

NORMA
BRASILEIRA

**ABNT NBR
12655**

Segunda edição
14.08.2006

Válida a partir de
14.09.2006

**Concreto de cimento Portland – Preparo,
controle e recebimento – Procedimento**

*Portland cement concrete – Preparation, control and acceptance –
Procedure*



Palavra-chave: Concreto.
Descriptor: Concrete.

ICS 91.100.30



ASSOCIAÇÃO
BRASILEIRA
DE NORMAS
TÉCNICAS

Número de referência
ABNT NBR 12655:2006
18 páginas

©ABNT 2006



© ABNT 2006

Todos os direitos reservados. A menos que especificado de outro modo, nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida ou por qualquer meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia e microfilme, sem permissão por escrito pela ABNT.

Sede da ABNT

Av. Treze de Maio, 13 - 28º andar

20031-901 - Rio de Janeiro - RJ

Tel.: + 55 21 3974-2300

Fax: + 55 21 2220-1762

abnt@abnt.org.br

www.abnt.org.br

Impresso no Brasil

Sumário

Página

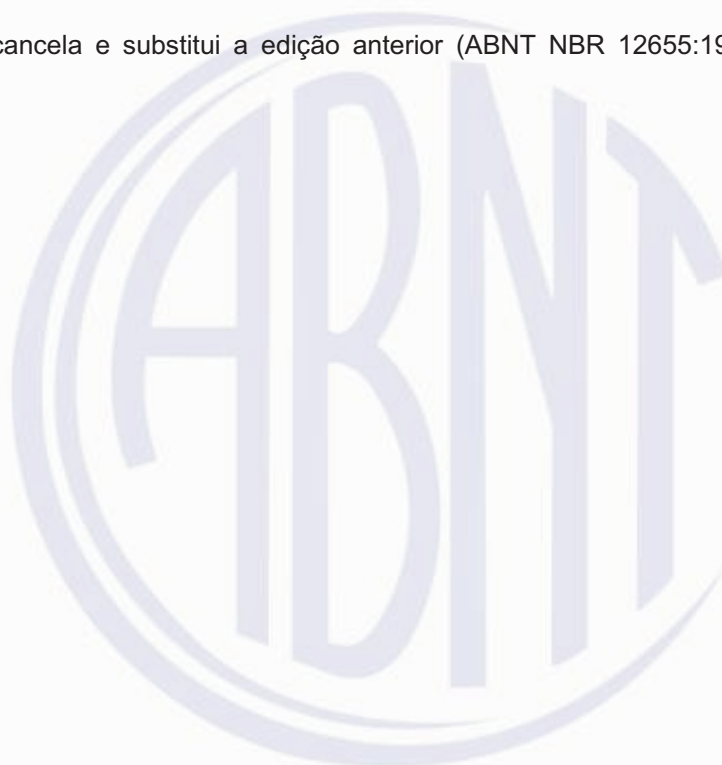
Prefácio.....	iv
1 Objetivo	1
2 Referências normativas	1
3 Definições.....	2
3.1 Definições de termos técnicos.....	2
3.2 Definições das responsabilidades.....	5
4 Atribuições de responsabilidades	5
4.1 Modalidade de preparo do concreto.....	5
4.1.1 Concreto preparado pelo executante da obra.....	5
4.1.2 Concreto preparado por empresa de serviços de concretagem.....	5
4.1.3 Outras modalidades de preparo do concreto.....	6
4.2 Profissional responsável pelo projeto estrutural.....	6
4.3 Profissional responsável pela execução da obra	6
4.4 Responsável pelo recebimento do concreto.....	6
5 Requisitos para o concreto e métodos de verificação	7
5.1 Requisitos básicos	7
5.1.1 Requisitos para os materiais componentes do concreto	7
5.1.2 Requisitos básicos para o concreto.....	7
5.2 Requisitos e condições de durabilidade da construção	8
5.2.1 Exigências de durabilidade	8
5.2.2 Condições de exposição da estrutura.....	8
5.3 Armazenamento dos materiais componentes do concreto	11
5.3.1 Cimento	12
5.3.2 Agregados	12
5.3.3 Água.....	12
5.3.4 Aditivos.....	12
5.3.5 Sílica ativa e metacaulim	13
5.4 Medida dos materiais e do concreto	13
5.5 Mistura	13
5.5.1 Em betoneira estacionária.....	13
5.5.2 Em caminhão-betoneira	13
5.6 Estudo de dosagem do concreto.....	14
5.6.1 Dosagem racional e experimental	14
5.6.2 Dosagem empírica.....	14
5.6.3 Cálculo da resistência de dosagem.....	14
5.7 Ajuste e comprovação do traço	15
5.7.1 Procedimento.....	15
6 Ensaios de controle de aceitação.....	15
6.1 Ensaio de consistência	16
6.2 Ensaios de resistência à compressão.....	16
6.2.1 Formação de lotes.....	16
6.2.2 Amostragem.....	16
6.2.3 Tipos de controle da resistência do concreto.....	16
6.2.4 Aceitação ou rejeição dos lotes de concreto	18
7 Recebimento do concreto	18

Prefácio

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o Fórum Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB), dos Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS) e das Comissões de Estudo Especiais Temporárias (ABNT/CEET), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas por representantes dos setores envolvidos, delas fazendo parte: produtores, consumidores e neutros (universidades, laboratórios e outros).

A ABNT NBR 12655 foi elaborada no Comitê Brasileiro de Cimento, Concreto e Agregados (ABNT/CB-18), pela Comissão de Estudo de Controle de Qualidade do Concreto (CE-18:305.01). O Projeto circulou em Consulta Nacional conforme Edital nº 11, de 30.11.2005, com o número de Projeto ABNT NBR 12655.

Esta segunda edição cancela e substitui a edição anterior (ABNT NBR 12655:1996), a qual foi tecnicamente revisada.



Concreto de cimento Portland — Preparo, controle e recebimento — Procedimento

1 Objetivo

Esta Norma é aplicável a concreto de cimento Portland para estruturas moldadas na obra, estruturas pré-moldadas e componentes estruturais pré-fabricados para edificações e estruturas de engenharia.

