

Recomendação
ABECE 001:2015:
Análise de Casos
de Não Conformidade
de Concreto

AValiação da Segurança de Peças Construídas com Lotes de Concreto **NÃO CONFORME**

de acordo com os critérios da ABNT NBR 7680:2015 – Parte 1

As premissas básicas para as quais são válidas as recomendações deste texto são:

1. Disponibilização de carta de traço, pela concretora, contendo os consumos individuais dos materiais componentes do concreto por metro cúbico de concreto e se possível ainda os extratos de carga referentes aos lotes fornecidos;
2. Controle por amostragem total de acordo com a ABNT NBR 12655;
3. Mapeamento do lançamento do concreto;
4. Obras convencionais de edificação;
5. Verificação da segurança;
6. Esgotamento de soluções técnicas não-destrutivas à estrutura;
7. Estruturas em execução.

Tendo ocorrido lotes não conformes, ou seja com $f_{ck,est} < f_{ck}$ de acordo com a

ABNT NBR 12655:2015, deverá ser feita a verificação do projeto para determinar se a parte da estrutura executada com esse lote pode ser considerada aceita, levando-se em consideração os valores obtidos nos ensaios de rompimento de corpos de prova.

Em caso negativo, será preciso fazer uma nova análise estrutural, com anuência do engenheiro responsável pelo projeto estrutural, com o objetivo de verificar o atendimento dos estados limites último e de serviço das peças estruturais construídas com esse lote, levando-se em consideração as resistências obtidas por meio de ensaio de testemunhos extraídos da estrutura de acordo com a ABNT NBR 7680:2015.

Recomenda-se que o contratante contrate um consultor tecnólogo de concreto para acompanhar e validar todo o trabalho de obtenção e ensaio dos testemunhos.

Deve-se evitar extrair testemunhos de lajes. Sempre que houver necessidade de investigar a resistência do concreto de lajes, procurar fazer a extração de alguma viga que foi concretada junto com a laje. Em casos de elementos com altura reduzida, é prevista a montagem de testemunhos para ensaio de compressão, conforme Anexo B da ABNT NBR 7680:2015.

Para maiores orientações sobre a escolha dos locais de extração consultar a ABNT NBR 7680.

A amostragem do lote em análise deve ser realizada conforme os critérios expostos na Tabela 1 adaptada da ABNT NBR 7680:2015.

Tipo do controle (conforme a ABNT NBR 12655)	Mapeado (rastreadibilidade)		Formação de lotes		Quantidade de testemunhos por lote
	No lançamento	Por ensaios não destrutivos			
Amostragem total	Sim	Opcional	Cada lote corresponde ao volume de uma betonada ou de um caminhão-betoneira	Aplicação em um elemento estrutural	2
				Aplicado em mais do que um elemento estrutural	3
	Não	Sim	Conforme o mapeamento. Cada lote deve corresponder ao conjunto contido em um intervalo restrito de resultados dos ensaios não destrutivos	Até 8 m ³	3
				Maior que 8 m ³ e menor que 50 m ³	4

Tabela 1: Mapeamento da estrutura, formação de lotes e quantidade de testemunhos a serem extraídos (adaptada da ABNT NBR 7680-1:2015).

Caso exista dúvida quanto à confiabilidade do mapeamento do concreto lançado é recomendável o emprego de ensaios não destrutivos para identificar regiões de mesma betonada.

Os equipamentos empregados para extração deverão estar calibrados e fixados adequadamente, evitando vibrações excessivas, falta de paralelismo das faces e outros defeitos nos testemunhos. Além disso, as armaduras deverão ser preservadas por meio da correta localização com uso de pacômetro de precisão, análise prévia do projeto de armação ou, eventualmente,

remoção parcial do cobrimento para identificar o real posicionamento das barras.

No caso de pilares, se houver a necessidade da retirada de mais de um testemunho, os mesmos deverão estar no mesmo prumo, para não reduzir exageradamente uma seção da peça. A ABNT NBR 7680 recomenda que os pontos de extração estejam afastados entre si em pelo menos 1 diâmetro. Entretanto, sempre que possível, é desejável que o distanciamento entre as geratrizes seja de 2 diâmetros do testemunho, dando preferência a extrair do terço médio logo

Os procedimentos de extração e rompimento de testemunhos deverão ser realizados por laboratório diferente daquele que executou os ensaios de moldagem e/ou rompimento dos corpos de prova e sempre devem ter acompanhamento técnico das partes envolvidas, principalmente da concreteira.

Recomenda-se que o laboratório responsável pelas extrações faça parte da Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaio e tenha em seu escopo de acreditação a atribuição para extração de testemunhos.

Os testemunhos deverão ser devidamente qualificados para o ensaio de acordo com a ABNT NBR 7680.

A título de exemplo, apresentamos no anexo 1 uma sugestão para o pedido de ensaios, bem como no anexo 2 um modelo para apresentação do relatório.

