



Ministério da Educação
Universidade Federal do Paraná
Setor de Tecnologia
Departamento de Construção Civil

Materiais de Construção II (TC-031)

AGREGADOS

Professores

José Marques Filho - jmarques@ufpr.br

José de Almendra Freitas Jr. - freitasjose@terra.com.br

Marienne do Rocio Maron da Costa - mariennemaron@gmail.com

Laila Valduga Artigas - artigas@ufpr.br

Versão 2020

Porque conhecer os Agregados?

Massa unitária



Massa específica



Superfície específica



Empacotamento

AGREGADOS – DEFINIÇÃO:

Material granular, de dimensões adequadas para o uso em engenharia.

USOS NA ENGENHARIA

- Argamassas e concretos
- Base p/ pavimentação
- Drenos
- Lastros de ferrovias
- Gabiões



Concreto



Lastro



Concreto asfáltico



Gabiões



Drenos

FINALIDADE USO EM CONCRETOS E ARGAMASSAS

- **Econômicas:** redução de custos

Cimento+ - R\$ 150,00/m³



Valores (2018)



Agregados + - R\$ 60,00/m³

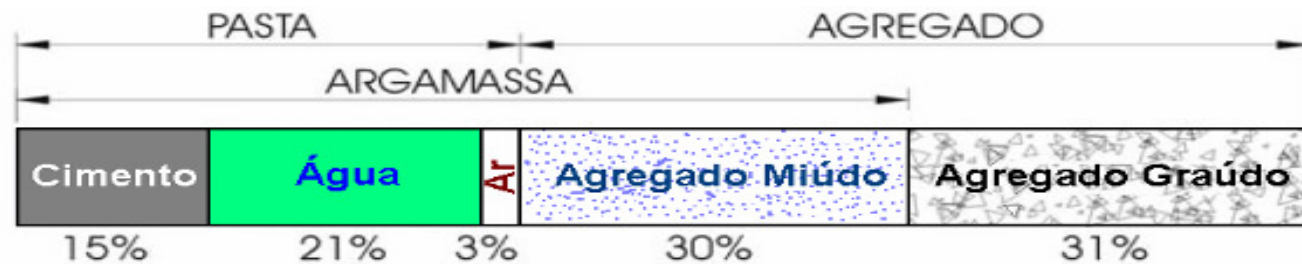
(R\$ / volume real)

- **Técnicas:** Minimiza a retração;
Minimiza o calor de hidratação;
Aumenta a resistência química;
Aumenta a resistência à abrasão.....

FINALIDADE USO EM CONCRETOS E ARGAMASSAS



% médias por volumes de um concreto comum



AGREGADOS - DEFINIÇÕES

Massa Específica ME= massa / volume real

**Massa Unitária MU= massa / volume TOTAL
(com vazios)**

Valores habituais:

Areia natural: ME \approx 2,6 g/cm³ (ou kg/litro = t/m³)
MU \approx 1,4 g/cm³

Brita comum: ME \approx 2,7 g/cm³ (ou kg/litro = t/m³)
MU \approx 1,5 g/cm³

AGREGADOS - DEFINIÇÕES

Determinação da Massa Unitária :

Graúdos

NBR NM 45: 2006



Determinação M. U. compactada de
britas.

Mistura compactada sofrendo
rasamento

Determinação da Massa Unitária: **AGREGADOS - DEFINIÇÕES**



Miúdos



NBR NM 45: 2006

Determinação M. U. solta de agregados miúdos.

AGREGADOS - DEFINIÇÕES

Determinação da Massa Específica:

Balança hidrostática: agregados **graúdos**

O procedimento a ser seguido :

- Pesar o agregado (SSS).
- Pesar o agregado imerso em água, pendurando a amostra em um fio ligado ao prato da balança.