O concreto pode ser misturado na obra, pré-misturado ou produzido em usina de pré-moldados.

Esta Norma especifica requisitos para:

- a) propriedades do concreto fresco e endurecido e suas verificações;
- b) composição, preparo e controle do concreto;
- c) recebimento do concreto.

Esta Norma se aplica a concretos normais, pesados e leves.

Esta Norma não se aplica a concreto-massa, concretos aerados, espumosos e com estrutura aberta (sem finos).

Exigências adicionais, estabelecidas em normas nacionais vigentes, podem ser necessárias para:

- a) estruturas especiais, como certos viadutos, vasos sob pressão para usinas nucleares, estruturas marítimas e estradas;
- b) uso de outros materiais (como fibras);
- c) tecnologias especiais (processos de produção) ou tecnologias inovadoras no processo de construção;
- d) concreto leve;
- e) concreto projetado.

2 Referências normativas

As normas relacionadas a seguir contêm disposições que, ao serem citadas neste texto, constituem prescrições para esta Norma. As edições indicadas estavam em vigor no momento desta publicação. Como toda norma está sujeita a revisão, recomenda-se àqueles que realizam acordos com base nesta que verifiquem a conveniência de se usarem as edições mais recentes das normas citadas a seguir. A ABNT possui a informação das normas em vigor em um dado momento.

ABNT NBR 5732:1991 – Cimento Portland comum – Especificação

ABNT NBR 12655:2006

ABNT NBR 5733:1991 – Cimento Portland de alta resistência inicial – Especificação

ABNT NBR 5735:1991 – Cimento Portland de alto-forno – Especificação

ABNT NBR 5736:1991 – Cimento Portland pozolânico – Especificação

ABNT NBR 5737:1992 – Cimentos Portland resistentes a sulfatos – Especificação

ABNT NBR 5738:2003 – Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova

ABNT NBR 5739:1994 – Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos – Método de ensaio

ABNT NBR 6118:2003 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento

ABNT NBR 7211:2005 – Agregados para concreto – Especificação

ABNT NBR 7212:1984 – Execução de concreto dosado em central – Especificação

ABNT NBR 8953:1992 – Concreto para fins estruturais – Classificação por grupos de resistência – Classificação

ABNT NBR 9833:1987 – Concreto fresco - Determinação da massa específica e do teor de ar pelo método gravimétrico

ABNT NBR 11578:1991 – Cimento Portland composto – Especificação

ABNT NBR 11768:1992 – Aditivos para concreto de cimento Portland – Especificação

ABNT NBR 12654:1992 – Controle tecnológico de materiais componentes do concreto – Procedimento

ABNT NBR 12989:1993 – Cimento Portland branco – Especificação

ABNT NBR 13116:1994 – Cimento Portland de baixo calor de hidratação – Especificação

ABNT NBR NM 33:1998 – Concreto – Amostragem de concreto fresco

ABNT NBR NM 67:1998 – Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone

ABNT NBR NM 68:1998 – Concreto – Determinação da consistência pelo espalhamento na mesa de Graff

ASTM C 1218:1997 – Test method for water-soluble chloride in mortar and concrete.

3 Definições

3.1.1 Para os efeitos desta Norma, aplicam-se as seguintes definições:

3.1 Definições de termos técnicos

3.1.1 concreto de cimento Portland: Material formado pela mistura homogênea de cimento, agregados miúdo e graúdo e água, com ou sem a incorporação de componentes minoritários (aditivos químicos, metacaulim ou sílica ativa), que desenvolve suas propriedades pelo endurecimento da pasta de cimento (cimento e água). Para os efeitos desta Norma, o termo “concreto” se refere sempre a “concreto de cimento Portland”.

3.1.2 concreto fresco: Concreto que está completamente misturado e que ainda se encontra em estado plástico, capaz de ser adensado por um método escolhido.

3.1.3 concreto endurecido: Concreto que se encontra no estado sólido e que desenvolveu resistência mecânica.

3.1.4 concreto preparado pelo executante da obra: Quando o ajuste e a comprovação do traço, além da elaboração do concreto, são realizados no canteiro de obras pelo usuário.

3.1.5 elemento pré-moldado de concreto: Produto de concreto moldado e curado em local que não aquele de uso final.

3.1.6 concreto normal: Concreto endurecido que, quando seco em estufa, apresenta massa específica maior do que $2\ 000\ \text{kg/m}^3$, mas não excede $2\ 800\ \text{kg/m}^3$.

3.1.7 concreto leve: Concreto endurecido que, quando seco em estufa, apresenta massa específica não menor que $800\ \text{kg/m}^3$, mas que não excede $2\ 000\ \text{kg/m}^3$.

3.1.8 concreto pesado: Concreto endurecido que, quando seco em estufa, apresenta massa específica maior do que $2\ 800\ \text{kg/m}^3$.

3.1.9 concreto de alta resistência: Concreto com classe de resistência à compressão maior do que C50, de acordo com a ABNT NBR 8953.

3.1.10 concreto dosado em central: Concreto dosado, misturado em equipamento estacionário ou em caminhão-betoneira, transportado por caminhão-betoneira ou outro tipo de equipamento, dotado ou não de dispositivo de agitação, para entrega antes do início de pega do concreto, em local e tempo determinados, para que se processem as operações subseqüentes à entrega, necessárias à obtenção de um concreto endurecido com as propriedades especificadas.

3.1.11 concreto prescrito: Concreto cuja composição e materiais constituintes são definidos pelo usuário.

3.1.12 família de concreto: Grupo de traços de concreto para o qual uma relação confiável entre propriedades relevantes é estabelecida e documentada. Normalmente uma família de concreto deve compreender concretos preparados em uma mesma central, que apresentem consistência dentro de um mesmo intervalo, elaborados com cimento de mesmo tipo e classe de resistência e proveniente de um único fabricante e de uma única fábrica, contendo agregados de uma mesma origem geológica, tipo e dimensões. Se aditivos químicos, metacaulim ou sílica ativa forem usados, as novas composições do concreto podem formar famílias separadas.

3.1.13 metro cúbico de concreto: Quantidade de concreto fresco que, quando adensado de acordo com com a energia indicada na ABNT NBR 9833, ocupa o volume de $1\ \text{m}^3$.

