

**Universidade Federal de Campina Grande
Centro de Tecnologia e Recursos Naturais
Unidade Acadêmica de Engenharia Civil
Disciplina: Estágio Supervisionado
Orientador: Prof. João Batista Q. de Carvalho
Aluno: Leonard Garrido de Andrade Mat. 2012.1082**



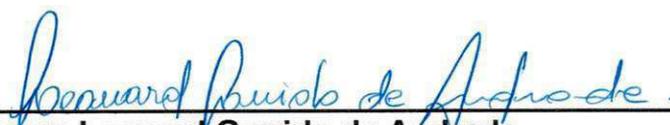
**Estágio Supervisionado
(Laboratório da ATECEL)**

Novembro de 2006

**Universidade Federal de Campina Grande
Centro de Tecnologia e Recursos Naturais
Departamento de Engenharia Civil
Disciplina: Estágio Supervisionado
Orientador: Prof. João Batista Queiroz de Carvalho
Aluno: Leonard Garrido de Andrade Mat. 2012.1082**

**Estágio Supervisionado
(Laboratório da Atecel)**


Orientador: João Batista Queiroz de Carvalho


Aluna: Leonard Garrido de Andrade



Biblioteca Setorial do CDSA. Agosto de 2021.

Sumé - PB

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por Sua presença constante em minha vida; aos meus pais (Francisco e Marluce) a minha Esposa (Juliana) aos meus filhos (Julio César e Diogo) e a toda minha família pelo o incentivo , apoio e dedicação.

Aos meus professores, e em especial ao professor **João Batista Queiroz de Carvalho**, por todo apoio que tive durante essa caminhada e por ter aceitado dar-me orientação para a realização desse projeto e ao Engenheiro **Francisco Barbosa de Lucena** que me deu a oportunidade de estagiar no laboratório da Atecel e por ter colaborado na aquisição de conhecimentos relacionados a construção civil.

Agradeço também aos funcionários e laboratoristas que dividiram seus conhecimentos e contribuíram para minha formação profissional.

E agradeço aos meus verdadeiros amigos por termos dividido todos os momentos, fossem eles bons ou ruins, durante toda essa caminhada.

1. APRESENTAÇÃO

O presente relatório apresenta informações de atividades desenvolvidas a partir do estágio supervisionado do aluno Leonard Garrido de Andrade, regularmente matriculada no curso de Engenharia Civil do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais - CTRN, na Universidade Federal de Campina Grande, sob o número de matrícula 2012.11082. O estágio ocorreu no período de 17 de Agosto a 10 de Novembro de 2006, com disposição de quatro horas diárias que corresponde a 20 horas semanais. O estágio contabilizou um total de 220 horas.

As atividades do estágio foram desenvolvidas no Laboratório de caracterização da Atecel – Associação Tecno-científico Ernesto Luiz de O. Júnior, Localizado na rua Aprigio Veloso 882, Bodocongó, e teve como Engenheiro Orientador Francisco Barbosa de Lucena.

2. INTRODUÇÃO

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

O objetivo deste relatório é descrever as atividades realizadas no Laboratório, onde foram aprimorados e adquiridos novos conhecimentos. As atividades desenvolvidas foram aplicações da teoria adquirida no curso até o momento na prática, aquisição de novos conhecimentos gerais e termos utilizados no cotidiano, desenvolver a capacidade de analisar e solucionar possíveis problemas que possam vir a ocorrer no decorrer das atividades, desenvolvimento do relacionamento com as pessoas, coleta e preparação de amostra em campo para realização de ensaios, realização de ensaios de caracterização de materiais de construção, tais como: Ensaio de Caracterização dos solos; Ensaio de caracterização de Cimento Asfalto de petróleo (CAP) e emulsões asfálticas; Montagem de corpos de prova para os testes de resistência do concreto; etc, abordando ainda as dificuldades encontradas durante a execução dos ensaios

3. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

3.1 Ensaios de Solos

3.1.1 Ensaio de granulometria.

O ensaio de granulométrica é usado para analisar a distribuição das dimensões dos grãos, denominada análise granulométrica, objetiva determinar os tamanhos dos diâmetros equivalentes das partículas sólidas em conjunto com a proporção de cada fração constituinte do solo em relação ao peso de solo seco. É representado através de um gráfico, cujo é denominada de curva granulométrica, cujo é feito em um papel semi-log, com o diâmetro equivalente das partículas em uma escala logarítmica e a percentagem de partícula com diâmetro inferior à abertura da peneira considerada em escala linear.

Segundo as dimensões das partículas e dentro de determinados limites convencionais, as frações constituintes, dos solos recebem designações próprias que se identificam com as acepções usuais dos termos. Essas frações segundo a escala granulométrica brasileira (ABNT), são:

Pedregulhos: conjunto de partículas cujo diâmetro estão compreendidos acima de 4,8mm;

Areia: pode ser subdividida em:

Areia grossa: conjunto de partículas cujo diâmetro estão compreendidos entre 4,8 a 0,84mm;

Areia média: conjunto de partículas cujo diâmetro estão compreendidos entre 0,84 a 0,25mm;

Areia fina: conjunto de partículas cujo diâmetro estão compreendidos entre 0,25 a 0,05mm;

Silte: conjunto de partículas cujo diâmetro estão compreendidos entre 0,05 a 0,005mm;

Argila: conjunto de partículas cujo diâmetro estão compreendidos abaixo de 0,005mm.

O ensaio de granulometria é dividido em duas partes distintas, utilizáveis de acordo com o tipo de solo e as finalidades do ensaio para cada caso particular. São elas:

- Análise granulométrica por peneiramento;
- Análise granulométrica por sedimentação.

A análise por peneiramento é realizada para as partículas com diâmetro equivalente superiores a 0,074mm, cuja peneira correspondente é de N° 200. É utilizado para a fração grossa do solo, realiza-se pela passagem do solo por peneiras padronizadas e pesagem das quantidades retidas em cada uma delas. Com a retirada de 50 a 100g da quantidade que passa na peneira de N° 100, cujo diâmetro é de 0,15mm, prepara-se o material para a análise granulométrica por sedimentação.

A análise granulométrica por sedimentação é um processo para as partículas com diâmetros equivalentes inferiores a 0,2mm, Os solos muito finos, com granulometria inferior a 0,074mm, são tratados de forma diferenciada, através do ensaio de sedimentação desenvolvido por Arthur Casagrande. Este ensaio é baseado na Lei de Stokes, segundo a qual a velocidade de queda "V" de uma partícula esférica, em um meio viscoso infinito, é proporcional ao quadrado do diâmetro da partícula. Sendo assim, as menores partículas se sedimentam mais lentamente que as partículas maiores.

Poderemos ter diferentes tipos de granulometria, sendo visto a partir da curva granulométrica, que são:

- Granulometria contínua;
- Granulometria descontínua;
- Granulometria uniforme;
- Granulometria bem graduada;
- Granulometria mal graduada;
- Solo de granulação aberta.

Pode-se classificar a curva granulométrica devido ao coeficiente de uniformidade, que será:

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

- Caso: $C_u < 5$: muito uniforme;
 $5 < C_u < 15$: uniformidade média;
 $C_u > 15$: não uniforme;

Outra forma de classificar a curva granulométrica é quanto ao coeficiente de curvatura, que será:

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}}$$

- Caso: $1 < C_c < 3$: solo bem graduado;
 $C_c < 1$ ou $C_c > 3$: solo mal graduado.

Uma coisa muito usada na análise granulométrica são as peneiras, sendo a abertura delas segundo a ABNT NBR 5734 será:

Peneira N°	4	10	30	40	100	200
Abertura da malha	4,8mm	2,0mm	0,6mm	0,42mm	0,15mm	0,074mm

MATERIAIS E METODOS

Para o desenvolvimento deste ensaio, é necessário o conhecimento das seguintes normas:

NBR 6457: Preparação de amostras de solo para ensaio de compactação e ensaios de caracterização - Método de ensaio;

NBR 5734: Peneiras para ensaios - Especificação.

Aparelhos usados para o desenvolvimento do ensaio:

Balança que permita pesar nominalmente 200g, 1,5kg, 5kg e 10kg com resolução de 0,01g, 0,1g, 0,5g, 1g, respectivamente, e sensibilidades compatíveis;

Peneiras de 76,2; 50,8; 38,1; 25,4; 19,1; 12,7; 9,5; 4,8; 2,4; 2,0; 1,2; 0,6; 0,42; 0,30; 0,18; 0,15; 0,074mm, de acordo com a NBR 5734;

Recipientes adequados, tais como dissecadores, que permitam guardar amostras sem variação de umidade;

Aparelho de dispersão, com hélices substituíveis e copo munido de chicanas; a rotação da hélice do aparelho não deve ser inferior a 9.000 rpm;

Proveta de vidro, com cerca de 450mm de altura e 65mm de diâmetro, com traço de referência indicando 1,000cm³ a 20°C;

Densímetro de bulbo simétrico, calibrado a 20°C e com resolução de 0,001, graduado de 0,995 a 1,050;

Termômetro graduado em 0,1°C, de 0°C a 50°C;

Relógio com indicação de segundos;

Béquer de vidro, com capacidade de 250cm³;

Proveta de vidro com capacidade de 250cm³ e resolução de 2cm³;

Tanque para banho com dimensões adequadas à imersão das provetas até o traço de referência capaz de manter a temperatura da suspensão aproximadamente constante durante a fase de sedimentação;

Estufa capaz de manter a temperatura entre 60 e 65°C (para solos orgânicos) e entre 105 e 110°C (para os demais solos);

Escova com cerdas metálicas;

Baqueta de vidro;

Bisnaga.

Passa-se o material na peneira de 2,0mm desmanchando os torrões existentes, fazendo com que fique na peneira apenas os grãos maiores que a abertura da malha. Lava-se a parte retida na peneira de 2,0mm com o propósito de eliminar aqueles grãos menores que ficam agregados a outros e seca-se na estufa de acordo com a sua temperatura (60 a 65°C para solos orgânicos ou entre 105 a 110°C para os demais solos). O material obtido é usado no peneiramento grosso.

Para o peneiramento grosso, deve-se pesar o material retido na peneira de 2,0mm, passar na estufa e anotar a Massa do material seco (Mg).

Passa-se então este material nas peneiras de 50, 38, 25, 19, 9,5 e 4,8mm anotando as suas respectivas massas.

OBS: para determinação granulométrica do material, apenas por peneiramento deve-se proceder da seguinte forma:

Do material que passou na peneira de 2,0mm, toma-se 120g. pesa-se este material com uma resolução de 0,01g e anota-se o Mh. Separa-se mais 100g do

mesmo material para a determinação da umidade higroscópica, de acordo com a NBR 6457.

Lava-se na peneira de 0,074mm o material obtido;

Quando formos fazer o método da sedimentação e o peneiramento fino, deve-se pegar 120g, se o solo for arenoso, ou 70g, solos siltosos e argilosos, do material passado na peneira de 2,0mm. Pesando este material em seguida com uma resolução de 0,01g e anotar, sendo essa anotação a massa do material úmido (Mh). Toma-se cerca de 100g para determinar o teor de umidade.

Transfere-se o material obtido para um béquer de 250cm³ e acrescentar, com o auxílio da proveta, o defloculante (125cm³ de solução de hexametáfosfato de sódio com a concentração de 45,7g do sal por 1.000cm³ de solução). Agita-se o béquer até que todo material fique imerso e deixa-se em repouso por cerca de 12 horas.

Coloca-se a mistura no copo de dispersão, removendo-se a com água destilada o material que ficou retido no béquer. Adicionando-se água destilada até que fique 5cm abaixo das bordas do copo de dispersão, ligando-se então o dispersor para que solte completamente as partículas. Este processo deve durar cerca de 15 minutos.

Em seguida coloca-se este material na proveta, tendo os cuidados de não perder soluto (usando água destilada). Acrescenta-se água destilada ao material até que se complete 1000cm³. Deixa-se a proveta no tanque de banho ou em outro local, até que sua temperatura fique constante.

Após a temperatura permanecer constante, deve pegar a proveta e tampar com uma das mãos a sua boca e executar (com o auxílio das duas mãos) movimentos de rotação, durante cerca de 1 minuto, movimento o qual a boca da proveta passe de cima para baixo e vice-versa.

Logo que acaba a agitação, coloca-se a proveta sobre qualquer lugar plano, anotando a hora exata do início da sedimentação e mergulha-se cuidadosamente o densímetro na dispersão. Efetuando as leituras correspondentes aos tempos de sedimentação de 0,5, 1 e 2 minutos. Retira-se o densímetro com muito cuidado e fazem-se as leituras após 4, 8, 15, 30 minutos, 1, 2, 4, 8 e 24 horas, a contar do início da sedimentação.

OBS: cerca de 15 a 20 segundos antes de cada leitura, deve-se mergulhar o densímetro na dispersão. Tendo as leituras feitas na parte superior do menisco, após o densímetro ficar em equilíbrio. Após cada leitura retira-se o densímetro e coloca-se em uma outra proveta com água a mesma temperatura. Após cada leitura, mede-se a temperatura da dispersão.

Após a última leitura, passa-se o material na peneira de 0,074mm, fazendo a remoção com água de todo o material que tenha ficado junto a outra partícula .

Seca-se este material na estufa, e após seco, passa-se nas peneiras 1,2, 0,6, 0,42, 0,25, 0,15, 0,074mm anotando suas respectivas massas.

O estudo da técnica da construção compreende, geralmente, quatro grupos de conceitos diferentes:

O que se refere ao conhecimento dos materiais oferecidos pela natureza ou industria para utilização nas obras assim como a melhor forma de sua aplicação, origem e particularidade.

O que compreende a resistência dos materiais empregados na construção e os esforços as quais estão submetidos, assim como o cálculo da estabilidade das construções.

Métodos construtivos que em cada caso são adequados a aplicação sendo função da natureza dos materiais, climas, meios de execução disponíveis e condições sociais.

Conhecimento da arte necessária para que a execução possa ser executada através das normas de bom gosto, caráter e estilo arquitetônico.

3.1.2 Ensaio de densidade

A massa específica aparente é a massa na unidade de volume do solo e pode varia num mesmo solo dependendo do seu grau de compactação.

$$\gamma = \frac{M}{V}$$

Conhecendo-se a umidade h do solo e como o peso da fase ar é desprezível, pode-se calcular o peso de água P_a e do sólido P_s que o constituem: $P_a = P - P_s$

$$h = \frac{P_a}{P_s} \times 100 = \frac{P - P_s}{P_s} \times 100$$

$$hP_s = (P - P_s) \times 100$$

$$P_s = \left(\frac{100}{100 + h} \right) P$$

Define-se como massa específica aparente seca (g/cm³) do solo, a relação:

$$\gamma_s = \frac{P_s}{V} = \frac{P}{V} \left(\frac{100}{100 + h} \right)$$

O controle da massa específica aparente seca após a compactação, é efetuado através do Grau de Compactação (GC) definido como a relação entre a massa específica obtida no campo ($\gamma_{s(campo)}$) e a massa específica aparente seca máxima obtida em laboratório ($\gamma_{s(máx)}$),

$$GC = \frac{\gamma_{s(campo)}}{\gamma_{s(lab)}} \times 100$$

Os valores do grau de compactação são especificados em normas para o tipo de material e da obra em questão. Segundo Milton Vargas a maioria das especificações exige um grau de compactação de, no mínimo, 95%.

Desenvolvimento do ensaio

Normas complementares

NBR 6457 – Amostras de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização – Método de ensaio.

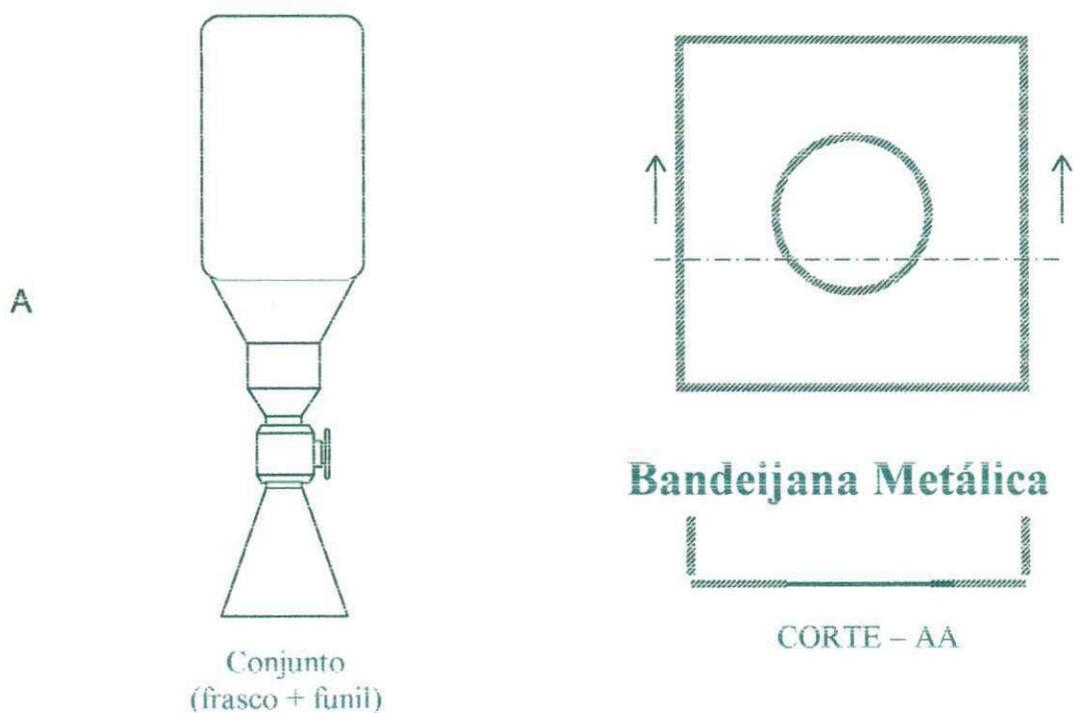
NBR 5734 – Peneiras para ensaios – Especificação.

NBR 7181 – Análise granulométrica – Método de ensaio.

Aparelhagem necessária

Frasco de vidro ou de acrílico translúcido com cerca de 3500 cm³ de capacidade, dotado de gargalo rosqueado, com funil metálico provido de registro e de rosca para se atachar ao frasco;

Bandeja quadrada rígida, metálica, com cerca de 30 cm de lado e bordas de 2,5 cm de altura, com orifício circular no centro, dotado de rebaixo para apoio do funil anteriormente citado;



Nível de bolha;

Pá de mão (concha);

Peneiras de 1,2 mm a 0,59 mm, de acordo com a NBR 5734;

Talhadeira de aço, com cerca de 30 cm de comprimento;

Martelo com cerca de 1 kg;

Balanças que permitam determinar nominalmente 1,5 kg e 10 kg, com resolução de 0,1 g e 1 g, respectivamente, e sensibilidades compatíveis;

Recipiente que permita acondicionar a amostra sem perda de umidade;

Estufa capaz de manter a temperatura entre 105oC e 110oC;

Cilindro metálico de volume conhecido (cerca de 2000cm³); cujo diâmetro interno seja igual ao diâmetro interno do funil do frasco de areia, para determinação da massa específica aparente da areia; Areia lavada e seca de massa específica

aparente conhecida e obtida como especificado na norma e de constituída de fração com diâmetro dos grãos compreendidos entre 1,2 mm e 0,59 mm, sendo que a soma das porcentagens, em massa, retida na peneira de 1,2 mm e passando na peneira de 0,59 mm deve ser igual ou menor que 5%. O armazenamento da areia, após a secagem, deve ser feito de modo a evitar ganho de umidade.

Procedimento

Determinação da massa da areia que preenche o funil e o orifício no rebaixo da bandeja

Montar o conjunto frasco + funil, estando o mesmo cheio de areia, determinar sua massa com resolução de 1 g e anotar como M1;

Instalar o conjunto frasco + funil, de modo que o funil fique apoiado no rebaixo da bandeja, e colocar esta sobre uma superfície plana. Abrir o registro, deixando a areia escoar livremente até cessar o seu movimento interior do frasco. Fechar o registro, retirar o conjunto frasco + funil, estando o frasco com a areia restante, determinar sua massa com resolução de 1 g e anotar com M2;

A massa de areia deslocada, que preencheu o funil e o orifício no rebaixo da bandeja, é:

$$M3 = M1 - M2$$

Repetir os procedimentos anteriores pelo menos duas vezes. A massa de areia, a ser usada nos cálculos, deve ser a média de três determinações. Não são aceitos na composição da média, resultados que diferenciem mais de 1% do valor da média.

Determinação da massa específica aparente da areia

Montar o conjunto frasco + funil, estando o mesmo cheio de areia, determinar sua massa com resolução de 1 g e anotar como M4;

Instalar o conjunto frasco + funil, de modo que o funil fique apoiado no rebaixo da bandeja, e colocar esta sobre a borda de um cilindro metálico de volume conhecido (V). Abrir o registro, deixando a areia escoar livremente até cessar o seu movimento interior do frasco. Fechar o registro, retirar o conjunto frasco + funil,

estando o frasco com a areia restante, determinar sua massa com resolução de 1 g e anotar com M5;

A massa da areia que preenche o cilindro de volume conhecido é:

$$M6 = M4 - M5 - M3$$

Onde:

M3 = massa de areia que preencheu o funil e o orifício no rebaixo da bandeja, obtida em 4.3.1).

Repetir os procedimentos anteriores pelo menos duas vezes. A massa de areia que enche o cilindro, a ser usada nos cálculos, deve ser a média de três determinações. Não são aceitos na composição da média, resultados que diferenciem mais de 1% do valor da média;

Calcular a massa específica da areia utilizando-se a expressão:

$$\gamma_{AR} = \frac{M_6}{V}$$

Onde:

□AR = massa específica aparente da areia, em g/cm³

M6 = massa da areia que preencheu o cilindro, em g

V = volume do cilindro, em cm³

Determinação da massa de areia que preenche a cavidade do terreno

Limpar a superfície do terreno tornando-a, tanto quanto possível, plana e horizontal, o que é verificado com o auxílio do nível de bolha;

Colocar a bandeja, certificando-se se há um bom contato entre a superfície do terreno e a bandeja, em torno do orifício central, e escavar, com auxílio da talhadeira, martelo e concha de mão, uma cavidade cilíndrica no terreno, limitada pelo orifício central da bandeja e com profundidade de cerca de 15 cm;

Recolher cuidadosamente na bandeja o solo extraído da cavidade, determinar a massa do material com resolução de 1 g e anotar como Mh;

Determinar o teor de umidade, h, do solo extraído da cavidade, conforme prescreve a NBR 6457;

Montar o conjunto frasco + funil, estando o frasco cheio de areia, determinar sua massa com resolução de 1 g e anotar como M7 (A);

Instalar o conjunto frasco + funil, de modo que o funil fique apoiado no rebaixo da bandeja. Abrir o registro do frasco, deixando a areia escoar livremente até cessar o seu movimento no interior do frasco. Fechar o registro, retirar o conjunto frasco + funil, estando o frasco com a areia restante, determinar a sua massa com resolução de 1 g e anotar como M8 (B);

A massa da areia deslocada que preencheu o funil, o orifício no rebaixo da bandeja e a cavidade do terreno é:

$$M9 = M7 - M8 \text{ (C)}$$

A massa da areia que preencheu a cavidade do terreno é:

$$M10 = M9 - M3 \text{ (P = A - B - C)}$$

Cálculos.

Calcular a massa específica aparente seca do solo "in situ" utilizando a expressão:

$$\gamma_s = \gamma_{AR} \frac{M_h}{M_{10}} \frac{M_h}{100 + h}$$

Onde:

□s = massa específica aparente seca, do solo "in situ", em g/cm³ (Ds)

□AR= massa específica aparente da areia, em g/cm³ (d)

Mh = massa do solo extraído da cavidade no terreno, em g (Ph)

M10= massa de areia que preencheu a cavidade do terreno, em g (P)

h = teor de umidade do solo extraído da cavidade do terreno, em % (h)

3.1.3 Ensaio de Compactação de solos

Compactação de Solos

Entende-se por compactação de um solo, o processo manual ou mecânico que visa reduzir o volume de seus vazios, melhorando as suas características de deformabilidade, permeabilidade e resistência.

Em várias obras de engenharia como barragens de terra, aterros e estradas, não se pode utilizar os solos no seu estado natural e sim após a compactação dos mesmos. Compactar um solo significa aumentar a sua resistência, diminuir a permeabilidade e a absorção de água. Neste processo há a expulsão do ar dos vazios encontrados no material. (QUEIROZ, 1997).

Trata-se de uma operação simples e de grande importância pelos seus consideráveis efeitos sobre a estabilização de maciços terrosos, relacionando-se, intimamente, com os problemas de pavimentação e barragens de terra.

O objetivo principal da compactação é obter um solo, de tal maneira estruturado, que possua e mantenha um comportamento mecânico adequado ao longo de toda vida útil da obra.

Ensaio de Compactação

O ensaio de compactação consiste em colocar-se uma quantidade de solo que passa na peneira nº 4 em um cilindro (molde) de volume $V = 944\text{cm}^3$, em três camadas, sendo que cada camada recebe 25 golpes de um soquete pesando $P = 2,5\text{Kg}$, caindo de uma altura de aproximadamente 30,5 cm.

Este processo é repetido para amostras de solo com diferentes valores de umidade utilizando-se em média 5 pontos para a obtenção da curva de compactação.

De cada corpo de prova assim obtido, determina-se o peso específico do solo seco e o teor de umidade de compactação.

Esse ensaio é dito como ensaio de Proctor normal.

(QUEIROZ, 1997)

Curva de Compactação

Quando se realiza a compactação de um solo, sob diferentes condições de umidade e para uma determinada energia de compactação, a curva de variação dos pesos específicos γ , em função da umidade h , tem-se a curva de compactação, como indica a Figura I.

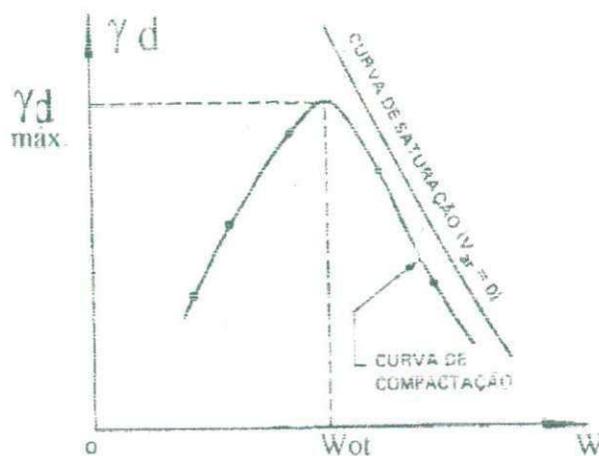


Figura I: Curva de Compactação

As curvas de compactação, embora difiram para cada tipo de solo, se assemelham quanto à forma.

O comportamento do solo, explica-se considerando que à medida que cresce o teor de umidade, até um certo valor W_{ot} , o solo torna-se mais trabalhável, daí o resultado γ_s maiores e teores de ar menores. Como, porém, não é possível expulsar todo o ar existente nos vazios do solo, a curva de compactação não poderá nunca alcançar a curva de saturação, justificando-se assim a partir de γ_s máx., o ramo descendente.

É interessante perceber que o lado esquerdo da curva de compactação indica que o solo está seco. Já o ramo direito dessa curva mostra que o solo encontra-se úmido.

A equação da curva de saturação do solo é dada por:

$$\gamma_s = \frac{\gamma_a}{h + \frac{1}{\delta}}$$

γ_s = massa específica (ou peso específico) aparente seco do solo

γ_a = massa específica da água (ou peso específico)

h = teor de umidade

δ = densidade dos grãos do solo

Obtém-se que:

$$h\% = \left(\frac{\gamma_a}{\gamma_s} - \frac{1}{\delta} \right) \cdot 100$$

A qual permite determinar a umidade necessária para saturar o solo. (CAPUTO, 1974)

Energia de Compactação

Percebe-se que um ensaio de compactação poderá ser realizado utilizando-se diferentes energias. A energia de compactação empregada em um ensaio de laboratório pode ser facilmente calculada através da equação abaixo:

$$E = \frac{P \cdot h \cdot N \cdot n}{V}$$

- Onde:
- P - peso do soquete (N)
 - h - altura de queda do soquete (m)
 - N - número de golpes por camada
 - n - número de camadas
 - V - volume de solo compactado (m³)

(MACHADO, Apostila da Escola Politécnica da UFBA)

Verifica-se que há uma influência da energia de compactação na curva de compactação do solo, isto é, à medida que se aumenta a energia de compactação, ocorre uma redução do teor de umidade ótimo e uma elevação do valor do peso específico seco máximo.

A Figura II mostra curvas de compactação obtidas para diferentes valores de energias.

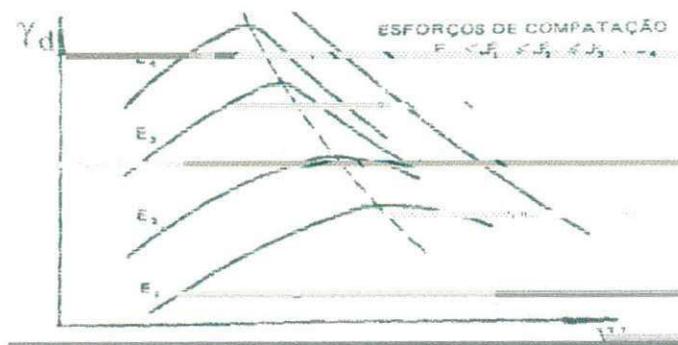


Figura II: Curvas de Compactação para diferentes valores de energias

É de grande importância perceber que a compactação de um solo deverá ser feita nas condições de umidade ótima, com peso específico seco máximo, numa energia de compactação adequada. Então, realiza-se esse processo de melhoramento do solo nesses valores.

É necessário que para a energia de compactação utilizada, o solo ofereça uma menor variação de sua resistência, isto é, a resistência do solo não sofra variações grandes (exemplo: uma vez alta e depois baixa resistência em períodos de chuva). É de grande interesse que o solo permaneça o mais estável possível. A compactação do solo deve proporcionar a este, para a energia de compactação adotada, a maior resistência estável possível. A Figura III mostra a influência da umidade na curva de resistência.

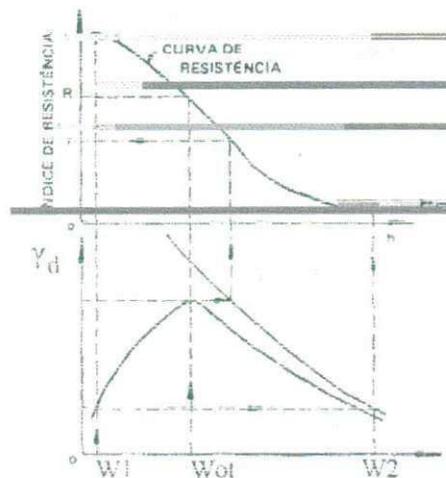


Figura III: Variação da resistência de solos em Relação à sua umidade de compactação

A energia de compactação não pode ser muito alta para não proporcionar grande absorção de água.

Pode-se perceber a influência do tipo de solo na curva de compactação, onde os solos grossos tendem a exibir uma curva de compactação com um maior valor de γ_s máx e um menor valor da umidade ótima do que solos contendo grande quantidade de finos. Para os solos finos as curvas de compactação são bem mais "abertas" do que aquelas obtidas para solos grossos, como está apresentado na Figura IV.

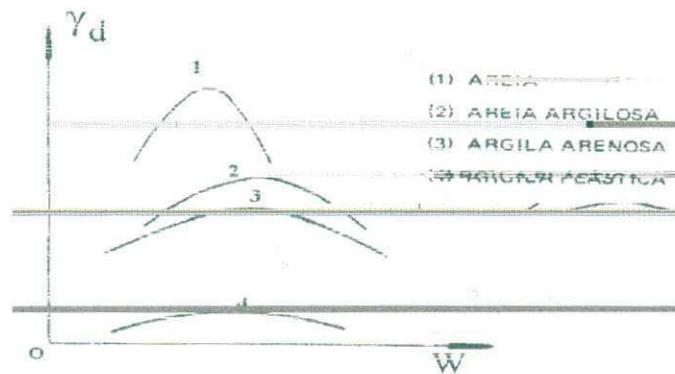


Figura IV: Curvas de Compactação para diferentes tipos de solo

DESENVOLVIMENTO DO ENSAIO

Preparação das amostras de solo

As amostras foram secas ao ar, ou seja, houve secagem prévia até próximo da umidade higroscópica. Depois, desmancharam-se os torrões, evitando-se a quebra de grãos, e houve homogeneização da amostra.

Através do quarteamento, reduziu-se a quantidade de material até a obtenção de uma amostra em quantidade suficiente para realização do ensaio, onde esta sofreu reuso durante o experimento.

Material Utilizado

O material utilizado para a execução do ensaio encontra-se apresentado logo abaixo:

Estufa com temperatura entre 60 e 65°C e entre 105 e 110°C;

Balança de sensibilidade compatível;

Peneiras de 19 e 4,8 mm;

Cápsulas metálicas para a introdução do material para a determinação de umidade;

Espátulas de lâmina flexível;

Cilindro metálico pequeno (cilindro de Proctor), compreende o molde cilíndrico, sua base e cilindro complementar de mesmo diâmetro (colarinho);

Cilindro metálico grande (cilindro de CBR), compreende o molde cilíndrico, sua base, cilindro complementar de mesmo diâmetro (colarinho) e disco metálico;

Soquete pequeno consiste de um soquete metálico com massa de 2,5kg e dotado de dispositivo de controle de altura de queda (guia);

Soquete grande consiste de um soquete metálico com massa de aproximadamente 4,5kg e dotado de dispositivo de controle de altura de queda (guia);

proveta de vidro com capacidade de 1.000 cm³, 200 cm³ e 100 cm³;

papel filtro com diâmetro igual ao do molde empregado;

desempenadeira;

base rígida;

Procedimentos do ensaio

A execução e procedimentos do ensaio realizado basearam-se na norma técnica NBR 7182.

Durante a realização do ensaio, foi necessário abordar algumas observações e cuidados que influem na compactação dos solos. Essas observações encontram-se explicitadas logo a seguir:

Nota 1: A compactação da amostra iniciou-se com a umidade da mesma abaixo da umidade ótima;

Nota 2: Utilizou-se a mesma amostra de solo para obter os diversos pontos da curva de compactação;

Nota 3: As amostras colocadas nas cápsulas para pesagem foram retiradas da parte central do material cilíndrico, pois "no meio" a amostra é a melhor parte representativa do corpo de prova.

Nota 4: Adicionou-se um valor constante de água (80ml) durante as reutilizações do material de solo para certa padronização de água adicionada e evitando variações distintas e aleatórias na obtenção dos valores da massa específica seca.

3.2 ENSAIOS DE MATERIAIS (Agregados e cimento).

3.2.1 Ensaio de agregados

Agregado é o material granular, sem forma e volume definidos, geralmente inertes, de dimensões e propriedades adequadas para uso em argamassas e concretos nas obras de engenharia.

Este material ocupa, aproximadamente, em média, 75% do volume total do concreto e, quando comparado com o volume de cimento, e por serem baratos, é de suma importância no custo final do concreto.

Na fabricação do concreto, deve-se levar em consideração entre outras, determinadas características dos agregados, de forma a se ter um concreto de boa qualidade. Dentre as estas características, podem ser citadas: porosidade, absorção d'água, composição granulométrica, forma e textura superficial das partículas, resistência mecânica (compressão simples) e presença de substâncias nocivas.

Os agregados exercem duas funções no concreto: a função econômica e a função técnica (redução do processo de retração) e mantém não prejudica a resistência do concreto, visto que, sendo ele bem mais resistente do que a pasta de cimento, limita a resistência do concreto a resistência da pasta, desde que o agregado atenda as especificações da ABNT.

Classificação

➤ *Quanto à Origem*

Naturais – são os que são encontrados na natureza prontos a serem utilizados, bastando, simplesmente, serem submetidos a lavagem e/ou seleção. Ex. seixos rolados, pedregulhos, areia natural.

Artificiais – são obtidos, industrialmente, a partir da matéria-prima. Ex. Brita, areia natural.

➤ **Quanto a Massa Unitária (MU)**

Leves – quando o valor de MU $\leq 1,0\text{g/cm}^3$. Estes agregados são usados em concretos leves. Ex. argila expandida ($\cong 0,8$); vermiculita ($\cong 0,3$); escória granulada ($\cong 1,0$); isopor (?).

Médios ou Normais – são os que apresentam MU entre $1,0\text{g/cm}^3$ e $2,0\text{g/cm}^3$, normalmente utilizados nas confecções de concretos convencionais. Ex. calcário ($\cong 1,4$); cascalho ($\cong 1,6$); granito (1,35 - 1,45).

Pesados – são os que possuem MU superior a $2,0\text{g/cm}^3$. Estes agregados são usados na fabricação de concretos pesados e utilizados, geralmente, em contenções de radiações (Ex. sala de raios-X). Ex. Barita (BaSO_4) ($\cong 2,6$); Fe_2O_3 – Hematita ($\cong 3,0$); Fe_3O_4 – Magnetita ($\cong 2,8$); apresentando massa específica real, da ordem de:

- Barita- $4,5\text{g/cm}^3$
- Hematita- $4,9 - 5,3\text{g/cm}^3$
- Magnetita- $5,2\text{g/cm}^3$

➤ **Quanto às Dimensões**

São classificados em miúdos e graúdos. Esta classificação é feita com utilização da peneira de 4,8mm, assim:

- o Agregado miúdo – são aqueles que possuem grãos inferiores a 4,8mm, podendo ficar retidos até 15%.
- o Agregados graúdos – apresentam grãos de dimensões superiores a 4,8mm, podendo apresentar até 15% passando na peneira de 4,8mm.

➤ **Quanto à Forma**

- forma lamelar
- forma angular, e,
- forma arredondada

➤ **Quanto a Classificação Comercial das Britas**

Tipos de Brita	Utilização
Brita nº 0: 9,5 – 4,8mm	Capeamento de laje pré-moldada (cascalhinho)
Brita nº 1: 19 - 9,5mm	Paredes, vigas
Brita nº 2: 25 – 19mm	Vigas, pilares e lajes
Brita nº 3: 50 – 25mm	Fundações, lajes, pilares e paredes
Brita nº 4: 76 – 50mm	Barragens
Brita nº 5: 100 – 76mm	Idem

| → Retido na peneira

| → Passa na peneira

➤ **De Acordo com o Diâmetro Máximo e Módulo de Finura**

Areias:

Areia fina: $MF < 2,4$ e $D_{máx} < 2,4\text{mm}$

Areia média : $2,4 < MF < 3,3$ e $D_{max} = 2,4$ a $4,8\text{mm}$

Areia grossa : $MF > 3,3$ e $D_{max} \geq 4,8\text{mm}$

Britas:

B-12,7 - quando o diâmetro máximo é igual a 12,7mm

B-19 - quando o diâmetro máximo é igual a 19mm

B-25 - quando o diâmetro máximo é igual a 25mm

B-32 - quando o diâmetro máximo é igual a 32mm

B-38 - quando o diâmetro máximo é igual a 38mm

B-50 - quando o diâmetro máximo é igual a 50mm

Obs. Acima de 50mm o agregado graúdo é impróprio para a confecção do concreto estrutural.

As pedras rachão ou de mão são as que apresentam diâmetros máximos entre 100mm a 250mm.

➤ Índices de boa qualidade

Os agregados para serem considerados de boa qualidade, necessitam que apresentem determinados requisitos de forma que não prejudiquem as reações nem venham a reduzir a resistência das argamassas e concretos. Assim:

- Devem apresentar grãos resistentes, duráveis e inertes;
- Não conter impurezas que prejudiquem o endurecimento do cimento;
- Apresentar boa composição granulométrica (composição bem graduada);
- Não apresentar mais de 15% de grãos lamelares;
- Absorção baixa, no entanto, a ABNT não especifica este valor. Por outro lado, os agregados provenientes de rochas granitas não têm nenhum inconveniente pois apresentam absorção da ordem de 0,2%. No entanto, agregados dos tipos laterita e calcários (muito utilizados nas confecções de concretos em determinadas regiões), podem apresentar valores altos de absorção, e em consequência, prejudicar a sua resistência. Estudos realizados no laboratório da Atecel, mostraram a influência da absorção do agregado gráudo na resistência do concreto. Foram constatados que agregados gráudos com absorção acima de 3% poderiam trazer influencias malélicas na resistência final. Ora, sendo este material de alta absorção quando comparados aos de origem graníticas, apresentam, conseqüentemente, elevada porosidade e menor resistência.

Análise granulométrica

Este ensaio tem como principal objetivo classificar as partículas de uma amostra pelos respectivos tamanhos e medir as porcentagens, em massa, retidas acumuladas em intervalos de diâmetros obtidos em peneiras de malhas quadradas padronizadas pela ABNT. É a característica de maior importância na prática, levando-se em consideração que a determinação do módulo de finura, do diâmetro máximo, e da curva granulométrica são parâmetros amplamente utilizados na elaboração da dosagem do concreto, como também controlar a homogeneidade dos lotes de agregados recebidos e estocados na obra.

A composição granulométrica dos agregados é determinada de acordo com a NBR 7217/87. A escolha do agregado em função da composição granulométrica é de fundamental importância para evitar defeitos nas peças estruturais. A norma da ABNT NBR 6118/80, estabelece critérios para escolha do tamanho do agregado.

Aparelhagem

Balança com resolução de 0,1 % da massa da amostra de ensaio;

Estufa para secagem;

Peneiras da série normal (0,15; 0,30; 0,60 ;1,20; 2,40; 4,80; 9,50; 19,0; 38,0; 76,0)

Peneiras da série intermediárias (6,30; 12,5; 25,0; 32,0; 50,0)

Escovas ou pincéis de cerdas macias, de latão ou de aço;

Bandejas;

Fundo avulso de peneiras.

Amostra

A quantidade de material a ser utilizado depende do tamanho do agregado:

Quantidade Mínima de Material

Dimensão Máxima Característica do Agregado (mm)	Massa Mínima da Amostra de Ensaio (Kg)
$D_{m\acute{a}x} \leq 4,8$	0,5
$D_{m\acute{a}x} = 6,3$	3,0
$9,5 \leq D_{m\acute{a}x} \leq 25$	5,0
$D_{m\acute{a}x} = 32 \text{ e } 38$	10,0
$D_{m\acute{a}x} = 50$	20,0
$D_{m\acute{a}x} = 64 \text{ e } 76$	30,0

OBS: No ensaio será utilizado para o agregado miúdo 1Kg e para o agregado graúdo 2Kg.

Execução do ensaio

Seca-se as amostras em estufa, deixa esfriar a temperatura ambiente e determina-se suas massas (M1 e M2);

Encaixa-se a peneiras previamente limpas em ordem crescente da base para o topo. Coloca-se a amostra sobre a peneira superior do conjunto;

Promove-se agitação ao conjunto por um tempo razoável;

Coloca-se o material retido na peneira em uma bandeja identificada. Escova-se a tela dos dois lados para limpar a peneira, realiza-se para todas;

Determina-se a massa total do material retido em cada uma das peneiras e anota-se na ficha de granulometria.

Resultados

Agregado miúdo (areia)

Amostra total seca = 1000g

peneira	Material retido			% que passa da amostra total	Peneira (mm)
	Peso (g)	% Amostra Total	% Acumulada		
3 pol.	-	-	0	-	76,2
2pol.	-	-	0	-	50,8
1 ^{1/2} pol.	-	-	0	-	38,1
1pol.	-	-	0	-	25,4
3/4pol.	-	-	0	-	19,1
1/2pol.	-	-	0	-	12,7
3/8pol.	-	-	0	-	9,5
Nº 4	9,84	0,984	0,984	99,016	4,8
Nº 8	57,48	5,748	6,732	93,628	2,4
Nº 10	-	-	-	-	2,0
Nº 16	191,85	19,185	25,557	74,443	1,2
Nº 30	382,62	38,262	63,819	36,181	0,6
Nº 40	-	-	-	-	0,42
Nº 50	285,59	28,559	92,378	7,622	0,30
Nº 80	-	-	-	-	0,18
Nº 100	58,01	5,801	98,179	1,821	0,15
Nº 200					0,074

Módulo de finura:

$$MF = \frac{99,016 + 93,628 + 74,443 + 36,181 + 7,622 + 1,821}{100} = 3,13\%$$

Diâmetro máximo: $\phi_{\text{máx.}} = 4,8\text{mm}$

Agregado graúdo (brita)

Amostra total seca = 10000g

peneira	Material retido			% que passa da amostra total	Peneira (mm)
	Peso (g)	% Amostra Total	% Acumulada		
3 pol.	-	-	0	-	76,2
2 pol.	-	-	0	-	50,8
1 ^{1/2} pol.	-	-	0	-	38,1
1 pol.	0	0	0	-	25,4
3/4 pol.	5250	52,50	52,50	47,5	19,1
1/2 pol.	-	-	-	-	12,7
3/8 pol.	4750	47,5	100	0	9,5
Nº 4	-	-	100	0	4,8
Nº 8	-	-	100	0	2,4
Nº 10	-	-	-	-	2,0
Nº 16	-	-	100	0	1,2
Nº 30	-	-	100	0	0,6
Nº 40	-	-	-	-	0,42
Nº 50	-	-	100	0	0,30
Nº 80	-	-	-	0	0,18
Nº 100	-	-	100	0	0,15
Nº 200	-	-	-	-	0,074

Módulo de finura:

$$MF = \frac{52,5 + 100 + 100 + 100 + 100 + 100 + 100 + 100}{100} = 7,53\%$$

Diâmetro máximo: $\phi_{\text{máx.}} = 25\text{ mm}$

Conclusão

Conclui-se que o agregado miúdo é classificado como areia média e o agregado graúdo é classificado como brita 25.

É muito importante a determinação da composição granulométrica, pois através de uma granulometria bem distribuída pode-se ter um traço com um menor número de vazios possíveis, conseqüentemente menor consumo de cimento para preencher esses vazios, com boa trabalhabilidade, fator água/cimento constante e maior resistência.

Massa específica real de agregado miúdo pelo frasco de Chapman

A massa específica de um agregado é a relação entre sua massa e o seu volume, não levando em consideração os vazios permeáveis à água.

Este ensaio só deve ser utilizado quando houver urgência na obtenção apenas da grandeza do valor da massa específica, conseqüentemente será necessária a confirmação do valor exato da massa específica por método de ensaio preciso.

O presente método tem por fim indicar o processo de determinação da massa específica do agregado miúdo pelo frasco de CHAMPMAN.

A imprecisão do ensaio deve-se ao fato de que o material não é levado a condição de saturado com superfície seca antes de colocado no frasco de Chapman, o que fará com que absorva água durante o ensaio, falseando o resultado.

Aparelhagem

Balança com capacidade mínima de 1Kg e resolução de 0,1g;

Frasco de Chapman;

Funil de Vidro.

Amostra

A amostra utilizada foi a areia seca em estufa com 100% passando na peneira de 4,8mm.

Procedimento do Ensaio

Seca-se o material em estufa até constância de massa (105°C – 110°C);
Coloca-se água no frasco até a marca de 200cm³;
Introduz cuidadosamente 500g de areia seca no frasco;
Agitar o frasco para eliminação das bolhas de ar;
Fazer a leitura do nível atingido pela água no gargalo do frasco que nos dará o volume em cm³ ocupado pelo conjunto água-agregado miúdo.

Precisão dos Resultados

Os resultados obtidos com duas determinações de massa específica feita com o mesmo agregado não devem diferir em mais de 0,05g/cm³.

Dados e Resultados Obtidos

Dados Coletados:

Frasco de Chapman 1:

- Massa da areia = 500g;
- Volume inicial = 200ml;
- Volume deslocado do frasco (1) = 393ml;

Frasco de Chapman 2:

- Massa da areia = 500g;
- Volume inicial = 200ml;
- Volume deslocado do frasco (2) = 391,5ml;

$$\text{Massa específica} = \frac{500}{(L - 200)}, \text{ g / cm}^3$$

$L_1 = 394 \text{ ml}$

$\text{Massa específica} = 2,58 \text{ g/cm}^3$

Conclusão

Conclui-se que os resultados obtidos no ensaio foram considerados insatisfatórios, uma vez que a massa específica do agregado miúdo pelo Frasco de Chapman foi de 2,58 g/cm³. E o intervalo que o mesmo deve estar é entre 2,6 e 2,65 g/cm³.

O ensaio da determinação da massa específica do agregado miúdo pelo Frasco de Chapman só deve ser utilizado quando houver urgência e, conseqüentemente, obter apenas a grandeza do valor da massa específica. Para obter um resultado do valor exato da massa específica deve ser realizado um método de ensaio preciso.

E a imprecisão do ensaio deve-se ao fato de que o material não é levado a condição de saturado com superfície seca antes de colocado no frasco de Chapman, o que fará com que absorva água durante o ensaio, falseando o resultado.

Determinação da massa específica do agregado graúdo pelo método da proveta

Material utilizado

300g de agregado graúdo;

500ml de água;

proveta

Procedimentos:

Coloca-se o agregado na proveta com 500 ml de água e calcula-se o volume deslocado pela diferença de leitura antes e depois da colocação do material.

Então se diminui o valor do volume final do inicial, obtendo-se o denominador da expressão-volume final.

$$ME = \frac{300}{610 - 500} = 2,73 \text{ g / cm}^3$$

Conclusão

Conclui-se que o valor obtido para a massa unitária é considerado satisfatório, portanto o material pode ser utilizado para realização de uma futura dosagem experimental.

Massa Unitária de Agregado para Concreto no Estado Solto (NBR – 7251/1982)

A massa unitária de um agregado é a relação entre sua massa e seu volume sem compactar, considerando-se como volume também os vazios entre os grãos. Esse parâmetro é tido como próprio para transformar traços de concreto em massa para volume; porém, deve ser usado com muita reserva, uma vez que na obra as condições como forma e tamanho do recipiente (padiola) e maneira de enchimento são diferentes das condições de laboratório.

Logo, tem-se que este ensaio tem por objetivo fixar o método pelo qual se faz a determinação da massa unitária de agregado graúdo e miúdo em estado solto.

Aparelhagem Utilizada

- ✓ Balança;
- ✓ Pá;
- ✓ Padiola.

Amostra

A amostra utilizada foi à brita sendo que esta deve ter pelo menos o dobro do volume do recipiente e deve estar no estado seco.

Procedimento experimental

- Secar o material previamente ao ar;
- Pesar o recipiente;
- Encher o recipiente lançando o agregado de uma altura de 10 a 12 cm, preenchendo totalmente. (Deve-se tomar cuidado para evitar uma eventual segregação das partículas);
- A superfície do agregado é alisada com uma régua quando se tratar de agregado miúdo e no caso do agregado graúdo a superfície é regularizada de modo a compensar as saliências e reentrâncias das pedras;
- Pesar o conjunto recipiente-agregado;

Precisão dos Resultados

Os resultados obtidos com duas determinações de massa unitária feita com o mesmo agregado não devem diferir em mais de 0,02g/cm³.

Resultados

A massa unitária, expresso em g/cm³, é obtido pela expressão:

$MU = \text{Massa do Agregado} / \text{Volume do Recipiente}$

Massa do agregado = Peso do recipiente cheio – peso do recipiente vazio

OBSERVAÇÃO:

- A massa unitária do agregado miúdo é na faixa de (1,40 - 1,60) g/ cm³;
- A massa unitária do agregado graúdo:

AGREGADO GRAÚDO	FAIXA
Cascalhos	1,30 – 1,32
B19	1,34 – 1,36
B25	1,36 – 1,38
B38	1,38 – 1,42

➤ *Quanto a Massa Unitária (MU)*

Os agregados são classificados em:

- ✓ Leves – quando o valor de $MU \leq 1,0\text{g/cm}^3$. Estes agregados são usados em concretos leves. Ex. argila expandida ($\cong 0,8$); vermiculita ($\cong 0,3$); escória granulada ($\cong 1,0$).
- ✓ Médios ou Normais – são os que apresentam MU entre $1,0\text{g/cm}^3$ e $2,0\text{g/cm}^3$, normalmente utilizados nas confecções de concretos convencionais. Ex. calcário ($\cong 1,4$); cascalho ($\cong 1,6$); granito (1,35 - 1,45).
- ✓ Pesados – são os que possuem MU superior a $2,0\text{g/cm}^3$. Estes agregados são usados na fabricação de concretos pesados e utilizados, geralmente, em contenções de radiações (Ex. sala de raios-X). Ex. Barita (BASO_4) ($\cong 2,6$); Fe_2O_3 – Hematita ($\cong 3,0$); Fe_3O_4 – Magnetita ($\cong 2,8$); apresentando massa específica real, da ordem de:

- Barita - $4,5\text{g/cm}^3$
- Hematita - $4,9 - 5,3\text{g/cm}^3$
- Magnetita - $5,2\text{g/cm}^3$

Resultado do Experimento:

Massa do Recipiente Cheio Agregado Graúdo = 30000g

Massa do Recipiente Cheio Agregado Miúdo = 32800g

Massa do Recipiente Vazio = 3040g

Volume do Recipiente Vazio = 19671 cm^3

$P/$ Agregado Miúdo $MU = (32800-3040)/19671 = 1,51\text{ g/cm}^3$

$P/$ Agregado Graúdo $MU = (30000-3040)/19671 = 1,37\text{ g/cm}^3$

A massa unitária dos agregados deve estar entre estas faixas de valores:

Miúdo: $1,40 - 1,60\text{g/cm}^3$

Graúdo(B25): $1,36 - 1,38\text{g/cm}^3$

Conclusão

Conclui-se que o valor obtido para a massa unitária do agregado miúdo é considerado satisfatório, uma vez que o mesmo foi igual a 1,51 g/cm³ e o intervalo onde ele deve estar contido é de (1,40 a 1,60 g/cm³).

O valor obtido para a massa unitária do agregado graúdo foi igual a 1,37 g/cm³ e também foi considerado satisfatório.

Massa unitária de agregados graúdos e miúdos em estado compactado seco

A massa unitária compactada de um agregado é a relação entre sua massa compactada seca do agregado e seu volume compactado, considerando-se também o volume dos vazios entre os grãos. Esse parâmetro é utilizado para escolha de mistura de agregados mais compacta em dosagens de concreto.

O volume de material deverá ser no mínimo o dobro do volume do recipiente utilizado.

Aparelhagem

- × Balança com resolução de 0,01 g;
- × Balança com resolução de 100 g;
- × Concha ou pá;
- × Recipiente cilíndrico de material metálico;
- × Haste metálica para socamento.
- × Caixote de madeira;

Procedimento experimental

- × Seca-se o material na estufa;
- × Pesa-se o recipiente vazio;
- × Preenche-se o recipiente em três camadas iguais, com 25 golpes, uniformemente distribuídos pela superfície de cada camada evitando-se a penetração da haste de socamento na camada anteriormente adensada.
- × Pesa-se o recipiente cheio.

- × Obs.: O volume do recipiente já era conhecido, não havendo necessidade de medi-lo novamente.

Precisão dos Resultados

Os resultados obtidos com duas determinações de massa unitária feita com o mesmo agregado não devem diferir em mais de 0,02g/cm³.

Resultados

Ao final do experimento obteve-se:

MU = $\frac{\text{Peso do recip. Cheio} - \text{Peso do recip.vazio}}{V}$

V

Volume do cilindro = 6280 cm³

Peso do cilindro=2980g,

Volume do caixote=19671 cm³

Peso do caixote=3040g

Peso da areia=31960g

Peso da brita=9280g

MUareia = $\frac{(35000-3040)}{19671} = 1,62 \text{ g/cm}^3$

MUbrita = $\frac{(12260-2980)}{6280} = 1,48 \text{ g/cm}^3$

Verificamos que tanto para o agregado miúdo quanto para o graúdo, obtivemos:

MUcomp. > MUSolto, o que já era esperado, pelo fato de que um material compactado aumenta de volume e, conseqüentemente seu peso aumentará.

Conclusão

Conclui-se que os resultados obtidos para a massa unitária são considerados satisfatórios, uma vez que os mesmos não diferiram em mais de 0,02 g/cm³, e que a brita utilizada é classificada como média, uma vez que apresenta uma densidade maior que 1g/cm³ e menor que 2g/cm³.

Determinação do inchamento de um agregado miúdo para concreto

Os agregados miúdos têm grande capacidade de retenção de água, portanto, na preparação de concretos em que o agregado é proporcionado em volume, é importante considerar o inchamento do agregado miúdo. O inchamento é o aumento de volume que sofre a areia seca ao absorver água e formar uma camada de água adsorvida em torno dos grãos uns dos outros, em certos casos este aumento de volume pode chegar a 40 %. O inchamento varia com a umidade e, conhecendo-se a curva de inchamento (inchamento em função da umidade), basta que se determine a umidade para que se obtenha essa característica.

Inchamento de agregados miúdos é o fenômeno da variação do volume aparente, provocado pela água absorvida, isto é, é o afastamento dos grãos provocados pela película de água aderida aos grãos.

Os agregados miúdos apresentam grande capacidade de reter água; desta maneira, ocorre o processo de afastamento dos grãos e, conseqüentemente, o aumento de volume, fazendo-se necessária a correção da quantidade de areia para se ter o controle tecnológico.

Iremos procurar fixar o modo pelo qual deve ser feita a determinação do inchamento de agregados miúdos para concretos.

Aparelhagem

- × Recipiente de forma paralelepídica ou cilíndrica;
- × Tara;
- × Balança;
- × Pá;
- × Estufa;
- × Régua;
- × Bandejas;
- × Cápsulas com tampa para acondicionamento e secagem de amostras de areia, com capacidade de 50ml;
- × Proveta graduada de vidro com capacidade mínima de 1000ml.

Procedimento do Ensaio

- ✖ Secar a amostra em estufa (105°C à 110°C) até constância de massa e resfriá-la até a temperatura ambiente;
- ✖ Colocar sobre uma bandeja grande e homogeneizar e determinar a massa unitária;
- ✖ Adicionar água sucessivamente de modo a obter teores de umidade próximos aos seguintes valores: 0,5 %, 1 %, 2 %, 3 %, 4 %, 5 %, 7 %, 9 % e 12 %.
- ✖ Homogeneizar cuidadosamente a amostra, a cada adição de água, por agitação manual;
- ✖ Coletar uma amostra de agregado, a cada adição de água, para determinação do teor de umidade. Executar, simultaneamente, a determinação da massa unitária, de acordo com a NBR 7251/82;
- ✖ Determinar a umidade, com aproximação de 0,1 %, obtendo a massa da cápsula com o material coletado (M_i), massa do material seco em estufa (M_f) a (105°C - 110°C) e a massa da cápsula (M_c), utilizando a seguinte expressão:

$$\text{✖ } h = \left[\frac{(M_i - M_f)}{(M_f - M_c)} \right] \times 100$$

- ✖ h = teor de umidade do agregado miúdo, em %;
- ✖ Para cada teor de umidade, calcular o coeficiente de inchamento utilizando a seguinte expressão:

$$\text{✖ } I\% = \frac{V_h}{V_s} = \left[\left(\frac{\gamma_s}{\gamma_h} \right) \times \left(\frac{100 + h}{100} \right) \right] \Rightarrow I(\%) = \left(\frac{\gamma_s}{\gamma_h} (1 + Ch) - 1 \right) \times 100$$

- ✖ O resultado do ensaio de inchamento é colocado em um gráfico H% x I%. Deste gráfico são determinados os dois parâmetros denominado inchamento médio e umidade crítica (I_m e H_{crit}), respectivamente.

× A determinação destes dois parâmetros é feita graficamente de acordo com a seguinte seqüência.

1. De posse do gráfico, H% x I%, traça-se uma paralela ao eixo abscissas tangenciando a curva;
2. Une-se o ponto de tangência a origem (corda);
3. Traça-se uma paralela a corda, tangenciando-se a curva;
4. Ponto de encontro entre as duas tangentes define o valor da umidade crítica;
5. O valor do inchamento médio, I_m , é a média entre o inchamento correspondente a umidade crítica e o inchamento máximo.

Amostra

O material utilizado neste ensaio foi a areia em uma quantidade de 11kg. Quantidade de água = $11 \text{ Kg} \times 0,005 = 0,055\text{L}=55\text{ml}$. Então, para cada porcentagem, tem-se:

Tabela III - Umidade teórica e quantidade de água necessária

h%	Quantidade de água (ml)
0,0	0
0,5	55
1,0	55
1,5	55
2,0	55
2,5	55
3,0	55
4,0	110
5,0	110

Deve-se homogeneizar a amostra, cuidadosamente, a cada adição de água. A cada adição de água, deve-se coletar uma quantidade de amostra para fazer a determinação do teor de umidade real, executa-se, simultaneamente, a determinação da massa unitária (γ_h).

Através da massa do material coletado (M_h), massa do material seco em estufa (M_s) e a massa da cápsula (M_c) determinam-se a umidade real:

$$\%h_{real} = \frac{(M_h - M_s)}{(M_s - M_c)} \times 100$$

Resultados

Através dos dados obtidos durante a execução do ensaio, deve-se determinar, para cada teor de umidade, o inchamento do agregado miúdo, em porcentagem, pela expressão a seguir:

$$\%I = \left[\left(\frac{\gamma_s}{\gamma_h} \right) (1 + Ch) - 1 \right] \times 100, \text{ onde:}$$

γ_s = massa unitária do agregado seco em estufa;

γ_h = massa unitária com h% de umidade;

%h = teor de umidade do agregado, em %;

Ch = coeficiente de umidade (h/100).

h(%)	Coef.Umi d. (Ch)	Peso (g)	Peso Esp. Seco (g/cm3)	Peso Esp. Úmido (g/cm3)	I(%)
0,00	0,000	8620	1,51	1,38	0,00
0,50	0,005	8590	1,51	1,37	10,77
1,00	0,010	8200	1,51	1,31	16,42
1,50	0,015	7945	1,51	1,26	21,64
2,00	0,020	7625	1,51	1,21	27,29
2,50	0,025	7575	1,51	1,21	27,91
3,00	0,030	7565	1,51	1,20	29,61
4,00	0,040	7487	1,51	1,19	31,97
5,00	0,050	7640	1,51	1,22	29,96
					16,30

Os cálculos necessários para a obtenção dos valores na tabela, foram conseguidos com o auxílio das fórmulas abaixo:

$$\gamma_{seco} = \frac{\text{Quantidade da amostra seca} - \text{Peso do caixote}}{\text{Volume do recipiente}}$$

$$\gamma_{úmido} = \frac{\text{Quantidade da amostra com \% de água}}{\text{Volume do recipiente}}$$

$$Ch = \frac{h}{m} \times 100$$

$$I (\%) = \left(\frac{\gamma_s}{\gamma_h} \times (1 + Ch) - 1 \right) \times 100$$

Da utilização destas fórmulas, e com o uso do excel, pudemos realizar todos os cálculos e, chegamos a tabela supracitada.

Logo, com os dados obtidos em laboratório traça-se o gráfico $h\% \times I\%$ e dele obtém-se a umidade crítica, que é o teor de umidade acima do qual o inchamento permanece praticamente constante, e o coeficiente de inchamento médio que é a relação dos volumes da areia úmida e seca (PETRUCCI, Eladio G. R.).

A representação gráfica do inchamento I (%) em função da umidade h (%) é mostrada em anexo, juntamente com uma tabela de correção para areia e água utilizadas como exemplo para um caso de se trabalhar com uma areia úmida, o que não foi o nosso caso, pelo fato de trabalharmos com um material que já se encontrava totalmente seco em estufa.

Conclusão

Conclui-se que o valor obtido no ensaio para o inchamento máximo foi considerado insatisfatório, uma vez que o teor de umidade deveria estar compreendido entre 3% e 4%, o que não ocorreu nesse ensaio. Esse erro pode ter acontecido por possíveis imprecisões na execução do ensaio.

Valores obtidos através do gráfico, Inchamento x Umidade:

Umidade Crítica (h_{crit}) = 2,60%;

Inchamento Médio = 30%.

Determinação do Teor de Argila em Torrões nos Agregados (NBR – 7218/87)

A determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis permite avaliar a qualidade de um agregado no que se refere à quantidade de grãos Massa Unitária compactada de um agregado é a relação entre sua massa e seu volume compactado, considerando-se como volume também os vazios entre os grãos.

Assim temos que esta norma tem como objetivo prescrever o modo pelo qual deve ser feita a determinação aproximada do teor de argila em torrões, eventualmente presentes nos agregados miúdos e graúdos destinados ao preparo do concreto.

Aparelhagem Utilizada

- × Estufa;
- × Peneiras: 76mm, 38mm, 19mm, 4,8mm e 1,2mm;
- × Balança sensível a 0,5% do peso da amostra;
- × Bandejas de alumínio;
- × Escova.

Amostra

A amostra utilizada foi um agregado miúdo, areia misturada com argila numa quantidade de 200g.

Procedimentos do Ensaio

- × Colhe-se a amostra original que deve ser remetida ao laboratório. Dessa amostra original forma-se as amostras para o ensaio, de acordo com os seguintes processos:
- × Secar certa quantidade o agregado em estufa a 100°C até a massa constante de peso;
- × Peneirar este material sucessivamente através de cada uma das seguintes peneiras: 76mm, 38mm, 19mm, 4,8mm e 1,2mm;
- × Com os grãos de vários tamanhos assim separados, formar amostras para ensaio com pesos mínimos indicados na tabela seguinte:

Material retido entre as peneiras, em mm	Peso mínimo da amostra para ensaio, em Kg
1,2 e 4,8	0,2
4,8 e 19,0	1,0
19,0 e 38,0	3,0
38,0 e 76,0	5,0

- * Nessas operações de peneiramento, manusear os agregados de modo não triturar os torrões de argila eventualmente presentes.
- * **Obs:** no ensaio foi realizado o peneiramento apenas com o primeiro intervalo de peneiras (1,2 e 4,3mm).
- * Cada uma das amostras a ensaiar é pesada, estendida em camadas e examinada quanto à presença de argila em torrões;
- * Todas as partículas suscetíveis de serem desfeitas com os dedos são consideradas como sendo de argilas em torrões;
- * Depois de esmagar todos os torrões encontrados, os seus resíduos são eliminados peneirando cada amostra através das peneiras da tabela abaixo:

Amostra ensaiada, material retido entre as peneiras (em mm) de:	Peneira para remoção dos resíduos dos torrões, em mm
1,2 e 4,3	0,6
4,8 e 19,0	2,4
19,0 e 38,0	4,8
38,0 e 76,0	4,8

- * Após o peneiramento pesa-se novamente cada amostra;
- * O peso dos torrões de argila é obtido pela diferença entre os dois pesos e será expresso em porcentagem do peso inicial da amostra ensaiada.

Dados e Resultados Obtidos

Dados Coletados

- * Massa inicial = 200g;
- * Massa final seca = 152,38g;
- * Massa da argila = $200 - 152,38 = 47,62g$.

Resultados Obtidos

- * Cálculo do teor de argila em torrões e materiais friáveis (M_T) de cada fração, em porcentagem de acordo com a seguinte fórmula;

$$M_T = \frac{M_I - M_F}{M_I} \times 100, (\%)$$

Onde:

M_I = Massa inicial da fração;

M_F = Massa final da fração após o novo peneiramento.

$$M_T = \frac{200 - 152,38}{200} \times 100 = 23,81\%$$

Conclusão

O valor obtido no ensaio foi considerado insatisfatório, uma vez que o valor máximo de torrões de argila não deve passar de 1,5%, e a porcentagem do mesmo obtido no ensaio foi de 23,81%, o que mostra que o material utilizado possui um alto nível de impureza, o que torna o mesmo inadequado para confecção do concreto.

Determinação do teor de materiais pulverulentos nos agregados (NBR 7219/87)

A determinação do teor de materiais pulverulentos tem por finalidade avaliar a qualidade de um agregado com relação à contaminação com partículas de dimensões menores que 0,074mm, que em geral prejudicam a aderência entre a pasta de cimento e o agregado, aumenta o consumo de água em função da elevada área específica diminuindo conseqüentemente a resistência dos concretos e das argamassas.

Assim temos que esta norma tem como objetivo prescrever o modo pelo qual deve ser feita a determinação do teor de terra de argila e outros materiais pulverulentos não argilosos, de partículas menores que 0,074mm presentes no agregado miúdo, ou graúdo destinado ao preparo de concretos.

Aparelhagem Utilizada

- × Balança;
- × Conjunto de peneiras superpostas da 1,2mm a 0,074mm;
- × Recipiente para reter a amostra do agregado e a água de recobrimento.

Amostra

A amostra de material remetida ao laboratório deve ter peso mínimo indicado na tabela abaixo:

Diâmetro máximo do agregado, em mm	Peso mínimo da amostra, em Kg
$D_{Máx} \leq 4,8$	0,5
$4,8 < D_{Máx} \leq 19,0$	3,0
$D_{Máx} > 19,0$	5,0

A amostra utilizada foi a areia seca com uma massa de **500g** ($D_{Máx} \leq 4,8$).

Procedimento do Ensaio

- × A amostra a ensaiar é previamente seca a 100°C, até constância de peso e pesada;
- × A seguir é colocada na vasilha e recoberta com água em excesso. Agitasse rigorosamente o material de forma a provocar a separação de suspensão das partículas finas;
- × Recobre-se o material com mais água e repete-se a operação até que a água de lavagem se torne limpa;
- × O agregado lavado é finalmente seco em estufa e novamente pesado.

Dados e Resultado Obtidos

Dados Coletados

- × Massa inicial antes da lavagem = 200g;
- × Massa final após a lavagem = 175,98g.

Resultados Obtidos

O teor de materiais pulverulentos de cada amostra é obtido pela diferença entre o peso da amostra antes (M_i) e depois da lavagem (M_f) e expresso em porcentagem da massa ensaiada.

$$\times \text{ Teor de material pulverulento} = \frac{M_i - M_f}{M_i} \times 100$$

$$\times \text{ Teor de material pulverulento} = \frac{200 - 175,98}{200} \times 100 = 12 \%$$

Amostra inicial (g)	Amostra seca sem material pulverulento (g)	Teor de material pulverulento (%)
200	175,98	12

Conclusão

Conclui-se que o valor obtido para o teor de material pulverulento é considerado insatisfatório, uma vez que o mesmo não pode ultrapassar 3% em concreto submetido ao desgaste superficial e 5% nos demais concretos, e o valor encontrado foi de 12%.

3.2.2 Ensaio de cimento

Cimento Portland

Cimento Portland é um material pulverulento, constituído de silicatos e aluminatos de cálcio, praticamente sem cal livre, resultante da moagem do clínquer, obtido pelo cozimento até a fusão incipiente da mistura de calcários e argila, convenientemente dosada e homogeneizada, de tal forma que toda a cal se combine com os componentes argilosos, sem que, depois do cozimento resulte cal livre em quantidades prejudiciais. Após a moagem é feita pequena adição de gesso de modo que o teor de SO_3 não ultrapasse 3%. A adição do gesso objetiva regularizar o tempo de início das reações do aglomerante com a água.

Também se pode dizer que é um aglomerante hidráulico obtido pela moagem de clínquer Portland ao qual se adiciona, durante a operação, a quantidade necessária de uma ou mais formas de sulfato de cálcio. Durante a moagem é permitida adicionar a esta mistura materiais pozolânicos, escórias granuladas de alto-forno e/ou materiais carbonáticos, com teor mínimo de 85% de $CaCO_3$.

O cimento é constituído de compostos anidros, mas quando em contato com água, reage, resultando em produtos hidratados. Assim, a hidratação do cimento, consiste na transformação de compostos anidros solúveis em compostos hidratados menos solúveis. Na hidratação, há formação de uma camada de gel em torno dos grãos dos compostos anidros. Rompido esta camada novas áreas de composto anidro são expostos à água, criando-se novas camadas de gel. A partir daí, o cimento começa a perder sua plasticidade, depois de um certo tempo a contar da adição da água. A perda desta plasticidade equivale ao início das reações químicas entre os compostos do cimento com a água. Este fenômeno evidencia-se pelo aumento da viscosidade e da temperatura.

O tempo que decorre desde a adição da água até o início das reações com os compostos é chamado de "início de pega". Quando esta massa deixa de ser deformável, o tempo contando da adição da água até este momento é denominado de "fim de pega".

Dentre as principais propriedades do cimento (concreto) endurecido destaca-se a resistência mecânica, visto que, na maioria dos casos, as demais propriedades estão relacionadas a ela. A muitos fatores que influenciam a resistência do cimento

quando endurecido, por isto é importante estudar tais influências (intrínsecas) em laboratório.

Ensaio

Finura

A importância de se conhecer a finura dos cimentos é devido o fato de que quando este valor é alto, o cimento perde parte de suas características, ou seja, já ocorreu a sua hidratação.

Por outro lado, quanto mais fino for o cimento têm-se reações mais rápidas, maiores retrações, ganhos de resistência para pequenas idades e grande calor de hidratação. Como inconveniente, pode surgir, nas peças concretadas, fissuras de retração sendo necessário cuidados especiais com a cura.

APARELHAGEM

- Balança
- Peneira de malha de 0,075mm de abertura, com fundo e tampa. (Peneira nº200)
- Pincel
- Fundo de peneira e tampa

PROCEDIMENTO

- A peneira deve estar seca, limpa e encaixada no fundo;
- Colocar (50 ±0,05) g de cimento, transferindo para peneira, que deve estar limpa e seca, e munida de fundo. E começa o peneiramento;
- Decorrido 3 a 5 minutos, retirar o fundo e dar golpes para desprender as partículas aderidas à tela e a parede;
- Continuar o peneiramento por mais 10 minutos;
- Repetir o processo para retirada do material aderido à tela e parede;
- Feito isto, pesar a quantidade de material retida na peneira. Caso esta for

novo teste para verificar se o material que passou durante um minuto, segundo o procedimento descrito anteriormente, é inferior a 0,05g.

RESULTADOS

O cálculo do índice de finura do cimento é dado pela expressão:

$$\% F = (R/P). 100 , \text{ Onde:}$$

F = índice de finura do cimento, em porcentagem;

R = Material retido na peneira 75 μ m, em g.

Consistência

Como a quantidade de água influi na pega do cimento (início das reações, aglomerante: água) deve-se determinar qual a quantidade de água de modo que a variação nos tempos de pega não seja função deste parâmetro, e sim, somente, da quantidade do cimento. Assim deve-se determinar, antes do ensaio de pega, a consistência da pasta.

A consistência é denominada normal, quando a sonda de Tetmajer estacionar, sem choque e sem velocidade inicial, a (6 ± 1) cm do fundo do recipiente.

Aparelhagem

- Balança;
- Misturador mecânico, com velocidade Alta, sendo a rotação da pá de (285 ± 10) rpm;
- Cronômetro;
- Espátula;
- Forma de aço em forma de tronco de cone, com diâmetro superior de (70 ± 1) mm, inferior de (80 ± 1) mm e $(40 \pm 0,1)$ mm de altura;
- Bacia;
- Aparelho de Vicat, acompanhado da sonda Tetmajer com 1cm de diâmetro;
- Placa de vidro para base da forma.

AMOSTRA

- A amostra de cimento é 400g, estando dentro das especificações da norma que regula essa quantidade em $(400 \pm 0,1)$ g.

Procedimento

1) ZERAR O APARELHO – Antes de iniciar o ensaio, deve-se zerar o ponteiro indicador da sonda de Tetmajer. Para tal, colocamos a placa de vidro sobre a mesa do aparelho de Vicat e apoiando livremente a extremidade da sonda de Tetmajer sobre a placa, deslocamos o cursor do indicador até a posição da escala.

2) MISTURA MECÂNICA - Realizar a mistura mecânica, da seguinte maneira:

- Introduzir, no recipiente do misturador mecânico a água e, lentamente, adicionar o cimento previamente pesado;
- Após a introdução de todo o cimento, acionar o cronômetro e aguardar 30 segundos;
- Ligar o misturador na velocidade **baixa** durante 30 segundos (nº1);
- Deixar a mistura em repouso durante 120 segundos, sendo que, durante os primeiros 15 segundos, deverão ser raspadas com uma espátula, a parede interna do recipiente e a pá do misturador, de modo a juntar toda pasta no fundo da cuba;
- Terminado o repouso, ligar o misturador na velocidade **alta** (nº2) durante 60 segundos. OBS: O misturador utilizado no laboratório tem três velocidades, porém a que será utilizada é a nº2 que se refere à pedida na norma (285 ± 10) rpm;

3) ENCHER O MOLDE

- Imediatamente após a mistura, colocar uma quantidade de pasta no molde assentado sobre a placa de vidro de modo que ele seja preenchido de uma só vez e com um pequeno excesso.
- Dar golpes suaves na placa para que eventuais bolhas de ar contidas na pasta sejam eliminadas;
- Rasa-se o excesso de material do topo do molde com uma espátula em movimentos de vaivém e alisa;

4) MEDIDA DA CONSISTÊNCIA

- Após o preenchimento do molde, coloca-lo na base do aparelho de Vicat fazendo com que a sonda de Tetmajer fique no centro do molde;
- Ponha a sonda com o parafuso de fixação da haste;
- tempo necessário para esta operação deverá ser de 45 segundos;
- Passado este tempo, solte o parafuso de fixação da sonda de maneira que ele penetre na pasta por ação do seu peso próprio;
- Após 30 segundos, faz-se a leitura.
- Feito isto, descer a sonda de Tetmajer sobre a pasta (previamente zerada na escala do aparelho) sem choque sem velocidade inicial e deixar que a mesma penetre durante 30 segundos na amostra fazendo então a leitura da consistência;
- Repetir todas as operações até se obter o valor desejado.

Resultados

A consistência é denominada normal, quando a sonda de Tetmanjer estacionar, sem choque e sem velocidade inicial, a (6 ± 1) mm do fundo do recipiente.

No caso de ocorrer leituras maiores ou menores que (6 ± 1) mm deve ser mudada a quantidade de água. Não é permitido o reaproveitamento ou a execução de duas medidas de consistência de uma mesma pasta em hipótese alguma.

A água da pasta de consistência normal é calculada segundo a equação abaixo, sendo expressa em porcentagem de massa relativa ao cimento, arredondada ao décimo mais próximo.

$$\text{Consistência Normal} = \text{MA/Mc} \times 100\%$$

Onde: Ma = massa de água;

Mc = massa de cimento.

Início e Fim de pega

→Início de pega:

Utilizando-se uma pasta de consistência normal, previamente determinada, parte-se então para a determinação do tempo de início de pega.

Este é definido como sendo o tempo decorrido desde do momento do lançamento da água de amassamento para confecção da pasta até, o instante em que a agulha de Vicat estacionar a 1mm do fundo do recipiente.

Aparelhagem

São as mesmas do método para determinação da consistência normal, exceto que se utiliza a agulha de Vicat ao invés da sonda de Tetmajer.

Amostra

A amostra utilizada deve ser de 400 g de cimento e água necessária para obtenção de uma pasta de consistência normal, obtida no ensaio para determinação da consistência normal.

Importância

A importância de se determinar o tempo de início de pega reside no fato de se conhecer o tempo que se tem para preparar, transportar, aplicar e adensar as argamassas e concretos.

PROCEDIMENTO

- 1) Zerar o aparelho, igual ao procedimento descrito para a operação com a sonda de Tetmajer.;
- 2) Após certo intervalo de tempo (geralmente 60 minutos), faz-se a penetração com a agulha de Vicat, que deve descer suavemente com velocidade constante e lenta, o contrário do que é feito no ensaio de Consistência Normal;
- 3) Após 30 segundo da penetração da agulha na pasta faz-se a leitura ;
- 4) Defini-se como início de pega quando a agulha estacionar a 1mm do fundo do molde, anota esse tempo (t_2).

Resultados

O início de pega é dado pela relação:

IP = $t_2 - t_1$, Onde t_1 é o momento em que a água foi adicionada no cimento.

→Fim de pega:

Após a constatação do início de pega, fazer leituras a intervalos regulares de 10 min. A 1ª leitura dentre 3 leituras sucessivas e iguais, superiores a 38mm constitui a indicação do fim de pega (t_{2f}).

Resultados

O fim de pega é dado pela relação:

$$FP = t_{2f} - t_1$$

Massa específica

A massa específica está relacionada com as propriedades do cimento. Se houver variação da massa específica de um cimento haverá variação nas suas propriedades.

O conhecimento da massa específica dos cimentos permite, durante seu processo de fabricação, controlar os teores de escória, pozolona ou calcário na mistura com o clínquer e o gesso.

Clinquer – é um produto de natureza granulosa, resultante da calcinação de uma mistura de materiais conduzida até a temperatura de sua fusão incipiente.

Aparelhagem

- Frasco Volumétrico de Lê Chatelier;
- Balança;
- Funil de vidro com haste longa;
- Funil de vidro com haste curta;
- Espátula com ponta fina;
- Pincéis;
- Termômetro.

AMOSTRA

60 g de cimento.

Procedimento

- Pesar o frasco volumétrico de Lê Chatelier vazio;
- O frasco deve estar seco, limpo e com a tampa;
- Colocar uma quantidade suficiente de querosene, com a ajuda do funil de haste longa, de modo que o nível fique entre as marcas 0 e 1cm³.
- Registrar o valor encontrado do nível do líquido na parte interior do menisco ($V_{inicial}$);
- Pesar o frasco volumétrico de Lê Chatelier com querosene;
- Pesar uma massa de aproximadamente 60g de cimento, que deve estar em um erlemeyer fechado e devidamente agitado para que seja retirada qualquer pelota de cimento;
- Colocar, com bastante cuidado para não haver perda de material, o cimento no frasco de Lê Chatelier, com auxílio do funil de haste curta e espátula de ponta fina;
- Limpar ambos com o pincel;
- Tampar e retirar o ar do frasco, fazendo movimentos alternados de inclinação para expulsão do ar;
- Pesar o frasco volumétrico de Lê Chatelier com querosene e cimento;
- Registrar o valor encontrado do nível do líquido na parte inferior do menisco depois da adição do cimento (V_{final}).

Resultados

Todas as medições devem ser feitas com o frasco 1 e com o frasco 2.

1) MEDIÇÕES:

1.1) MASSA - Pela pesagem encontra-se:

- A massa do frasco vazio com tampa;
- A massa do frasco + querosene;
- A massa do frasco + querosene + cimento.

Encontra-se a massa do cimento (M) pela equação abaixo:

$$M = (\text{massa do frasco} + \text{querosene} + \text{cimento}) - (\text{massa do frasco} + \text{querosene})$$

1.2) VOLUME – pela leitura:

- Encontra-se o valor do volume inicial (V_{Inicial}) através da leitura do nível na parte inferior do menisco do líquido de medição;
- E o volume final (V_{Final}) através da leitura final do nível na parte inferior do menisco do líquido de medição **depois da adição do cimento**.

Com os valores de (V_{Inicial}) e (V_{Final}), medidos experimentalmente, determina-se os volumes corrigidos para cada frasco (V_{Icorr}) e (V_{Fcorr}), através do uso da **TABELA DE AFERIÇÃO** do frasco.

1.3) MASSA ESPECÍFICA

A massa específica é obtida pela expressão:

$$\rho = \frac{M}{V_{\text{Fcorr}} - V_{\text{Icorr}}}$$

Onde:

ρ = massa específica (g.cm^3);

M = massa do cimento (g);

V_{Fcorr} = volume final corrigido (g.cm^3);

V_{Icorr} = volume inicial corrigido (g.cm^3).

O resultado final será a média das massas específicas encontradas do frasco 1 e frasco 2.

A massa específica da maior parte dos cimentos brasileiros está compreendida no intervalo de 2,90 a 3,20 g/cm^3 .

Resistência à compressão

Aparelhagem

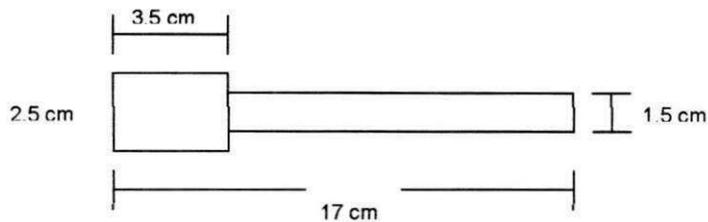
- Balança
- Misturador Mecânico

- Formas cilíndricas para a moldagem dos corpos de prova com as seguintes dimensões:

Altura = 100mm

Diâmetro = 50mm

- Soquete normal com dimensões indicadas na figura abaixo:



- Peneira
- Espátula
- Cronômetro
- Máquina de ensaio à compressão

Amostra

A amostra para este ensaio será uma mistura de cimento e areia em tração de 1:3.

Obs:

1) A areia utilizada é uma areia normal de características iguais a uma areia natural do rio Tietê em São Paulo e deve ter composição granulométrica fixada pela tabela abaixo:

2)

Materiais Retidos entre as Peneiras	Porcentagem em Peso
2,4 – 1,2 mm	25%
1,2 – 0,6 mm	25%
0,6 – 0,3 mm	25%
0,3 – 0,15 mm	25%

2) A quantidade de material seco a misturar para cada corpo de prova de 500g, isto é, 125g de cimento e 375g de areia normal.

Procedimento

MOLDAGEM

- Introduzir, no recipiente do misturador mecânico a água de modo a atender $f_a/c = 0,48$ e, lentamente, adicionar o cimento previamente pesado (Deve ser registrada a hora em que o cimento é posto com a água de mistura)
- Após a introdução de todo o cimento ligar o misturador na velocidade **baixa** durante 30 segundos (nº1);
- Após esse tempo, sem paralisar a operação de mistura, inicia-se a colocação da areia com o cuidado de que toda esta areia seja colocada gradualmente durante o tempo de 30 segundos.
- Imediatamente após o término da colocação da areia, muda-se para velocidade alta, misturando-se os materiais nesta velocidade durante 30 segundos;
- Após esse tempo, desliga-se o misturador durante 1 minuto e 30 segundos. Nos primeiros 15 segundos, retira-se, com o auxílio de uma espátula, a argamassa que ficou aderida às paredes da cuba e à pá e que não foi suficientemente misturada, colocando-a no interior da cuba. Durante o tempo restante (1 mi e 15s), a argamassa fica em repouso na cuba coberta com um pano úmido;
- Imediatamente após este intervalo, liga-se o misturador na velocidade alta (nº2), misturando-se os materiais durante 1 minuto;
- Preenche-se o molde (previamente untado) com óleo mineral em 04 camadas, cada uma recebendo 30 golpes do soquete padrão;
- Decorrido 20 a 24 horas, usualmente, procede-se a desforma dos corpos de prova. Vale salientar que a desforma pode ser executada após o fim de pega do cimento;
- Em seguida, os corpos de prova são colocados imersos em água até a data de ruptura.

Ruptura

- Retira-se o corpo de prova do tanque deixando escoar o excesso d'água;
- Proceder à regularização dos corpos de prova (capeamento) com mistura e enxofre e cimento, no traço 1:3;
- Colocar o corpo de prova na prensa submetendo-se a ruptura.

Resultados

a) Calcular a resistência individual à compressão, em Mpa, da cada corpo-de-prova:

$$R = F/A,$$

Onde:

F – carga de ruptura;

A – área da seção transversal.

b) Calcular a resistência média que é a média dos resultados obtidos com os 6 corpos de prova para a mesma idade.

3.3 Ensaio de Materiais Betuminosos

3.3.1 Materiais betuminosos

Esses materiais são uns dos mais antigos materiais utilizados pelo homem. De acordo com estudos arqueológicos o emprego deste material em épocas anteriores a nossa era. Utilizavam-se o asfalto em trabalhos de alvenaria e construções de estradas.

Os materiais betuminosos utilizados em pavimentação podem ser divididos em dois tipos:

- Os derivados do carvão (Alcatrão) – Não mais utilizado no Brasil;
- Os derivados do Petróleo (Asfaltos).

O betume (principal componente dos materiais betuminosos) é uma mistura de hidrocarbonetos apresentando consistência sólida, líquida ou gasosa, de origem

Características fundamentais dos materiais betuminosos:

- São materiais aglomerantes ou ligantes;
- São sensíveis ao calor;
- São hidrófugos, ou seja, são repelentes de água;
- São bastante plásticos, amoldando-se sob pequenas pressões;
- São envelhecidos se expostos ao ar livre;
- São maus condutores de calor, eletricidade e som;
- Ardem com chama longa e fumaça preta espessa. Incendeia-se com relativa facilidade;
- A densidade varia de 1,0 a 1,2;
- São obtidos por um preço relativamente baixo, em virtude de ser um subproduto;
- Todos os hidrocarbonetos do betume são solúveis em dissulfeto de carbono;
- São quimicamente inertes não reagindo com o cimento, cal, madeira, zinco, alumínio, etc.

Os materiais betuminosos têm como principais propriedades:

- **Ponto de Fulgor:** Os materiais betuminosos quando aquecidos desprendem gases que, em contato com qualquer tipo de chama, provoca combustão do produto quando a temperatura ultrapassa o ponto de fulgor. Assim, ponto de fulgor, é a temperatura na qual ou acima da qual, o material entra em combustão.
- **Ponto de Amolecimento:** É a temperatura em que o material apresenta consistências fluídas, facilitando, assim, o superaquecimento do produto. Ao mesmo tempo tem-se a idéia do local onde este produto pode ser aplicado em função da temperatura ambiente.
- **Consistência:** A determinação da consistência é feita através do ensaio de penetração e da viscosidade quando se trata dos CAP e dos asfaltos diluídos, respectivamente.
- **Viscosidade:** É a resistência à deformação oposta por um fluido à ação de uma força.

- **Densidade:** É a relação do peso de determinado volume de amostra a 20°C para o peso de igual volume de água destilada a 4°C.

Asfaltos

Os asfaltos são materiais aglutinantes, de cores escura, constituídas por misturas de hidrocarbonetos não voláteis. Originam-se do petróleo, sendo obtido, pela evaporação natural de depósitos da superfície terrestre ou por destilação em unidades industrial.

Esses materiais oferecem particular interesse ao engenheiro, por se tratar de um poderoso ligante, rapidamente adesivo, altamente impermeável e de longa durabilidade.

Os CAP podem ser classificados em 9 tipos, em função da sua consistência (obtida através do ensaio de penetração), são eles: CAP 30-40, 40-50, 50-60, 60-70, 70-85, 85-100, 100-120, 120-150, 150-200. Quanto maior for o número, menos duro é o CAP. Estes materiais apresentam consistência de firme a duro, em temperaturas normais, e que devem ser aquecidos até atingir a condição de fluídos, conveniente ao seu emprego. A temperatura de aquecimento dos CAP é da ordem de 180°C.

Os CAP encontram-se no petróleo dissolvido. Assim, pode voltar à forma anterior diluindo-se o CAP em determinados diluentes. Assim, obtém-se, em consequência, os *Asfaltos diluídos* ou *Cut-Back*. Em função do tipo de diluente empregado tem-se o tempo de cura (tempo de evaporação do diluente) na tabela I:

Diluente Empregado	Asfalto diluído ou Cut-Back
Gasolina	de cura rápida (CR)
Querosene	de cura média (CM)
Óleo	de cura lenta (CL)

Tabela I

Após a ruptura ocorre a evaporação da água. Esse fenômeno é denominado de cura, e varia de 10 a 12 horas.

As principais vantagens das emulsões em relação aos CAP e aos Cut-Back, são:

- a) Podem ser usados equipamentos de mistura, transporte e aplicação mais simples, pois dispensam sistemas de aquecimento e secador de agregados.
- b) São fáceis de manipular e destruir.

Estes tipos de materiais betuminosos são utilizados na construção rodoviária (pavimentação).

Quando se deseja o asfalto destinado à construção civil, objetivando impermeabilizar estruturas de edificações, utiliza-se o *Asfalto Oxidado* ou *Soprado*. A obtenção deste produto é feita quando o asfalto se encontra ainda na torre de destilação a uma temperatura de 200°C, faz-se passar uma corrente de ar obtendo-se, em conseqüência, um asfalto mais duro.

O asfalto oxidado apresenta em relação ao CAP, as seguintes propriedades:

- Consistência mais sólida;
- Menor poder aglomerante;
- Menor sensibilidade à temperatura;
- Maior resistência ao intemperismo;
- Maior resistência ao envelhecimento.

Os asfaltos oxidados, pelas suas características não devem ser empregados na construção rodoviária.

Materiais e métodos experimentais utilizados

Materiais utilizados

Ponto de fulgor

- Aparelho de vaso aberto Cleveland com suporte para cuba com isolamento térmico de dimensões entre 6 e 7 milímetros; gota metálica de comparação com dimensão mínima de 3,2mm e máxima de 4,8mm;
- Bico de Busen;
- Chama piloto com furo de 0,8mm;
- Termômetro ASTM 11C ou IP 28C;
- Tripé;

- Fonte de ignição com chama de raio de 152mm de gás engarrafado (butano, propano);

Ponto de amolecimento

- Anéis de latão;
- Bola de aço, com massa entre 3,45 g e 3,55 g, e com diâmetro de 9,53 mm;
- Dispositivo de latão, para centrada sobre o anel;
- Fonte de aquecimento; béquer de 800 ml;
- Termômetro;
- Banho líquido de água destilada.

Penetração

- Recipiente de forma cilíndrica e fundo plano de metal com diâmetro interno de 55mm e altura interna de 35mm;
- Penetrômetro;
- Agulha de aço inoxidável. A massa do conjunto agulha mais luva era de $2,50g \pm 0,05g$;
- Banho d'água para conter o recipiente com amostra;
- Termômetros graduados em $0,1^{\circ}C$;
- Cronômetro graduado em 0,1s.

Viscosidade

- Tubo de viscosidade;
- Frasco receptor;
- Banho;
- Termômetro;
- Tampa;
- Peneira;
- Placa de aquecimento elétrico;
- cronômetro.

Métodos experimentais

Ponto de fulgor

Os CAP possuem uma característica de quando aquecido, a uma certa temperatura qualquer faísca provoca combustão do produto.

Assim, como estes produtos necessitam de aquecimento para sua aplicação torna-se necessário que se conheça esta temperatura de modo que não ocorra acidentes que venham a causar danos.

Colocou-se o vaso aberto de Cleveland numa superfície livre de vibrações e sem ventilação, recomendando-se uma temperatura ambiente de $25^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$. Ajustou-se o termômetro de tal maneira a que ficasse a uma distância de 6,0mm a 7,0mm do fundo do vaso aberto de Cleveland.

Colocou-se a amostra de CAP na cuba de ensaio de maneira que o topo do menisco estivesse exatamente na linha de enchimento.

Acendeu-se a chama de ensaio, cuja fonte de ignição provinha de gás engarrafado butano, ajustando-se o seu diâmetro para 3,2mm a 4,8mm assim como o bico de Busen. Aplicou-se a chama de ensaio quando a temperatura da amostra estava a aproximadamente 28°C abaixo do ponto de fulgor esperado, neste caso a 235°C , e depois em intervalos de 2 em 2°C , a uma distância de aproximadamente 2mm acima do plano da borda da cuba e passando em uma só direção. O ponto de fulgor foi identificado quando a chama de ensaio causou um fulgor (lampejo ou clarão) distinto no interior da cuba de ensaio. Anotou-se a temperatura do ponto de fulgor.

Esse ensaio é de extrema importância porque acima desta temperatura crítica é necessário tomar precauções para afastar o perigo de incêndio durante o aquecimento e manipulação.

Ponto de amolecimento

A amostra de CAP foi previamente aquecida, em estufa, para evitar superaquecimento local, até que se tornasse levemente fluida para escorrer. Com isso feito os anéis foram também previamente aquecidos aproximadamente à

temperatura na qual a amostra flui facilmente e colocados sobre a placa de latão tratada com mistura de glicerina e dextrina. Em seguida os anéis foram cheios com suficiente amostra difundida, de modo a permanecer um excesso acima do topo dos anéis após o resfriamento. Para não perdemos tempo, pegamos uma amostra dos anéis cheios da CAP do dia anterior, que posteriormente colocamos a amostra no aparelho.

Uma vez no aparelho, (copo de Béquer com água destilada recém fervida a uma altura de 10cm, encontrava-se montado) colocou-se as guias das bolas sobre os anéis introduzindo-as no copo de Béquer, e em seguida as duas bolas de aço, utilizando uma pinça, sendo uma bola sobre cada anel. Aqueceu-se o banho. Registrou-se então, para cada anel e bola, a temperatura indicada pelo termômetro no instante em que o material que envolvia a bola tocou a placa inferior.

Como o ensaio possui duas amostras, a determinação da temperatura de amolecimento será feita tomando-se a média das duas temperaturas encontradas.

A temperatura de amolecimento dos asfaltos CAP deve-se situar entre 36 e 62°C conforme a classe e o tipo.

Penetração

Pegamos uma amostra de CAP foi previamente aquecida, em estufa, até que se tornasse fluida e colocada no recipiente de forma cilíndrica, sendo em seguida, esfriada em uma atmosfera entre 15°C e 30°C e logo depois de colocada no banho d'água, mantido na temperatura ensaio de 25°C, verificado no termômetro também inserido no banho d'água.

Examinou-se o suporte da agulha e a haste, verificando-se a ausência de água e outros materiais estranhos. Limpou-se a agulha com solvente adequado, secando-se com pano limpo e inserindo-se no penetrômetro. Colocou-se o peso de 50g acima da agulha, fazendo com que a carga total fosse de 100g para o conjunto de penetração, inclusive agulha e ajustou-se o cronômetro do aparelho para o tempo especificado de 5 segundos.

Viscosidade

Primeiramente fizemos a preparação da amostra que é feita através de aquecimento de 450 g de amostra num recipiente de ½ litros sobre a placa de aquecimento elétrico ligada no ponto médio para a primeira ½ hora e no ponto máximo para o período restante de aquecimento. Devem ser tomados cuidados para não haver superaquecimento da amostra durante o aquecimento inicial, uma vez que pode ocorrer oxidação e alterar os resultados.

Em seguida fez-se toda a limpeza no viscosímetro e inseriu-se firmemente a rolha de tal maneira que evitasse o escapamento de ar na extremidade inferior do tubo de viscosidade. Neste ensaio utilizou-se uma amostra de Cut-Back, já que o mesmo leva menos tempo que o CAP para a realização do ensaio.

A amostra, ainda quente, foi introduzida no tubo até transbordar uma pequena quantidade na galeria. Em seguida, inseriu-se o termômetro de ensaio no centro da amostra, agitou-se a amostra com auxílio do termômetro em movimento giratório (sempre na horizontal para que se evite a inclusão de bolhas de ar).

Ajustou-se a temperatura do sistema, até que a temperatura permanecesse constante (equilíbrio térmico). Com a temperatura constante, durante aproximadamente um minuto, retirou-se o termômetro.

Posicionou-se o frasco receptor na extremidade inferior do tubo, de modo que não houvesse perda do material durante o escoamento, retirou-se a rolha e acionou-se imediatamente o cronômetro, parando-o quando a amostra atingiu o traço de referência do frasco receptor.

Resultados

Ensaio de Penetração:

As leituras obtidas no ensaio de penetração no tempo de 5s, são as seguintes:

Leitura da amostra:

1ª leitura = 2,8 mm

2ª leitura = 2,9 mm

3ª leitura = 4,7 mm

4ª leitura = 3,0 mm

Calculando-se a média das medidas obtidas, encontra-se o valor de 3,35 mm, o que classifica o material analisado como sendo um **CAP 30/45**.

Ensaio de Ponto de Fulgor:

Obtiveram-se os seguintes resultados:

Neste ensaio a temperatura só chegou aos 150°C e não atingiu o ponto mínimo esperado que é no mínimo 235°C para um cap 40-45.

Isto pode ser explicado pelo fato de que o material usado no ensaio é envelhecido, pois o mesmo já tem muitos anos de uso.

Ensaio de Amolecimento

Para o ponto de amolecimento, foram obtidos os seguintes resultados:

T=45,5°C, Media da Penetração: $33,5 \times 10^{-1}$ mm.

Os valores são considerados satisfatórios, pois os resultados estão dando muito diferente do que diz a norma.

Ensaio de Viscosidade

Para a Viscosidade, foram obtidos os seguintes resultados

T1= tempo muito longo e fora das especificações.

Pelo mesmo motivo do ensaio de ponto de fulgor, o material é muito envelhecido não atendendo as normas.

4 APRESENTAÇÃO DE ALGUNS RESULTADOS.

Em vários tópicos acima descritos já foram apresentados alguns dos resultados estudados no laboratório da atecel e dada ênfase em especial aos procedimentos e normatização para estudo e caracterização de materiais utilizados na construção civil.

4.1 Resultados de ensaios de solos

4.1.1 Ensaio de granulometria

Calibração do densímetro ;

Densímetro (No) = 09/95

Peso do densímetro (Pd) = 39,26g

Leitura inferior da escala (Li) = 1,50cm

Volume do Bulbo a partir de Li por imersão, $V_B = \frac{Pd}{Li}$, temos: VB = 37,39 cm³

Altura do bulbo (h) = 14,0cm

Parte superior do bulbo (d1) = 0,9cm

Distancia entre as leituras externas (H) = 11,3cm

Zs (Traço superior) = H + d1 + h/2 , Zs = 19,2cm

Zi (Traço inferior) = d1 + h/2 , Zi = 7,9cm

Calibração da proveta

-Proveta (No) = 02

Volume de referencia (Vr) = 1000cm³

Leitura correspondente (Lc) = 35,1cm

Área média (A) , $A = \frac{Vr}{Lc}$, A= 28,49 cm²

-Proveta (No) = 03

Volume de referencia (Vr) = 1000cm³

Leitura correspondente (Lc) = 35,1cm

Área média (A) , $A = \frac{Vr}{Lc}$, A= 28,49 cm²

-Correção de imersão do densímetro nº 09/95 e na proveta nº 02 será (amostra 1):

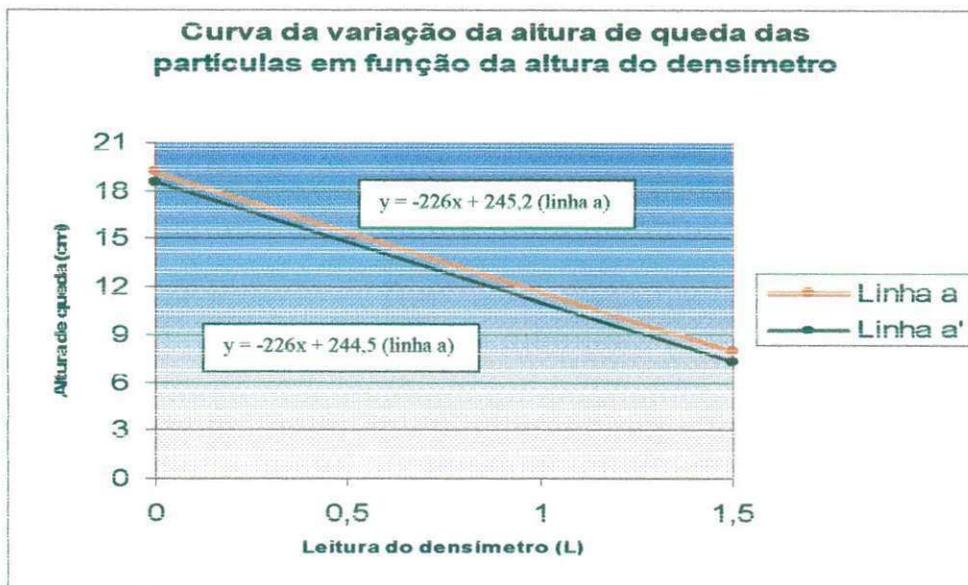
$$\text{correção} = \frac{V_B}{2A} = 0,66$$

-Correção de imersão do densímetro nº 09/95 e na proveta nº 03 será (amostra 2):

$$\text{correção} = \frac{V_B}{2A} = 0,66$$

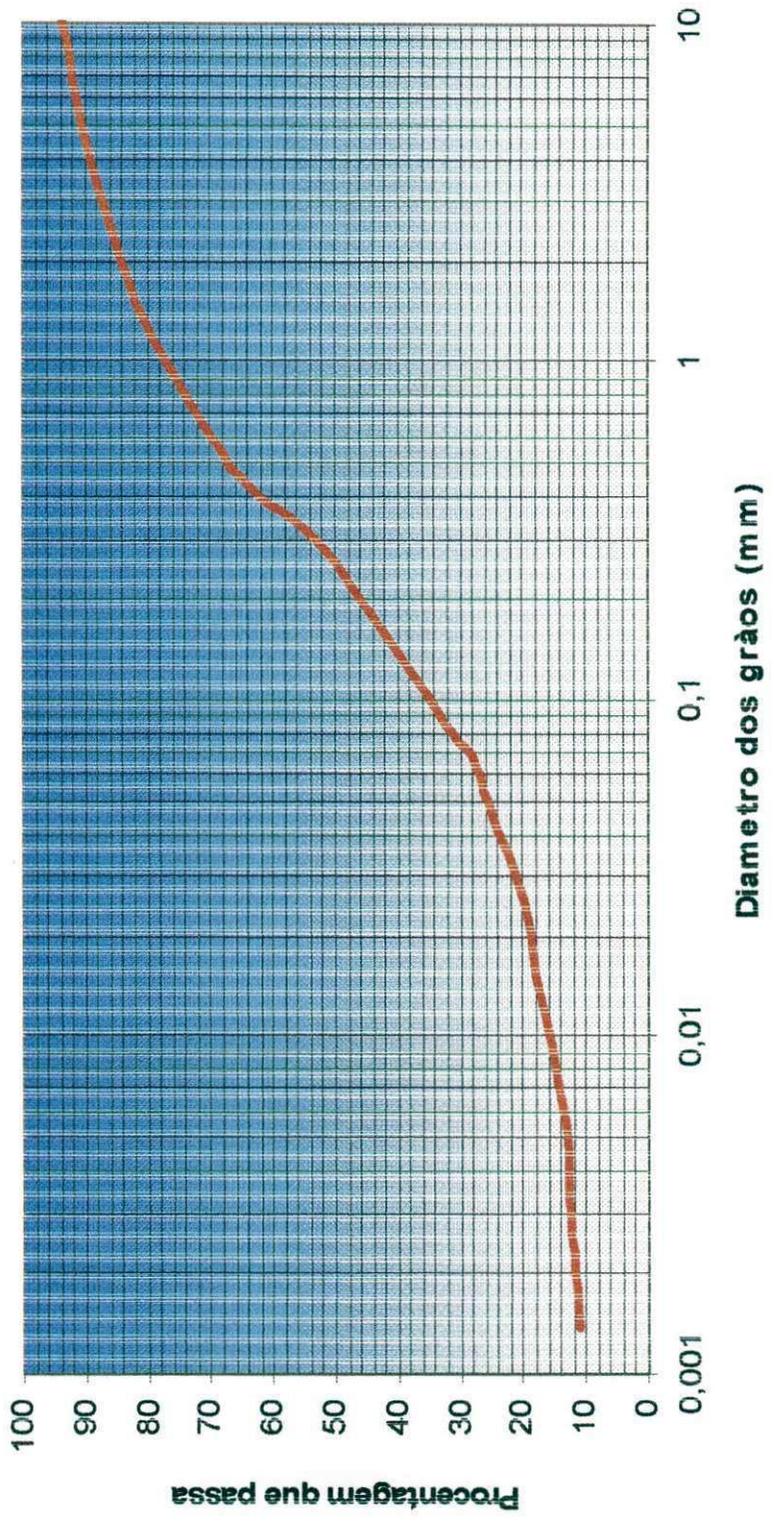
Agora, se constrói uma curva de variação da altura a e a' de queda das partículas em função da leitura do densímetro

Gráfico II

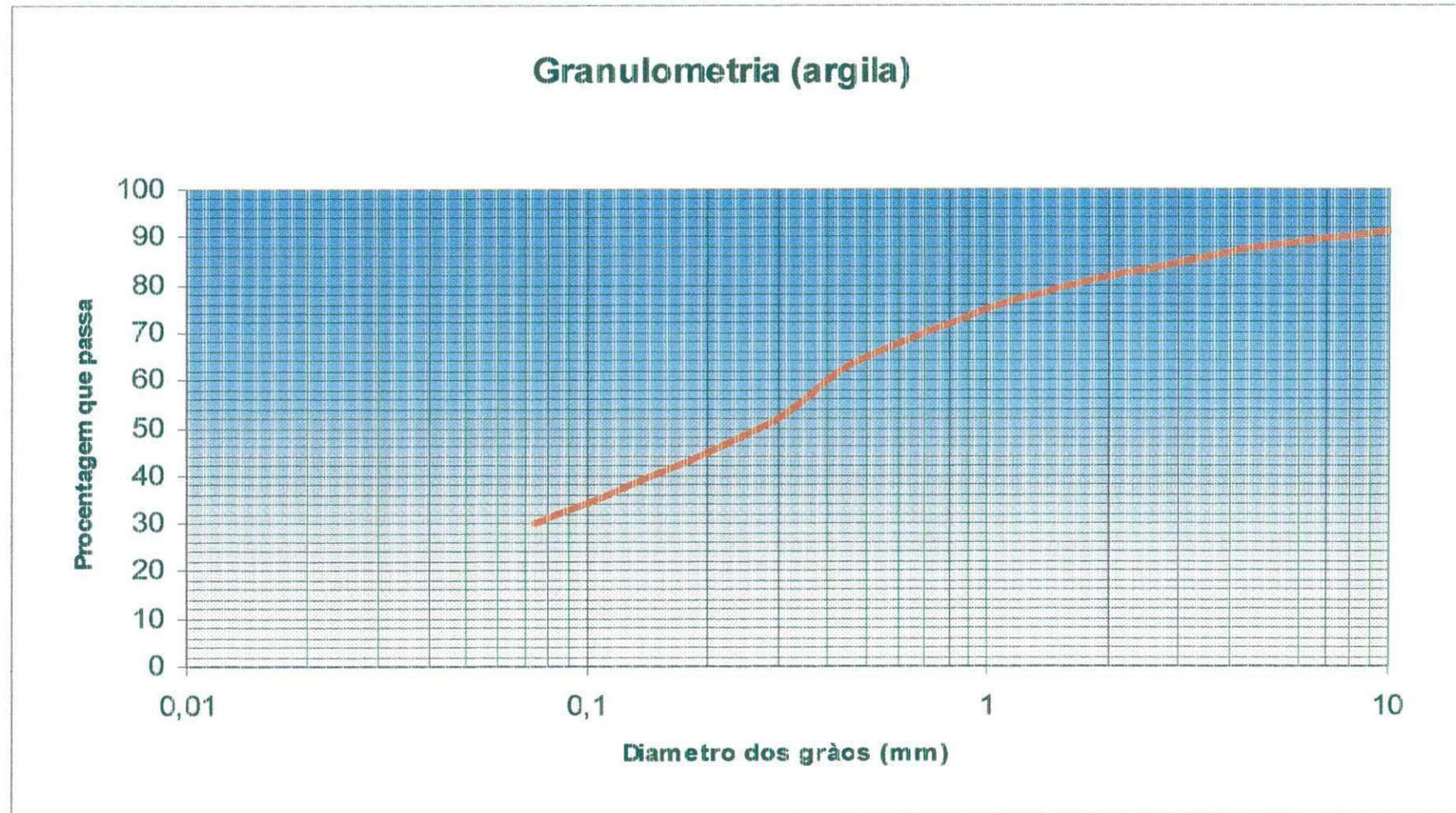


Amostra 1; Todos os dados obtidos estão na tabela a seguir bem como os resultados do peneiramento e sedimentação

Granulometria (solo residual)



Amostra 2; Todos os dados obtidos estão na tabela a seguir bem como os resultados do peneiramento e sedimentação



4.1.2 Ensaio de caracterização de cimento

Resultados

Finura

→ Para 50,04 g de cimento, tivemos 2,63g de resíduo.

Portanto temos que o índice de finura de finura em % do cimento, é dado por:

$$F = \frac{2,63}{50,04} * 100 \rightarrow F = 5,26 \%$$

.Consistência

Massa do cimento = 400g

Massa de água = 130 g

$$\text{Consistência normal} = \frac{130}{400} * 100 = 32,5 \%$$

A sonda de Tetmanjer estacionou a 5 mm do fundo do recipiente.

Tempo de Pega

Como o ensaio é muito demorado, os dados obtidos nos mesmos foram anotados apenas no dia seguinte com a Laboratorista, e foram os seguintes:

• Início de pega = 2 horas e 21 minutos

· Fim de pega = 3 horas e 44 minutos

Massa específica

→ Frasco 1:

Massa do frasco vazio = 105,56g

Massa do frasco + querosene = 316,85g

Massa do frasco + querosene + cimento = 376,73g

A massa do cimento é igual a:

(Massa do frasco + querosene + cimento)

$M_c = (\text{Massa do frasco} + \text{querosene} + \text{cimento}) - (\text{Massa do frasco} + \text{querosene})$

$M_c = 376,73 - 316,85 = 59,88g$

Aferição experimental do Frasco de Lê Chatelier:

Temperatura: 21°C

Intervalo de Leitura No Frasco em (cm ³)	Volume Real em (cm ³) do Frasco 01			Volume Real em (cm ³) do Frasco 02		
	1 ^a	2 ^a	Média	1 ^a	2 ^a	Média
Até zero	261,20	261,27	261,24	259,07	259,01	259,04
De zero a 1	1,0	0,99	1,00	1,03	1,02	1,03
De 1 a 18	16,74	16,77	16,76	16,80	16,76	16,78
De 18 a 19	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00
De 19 a 20	0,96	1,00	0,98	0,98	1,03	1,01
De 20 a 21	1,01	0,99	1,00	0,96	0,99	0,98
De 21 a 22	0,96	0,97	0,97	0,99	0,98	0,99
De 22 a 23	1,02	1,01	1,02	0,98	1,00	0,99
De 23 a 24	0,98	0,99	0,99	1,02	1,00	1,01

Tabela de aferição completa, interpolada a partir de valores experimentais do:
Frasco de Lê Chatelier de nº 01

	,0	1	,2	,3	,4	,5	,6	,7	,8	,9
	,0									
8	7,76	7,86	7,96	8,06	8,16	8,26	8,36	8,46	8,56	8,66
9	8,75	8,85	8,95	9,05	9,15	9,25	9,35	9,45	9,55	9,65
0	9,73	9,83	9,93	0,03	0,13	0,23	0,33	0,43	0,53	0,63
1	0,73	0,83	0,92	1,02	1,12	1,22	1,31	1,41	1,51	1,60
2	1,70	1,80	1,90	2,01	2,11	2,21	2,31	2,41	2,52	2,62
3	2,72	2,82	2,92	3,02	3,12	3,22	3,31	3,41	3,51	3,61
4	3,71									

Volume(inicial) = 0,4 cm³

Volume(inicial.corr.) = 0,4 cm³

Volume(final) = 20,9 cm³

Volume(ifinal.corr.) = 20,63 cm³

$V_{corr} = V_{fcorr} - V_{icorr}$

$V_{corr} = 20,63 - 0,4 = 20,23 \text{ g/cm}^3$

$$\rho = \frac{M}{V_{corr}} = \frac{59,88}{20,23} = 2,96 \text{ g/cm}^3$$

→Frasco 2:

Massa do frasco vazio = 106,60g

Massa do frasco + querosene = 314,90g

Massa do frasco + querosene + cimento = 374,77g

A massa do cimento é igual a:

(Massa do frasco + querosene + cimento)

$M_c = (\text{Massa do frasco + querosene + cimento}) - (\text{Massa do frasco + querosene})$

$M_c = 374,77 - 314,90 = 59,87g$

Tabela de aferição completa, interpolada a partir de valores experimentais do:
Frasco de Lê Chatelier de nº 02

	,0	,1	,21	,31	,41	,52	,62	,72	,82	,93
	,03									
8	7,81	7,91	8,01	8,11	8,21	8,31	8,41	8,51	8,61	8,71
9	8,81	8,91	9,01	9,11	9,21	9,32	9,42	9,52	9,62	9,72
0	9,82	9,92	0,02	0,11	0,21	0,31	0,41	0,51	0,60	0,70
1	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20	1,30	1,39	1,49	1,59	1,69
2	1,79	1,89	1,99	2,09	2,19	2,28	2,38	2,48	2,58	2,68

3	2,78	2,88	2,98	3,08	3,18	3,28	3,39	3,49	3,59	3,69
4	3,79									

Volume(inicial) = 0,4 cm³

Volume(inicial.corr.) = 0,41 cm³

Volume(final) = 21,0 cm³

Volume(ifinal.corr.) = 20,80 cm³

$V_{corr} = V_{fcorr} - V_{icorr}$

$V_{corr} = 20,80 - 0,41 = 20,39 \text{ g/cm}^3$

$$\rho = \frac{M}{V_{corr}} = \frac{59,87}{20,39} = 2,94 \text{ g/cm}^3$$

$$\rho = (2,96 + 2,94) / 2 = 2,95 \text{ g/cm}^3$$

Resistência à compressão

No dia do ensaio foram feitos os dois corpos de prova, e sete dias depois, os mesmos foram levados para prensa, e foram obtidos o seguintes valores para resistência a compressão:

Área da seção transversal do corpo de prova:

$$3,14 * 502$$

$$A = \frac{3,14 * 502}{4} = 1962,5 \text{ mm}^2 = 0,0019625 \text{ m}^2$$

CP 1 = 1250 Kgf

$$9,8 * 1250$$

$$R_{c1} = \frac{9,8 * 1250}{0,0019625} = 6442038,22 \text{ Pa} = 6,44 \text{ Mpa}$$

Considerações Finais

A *Construção Civil*, segundo definição já consagrada pelos tratadistas, é a ciência que estuda as disposições e métodos seguidos na realização de uma obra arquitetônica sólida, útil e econômica.

Esta é uma atividade que abrange uma grande diversidade de serviços e técnicas, além de um bom relacionamento pessoal entre todos os profissionais envolvidos. Por isso, um estágio nessa atividade, para os estudantes de engenharia civil, é muito importante, pois ele acarreta aquisição de mais conhecimentos desenvolvido pelo estagiário na prática da construção civil, nas três fases da construção que se pode distinguir em trabalhos preliminares, de execução e acabamento.

Portanto, após ter decorrido 240 horas do estágio supervisionado, no Residencial Turnalina, pode-se dizer que para construir um edifício como este é necessário que o Engenheiro responsável pela obra tenha um conhecimento técnico, prático e administrativo na construção civil, além de uma boa equipe de profissionais em todas as etapas do empreendimento desde a elaboração do projeto até o fim de sua execução. Com isso, afirmar-se que todo o conhecimento teórico adquirido, até agora abordados, pelos professores ao longo de todo o curso é indispensável para a formação profissional por isto é extremamente importante, uma constante revisão e atualização dos conceitos adquiridos, pois a tecnologia aplicada na Engenharia Civil está continuamente sendo desenvolvidas para uma melhor e mais eficiente produtividade e qualidade na construção civil.

Assim, pode-se dizer que a técnica da construção tem por objetivo o estudo e aplicação dos princípios gerais indispensáveis à construção de edifícios, de modo que esses princípios apresentem os requisitos apontados, isto é, sejam ao mesmo tempo sólidos, econômicos, úteis e dotados da melhor aparência possível.

Esse tipo de estágio é importante para que se possa desenvolver as relações humanas e despertar a consciência profissional e o amadurecimento do estudante. Além disto, deve-se conhecer a legislação vigente, desta área de atuação, para que seja possível realizar os procedimentos construtivos de acordo com a lei em vigor.

Referências Bibliográficas

VARGAS, Milton. Introdução à Mecânica dos Solos, Mc Graw-Hill do Brasil, 1977.

ABNT, Norma NBR 7185. Solo – Determinação da massa específica aparente, “in situ”, com emprego do frasco de areia – Método de ensaio. 1986.

ABNT, Norma NBR 7181, Solo – Análise Granulométrica – Método de Ensaio, 1984.

ABNT, Norma NBR 6508, Grãos de solos que passam na peneira de 4,8mm – Determinação da massa específica – Método de ensaio, 1984.

ABNT, Norma NBR 6457, Amostras de Solo – Preparação para Ensaio de Compactação e Ensaio de Caracterização – Método de Ensaio, 1986.

CAPUTO, H. P. Mecânica dos Solos e suas aplicações – vol 1, Ed. Livros Técnicos e Científicos S,A, Rio de Janeiro, 1983.

ABNT, Métodos de Ensaio e Especificações e normas ISO;

Vasconcelos, C. Roberto., Apostila Teórica de Materiais de Construção II, Campina Grande – PB (2002).

Diniz A. Ailton, Apostila Teórica de Materiais de Construção Experimental II (Materiais Betuminosos), Campina Grande – PB – Reimpressão 2002.

Bauer L. Falcão, Materiais de Construção (Vol. I e II) – Livros técnicos e Científicos – 5ª edição, Rio de Janeiro, 1995.