

3º GRUPO DE ENSAIOS

- **Forma dos Agregados - FA**
- **Equivalente de Areia - EA**

5

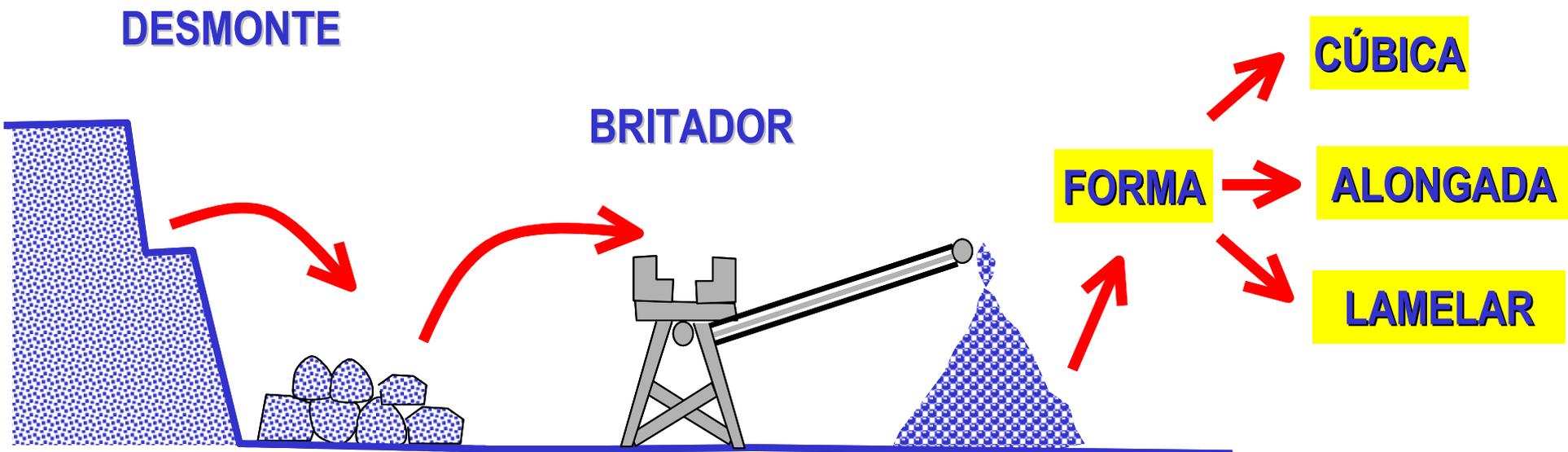
ENSAIO DE FORMA DE AGREGADOS

OBJETIVO

- Estabelecimento de procedimentos simples para a determinação da forma média dos fragmentos de rocha britada e pedregulho (*uso como agregados, particularmente no concreto*);
- Método IPT M-49.

FORMA DOS AGREGADOS

- Forma depende do grupo rochoso do agregado;
- Os processos de obtenção de agregados a partir de desmonte rochoso e britagem (pedreiras) podem gerar fragmentos com três grupos de formas principais: *Cúbica, Alongada e Lamelar*;



FORMA DOS AGREGADOS

- **Grupo rochoso, em particular seu tipo de estrutura:**
 - *Maciça => Cúbica;*
 - *Xistosa => Alongada/Lamelar.*
- **Fração granulométrica => frações mais finas tendem a ser mais alongadas e lamelares.**

FORMA CÚBICA EM AGREGADOS

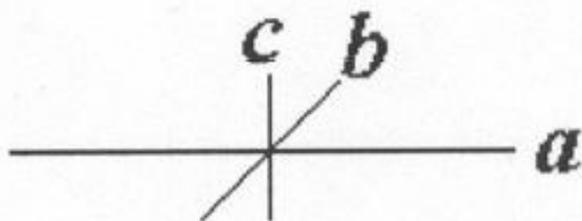
- Melhor distribuição de esforços (*maior resistência à compressão*);
- Menor índice de vazios (*economia no ligante, maior compactação em lastros*);
- Melhor trabalhabilidade (**concreto “rola” melhor**);
- Melhor acabamento dos blocos de concreto aparente;
- Evita a ocorrência de planos de fraqueza (**alinhamento dos agregados**).

FORMAS ALONGADA E LAMELAR EM AGREGADOS

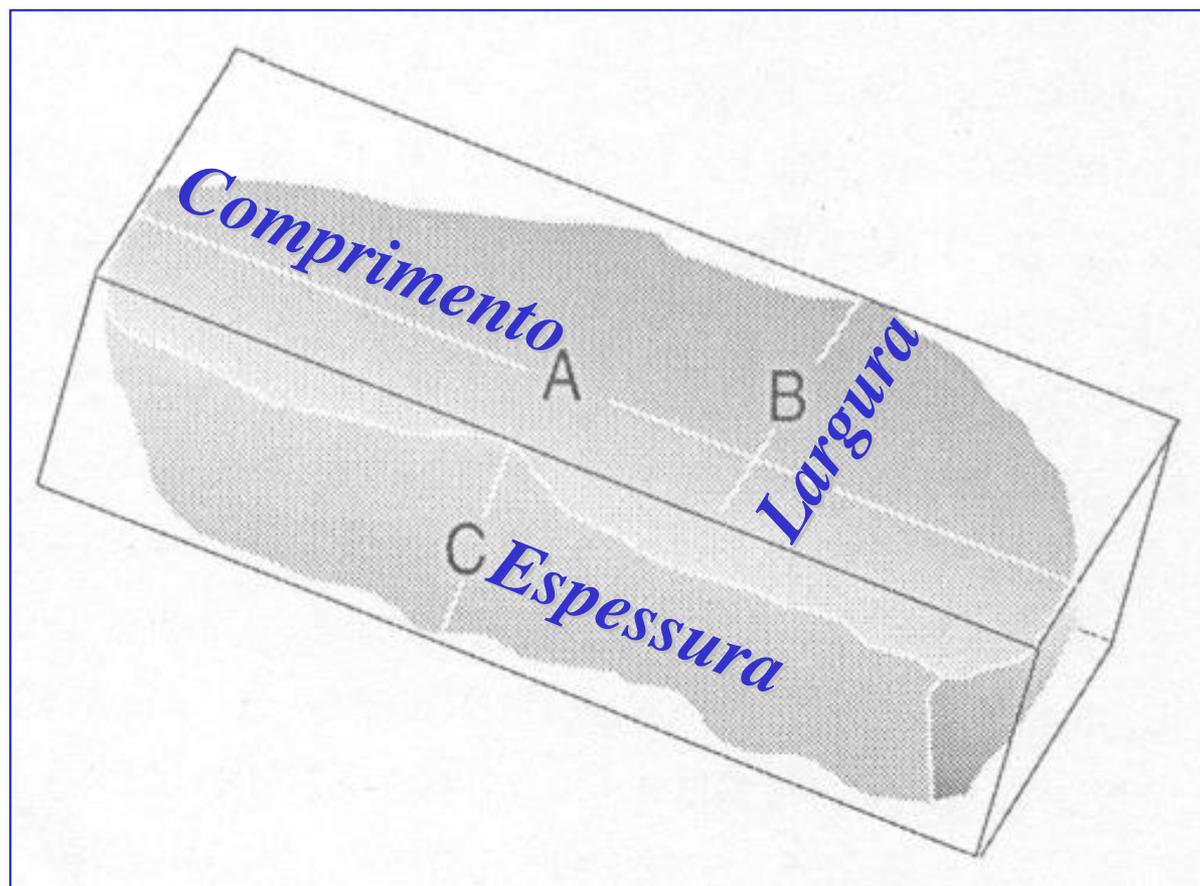
- **Pior distribuição de esforços (*menor resistência à compressão*);**
- **Maior índice de vazios (*maior consumo de ligantes – concreto e asfalto*);**
- **Dificulta a trabalhabilidade do concreto e a penetração do betume;**
- **Favorece a ocorrência de planos de fraqueza (*alinhamento dos agregados*).**

CLASSIFICAÇÃO DA FORMA DOS AGREGADOS

- Consideração das três dimensões (eixos) do agregado: *Comprimento (A)*, *Largura (B)* e *Espessura (C)*;



$$a \geq b \geq c$$



DETERMINAÇÃO DA FORMA DOS AGREGADOS

- **Análise das relações: *largura/comprimento (b/a)* e *espessura/largura (c/b)*.**
- **Agrupamento em quatro tipos básicos (*Métodos IPT e CESP*).**

Quadro 5 - Classificação das formas de agregados com base nas dimensões A, B e C

Relação entre as dimensões		Classificação da forma
B/A	C/B	
>0,5	>0,5	Cúbica
<0,5	>0,5	Alongada
>0,5	<0,5	Lamelar
<0,5	<0,5	Alongada-lamelar

Fonte: ABNT (1989).