NM 53/2009

W = peso a seco (SSS)

H = peso imerso na água

$$ME = \frac{W}{W - H}$$

Amostra imersa em
água



AGREGADOS - DEFINIÇÕES

Determinação da Massa Específica:

Balança hidrostática: agregados **graúdos**

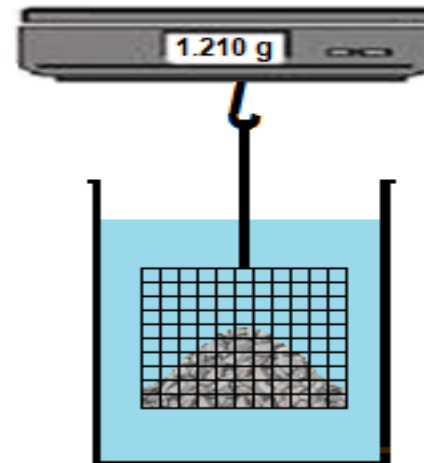
NM 53/2009



$W = \text{peso a seco (SSS)}$

$$ME = \frac{W}{W - H}$$

$H = \text{peso imerso na água}$



AGREGADOS - DEFINIÇÕES

Determinação da Massa Específica:

Picnômetro: agregados **miúdos**

NBR NM 52:2009

O picnômetro
permite rigoroso
controle de volume



Balança pesando o material (SSS)

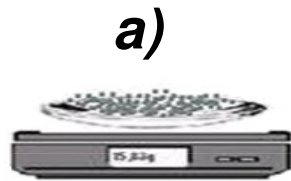


AGREGADOS - DEFINIÇÕES

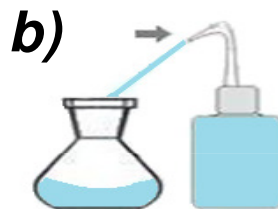
Determinação da Massa Específica :

Picnômetro: agregados **miúdos**

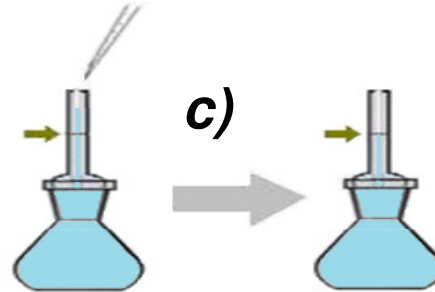
NBR NM 52/2009



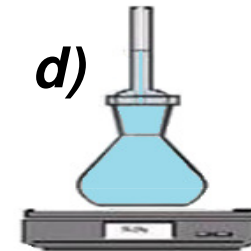
a)
Pesa-se a amostra de areia na balança
m amostra areia



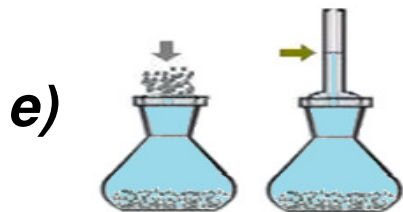
b)
Enche-se o picnômetro com água



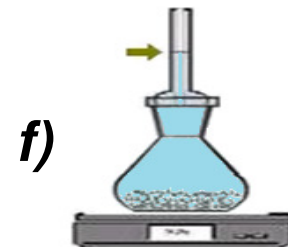
c)
Tira-se o excesso de água do picnômetro



