

7

MASSA ESPECÍFICA SECA MASSA ESPECÍFICA SATURADA ABSORÇÃO DE ÁGUA POROSIDADE

OBJETIVOS

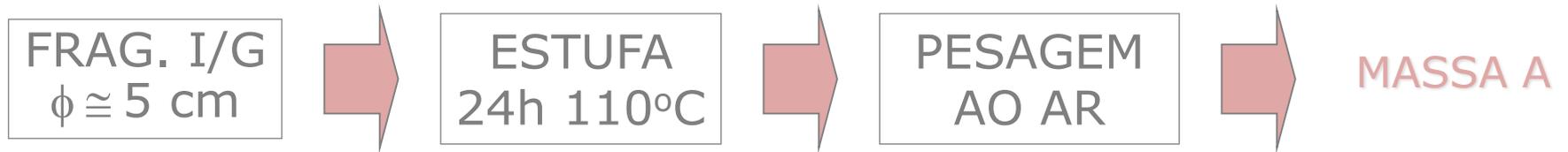
- Determinação de índices físicos indicativos da quantidade de vazios (microdescontinuidades) presentes nas rochas utilizadas como agregados;
- Utilização de procedimentos laboratoriais simples: secagem, saturação e pesagem de precisão.

EFEITOS DOS VAZIOS EM AGREGADOS

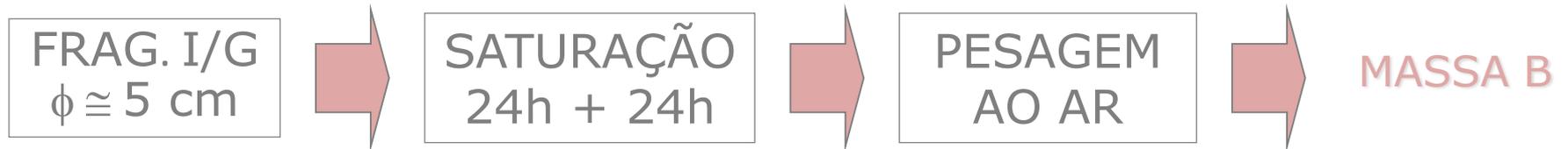
- Maior absorção da água da massa piorando a sua trabalhabilidade (viscosidade);
- Maior consumo de cimento;
- Redução da resistência mecânica do agregado;
- Maior suscetibilidade ao ataque químico (maior superfície de contato).

PROCEDIMENTOS BÁSICOS

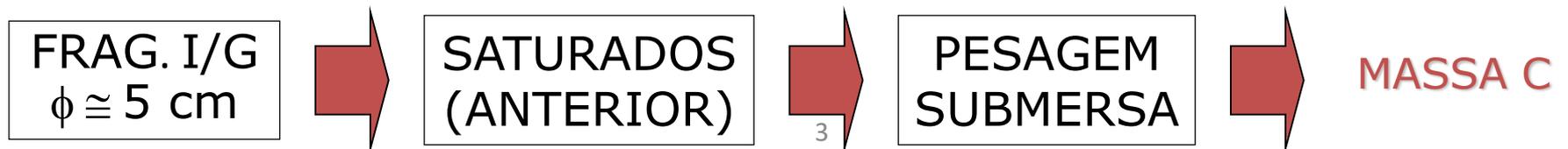
- **OBTENÇÃO DA MASSA SECA DA ROCHA – MASSA A**



- **OBTENÇÃO DA MASSA SATURADA (VAZIOS 100% C/ ÁGUA) – MASSA B**



- **OBTENÇÃO DA MASSA SATURADA SUBMERSA (-EMPUXO) – MASSA C**





TARA

13760

B 1800

5



CÁLCULO DOS ÍNDICES

● Massa específica seca - ρ_d (g/cm³)

$$\rho_d = \frac{m_s}{V_t}$$

m_s = massa dos sólidos (A)

V_t = volume total

$$\rho_d = \frac{A}{B - C} = \frac{m_s}{m_s + m_a - [(m_s + m_a) - (V_t * \rho_a)]} = \frac{m_s}{V_t}$$

FRAGMENTOS REGULARES (CORPO DE PROVA CILÍNDRICO):

$$\rho_d = \frac{m_s}{V_t}$$

$$V_t = \frac{\pi d^2}{4} h$$

d=diâmetro, h=altura

CÁLCULO DOS ÍNDICES

- **Massa específica saturada - ρ_{sat} (g/cm³)**

$$\rho_{sat} = \frac{m_{sat}}{V_t}$$

m_{sat} = massa saturada (B)

V_t = volume total

CÁLCULO DOS ÍNDICES**● Absorção d'água - S (%)**

$$S = \frac{m_a}{m_s} * 100 \quad \text{onde,} \quad \left\{ \begin{array}{l} m_a = \text{Massa d'água (vazios)} \\ m_s = \text{Massa dos sólidos} \end{array} \right.$$

FRAGMENTOS IRREGULARES E REGULARES:

$$S = \frac{B - A}{A} * 100$$

CÁLCULO DOS ÍNDICES

● Porosidade - p (%)

$$P = \frac{v_v}{v} * 100 \quad \text{onde,} \begin{cases} v_v = \text{Volume de vazios (saturado} \Rightarrow m_a * \gamma_a) \\ v = \text{Volume total} \end{cases}$$

FRAGMENTOS IRREGULARES:

$$P = \frac{B - A}{B - C} \times 100 = \frac{m_a}{\cancel{m_s} + \cancel{m_a} - [(\cancel{m_s} + \cancel{m_a}) - v \times \gamma_a]} = \frac{v_v}{v} \times 100$$

1g/cm³

ANÁLISE DOS RESULTADOS

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/cm ³)	> 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	Resistência	Altura	Resistência
				< 20m	28-35	< 20m	28-50
				20 a 60	35-45	20 a 60	50-60
				> 60 m	45-60	> 60 m	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.

IMPORTÂNCIA

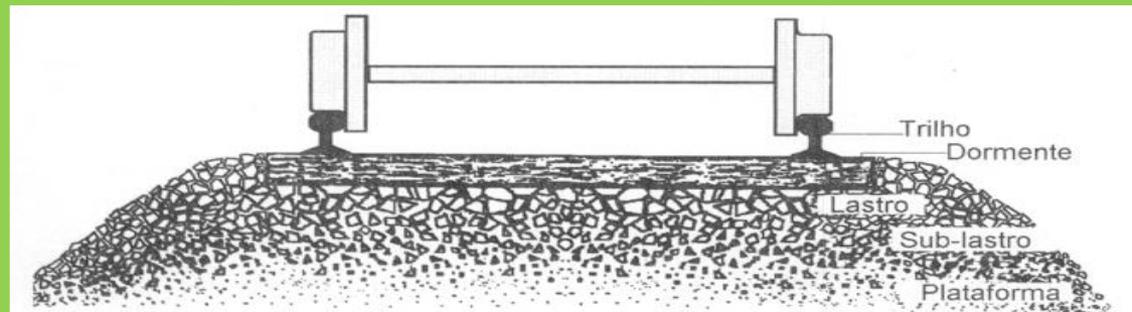
● Agregados em Rodovias.

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%

ENSAIO ESMAGAMENTO

OBJETIVOS

- Caracterizar agregados que são submetidos a elevados esforços de compressão: ***Lastro de Ferrovias.***



FUNÇÃO: DISTRIBUIR AS CARGAS UNIFORMEMENTE

ANÁLISE DOS RESULTADOS

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

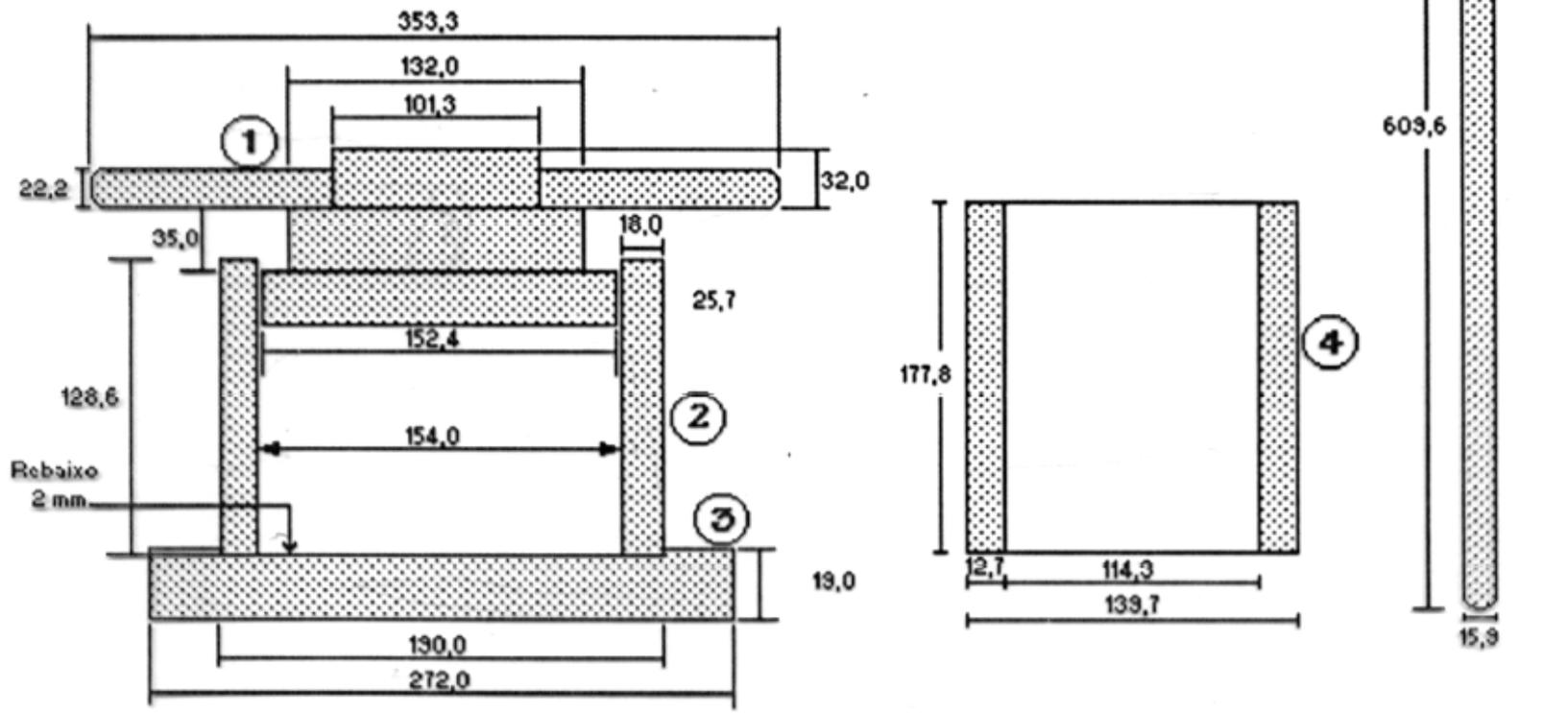
USOS ENSAIOS	Concreto Cimento Portland	Pavimento	Lastro Ferroviário	Enrocamento	Rip-Rap		
Granulometria (mm)	0,15 a 50	pedrisco a 63	25 a 63	50 a matacões	50 a matacões		
Impurezas (%)	Reativos < 3% Orgânicos < 1% Pulvulentos < 5%	Pó de pedra < 2% Argila < 1% M. Orgânica < 1%	Pulvulento < 1% Torrões 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	Resistência	Altura	Resistência
				< 20m	28-35	< 20m	28-50
				20 a 60	35-45	20 a 60	50-60
				> 60 m	45-60	> 60 m	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.

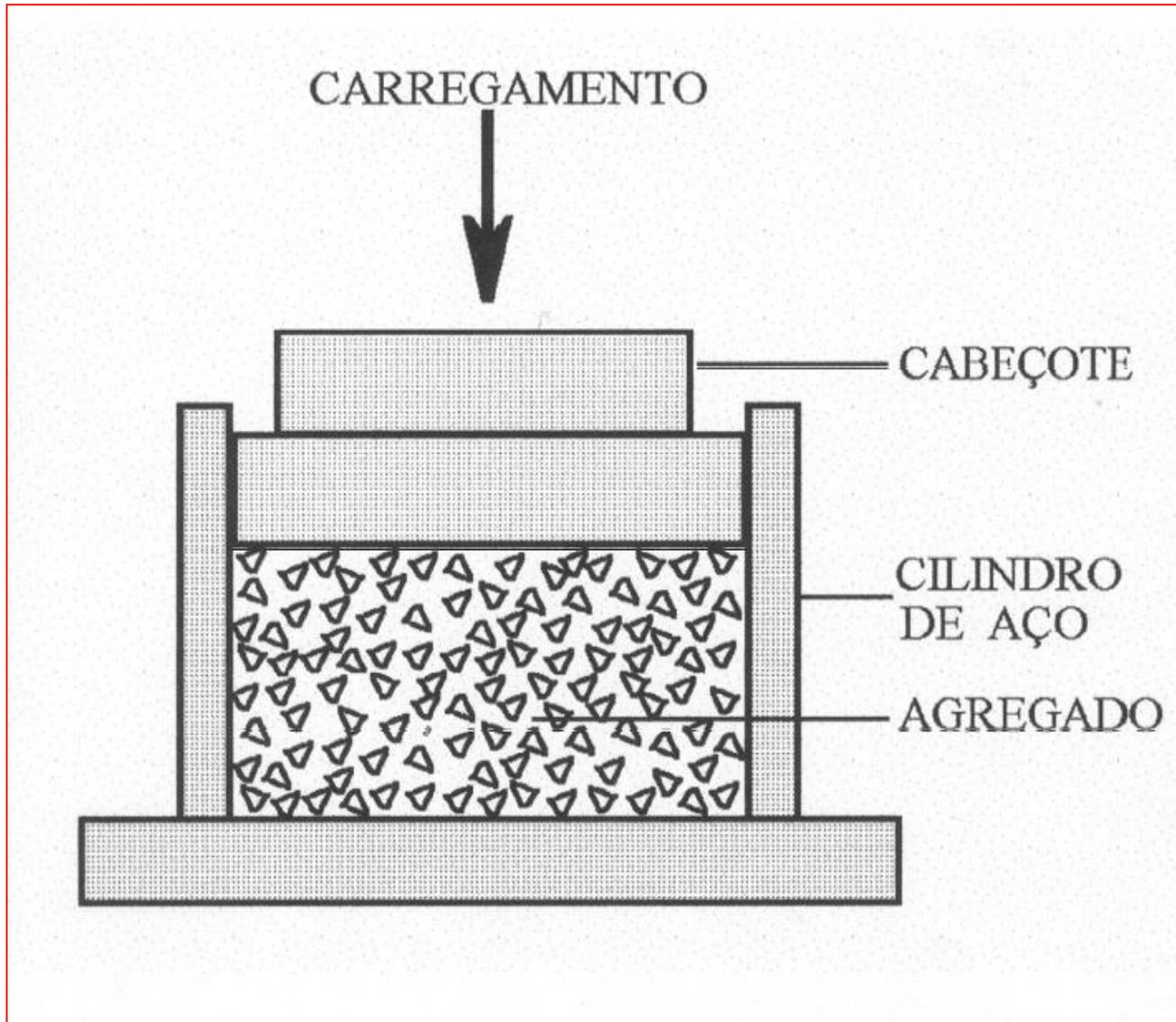
(2) – Sujeitos a intenso desgaste.

PROCEDIMENTOS DO ENSAIO

- ① - Êmbolo para compressão
- ② - Cilindro de ensaio
- ③ - Prato base
- ④ - Recipiente cilíndrico para medidas
- ⑤ - Haste de socamento



PROCEDIMENTOS DO ENSAIO



PROCEDIMENTOS DO ENSAIO

- **Preparação da amostra:**
 - **Fragmentos com $12,7 > \phi > 9,5$ mm;**
 - **03 camadas compactadas no cilindro;**
 - **25 golpes para cada camada, com o auxílio da haste cilíndrica;**
 - **Peso determinado (**Pa**) e inserção no cilindro do ensaio e posicionamento do êmbolo compressivo;**
- **Colocação do conjunto na prensa e aplicação de uma carga total de 400kN (40kN/minuto);**
- **Atingida a carga, o material deve ser retirado e peneirado ($\phi = 2,4$ mm);**
- **Pesagem do material retido (**P'a**).**



PROCEDIMENTOS DO ENSAIO

Departamento de Geotecnia

Nome : _____ Nº : _____

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

RESISTÊNCIA AO ESMAGAMENTO

Características da Amostra

Tipo de Rocha	Grupo Rochoso	Procedência	Classificação	Faixa Granulométrica
				9,5 mm < Ø < 12,7 mm

	1ª Amostra	2ª Amostra
Peso Antes (P_a)		
Peso Após (P'_a)		
R_E [%]		

 $R_{E\text{ MÉDIO}}$: _____ %

$$R_E = \frac{P_a - P'_a}{P_a} \cdot 100 \quad [\%]$$