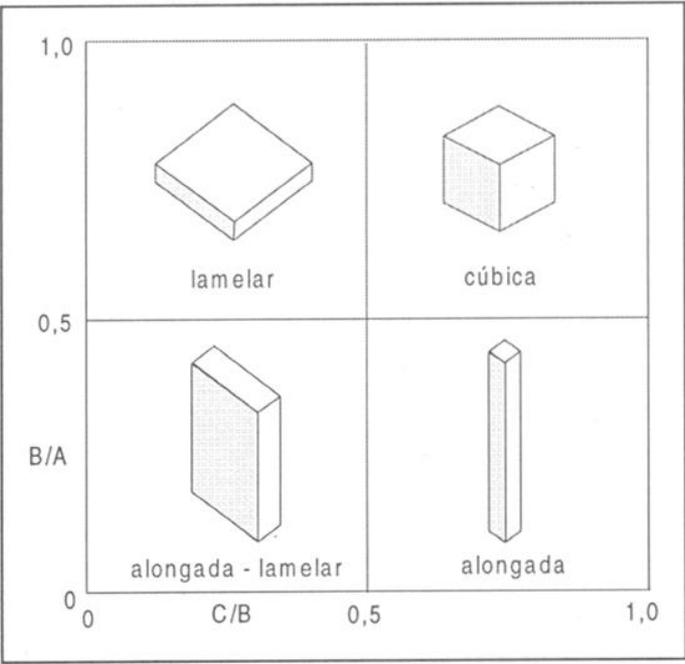
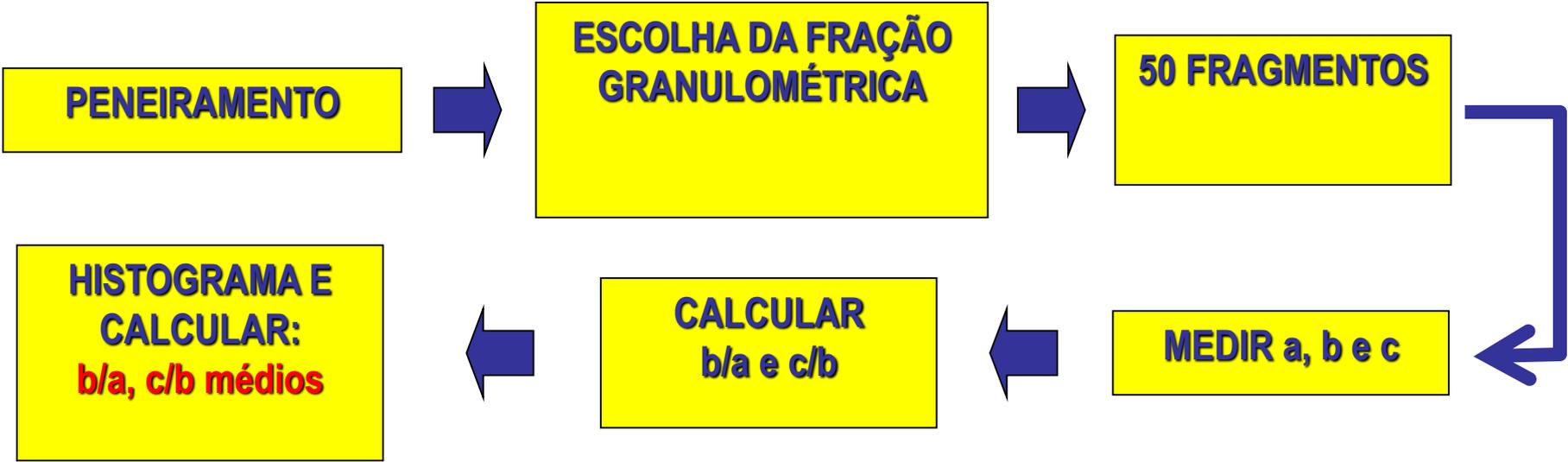


Figura 10 - Ilustração dos tipos de forma de agregados

PROCEDIMENTOS DO ENSAIO

● MÉTODO IPT-M49:



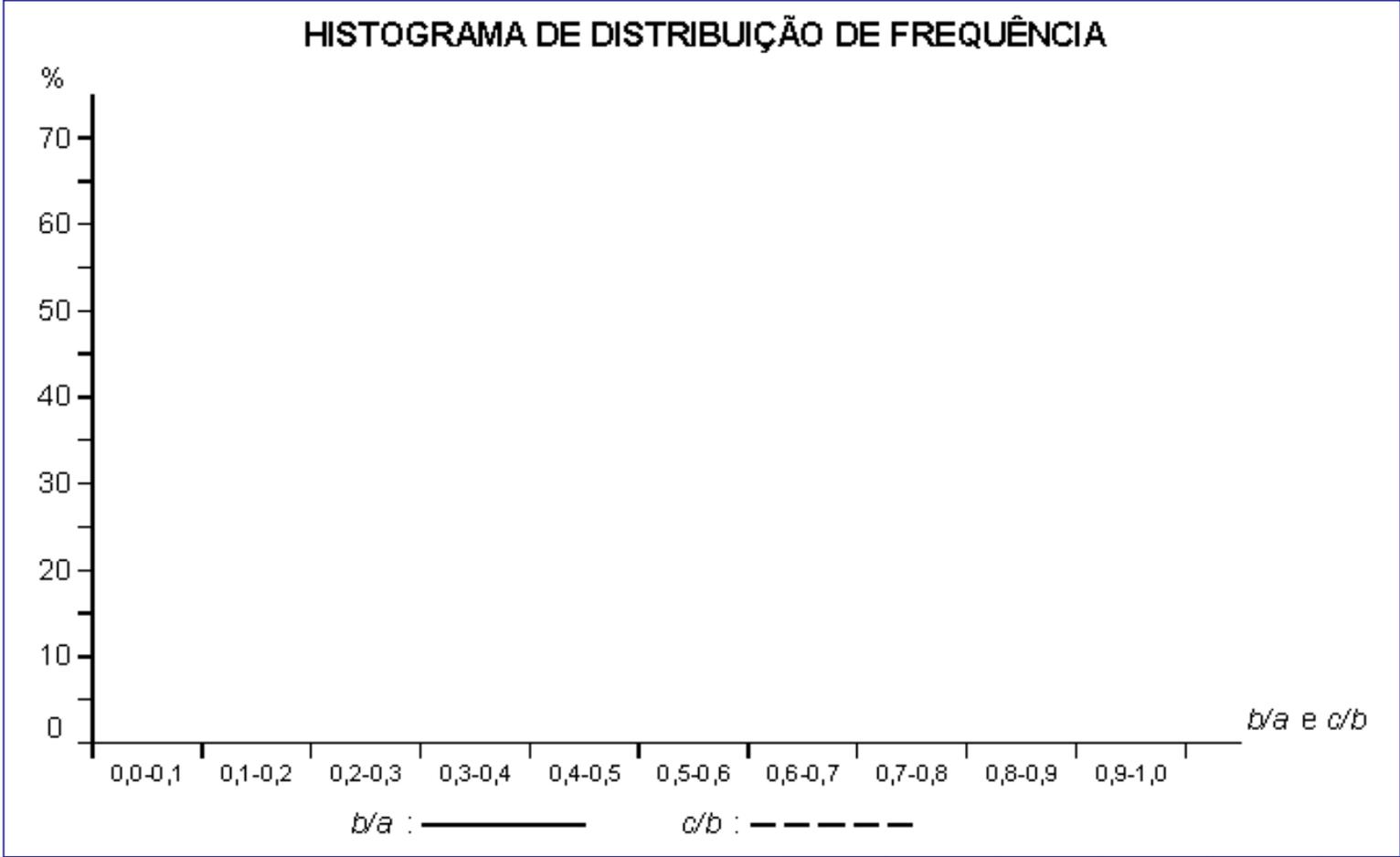






PROCEDIMENTOS DO ENSAIO

PLANILHA DE LABORATÓRIO



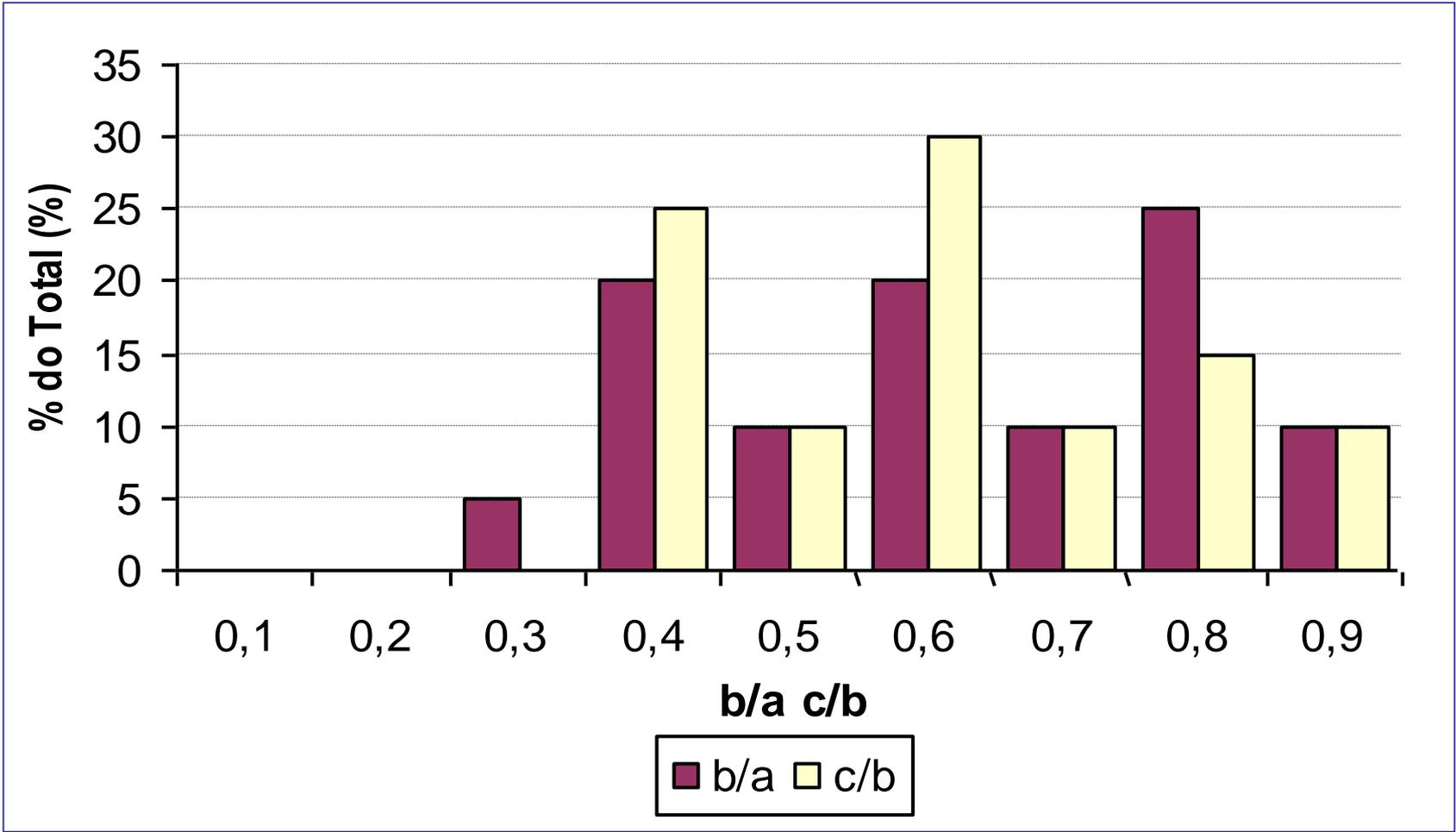
Procedência da Amostra: _____

Classificação Petrográfica: _____

Classificação da Forma: _____

PROCEDIMENTOS DO ENSAIO

PLANILHA DE LABORATÓRIO



Procedência da Amostra: _____

Classificação Petrográfica: _____

Classificação da Forma: _____

TABELA 3 – Valores de referência para os ensaios de caracterização de agregados para diferentes usos em obras civis.

USOS ENSAIOS	Concreto Cimento Portland	Pavimento	Lastro Ferroviário	Enrocamento	Rip-Rap		
Granulometria (mm)	0,15 a 50	pedrisco a 63	25 a 63	50 a matacões	50 a matacões		
Impurezas (%)	Reativos < 3% Orgânicos < 1% Pulvulentos < 5%	Pó de pedra < 2% Argila < 1% M. Orgânica < 1%	Pulvulento < 1% Torrões Argila < 0,5% Frag. Friáveis < 5%	<10%	< 5%		
Massa específica aparente seca (g/cm³)	> 2,5	> 2,5	> 2,5	> 2,0	> 2,5		
Porosidade aparente (%)	< 2%	< 2%	< 2%	< 4%	< 2%		
Absorção d'água (%)	< 1%	< 1%	< 1%	< 2%	< 1%		
Forma média do fragmento	Cúbica	Cúbica	Cúbica	Cúbica	Cúbica		
Resistência à Abrasão Los Angeles	< 50% (1) < 40% (2)	< 50% base < 40% superfície	< 40%	< 50%	< 40%		
Resistência à Compressão Simples Uniaxial (MPa)	100	140	100	Altura < 20m 20 a 60 > 60 m	Resistência 28-35 35-45 45-60	Altura. < 20m 20 a 60 > 60 m	Resistência 28-50 50-60 60-80
Resistência ao Esmagamento (%)	< 45% (1) < 30% (2)	< 30%	< 20%	< 30%	< 20%		
Resistência ao Impacto Treton (%)	< 45% (1) < 30% (2)	< 30%	< 20%	< 30%	< 20%		

(1) – Não sujeitos a intenso desgaste.

(2) – Sujeitos a intenso desgaste.

6

OBJETIVO

- **Determinar a quantidade de materiais finos presentes em agregados naturais (areia);**
- **Método simples (obra) e confiável (precisão) – alternativa ao ensaio granulométrico;**
- **NBR12052/1992
DNER-ME54/9797.**

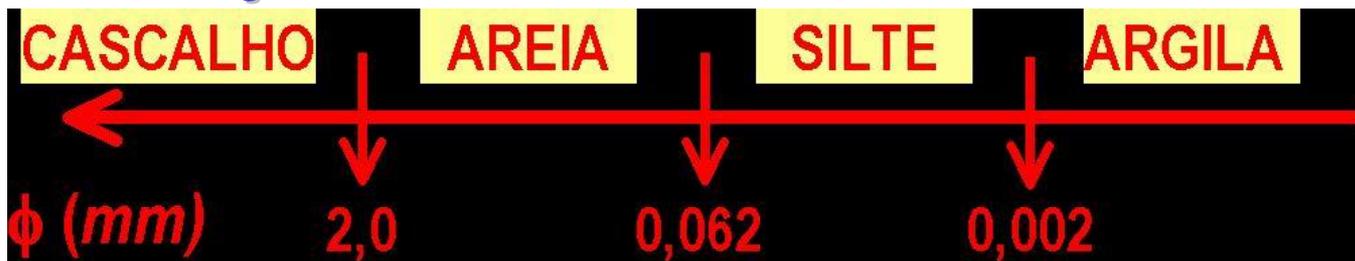
IMPORTÂNCIA

AGREGADOS

2.2 CLASSIFICAÇÃO

- QUANTO À DIMENSÃO
 - GRAÚDOS: $\phi \geq 4,8$ mm);
 - MIÚDOS: $0,075 \leq \phi < 4,8$ mm.
 - FINOS: $\phi < 0,075$ mm

FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS ABNT



IMPORTÂNCIA

● Agregados em Rodovias.

USO DO AGREGADO ENSAIOS	Revestimento		Bases e Sub-bases
	Tratamento Superficial	Pré-Misturados (Concretos Asfálticos)	
Abrasão Los Angeles	< 40%	< 40%	< 40%
Formas Lamelares	< 10%	-	< 10%
Impurezas (Pó)	Isentos	Isentos	0,48
Resistência ao Impacto Treton	< 30%	< 10%	< 10%
Equivalente Areia	-	≥ 55%	> 35%
Britada $\phi > 4,8$ mm	95%	90%	25%
Pedregulho Britado	Uma face	Uma face	Duas faces
Adesividade	> 4	> 4	-
Sanidade (Na_2SO_4)	< 20%	< 20%	< 20%
Sanidade (Mg_2SO_4)	< 30%	< 30%	< 30%

IMPORTÂNCIA

● DETERMINAÇÃO DA % DE FINOS ?

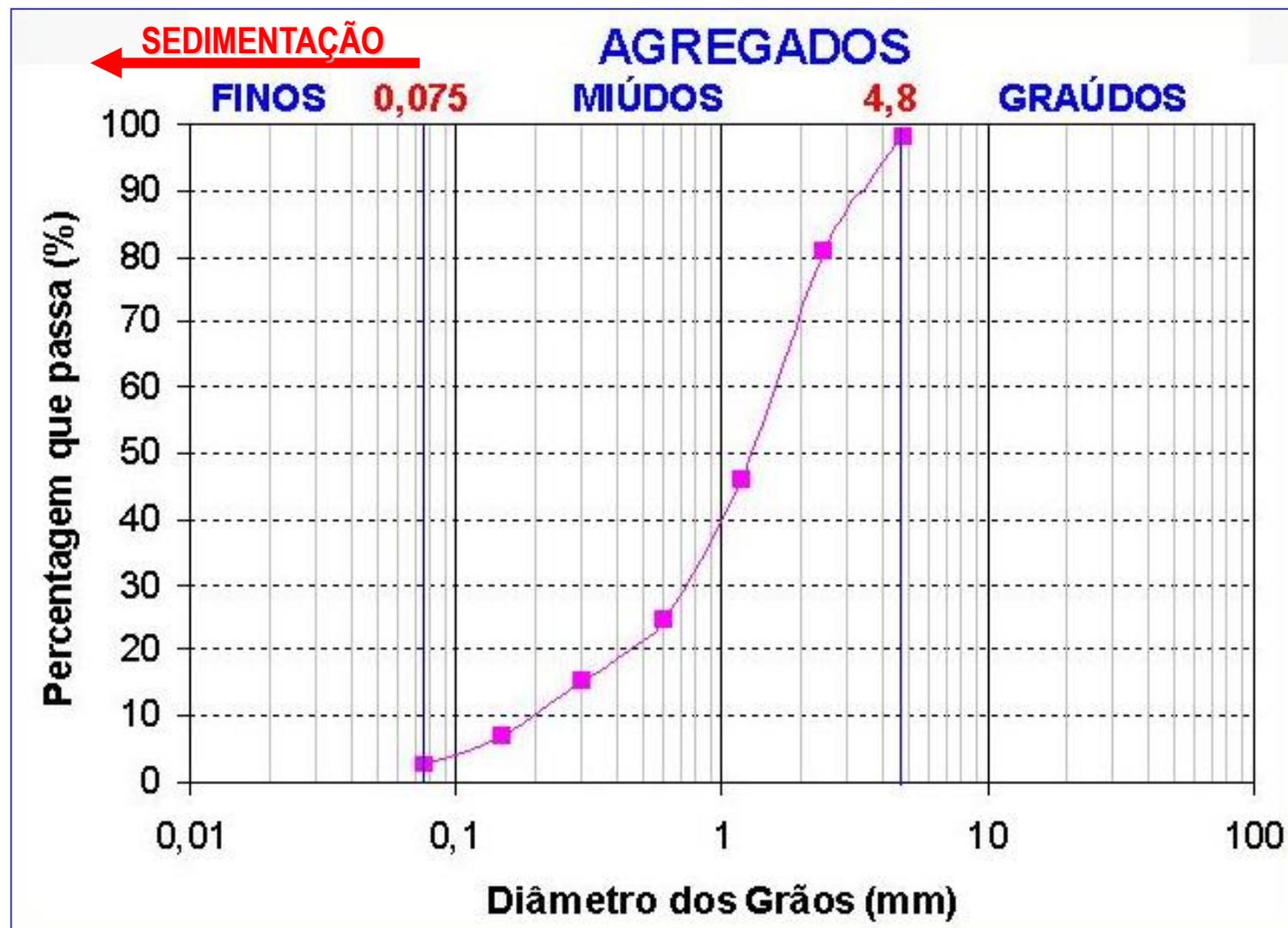
● Métodos de análises granulométricas

convencionais:

- **Custos,**
- **Tempo,**
- **Equipamentos,**
- **Laboratório,**
- **Etc.**

IMPORTÂNCIA

● DETERMINAÇÃO DA % DE FINOS ?



IMPORTÂNCIA

- DETERMINAÇÃO DA % DE FINOS ?

EQUIVALENTE DE AREIA (E.A.)

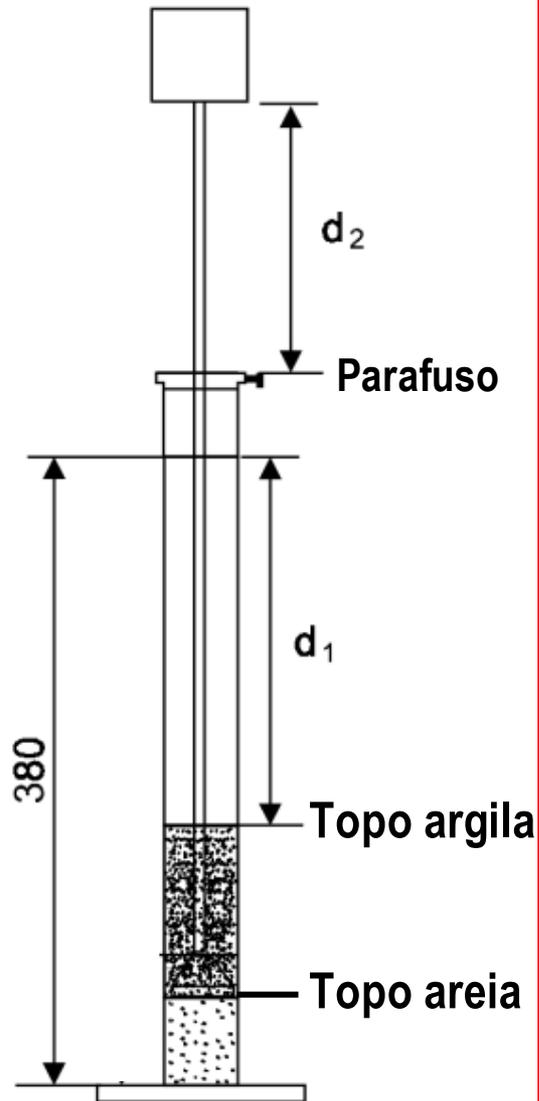
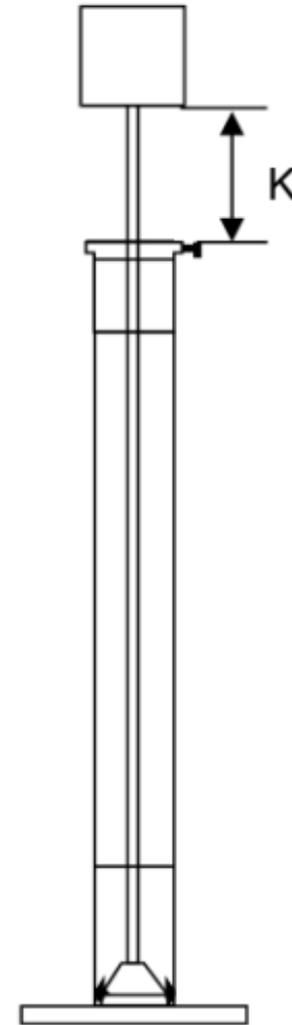
Relação entre o nível superior de uma suspensão argilosa e o nível de areia no interior de uma proveta.

