

# CONVERSE COM O IBRACON

## PERGUNTAS TÉCNICAS

**ESTOU EXECUTANDO UMA OBRA NA QUAL, PARA UMA DETERMINADA LAJE, O CONCRETO COMPRADO COM FCK 40 MPA APRESENTOU RESISTÊNCIAS QUE NÃO PASSARAM DE 30 MPA NOS ENSAIOS EXECUTADOS PELO LABORATÓRIO DE TECNOLOGIA DO CONCRETO PARA ACOMPANHAR TODA A CONCRETAGEM.**

**AO QUESTIONAR A CONCRETEIRA, FORAM EXTRAÍDOS TESTEMUNHOS APÓS PASSADOS 164 DIAS DA CONCRETAGEM. NO RELATÓRIO COM 6 LOTES (36,4/38,7/40,4/40,6/42,6/49,6) DE EXTRAÇÃO, 2 LOTES FORAM REPROVADOS POR VALOR ABAIXO DE 40 MPA. PORÉM, SOB MEU PONTO DE VISTA, OS DEMAIS LOTES, PARA SEREM CONSIDERADOS APROVADOS, DEVEM SER CORRIGIDOS POR UM COEFICIENTE, POR TEREM 164 DIAS. QUAL COEFICIENTE UTILIZAR? E ATÉ ONDE ESTOU CERTO?**

**Renato Rodrigo de Araujo**  
**ENG. CIVIL CREA MG 85932/D**

Caro Renato. Em primeiro lugar, costume e recomendo separar bem os objetivos: um objetivo é COMERCIAL e diz respeito a ter comprado uma resistência e ter recebido, aparentemente, outra.

Isso é fácil de resolver se você tiver certeza da qualidade das operações de ensaio do Laboratório (o Laboratório é Acreditado pelo INMETRO para moldar em campo e romper os corpos de prova na sede?).

Deve-se lembrar que a Concreteira entrega concreto fresco em processo de fabricação e o Laboratório faz a amostragem (em geral, fora da regra), a moldagem (em geral, sem atender à norma), a cura e transporte (em geral, absolutamente fora das normas, pois um concreto jovem de 24h a 36h é um “bebê” que precisa de muito carinho e cuidado), leva para um tanque de

água fora da temperatura e sem cal hidratada, faz uma pilha que não pode, não lixa os topos e usa um capeamento de neoprene vencido, e rompe sem centralizar nem comprovar com um papel carbono.

Nossa experiência e a da maioria dos laboratórios sérios e com Acreditação pelo INMETRO é que de cada 3 resultados que condenam o concreto, 2 são erros de ensaio e apenas 1 é deficiência do concreto!!

Qualquer erro e desacordo com as normas de amostragem, coleta, moldagem, adensamento, cura nas primeiras 36h, transporte, armazenamento, cura/sazonamento no laboratório, preparação dos topos, aferição da prensa, centralização do corpo de prova na prensa, planicidade do contato com os pratos da prensa, só reduzem a resistência à compressão do concreto.

Nada aumenta a resistência de concreto que chegou fresco e bem misturado na obra... a não ser desonestidade (*augmentar deliberadamente a velocidade de carga na prensa ou secar o cp antes de romper*)! Se alguém encontrar uma maneira de aumentar a resistência do concreto depois de amassado, entregue na obra e conforme com o Recebimento, não perca tempo, patenteie a descoberta e vai ficar bilionário!!!... e, por favor, me avise para eu mudar o meu discurso!

Então, se você tem um Laboratório acreditado pelo INMETRO e que faz corretamente as operações de ensaio e você confia nele, fica simples: comprou um  $f_{ck} = 40$  MPa e recebeu um  $f_{ck} = 30$  MPa, paga o preço de  $f_{ck} = 30$  MPa e cobra da Concreteira as demais despesas decorrentes deste fato.

O segundo objetivo é COMPROVAÇÃO, ou seja, comprovar se o laboratório acertou ou errou nas operações de ensaio. Neste caso, precisa extrair testemunhos de concreto (NBR 7680), fazer uma contraprova, mas, infelizmente, bem meia-boca, porque já é difícil um laboratorista amostrar, moldar, adensar, curar de forma correta um concreto... imagina esse concreto na mão dos “peões” de obra!!!

O concreto da obra terá SEMPRE uma resistência bem mais baixa que o concreto do corpo de prova padrão submetido a condições ideais. Óbvio que se o resultado do extraído for maior que o do moldado, quem errou foi o Laboratório... e isso acontece muitas vezes!!!! Neste caso não cobrar nada da Concreteira e cobrar do Laboratório as despesas desnecessárias.

O importante é dizer que se os Laboratórios erram no feijão com arroz do corpo de prova moldado, imagina quanto erram nas operações de extração e ensaio de testemunhos. Já atendi casos em que um Laboratório erra no controle, outro Laboratório (nunca o mesmo) erra na extração e ensaio do testemunho e precisa um TERCEIRO laboratório para encontrar a real resistência do concreto que sempre esteve lá na estrutura, mas os ensaios nos diziam, equivocadamente, que o concreto era não conforme.

O terceiro objetivo é TÉCNICO, ou seja, entender o que significa a resistência medida através de testemunhos extraídos e qual a consequência desse resultado na segurança, durabilidade e desempenho da estrutura.

Envolve o significado da resistência in situ, denominada na *fib* Model Code como  $f_{c,ais}$  e no Brasil como  $f_{c,ext}$ , envolve

a idade, envolve a data de atuação efetiva de cargas elevadas (cargas de projeto  $\cdot \gamma_f$ ), envolve o tipo de cimento, a relação a/c, enfim envolve o significado do  $f_{ck}$  e do  $f_{cd}$  que, infelizmente, ainda há muita dúvida e confusão no meio técnico do país.

No final da década de 60 e início da década de 70, houve uma grande revolução na forma de introduzir a segurança no projeto das estruturas de concreto capitaneada pelo então CEB, hoje *fib*.

A grosso modo (pois faço uma análise detalhada no meu livro “Manual de Dosagem e Controle do Concreto” que pode ser adquirido na book store da website da PhD: [www.phd.eng.br](http://www.phd.eng.br)), no CEB Model Code 1970 (1978), foi introduzido o método semiprobabilista ou método dos coeficientes parciais, no qual considera-se as ações (cargas) e as resistências do concreto e aço como variáveis aleatórias.

A valores característicos dessas variáveis, quantil superior de 5% para cargas (ações) e quantil inferior de 5% para as resistências, são aplicados vários coeficientes “de segurança” ou “de desconhecimento”, majorando as ações e minorando as resistências.

Dessa forma, obtêm-se os valores, agora fixos, de cálculo, indicados com o subscrito ‘d’ de design (projeto). Portanto, passa de ações características  $F_k$  a ações de cálculo  $F_d$ , usando um coeficiente de majoração  $\gamma_f$ .

Para as resistências, mesmo raciocínio, passa de  $f_{ck}$  para  $f_{cd}$ , usando vários coeficientes ( $\gamma_c$ ,  $\alpha_{cc}$ ,  $\eta_{fc}$ ) e o aço de  $f_{yk}$  para  $f_{yd}$  usando gamas.

Daí pra frente, é tudo fixo e vale a teoria de projetar segundo a mecânica das estruturas, a teoria da elasticidade e

da plasticidade em alguns casos, tudo deterministicamente.

A importância e vantagem desse monte de coeficientes, ao invés de um ou dois como era até 1978, é que cada um representa uma variável desconhecida e à medida que vamos conhecendo melhor essa variável, a gente pode ir aperfeiçoando o método, sem comprometer a segurança.

Por exemplo, hoje o *fib* Model Code 2020 prescreve  $\gamma_c = \gamma_{c1} \cdot \gamma_{c2} \cdot \gamma_{c3} = 1,37 \cdot 1,05 \cdot 1,05 = 1,50$ , onde já há um consenso que 1,05 se refere à imprecisão de modelos de cálculo e diferenças geométricas e 1,37 se refere a todas as diferenças entre a resistência do concreto do corpo de prova padrão que fornece a resistência potencial do concreto na boca da betoneira e a resistência do concreto (efetiva) na estrutura real. Muito bacana e podemos ir afinando...

Mas, além do  $\gamma_c$ , tem de levar em conta a idade que interfere no grau de hidratação do cimento durante toda a vida útil da estrutura (50 anos), que aumenta muito a resistência do concreto efetivo da estrutura real comparado com a resistência do corpo de prova na idade de ruptura, em geral 28 dias, conhecido por  $f_{ck,est}$ . Mas, falta ainda considerar o decréscimo da resistência devido às cargas de longa duração (efeito Rusch). O *fib* Model Code 2020 introduziu então o coeficiente  $\alpha_{cc}$  para representar o produto desses dois coeficientes, o que cresce e o que decresce.

Resumindo, admitindo  $\gamma_c$  fixo e igual a 1,5, que é minha recomendação e também a da *fib*, podemos “jogar” com o  $\alpha_{cc}$ , que é o produto de duas equações (modelos matemáticos), que representam os dois fenômenos de crescer e de decrescer.

Então para responder a você, a gente precisa fazer o produto para cada caso, levando em conta se o elemento em pauta (pelo que entendi uma laje) já recebeu a carga de projeto nesses 164 dias antes da extração, ou não. Se não recebeu a carga de projeto, mesmo que por apenas 15 minutos ou mais, pode regredir a resistência utilizando o coeficiente  $s$  da curva de crescimento, desde que você saiba qual o tipo de cimento utilizado (CP I, II, III, IV ou V), em geral descrito na carta traço.

Se você já carregou a laje antes de extrair os testemunhos, então você deve usar o inverso do  $\alpha_{cc}$ , ou seja aumentar  $f_{c,ext}$  para regredir a  $f_c$  28 dias.

Minha sugestão final é você “engenhrear” a resposta, ou seja, usar ciência+bom senso. Examina a obra, está bonita, perfeita, laje sem flecha, espessura de laje correta, sem bicheira, sem friabilidade superficial, aceita e esquece.

Se a obra estiver mal feita, laje com flecha, espessura errada para menos ou para mais, superfície friável, com bicheira... considera a resistência média da laje, verifica a segurança e toma as providências cabíveis.

Na minha opinião, regredir resistência a 28 dias admitindo ou supondo uma curva de crescimento e outra de decréscimo é sempre desaconselhável no caso de verificação estrutural, mas pode ser feito no caso de comprovação (contra-prova) do controle do  $c_p$  moldado. O ACI 318, eu e outros pesquisadores recomendam desprezar a idade nessas verificações estruturais.

**PROF. PAULO HELENE**

**VICE-PRESIDENTE DO IBRACON,**

**DIRETOR PHD ENGENHARIA** 