

Estruturas de concreto

Parte 1

1. Concepção

O material concreto armado resulta da combinação de uma matriz alcalina composta de cimento, agregados, eventuais aditivos e água, com um reforço de barras de aço. Nessa combinação destacam-se três compatibilidades: química, física e mecânica. Química: o aço não se corrói no ambiente alcalino do concreto. Física: aço e concreto têm deformações muito semelhantes devido às variações térmicas. Mecânica: o aço resiste bem à tração, completando esta deficiência do concreto. A matriz de concreto deve resistir aos esforços de compressão e conferir proteção química ao aço, de forma que matriz e reforço estejam perfeitamente aderidos entre si.

A estrutura é a parte resistente da construção, formada por um conjunto de elementos como lajes, vigas e pilares. As estruturas correntes de concreto armado destinam-se às edificações residenciais, comerciais e industriais. Sua concepção envolve a aplicação de conhecimentos da teoria das estruturas para a determinação dos esforços solicitantes e da resistência dos materiais.

Executada por engenheiros calculistas ou projetistas de estruturas, essa atividade transformou-se, nos últimos anos, com o uso de computadores. Ao lado de inegáveis ganhos, surgiram também problemas decorrentes do uso incorreto dos softwares existentes por pessoas não habilitadas. Os programas utilizados partem do pressuposto de que a estrutura analisada apresenta características comuns às demais estruturas usuais. Na medida em que novas técnicas construtivas possam alterar detalhes importantes da concepção estrutural, esses programas não consideram tais aspectos. Disso podem resultar estruturas com problemas de funcionamento estrutural. Um exemplo é a diminuição do travamento de pilares ao nível dos pavimentos, por supressão ou disposição incorreta das vigas, originando estruturas com graves problemas de instabilidade global.

2. Livros básicos e normas

- NBR-6118 — Projeto e Execução de Obras de Concreto Armado.
- CEB-FIP Model Code 1990 — Boletim de Informação nº 203 a 205 do Comité Euro International du Beton.
- NBR-5732 — Cimento Portland Comum — Especificação
- NBR-5733 — Cimento Portland de Alta Resistência Inicial — Especificação
- NBR-5735 — Cimento Portland de Alto-Forno — Especificação
- NBR-5736 — Cimento Portland Pozolânico — Especificação
- NBR-5737 — Cimento Portland Resistente a Sulfatos — Especificação
- NBR-7211 — Agregados para Concreto — Especificação
- NBR-7480 — Barras e Fios de Aço Destinados a Armaduras para Concreto Armado — Especificação
- NBR-11578 — Cimento Portland Composto — Especificação
- NBR-11768 — Aditivos para Concreto de Cimento Portland — Especificação
- NBR-12654 — Concreto — Controle Tecnológico de Materiais Componentes — Procedimentos
- NBR-12655 — Concreto — Preparo, Controle e Recebimento — Procedimento

3. Elementos do projeto estrutural

O projeto deverá compreender memorial de cálculo, desenhos de execução e outros documentos complementares. Deverá ser claramente indicada a resistência característica f_{ck} do concreto, o tipo de aço e a localização de cargas importantes. É fundamental uma perfeita integração do projeto estrutural aos demais projetos de ar-

quitetura, hidráulica, ar-condicionado etc.

Com a utilização dos computadores é freqüente a apresentação do memorial através de uma listagem de dados de entrada e saída. Nem sempre são apresentadas todas as informações, tornando-se necessário o auxílio de uma memória preliminar explicativa.

Diante da evolução da tecnologia do concreto e dos aços, as estruturas tendem a ficar mais esbeltas, com grau de deformabilidade cada vez maior. Por isso, é preciso dispor de verificações apuradas das deformações, considerando-se a propagação de fissuras nos componentes fletidos, a retração e a deformação lenta do concreto ou as dilatações térmicas. Em última instância, as deformações da estrutura devem ser compatíveis com aquelas admitidas por alvenarias, pisos rígidos, caixilhos, tubulações hidráulicas etc.