No caso de controle por amostragem total tratado neste documento, a resistência característica de cada betonada para efeitos de verificação da segurança estrutural pode então ser estimada por:

$$f_{ck, ext, seg, j} = \frac{\sum_{i=1}^n f_{ci, ext}}{n}$$

acima do fim das barras de traspasse, com aval do projetista.

É recomendável que o diâmetro escolhido para a extração seja três vezes maior que o diâmetro máximo do agregado graúdo e, preferencialmente, maior ou igual a 100 mm.

Deve-se evitar ao máximo o corte de armaduras, pois em pilares, por exemplo, o corte das barras de aço longitudinais pode representar uma perda expressiva de sua capacidade resistente. Em casos de regiões densamente armadas, pode-se adotar testemunhos com diâmetro de 75 mm, com respectivo critério de amostragem, conforme previsto na ABNT NBR 7680. Em casos específicos, podem ser utilizados testemunhos com diâmetro de 50 mm, desde que acordado entre as partes.

Onde:

$f_{ck, ext, seg, j}$ = resistência característica estimada do lote, para verificação da segurança na idade do ensaio, “j” dias

$f_{ci, ext}$ = resistência individual de cada testemunho corrigida dos coeficientes k_1 a k_4 .

Sendo este valor obtido por:

$$f_{ci, ext} = [1 + (k_1 + k_2 + k_3 + k_4)] \times f_{ci, ext, inicial}$$

Onde:

$f_{ci, ext, inicial}$ = resistência do testemunho, obtida diretamente do ensaio de compressão axial.

k_1 = Coeficiente que leva em conta o efeito geométrico da relação entre a altura (h) e o diâmetro (d) do testemunho após o preparo. Quando a relação h/d = 2 não se verifica, o valor de k_1 deve ser obtido de acordo com a Tabela 2 da ABNT NBR 7680, reproduzida abaixo.

h/d	k_1	h/d	k_1
2,00	0	1,21	-0,08
1,88	-0,01	1,18	-0,09
1,75	-0,02	1,14	-0,10
1,63	-0,03	1,11	-0,11
1,50	-0,04	1,07	-0,12
1,42	-0,05	1,04	-0,13
1,33	-0,06	1,00	-0,14
1,25	-0,07		

Tabela 2: Valores de k_1 (ABNT NBR 7680-1:2015)

k_2 = Coeficiente que leva em conta o efeito deletério do broqueamento no testemunho durante a extração e que tende a diminuir a sua resistência. A ABNT NBR 7680 recomenda que este coeficiente seja adotado em função do diâmetro do testemunho obtido, estando entre 0,12 e 0,04, conforme abaixo.

Diâmetro do testemunho (mm)	≤ 25	50 ^a	75	100	≥ 150
k_2	Não permitido	0,12	0,09	0,06	0,04

^a Neste Caso, o número de testemunhos deve ser o dobro daqueles estabelecidos na Tabela 1

Tabela 3: Valores de k_2 em função do diâmetro do testemunho (ABNT NBR 7680-1:2015).

k_3 = Correção relativa à direção de extração em relação à direção de adensamento do concreto. Para extrações realizadas ortogonalmente ao sentido de lançamento e adensamento (Pilares, Paredes, Cortinas), $k_3 = 0,05$. Para extrações realizadas no mesmo sentido de lançamento e adensamento (Pisos, Lajes) $k_3 = 0$.

k_4 = Correção relativa ao efeito da umidade (ou sazonalidade) do testemunho. No caso de testemunhos rompidos saturados, $k_4 = 0$. Senão, caso rompidos secos ao ar, $k_4 = -0,04$

Resultados com discrepância superior a 15% em relação à média dos resultados deverão ser estudados com cuidado especial. A critério do responsável pela análise, poderão ser ensaiados testemunhos suplementares, realizados ensaios não destrutivos comparativos ou considerada uma nova subdivisão do concreto lançado.

Itens da ABNT NBR 6118:2014 a serem usados pelos projetistas na análise dos resultados:

- Redução do γ_c : ABNT NBR 6118:2014 item 12.4.1

Deverá ser feita a verificação das peças considerando o seu $f_{ck, ext, seg, 28}$ e dividindo ainda o coeficiente de minoração da resistência do concreto γ_c por 1,1 de acordo com o item 12.4.1 da ABNT NBR 6118:2014, ou seja, para combinações normais $\gamma_c = 1,27$

- Efeito da Idade: ABNT NBR 6118:2014 item 12.3.3

O efeito da idade (trazendo a resistência do testemunho ensaiado para 28 dias, idade padrão para verificação da resistência de concreto) poderá, na maioria dos casos de obras em construção, ser realizado de acordo com o item 12.3.3. da ABNT NBR 6118:2014 considerando cimento ARI (s = 0,2):

$$f_{ck, ext, seg, 28} = \frac{f_{ck, ext, seg, j}}{\beta_1}$$

$$\beta_1 = e^{0,2 \left(1 - \sqrt{\frac{28}{j}} \right)}$$

$$\sigma_{cd} = 0,85 \cdot \frac{f_{ck, ext, seg, 28}}{\gamma_c} \Rightarrow \sigma_{cd} = 0,85 \cdot \frac{f_{ck, ext, seg, 28}}{1,27}$$

Juntamente com a análise de resultados de testemunhos extraídos, é conveniente realizar uma inspeção da geometria e armação da estrutura, a fim de aferir desvios de construção.

