

NORMA
BRASILEIRA

ABNT NBR
12655

Terceira edição
15.01.2015

Válida a partir de
15.02.2015

Versão corrigida
06.02.2015

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

*Portland cement concrete — Preparation, control, receipt and acceptance —
Procedure*

Número de referência
ABNT NBR 12655:2015

ABNT
Av. Treze de Maio, 13 - 28º andar
20031-901 - Rio de Janeiro - RJ
Tel.: + 55 21 3974-2300
Fax: + 55 21 3974-2346
abnt@abnt.org.br
www.abnt.org.br

Sumário

Página

Prefácio	v
1 Escopo	1
2 Referências normativas	1
3 Termos e definições	3
4 Atribuições de incumbências	7
4.1 Modalidade de preparo do concreto	7
4.1.1 Concreto preparado pelo construtor da obra.....	7
4.1.2 Concreto preparado por empresa de serviços de concretagem	7
4.1.3 Outras modalidades de preparo do concreto.....	8
4.2 Profissional responsável pelo projeto estrutural.....	8
4.3 Profissional responsável pela execução da obra	8
4.4 Responsável pelo recebimento e pela aceitação do concreto	9
5 Requisitos para o concreto e métodos de verificação	9
5.1 Requisitos básicos.....	9
5.1.1 Requisitos para os materiais componentes do concreto	9
5.1.2 Requisitos básicos para o concreto.....	9
5.2 Requisitos e condições de durabilidade	11
5.2.1 Exigências de durabilidade	11
5.2.2 Condições de exposição da estrutura	11
5.3 Armazenamento dos materiais componentes do concreto	14
5.3.1 Cimento	14
5.3.2 Agregados.....	14
5.3.3 Água	15
5.3.4 Aditivos	15
5.3.5 Sílica ativa, metacaulim e outros materiais pozolânicos.....	15
5.4 Medida dos materiais e do concreto	15
5.5 Mistura.....	15
5.5.1 Em betoneira estacionária.....	16
5.5.2 Em caminhão-betoneira ou centrais misturadoras.....	16
5.6 Estudo de dosagem do concreto.....	16
5.6.1 Dosagem racional e experimental	16
5.6.2 Dosagem empírica	16
5.6.3 Cálculo da resistência de dosagem	16
5.7 Ajuste e comprovação do traço	17
5.7.1 Procedimento	17
6 Ensaios de controle de recebimento e aceitação	18
6.1 Ensaio de consistência.....	18
6.2 Ensaios de resistência à compressão	18
6.2.1 Formação de lotes.....	18
6.2.2 Amostragem	19
6.2.3 Tipos de controle da resistência do concreto.....	19

6.2.4	Conformidade dos lotes de concreto.....	20
7	Aceitação do concreto.....	20
Anexo A (informativo) Concreto sujeito a meios agressivos (geralmente em elementos enterrados ou em contato com o solo).....		21
Bibliografia.....		23

Tabelas

Tabela 1	– Classes de agressividade ambiental.....	11
Tabela 2	– Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto.....	12
Tabela 3	– Requisitos para o concreto, em condições especiais de exposição	12
Tabela 4	– Requisitos para concreto exposto a soluções contendo sulfatos	13
Tabela 5	– Teor máximo de íons cloreto para proteção das armaduras do concreto	13
Tabela 6	– Desvio-padrão a ser adotado em função da condição de preparo do concreto	17
Tabela 7	– Valores máximos para a formação de lotes de concreto ^a	18
Tabela 8	– Valores de ψ_6	20
Tabela A.1	Características recomendadas para concreto exposto a soluções aquosas agressivas ^a	22

Prefácio

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o Foro 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 (ABNT/CEE), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas pelas partes interessadas no tema objeto da normalização.

Os Documentos Técnicos ABNT são elaborados conforme as regras da Diretiva ABNT, Parte 2.

A ABNT chama a atenção para que, apesar de ter sido solicitada manifestação sobre eventuais direitos de patentes durante a Consulta Nacional, estes podem ocorrer e devem ser comunicados à ABNT a qualquer momento (Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996).

Ressalta-se que Normas Brasileiras podem ser objeto de citação em Regulamentos Técnicos. Nestes casos, os Órgãos responsáveis pelos Regulamentos Técnicos podem determinar outras datas para exigência dos requisitos desta Norma, independentemente de sua data de entrada em vigor.

A ABNT NBR 12655 foi elaborada no Comitê Brasileiro de Cimento, Concreto e Agregados (ABNT/CB-18), pela Comissão de Estudo de Controle da Qualidade do Concreto (CE-18:300.01). O Projeto circulou em Consulta Nacional conforme Edital nº 07, de 14.07.2014 a 12.09.2014, com o número de Projeto ABNT NBR 12655.

Esta Norma cancela e substitui a ABNT NBR 12654:1992.

Esta terceira edição cancela e substitui a edição anterior (ABNT NBR 12655:2006), a qual foi tecnicamente revisada.

Esta versão corrigida da ABNT NBR 12655:2015 incorpora a Errata 1 de 06.02.2015.

O Escopo desta Norma Brasileira em inglês é o seguinte:

Scope

This Standard covers the use of Portland cement concrete for structures cast in the work, precast structures and precast structural components for buildings and engineering structures.

Concrete can be mixed on site, ready-mixed or produced in precast plant.

This Standard establishes the requirements for:

- a) properties of fresh and hardened concrete and their verification;*
- b) composition, preparation and control of concrete;*
- c) receipt and acceptance of the concrete.*

This Standard applies to normal, heavy and light concrete.

This Standard does not apply to mass concrete, aerated and foamy concrete, and no fines concrete.

Additional requirements found in other existing national standards, may be required to:

- a) special structures, such as some bridges, pressure vessels for nuclear power plants, offshore structures and roads;*

- b) the use of other materials (such as fibers);*
- c) special technologies (production processes) or innovating technologies applied to the construction process;*
- d) lightweight concrete;*
- e) shotcrete;*
- f) precast concrete;*
- g) concrete pavements.*

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

1 Escopo

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 estabelece os requisitos para:

- a) propriedades do concreto fresco e endurecido e suas verificações;
- b) composição, preparo e controle do concreto;
- c) aceitação e 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;
- f) concreto pré-moldado;
- g) pavimentos e pisos de concreto.

2 Referências normativas

Os documentos relacionados a seguir são indispensáveis à aplicação deste documento. Para referências datadas, aplicam-se somente as edições citadas. Para referências não datadas, aplicam-se as edições mais recentes do referido documento (incluindo emendas).

ABNT NBR 5732, *Cimento Portland comum*

ABNT NBR 5733, *Cimento Portland de alta resistência inicial*

ABNT NBR 12655:2015

ABNT NBR 5735, *Cimento Portland de alto-forno*

ABNT NBR 5736, *Cimento Portland pozolânico*

ABNT NBR 5737, *Cimentos Portland resistentes a sulfatos*

ABNT NBR 5738, *Concreto — Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova*

ABNT NBR 5739, *Concreto — Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos*

ABNT NBR 6118, *Projeto de estruturas de concreto — Procedimento*

ABNT NBR 7211, *Agregados para concreto — Especificação*

ABNT NBR 7212, *Execução de concreto dosado em central — Procedimento*

ABNT NBR 7680, *Concreto — Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de concreto*

ABNT NBR 8953, *Concreto para fins estruturais — Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência*

ABNT NBR 9062, *Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado*

ABNT NBR 9778, *Argamassa e concreto endurecidos — Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica*

ABNT NBR 9833, *Concreto fresco — Determinação da massa específica, do rendimento e do teor de ar pelo método gravimétrico*

ABNT NBR 11578, *Cimento Portland composto — Especificação*

ABNT NBR 11768, *Aditivos químicos para concreto de cimento Portland — Requisitos*

ABNT NBR 12653, *Materiais pozolânicos — Requisitos*

ABNT NBR 12989, *Cimento Portland branco — Especificação*

ABNT NBR 13116, *Cimento Portland de baixo calor de hidratação — Especificação*

ABNT NBR 13956-1, *Sílica ativa para uso com cimento Portland em concreto, argamassa e pasta — Parte 1: Requisitos*

ABNT NBR 15577-1, *Agregados — Reatividade álcali-agregado — Parte 1: Guia para avaliação da reatividade potencial e medidas preventivas para uso de agregados em concreto*

ABNT NBR 15823-1, *Concreto auto-adensável — Parte 1: Classificação, controle e aceitação no estado fresco*

ABNT NBR 15823-2, *Concreto auto-adensável — Parte 2: Determinação do espalhamento e do tempo de escoamento — Método do cone de Abrams*

ABNT NBR 15823-3, *Concreto auto-adensável — Parte 3: Determinação da habilidade passante — Método do anel J*

ABNT NBR 15894-1, *Metacaulim para uso com cimento Portland em concreto, argamassa e pasta — Parte 1: Requisitos*

ABNT NBR 15900-1, *Água para amassamento do concreto — Parte 1: Requisitos*

ABNT NBR NM 33, *Concreto — Amostragem de concreto fresco*

ABNT NBR NM 67, *Concreto — Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone*

ASTM C 1218, *Test method for water-soluble chloride in mortar and concrete*

3 Termos e definições

Para os efeitos deste documento, aplicam-se os seguintes termos e definições.

3.1

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, pigmentos, metacaulim, sílica ativa e outros materiais pozolânicos), 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”

3.2

concreto fresco

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

3.3

concreto endurecido

concreto que se encontra no estado sólido e que desenvolveu resistência mecânica

3.4

concreto preparado pelo executante da obra

quando a dosagem e a elaboração do concreto são realizados no canteiro de obras pelo construtor

3.5

elemento pré-moldado

elemento moldado previamente e fora do local de utilização definitiva na estrutura

3.6

elemento pré-fabricado

elemento pré-moldado executado industrialmente, em instalações permanentes de empresa destinada para este fim

3.7

concreto normal (C)

concreto com massa específica seca, determinada acordo com a ABNT NBR 9778, compreendida entre 2 000 kg/m³ e 2 800 kg/m³

3.8

concreto leve (CL)

concreto com massa específica seca, determinada de acordo com a ABNT NBR 9778, inferior a 2 000 kg/m³

3.9

concreto pesado ou denso (CD)

concreto com massa específica seca, determinada de acordo com a ABNT NBR 9778, superior a 2 800 kg/m³

3.10

concreto de alta resistência

concreto com classe de resistência à compressão do grupo II da ABNT NBR 8953 (maior que C50)

3.11

concreto dosado em central

concreto dosado em instalações específicas ou em central instalada no canteiro da obra em conformidade com a ABNT NBR 7212, 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

3.12

concreto prescrito

concreto cuja composição e materiais constituintes são definidos pelo usuário

3.13

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, sílica ativa ou outros materiais pozolânicos forem usados, as novas composições do concreto podem formar famílias separadas

3.14

metro cúbico de concreto

quantidade de concreto fresco que, quando adensado de acordo com a energia indicada na ABNT NBR 9833, ocupa o volume de 1 m³

3.15

caminhão-betoneira

veículo dotado de dispositivo que efetua a mistura do concreto e mantém sua homogeneidade por simples agitação

3.16

equipamento dotado de agitação

veículo autopropelido que permite manter a homogeneidade do concreto durante o transporte e a descarga, sendo, para isso, dotado de dispositivos de agitação, constituídos de eixo com paletas, sistema de lâminas especiais em hélice ou qualquer dispositivo equivalente

3.17

equipamento não dotado de agitação (caminhão basculante)

veículo constituído de uma caçamba, não dotado de dispositivo de agitação, que pode ser utilizado somente para o transporte de concretos não segregáveis

3.18

betonada

menor quantidade de concreto dosado e misturado, que pode ser considerada como uma unidade e tem uma única resistência à compressão

3.19**aditivo para concreto**

produto adicionado durante o processo de preparação do concreto, em quantidade não maior que 5 % da massa de material cimentício contida no concreto, com o objetivo de modificar as propriedades do concreto no estado fresco e/ou no estado endurecido, exceto pigmentos inorgânicos para o preparo de concreto colorido

3.20**agregado**

material granular, geralmente inerte, com dimensões e propriedades adequadas para a preparação de argamassa ou concreto

3.21**agregado leve**

agregado de baixa massa específica ($\leq 2\,000\text{ kg/m}^3$), como, por exemplo, os agregados expandidos de argila, escória siderúrgica, vermiculita, ardósia, resíduos de esgoto sinterizado e outros

3.22**agregado denso ou pesado**

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

3.23**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

3.24**conteúdo efetivo de água**

diferença entre a água total presente no concreto fresco e a água absorvida pelos agregados

3.25**relação água/cimento**

relação em massa entre o conteúdo efetivo de água e o conteúdo de cimento Portland e outros materiais cimentícios

3.26**resistência característica à compressão do concreto (f_{ck})**

valor estabelecido no projeto estrutural, conforme ABNT NBR 6118

3.27**resistência característica à compressão do concreto estimada ($f_{ck,est}$)**

valor obtido estatisticamente a partir de ensaios para estimar a resistência característica do concreto estabelecida no projeto estrutural. Esse valor é calculado por meio de expressões matemáticas distintas em função do tipo adotado de controle estatístico da resistência do concreto

3.28**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

3.29

ar incorporado

bolhas de ar microscópicas incorporadas intencionalmente ao concreto durante a mistura, geralmente pelo uso de aditivos

3.30

ar aprisionado

vazios de ar não intencionalmente introduzidos no concreto

3.31

traço ou composição

quantidades expressas, em massa ou volume, dos vários componentes do concreto. O traço pode ser expresso em quantidades de materiais por metro cúbico de concreto

3.32

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

3.33

dosagem ou proporcionamento

medida dos materiais componentes do concreto para preparo do volume desejado

3.34

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

3.35

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

3.36

empresa de serviços de concretagem

empresa responsável pelos serviços de dosagem e, geralmente, mistura e transporte do concreto, da central até o local de entrega, de acordo com o estabelecido em contrato

3.37

central de concreto

conjunto de instalações onde são realizadas as operações de recebimento, estocagem e dosagem dos materiais componentes do concreto e, conforme o caso, mistura do concreto

3.38**lote de concreto**

volume definido de concreto, elaborado e aplicado sob condições consideradas uniformes (mesma classe, mesma família, mesmos procedimentos e mesmo equipamento)

3.39**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 recebimento e aceitação

3.40**exemplar**

elemento da amostra ou da população (lote) constituído por dois corpos de prova da mesma betonada, moldados no mesmo ato, para cada idade de ensaio

3.41**recebimento do concreto**

verificação da conformidade das propriedades especificadas para o estado fresco, efetuada durante a descarga da betoneira e, no caso do concreto dosado em central, abrange também a aprovação da documentação correspondente ao pedido do concreto

3.42**aceitação do concreto**

verificação do atendimento a todos os requisitos especificados para o concreto

4 Atribuições de incumbências

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 estabelecido em 4.4.

4.1 Modalidade de preparo do concreto

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

4.1.1 Concreto preparado pelo construtor da obra

As etapas de preparo citadas em 3.34 são realizadas pelo construtor da obra, cujas responsabilidades estão definidas em 4.3.

4.1.2 Concreto preparado por empresa de serviços de concretagem

A empresa de serviços de concretagem deve assumir a responsabilidade pelo serviço e cumprir as prescrições relativas às etapas de preparo do concreto (conforme 3.34), 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 cinco anos.

4.1.3 Outras modalidades de preparo do concreto

Quando as etapas de preparo do concreto (conforme 3.34) forem realizadas de maneira diferente das definidas em 4.1.1 e 4.1.2, as responsabilidades devem ser claramente estabelecidas em contato 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 prescritos 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} , obrigatório em todos os desenhos e memórias que descrevem o projeto tecnicamente;
- b) especificação de f_{ckj} 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 (Tabela 1 e 2);
- d) especificação dos requisitos correspondentes às propriedades especiais do concreto, durante a fase construtiva e vida útil 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 (conforme 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) recebimento e aceitação do concreto (conforme 3.41 e 3.42);
- 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) atendimento aos requisitos da ABNT NBR 9062 para a liberação da protensão, da desforma e da movimentação de elementos pré-moldados de concreto;
- g) verificação do atendimento aos requisitos desta Norma pelos respectivos profissionais envolvidos;
- h) efetuar a rastreabilidade do concreto lançado na estrutura.

4.4 Responsável pelo recebimento e pela aceitação do concreto

Os responsáveis pelo recebimento e pela aceitação do concreto 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 e ser arquivada pelo prazo de cinco anos.

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 (conforme 3.1) não podem 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 as respectivas Normas Brasileiras específicas.

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.

5.1.2.2 Cimento Portland

O cimento Portland deve cumprir, conforme seu tipo e classe, com os requisitos constantes das 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 podem 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

Devem ser obedecidos os requisitos da ABNT NBR 15577-1

5.1.2.4 Água

A água utilizada na preparação do concreto deve atender os requisitos da ABNT NBR 15900-1. Está incluída nesta exigência a água utilizada sob a forma de gelo.

5.1.2.5 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 pode 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 dm³/m³ 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.

5.1.2.6 Sílica ativa

Quando utilizada no preparo do concreto, a sílica ativa deve atender aos requisitos da ABNT NBR 13956-1.

5.1.2.7 Metacaulim

Quando utilizado no preparo do concreto, o metacaulim deve atender aos requisitos da ABNT NBR 15894-1.

5.1.2.8 Outros materiais pozolânicos

Podem ser utilizados outros materiais pozolânicos, desde que atendam aos requisitos da ABNT NBR 12653.

5.2 Requisitos e condições de durabilidade

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, de acordo com o que estabelece a ABNT NBR 6118, apresentem segurança, estabilidade e aptidão em serviço durante o período correspondente à sua vida útil de projeto.

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 ^{a, b}	Pequeno
III	Forte	Marinha ^a	Grande
		Industrial ^{a, b}	
IV	Muito forte	Industrial ^{a, c}	Elevado
		Respingos de maré	

^a 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).

^b 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.

^c 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 propriedades 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 preparados 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			
		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 Portland por metro cúbico de concreto kg/m ³	CA e CP	≥ 260	≥ 280	≥ 320	≥ 360

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, por exemplo, em caixas d'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	0,45	40

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 ^a	Mínimo f_{ck} (para concreto com agregado normal ou leve) MPa
Fraca	0,00 a 0,10	0 a 150	Conforme Tabela 2	Conforme Tabela 2
Moderada ^b	0,10 a 0,20	150 a 1 500	0,50	35
Severa ^c	Acima de 0,20	Acima de 1 500	0,45	40

^a 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.

^b A água do mar é considerada para efeito do ataque de sulfatos como condição de agressividade moderada, embora o seu conteúdo de SO₄ seja acima de 1500 ppm, devido ao fato de que a etringita é solubilizada na presença de cloretos.

^c 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 pode 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

Classe de agressividade (5.2.2)	Condições de serviço da estrutura	Teor máximo de íons cloreto (Cl ⁻) no concreto % sobre a massa de cimento
Todas	Concreto protendido	0,05
III e IV	Concreto armado exposto a cloretos nas condições de serviço da estrutura	0,15
II	Concreto armado não exposto a cloretos nas condições de serviço da estrutura	0,30
I	Concreto armado em brandas condições de exposição (seco ou protegido da umidade nas condições de serviço da estrutura)	0,40

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.

5.2.2.5 Outros agentes agressivos

Para estruturas de concreto sujeitas a outros agentes agressivos, recomenda-se seguir as orientações do Anexo A.

5.3 Armazenamento dos materiais componentes do concreto

Os materiais componentes do concreto, conforme 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 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, pelo período de cinco anos.

5.3.1 Cimento

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

O cimento fornecido em sacos deve ser guardado em pilhas, em local fechado, protegido da ação de chuva, névoa ou condensação. Cada lote recebido em uma 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 no canteiro de obras, 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 pode 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 identificação que permita sua rastreabilidade.

5.3.5 Sílica ativa, metacaulim e outros materiais pozolânicos

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 C20 e não estruturais, 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.

Os materiais para concreto de classe C25 e superiores, de acordo com a ABNT NBR 8953, devem ser medidos em massa.

Sílica ativa, metacaulim e outros materiais pozolânicos 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

Devem ser obedecidas as especificações do fabricante.

5.5.2 Em caminhão-betoneira ou centrais misturadoras

Quando os materiais forem misturados em caminhão-betoneira ou central misturadora, deve ser obedecido o disposto na ABNT NBR 7212.

5.6 Estudo de dosagem do concreto

5.6.1 Dosagem racional e experimental

A composição de cada concreto de classe C20 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 às da obra, tendo em vista as prescrições do projeto e as condições de execução.

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

Para concreto auto-adensável, no estudo de dosagem devem ser verificados os requisitos da ABNT NBR 15823-1.

5.6.2 Dosagem empírica

O traço de concreto pode ser estabelecido empiricamente para o concreto das classes C10 e C15, 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:

$$f_{cmj} = f_{ckj} + 1,65 \times s_d$$

onde

f_{cmj} é a resistência média do concreto à compressão, prevista para a idade de j dias, expressa em megapascals (MPa);

f_{ckj} é a resistência característica do concreto à compressão, aos j dias, expressa em megapascals (MPa);

s_d é o desvio-padrão da dosagem, expresso em megapascals (MPa).

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:

- condição A (aplicável a todas as classes de concreto): 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;
- condição B (pode ser aplicada às classes C10 a C20): 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;
- condição C (pode ser aplicada 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 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 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, deve-se adotar para o cálculo da resistência de dosagem o valor apresentado na Tabela 6, de acordo com a condição de preparo (conforme 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	7,0

5.7 Ajuste e comprovação do traço

5.7.1 Procedimento

Antes do início da concretagem, deve-se preparar uma amassada de concreto para comprovação e eventual ajuste do traço definido no estudo de dosagem. Todos os resultados de ensaios e registros efetuados no ajuste e comprovação do traço devem ser reunidos à documentação referida em 4.4.

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 recebimento e aceitação

Para cada tipo e classe de concreto a ser colocado em uma 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 de espalhamento e habilidade passante em fluxo livre, no caso de concreto autoadensável, conforme a ABNT NBR 15823-2 e ABNT NBR 15823-3, respectivamente.

Para o concreto preparado pelo construtor da obra (conforme 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 (conforme 4.1.2), devem ser realizados ensaios de consistência a cada betonada.

No caso de concreto autoadensável, a frequência de realização dos ensaios está estabelecida na ABNT NBR15823-1

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 (conforme 6.2.3).

Tabela 7 – Valores máximos para a formação de lotes de concreto ^a

Identificação (o mais exigente para cada caso)	Solicitação principal dos elementos da estrutura	
	Compressão ou compressão e flexão	Flexão simples ^b
Volume de concreto	50 m ³	100 m ³
Número de andares	1	1
Tempo de concretagem	três dias de concretagem ^c	

^a No caso de controle por amostragem total, cada betonada deve ser considerada um lote, conforme 6.2.3.1

^b No caso de complemento de pilar, o concreto faz parte do volume do lote de lajes e vigas

^c Este período deve estar compreendido no prazo total máximo de sete 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 de resistência à compressão.

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 o controle por amostragem parcial é prevista uma forma de cálculo do valor estimado da resistência característica, $f_{ck,est}$, do lote de concreto em estudo. Para o controle por amostragem total a 100 % das betonadas, a análise da conformidade deve ser realizada em cada betonada.

6.2.3.1 Controle do concreto por amostragem total (100 %)

Consiste na amostragem 100 %, ou seja, todas as betonadas são amostradas e representadas por um exemplar que define a resistência à compressão daquele concreto naquela betonada. Neste caso, o valor da resistência característica à compressão do concreto estimada ($f_{ck,est}$) é dado por:

$$f_{ck,est} = f_{c,betonada}$$

onde

$f_{c,betonada}$ é o valor da resistência à compressão do exemplar que representa o concreto da betonada.

6.2.3.2 Controle estatístico do concreto por amostragem parcial

Para este tipo de controle, em que são retirados exemplares de betonadas distintas, 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 estabelece a ABNT NBR 8953:

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

$$f_{ck,est} = 2 \times \frac{f_1 + f_2 + \dots + f_{m-1}}{m-1} - f_m$$

onde

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

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

Não se pode tomar para $f_{ck,est}$ valor menor que $\psi_6 \cdot f_1$, 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 representados por amostra com número de exemplares $n \geq 20$:

$$f_{ck,est} = f_{cm} - 1,65 \times s_d$$

sendo

$$s_d = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (f_i - f_{cm})^2}$$

onde

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

s_d é o desvio padrão dessa amostra de n exemplares, expresso em megapascals (MPa)

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 (conforme 6.2.3.3).

6.2.3.3 Casos excepcionais

Nos casos de concreto produzido por betonadas de pequeno volume e sempre que o número total de betonadas (lote) seja superior ao de exemplares da amostra que representa esse lote, ou seja, trate-se de amostragem parcial, pode-se dividir a estrutura em lotes correspondentes a no máximo 10 m³ e amostrá-los com número de exemplares entre 2 e 5. Nestes casos, denominados excepcionais, o valor estimado da resistência característica é dado por:

$$f_{ck,est} = \Psi_6 \times f_1$$

onde

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

6.2.4 Conformidade dos lotes de concreto

Os lotes de concreto, no caso de amostragem parcial, e os exemplares, no caso de amostragem total, devem ser aceitos, quando o valor estimado da resistência característica, ou o valor de cada exemplar de uma amostragem a 100 %, calculado conforme 6.2.3, atender à resistência característica do concreto à compressão especificada no projeto estrutural.

7 Aceitação do concreto

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

Em caso de existência de não-conformidade, consultar a ABNT NBR 7680.

Anexo A (informativo)

Concreto sujeito a meios agressivos (geralmente em elementos enterrados ou em contato com o solo)

Recomendações relativas à durabilidade das estruturas

De uma maneira geral, as estruturas de concreto apresentam desempenho satisfatório quando expostas a variadas condições ambientais, incluindo o contato com água e solos contendo agentes agressivos. Entretanto, determinadas condições de exposição podem comprometer a vida útil de uma estrutura, caso não sejam tomadas medidas adequadas para prevenir ou reduzir o risco potencial de deterioração.

Para serem nocivos ao concreto e produzir um ataque significativo, os agentes químicos agressivos devem estar em uma determinada proporção, diluídos nas soluções aquosas, uma vez que normalmente o concreto não é atacado por substâncias sólidas (ocorrência muito rara e específica).

Esta Norma estabelece os requisitos mínimos exigíveis para o concreto de estruturas expostas a soluções contendo sulfatos (conforme 5.2.2.3 e Tabela 4). Contudo, as estruturas de concreto expostas a águas puras, águas ácidas, águas magnesianas e águas amoniacais também podem experimentar danos, dependendo das concentrações dos agentes dissolvidos na água. Quando pura, a água é agressiva, por atuar como dissolvente dos compostos hidratados do cimento, e, quando contém determinados íons, estes reagem com os mesmos compostos hidratados do cimento, alterando uma estrutura estável, responsável principalmente pela resistência mecânica do concreto.

O concreto, quando em contato com essas águas, deve apresentar determinadas propriedades, entre elas as decorrentes da relação água/cimento e da resistência característica à compressão (f_{ck}), em função da condição de agressividade do meio com vistas a aumentar a sua durabilidade e vida útil.

A Tabela A.1, resultante de uma compilação de procedimentos e normas internacionais, mostra algumas propriedades recomendadas para concretos em função dos níveis de agressividade ambiental, como medidas preventivas para evitar a deterioração precoce das estruturas.

Tabela A.1 Características recomendadas para concreto exposto a soluções aquosas agressivas ^a

Condições de exposição em função da agressividade	pH ^b (Ver Bibliografia, [1])	CO ₂ agressivo mg/L (Ver Bibliografia, [5])	Íon magnésio mg/L (Ver Bibliografia, [3])	Íon Amônia mg/L (Ver Bibliografia, [2])	Resíduo sólido mg/L (Ver Bibliografia, [4])	Máxima relação água/cimento ^b	Mínimo f_{ck} MPa
Fraca	7 a 6	< 30	< 100	< 100	> 150	Conforme Tabela 2	Conforme Tabela 2
Moderada	6 a 5,5	30 a 45	100 a 200	100 a 150	150 a 50	0,50	35
Severa	< 5,5	> 45	> 200	> 150	< 50	0,45	40

^a Esta Tabela não é exaustiva e, para casos especiais e outras questões complementares, como o tipo e consumo de cimento, bem como da espessura mínima de cobrimento, deve-se consultar um especialista ou fazer uso de procedimentos e normas internacionais aplicáveis e aceitos pela comunidade técnica, como as constantes da bibliografia desta Norma, que foi utilizada para a elaboração deste Anexo.

^b Propriedade adimensional.

Bibliografía

- [1] ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. UNE 83952:2008 - **Durabilidad del hormigón. Aguas de amasado y aguas agresivas. Determinación del pH. Método potenciométrico.** Madrid. 2008.
- [2] _____. UNE 83954:2008 – **Durabilidad del hormigón. Aguas agresivas. Determinación del contenido en ión amonio.** Madrid. 2008.
- [3] _____. UNE 83955:2008 – **Durabilidad del hormigón. Aguas agresivas. Determinación del contenido en ión magnesio.** Madrid. 2008.
- [4] _____. UNE 83957:2008 – **Durabilidad del hormigón. Aguas de amasado y aguas agresivas. Determinación del residuo seco.** Madrid. 2008.
- [5] _____. UNE-EN13577:2008 – **Ataque químico al hormigón. Determinación del contenido en dióxido de carbono agresivo en el agua.** Madrid. 2008.
- [6] AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. ACI 201.2R **Guide to Durable Concrete**, reported by ACI Committee 201. 2008. p. 1-53.
- [7] GOBIERNO DE ESPAÑA. MINISTERIO DE FOMENTO. REAL DECRETO 1247/2008. EHE-08 – **Instrucción de Hormigón Estructural**, Madrid, 2008. Disponible en http://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2008-14167.
- [8] COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. CETESB L1.007 – **Determinação do grau de agressividade do meio aquoso ao concreto – Procedimento.** São Paulo. 1988
- [9] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 5629:1996 – **Execução de tirantes ancorados em terrenos.** Rio de Janeiro. 2006
- [10] INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. IPT: 2332 - **Avaliação do grau de agressividade do meio aquoso em contato com o concreto.** São Paulo. 1995.
- [11] SALINAS, F. M.; ESCOBEDO, C. J. M. **La durabilidad en las estructuras de concreto reforzado desde la perspectiva de la norma española para estructuras de concreto.** IMCYC: Concreto y Cemento, v. 4, nº 1, p. 63-86. México. 2012.
- [12] BRITISH CEMENT ASSOCIATION. **Specifying concrete to BS EN 206-1/BS 8500: Concrete resistant to chemical attack.** Cement Industry, 10p. London. 2001 – Reprinted 2004.
- [13] BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT. BRE Special Digest 1 – **Concrete in Aggressive Ground.** Third edition, p. 62. London. 2005.