

Tecnologia do Concreto Agregados

Saiba mais sobre como funciona a tecnologia e a importância das características dos agregados na formulação do concreto.

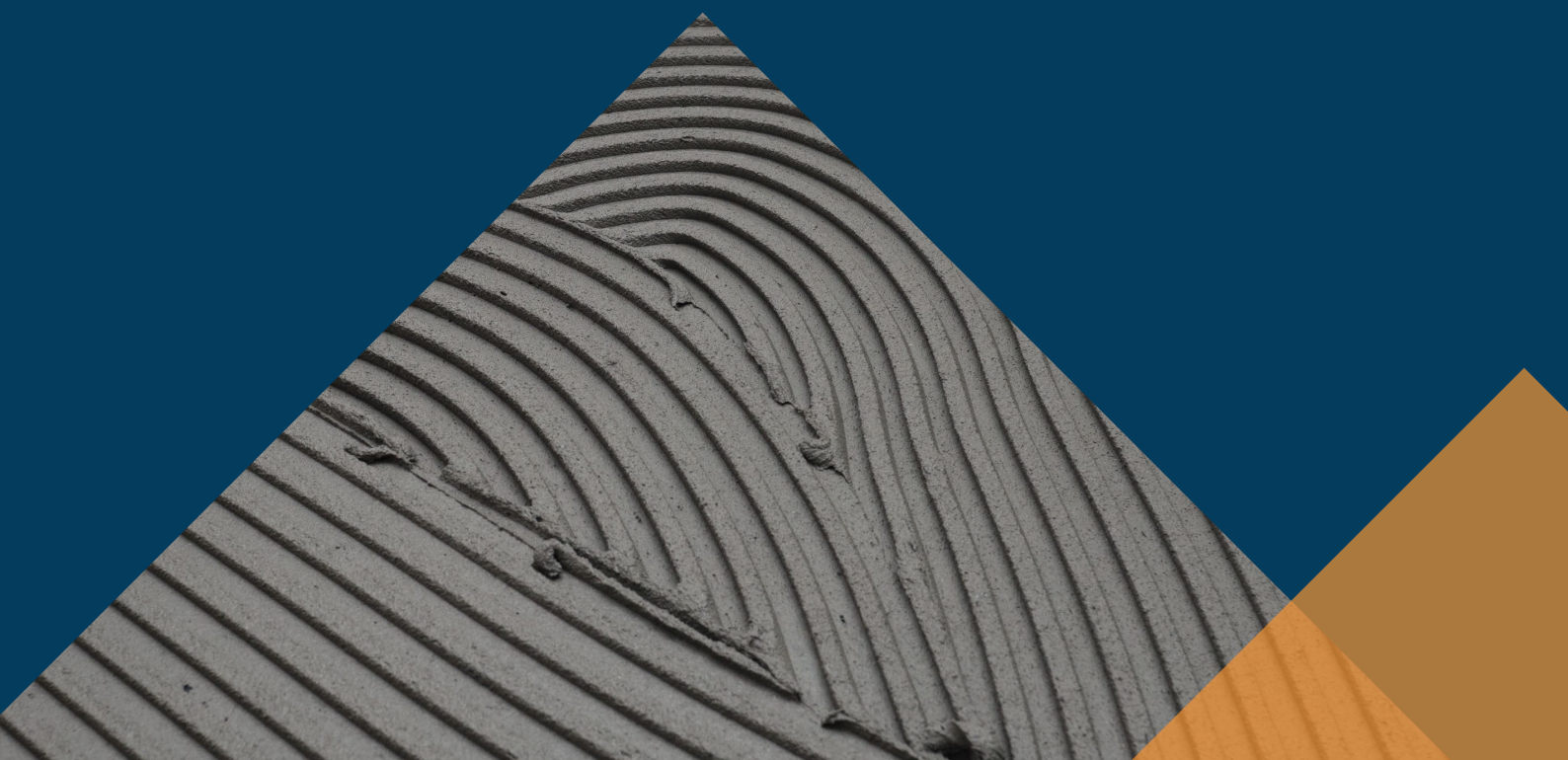
A resistência do concreto depende de fatores como:

- ✓ Relação água/cimento;
- ✓ Desempenho do cimento;
- ✓ Características dos agregados;
- ✓ Empacotamento dos materiais (índice de vazios);
- ✓ Cura.