Assim sendo, os principais elementos a serem considerados no projeto estrutural são:

- hipótese de cálculo (contraventamentos, graus de engastamento, continuidades etc.);
- cargas permanentes e respectivos coeficientes de ponderação;
- cargas acidentais (vento, recalques diferenciados, deformações térmicas, impactos, excentricidades etc.) e respectivos coeficientes de ponderação;
- resistência característica dos materiais e respectivos coeficientes de minoração;
- dimensionamentos das seções existentes;
- eventual verificação da estabilidade global da estrutura/prevenção contra ruptura progressiva;
- cálculo das deformações dos componentes estruturais (rotações, torções, encurtamentos, flechas etc.) e verificação da sua implicação com outros elementos da estrutura e da obra (paredes, pisos etc.);
- eventual previsão de contraflechas em componentes fletidos;
- verificação das aberturas de fissuras;
- eventual previsão de juntas de dilatação/detalhes construtivos e especificação de materiais;
- desenho dos componentes estruturais, ao nível de cada pavimento (planta de formas);
- desenho das armaduras para cada componente estrutural;
- quantificação do concreto e do aço;
- planos de concretagem e descimbramento quando essas fases apresentarem repercussões importantes no funcionamento da estrutura;
- previsão de cobrimentos compatíveis das armaduras, seja em função da durabilidade e/ou da resistência à ação do fogo.

4. Especificação dos materiais

O concreto armado compõe-se de uma matriz, que é o concreto, a partir de cimento, agregados, água, eventualmente aditivos e adições, e de um reforço de barras de aço em posições estrategicamente designadas pelo projetista. Especificar os materiais significa decidir sobre as características da matriz de concreto, tratando, inclusive, de todos os seus constituintes, assim como sobre os requisitos do “esqueleto” de aço.

4.1 Cimento

A normalização brasileira apresenta nove tipos diferentes de cimento à sua escolha, distribuídos em seis normas diferentes. Alguns desses tipos são subdivididos em classes de resistência, o que aumenta o número de classificações para mais de duas dezenas.

O tipo CP I — O tipo de cimento básico denomina-se Cimento Portland Comum (observe que a palavra “Portland” aparece em todos os tipos, mostrando que os outros são sempre “derivados” deste). Ele contém a matéria-prima fundamental denominada Clín-

quer Portland e adição de gipsita, indispensável para regular o tempo de pega. Este cimento fundamental tem a designação CP I. Tolera-se a adição de até 5% de pó calcário ao cimento portland comum, mas então ele é obrigado a portar um “S” a mais na designação, tendo inscrita, na sacaria, a sigla CPI-S.

O tipo CP II — Com a recente tendência da indústria nacional em colocar teores de adições maiores ao cimento portland comum por motivos mercadológicos, a normalização adaptou-se, criando o cimento portland composto, que leva sempre a sigla CP II. As adições podem ser: 6% a 10% de pó calcário com a sigla CP II-F; 6% a 14% de pozolana e 0% a 10% de pó calcário com a sigla CP II-Z; e 6% a 34% de escória de alto-forno e 0% a 10% de pó calcário com a sigla CP II-E. Não se deve confundir o CP II-Z nem o CP II-E com os cimentos portland pozolânico e portland de alto-forno, que são os que contêm as adições em quantidade mais significativa.

O tipo CP III — A escória de alto-forno granulada é o mais importante subproduto da indústria siderúrgica. É um material que, moído e ativado, apresenta propriedades de cimento hidráulico. Como o cimento portland comum é um excelente ativador químico para a escória, a mistura de clínquer portland, gipsita, 35% a 70% de escória e 0% a 5% de pó calcário devidamente moídos leva a denominação cimento portland de alto-forno e a designação normalizada CP III é estampada na sacaria.