d)
Pesa-se o picnômetro cheio de água
m água



e)
Coloca-se a amostra de areia no picnômetro com água



f)
Pesa-se o picnômetro com a amostra de areia
m água+areia

$$ME = \frac{m \text{ amostra areia}}{m \text{ água+areia} - m \text{ água}}$$

AGREGADOS - DEFINIÇÕES

Superfície Específica: SE

SE = áreas dos grãos / MU

Área dos grãos: soma áreas todos os grãos contidos na MU

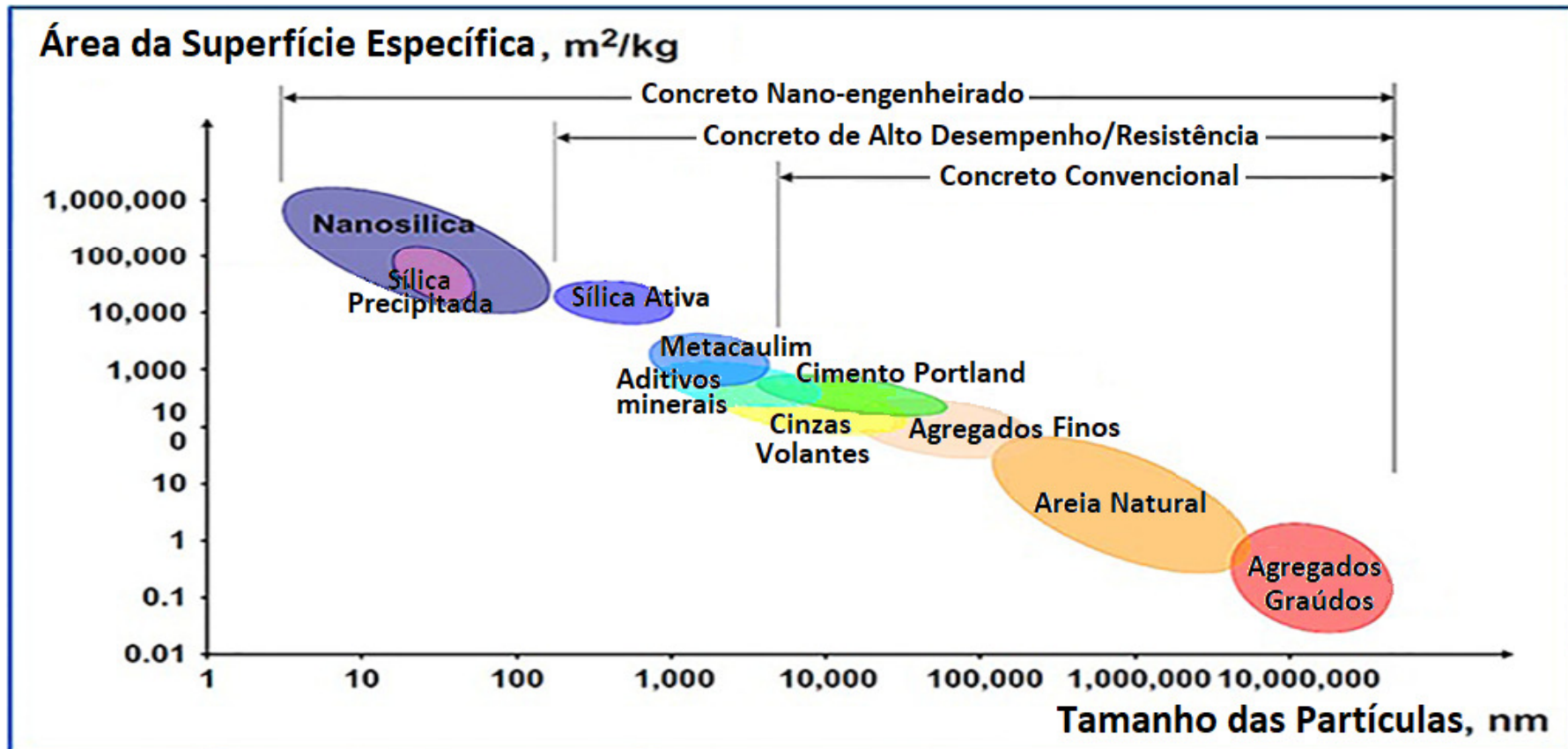
Valores aproximados:

Agregados

Efeito na superfície específica sobre o consumo de água			
Diâmetros (mm)	Superfície Específica (m ² /m ³)	Superfície Específica (m ² /kg)	Água de molhagem (l/m ³)
Cimento	915.000	300	-
0,15 a 0,30	26.670	18,4	300
2,4 a 4,8	1.680	1,16	56
9,5 a 19	420	0,290	40
38 a 76	105	0,072	10

AGREGADOS - DEFINIÇÕES

Superfície Específica: SE



AGREGADOS - DEFINIÇÕES

UMIDADE E ABSORÇÃO

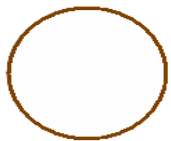
Estado dos grãos:

Seco em estufa : sem umidade alguma, 110°C por 6 horas;

Seco ao ar : sem umidade superficial, só umidade interna dos grãos;

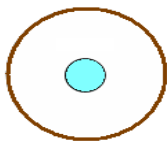
Saturado c/ superfície seca: sem umidade superficial, interior saturado;

Saturado: com água livre na superfície.

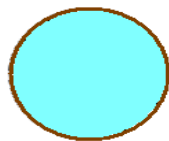


SECO EM ESTUFA

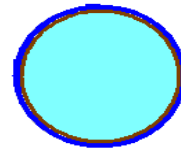
(José Freitas Jr.)



SECO AO AR



SATURADO COM SUPERFÍCIE SECA (SSS)



SATURADO

Grau de Umidade h%

$$h\% = \frac{P_h - P_s}{P_s} \times 100$$

Absorção de água (\leq valor da porosidade)

AGREGADOS - DEFINIÇÕES

UMIDADE E ABSORÇÃO



Seco em estufa



Seco ao ar



Saturado com
superfície seca
(SSS)



Saturado

(ITAMBÉ - Idécio.)

AGREGADOS - DEFINIÇÕES

MEDIÇÃO DO GRAU DE UMIDADE h%:

Seco em estufa : NBR 9939:2011

O material fica sem umidade alguma, após a permanência em estufa a 110 °C por 6 horas;



Estufa



$$h\% = \frac{P_h - P_s}{P_s} \times 100$$

Balança para pesagem úmido e seco

AGREGADOS - DEFINIÇÕES

MEDIÇÃO DO GRAU DE UMIDADE h%:

(resultados rápidos com menor precisão)

Sensor por microondas para determinação de umidade em agregados.



Determinação de umidade em agregados por método expedito rápido (20 minutos)

$$h\% = \frac{P_h - P_s}{P_s} \times 100$$

Balança para pesagem úmido e seco



Frigideira e fogão para secagem rápida



AGREGADOS - DEFINIÇÕES

TERMOS

- **Fíler:** material passante # nº 200 (0,075 mm)
- **Agregado miúdo:** material passante na # nº 4 (4,8 mm)
- **Agregado graúdo:** material retido # nº 4



Pedra britada

Areia Natural



Seixos rolados

CLASSIFICAÇÕES

Quanto à origem:

- **Naturais** : areias e seixos



Seixos



Areia

- **Artificiais** : britas, pó de pedra, argila expandida, granalha de aço



Britas



Argila expandida



Granalha de aço

CLASSIFICAÇÕES

Quanto à densidade:

- **Leves:** M. U. < 1 g/cm³



Argila
expandida

Vermiculita



Fragmentos de EVA



Pérolas de isopor



Pedra pome



CONCRETO LEVE
Pedra pome, Vermiculita, Argila
expandida,

CLASSIFICAÇÕES

Quanto à densidade:

- **Normais:** M. U. entre 1 e 2 g/cm³



Britas comuns



Seixos



Areia Natural

CLASSIFICAÇÕES

Quanto à densidade:

- **Pesados:** M. U. $> 2 \text{ g/cm}^3$



Granalha de aço



Brita de magnetita



Argamassa de barita
(barreira radiológica)



CONCRETO PESADO
Barita, Magnetita, Limonita,

CLASSIFICAÇÕES

Quanto ao tamanho:

- **Agregado miúdo:**
Material passante # n.º 4 (4,8 mm)
- **Agregado graúdo:**
Material retido # n.º 4
- **Mescla graúdo/miúdo:**
15 % e 85 % retido # n.º 4
- **Material pulverulento:**
Material passante # n.º 200 (0,075 mm)



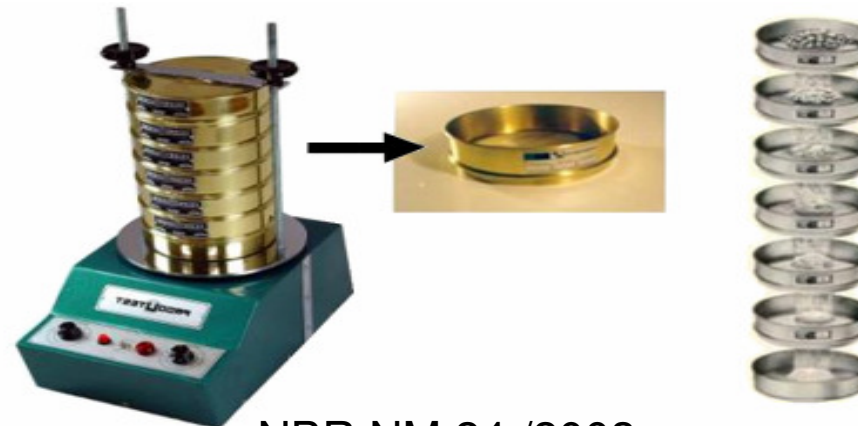
CONCEITOS RELATIVOS AO PENEIRAMENTO:

- **Material passante:**

Até 15% da massa pode ficar retida na peneira especificada. No mínimo 85% deve passar.

- **Material retido:**

Até 15% da massa pode passar na peneira especificada. No mínimo 85% deve ficar retido.






NBR NM 24:/2003

CLASSIFICAÇÃO

Produtos de britagem:

Classificação Comercial quanto ao tamanho -

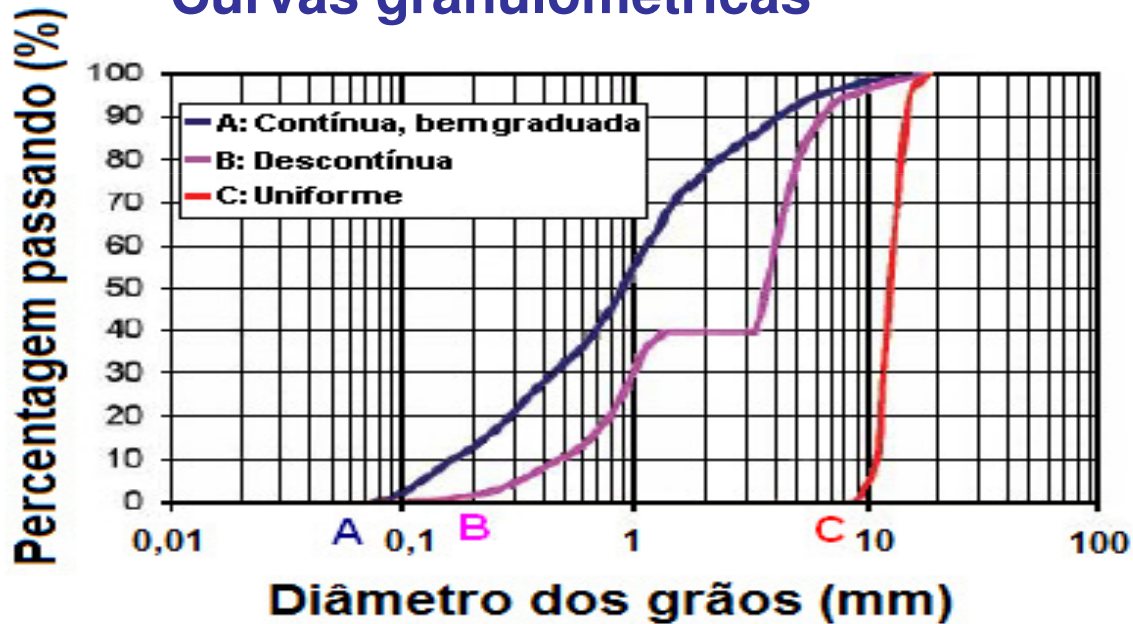
Fotografia	Produto	Imagem do uso	Faixa granulométrica
	<i>Rachão Primário</i> Base de pavimentações e gabiões		Diâmetro: 100 à 150 mm
	<i>Pedra Britada nº 3</i> Concreto para fundações, lastros e pavimentações		Diâmetro: 25 à 50 mm
	<i>Pedra Britada nº 2</i> Concreto Estrutural e não Estrutural		Diâmetro: 19 à 25 mm
	<i>Pedra Britada nº 1</i> Concreto Estrutural e não Estrutural		Diâmetro: 12,5 à 19 mm
	<i>Pedrisco Limpo</i> Blocos de concreto e pré-moldados, massa asfáltica		Diâmetro: 4,8 à 9,5 mm
	<i>Pó de Pedra</i> Blocos de concreto e pré-moldados, massa asfáltica		Diâmetro: 0,5 à 4,8 mm

COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA:

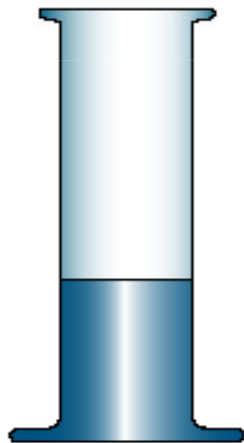
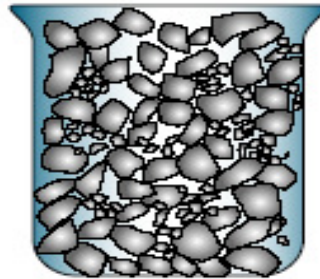
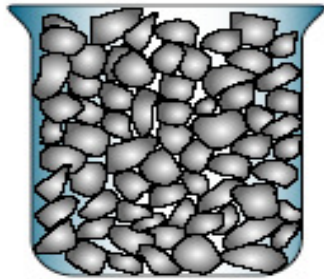
(Faixa de distribuição das dimensões das partículas)