Importância dos agregados

O agregado tem grande participação na massa total do concreto.

Agregados miúdos e graúdos representam **75% - 80%** do traço, por isso a grande importância do mesmo para as características do concreto.



Agregados para concreto

O concreto é uma mistura de cimento, agregados, miúdos e graúdos, aditivo e água, que quando endurecido fica com o aspecto de uma rocha.

Para conseguirmos o melhor desempenho possível do concreto, é necessário conhecer os agregados e, na formulação do traço, fazer com que a mistura tenha o melhor empacotamento possível (menor índice de vazios).

O objetivo é que a brita zero feche os espaços vazios deixados pela brita 1 e a areia preencha os vazios deixados pela brita zero. O cimento será o aglomerante que vai unir todos os agregados.

Se o cimento for utilizado para “preencher” os vazios causados por uma deficiência de granulometria (descontínua), o concreto se tornará mais caro.



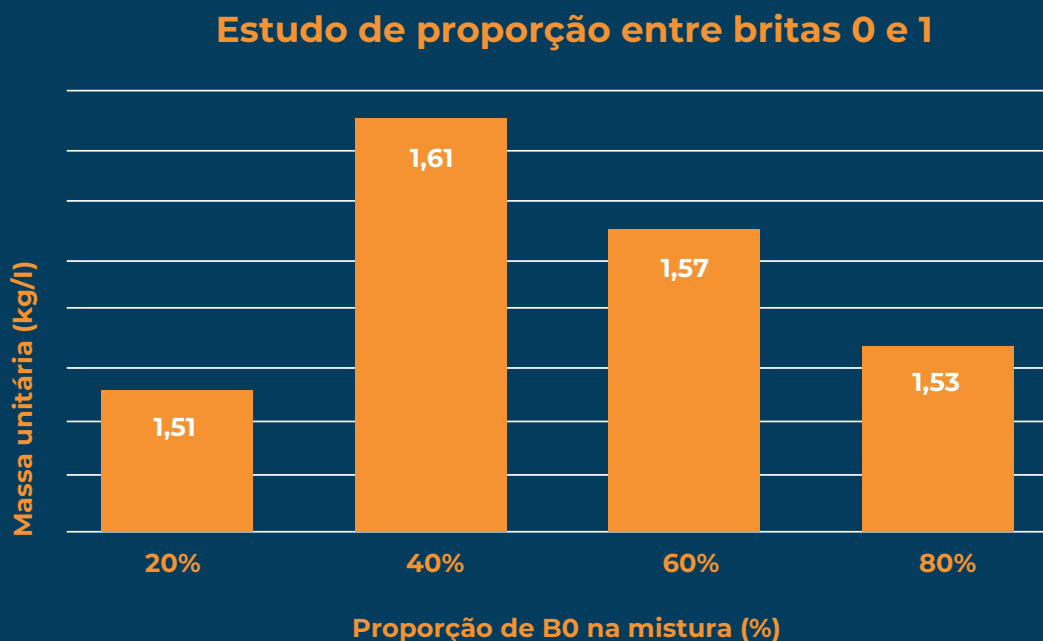
Fonte: Farias, M. M. e Palmeira E. M. (IBRACON; 2007)

O empacotamento é melhor quando vazios maiores são preenchidos por partículas menores, sendo novamente preenchidos por partículas ainda menores — distribuição contínua.

A granulometria ótima é aquela que corresponde, para uma mesma consistência, ao melhor empacotamento e, conseqüentemente, menor consumo de cimento.

Exemplo de estudo hipotético em concreto com combinação de B1 e B0 para a melhor proporção — agregado miúdo fixo.

Massa unitária da mistura de britas:



Fonte: DTM - Votorantim Cimentos

Os agregados podem ser classificados de várias formas, entre elas:

1 Dimensão

- Graúdos
- Miúdos

Miúdo é o material cujas partículas passam na peneira 4,75mm - (areias)

Graúdo é o material cujas partículas passam na peneira 75 mm e ficam retidas na peneira de 4,75mm (britas)

2 Origem

- Naturais
- Artificiais

Os agregados leves, provenientes da microestrutura celular ou altamente porosa, são caracterizados por massa específica menor ou igual a 2000 kg/m³.

Exemplos: pedra pume, argila expandida.

3 Peso/volume

- Leves
- Normais
- Pesados

Os agregados normais, comumente utilizados, são caracterizados por ter massa específica entre 2000 e 3000 kg/m³.

Exemplos: areia, britas.

Os agregados pesados ou densos, tem massa específica maior ou igual à 3000 kg/m³.

Exemplos: hermatita, barita, magnetita, limonita, limanhas de ferro.

AREIAS



Fonte: DTM - Votorantim Cimentos

BRITAS

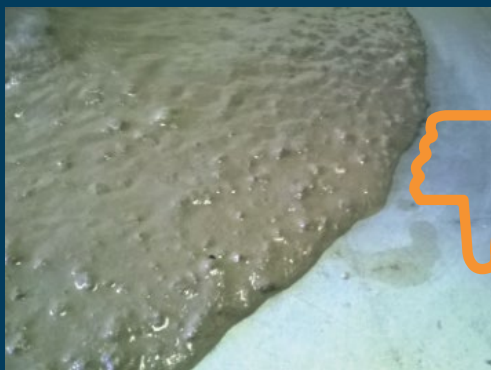


Fonte: www.portaldoconcreto.com.br/agregados

O aumento do teor de agregado miúdo/material fino no concreto resulta em:



Adequação do teor de argamassa – bombeamento.
Redução das chances de segregação.
CAA: auxilia o concreto a “compactar” de forma homogênea.
Melhora do acabamento superficial das peças.



Aumento da demanda de água para o mesmo abatimento.
Aumento do consumo de cimento para manter a resistência – maior custo.
Reduz o módulo de elasticidade (concreto plástico).

Ensaio de granulometria é o conjunto de peneiras de diferentes aberturas que verificam as porcentagens retidas em cada uma delas.

Este estudo verifica qual a distribuição do tamanho dos grãos que compõem o agregado. A NBR 7211 estabelece faixas com os limites para a especificação de cada agregado (B2, B1, B0 e areias).

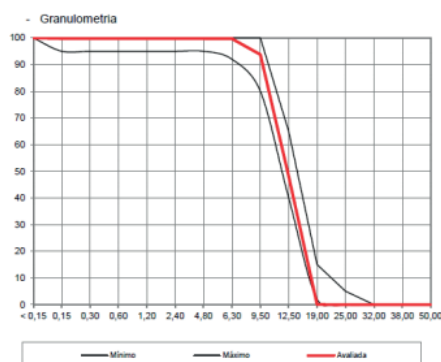
O diâmetro máximo característico informa qual o maior diâmetro do agregado ensaiado e equivale à abertura da peneira onde o percentual retido acumulado é igual ou inferior a 5%. Os projetistas especificam o diâmetro máximo do agregado no concreto em função da densidade da armadura da peça. Peças com alta quantidade de aço necessitam de agregados menores para garantir que o concreto flua e preencha toda a forma sem ficar “retido” nas ferragens, evitando assim a criação de vazios.

Através do ensaio de granulometria é possível ver a estabilidade na produção dos agregados. O ideal é que os agregados apresentem a menor variação possível na curva granulométrica, para que a proporção ideal da mistura não seja influenciada.

No exemplo da curva abaixo, quanto mais deslocada para a esquerda, mais fino o material e vice-versa.

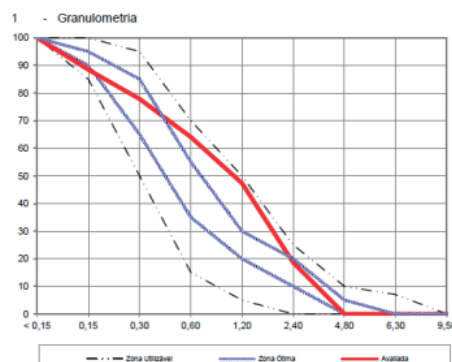
Exemplos de curvas granulométricas dos agregados B1 e areia de brita:

Curva granulométrica B1



Fonte: DTM - Votorantim Cimentos

Curva granulométrica areia de brita



Fonte: DTM - Votorantim Cimentos

O índice de forma é a relação entre comprimento e espessura do agregado.

Quanto maior a lamelaridade do agregado, maior a demanda de água no concreto para obter a mesma consistência (slump) comparado a um agregado redondo/cúbico.

BRITA LAMEAR - maior consumo de cimento, logo concreto mais caro.



MELHORES AGREGADOS são os CÚBICOS E RUGOSOS. São ideais para um concreto de qualidade.



Fonte: Agregados - Votorantim Cimentos

Influência do índice de forma e rugosidade dos agregados no concreto



Esférico e superfície lisa:

Maior plasticidade e menor “aderência”.



Lamelar:

Maior consumo de cimento, areia e água; dificuldade de bombeamento.



Concreto:

Os melhores agregados são os de índice de forma próximo de 1, ou seja, aqueles cujo comprimento é similar à espessura. Esses são conhecidos como agregados cúbicos. Quanto à superfície, o ideal que seja rugosa para melhor aderência à mistura.

A massa específica e sua importância

A massa específica do agregado é uma propriedade inerente ao material e é utilizada no cálculo do volume de cada agregado no traço do concreto. Por exemplo: agregados do tipo basalto possuem massa específica diferente de agregados do tipo calcário que possuem massa específica diferente de agregados do tipo granito, etc.

O módulo de elasticidade é um parâmetro do concreto que está diretamente relacionado ao tipo de agregado gráúdo utilizado e sua proporção. Para melhorar o módulo a primeira medida é utilizar o agregado com maior resistência. O módulo depende também do empacotamento dos agregados. Se o traço não estiver bem desenvolvido, a resistência e o módulo não darão altos, independente do tipo de rocha utilizada.

Exemplos de resistência de diferentes tipos de agregados

Rocha	Resistência (MPa)
Granito	181
Basalto	230
Calcário	159
Arenito	131
Mármore	117
Quartzito	252

Ensaio de massa específica. Exemplos:

Calcário $\approx 2,6$ a $2,7 \text{ g/cm}^3$

Granito $\approx 2,6$ a $2,7 \text{ g/cm}^3$

Basalto $\approx 2,7$ a $2,8 \text{ g/cm}^3$

A escolha do agregado influencia diretamente no módulo de elasticidade do concreto.

Reação álcali-agregado (RAA)

Reação álcali-agregado acontece desde que haja 3 ocorrências simultâneas dentro do concreto: presença de álcalis (encontrados no cimento), agregados reativos e umidade. Ex: blocos de fundação, estacas e barragens.

É possível utilizar o agregado reativo desde que sejam tomadas medidas para mitigar a reação. Os materiais utilizados para mitigação podem ser cimentos compostos (CP III e CP IV) ou adições (microsílica ou metacaulim). Os materiais (cimento+agregados+adições) deverão ser submetidos a ensaio que comprove a inibição da reação.

A NBR 15577 é a norma aplicada para avaliação dos agregados e das medidas de mitigação da reação álcali-agregado (RAA). Esta norma é dividida em 7 partes.

NBR 15577-4

Esta parte da norma descreve o procedimento para o ensaio acelerado a partir do uso de um cimento-padrão. O agregado é considerado potencialmente inócuo quando o resultado do ensaio indicar uma expansão menor que 0,19% aos 30 dias.

NBR 15577-5

Esta parte da norma descreve o procedimento para avaliar a eficiência das ações de mitigação da RAA via ensaio acelerado. A mitigação é eficiente quando o resultado do ensaio indicar uma expansão menor que 0,19% aos 30 dias.

NBR 15577-6

Esta parte da norma descreve o procedimento para o ensaio de longa duração. O agregado considerado potencialmente inócuo quando o resultado do ensaio indicar uma expansão menor que 0,04% em um ano.

A RAA está relacionada ao tipo de agregado utilizado. A mitigação da reação requer utilização de adições no concreto e/ou cimento com adições.

Resumindo:

Característica	Bloco e piso	Concreto plástico
Empacotamento	✓	✓
Granulometria contínua	✓	✓
Diâmetro máximo característico	9,5 / 6,3 mm	Depende do projeto
Material pulverulento	—	—
Agregado lamelar (índice de forma)	✗	✗
Presença de argila	✗	✗
Impureza orgânica	✗	✗
RAA - reação álcali agregado	—	✗
Dosagem volumétrica	✓	✓
Dosagem por peso	✓	✓