3.1.14 caminhão-betoneira: Veículo dotado de dispositivo que efetua a mistura do concreto e mantém sua homogeneidade por simples agitação.

3.1.15 equipamento dotado de agitação: Veículo autopropelido que permite manter a homogeneidade do concreto durante o transporte e a descarga, dotado de dispositivo de agitação para isto.

3.1.16 equipamento não dotado de agitação: Veículo não dotado de dispositivo de agitação, que pode ser utilizado somente para o transporte de concretos não segregáveis.

3.1.17 betonada: Menor quantidade de concreto dosado e misturado, que pode ser considerada como unidade de elaboração.

3.1.18 aditivo: Material adicionado durante o processo de mistura do concreto em pequenas quantidades (geralmente inferior a 5%), proporcionais à massa de cimento, para modificar as propriedades do concreto fresco ou endurecido.

3.1.19 agregado: Material sem forma ou volume definido, geralmente inerte, de dimensões e propriedades adequadas para o preparo de argamassa e concreto.

3.1.20 agregado leve: Agregado de baixa massa específica ($\leq 1\ 800\ \text{kg/m}^3$), como, por exemplo, os agregados expandidos de argila, escória siderúrgica, vermiculita, ardósia, resíduos de esgoto sinterizado e outros.

3.1.21 agregado denso ou pesado: Agregado de elevada massa específica ($\geq 3\ 000\ \text{kg/m}^3$), como, por exemplo, barita, magnetita, limonita e hematita.

3.1.22 cimento Portland: Aglomerante hidráulico obtido pela moagem de clínquer Portland, ao qual se adiciona, durante essa operação, a quantidade necessária de uma ou mais formas de sulfato de cálcio. Durante a moagem é permitido adicionar a essa mistura materiais pozolânicos, escórias granuladas de alto-forno e/ou materiais carbonáticos, nos teores indicados nas normas específicas.

3.1.23 conteúdo efetivo de água: Diferença entre a água total presente no concreto fresco e a água absorvida pelos agregados.

3.1.24 relação água/cimento: Relação em massa entre o conteúdo efetivo de água e o conteúdo de cimento Portland.

3.1.25 resistência característica à compressão do concreto (f_{ck}): Valor de resistência à compressão acima do qual se espera ter 95% de todos os resultados possíveis de ensaio da amostragem feita conforme 6.2.2.

3.1.26 resistência média à compressão do concreto (f_{cmj}): Corresponde ao valor da resistência média à compressão do concreto, a j dias. Quando não for indicada a idade, refere-se a $j = 28$ dias.

3.1.27 ar incorporado: Bolhas de ar microscópicas incorporadas intencionalmente no concreto durante a mistura, geralmente pelo uso de aditivos.

3.1.28 ar aprisionado: Vazios de ar não intencionalmente introduzidos no concreto.

3.1.29 traço ou composição: Expressão das quantidades, em massa ou volume, dos vários componentes do concreto (geralmente referido ao cimento). O traço também pode ser expresso em quantidades de materiais por metro cúbico de concreto.

3.1.30 estudo de dosagem: Conjunto de procedimentos necessários à obtenção do traço do concreto para atendimento dos requisitos especificados pelo projeto estrutural e pelas condições da obra.

3.1.31 dosagem; proporcionamento: Medida dos materiais componentes do concreto para produção do volume desejado.

3.1.32 etapas de preparo do concreto: As etapas de preparo do concreto são as seguintes:

- a) caracterização dos materiais componentes do concreto;
- b) estudo de dosagem do concreto;
- c) ajuste e comprovação do traço de concreto;
- d) elaboração do concreto.

3.1.33 elaboração do concreto: Operações iniciadas com o recebimento e o armazenamento dos materiais, sua medida e mistura, bem como verificação das quantidades utilizadas destes materiais. Esta verificação tem por finalidade comprovar que o proporcionamento dos materiais atende ao traço especificado e deve ser feita no mínimo uma vez ao dia, ou quando houver alteração do traço.

3.1.34 empresa de serviços de concretagem: Empresa responsável pelo preparo do concreto e seu transporte, da central até o local de entrega, de acordo com o estabelecido em contrato.

3.1.35 central de concreto: Instalações onde se efetuam as dosagens e, conforme o caso, a mistura do concreto, de acordo com esta Norma.

3.1.36 lote de concreto: Volume definido de concreto (ver tabela 7), elaborado e aplicado sob condições uniformes (mesma classe, mesma família, mesmos procedimentos e mesmo equipamento).

3.1.37 amostra de concreto: Volume de concreto retirado do lote com o objetivo de fornecer informações, mediante realização de ensaios, sobre a conformidade deste lote, para fins de aceitação.

3.1.38 exemplar: Elemento da amostra constituído por dois corpos-de-prova da mesma betonada, moldados no mesmo ato, para cada idade de rompimento.

3.2 Definições das responsabilidades

3.2.1 aceitação do concreto: Exame sistemático do concreto, de acordo com esta Norma, de modo a verificar se atende às especificações.

3.2.2 aceitação do concreto fresco: Verificação da conformidade das propriedades especificadas para o estado fresco, efetuada durante a descarga da betoneira.

3.2.3 aceitação definitiva do concreto: Verificação do atendimento a todos os requisitos especificados para o concreto.

3.2.4 recebimento do concreto: Verificação do cumprimento desta Norma, através da análise e aprovação da documentação correspondente, no que diz respeito às etapas de preparo do concreto e sua aceitação.

4 Atribuições de responsabilidades

O concreto para fins estruturais deve ter definidas todas as características e propriedades de maneira explícita, antes do início das operações de concretagem. O proprietário da obra e o responsável técnico por ele designado devem garantir o cumprimento desta Norma e manter documentação que comprove a qualidade do concreto conforme descrito em 4.4.

4.1 Modalidade de preparo do concreto

Para o concreto destinado às estruturas, são previstas as modalidades de preparo descritas em 4.1.1 a 4.1.3.

4.1.1 Concreto preparado pelo executante da obra

As etapas de preparo citadas em 3.1.32 são realizadas pelo executante da obra, cujas responsabilidades estão definidas em 4.3.

4.1.2 Concreto preparado por empresa de serviços de concretagem

A central deve assumir a responsabilidade pelo serviço e cumprir as prescrições relativas às etapas de preparo do concreto (ver 3.1.32), bem como as disposições desta Norma e da ABNT NBR 7212. A documentação relativa ao cumprimento destas prescrições e disposições deve ser disponibilizada para o responsável pela obra e arquivada na empresa de serviços de concretagem, sendo preservada durante o prazo previsto na legislação vigente.

4.1.3 Outras modalidades de preparo do concreto

Quando as etapas de preparo do concreto (ver 3.1.32) forem realizadas de maneira diferente das definidas em 4.1.1 e 4.1.2, as responsabilidades devem ser claramente estabelecidas em contrato entre as partes.

NOTA Um exemplo deste caso ocorre quando a mistura e o transporte do concreto são realizados por empresa de serviços de concretagem, sendo o estudo de dosagem ou a escolha dos materiais indicada por pessoa legalmente qualificada.

4.2 Profissional responsável pelo projeto estrutural

Cabem a este profissional as seguintes responsabilidades, a serem explicitadas nos contratos e em todos os desenhos e memórias que descrevem o projeto tecnicamente, com remissão explícita para determinado desenho ou folha da memória:

- a) registro da resistência característica à compressão do concreto, f_{ck} , obrigatória em todos os desenhos e memórias que descrevem o projeto tecnicamente;
- b) especificação de f_{cj} para as etapas construtivas, como retirada de cimbramento, aplicação de protensão ou manuseio de pré-moldados;
- c) especificação dos requisitos correspondentes à durabilidade da estrutura e elementos pré-moldados, durante sua vida útil, inclusive da classe de agressividade adotada em projeto (tabelas 1 e 2);
- d) especificação dos requisitos correspondentes às propriedades especiais do concreto, durante a fase construtiva e vida útil da estrutura, tais como:
 - módulo de deformação mínimo na idade de desforma, movimentação de elementos pré-moldados ou aplicação da protensão;
 - outras propriedades necessárias à estabilidade e à durabilidade da estrutura.

4.3 Profissional responsável pela execução da obra

Ao profissional responsável pela execução da obra de concreto cabem as seguintes responsabilidades:

- a) escolha da modalidade de preparo do concreto (ver 4.1);
- b) escolha do tipo de concreto a ser empregado e sua consistência, dimensão máxima do agregado e demais propriedades, de acordo com o projeto e com as condições de aplicação;
- c) atendimento a todos os requisitos de projeto, inclusive quanto à escolha dos materiais a serem empregados;
- d) aceitação do concreto, definida em 3.2.1, 3.2.2 e 3.2.3;
- e) cuidados requeridos pelo processo construtivo e pela retirada do escoramento, levando em consideração as peculiaridades dos materiais (em particular do cimento) e as condições de temperatura ambiente;
- f) verificação do atendimento a todos os requisitos desta Norma.

4.4 Responsável pelo recebimento do concreto

Os responsáveis pelo recebimento do concreto (3.2.4) são o proprietário da obra e o responsável técnico pela obra, designado pelo proprietário. A documentação comprobatória do cumprimento desta Norma (relatório de ensaios, laudos e outros) deve estar disponível no canteiro de obra, durante toda a construção, e deve ser arquivada e preservada pelo prazo previsto na legislação vigente, salvo o disposto em 4.1.2.

5 Requisitos para o concreto e métodos de verificação

5.1 Requisitos básicos

5.1.1 Requisitos para os materiais componentes do concreto

5.1.1.1 Generalidades

Os materiais componentes do concreto (ver 3.1.1) não devem conter substâncias prejudiciais em quantidades que possam comprometer a durabilidade do concreto ou causar corrosão da armadura e devem ser adequados para o uso pretendido do concreto.

5.1.1.2 Especificações e métodos de verificação

O controle tecnológico dos materiais componentes do concreto deve ser realizado de acordo com o que define a ABNT NBR 12654.

5.1.2 Requisitos básicos para o concreto

5.1.2.1 Generalidades

A composição do concreto e a escolha dos materiais componentes devem satisfazer as exigências estabelecidas nesta Norma, para concreto fresco e endurecido, observando: consistência, massa específica, resistência, durabilidade, proteção das barras de aço quanto à corrosão e o sistema construtivo escolhido para a obra.

O concreto deve ser dosado a fim de minimizar sua segregação no estado fresco, levando-se em consideração as operações de mistura, transporte, lançamento e adensamento.

NOTA As propriedades exigidas para o concreto, em uma estrutura, são geralmente alcançadas se certos procedimentos de execução do concreto fresco no local de uso forem seguidos. Assim, além dos requisitos definidos nesta Norma, outros requisitos com relação à mistura, transporte, lançamento, adensamento, cura e tratamentos especiais podem ser necessários antes da especificação do concreto. Muitos desses requisitos são frequentemente independentes. Se todos esses requisitos forem satisfeitos, algumas diferenças na qualidades do concreto entre o que realmente existe na estrutura e os resultados obtidos pelos métodos de ensaio normalizados são adequadamente cobertas pelos coeficientes de segurança.

5.1.2.2 Cimento Portland

O cimento Portland deve cumprir, conforme seu tipo e classe, com os requisitos constantes nas ABNT NBR 5732, ABNT NBR 5733, ABNT NBR 5735, ABNT NBR 5736, ABNT NBR 5737, ABNT NBR 11578, ABNT NBR 12989 ou ABNT NBR 13116.

O tipo de cimento deve ser especificado levando-se em consideração detalhes arquitetônicos e executivos, a aplicação do concreto, o calor de hidratação do cimento, as condições de cura, as dimensões da estrutura e as condições de exposição naturais ou peculiares de trabalho da estrutura.

5.1.2.3 Agregados

5.1.2.3.1 Especificação

Todos os agregados usados em concreto de cimento Portland devem cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 7211.

5.1.2.3.2 Agregados recuperados

Agregados de concreto fresco recuperados por lavagem podem ser usados como agregado para concreto se forem do mesmo tipo que o agregado primário desse mesmo concreto.

Agregados recuperados não subdivididos quanto à sua granulometria não devem ser adicionados em quantidades maiores do que 5% do total de agregados no concreto.

Quantidades superiores a 5% podem ser adicionadas somente se o agregado recuperado for classificado e separado nas diferentes frações e se atender aos requisitos da ABNT NBR 7211.

5.1.2.3.3 Reatividade com álcalis

Quando os agregados contiverem variedades de sílica suscetíveis ao ataque de álcalis (NaOH e KOH) originários do cimento ou de outras fontes, e se o concreto estiver exposto a condições de umidade, precauções especiais na escolha dos componentes devem ser tomadas. Precauções adicionais empregadas no local de uso do concreto devem ser seguidas, considerando o que estabelece a ABNT NBR 7211 e a experiência anterior com a combinação específica de cimento e agregados.

5.1.2.4 Aditivos

Os aditivos utilizados em concreto de cimento Portland devem cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 11768.

A quantidade total de aditivos, quando utilizados, não deve exceder a dosagem máxima recomendada pelo fabricante. A influência da elevada dosagem de aditivos no desempenho e na durabilidade do concreto deve ser considerada.

Para o uso de aditivos em quantidades menores do que 2 g/kg de cimento, exige-se que este seja disperso em parte da água de amassamento.

Se o total líquido contido no aditivo exceder $3 \text{ dm}^3/\text{m}^3$ de concreto, seu conteúdo de água deve ser considerado no cálculo da relação água/cimento.

Quando se usarem simultaneamente dois ou mais aditivos, a compatibilidade entre eles deve ser verificada em ensaios prévios em laboratório.

5.2 Requisitos e condições de durabilidade da construção

5.2.1 Exigências de durabilidade

As estruturas de concreto devem ser projetadas e construídas de modo que, sob as condições ambientais previstas na época do projeto e quando utilizadas conforme preconizado em projeto, apresentem segurança, estabilidade e aptidão em serviço durante o período correspondente à sua vida útil, de acordo com o que estabelece a ABNT NBR 6118.

5.2.2 Condições de exposição da estrutura

De acordo com a ABNT NBR 6118, a agressividade ambiental é classificada de acordo com o apresentado na tabela 1 nos projetos das estruturas correntes.

Tabela 1 — Classes de agressividade ambiental

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana ^{1), 2)}	Pequeno
III	Forte	Marinha ¹⁾	Grande
		Industrial ^{1), 2)}	
IV	Muito forte	Industrial ^{1), 3)}	Elevado
		Respingos de maré	

¹⁾ Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

²⁾ Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade relativa do ar menor ou igual a 65%, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos, ou regiões onde chove raramente.

³⁾ Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes e indústrias químicas.

5.2.2.1 Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto

Atendidos os critérios de projeto estabelecidos na ABNT NBR 6118, a durabilidade das estruturas é altamente dependente das características do concreto.

Ensaio comprobatório do desempenho da durabilidade da estrutura frente ao tipo e ao nível de agressividade previsto em projeto devem estabelecer os parâmetros mínimos a serem atendidos. Na falta desses e devido à existência de uma forte correspondência entre a relação água/cimento, a resistência à compressão do concreto e sua durabilidade, permite-se adotar os requisitos mínimos expressos na tabela 2.

Os requisitos da tabela 2 são válidos para concretos executados com cimento Portland que atenda, conforme seu tipo e classe, às especificações das ABNT NBR 5732, ABNT NBR 5733, ABNT NBR 5735, ABNT NBR 5736, ABNT NBR 5737, ABNT NBR 11578, ABNT NBR 12989 e ABNT NBR 13116, com consumos mínimos de cimento por metro cúbico de concreto de acordo com a tabela 2.

Tabela 2 — Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto

Concreto	Tipo	Classe de agressividade (Tabela 1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	≤ 0,65	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,45
	CP	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,50	≤ 0,45
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	≥ C20	≥ C25	≥ C30	≥ C40
	CP	≥ C25	≥ C30	≥ C35	≥ C40
Consumo de cimento por metro cúbico de concreto kg/m ³	CA e CP	≥ 260	≥ 280	≥ 320	≥ 360

NOTA CA Componentes e elementos estruturais de concreto armado; CP Componentes e elementos estruturais de concreto protendido.

5.2.2.2 Condições especiais de exposição

Para condições especiais de exposição, devem ser atendidos os requisitos mínimos de durabilidade expressos na tabela 3 para a máxima relação água/cimento e a mínima resistência característica.

Tabela 3 — Requisitos para o concreto, em condições especiais de exposição

Condições de exposição	Máxima relação água/cimento, em massa, para concreto com agregado normal	Mínimo valor de f_{ck} (para concreto com agregado normal ou leve) MPa
Condições em que é necessário um concreto de baixa permeabilidade à água	0,50	35
Exposição a processos de congelamento e descongelamento em condições de umidade ou a agentes químicos de degelo	0,45	40
Exposição a cloretos provenientes de agentes químicos de degelo, sais, água salgada, água do mar, ou respingos ou borrifação desses agentes	0,40	45

5.2.2.3 Sulfatos

Concretos expostos a solos ou soluções contendo sulfatos devem ser preparados com cimento resistente a sulfatos de acordo com a ABNT NBR 5737 e atender ao que estabelece a tabela 4, no que se refere à relação água/cimento e à resistência característica à compressão do concreto (f_{ck}).

Tabela 4 — Requisitos para concreto exposto a soluções contendo sulfatos

Condições de exposição em função da agressividade	Sulfato solúvel em água (SO ₄) presente no solo % em massa	Sulfato solúvel (SO ₄) presente na água ppm	Máxima relação água/cimento, em massa, para concreto com agregado normal*	Mínimo f_{ck} (para concreto com agregado normal ou leve) MPa
Fraca	0,00 a 0,10	0 a 150	--	--
Moderada**	0,10 a 0,20	150 a 1 500	0,50	35
Severa***	Acima de 0,20	Acima de 1 500	0,45	40

*Baixa relação água/cimento ou elevada resistência podem ser necessárias para a obtenção de baixa permeabilidade do concreto ou proteção contra a corrosão da armadura ou proteção a processos de congelamento e degelo.