O tipo CP IV — As pozolanas são materiais silicosos de elevadas finura e desordem cristalina. Têm a propriedade de se combinar com certos produtos da hidratação do cimento portland comum, formando material cimentante. Dessa forma, uma pozolana pode aumentar a resistência de uma mistura contendo cimento portland comum ou substituir parte deste, mantendo a mesma resistência para o conjunto. Cimentos que contêm clínquer portland, gipsita, 15% a 50% de pozolana e 0% a 5% de pó calcário são chamados cimentos portland pozolânicos e levam na sacaria a designação CP IV.

O tipo CP V — O cimento portland de Alta Resistência Inicial é um Cimento Portland Comum especialmente preparado para apresentar resistências mais altas a baixas idades. Assim como o CP IS, ele pode conter até 5% de pó calcário.

Outros tipos — Está em curso a revisão da normalização do cimento portland Resistente a Sulfatos, que poderá ser um tipo especial de CP I-S, ou ainda os tipos CP III e CP IV, que se prestam bem a obras em ambientes com sulfatos. O IPT está estudando um cimento sem clínquer portland à base de escória de alto-forno; além desses, há os cimentos de alvenaria, que não devem ser usados estruturalmente.

As classes de resistência — Além da sigla composta de letras e algarismos romanos, os tipos de cimento ainda são obrigados a apresentar, na sacaria, um número em algarismos arábicos, que pode ser 25, 32 ou 40, conforme se espere, no ensaio de resistência à compressão em argamassa normal, a resistência aos 28 dias de no mínimo 25 MPa, 32 MPa ou 40 MPa, respectivamente. São exceções os cimentos CP V-ARI, cuja resistência principal de controle é medida aos sete dias.

A Tabela 1 apresenta conceitos para quem quer selecionar o seu tipo de cimento em relação aos principais fatores para a escolha. Além da Tabela 1, aconselhamos a análise dos resultados de ensaios conforme a Tabela 2 e a elaboração de diagramas de dosagem comparativos e ensaios específicos para concretos com os cimentos em questão.

4.2 Agregados

Os agregados são considerados inertes, isto é, pelo menos em tese não sofreriam reações químicas como ocorre com o cimento, a água, os aditivos e as ações do concreto. São subdivididos em grãos (dimensão máxima acima de 4,8 mm) e miúdos (abaixo de 4,8 mm); podem ser naturais (seixos rolados, pedra britada, areias de rio, areias de cava, pós de pedra imprópriamente chamados “areias artificiais”) ou artificiais, cuja composição química ou mineralógica é decorrente de processo de produção conduzido pelo homem, como por exemplo as argilas expandidas e as escórias de alto-forno resfriadas lentamente ao ar.

Eles não têm a função de apenas preencher espaço para economizar cimento; sem os agregados teríamos sérios problemas de retração. A qualidade do agregado interfere na resistência e na deformabilidade do concreto, além de influir em sua condutibilidade térmica, resistência ao fogo e massa específica.

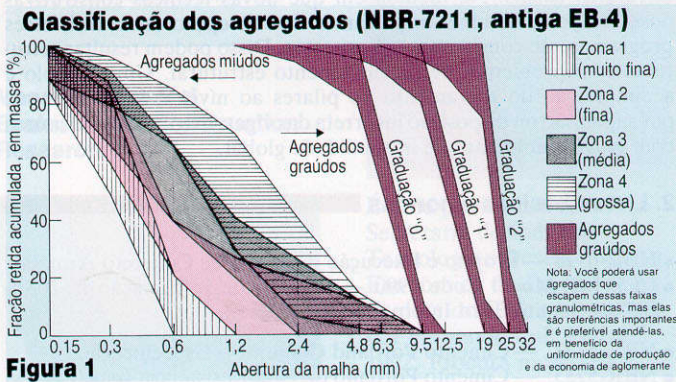


Tabela 1 Escolha o seu tipo de cimento

Fatores para escolha	Cimento Portland								
	EB-1 Comum (NBR-5732)		EB-2138 Composto (NBR-11578)			Alto-forno EB-208 (NBR-5735)	Pozolânico EB 758 (NBR-5736)	Alta resistência inicial EB 2 (NBR-5733)	Resistente a sulfatos (EB 903)
	CP I	CP I-S	CP II-F	CP II-E	CP II-Z	CP III	CP IV	CP V — ARI	*
Experiência acumulada no mundo	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Reserva de resistência após 28 dias	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Proteção às armaduras	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Resistências iniciais altas	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Insolubilidade em água	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Facilidade de ser encontrado no mercado	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Estabilidade dimensional à secagem	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Preço para o consumidor	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Relação resistência a 28 dias/consumo de cimento	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Resistência aos sulfatos	■	■	■	■	■	■	■	■	■

- Muito favorável
- Favorável
- Neutro
- Desfavorável

* Norma em revisão, designação ainda não definida; provavelmente constará a sigla RS"

Compra — A escolha do fornecedor deve levar em conta que o agregado atenda aos requisitos mínimos da EB-4 ou NBR-7211 (ver Tabela 2), e, preferivelmente, que uma dosagem experimental comparativa prévia indique vantagem técnico-econômica (veja no próximo número como fazer a dosagem). A norma de agregados é relativamente flexível, tolerando agregados que comprovem desempenho satisfatório. Mesmo se algumas exigências não forem atendidas, é possível, por exemplo, trabalhar com granulometria, teores de materiais pulverulentos, argila em torrões, índices de forma e Abrasão Los Angeles, fora da norma, mas geralmente à custa de um consumo mais elevado de cimento; a comprovação do desempenho satisfatório é feita preferencialmente num laboratório.

Tabela 2 — Condições exigíveis para agregados segundo a NBR-7211 (antiga EB-4)

Determinação	Método	Exigências	
		Agregado graúdo	Agregado miúdo
Granulometria	NBR-7217	Ver figura 6.2	Ver figura 6.2
Módulo de finura	NBR-7217	—	não deve variar mais de 0,2
Materiais pulverulentos (%)	NBR-7219	≤ 1%	≤ 5,0% ^(a)
Argila em torrões (%)	NBR-7218	≤ 3% ^(a)	≤ 1,5%
Materiais cabonosos (%)	ASTM-C-123 ou CE-18-02-11-003 da ABNT	≤ 1,0%	≤ 1,0% ^(a)
Materia orgânica (ppm)	NBR-7220	—	≤ 300 ppm ou ^(c)
Índice de forma	NBR-7809	≤ 3	—
Abrasão Los Angeles (%)	NBR-6465	≤ 50%	—
Qualidade de areia	NBR-7221	—	(c)

(a) ≤ 3,0% para concretos submetidos a desgaste superficial; (b) ≤ 0,5% onde a aparência é importante; (c) Se índice de matéria orgânica > 300 ppm; fazer ensaio NBR-7221 e avaliar; (d) ≤ 1% quando a aparência é importante; ≤ 2% quando prevê desgaste superficial.

Uso — O módulo de finura e a dimensão máxima “resumem” a granulometria com boa eficiência. Se o módulo de finura total do agregado de um concreto se mantém constante, igualmente são mantidas as condições de trabalho da mistura ao longo da obra. (O módulo de finura total é a média ponderada dos módulos de cada agregado presente no traço, sendo os pesos da média as respectivas proporções, em massa, de cada agregado, no traço.)

A umidade do agregado, principalmente o miúdo, é outro parâmetro importante para controle no uso. É preciso descontar a água levada pelos agregados ao traço do concreto se quisermos confeccioná-lo com uma relação água/cimento bem conhecida e esse é o principal parâmetro de controle da resistência à compressão do concreto.

O inchamento, quando se trabalha em volume, obriga o construtor a efetuar correções do volume das caixas de medida do agregado miúdo em função da umidade. O volume de uma mesma massa de areia aumenta cerca de 40% em função da umidade presente. Costuma-se admitir que o inchamento é constante e dado pelo coeficiente médio de inchamento determinado segundo a NBR-6467, a partir da chamada umidade crítica.

Muitos construtores trabalham com o agregado miúdo permanentemente saturado, garantindo a constância de volume e corrigindo a quantidade de água no traço, com a dedução da água carregada pelo agregado miúdo.

4.3 Água

Normalmente as águas potáveis são satisfatórias para uso em concreto. A NBR-6118 traz requisito para a água de amassamento e a NBR-12654 traz a metodologia para amostragem e ensaios.

Ao usar água de desempenho não conhecido deve-se dar atenção à presença de sais (cloretos e sulfetos), quantidade de matéria orgânica, sólidos dissolvidos, sólidos totais, sólidos em suspensão e pH. É recomendável fazer ensaios comparativos em pasta (início e fim de pega) e em argamassa (resistência à compressão) usando a água em questão e uma água comprovadamente satisfatória.

4.4 Aditivos

São substâncias adicionadas ao concreto no momento que antecede ou durante o amassamento, em proporções geralmente menores que 5% do peso de cimento, com o intuito de modificar certas proprie-

dades da mistura original. A esta definição clássica acrescentaríamos que o intuito também pode ser a modificação do traço visando reduzir o custo, mantendo satisfatórias as propriedades de interesse no concreto. A redução de custo se dá com um consumo menor de cimento. Qualquer que seja o seu intuito, não é aconselhável usar aditivos sem o apoio de um tecnólogo de concreto e de uma razoável verificação experimental preliminar com materiais representativos entre aqueles empregados na obra. Diagramas de dosagens com e sem aditivo fornecerão parâmetros de comparação tanto de desempenho como de economia. As normas brasileiras NBR-10908, NBR-11768 e NBR-12317 ocupam-se do tema.

4.5 Adições

No Brasil, é bem raro o uso das adições, a não ser as incorporadas ao próprio cimento na fábrica. A Norma Brasileira NBR-12654 considera as adições minerais de natureza hidráulica latente, ou seja, as escórias básicas granuladas de alto-forno que atendam à NBR-5735, as pozolanas, atendendo à mesma norma e adições inertes, no caso pigmentos minerais. A mesma NBR-12654 restringe a utilização das adições aos “concretos produzidos em central”. As adições devem ser adequadamente dosadas: a qualidade tem de ser mantida uniforme e a medida deve ser preferivelmente em massa, sob pena de um sério comprometimento, por exemplo na variabilidade da resistência à compressão.

Assim como no caso dos aditivos, não é aconselhável a utilização de adições sem apoio experimental supervisionado por um engenheiro tecnólogo de concreto.

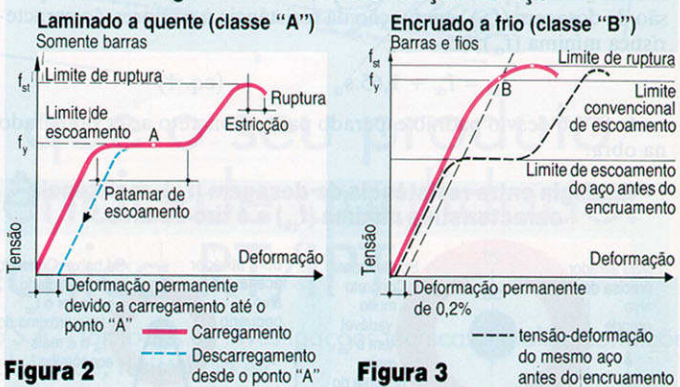
4.6 Aço

Há duas classes de aço no mercado, distintas quanto ao tratamento do material e com comportamentos mecânicos característicos: classe “A” e classe “B”. O aço classe “A” é obtido por laminação a quente, sendo conformado a uma temperatura que o torna trabalhável. É encontrado na forma de barras lisas ou conformadas (aquelas que têm moossas ou saliências para melhorar a aderência). O diagrama tensão/deformação, na tração, de um aço classe “A” está indicado na Figura 2.

Na construção civil, considera-se que o limite de escoamento é a característica de resistência de maior interesse no dimensionamento. É definido pela ordenada do patamar de escoamento no diagrama tensão/deformação.

O aço classe “B” pode ser encarado como um aço classe “A” de categoria inferior, que submetido a uma deformação permanente a frio (trefilação, estiramento ou torção) teve sua estrutura interna modificada, perdendo o patamar de escoamento, como mostra a Figura 3.

Diagrama tensão/deformação de aço



O limite convencional de escoamento do aço resulta mais alto do que o limite real de escoamento antes de ter sofrido a deformação a frio. O aumento na resistência útil tem seu preço: o aço classe “B” tem um alongamento de ruptura menor, isto é, absorve menos energia para romper; se houver um aquecimento da estrutura provo-

cado por incêndio, o aço classe “B” poderá voltar a ser classe “A”, isto é, voltar a ter patamar de escoamento devido ao “tratamento” térmico, enquanto o limite de escoamento voltará a ser menor, podendo comprometer a segurança. Esse risco é particularmente importante em delgadas armaduras com telas de aço classe “B”. O aço classe “B” é encontrado liso ou torcido.

A categoria do aço é representada por um número que indica a tensão de escoamento mínima convencional ou não, que o material deve atender. A classe é representada por uma letra que se apresenta junto à categoria; assim, por exemplo, “CA50A” é um aço para concreto armado (sigla CA) com limite de escoamento 500 MPa da classe “A”; o aço “CA60B” é um aço para concreto armado com limite convencional de escoamento 600 MPa e da classe “B”.

Para controlar adequadamente a qualidade do aço é necessário consultar a norma NBR-7480 da ABNT, que exprime as condições de aceitação, os critérios de amostragem e os métodos de ensaios de controle.

4.7 Concreto

O concreto pode ser especificado de forma bastante variável segundo a utilização pretendida, o método construtivo empregado e as condições geométricas da peça a ser moldada. Devem também ser considerados a resistência requerida à idade de controle, a consistência, os aspectos estéticos envolvidos, a durabilidade esperada, eventuais agentes agressivos, a deformabilidade, a impermeabilidade ou a constância das dimensões.

Resistência à compressão — As normas tratam de segurança estrutural, ligadas, portanto, à resistência à compressão. A NBR-8953 classifica os concretos por grupos de resistência I ou II, respectivamente, até 50 MPa de resistência característica à compressão ou a partir de 55 MPa; cada grupo é subdividido em classes designadas pela letra “C” (de Concreto) e um número indicativo da resistência em MPa. Exemplo: C40 é a classe de um concreto com resistência característica igual a 40 MPa. As classes do grupo I vão de C10 a C50, de 5 em 5 MPa; e as classes do grupo II são C55, C60, C70 e C80.

O projeto da obra de concreto traz obrigatoriamente o valor da resistência característica adotada no dimensionamento estrutural, designada por f_{ck} .

Essa resistência característica significa, estatisticamente, o valor abaixo do qual se esperam, no máximo, 5% dos resultados obtidos em ensaios do concreto da obra. Sendo o f_{ck} um valor característico mínimo, não deve ser confundido com a resistência à compressão visada pelo engenheiro responsável pela dosagem do concreto. Pode-se fazer uma analogia com um atirador tentando acertar um alvo com a preocupação de que apenas 5% dos tiros obtenham menos que um determinado número de pontos: o atirador fará pontaria sempre em direção ao centro do alvo (ver Figura 4).

A fórmula dada pela NBR-12655 que fornece a resistência à compressão de dosagem (f_{cd}), em função da resistência à compressão característica mínima (f_{ck}), é:

$$f_{cd} = f_{ck} + 1,65 s_d \quad (\text{eq. 1})$$

onde S_d é o desvio padrão esperado para o concreto a ser preparado na obra.

Analogia entre resistência de dosagem (f_{cd}), resistência característica mínima (f_{ck}) e o tiro-ao-alvo *

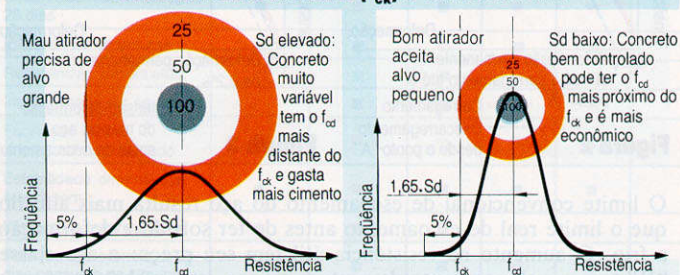


Figura 4 *A preocupação do “atirador” é de que 5% dos tiros, no máximo, façam menos do que 25 pontos

Observe na Figura 4 que quanto maior o valor de S_d (que exprime a variabilidade dos resultados de resistência à compressão a serem obtidos na obra) maior será o f_{cd} e o engenheiro tecnologista imporá um maior consumo de cimento para a obtenção de um concreto em média mais resistente.

As usinas de concreto geralmente dispõem de levantamentos anteriores de resultados de resistência à compressão e, portanto, têm a estimativa do valor de S_d de suas condições de produção de concreto. As melhores usinas têm os menores valores de S_d e podem, assim, operar mais “apertado”, com f_{cd} próximo a f_{ck} e menores consumos de cimento para garantir a resistência característica.

(Obs.: A NBR-12655 não admite S_d menor que 2,0 MPa por segurança.)

Se o concreto é produzido na própria obra, pode-se adotar o valor de S_d conforme as prescrições da NBR-12655, que se resumem na Tabela 3.

Tabela 3 — Valores de S_d a adotar

Condição	Classes de concreto	Medidas do concreto	dos agregados	da água	Correção do inchaço	Correção da umidade	Valor de S_d a adotar (MPa)
A	C10 a C80	em massa	em massa	em massa ou volume	—	sim c/medida da umidade	4,0
B	C10 a C20	em massa	em volume	em volume	sim c/medida da umidade	sim	5,5
C*	C10 a C15	em massa	em volume	em volume	—	sim pela consistência do concreto	7,0

* Exigido consumo mínimo de 350 kg de cimento/m³ de concreto.

No caso de comprar o concreto de uma usina, o usuário deve especificar o f_{ck} , a dimensão máxima do agregado e a consistência requeridos.

Consistência — Outra propriedade importante do concreto é a consistência. Normalmente expressa pelo abatimento do tronco de cone, o popular “slump”, NBR-7223, a consistência exprime a coesão e a fluidez do concreto. O construtor adquire sensibilidade para especificar o abatimento em função da dificuldade ou facilidade de moldar a peça (quanto maior o abatimento mais fluida e/ou menos coesa será a mistura). Deve-se especificar o menor abatimento possível para economizar cimento, com cuidado para não dificultar a moldagem, requerendo excesso de energia de vibração e dando margem ao aparecimento de “bicheiras” ou ninhos de concretagem. Para ter uma noção sobre os valores de consistência, que devem ser ajustados em função da densidade da armadura, da eficiência dos equipamentos e da equipe, pode-se usar a Tabela 4.

Tabela 4 — Sugestões de abatimentos a especificar — para uso de vibrador

Peça estrutural	Abatimento* (mm)
Lajes de edifícios	30 a 90
Pilares de edifícios, brocas paredes	60 a 90
Vigas de edifícios, baldrame, sapatas	50 a 90

*Obs.: para abatimentos maiores, recomenda-se o uso de aditivo plastificante ou superplastificante, além de maior cuidado com as formas e para não vibrar em excesso. Esses aditivos também podem ser empregados para os abatimentos sugeridos, permitindo redução na relação água/cimento com aumento da resistência, ou redução no consumo de cimento, mantendo-se a relação água/cimento e empobrecendo o traço.

Os valores da Tabela 4 referem-se a consistências tradicionais, para uso de vibrador. Com o uso dos aditivos superfluidificantes, os concretos auto-adensáveis, de abatimento superior a 250 mm, permitem grande rapidez de execução, porém não se pode descuidar do dimensionamento das formas, que passarão a receber pressões hidrostáticas de concreto mais expressivas.

Autores: Carlos Eduardo de Siqueira Tango, Agrupamento de Materiais de Construção Civil e James Campanhã Alvim, Agrupamento de Estruturas - IPT