



EDI-33

Materiais e Processos Construtivos

Agregados

Frank Cabral de Freitas Amaral – 1º Ten.-Eng.º
Instrutor

Março/2005



Programação

SEMANA	DATA	TÓPICOS
1	06/mar	APRESENTAÇÃO DO CURSO
	09/mar	TIPOS DE MATERIAIS E PROPRIEDADES
2	13/mar	AGREGADOS
	16/mar	
3	20/mar	AGLOMERANTES
	23/mar	
4	27/mar	CONCRETO
	30/mar	
5	3/abr	
	6/abr	
6	10/abr	
	13/abr	
7	17/abr	PROVA 1º BIMESTRE
	20/abr	AÇOS
8	24/abr	
	27/abr	
	29/abr a 6/mai	SEMANINHA



Agregado

Material granular, sem forma e volume definido, geralmente inerte, com dimensões, características e propriedades adequadas ao uso em Engenharia Civil.



Concreto

Pasta $\neq$ Argamassa $\neq$ Concreto

- PASTA = cimento + água
- ARGAMASSA = agregado miúdo + PASTA
- CONCRETO* = agregado graúdo + ARGAMASSA

*eventualmente mais aditivos



Agregados

- Material de enchimento
 - 80% do peso
 - 20% do custo
 - motivação econômica
 - material “inerte”



Agregados

- Propriedades

porosidade, composição granulométrica, absorção de água, forma e textura superficial das partículas, resistência à compressão, módulo de elasticidade e rigidez, presença de substâncias deletérias, ...

- Influência:

- resistência
- estabilidade dimensional
- durabilidade



Classificação

Origem

- Naturais
- Artificiais

Massa específica

Dimensão das partículas



Naturais – *rochas ígneas*

- *estrutura do cristal - resfriamento do magma (material rochoso em fusão)*

- **Intrusivas ou plutônicas** (*ex: granito*)

- baixa velocidade de resfriamento

- estrutura cristalina

- granulação grosseira (grão > 5 mm)

- **Intrusivas superficiais ou hipoabissais** (*ex: basalto*)

- granulação mais fina (1 mm $<$ grão $<$ 5 mm)

- textura vítrea

- **Extrusivas ou vulcânicas** (*ex: púmice*)

- matéria vítrea (amorfa)



Naturais – *rochas ígneas*

- *percentual de sílica (SiO_2)*

- **ácidas**: magma supersaturado – mais de 65% de sílica – após formação de minerais (feldspato, mica, hornblenda) a sílica livre forma quartzo
- **intermediárias**: magma saturado – 55 a 65% de sílica
- **básicas**: magma insaturado – menos de 55% de sílica

Importância da classificação: combinação do caráter ácido e da granulação fina ou a textura vítrea da rocha que determina a vulnerabilidade de um agregado ao ataque de álcalis no concreto de cimento Portland



Naturais – *rochas sedimentares*

- *estrutura estratificada (plano-horizontal)*
 - Depositadas mecanicamente (consolidado ou não)
pedregulho, areia, silte e argila
 - Depositadas mecanicamente e consolidadas quimicamente
arenito, quartzito
 - Depositadas e consolidadas quimicamente
“chert” e “flint”
- Silicosas (sílica – SiO_2)
- Carbonáticas (calcita – CaCO_3 , dolomita – $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$)



Naturais – *rochas metamórficas*

- *rocha alterada*

- Alterações:

- Textura

- Estrutura cristalina

- Composição mineralógica

- Orientação (estratificação)

- Exemplos: mármore, xisto, filito e gnaiss





EDI-33 Materiais e Processos Construtivos











2005 6 14





20 10:55



Artificiais

- Escória de alto-forno

resfriamento lento

ácidas (mais denso) x básicas (estrutura vesicular)

aplicação: pré-moldados – blocos, mourões e canais

problema: excesso de sulfeto de ferro

- Cinza volante

produto da combustão de carvão pulverizado em usinas termelétricas

pequenas partículas esféricas de vidro silicoaluminoso

aplicação: concretos leves

problema: variabilidade (finura, teor de carbono)



Artificiais

- Reciclagem

entulhos de construções de concreto

agregado contaminado: pasta endurecida, gipsita (sulfato de cálcio dihidratado), etc...

aplicação: locais de escassez de agregados de boa qualidade e/ou abundância de entulhos de construções

problema: custos – britagem, graduação, controle do pó e separação de constituintes indesejáveis



Artificiais

- Argila expandida

tratamento térmico de materiais adequados (1000 a 1100 °C) – gases liberados pela decomposição química de alguns constituintes são incorporados e expandem a massa sintetizada

agregados leves sintéticos – argilas, folhelhos, ardósia expandidos

aplicação: concretos leves

problema: as propriedades dos agregados são muito influenciadas pelo cobrimento externo da superfície das partículas e pela distribuição interna dos vazios

usinas modernas de agregado leve trituram, moem, misturam e peletizam os materiais para obter uma distribuição uniforme de poros finos



Classificação

Origem

- Naturais
- Artificiais

Massa específica

- Leves : $\gamma < 2,0 \text{ kg/dm}^3$
- Normais: $2,0 < \gamma < 3,0 \text{ kg/dm}^3$
- Pesados: $\gamma > 3,0 \text{ kg/dm}^3$

Dimensão das partículas



Definições

- Massa específica

Massa por unidade de volume, incluindo os poros internos das partículas, é o volume dos grãos dos agregados

- Massa unitária

Massa de agregados que ocupam uma unidade de volume

- Densidade aparente

Razão entre o peso, ao ar, da unidade de volume de um agregado (porção impermeável), a uma dada temperatura, e o peso, ao ar, da massa de igual volume de água destilada, livre de gases, à mesma temperatura

- Densidade real

Razão entre o peso, a vácuo, da unidade de volume de um material, a uma dada temperatura, e o peso, a vácuo, da massa de igual volume de água destilada, livre de gases, à mesma temperatura



Definições

- Massa específica na condição seca

Relação entre a massa do agregado seco e seu volume, excluídos os vazios permeáveis

- Massa específica na condição saturada superfície seca

Relação entre a massa do agregado na condição saturada superfície seca e seu volume, excluídos os vazios permeáveis

- Vazios permeáveis

Descontinuidades ligadas diretamente à superfície externa do agregado que, na condição saturada superfície seca, são passíveis de reter água

- Absorção

Aumento da massa do agregado, devido ao preenchimento dos seus poros por água, expresso como porcentagem de sua massa seca



Definições

- Teor de umidade total

Relação percentual entre a massa total de água que envolve a superfície e preenche os poros permeáveis do agregado gráúdo e sua massa seca

- Umidade superficial

Quantidade de água em excesso, além da requerida para a condição saturada superfície seca



Classificação

Origem

- Naturais
- Artificiais

Massa específica

- Leves : $\gamma < 2,0 \text{ kg/dm}^3$
- Normais: $2,0 < \gamma < 3,0 \text{ kg/dm}^3$
- Pesados: $\gamma > 3,0 \text{ kg/dm}^3$

Dimensão das partículas

- Miúdos: $0,075 \text{ mm} < \phi < 4,8 \text{ mm}$
- Graúdos: $4,8 \text{ mm} < \phi < 152,0 \text{ mm}$



Definições

- Agregado graúdo

Materiais granulares, provenientes de rochas, comprovadamente inertes e de características semelhantes, cujos grãos passam na peneira de malha quadrada com abertura de 152 mm e ficam retidos na peneira de 4,8 mm, tais como seixo rolado, cascalho e pedra britada

- Agregado miúdo

Areia de origem natural ou resultante do britamento de rochas estáveis cujos grãos passam pela peneira de 4,8 mm e ficam retidos na peneira de 0,075 mm

- Materiais pulverulentos

Partículas minerais com dimensão inferior a 0,075 mm, incluindo os materiais solúveis em água



Definições

- Módulo de finura

Soma das porcentagens retidas acumuladas em massa de um agregado, nas peneiras da série normal, dividida por 100

- Dimensão máxima característica

Abertura da peneira em que ficar retida, acumulada, uma porcentagem do agregado igual ou imediatamente inferior a 5% em massa



Peneiras

Série Normal	Série Intermediária
# 75 mm	-
-	# 64 mm
-	# 50 mm
# 37,5 mm	-
-	# 32 mm
-	# 25 mm
# 19 mm	-
-	# 12,5 mm
#9,5 mm	-
-	# 6,3 mm
#4,75 mm	-
#2,4 mm	-
#1,18 mm	-
#0,60 mm	-
#0,30 mm	-
#0,15 mm	-