**Água do mar.

***Para condições severas de agressividade, devem ser obrigatoriamente usados cimentos resistentes a sulfatos.

5.2.2.4 Cloretos

De forma a proteger as armaduras do concreto, o valor máximo da concentração de íons cloreto no concreto endurecido, considerando a contribuição de todos os componentes do concreto no aporte de cloretos, não deve exceder os limites estabelecidos na tabela 5. Quando forem realizados ensaios para determinação do teor de íons cloreto solúveis em água, deve ser seguido o procedimento da ASTM C 1218.

Tabela 5 — Teor máximo de íons cloreto para proteção das armaduras do concreto

Tipo de estrutura	Teor máximo de íons cloreto (Cl ⁻) no concreto % sobre a massa de cimento
Concreto protendido	0,05
Concreto armado exposto a cloretos nas condições de serviço da estrutura	0,15
Concreto armado em condições de exposição não severas (seco ou protegido da umidade nas condições de serviço da estrutura)	0,40
Outros tipos de construção com concreto armado	0,30

Se um concreto com armadura for exposto a cloretos provenientes de agentes químicos de degelo, sal, água salgada, água do mar ou respingos ou borrifação desses três agentes, os requisitos da tabela 3 para a relação água/cimento e a resistência característica à compressão do concreto devem ser satisfeitos.

Não é permitido o uso de aditivos contendo cloretos em sua composição em estruturas de concreto armado ou protendido.

5.3 Armazenamento dos materiais componentes do concreto

Os materiais componentes do concreto, identificados em 5.3.1 a 5.3.5, devem permanecer armazenados na obra ou na central de dosagem, separados fisicamente desde o instante do recebimento até a mistura. Cada um dos componentes deve estar completamente identificado durante o armazenamento, no que diz respeito à classe ou à graduação de cada procedência. Os documentos que comprovam a origem e as características dos materiais devem permanecer arquivados, conforme legislação vigente.

5.3.1 Cimento

Cada cimento deve ser armazenado separadamente, de acordo com a marca, tipo e classe, conforme as recomendações a seguir.

O cimento fornecido em sacos deve ser guardado em pilhas, em local fechado, protegido da ação de chuva, névoa ou condensação. Cada lote recebido numa mesma data deve ser armazenado em pilhas separadas e individualizadas.

As pilhas devem estar separadas por corredores que permitam o acesso e os sacos devem ficar apoiados sobre estrado ou paletes de madeira, para evitar o contato direto com o piso.

Os sacos devem ser empilhados em altura de no máximo 15 unidades, quando ficarem retidos por período inferior a 15 dias, ou em altura de no máximo 10 unidades, quando permanecerem por período mais longo.

O cimento fornecido a granel deve ser estocado em silo estanque, provido de respiradouro com filtro para reter poeira, tubulação de carga e descarga e janela de inspeção.

Cada silo deve estar munido de uma identificação com o registro de tipo, classe e marca de cimento contido, e sua configuração interna deve ser tal que induza o fluxo desimpedido do cimento até a boca de descarga, sem gerar áreas mortas.

5.3.2 Agregados

Os agregados devem ser armazenados separadamente em função da sua graduação granulométrica, de acordo com as classificações indicadas na ABNT NBR 7211. Não deve haver contato físico direto entre as diferentes graduações. Cada fração granulométrica deve ficar sobre uma base que permita escoar a água livre de modo a eliminá-la.

O depósito destinado ao armazenamento dos agregados deve ser construído de maneira tal que evite o contato com o solo e impeça a contaminação com outros sólidos ou líquidos prejudiciais ao concreto.

5.3.3 Água

A água destinada ao amassamento do concreto deve ser armazenada em caixas estanques e tampadas, de modo a evitar a contaminação por substâncias estranhas.

5.3.4 Aditivos

Os aditivos devem ser armazenados, até o instante do seu uso, nas embalagens originais ou em local que atenda às especificações do fabricante.

Os aditivos líquidos, no instante de seu uso, quando não forem utilizados em sua embalagem original, devem ser transferidos para um recipiente estanque, não sujeito à corrosão, protegido contra contaminantes ambientais e provido de agitador, de forma a impedir a decantação dos sólidos.

O aditivo líquido, quando utilizado diretamente de sua embalagem original, deve ser homogeneizado energeticamente, de forma a impedir a decantação dos sólidos contidos no aditivo, uma vez por dia e imediatamente antes de seu uso, ou deve ser submetido ao procedimento recomendado pelo fabricante.

O recipiente para o armazenamento de aditivos deve estar munido de uma identificação contendo:

- a) marca;
- b) lote;
- c) tipo do produto;

- d) data de fabricação;
- e) prazo de validade.

5.3.5 Sílica ativa e metacaulim

Devem ser identificados e armazenados separadamente.

5.4 Medida dos materiais e do concreto

A base de medida do concreto para o estabelecimento da sua composição, da sua requisição comercial ou fixação do seu volume é o metro cúbico de concreto no estado fresco adensado.

A medida volumétrica dos agregados somente é permitida para os concretos preparados no próprio canteiro de obras, cumpridas as demais prescrições desta Norma.

Os materiais para concreto de classe C25 e superiores, de acordo com a ABNT NBR 8953, devem ser medidos em massa, ou em massa combinada com volume. Por massa combinada com volume, entende-se que o cimento seja sempre medido em massa e que o canteiro deva dispor de meios que permitam a confiável e prática conversão de massa para volume de agregados, levando em conta a umidade da areia.

Sílica ativa e metacaulim devem ser sempre medidos em massa.

Para concreto proporcionado em massa, deve ser atendido o disposto na ABNT NBR 7212, no que diz respeito aos equipamentos e à medida dos materiais.

5.5 Mistura

Os componentes do concreto, medidos de acordo com o indicado em 5.4, devem ser misturados até formar uma massa homogênea. Esta operação pode ser executada na obra, na central de concreto ou em caminhão-betoneira. O equipamento de mistura utilizado para este fim, bem como sua operação, devem atender às especificações do fabricante quanto à capacidade de carga, velocidade e tempo de mistura.

Quando a mistura for realizada em central de concreto ou em caminhão-betoneira, deve seguir o disposto na ABNT NBR 7212, no que se refere ao equipamento de mistura.

5.5.1 Em betoneira estacionária

O tempo mínimo de mistura em betoneira estacionária é de 60 s, devendo este tempo ser aumentado em 15 s para cada metro cúbico de capacidade nominal da betoneira ou conforme especificação do fabricante. O tempo mínimo de mistura somente pode ser diminuído mediante comprovação da uniformidade.

O concreto retido na betoneira não deve ser maior do que 2% do volume nominal, entendendo-se que este volume independe da consistência do concreto.

5.5.2 Em caminhão-betoneira

Quando os materiais forem misturados em caminhão-betoneira, deve ser obedecido o disposto na ABNT NBR 7212, no que se refere ao equipamento de mistura.

As betoneiras devem ser submetidas à comprovação da uniformidade, sempre que apresentarem, durante a descarga, sinais de heterogeneidade de composição ou consistência, em amostras de concreto coletadas durante os primeiros 20 min de descarga.

O concreto retido na betoneira não deve ser maior do que 2% do volume nominal, entendendo-se que este volume independe da consistência do concreto.

5.6 Estudo de dosagem do concreto

5.6.1 Dosagem racional e experimental

A composição de cada concreto de classe C15 ou superior, a ser utilizado na obra, deve ser definida, em dosagem racional e experimental, com a devida antecedência em relação ao início da concretagem da obra. O estudo de dosagem deve ser realizado com os mesmos materiais e condições semelhantes àquelas da obra, tendo em vista as prescrições do projeto e as condições de execução.

O cálculo da dosagem do concreto deve ser feito cada vez que for prevista uma mudança de marca, tipo ou classe do cimento, na procedência e qualidade dos agregados e demais materiais.

5.6.2 Dosagem empírica

O traço de concreto pode ser estabelecido empiricamente para o concreto da classe C10, com consumo mínimo de 300 kg de cimento por metro cúbico.

5.6.3 Cálculo da resistência de dosagem

A resistência de dosagem deve atender às condições de variabilidade prevalescentes durante a construção. Esta variabilidade medida pelo desvio-padrão, s_d , é levada em conta no cálculo da resistência de dosagem, segundo a equação:

$$f_{cj} = f_{ck} + 1,65 s_d$$

onde:

f_{cj} é a resistência média do concreto à compressão, prevista para a idade de j dias, em megapascals;

f_{ck} é a resistência característica do concreto à compressão, em megapascals;

s_d é o desvio-padrão da dosagem, em megapascals.

5.6.3.1 Condições de preparo do concreto

O cálculo da resistência de dosagem do concreto depende, entre outras variáveis, das condições de preparo do concreto, definidas a seguir:

- a) condição A (aplicável às classes C10 até C80): o cimento e os agregados são medidos em massa, a água de amassamento é medida em massa ou volume com dispositivo dosador e corrigida em função da umidade dos agregados;
- b) condição B:
 - aplicável às classes C10 até C25: o cimento é medido em massa, a água de amassamento é medida em volume mediante dispositivo dosador e os agregados medidos em massa combinada com volume, de acordo com o exposto em 5.4;
 - aplicável às classes C10 até C20: o cimento é medido em massa, a água de amassamento é medida em volume mediante dispositivo dosador e os agregados medidos em volume. A umidade do agregado miúdo é determinada pelo menos três vezes durante o serviço do mesmo turno de concretagem. O volume de agregado miúdo é corrigido através da curva de inchamento estabelecida especificamente para o material utilizado;

- c) condição C (aplicável apenas aos concretos de classe C10 e C15): o cimento é medido em massa, os agregados são medidos em volume, a água de amassamento é medida em volume e a sua quantidade é corrigida em função da estimativa da umidade dos agregados e da determinação da consistência do concreto, conforme disposto na ABNT NBR NM 67 ou outro método normalizado.

5.6.3.2 Concreto com desvio-padrão conhecido

Quando o concreto for elaborado com os mesmos materiais, mediante equipamentos similares e sob condições equivalentes, o valor numérico do desvio-padrão, s_d , deve ser fixado com no mínimo 20 resultados consecutivos obtidos no intervalo de 30 dias, em período imediatamente anterior. Em nenhum caso o valor de s_d adotado pode ser menor que 2 MPa.

5.6.3.3 Concreto com desvio-padrão desconhecido

No início da obra, ou em qualquer outra circunstância em que não se conheça o valor do desvio-padrão s_d , deve-se adotar para o cálculo da resistência de dosagem o valor apresentado na tabela 6, de acordo com a condição de preparo (ver 5.6.3.1), que deve ser mantida permanentemente durante a construção.

Tabela 6 — Desvio-padrão a ser adotado em função da condição de preparo do concreto

Condição de preparo do concreto	Desvio-padrão MPa
A	4,0
B	5,5
C ¹⁾	7,0

¹⁾ Para a condição de preparo C, e enquanto não se conhece o desvio-padrão, exige-se para os concretos de classe C15 o consumo mínimo de 350 kg de cimento por metro cúbico de concreto.

5.7 Ajuste e comprovação do traço

5.7.1 Procedimento

Antes do início da concretagem, deve-se preparar uma amassada de concreto na obra, para comprovação e eventual ajuste do traço definido no estudo de dosagem. Este procedimento é desnecessário quando se utilizar concreto dosado em central, ou quando já tenham sido elaborados concretos com os mesmos materiais e em condições de execução semelhantes. Todos os resultados de ensaios e registros efetuados no ajuste e comprovação do traço devem ser reunidos à documentação referida em 4.4.

Para concretos de classe até C10, definida na ABNT NBR 8953, deve-se comprovar a consistência, enquanto que para concretos de classe superior à classe C10, deve-se verificar também a sua resistência à compressão.

NOTA Para os fins desta Norma aceita-se que a resistência à compressão seja verificada em função de resultados de ensaios em idades menores que 28 dias, com base em dados extraídos do estudo de dosagem.

