9,6	9,9	9,0	8,9	10,4	9,0	10,0

Segundo orientações contidas no Manual de Pavimentação do DNIT (1996), a massa específica aparente seca máxima de um solo, obtida após a compactação, deve variar, aproximadamente, entre os valores 1,400 g/cm³ e 2,300 g/cm³. Dessa forma, observa-se que os resultados obtidos estão pertencentes ao intervalo especificado.

Após as realizações dos ensaios de compactação, foram verificados os graus de compactação em campo, por meio da Fórmula 4.1 que relaciona a massa específica aparente seca "in situ" com a massa específica aparente seca máxima obtida em laboratório. Na Tabela A.5, encontram-se os resultados das massas específicas

aparente seca obtidas, em campo e em laboratório, e o respectivo grau de compactação.

$$GC = \frac{\gamma_d (\text{Campo})}{\gamma_{d\text{Máximo}} (\text{Laboratório})} \times 100 \quad [4.1]$$

Tabela A.5 – Resultados das massas específica aparente seca obtidas, em campo e laboratório, e respectivos graus de compactação.

Poço	AL - 1	AL - 2	FB - 1	FB - 2	EC - 1	EC - 2	B - 1	B - 2	AB - 1	AB - 2	JC
massa específica aparente seca "in situ" (g/cm ³)											
	1,749	1,846	1,174	1,650	1,990	1,930	2,175	1,940	2,030	1,900	1,975
massa específica aparente seca máxima obtida em laboratório (g/cm ³)											
	1,910	1,918	1,555	1,811	1,908	1,948	1,975	2,020	1,865	1,970	1,900
Grau de Compactação (%)											
	91,6	96,2	75,5	91,1	104,3	99,1	110,1	96,0	108,8	96,4	103,9

Por meio dos resultados obtidos observa-se, em alguns poços de inspeção, um grau de compactação elevado, acima de 100%, isso se deve ao fato da existência de um pequeno tráfego de veículos nessas localidades. O baixo grau de compactação de 75,5% obtido no poço de inspeção FB-1 pode ser justificado pela ausência de tráfego no local.