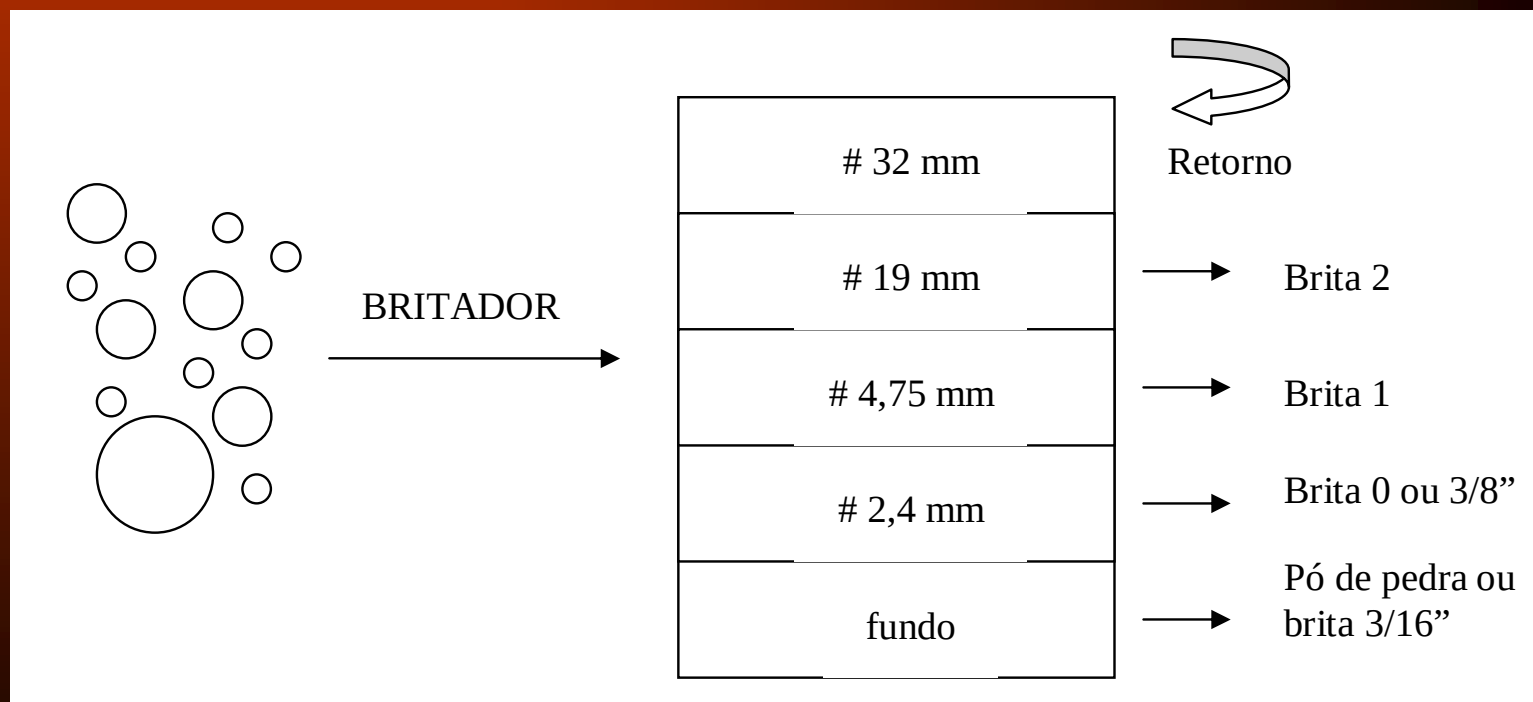
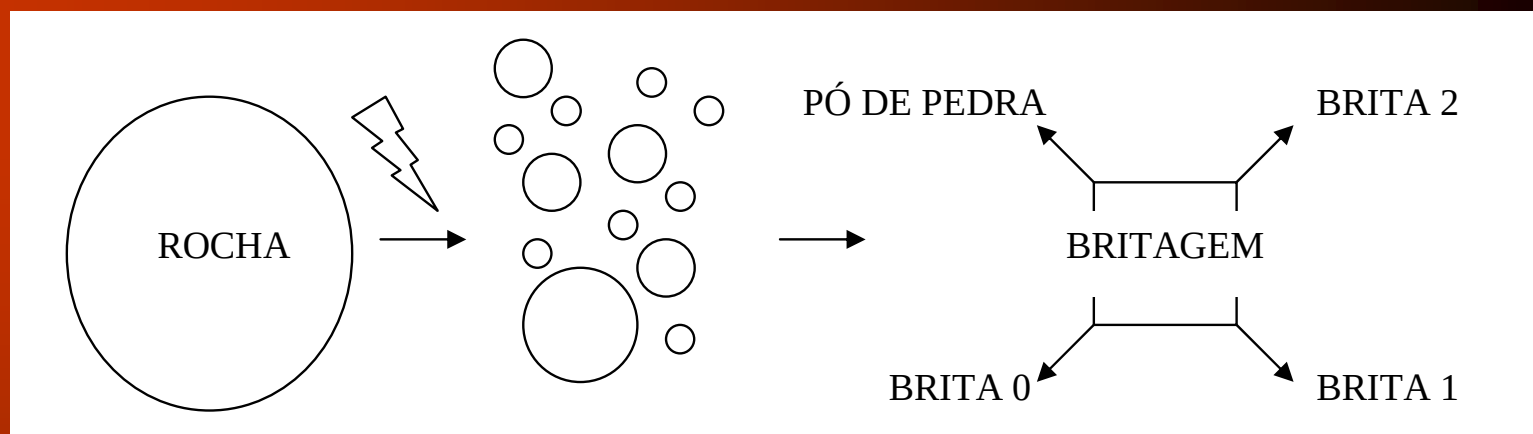
Peneiras

# peneira	abertura nominal (mm)	abertura nominal (pol)
	75,0	3
	50,0	2
	37,5	1 1/2
	25,0	1
	19,0	3/4
	9,5	3/8
4	4,75	3/16
8	2,36	
10	2,00	
16	1,18	
30	0,600	
40	0,425	
50	0,300	
100	0,150	
200	0,075	



Tipos de brita - *comercial*

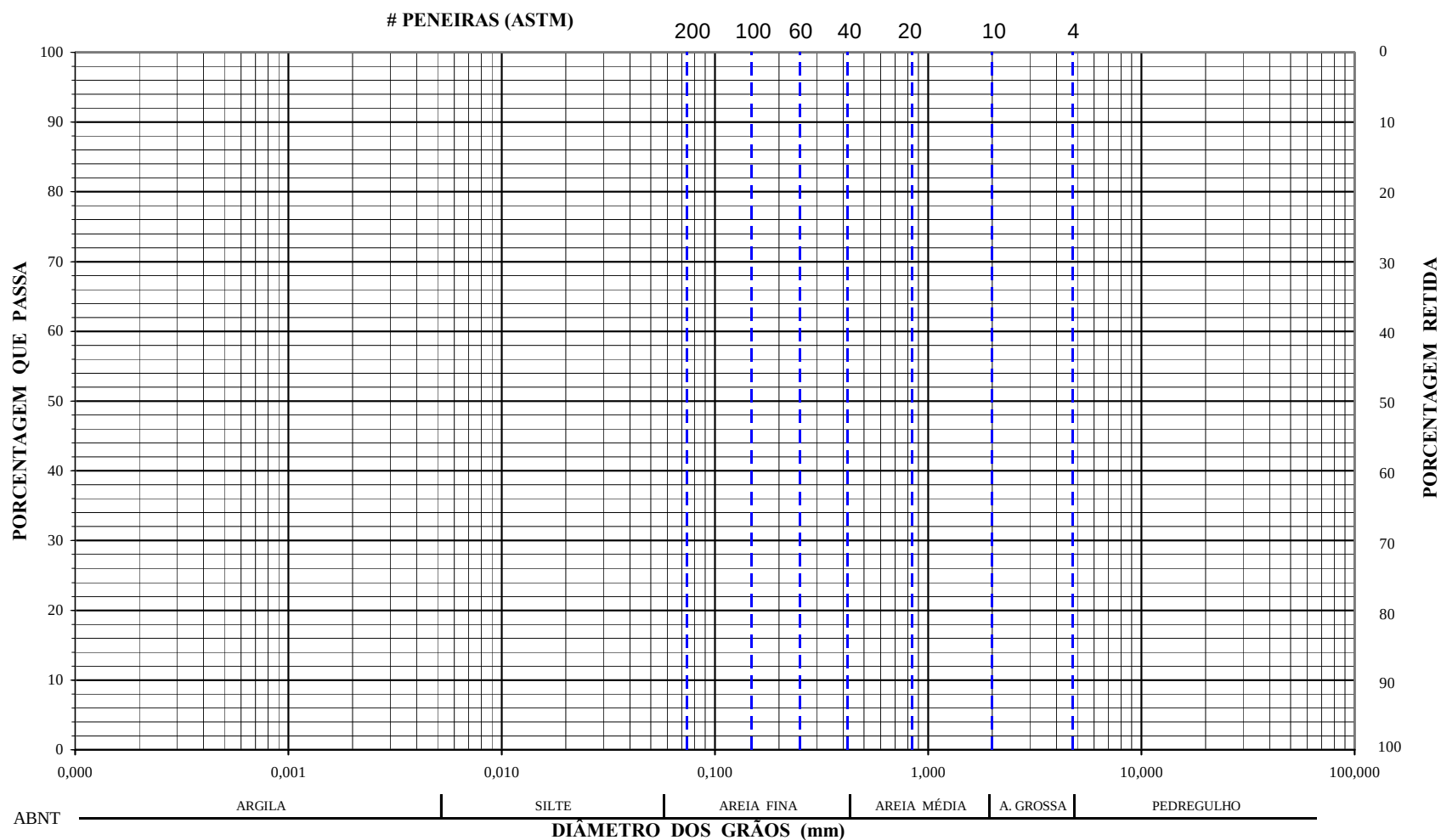
Nomenclatura	Dimensões
Brita 3	19 a 50 mm
Brita 2	9,5 a 31,5 mm
Brita 1	4,75 a 25 mm
Brita 0	2,36 a 12,5 mm
Pedrisco	< 12,5 mm
Pó de pedra	< 6 mm
Bica corrida	< 50 mm
Brita 1/2"	9 a 13 mm





Análise granulométrica

EDI-33 Materiais e Processos Construtivos





Fatores intervenientes

- Porosidade

massa específica, absorção, resistência, dureza, módulo de elasticidade, sanidade, ...

- Exposição e processo de fabricação

tamanho, forma, textura das partículas, ...

- Composição química e mineralógica

resistência, dureza, módulo de elasticidade, presença de substâncias prejudiciais, ...



Ensaaios

- Resistência à abrasão e desintegração

Importância: índice de qualidade do agregado, resistência ao desgaste de pisos, pavimentos

Critério: porcentagem máxima de perda de massa, profundidade e tempo de desgaste

- Resistência à desintegração por sulfatos

Importância: durabilidade sob ação do ambiente

Critério: perda de massa, partículas danificadas

- Forma da partícula e textura superficial

Importância: trabalhabilidade do concreto fresco

Critério: porcentagem máxima de partículas lamelares ou alongadas



Ensaaios

- Composição granulométrica

Importância: trabalhabilidade do concreto fresco, padronização, economia

Critério: porcentagens máxima e mínima passantes em peneiras normalizadas

- Massa unitária

Importância: cálculos de dosagem

Critério: massa compactada e massa no estado solto

- Massa específica

Importância: cálculos de dosagem, classificação

Critério: relação entre massa e volume

- Absorção e umidade superficial

Importância: controle de qualidade

Critério: retenção de água



Ensaaios

- Teor de umidade

Importância: cálculos de dosagem, controle de qualidade

Critério: relação entre massa de água e de material

- Equivalente areia

Importância: controle de qualidade

Critério: relação volumétrica entre areia e suspensão argilosa no material



Exercício

Peneiras		BRITA 2	BRITA 1	SEIXO	AREIA	PÓ 3/16	FILLER		Faixa 2	
		passa	passa	passa	passa	passa	passa			
(mm)	pol	%	%	%	%	%	%		mín	máx
50,8	2	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00		100,00	100,00
38	1 1/2	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00		90,00	100,00
19	3/4	3,60	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00		40,00	70,00
9,50	3/8	0,00	15,30	70,90	99,10	100,00	100,00		20,00	40,00
4,75	# 4	0,00	2,10	17,80	87,00	98,60	100,00		4,00	30,00
0,425	# 40	0,00	0,00	0,40	11,90	38,40	100,00		0,00	10,00
0,075	# 200	0,00	0,00	0,20	1,40	6,90	94,30		0,00	2,00