6 Ensaios de controle de aceitação

Para cada tipo e classe de concreto a ser colocado numa estrutura, devem ser realizados os ensaios de controle previstos nesta seção, além de ensaios e determinações para o controle das propriedades especiais, conforme previsto em 4.2-d) e 5.2.

6.1 Ensaio de consistência

Devem ser realizados ensaios de consistência pelo abatimento do tronco de cone, conforme a ABNT NBR NM 67 ou pelo espalhamento na mesa de Graff, conforme a ABNT NBR NM 68.

Para o concreto preparado pelo executante da obra (ver 4.1.1), devem ser realizados ensaios de consistência sempre que ocorrerem alterações na umidade dos agregados e nas seguintes situações:

- a) na primeira amassada do dia;
- b) ao reiniciar o preparo após uma interrupção da jornada de concretagem de pelo menos 2 h;
- c) na troca dos operadores;
- d) cada vez que forem moldados corpos-de-prova.

Para o concreto preparado por empresa de serviços de concretagem (ver 4.1.2), devem ser realizados ensaios de consistência a cada betonada.

6.2 Ensaios de resistência à compressão

Os resultados dos ensaios de resistência, conforme a ABNT NBR 5739, realizados em amostras formadas como descrito em 6.2.1 e 6.2.2, devem ser utilizados para aceitação ou rejeição dos lotes.

6.2.1 Formação de lotes

A amostragem do concreto para ensaios de resistência à compressão deve ser feita dividindo-se a estrutura em lotes que atendam a todos os limites da tabela 7. De cada lote deve ser retirada uma amostra, com número de exemplares de acordo com o tipo de controle (ver 6.2.3).

Tabela 7 — Valores para a formação de lotes de concreto

Limites superiores	Solicitação principal dos elementos da estrutura	
	Compressão ou compressão e flexão	Flexão simples
Volume de concreto	50 m ³	100 m ³
Número de andares	1	1
Tempo de concretagem	3 dias de concretagem ¹⁾	

¹⁾ Este período deve estar compreendido no prazo total máximo de 7 dias, que inclui eventuais interrupções para tratamento de juntas.

6.2.2 Amostragem

As amostras devem ser coletadas aleatoriamente durante a operação de concretagem, conforme a ABNT NBR NM 33. Cada exemplar deve ser constituído por dois corpos-de-prova da mesma amassada, conforme a ABNT NBR 5738, para cada idade de rompimento, moldados no mesmo ato. Toma-se como resistência do exemplar o maior dos dois valores obtidos no ensaio do exemplar.

6.2.3 Tipos de controle da resistência do concreto

Consideram-se dois tipos de controle de resistência: o controle estatístico do concreto por amostragem parcial e o controle do concreto por amostragem total. Para cada um destes tipos é prevista uma forma de cálculo do valor estimado da resistência característica, f_{ckest} , dos lotes de concreto.

6.2.3.1 Controle estatístico do concreto por amostragem parcial

Para este tipo de controle, em que são retirados exemplares de algumas betonadas de concreto, as amostras devem ser de no mínimo seis exemplares para os concretos do grupo I (classes até C50, inclusive) e 12 exemplares para os concretos do grupo II (classes superiores a C50), conforme define a ABNT NBR 8953:

- a) para lotes com números de exemplares $6 \leq n < 20$, o valor estimado da resistência característica à compressão (f_{ckest}), na idade especificada, é dado por:

$$f_{ckest} = 2 \frac{f_1 + f_2 + \dots + f_{m-1}}{m-1} - f_m$$

onde:

$m = n/2$. Despreza-se o valor mais alto de n , se for ímpar;

f_1, f_2, \dots, f_m valores das resistências dos exemplares, em ordem crescente.

Não se deve tomar para f_{ckest} valor menor que $\Psi_6 f_1$, adotando-se para Ψ_6 os valores da tabela 8, em função da condição de preparo do concreto e do número de exemplares da amostra, admitindo-se interpolação linear.

- b) para lotes com número de exemplares $n \geq 20$

$$f_{ckest} = f_{cm} - 1,65 s_d$$

onde:

f_{cm} é a resistência média dos exemplares do lote, em megapascals;

s_d é o desvio padrão da amostra de n elementos, calculado com um grau de liberdade a menos $[(n-1)$ no denominador da fórmula], em megapascals.

Tabela 8 — Valores de Ψ_6

Condição de preparo	Número de exemplares (n)										
	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14	≥ 16
A	0,82	0,86	0,89	0,91	0,92	0,94	0,95	0,97	0,99	1,00	1,02
B ou C	0,75	0,80	0,84	0,87	0,89	0,91	0,93	0,96	0,98	1,00	1,02
NOTA	Os valores de n entre 2 e 5 são empregados para os casos excepcionais (ver 6.2.3.3).										

6.2.3.2 Controle do concreto por amostragem total (100%)

Consiste no ensaio de exemplares de cada amassada de concreto e aplica-se a casos especiais, a critério do responsável técnico pela obra (ver 4.4). Neste caso não há limitação para o número de exemplares do lote e o valor estimado da resistência característica é dado por:

a) para $n \leq 20$, $f_{ckest} = f_1$;

b) para $n > 20$, $f_{ckest} = f_{i.}$

onde:

$i = 0,05n$. Quando o valor de i for fracionário, adota-se o número inteiro imediatamente superior.

6.2.3.3 Casos excepcionais

Pode-se dividir a estrutura em lotes correspondentes a no máximo 10 m^3 e amostrá-los com número de exemplares entre 2 e 5. Nestes casos, denominados excepcionais, o valor estimado da resistência característica é dado por:

$$f_{ckest} = \Psi_6 f_1$$

onde:

Ψ_6 é dado pela tabela 8, para os números de exemplares de 2 a 5.

6.2.4 Aceitação ou rejeição dos lotes de concreto

Os lotes de concreto devem ser aceitos, quando o valor estimado da resistência característica, calculado conforme 6.2.3, satisfizer a relação:

$$f_{ckest} \geq f_{ck}$$

7 Recebimento do concreto

O concreto deve ser recebido desde que atendidas todas as condições estabelecidas nesta Norma.

Em caso de existência de não-conformidade, devem ser obedecidos os critérios estabelecidos na ABNT NBR 6118.