Afeta as propriedades do concreto e argamassas
(Feret, Fuller, Bolomey, Abrams e outros)

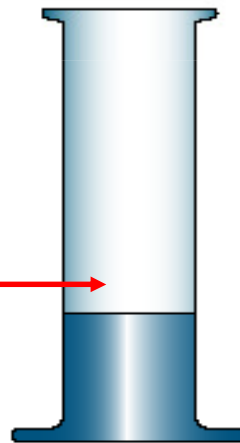
Curvas granulométricas



EFEITO DA COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA:



25 mm



Mistura de
9 mm e 25 mm



**Maior quantidade de vazios
exige um maior consumo de
pasta de cimento**



**Aumenta custo
Aumenta retração
Aumenta calor**

EFEITO DA COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA:



Conjunto de grãos menores em substituição a grãos maiores implica em uma maior quantidade de vazios, uma maior superfície específica e, portanto, um maior consumo de pasta de cimento

ENPACOTAMENTO DE PARTÍCULAS:

Seleção dos tamanhos dos agregados de forma que os vazios sejam preenchidos com partículas menores e assim sucessivamente.

Preenche-se os espaços entre as partículas dos agregados com partículas menores.

Forma de minimizar os consumos água e cimento de um concreto.

Assim é necessária a quantidade mínima de pasta de cimento para preencher os espaços remanescentes e produzir um concreto viável de mistura e aplicação com menor custo.

EFEITO DA COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA:

Granulometrias e seus efeitos sobre os concretos:

PARÂMETROS DE DOSAGEM DO CONCRETO	CONCRETO FRESCO	CONCRETO ENDURECIDO	PARA REDUÇÃO DO CUSTO
	PARA UMA BOA TRABALHABILIDADE	PARA UMA BOA RESISTÊNCIA	
Granulometria do agregado miúdo	Preferencialmente fina	Preferencialmente grossa	Grossa
Relação gráudo/miúdo	A diminuir	A aumentar	A maior possível
Consumo de água	A aumentar até certo ponto	A diminuir	A aumentar
Granulometria total	Preferível contínua	Preferencialmente descontínua	A disponível
Dimensão máxima característica do agregado	Preferencialmente média	Preferencialmente pequena	A maior possível
Geometria do grão do agregado gráudo	Preferencialmente esférico (pedregulho)	Preferencialmente irregular (pedra britada)	Esférica (pedregulho)

(Assunção, J.W.; 2002)

OBTENÇÃO DE AGREGADOS

Agregados artificiais

Argila expandida

Produzida em grandes fornos rotativos, utilizando argilas especiais que se expandem a altas temperaturas (1.100 °C), transformando-as em um produto leve, de elevada resistência mecânica.



www.cinasita.com.br



Produção e classificação
granulométrica

OBTENÇÃO DE AGREGADOS

Agregados artificiais

Vermiculita

Formada p/ hidratação de certos minerais basálticos.

Quando aquecida a 1.000 °C, a água contida entre as suas milhares de lâminas se transforma em vapor fazendo com que as partículas se transformem em flocos sanfonados que aprisionam células de ar.

M.E. de 80 a 120 kg/m³



Minério de vermiculita



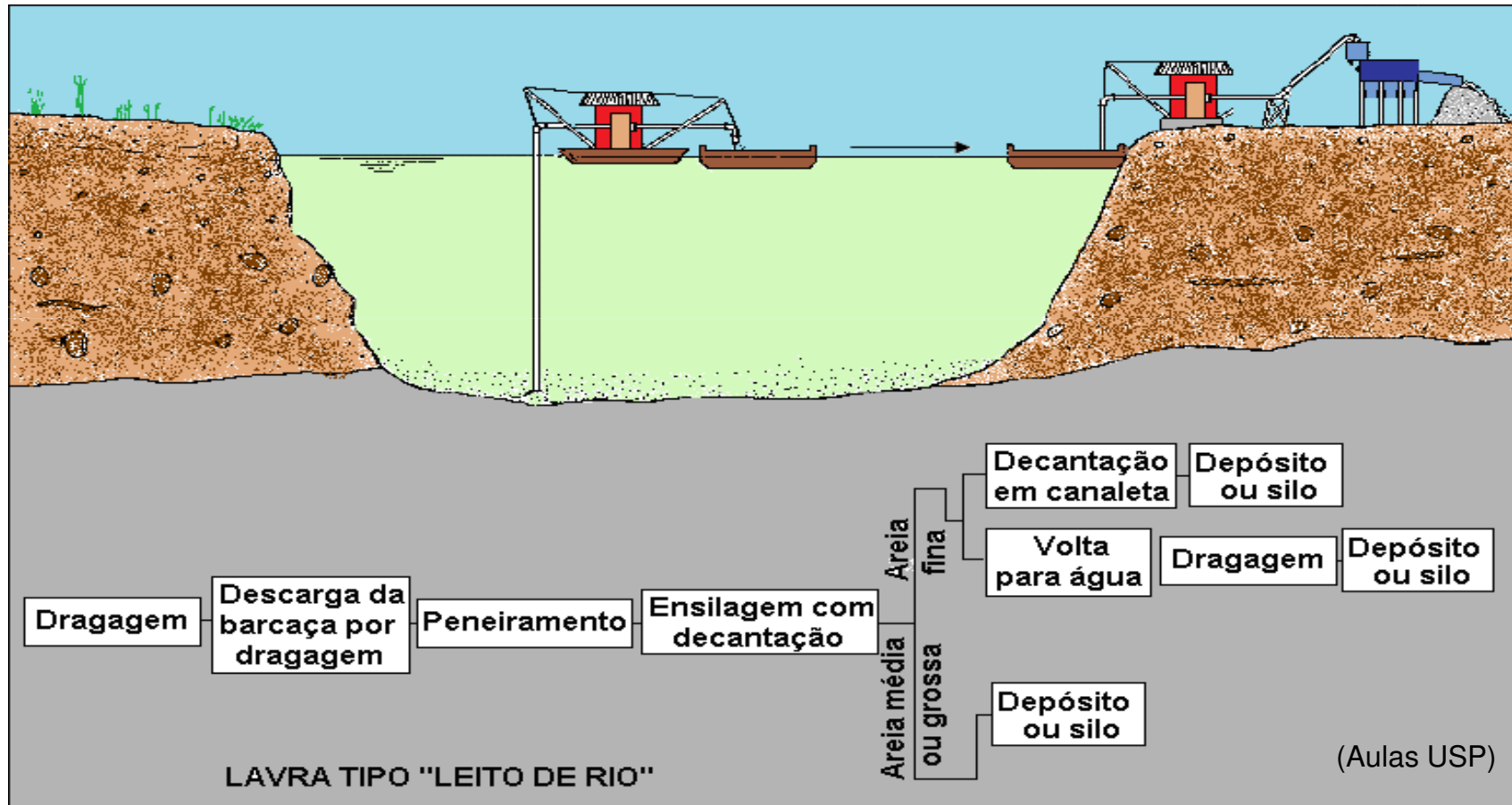
Vermiculita ensacada



Argamassa de vermiculita para proteção térmica

OBTENÇÃO DE AGREGADOS - NATURAIS

Extração a céu aberto em cavas, rios ou minas



Lavra de leito de rios

Extração de areia de cavas, rios ou lagos



Arquivo: Filmes concreto / Britagem/ draga areia

OBTENÇÃO DE AGREGADOS - NATURAIS

Extração de areia de mina.



Extração de areia de cavas ou minas



Arquivo: Filmes concreto / extração de areia

OBTENÇÃO DE AGREGADOS - NATURAIS

Areia de origem marinha



Aplica-se processo de lavagem para remover o sal (NaCl)

Não se utiliza em concreto armado devido ao ataque às armaduras.

OBTENÇÃO DE AGREGADOS - NATURAIS

Extração de areia em cavas



Aspecto geral

OBTENÇÃO DE AGREGADOS - NATURAIS

Extração de areia em cavas



Remoção de camada de terra orgânica

OBTENÇÃO DE AGREGADOS - NATURAIS

Extração de areia em cavas



(José Freitas Jr.)

Peneiramento – classifica o material

Lavagem – retira matéria orgânica e material pulverulento

OBTENÇÃO DE AGREGADOS - **NATURAIS**

Extração de areia em cavas



Problemas ambientais

OBTENÇÃO DE AGREGADOS - BRITAS

Extração em pedreiras



Perfuração para
colocação de
explosivos



Desmonte através de explosivos

ERROR: stackunderflow
OFFENDING COMMAND: ~
STACK: