
2ª EDIÇÃO
PARA GOSTAR E APRENDER
MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO
DAVID GRUBBA
(AMOSTRA)

MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO
PARA GOSTAR E APRENDER

© Todos os Direitos Reservados

Materiais de Construção: Para Gostar e Aprender. Grubba, C. R. P. David. 2ª Edição. [Recurso Digital]. Brasília, 2016.

Agradecimentos

Ao Senhor Jesus e

à minha família

Índice

Índice

1. Introdução (p. 8)



2. Conceitos Básicos (p.15)



3. Agregados (p. 36)



4. Cimento Portland (p.62)



5. Concreto: Introdução (p. 82)

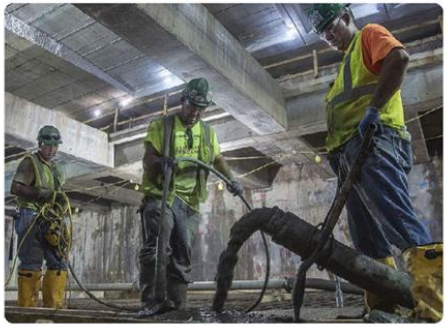


6. Concreto: Propriedades (p. 95)



Índice

7. Concreto: Execução (p. 118)



8. Concretos Especiais (p. 139)



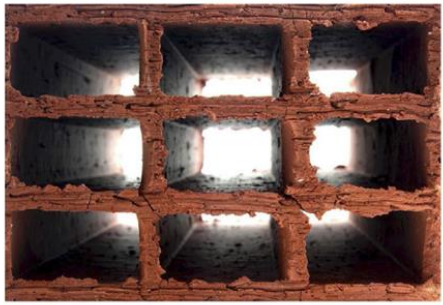
9. Materiais Betuminosos (p. 154)



10. Argamassa (p. 165)



11. Materiais Cerâmicos (p. 181)



12. Metais (p. 193)



Índice

13. Vidros (p. 216)



Consideração Final (p. 226)



1. Introdução

1

Introdução

Segundo a Sociedade Americana de Engenheiros Civis, a *Golden Gate Bridge* é considerada uma das Sete Maravilhas do Mundo Moderno.



Fonte: Canstock

Você sabe dizer o que casas, prédios, ferrovias, pontes, viadutos, barragens, aeroportos, metrôs e portos têm em comum?



Independente do tipo de obra, os materiais de construção básicos utilizados são praticamente os mesmos (cimento, areia, brita, concreto, aço, etc.). Veja alguns exemplos a seguir.

Foto: Canstock

Burj Khalifa

Ao longo de seus 163 andares (828 m), o Burj Khalifa consumiu 330 mil m³ de **concreto**, 55 mil toneladas de **aço** e 28 mil painéis de **vidro**.



Foto: Canstock

Itaipu Binacional



Em um único dia, no pico da obra, foram lançados cerca de 7 mil m³ de **concreto**, o equivalente ao volume de 900 caminhões betoneira. O total de concreto consumido superou 12 milhões de m³.

Foto: Itaipu

Ferrovia Norte Sul

As obras da Ferrovia Norte Sul consumiram mais de 2,5 milhões de dormentes de **concreto**, 170 mil toneladas de **aço** para os trilhos e 3,5 milhões de m^3 de **brita** para o lastro.

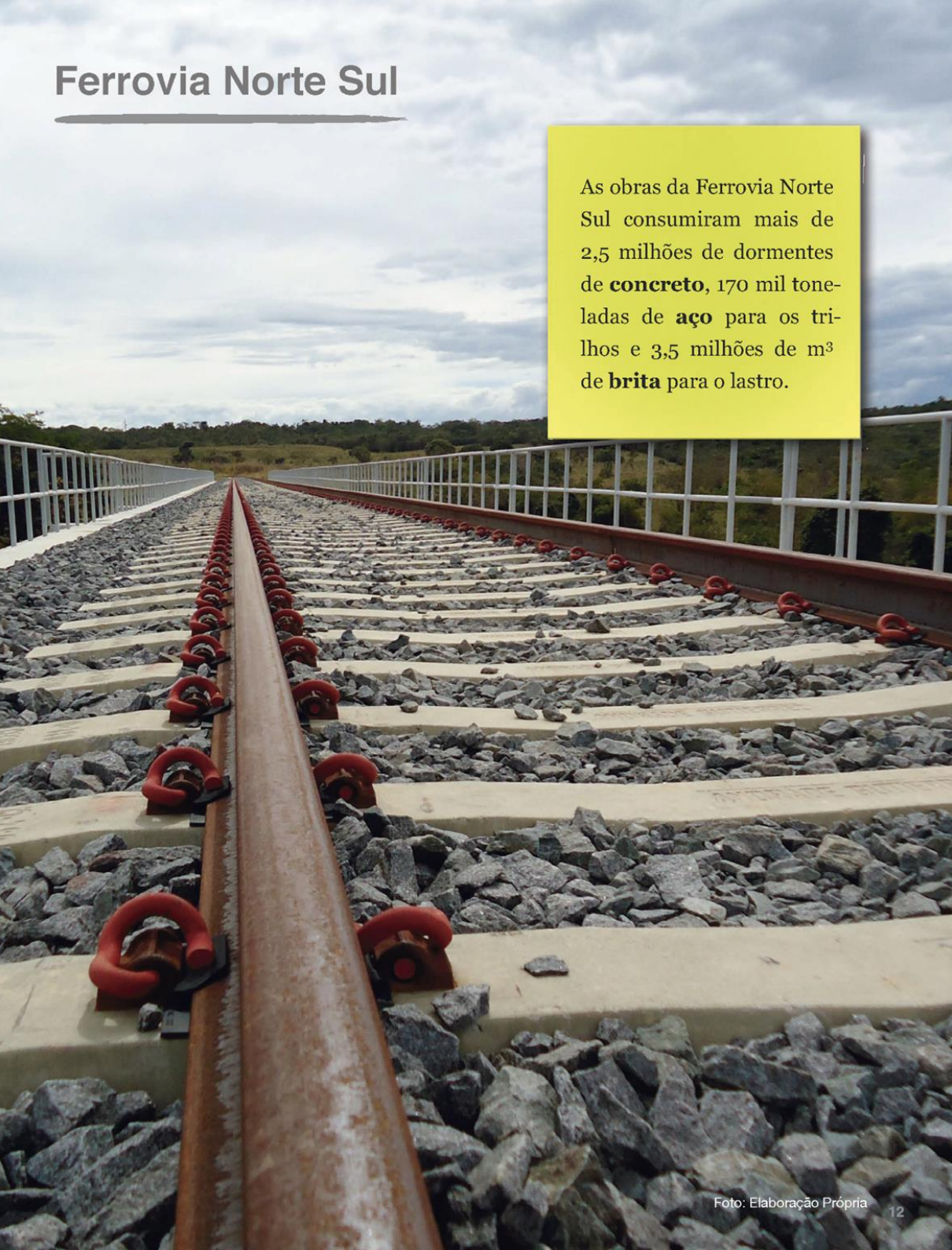


Foto: Elaboração Própria



Foto: Canstock

O estudo desta disciplina deve ser uma constante na sua vida profissional

Para conseguir projetar e construir grandes obras (como as exemplificadas) ou pequenas construções, é necessário que você conheça profundamente o comportamento dos **Materiais de Construção**. Com isso, você poderá escolher o melhor material para cada caso, garantindo segurança, solidez, durabilidade e economia ao empreendimento.

Para tanto, espero poder contribuir um pouco com o seu aprendizado. Ao longo do livro, vamos conversar sobre vários materiais de construção, tais como: agregados, cimentos, concretos, argamassas, metais, materiais betuminosos, vidros, entre outros.

O maior destaque será dado ao concreto pelo fato de ser o segundo material mais consumido pelo homem, perdendo apenas para a água.

Bons estudos!

3. Agregados

3

Agregados

Você deve dominar as propriedades dos agregados para poder aplicá-los de forma correta e econômica.



Foto: Elaboração Própria

Os agregados podem ser empregados para diversas finalidades, tais como: produção de argamassas, lastros de ferrovia, bases de pavimentos, revestimentos asfálticos e concretos.

Para você ter uma ideia da importância deste material, saiba que até 80% do volume do concreto pode ser constituído por agregados. A seguir falaremos sobre os vários tipos de agregados e suas propriedades.



Foto: Canstock

1. AREIA NATURAL

A areia natural é um tipo de agregado miúdo que pode ser originário de várias fontes. Quando encontrada em rios, é denominada de areia lavada. Quando extraída do subsolo, é chamada de areia de cava.

A extração do material, na maioria dos casos, é feita por meio de dragas e processos de escavação e bombeamento.

As fontes de areia natural estão cada vez mais distantes dos centros urbanos, acarretando muitas vezes que o custo do frete do produto seja superior ao valor do agregado.

É importante que você saiba que a areia de praia não pode ser empregada para confecção de concretos e argamassas por conta dos sais que contem.



Foto: Canstock

2. CASCALHO

O cascalho é um tipo de agregado, com tamanho variável, encontrado sedimentado em rios.

Devido ao movimento da água, os grãos de cascalho rolam e perdem suas arestas (ficam arredondados) em função do atrito com o fundo do rio e com outros materiais.

Na figura, você pode notar que os grãos de cascalhos apresentam forma arredondada e textura bem lisa.

Os cascalhos podem ser empregados para confecção de concretos.



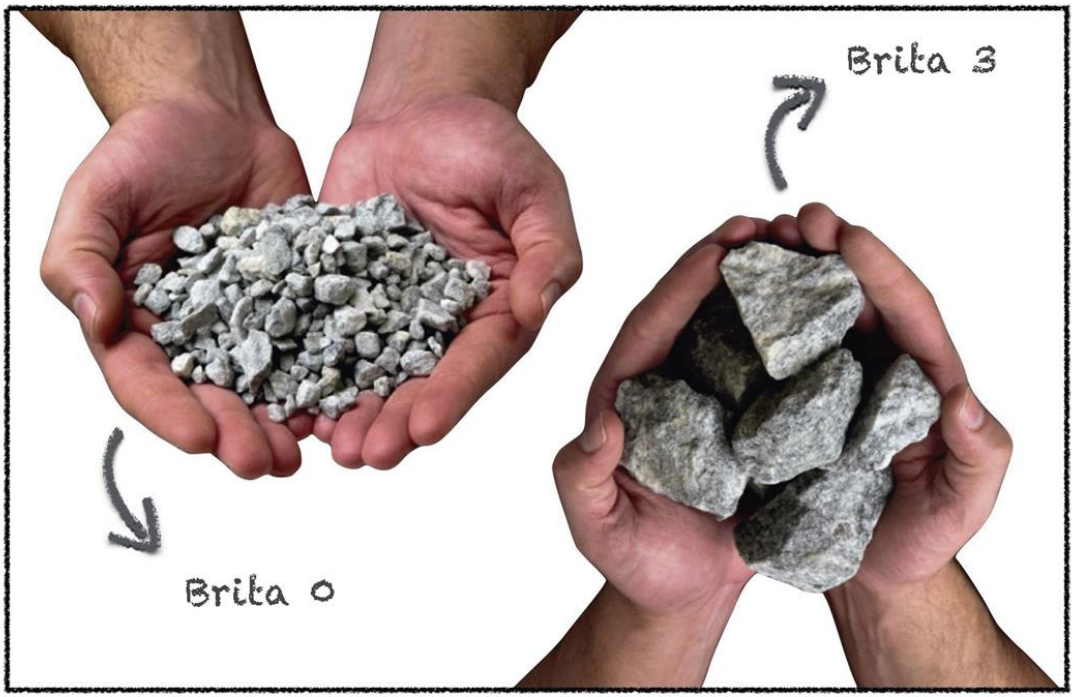
Foto: Canstock

3. PEDRA BRITADA

A pedra brita é um agregado proveniente da diminuição de tamanho de uma rocha maior por meio explosivos e britadores.

O **processo de produção** da brita é relativamente simples. A rocha da jazida é desmontada por meio de explosivos. Caso os blocos de rocha fragmentados sejam muito grandes para serem transportados, eles são fragmentados por meio de rompedores. Após passarem pelos britadores, os agregados são movidos por esteiras e separados, com auxílio de peneiras, em diferentes faixas de tamanhos.

As características dos agregados, como resistência e abrasão, são determinadas pelas propriedades da rocha de origem. Porém, o processo de produção nas pedreiras pode afetar a qualidade dos agregados pela eliminação das camadas mais fracas da rocha.



Adaptado de: M Santiago

A figura ilustra amostras de Brita 0 e Brita 3

O material britado pode ser classificado segundo o tamanho dos seus grãos em 5 graduações, denominadas em ordem crescente de tamanho: **brita 0, 1, 2, 3 e 4**.

Além das britas, existem outros termos que é importante que você conheça:

a) **areia britada** (também chamada de areia artificial): material com dimensão até 4,8 mm. Atualmente, várias concreteiras vem empregando essa areia em conjunto com a areia natural.

b) **bica primária** ou brita corrida: material que sai diretamente do britador, sem que seja feito o peneiramento.

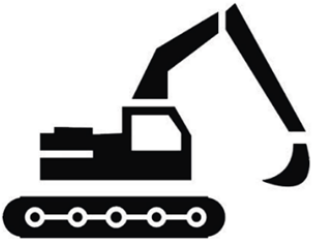
c) **Rachão** ou pedra de mão: material com diâmetro médio superior a 76 mm, muito utilizado em aterros e camadas de colchão drenante.

Produção da Brita

Esquema simplificado - etapas principais



Desmonte da Rocha



Carregamento



Transporte



Britador Primário



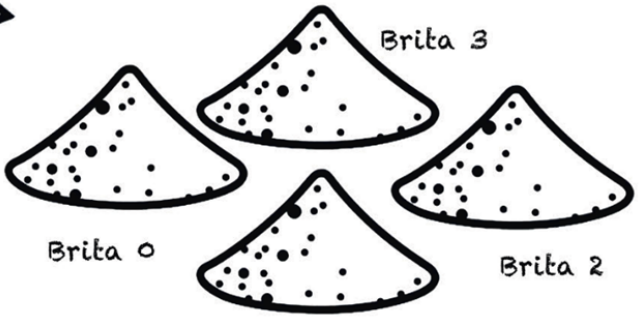
Bica corrida



Britadores Secundário
Terciário



Peneiramento



Fonte: Elaboração própria

Explosivo utilizado no desmonte da rocha



Britador Primário



Bica Corrida

Esteira Transportadora

Britador Secundário

Separação dos agregados





Foto: Elaboração própria

4. ARGILA EXPANDIDA

A argila expandida é um agregado leve que apresenta formato de bolinha cerâmica. Sua parte interna é formada por microporos e sua parte externa é constituída por uma casca rígida.

A argila expandida é obtida pela queima da argila natural em fornos cuja temperatura ultrapassa os 1000 °C.

É usada para confecção de concretos leves e também para paisagismo. Além de sua leveza, a argila expandida é um excelente isolante térmico e acústico.

Os concretos leves serão abordados no Capítulo 8. Concretos Especiais.



Foto: Elaboração própria

5. VERMICULITA EXPANDIDA

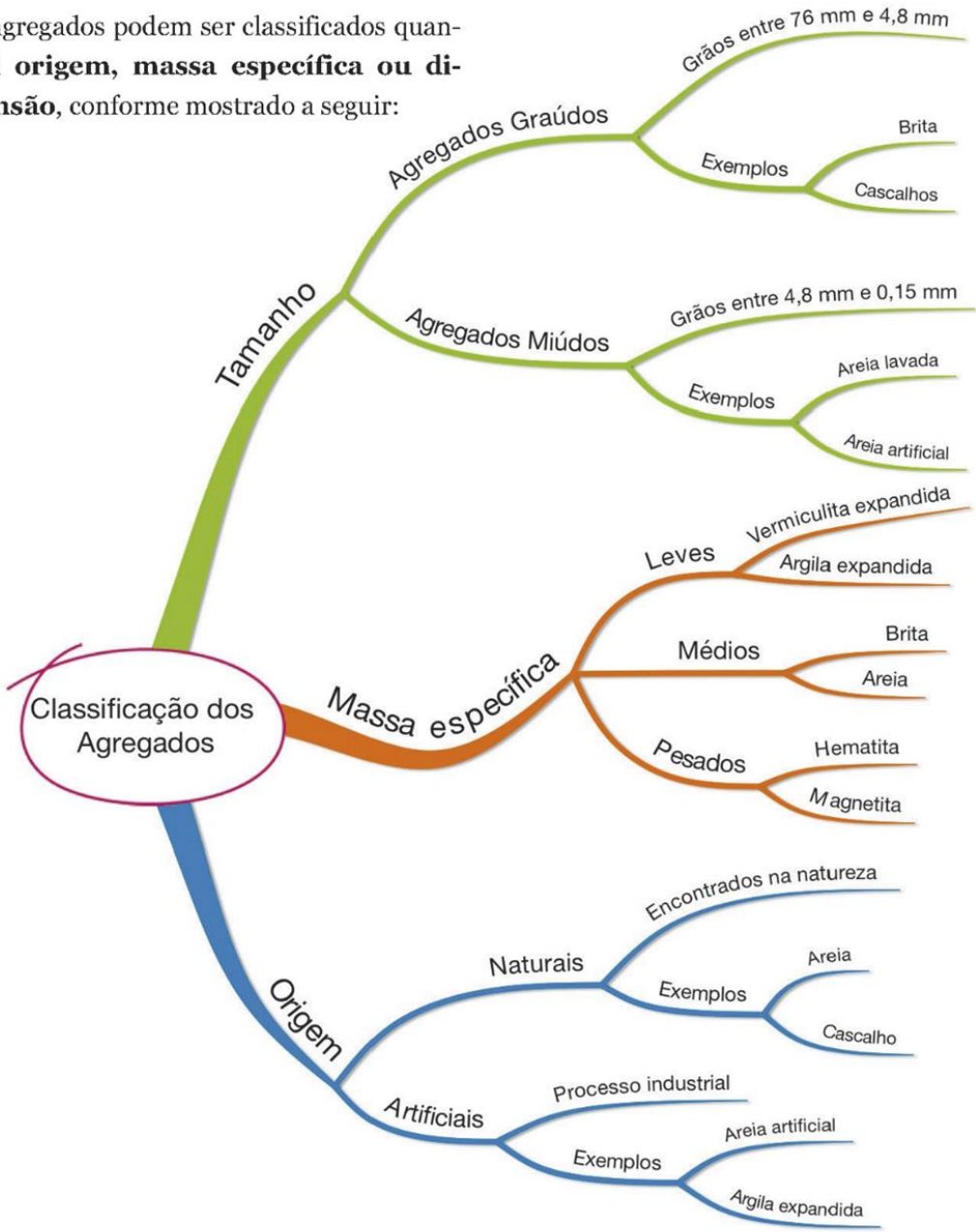
A vermiculita é um tipo de mineral existente em abundância no Brasil. Quando aquecida, a vermiculita expande de forma considerável, transformando suas partículas em flocos sanfonados.

Os flocos de vermiculita apresentam células de ar aprisionado, por esse motivo se tornam leves e têm bom desempenho acústico e térmico.

A vermiculita é empregada para produção de argamassas e concretos leves.

6. CLASSIFICAÇÃO

Os agregados podem ser classificados quanto à **origem, massa específica ou dimensão**, conforme mostrado a seguir:



Fonte: Elaboração própria

7. CARACTERIZAÇÃO

As características dos agregados influenciam de forma significativa no custo, resistência e durabilidade dos concretos e argamassas. Assim, é extremamente importante que você conheça bem o comportamento desses materiais. Para avaliar os agregados é necessário a realização de ensaios laboratoriais. A seguir serão descritos de forma breve alguns ensaios. Os detalhes da execução devem ser consultados nas normas especificas.

7.1. Ensaio de Peneiramento

A avaliação das dimensões dos agregados é de extrema importância. Para isso usamos uma série de peneiras. O ensaio pode ser feito de forma manual ou com o auxílio de agitadores mecânicos.

Exemplo de peneira (observe a abertura da malha)



Foto: Elaboração pròpria

As normas definem duas séries de peneira, uma chamada normal e outra com valores intermediários à normal.

Conjunto de peneiras das séries normal e intermediária (valor da abertura nominal da malha da peneira em mm)

Série Normal	Série Intermediária
76 mm	64 mm
38 mm	50 mm
19 mm	32 mm
9,5 mm	25 mm
4,75 mm	12,5 mm
2,4 mm	6,3 mm
1,2 mm	-
0,6 mm	-
0,3 mm	-
0,15 mm	-

Fonte: Norma DNER-EM-038/97

Vamos ver se a sua memória está boa. Você conseguiu decorar todas as peneiras da série normal? Não? É fácil. A abertura da primeira peneira (76 mm) dividida por 2 é igual à abertura da segunda (38 mm), e assim por diante, até chegar a última peneira (peneira de 0,15 mm).

Além dessas peneiras, existem outras especiais, a exemplo da peneira #200, que tem abertura nominal de 0,075 mm. O material que passa por essa peneira é chamado de material pulverulento ou filler.

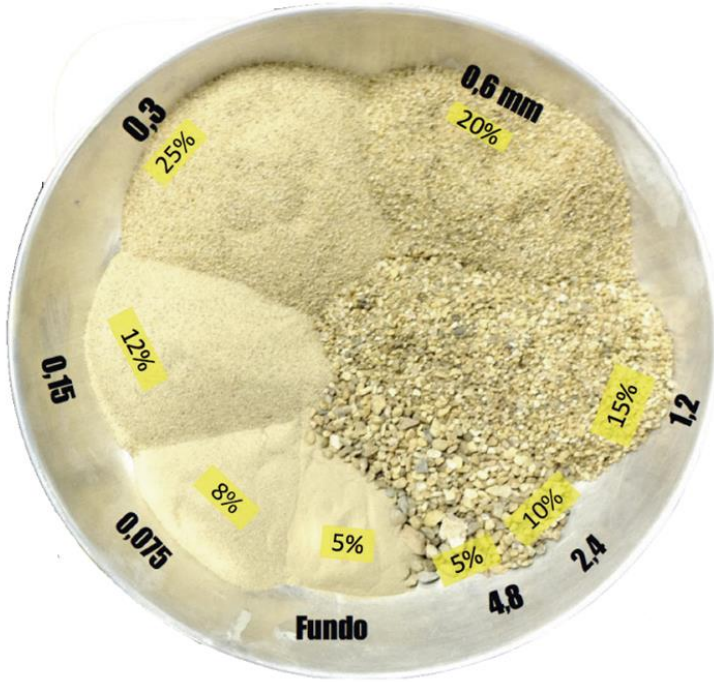


Foto: Elaboração própria

7.1.1. Granulometria

Granulometria é o processo que avalia os tamanhos dos agregados. Essa avaliação é muito importante para entender o comportamento de concretos e argamassas.

O procedimento é simples. Depois que o agregado é peneirado, nós pesamos a fração retida em cada peneira e calculamos o percentual dessa massa retida em relação à massa total de agregado.

Podemos também calcular a porcentagem retida acumulada e a porcentagem que passa por cada peneira (% passante).

Com o resultado, nós desenhamos um gráfico que correlaciona o diâmetro dos grãos (abertura das peneiras) com a porcentagens que passam pela peneira. Veja a seguir como é calculada a granulometria e desenhada a curva.

Granulometria de uma Areia

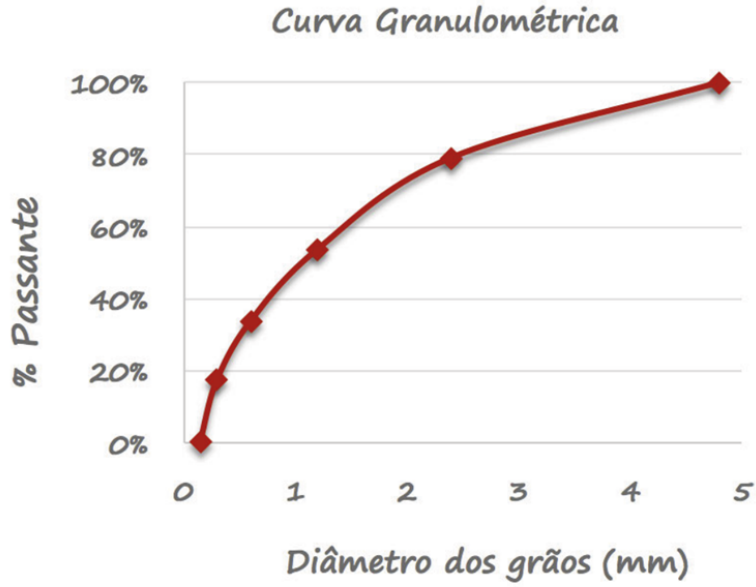
Resultado do Ensaio

100xMassa Retida / Massa Total

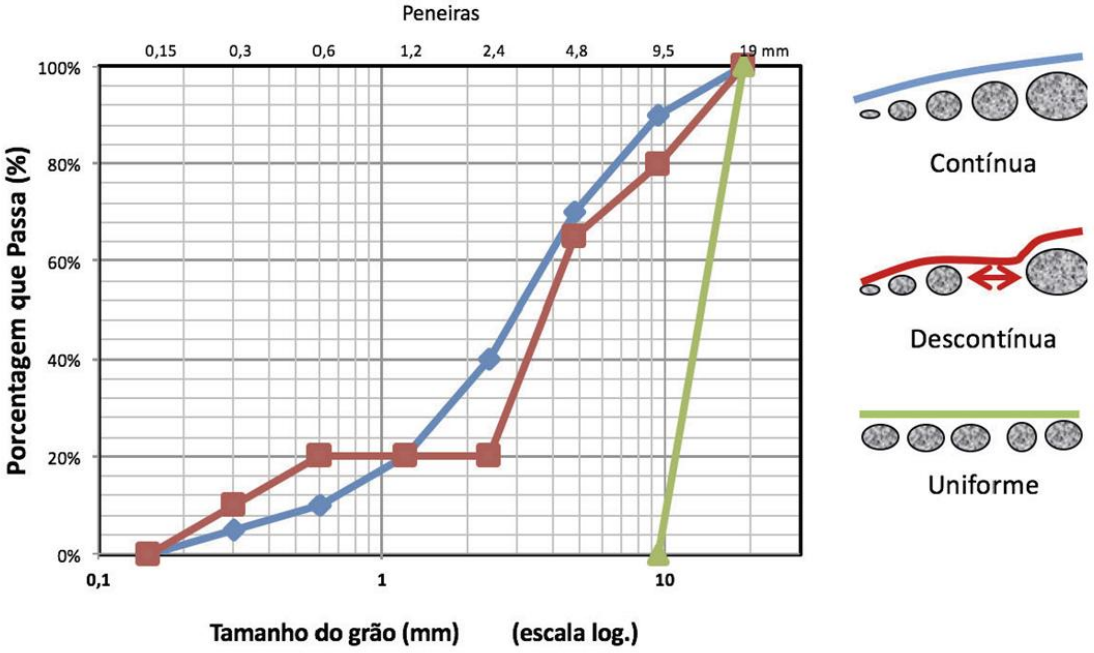
100% – % Retida Acumul.

Peneira (mm)	Massa Retida na peneira (g)	% Retida na Peneira	% Retida Acumulada	% Passante
4,8	0	0	0	100,0%
2,4	230	20,9%	20,9%	79,1%
1,2	280	25,5%	46,4%	53,6%
0,6	220	20,0%	66,4%	33,6%
0,3	180	16,4%	82,7%	17,3%
0,15	190	17,3%	100,0%	0,0%
Total	1.100	-	-	-

Exemplo



Fonte: Elaboração própria



Fonte: Elaboração própria

A figura mostra três curvas granulométricas distintas

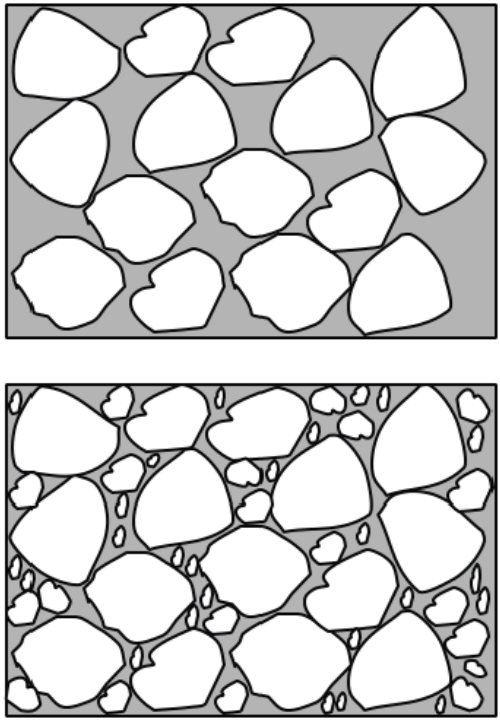
Para facilitar a visualização das menores aberturas de peneiras (diâmetros de agregados menores), é comum usarmos a escala logarítmica no eixo horizontal da curva granulométrica.

Com base na curva granulométrica, podemos avaliar se a distribuição dos grãos é contínua, descontínua ou uniforme.

O que você acha que é melhor para confecção de concretos: agregados com grande variação de tamanho (curva contínua) ou apenas poucos tamanhos (curva uniforme)?

A próxima figura ilustra duas seções de um concreto. A primeira com agregados mal graduados e a segunda com agregados bem graduados. A parte cinza representa a pasta de cimento e a parte branca os agregados.

Influência da graduação dos agregados



Fonte: Elaboração própria

Para confecção de concretos, o emprego de agregados mal graduados acarreta a necessidade de consumir mais cimento, encarecendo o produto.

7.1.2. Módulo de Finura (MF)

O módulo de finura pode ser obtido do ensaio de peneiramento. Ele serve para classificar os agregados miúdos em: finos, médios ou grossos. Além disso, é empregado como parâmetro em alguns métodos de dosagem do concreto.

Classificação das areias segundo o MF

Tipos	Módulo de Finura (MF)	Utilização
Areia grossa	MF > 3,3	Chapisco e Concreto
Areia média	2,4 < MF < 3,3	Emboço e Concreto
Areia fina	MF < 2,4	Reboco

Fonte: Ribeiro et al. (2011)

O cálculo do módulo de finura é bem simples, basta somar os valores da coluna porcentagem retida acumulada e dividir o resultado por 100. Porém, só entram no cálculo as linhas das peneiras da série normal.

Exemplo: Cálculo do MF

Peneira	% Retida	% Retida Acumulada
4,8	0	0
2,4	20	20
1,2	30	50
0,6	50	100
0,3	0%	100
0,15	0%	100
	Somatório	370
	M.F.	3,7

No nosso exemplo, areia apresentou um MF = 3,7. Com base na primeira tabela, vemos que ela corresponde a uma areia grossa. Quando mais grossa for a areia, maior será o valor do seu módulo de finura.



Foto : Cimentos Itambé

7.2. Forma dos grãos

De acordo a forma, os agregados podem ser classificados em arredondados, angulosos ou lamelares.

Agregados formados por atrito são mais arredondados em função da perda de vértices e arestas. Por exemplo, a areia de rio e o cascalho têm formas bem arredondadas. Já as pedras britadas apresentam formas mais angulosas, com vértices bem definidos.

A forma dos grãos influencia nas propriedades do concreto. Os grãos arredondados produzem misturas de concretos mais fáceis de serem misturadas, reviradas e adensadas. Já o emprego de grãos lamelares produz concretos com menor resistência e com maior consumo de cimento.



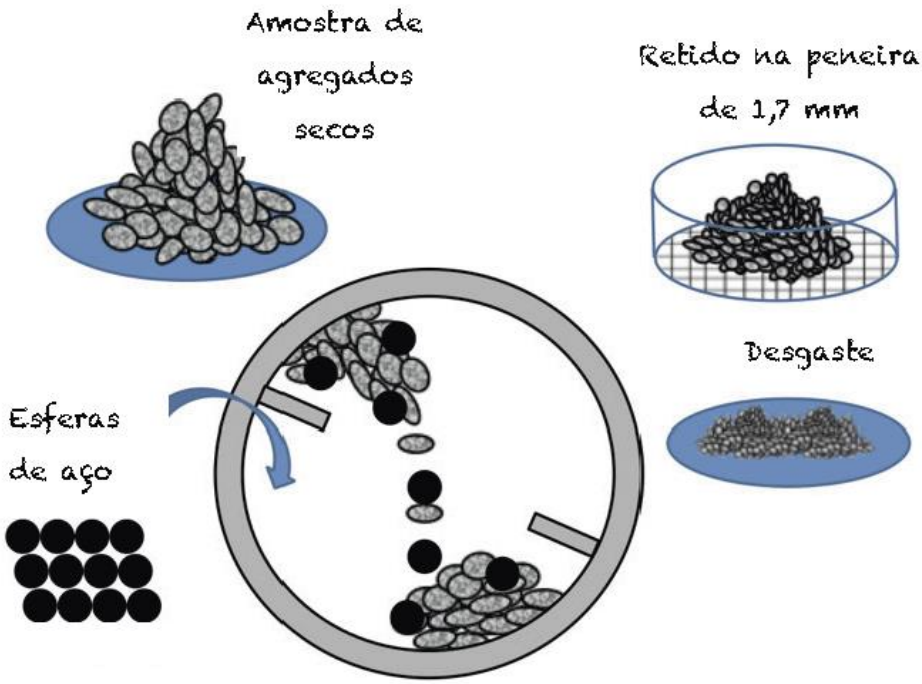
Fonte: Elaboração própria

7.3. Abrasão Los Angeles

Todos os materiais desgastam, os agregados não são exceção. A resistência do agregado ao desgaste abrasivo pode ser determinada por meio do ensaio de Abrasão Los Angeles.

De forma resumida, podemos dizer que o ensaio consiste em colocar uma massa de agregado junto com uma carga abrasiva (esferas metálicas) dentro do tambor mostrado na figura. As massas do agregado e das esferas são definidas em norma. Em seguida, a máquina é ligada e o tambor gira centenas de vezes (500 ou 1000 rotações) a uma velocidade de 30 a 33 RPM, provocando o impacto repetido dos agregados contra o tambor, contra as esferas e contra os outros grãos, gerando um intenso desgaste.

O desgaste é expresso pela porcentagem, em massa, do material que passa (após o ensaio) pela peneira de malha quadrada de 1,7 mm (ABNT nº 12).



Fonte: Elaboração própria

Esquema que ilustra a o ensaio de Abrasão Los Angeles

A abrasão (LA) é dada pela razão percentual entre o desgaste e a massa inicial, conforme mostrado na equação a seguir:

$$LA = \left(\frac{m_{inicial} - m_{retida}}{m_{inicial}} \right) \times 100\%$$

O desgaste à abrasão Los Angeles deve ser **inferior a 50%** para o emprego do agregado na confecção de concretos.

Exemplo: A massa inicial colocada na máquina foi de 5 kg. O material retido na peneira de 1,7 mm foi de 2 kg (massa final). Qual é o valor da abrasão Los Angeles?

Nesse caso, o desgaste foi de 60%. Assim, esse agregado não poderia ser utilizado para produção de concretos.

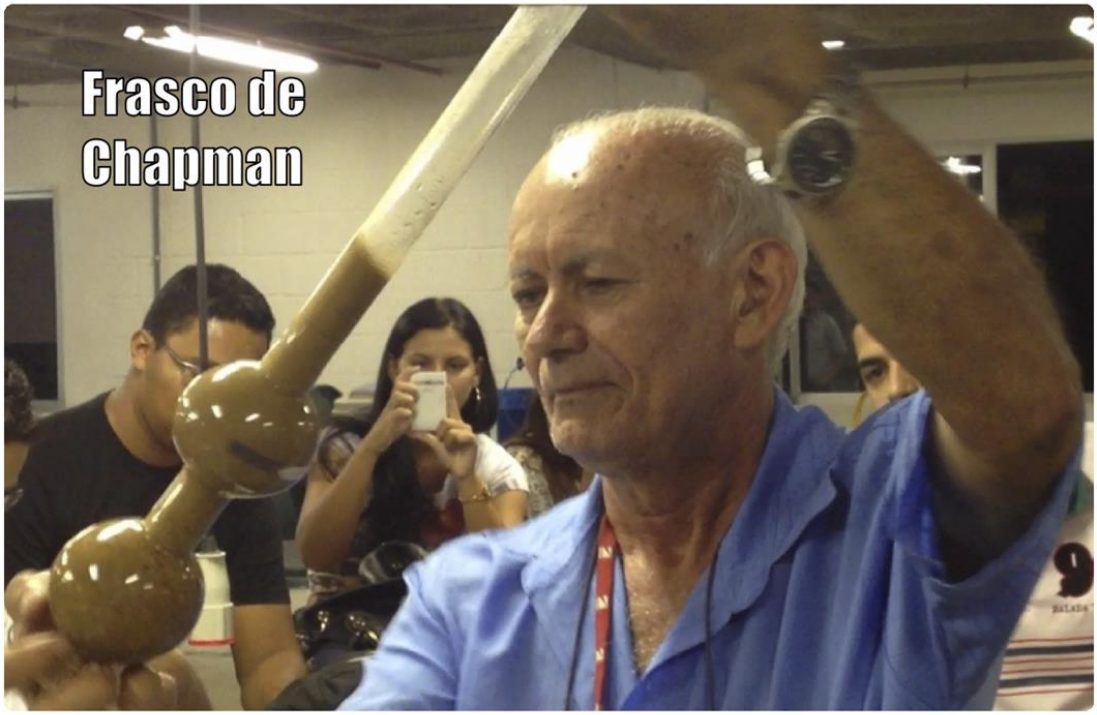


Foto: Elaboração própria

7.4. Massa Específica

Conforme comentado anteriormente, a massa específica é a relação entre a massa do material pelo seu volume. No caso do agregado miúdo, ela é avaliada por meio do Frasco de Chapman. O ensaio é simples. Primeiro, colocamos 200 ml (cm^3) de água no frasco. Em seguida, acrescentamos 500 g de agregado miúdo seco em estufa. Agitamos o frasco para expulsar as bolhas de ar. Por fim, medimos o nível atingido pela mistura água-agregado miúdo no frasco (L). A massa específica (γ) pode ser calculada com a equação a seguir:

$$\gamma = \frac{500}{L - 200}$$

Exemplo: A leitura no Frasco de Chapman foi de 390 ml (cm^3), calcule o valor da massa específica:

$$\gamma = \left(\frac{500}{390 - 200}\right) = 2{,}63 g/cm^3$$



Foto: Elaboração própria

7.5. Massa Unitária

A determinação da massa unitária (M_u) é uma variação do ensaio de massa específica. Consiste na relação entre a massa dos grãos e o volume do recipiente:

$$M_U = \frac{M_{grãos}}{V_{recip.}}$$

O ensaio é simples. Primeiramente, colocamos o agregado com cuidado, sem adensar, num recipiente de volume conhecido ($V_{recip.}$) até enchê-lo. Em seguida, pesamos a massa do agregado.

Ao contrário do ensaio anterior, o ensaio de massa unitária considera os vazios entre os grãos.

Exemplo: Calcule a massa unitária, considerando que para encher o recipiente padrão de 15 litros (15 dm^3), nós usamos 21 kg de areia.

$$M_U = \frac{21}{15} = 1{,}40 kg/dm^3$$



Foto: Canstock

A massa unitária permite o cálculo da massa a partir do volume solto e vice-versa

Geralmente, as massas unitárias de britas e areias variam de 1,4 a 1,5 g/cm³.

Exemplo: Um caminhão basculante, com capacidade de 10 m³, foi carregado com uma areia cuja massa unitária é igual a 1,4 ton./m³. Calcule a massa de areia que o caminhão está transportando.

R. Multiplicando o volume pela massa unitária, temos que a massa de areia é equivalente a 14 toneladas.

De acordo com Mehta e Monteiro (2008), "*o fenômeno da massa unitária surge porque não é possível empacotar as partículas de agregado juntas de modo a não deixar espaços vazios entre elas.*"



Foto: Elaboração própria

7.6. Teor de Umidade

A umidade (h%) é dada pela relação entre a massa de água e a massa seca do agregado. Onde m_h é massa úmida e m_s é massa seca.

$$h = \left(\frac{m_h - m_s}{m_s} \right) \times 100\%$$

Ex. A massa de uma areia úmida foi de 300g e a massa seca alcançou o valor de 250g. Qual é o valor da umidade?

R. h = 20%.

Quando a areia está úmida, é necessário corrigir a quantidade de água de amassamento empregada para produção do concreto, sob pena de redução de resistência e durabilidade do concreto endurecido. Desta forma, é fundamental determinar o teor de umidade do agregado. Em usinas de concreto, o ensaio de teor de umidade é realizado cerca de 6 vezes ao dia.

7.6.1. Método da Estufa

A utilização de uma estufa é o método mais preciso determinar a umidade do agregado.



Foto: Elaboração pròpria

O ensaio é simples. Basta colocar o agregado úmido na estufa a 110° C e deixar o tempo necessário para que toda água evapore. De tempos em tempo, você deve pesar a amostra. Quando a massa permanecer a mesma em duas pesagens consecutivas, significa que toda a água evaporou e o material secou. Em geral, a permanência mínima é de 6 horas.

7.6.2. Método do Frasco de Chapman

O método do frasco de Chapman é mais rápido do que o da estufa, porém é menos preciso. É um procedimento muito usado em usinas de concreto (concreteiras).

Para estimar a umidade do agregado miúdo pelo Frasco de Chapman, precisamos já ter realizado o ensaio de massa específica (Υ). O procedimento é praticamente igual ao realizado para o ensaio de massa específica, a diferença é que pesamos 500 g de agregado miúdo **úmido**. O resultado da umidade superficial do agregado é dado pela seguinte expressão:

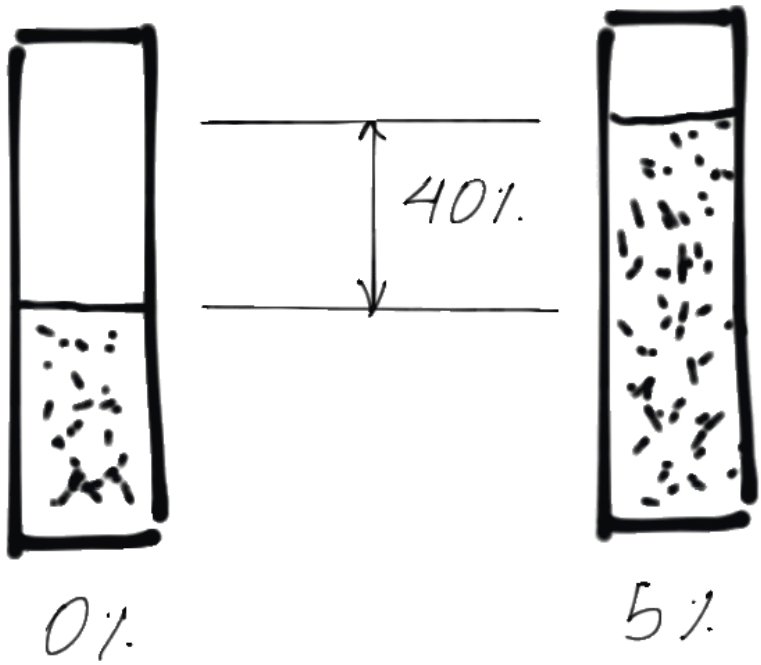
$$h = \frac{500 - [(L - 200) \times \gamma]}{\gamma \times (L - 700)} \times 100\%$$

Ex.: A leitura (L) do frasco de Chapman para uma determinada areia úmida deu igual a 470 cm^3. Considere o valor da massa específica calculada anteriormente (2,63 g/cm^3). Qual é o valor da umidade superficial?

$$h = \frac{500 - [(420 - 200) \times 2{,}63]}{2{,}63 \times (420 - 700)} \times 100\%$$

$$h = \frac{-78{,}6}{-736{,}4} \times 100\% = 10{,}67\%$$

Ou seja, o teor de umidade superficial da areia é igual a 10,67%.



Fonte: Elaboração própria

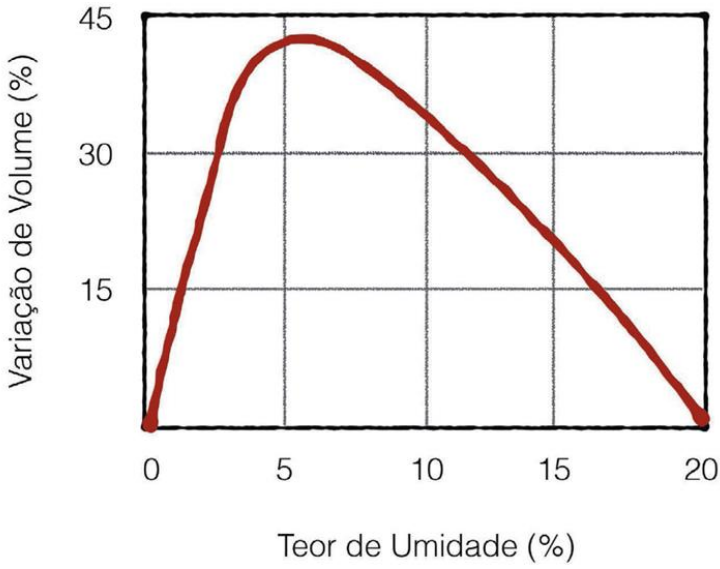
7.7. Inchamento

Quando uma areia é umedecida, ela aumenta de volume. Isso ocorre devido ao afastamento entre os grãos provocado pela presença de água. A esse fenômeno é dado o nome de Inchamento.

Se o inchamento não for considerado na hora da dosagem do concreto em volume, a proporção dos materiais será significante alterada.

O inchamento pode aumentar o volume de um agregado miúdo (ex. areia) em cerca de 40% a 50%.

O inchamento não é uniforme. Ele varia em função do teor de umidade. Normalmente, o inchamento máximo ocorre para teores de umidade de 4 a 6%.



Fonte: Elaboração própria

O inchamento de varia em função do teor de umidade

Conforme pode ser observado no gráfico, o inchamento é crescente para teores de umidade pequenos, apresentando seu valor máximo na umidade crítica e, em seguida, decresce. Para altos teores de umidade, quando o agregado miúdo fica saturado, a variação de volume é praticamente nula.

Além disso, destaca-se que quanto mais fino for o agregado miúdo maior será o aumento de volume em função do inchamento.

Depois de avaliar este ensaio, você deve concordar que nos casos que a areia é vendida em volume é melhor comprá-la seca ou saturada.



Acesse:

amazon.com.br

PARA ACESSAR CLIQUE AQUI

Ebook disponível para:
Windows, Mac, IOS e Android

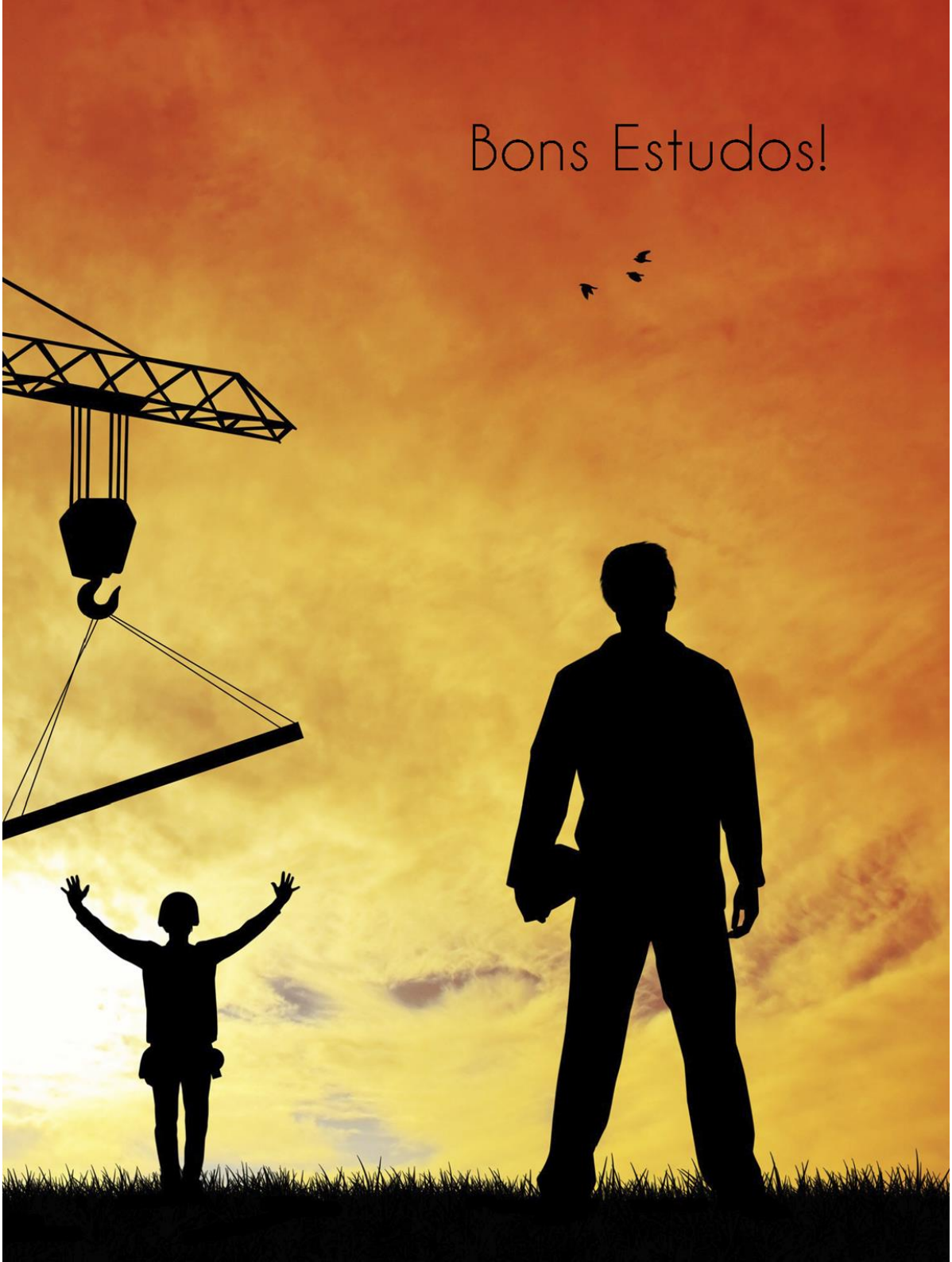
Ou compre o Livro Impreso

ACESSE AULAS

GRATUITAS AQUI



slideshare


Bons Estudos!