Caso o responsável pela análise julgue aplicável, poderão ser empregadas as reduções de sobrecarga de uso (ABNT NBR 6120:1980, ABNT NBR 8681:2003, ABNT NBR 6118:2014).

O Projetista da estrutura deverá alertar a construtora para a necessidade de uma investigação e análise das implicações da não conformidade na vida útil da estrutura e, para isto, sugere-se a contratação de parecer de um consultor especializado.



AUTORES DO PRESENTE DOCUMENTO:

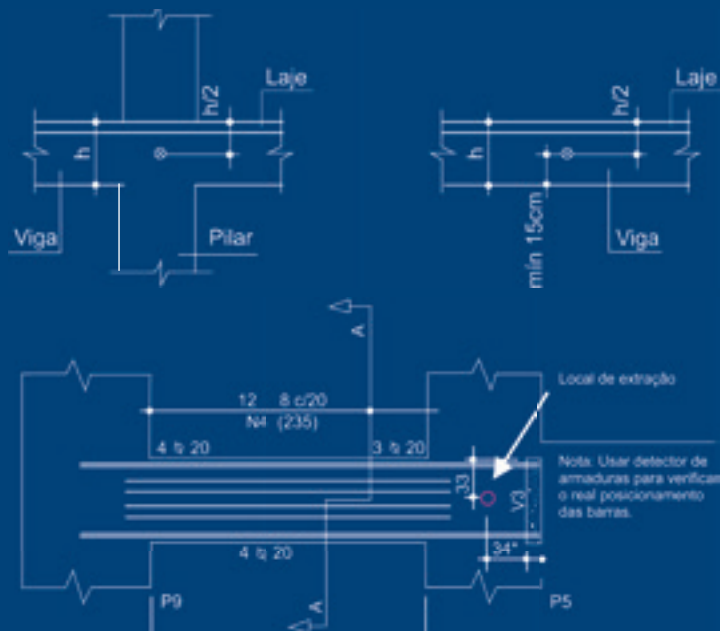
Comissão permanente
Douglas Couto
Thomas Carmona
Demais colaboradores:
Antonio César Capuruço
Augusto G. Pedreira de Freitas
Flávio Renato P. Capuruço
Ricardo L.S. França

Av. Brig. Faria Lima, 1993
6º and. Conj. 61
CEP 01452-001 - São Paulo - SP
Tel.: (11) 3938-9400
Fax: (11) 3938-9407
abece@abece.com.br
www.abece.com.br
http://twitter.com/abece_abece
facebook: ABECE.com.br



ANEXO 1 – Sugestão de Modelo de Extração e Ensaio de Testemunhos

Detalhes Genéricos para extração de testemunhos



ANEXO 2 – Sugestão de Modelo de Relatório de Ensaio de Testemunhos

Elemento: P23C	$f_{ck} \geq$: 45 MPa	Observações Gerais Pilar acessível muita porosidade, indícios de mal adensamento não cortou armaduras Testemunhos extraídos na mesma vertical
Localização: 1 Sub. ao Térreo	$f_{ck, est}$: 34,5 MPa	
Nota Fiscal: 11245	CP01	
Data da Concretagem: 12/04/2011	$f_{ci, ext, inicial}$: 46,5 MPa	
Data da Extração: 09/04/2011	K_1 : 0	
Data do Ensaio: 11/07/2011	k_2 : 0,09	
Idade (dias): 90	k_3 : 0,05	
Dímetro do testemunho: 75mm	k_4 : -0,04	
h/d: 2	$f_{ci, ext}$: 51,2 MPa	
Seção do Pilar: 35/75	CP02	
Armadura Seção: 8 a 25mm	$f_{ci, ext, inicial}$: 48,9 MPa	
Área perdida na extração: 168 cm²	k_1 : 0	
% da Seção perdida: 6,59%	k_2 : 0,09	
Testemunho rompido seco ao ar	k_3 : 0,05	
	k_4 : -0,04	
	$f_{ci, ext}$: 53,8 MPa	

Exemplos de fontes de Testemunhos a ser incluído no relatório



BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

- ABNT NBR 5738** – Moldagem e cura de corpo-de-prova de concreto – Procedimento
- ABNT NBR 5739** – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de concreto – Procedimento
- ABNT NBR 6118** – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento
- ABNT NBR 6120** – Cargas para cálculo de estruturas de edificações – Procedimento
- ABNT NBR 7680-1** – Concreto – Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto – Parte 1: Resistência à compressão axial
- ABNT NBR 8681** – Ações e segurança nas estruturas – Procedimento
- ABNT NBR 12655** – Concreto de Cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento