



MT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE  
RODAGEM  
DIRETORIA DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO - IPR  
DIVISÃO DE CAPACITAÇÃO TECNOLÓGICA  
Rodovia Presidente Dutra km 163 - Centro Rodoviário, Parada de Lucas  
Rio de Janeiro, RJ - CEP 21240-330  
Norma rodoviária  
Especificação de Serviço  
DNER-ES 330/97  
p. 01/13

## Obras-de-arte especiais - concretos e argamassas

### RESUMO

Este documento define a sistemática empregada na execução de concretos, argamassas e caldas de cimento em obras-de-arte especiais. Para tanto, são apresentados os requisitos concernentes a material, equipamento, execução, verificação final de qualidade, além dos critérios para aceitação, rejeição e medição dos serviços.

### ABSTRACT

This document presents procedures for the execution of concretes, cement mortars and cement syrup of special engineering structures. It presents requirements concerning materials, equipment, execution, ambiental preserving, quality control and the criteria for acceptance and rejection of the services.

### SUMÁRIO

- 0 Prefácio
- 1 Objetivo
- 2 Referências
- 3 Definições
- 4 Condições gerais

- 5 Condições específicas
- 6 Inspeção
- 7 Critérios de medição

### 0 PREFÁCIO

Esta norma estabelece a sistemática a ser empregada na execução e no controle da qualidade do serviço em epígrafe.

### 1 OBJETIVO

Fixar as condições exigíveis para a execução e recebimento de concretos, argamassas e caldas de cimento para realização de uma obra-de-arte especial.

### 2 REFERÊNCIAS

Para o entendimento desta Norma deverão ser consultados os documentos seguintes:

- a) DNER-EM 034/94 - Água para concreto;
- b) DNER-EM 036/95 - Cimento Portland - recebimento e aceitação;

**Macrodescriptores MT** : obras-de-arte especiais

**Microdescriptores DNER** : concreto

**Palavras-chave IRRD/IPR** : concreto (4755)

**Descritores SINORTEC** : pontes rodoviárias

Aprovado pelo Conselho Administrativo em 05/03/97,

Autor: DNER/DrDTc (IPR)

Processo n° 51100.000912/97-63

Resolução n° 16/97, Sessão n° CA/ 08/97

Substitui a DNER-ES-OA31/71

Revisão e Adaptação à DNER-PRO 101/97,

Aprovada pela DrDTc em 06/11/97

- c) DNER-EM 037/94 - Agregado graúdo para concreto de cimento;
- d) DNER-EM 038/97 - Agregado miúdo para concreto de cimento;
- e) ABNT NBR-5738/94, (MB - 2) - Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de concreto;
- f) ABNT NBR-5746/94, (MB - 513) - Cimento Portland - determinação do enxofre na forma de sulfeto;
- g) ABNT NBR- 5739/94, (MB - 3) - Concreto - ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos;
- h) ABNT NBR- 5750/92, (MB - 833) - Amostragem de concreto fresco;
- i) ABNT NBR- 6118/80, (NB - 11) - Projeto e execução de obras de concreto armado;
- j) ABNT NBR- 7187/87, (NB - 2) - Projeto e execução de pontes de concreto armado e protendido;
- l) ABNT NBR- 7212/84, (EB - 136) - Execução de concreto dosado em central;
- m) ABNT NBR- 7223/92, (MB - 256) - Concreto - determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone;
- n) ABNT NBR- 7681/83, (EB - 1342) - Calda de cimento para injeção;
- o) ABNT NBR- 7682/82, (MB - 1760) - Calda de cimento para injeção - determinação do índice de fluidez;
- p) ABNT NBR- 7683/82, (MB - 1761) - Calda de cimento para injeção - determinação dos índices de exsudação e expansão;
- q) ABNT NBR- 7684/83, (MB - 1762) - Calda de cimento para injeção - determinação da resistência à compressão;
- r) ABNT NBR- 7685/83, (MB - 1763) - Calda de cimento para injeção - determinação de vida útil;
- s) ABNT NBR- 8953/92 - Concreto para fins estruturais - classificação por grupos de resistência;
- t) ABNT NBR- 9062/85, (NB - 949) - Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado;
- u) ABNT NBR- 9606/92, (MB - 2519) - Determinação da consistência pelo espalhamento do tronco de cone;
- v) ABNT NBR- 10839/89, (NB - 1223) - Execução de obras de arte especiais em concreto armado e protendido;
- w) ABNT NBR- 12655/92 - Preparo, controle e recebimento do concreto;
- x) DNER - Manual de Construção de Obras de Arte Especiais - 1995.

### 3 DEFINIÇÕES

Para os efeitos desta Norma, são adotadas as definições seguintes:

3.1 Concreto - mistura de agregado com ligante (água e cimento) que endurece adquirindo características semelhantes à rocha.

3.2 Elemento estrutural - parte da estrutura que apresenta uma configuração geométrica claramente definida, com mesma resistência característica à compressão ( $f_{ck}$ ) e mesmo tipo de solicitação (p.e. fundações, blocos de apoios, pilares, encontros, paredes, vigas, transversinas, lajes e sobre laje).

### 4 CONDIÇÕES GERAIS

Deverão ser executados de acordo com as fôrmas e resistências características indicadas no projeto.

### 5 CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

## 5.1 Material

### 5.1.1 Cimento

Os cimentos devem satisfazer às Especificações brasileiras, podendo ser de qualquer tipo e classe, desde que o projeto não prefira ou faça restrição a este ou aquele. Nos concretos, argamassas e caldas em contato com armaduras de protensão, o cimento empregado não poderá apresentar teor de enxofre sob a forma de sulfeto superior a 0,2%.

Nos cimentos empregados exigir a apresentação do certificado de qualidade. Todo cimento deverá ser guardado em local seco e abrigado de agentes nocivos e, não deverá ser transportado em dias úmidos.

O cimento poderá ser armazenado nos sacos de 50Kg ou em silos, quando entregue a granel e para cimento de uma única procedência. O período de armazenamento não poderá comprometer a sua qualidade. Exceto em clima muito seco, deverá ser verificado, antes da utilização se o cimento ainda atende às Especificações.

Deverá ainda atender à Especificação DNER-EM 036/95.

### 5.1.2 Agregados

Os agregados deverão constituir-se de materiais granulados e inertes, substâncias minerais naturais ou artificiais, britados ou não, duráveis e resistentes, com dimensões máximas características e formas adequadas ao concreto a produzir. Deverão ser armazenados separadamente, isolados do terreno natural, em assoalho de madeira ou camada de concreto de forma a permitir o escoamento d'água. Não conter substâncias nocivas que prejudiquem a pega e/ou o endurecimento do concreto, ou minerais deletérios que provoquem expansões em contato com a umidade e com determinados elementos químicos.

Deverão atender à Especificação DNER-EM 037/94 e DNER-EM 038/94.

#### 5.1.2.1 Agregados miúdos

São normalmente constituídos por areia natural quartzosa, de dimensão máxima característica igual ou inferior a 4.8mm. Deverão ser bem graduados, são recomendadas as areias grossas que não apresentem substâncias nocivas, como torrões de argila, materiais orgânicos, e outros.

Somente será admitido, após estudos em laboratórios, o emprego de agregados miúdos provenientes de rocha sadia.

#### 5.1.2.2 Agregados graúdos

Deverão apresentar dimensão máxima característica entre 4.8mm e 76mm e ser naturais (cascalhos ou seixos rolados, britados ou não) ou artificiais (pedras britadas, britas, argilas expandidas). Não apresentar substâncias nocivas, como torrões de argila, matéria orgânica.

O agregado graúdo será constituído pelas partículas de diversas graduações nas proporções indicadas nos traços do concreto e armazenado separadamente, em função destas graduações.

#### 5.1.2.3 Pedra de mão

A pedra de mão para concreto ciclópico, de granito ou outra rocha estável, deverá ter qualidade idêntica a exigida para a pedra britada a empregar na confecção do concreto.

Deverá ser limpa e isenta de incrustações nocivas e sua máxima dimensão não inferior a 30cm, nem superior à 1/4 da mínima do elemento a ser construído.

#### 5.1.2.4 Água

A água para a preparação do concreto não deverá conter ingredientes nocivos em quantidades que afetem o concreto fresco ou endurecido ou reduzir a proteção das armaduras contra a corrosão. Deverá ser razoavelmente clara e isenta de óleo, ácidos, álcalis, matéria orgânica, e obedecer à exigência do item 6.1.3 desta Norma. Guardá-las em caixas estanques e tampadas de modo a evitar contaminação por substâncias estranhas.

#### 5.1.2.5 Aditivos

A utilização de aditivos deve implicar no perfeito conhecimento de sua composição e propriedades, efeitos no concreto e armaduras, sua dosagem típica, possíveis efeitos de dosagens diferentes, conteúdo de cloretos, prazo de validade e condições de armazenamento.

Somente usar aditivos expressamente previstos no projeto, ou nos estudos de dosagem de concreto empregados na obra, realizados em laboratório e aprovados pela autoridade competente.

Para o concreto protendido os aditivos que contenham cloreto de cálcio ou quaisquer outros halogenetos serão rigorosamente proibidos. Não deverão conter ainda ingredientes que possam provocar a corrosão do aço, as mesmas recomendações para a calda de injeção.

#### 5.1.2.6 Adições

As adições não poderão ser nocivas ao concreto e deverão ser compatíveis com os demais componentes da mistura.

### 5.2 Equipamento

A natureza, capacidade e quantidade do equipamento a ser utilizado dependerão do tipo e dimensões do serviço a executar. Para os concretos preparados na obra poderá ser utilizada betoneira estacionária de no mínimo 320 l, com dosador de água, central de concreto ou caminhão betoneira. Para o lançamento poderão ser utilizados carrinhos-caçambas, caçambas, bombas.

### 5.3 Execução

#### 5.3.1 Concreto

O concreto pode se apresentar quanto a sua densidade como concreto normal, com massa específica entre 2000 e 2800 kg/m<sup>3</sup>, como concreto leve, cuja massa específica não ultrapassa 2000 kg/m<sup>3</sup> e como concreto pesado com massa específica maior que 2800kg/m<sup>3</sup>. O concreto deve apresentar uma massa fresca trabalhável com os equipamentos disponíveis na obra, para que depois de endurecido se torne um material homogêneo e compacto.

##### 5.3.1.1 Dosagem

Os concretos para fins estruturais deverão ser dosados, racional e experimentalmente, a partir da resistência característica à compressão estabelecida no projeto, do tipo de controle do concreto, trabalhabilidade adequada ao processo de lançamento empregado e das características físicas e químicas dos materiais componentes. O cálculo da dosagem deverá ser refeito cada vez que prevista uma mudança de marca, tipo ou classe de cimento, na procedência e qualidade dos agregados e demais materiais e quando não obtida a resistência desejada.

Os concretos são classificados conforme a resistência característica à compressão ( $f_{ck}$ ) em grupos I e II e, dentro dos grupos, em classes, sendo o grupo I, subdividido em nove classes, do C10 ao C50 e o grupo II em quatro classes (C55, C60, C70 e C80).

Somente o traço do concreto da classe C10, com consumo mínimo de 300kg de cimento por metro cúbico, poderá ser estabelecido empiricamente.

Serão consideradas também para a dosagem dos concretos, condições peculiares como: impermeabilização, resistência ao desgaste, ação de águas agressivas, aspecto das superfícies, condições de colocação, e outras.

A resistência de dosagem do concreto será função dos critérios utilizados para a definição da sua resistência característica, através do desvio padrão das amostras, dependendo do controle tecnológico dos materiais na obra, e classificada de acordo com as condições apresentadas na tabela seguinte:

Condições	Classe de Resistência	Cimento	Água	Agregados
C	C10 a C15	Massa	Volume (1)	Volume
B	C10 a C20	Massa	Volume, com dispositivo dosador (1)	Volume (2)
	C10 a C25	Massa	Volume, com dispositivo dosador (1)	Massa combinada com volume (3)
A	C10 a C80	Massa	Massa (1)	Massa

(1) corrigido pela estimativa ou determinação da umidade dos agregados.

(2) volume do agregado miúdo corrigido através da curva de inchamento e umidade, determinada em pelo menos três vezes no mesmo turno de serviço.

(3) umidade da areia medida no canteiro, em balanças aferidas para permitir a rápida conversão de massa para volume de agregados.

#### 5.3.1.2 Preparo

Para os concretos executados no canteiro, antes do início da concretagem, deverá ser preparada uma amassada de concreto, para comprovação e eventual ajuste do traço definido no estudo de dosagem.

O preparo do concreto destinado às estruturas deverá ser mecânico, em pequenos volumes nas obras de pequena importância, não podendo ser aumentada, em hipótese alguma, a quantidade de água prevista para o traço.

Os sacos de cimento rasgados, parcialmente usados, ou com cimento endurecido, serão rejeitados.

Os componentes do concreto medidos de acordo com o item anterior devem ser misturados até formar uma massa homogênea. O tempo mínimo de mistura em betoneira estacionária é de 60 segundos, aumentado em 15 segundos para cada metro cúbico de capacidade nominal da betoneira, ou conforme especificação do fabricante. Para central de concreto e caminhão betoneira deverá ser atendida a ABNT NBR-7212/84. Após a descarga não poderão ficar retidos nas paredes do misturador volumes superiores a 5% do volume nominal.

Quando o concreto for preparado por empresa de serviços de concretagem, a central deverá assumir a responsabilidade por este serviço e cumprir as prescrições relativas às etapas de execução do concreto (ABNT NBR-12655/92), bem como, as disposições da ABNT NBR-7212/84.

O concreto deverá ser preparado somente nas quantidades destinadas ao uso imediato. Não será permitida a remistura do concreto parcialmente endurecido.

#### 5.3.1.3 Transporte

Quando a mistura for preparada fora do local da obra, o concreto deverá ser transportado em caminhões betoneiras, não podendo segregar durante o transporte, nem apresentar temperaturas fora das faixas de 5 °C a 30 °C. Em geral, descarregados em menos de 90 minutos após a adição de água. A velocidade do tambor giratório não deverá ser menor que duas nem maior que seis rotações por minuto. Qualquer motivo provável da aceleração da pega, deverá acelerar o período completo de descarregamento, ou serão empregados aditivos retardadores da pega. O intervalo entre as entregas deverá ser tal que não permita o endurecimento parcial do concreto já colocado, não excedendo a 30 minutos.

O intervalo entre a colocação de água no tambor e a descarga final do concreto da betoneira nas formas não deverá exceder 60 minutos, devendo a mistura ser revolvida de modo contínuo para que o concreto não fique em repouso antes do seu lançamento por tempo superior a 30 minutos. No transporte horizontal deverão ser empregados carros especiais providos de rodas de pneus, e evitado o uso de carros com rodas maciças, de ferro ou carrinhos comuns.

#### 5.3.1.4 Lançamento

O lançamento do concreto só pode ser iniciado após o conhecimento dos resultados dos ensaios da dosagem, verificação da posição exata da armadura, limpeza das fôrmas, que quando de madeira devem estar suficientemente molhadas, e do interior removidos os cavacos de madeira, serragem e demais resíduos de operações de carpintaria. Serão tomadas precauções para não haver excesso de água no local de lançamento o que pode ocasionar a possibilidade do concreto fresco vir a ser lavado.

Não será permitido lançamento do concreto de uma altura superior a 2m, ou acúmulo de grande quantidade em um ponto qualquer e posterior deslocamento ao longo das fôrmas. Na concretagem de colunas ou peças altas o concreto deverá ser introduzido por janelas abertas nas fôrmas, fechadas a medida que a concretagem avançar.

Calhas, tubos ou canaletas poderão ser usados como auxiliares no lançamento do concreto, dispostos de modo a não provocar segregação. Deverão ser mantidos limpos e isentos de camada de concreto endurecido, preferencialmente, executado ou revestidos com chapas metálicas.

O concreto somente poderá ser colocado sob água quando sua mistura possuir excesso de cimento de 20% em peso. Em hipótese alguma será empregado concreto submerso com consumo de cimento inferior a 350kg/m<sup>3</sup>. Para evitar segregação o concreto deverá ser cuidadosamente colocado na

posição final em uma massa compacta, por meio de funil ou de caçamba fechada, de fundo móvel, e não perturbado depois de ser depositado. Cuidados especiais serão tomados para manter a água parada no local de depósito. O concreto não deverá ser colocado diretamente em contato com a água corrente.

Quando usado funil, este deverá consistir de um tubo de mais de 25cm de diâmetro, construído em seções acopladas umas às outras, por flanges providas de gachetas. O modo de operar deverá permitir movimento livre da extremidade de descarga e seu abaixamento rápido, quando necessário, para estrangular ou retardar o fluxo. O enchimento deverá processar-se por método que evite a lavagem do concreto. O terminal deverá estar sempre dentro da massa do concreto e o tubo conter suficiente quantidade de concreto para não haver penetração de água. O fluxo do concreto deverá ser contínuo e regulado de modo a obter camadas aproximadamente horizontais, até o término da concretagem.

Quando o concreto for colocado com caçamba de fundo móvel, esta deverá ter capacidade superior a meio metro cúbico (0,50m<sup>3</sup>). Abaixar a caçamba, gradual e cuidadosamente, até apoiá-la na fundação preparada ou no concreto já colocado, elevá-la muito vagarosamente durante o percurso de descarga. Pretende-se, com isto, manter a água tão parada quanto possível no ponto de descarga e evitar agitação da mistura.

#### 5.3.1.5 Adensamento do concreto

O concreto deverá ser bem adensado dentro das fôrmas, mecanicamente, usando vibradores, que poderão ser, internos, externos ou superficiais, com frequência mínima de 3.000 impulsos por minuto. O número de vibradores deverá permitir adensar completamente, no tempo adequado, todo o volume de concreto a ser colocado. Somente será permitido o adensamento manual em caso de interrupção no fornecimento de força motriz e pelo mínimo período indispensável ao término da moldagem da peça em execução, com acréscimo de 10% de cimento, sem aumento da água de amassamento.

Normalmente serão utilizados vibradores de imersão internos, os externos apenas quando as dimensões das peças não permitirem inserção do vibrador, ou junto com os internos quando se desejar uma superfície de boa aparência, e os vibradores superficiais em lajes e pavimentos.

O vibrador de imersão deverá ser empregado na posição vertical evitando-se o contato demorado com as paredes das formas ou com a armação, bem como, a permanência demasiada em um mesmo ponto. Não será permitido o uso do vibrador para provocar o deslocamento horizontal do concreto nas fôrmas. O afastamento de dois pontos contíguos de imersão do vibrador deverá ser de, no mínimo, 30cm.

#### 5.3.1.6 Cura do concreto

Para atingir sua resistência total, o concreto deverá ser curado e protegido eficientemente contra o sol, vento e chuva. A cura deve continuar durante um período mínimo de sete dias, após o lançamento, caso não existam indicações em contrário. Para o concreto protendido, a cura deverá prosseguir até que todos os cabos estejam protendidos. Sendo usado cimento de alta resistência inicial, esse período poderá ser reduzido.

A água para a cura deverá ser da mesma qualidade usada para a mistura do concreto. Poderão ser utilizados, principalmente, os métodos de manutenção das fôrmas, cobertura com filmes plásticos, colocação de coberturas úmidas, aspersão de água ou aplicação de produtos especiais que formem membranas protetoras.

#### 5.3.1.7 Juntas de concretagem

As juntas de concretagem deverão obedecer, rigorosamente, ao disposto no Plano de Concretagem, integrante do projeto. O número de juntas de concretagem deverá ser o menor possível.

#### 5.3.2 Concreto ciclópico

Onde for necessário o emprego de concreto ciclópico adicionar concreto, preparado como mencionado no subitem anterior, com volume de até 30% de pedras de mão, lavadas, saturadas com água e envolvidas com 5,0 cm, no mínimo, de concreto.

Nenhum concreto a ser empregado em concreto ciclópico deverá ter resistência característica à compressão ( $f_{ck}$ ) inferior a 12 MPa (120kgf/cm<sup>2</sup>).

#### 5.3.3 Argamassa

As argamassas serão preparadas em betoneiras. Sendo permitida a mistura manual, a areia e o cimento deverão ser misturados a seco até obter-se coloração uniforme, quando, então, será adicionada a água necessária para a obtenção da argamassa de boa consistência, para manuseio e espalhamento fáceis com a colher de pedreiro. A argamassa não empregada em 45 minutos, após a preparação, será rejeitada e não será permitido seu aproveitamento, mesmo com adição de mais cimento.

As argamassas destinadas ao nivelamento das faces superiores dos pilares e preparo do berço dos aparelhos de apoio deverão ter resistência característica à compressão de 25 MPa (250 kgf/cm<sup>2</sup>).

#### 5.3.4 Calda de cimento para injeção

Produto da mistura conveniente de cimento, água e, eventualmente, de aditivos, para preenchimento de bainhas ou dutos de armadura de protensão de peças de concreto protendido, a fim de proteger a armadura contra a corrosão e garantir a aderência posterior ao concreto da peça.

Recomenda-se a injeção até, no máximo oito dias após a protensão dos cabos.

O cimento utilizado deve ser o cimento Portland comum, ou outro tipo de cimento que satisfaça as seguintes exigências:

- a) teor de cloro proveniente de cloreto: máximo igual a 0,10%;
- b) teor de enxofre proveniente de sulfetos (ABNT NBR-5746/92): máximo igual a 0,20%.

A água será considerada satisfatória se atender ao constante do item 6.1.3 desta Especificação.

Não serão permitidas aditivos que contenham halogenetos ou reatores ao material de calda, deteriorem ou ataquem o aço.

O fator água/cimento não deverá ser superior a 0,45 em massa.

## 6 INSPEÇÃO

### 6.1 Controle do material

A ABNT NBR-12654/92 fixa as condições exigíveis para realização do controle tecnológico dos materiais componentes do concreto.

### 6.1.1 Cimentos

Os ensaios de cimento deverão ser feitos em laboratório, de acordo com as normas ABNT NBR- 05740/77 (quando necessário) e as ABNT NBR-07215/91, ABNT NBR-7224/84, ABNT NBR-11580/91, ABNT NBR-11581/91 e ABNT NBR-11582/91, sendo desnecessária a realização freqüente de ensaios se existir garantia de homogeneidade de produção para determinada marca de cimento.

O peso do saco de cimento deverá ser verificado para cada 50 sacos fornecidos, com tolerância de 2%.

### 6.1.2 Agregados miúdo e graúdo

Deverão obedecer à ABNT NBR-7211/83.

### 6.1.3 Água

Controle da água desde que apresente aspecto ou procedência duvidosa. Para utilização em concreto armado ou protendido será considerada satisfatória se apresentar PH entre 5.8 e 8.0 e respeitar os seguintes limites máximos:

- a) matéria orgânica: 3mg/l (oxigênio consumido);
- b) resíduo sólido: 5000mg/l;
- c) sulfatos: 300mg/l (ions SO<sub>4</sub>);
- d) cloretos: 500mg/l (ions Cl)
- e) açúcar: 500mg/l.

Para casos especiais considerar outras substâncias prejudiciais.

O gelo a ser utilizado, quando necessário para resfriamento da mistura (concreto ou calda de cimento) deverá obedecer os requisitos acima.

## 6.2 Controle da execução

### 6.2.1 Concreto

De acordo com a ABNT NBR-12655/92 para a garantia da qualidade do concreto a empregar na obra, para cada tipo e classe de concreto, serão realizados os ensaios de controle, adiante relacionados, além de outros recomendados em projetos específicos:

a) ensaios de consistência, de acordo com a ABNT NBR-7223/92 e, ou ABNT NBR-9606/92 (para concreto anti-adensável), sempre que ocorrerem alterações na umidade dos agregados, na primeira amassada do dia, após o reinício, seguido de interrupção igual ou superior a duas horas, na troca de operadores e cada vez que forem moldados corpos de prova. Para concreto fornecido por terceiros deverão ser realizados ensaios a cada betonada;

b) ensaios de resistência à compressão de acordo com a ABNT NBR-5739/94, para aceitação ou rejeição dos lotes.

A consistência do concreto deverá atender aos valores estipulados nos métodos de ensaio. Acaso não os atenda na primeira amostra, repetir nova amostragem; se persistir, provavelmente não apresenta a necessária plasticidade e coesão. Verificar a causa e corrigir antes da utilização, com exceção para os concretos cuja plasticidade excedam os limites dos métodos de ensaio, como o concreto bombeado.

A amostragem mínima do concreto para ensaios de resistência à compressão deverá ser feita dividindo-se a estrutura em lotes. Cada lote corresponderá a um elemento estrutural, limitado pelos critérios da tabela adaptada da ABNT NBR-12655/92 apresentada a seguir:

Limites superiores	Solicitação principal dos elementos da estrutura	
	Compressão ou Compressão e Flexão	Flexão Simples
Volume de concreto	50m <sup>3</sup>	100m <sup>3</sup>
Tempo de concretagem	3 dias de concretagem (1)	

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

De cada lote retirar uma amostra, de no mínimo seis exemplares, para os concretos até a classe C50 e doze exemplares para as classes superiores a C50.

Cada exemplar é constituído por dois corpos de prova da mesma amassada para cada idade do rompimento, moldados no mesmo ato. A resistência do exemplar de cada idade é considerada a maior dos dois valores obtidos no ensaio. O volume de concreto para a moldagem de cada exemplar e determinação da consistência deverá ser de 1,5 vezes o volume necessário para estes ensaios e nunca menor que 30 litros.

A coleta deste concreto em betoneiras estacionárias deve ocorrer enquanto o concreto está sendo descarregado, representando o terço médio da mistura. Caso contrário, deve ser tomada imediatamente após a descarga, retirada de três locais diferentes, evitando-se os bordos. Homogeneizar o concreto sobre o recipiente com o auxílio de colher de pedreiro, concha metálica ou pá.

A coleta deste concreto em caminhão betoneira, deverá ocorrer enquanto o concreto está sendo descarregado e obtida em duas ou mais porções, do terço médio da mistura.

Para o concreto bombeado, a coleta deve ser feita em uma só porção, colocando-se o recipiente sob o fluxo de concreto na saída da tubulação, evitando o início e o fim do bombeamento.

### 6.2.2 Concreto ciclópico

O concreto empregado em concreto ciclópico deverá ser submetido ao controle especificado nos itens 6.1 e 6.2.1.

### 6.2.3 Argamassa

As argamassas serão controladas através dos ensaios de qualidade de água e de areia.

#### 6.2.4 Calda de cimento para injeção

Os materiais serão medidos com precisão de 2%, sendo o cimento medido em massa. Além do controle estabelecido com antecedência e em separado para a água e o cimento, devem ser realizados os seguintes ensaios para a calda, de acordo com a ABNT NBR-7681/83:

Ensaio	Método	Freqüência e local da amostragem	Limites admitidos
Fluidez	NBR 7682/82	Em cada cabo, uma vez na entrada e quantas forem necessárias na saída da bainha.	Imediatamente antes da injeção: máximo de 18 segundos. Na saída da bainha: mínimo de 8 segundos.
Vida Útil	NBR 7685/82	Uma vez para mesma composição e condição de mistura, no recipiente da estocagem.	Índice de fluidez maior que 18 segundos, durante o período de 30 minutos, após a conclusão da mistura.
Exsudação	NBR 7683/82	Uma vez no início do primeiro dia de trabalho, repetindo no máximo a cada 100 sacos de cimento consumidos por frente de trabalho e/ou a cada duas semanas; e a cada vez que mudar a composição e/ou condição de mistura e/ou materiais	três horas após a mistura, a água exsudada máxima de 2% do volume inicial da calda.
Expansão	NBR 7683/82		Quando empregados aditivos expansores, três horas após a mistura, expansão total livre máxima 7% do volume inicial da calda. A calda deve ser injetada em um tempo tal que no mínimo 70% da expansão total livre ocorra dentro da bainha.
Resistência à compressão	NBR 7684/82		$f_{ck28}$ maior ou igual a 25 MPa.

### 6.3 Controle estatístico

#### 6.3.1 Concreto

O controle poderá ser feito por amostragem parcial, quando são retirados exemplares de algumas betonadas de concreto atendidas às limitações já constantes do item 6.2.1, ou por amostragem total, quando são retirados exemplares de todas as amassadas de concreto e o valor estimado da resistência característica à compressão ( $f_{ck\ est}$ ), na idade específica obtido conforme tabela seguinte:

#### Resistência Característica Estimada $f_{ck\ est}$

Amostragem parcial		Amostragem total	
$6 \leq n < 20$	$n \geq 20$	$n \geq 20$	$n > 20$
$2 \frac{f_1 + f_2 + \dots + f_{m-1}}{m-1} - f_m$	$f_{cm} - 1,65 S$	$f_1$	$f_i$
Se maior que $\Psi_6 f_1$			

Sendo:  $n$  = número de exemplares

- m = n/2, desprezando-se o valor mais alto de n, se n for ímpar
- f1, f2, ..., fm = valores das resistências dos exemplares, em ordem crescente
- $\Psi_6$  = valores constantes da tabela valores de  $\Psi_6$
- fcm = resistência média dos exemplares do lote, em MPa
- S = desvio padrão do lote para n - 1 resultados, em MPa
- i = 0,05n, adotando-se a parte inteira imediatamente superior, para o valor de i fracionário.

No início da obra ou quando não se conhecer o valor do desvio padrão S, considerar os seguintes valores para Sd, de acordo com a condição de preparo:

Condição A: Sd = 4,0 MPa

Condição B: Sd = 5,5 MPa

Condição C: Sd = 7,0 MPa

VALORES DE  $\Psi_6$

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

Em casos excepcionais, em lotes correspondentes a no máximo 10m<sup>3</sup>, com número de exemplares entre 2 e 5:  $f_{ck\ est} = \Psi_6 f_1$ .

6.3.2 Calda de cimento

O controle da calda de cimento deve ser realizado antes da injeção, inclusive o referente à resistência à compressão.

6.4 Aceitação e rejeição

Realizar inspeção visual após a retirada das fôrmas e escoramento quanto a existência de brocas, falhas no posicionamento das armaduras, e outros.

Os lotes de concreto serão aceitos automaticamente quando atingirem a idade de controle:

$$f_{ck\ est} \geq f_{ck}$$

Os serviços rejeitados deverão ser corrigidos, complementados ou refeitos.

7 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO

Reprodução permitida desde que citado o DNER como fonte

### 7.1 Concreto

O concreto, simples, armado, protendido ou ciclópico, será medido por metro cúbico de concreto lançado no local, pelo volume calculado em função das dimensões indicadas no projeto ou, quando não houver indicação no projeto, pelo volume medido no local de lançamento. Inclui o fornecimento dos materiais, preparo, mão de obra, utilização de equipamento, ferramentas, transportes, lançamento, adensamento, cura, controle e qualquer outro serviço necessário a concretagem.

### 7.2 Argamassa

A argamassa será medida por metro cúbico aplicado, em função das dimensões indicadas no projeto. Não caberá a medição em separado quando se tratar de alvenaria de pedra argamassada.

### 7.3 Calda de cimento

Será medida em conjunto com a protensão.

---