EQUIPAMENTOS

- **Peneira com abertura de 4,8mm;**
- **Proveta, tubo lavador, haste com pistão cônico;**
- **Recipiente de medida com funil;**
- **Solução Padrão: Glicerina; Cloreto de Cálcio; Solução Formaldeído; Água Destilada**
- **Solução para ensaio: 125ml da Solução Padrão + 4,875 litros de água destilada.**

PROCEDIMENTOS DO ENSAIO

- **Amostra:** material passante na peneira $\phi < 4,8\text{mm}$ (agregado miúdo);
- Solução de ensaio na proveta até a altura de 10cm;
- Introduzir uma cápsula c/ areia ($\pm 110\text{g}$) utilizando o funil;
- Bater no fundo da proveta para eliminar as bolhas;
- Deixar em repouso por 10 minutos;
- Tampar a proveta e agitar horizontalmente com deslocamento de 20cm, com 90 ciclos em 30 segundos;
- Lavar com solução de ensaio as paredes e no fundo para separar os finos, enchendo a proveta até o nível de 38cm;
- Deixar em repouso por 20 minutos;
- Realizar as medidas d1 e d2 - **Figura 01**;
- Obter a medida K (proveta vazia) - **Figura 02**.

PROCEDIMENTOS DO ENSAIOFig. 01 – Obtenção de d_1 e d_2 .Fig. 02 – Obtenção de K .

ENSAIO EA

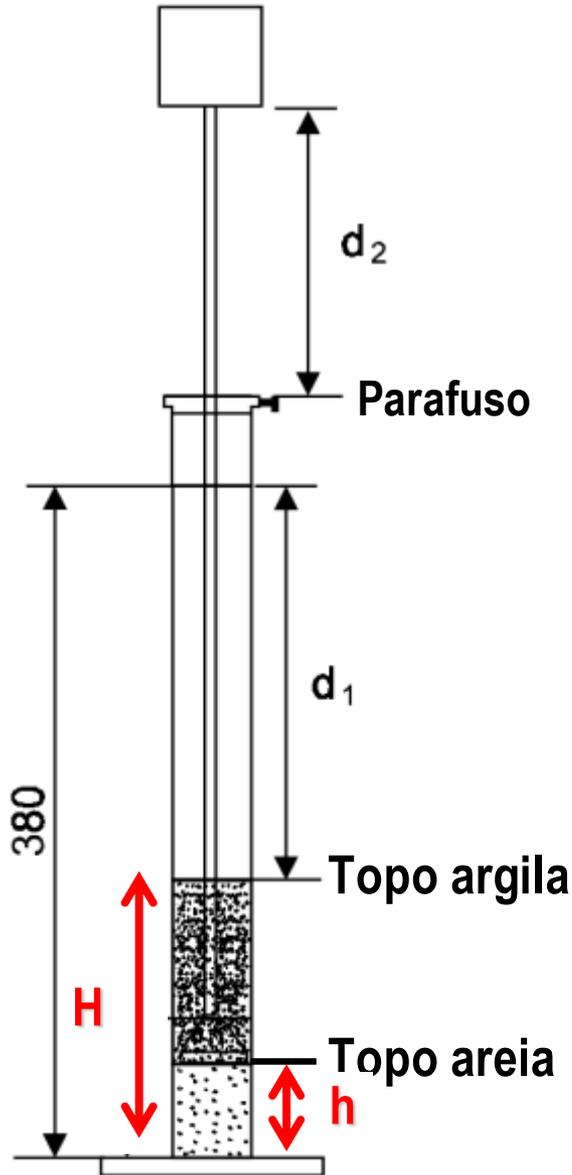


Fig. 01 – Obtenção de d_1 e d_2 .

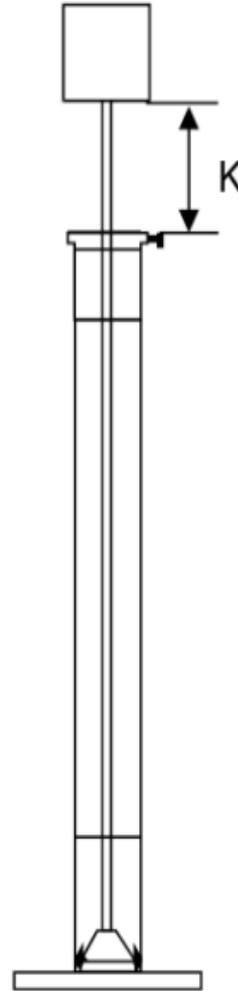


Fig. 02 – Obtenção de K

1- $EA = \frac{h}{H} \times 100 (\%)$

2- $d_2 = K + h$

2- $h = d_2 - K$

3- $H + d_1 = 380$

3- $H = 380 - d_1$

$$EA = \frac{d_2 - K}{380 - d_1} \times 100 (\%)$$

PROCEDIMENTOS DO ENSAIO

Departamento de Geotecnia

Laboratório de Geologia de Engenharia - SGS400

Nome : _____ Nº : _____

Turma / Prof.: _____ Data : ____ / ____ / ____

EQUIVALENTE AREIA

Características da Amostra	
Tipo de Material	Procedência

d_1 (mm)	d_2 (mm)	K

E.A. = _____ %

$$EA = \frac{d_2 - K}{380 - d_1} \cdot 100 \quad [\%]$$