

DURABILIDADE EQUIVOCADA

ENGENHEIROS E TÉCNICOS COSTUMAM ASSOCIAR DURABILIDADE DO CONCRETO COM SUA RESISTÊNCIA MECÂNICA. ENTRE EM SINTONIA COM O ACI 2008 PARA, DEFINITIVAMENTE, ENTENDER O CONCEITO DE DURABILIDADE.

ANÁLISE

Patrícia
Karina Tinoco

Continuamos a construir obras de arte sem os devidos critérios dados ao item durabilidade. Continuaremos a ter os mesmos problemas e as mesmas patologias. Até quando?

Você sempre pega o espírito da coisa? Geralmente o espírito da coisa é algo que fica subentendido. Só as pessoas atentas conseguem captá-lo. A verdade é que, em um mundo cada vez mais pragmático, é difícil pegar o espírito da coisa, seja que coisa for essa. Tratamos aqui da durabilidade do concreto.

Durabilidade. Arte de resistir. E a pergunta acontece: o que faz um concreto durar?

Quais os segredos para sua durabilidade? Associar durabilidade ao concreto significa dar-lhe resistência ao envelhecimento, a ataques químicos, à abrasão, ao mesmo tempo em que suas propriedades mantêm-se intactas. Diferentes concretos necessitam de diferentes níveis de durabilidade, na medida em que o expomos a diferentes tipos de ambientes. Parece que pegamos o espírito da coisa, não? Concreto faz parte

de nossas vidas e, claro, sua durabilidade foi e será sempre importante para nós. Para falarmos de durabilidade do concreto, contudo, precisamos nos reportar ao ACI 318: código de obras para concretos estruturais, do American Concrete Institute que, desde 1989, chama a atenção de engenheiros e projetistas para seu capítulo 5: da necessidade de se considerar o aspecto durabilidade, **antes** de projetar um concreto estru-

Continua na pág. 6

RECUPERAR • Setembro / Outubro 2008

Designed for the urban wild.



TOP COAT CARBO FC
Tele-atendimento
(0XX21) 3154-3250
fax (0XX21) 3154-3259
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 02

Com **TOP COAT CARBO FC** você está acessando o nano-age world. Ele é superior a tudo que você aplicou como película de proteção. **TOP COAT CARBO FC** é o mais perfeito coating para enfrentar a carbonatação do concreto em estruturas urbanas e industriais.

tural. Na realidade, pouquíssimos profissionais, desde então, pegaram o tal espírito da coisa. O resultado que vemos com frequência são estruturas ou concretos mal projetados, sem qualquer consideração para aquela característica que, em pouco tempo, traduz-se em patologias específicas, próprias do ambiente envolvente.

A versão do ACI 318 de 2008

A turma do ACI percebeu este grande equívoco e, em sua nova versão, o ACI 318-08, promoveu uma grande reestruturação do capítulo durabilidade, começando com uma nova definição das várias categorias de exposição, subdivididas em diferentes classes, que dependem da severidade do ambiente o qual deverá ser previamente conhecido e analisado. As novidades, basicamente, são as seguintes:

- Expõem, de maneira clara, os itens pertinentes à durabilidade, simplificando a maneira como a especificação deverá ser feita, oferecendo um detalhamento específico para cada tipo de peça estrutural.
- De forma interessante, o código chama a atenção para as classes de exposição "não aplicáveis", tirando qualquer possível dúvida que possa ocorrer para o necessário enquadramento.
- Estabelece, para as nossas condições, 3 categorias de exposição diretamente ligadas à durabilidade:

- Categoria S

Para concretos com exposição a soluções sulfatadas, tanto em solos quanto em águas:

As classes de exposição para peças de concreto em contato com sulfatos, tanto para solos quanto para águas, baseiam-se na concentração destes sulfatos. O novo método, tornado como padrão e que sempre deverá ser citado nas especificações é o ASTM C-1580, "Método para sulfatos solúveis em água para contato com solos". Um detalhe interessante: note que a água do mar, naturalmente, contém uma grande concentração de sulfatos. No entanto, é classificada como exposição moderada, apenas. O motivo é que sua química, tão complexa que é, a torna menos severa para ataque de sulfatos e mais agressiva para o problema de corrosão das armaduras. Na tabela abaixo, o ACI 318-08 apre-



Tubulações de concreto são campeãs em matéria de patologias por contaminação, devido a solos submetidos a águas sulfatadas.

Tabela S1: Definição das classes de exposição a sulfatos

Classe de exposição	Sulfatos solúveis (SO ₄) em água para solos, %	Sulfatos (SO ₄) em água (ppm)
S0 (não aplicável)	SO ₄ < 0,10	SO ₄ < 150
S1 (moderada)	0,10 < SO ₄ < 0,20	150 < SO ₄ < 1.500 Água do mar
S2 (severa)	0,20 < SO ₄ < 2,00	1.500 < SO ₄ < 10.000
S3 (muito severa)	SO ₄ > 2,00	SO ₄ > 10.000



100% atóxica, pode ser usada em contato com água potável.

Junta Evazote

A **JUNTA EVAZOTE** é resistente à ação mecânica e química. Ideal para ser aplicada em todo tipo de juntas de dilatação, tanto de pontes como de edificações. Borracha extremamente resistente ao tempo e ao desgaste abrasivo, totalmente impermeável, formada com copolímeros de polietileno de baixa densidade e acetato de etileno vinílico. Colada com epóxi, **EVAPÓXI** é superior a todas as juntas do mercado e **NÃO PRECISA INJETAR AR**.



JUNTA EVAZOTE
Tele-atendimento
(0XX21) 3154-3250
Fax consulta nº 03

sentados de suma importância com relação aos sulfatos.

Para ter alguma resistência aos sulfatos, todo concreto deve ter um baixo fator água/cimento, de modo a minimizar a difusão da água, através de seus poros e interstícios. Outro aspecto importante é o uso de cimentos adequados para a elaboração do concreto, pelo fato de que é a sua fase aluminato que sofre com o ataque dos sulfatos. O ACI 318-08 já permite o uso de combinações cimentícias alternativas conforme a tabela S2, des-

Tabela S3: Adequabilidade de concretos expostos a sulfatos solúveis em água

Classe de exposição	Expansão máxima quando testado de acordo com a ASTM C1012
S1	0,10% para 6 meses
S2	0,05% para 6 meses ou 0,10% para 12 meses
S3	0,10% para 18 meses

de que sejam previamente testadas. A norma ASTM C1012, "Método para mudanças de comprimento em barras de argamassas hidráulicas cimentícias expostas à solução de sulfatos" é o normativo de referência para o critério

de expansão, conforme a tabela S3, de acordo com a recomendação do American Concrete Institute, através do seu comitê de durabilidade 201. Nele, há recomendação para o uso de pozolanas de todo tipo, quando houver constante ataque por altas concentrações de sulfatos, tanto em solos quanto em águas. Havendo exposições do tipo S2 e, caso o critério de exposição de 6 meses não atenda, poder-se-á substituí-lo pelo de 12 meses. Toda e qualquer formulação cimentícia é recomendada, desde que tenha histórico de bom comportamento. Para todas estas situações dever-se-á proteger a superfície do concreto com revestimento epóxico do tipo novolac, aplicando um revestimento como acabamento, tipo anti-carbonatação.

Tabela S2: Requisitos para concretos em contato com sulfatos solúveis em água para solos ou águas

Classe de exposição	Max Fator A/C	Fck mínimo kg/cm ²	Tipos de Aditivos Cimentícios			Requisitos Mínimos Adicionais
			ASTM C 150	ASTM C 595	ASTM C 1157	
S0	–	–	–	–	–	–
S1	0,50	290	II	IP(MS), IS(<70)(MS)	MS	–
S2	0,45	320	V	–	HS	Nenhum aditivo a base de cloreto de cálcio
S3	0,45	320	V + pozzolana ou cinzas	–	HS + pozzolana ou cinzas	



ATAQUE QUÍMICO EM PISOS DE CONCRETO?

Proteja suas superfícies de concreto contra a ação de ácidos (com grande concentração) e substâncias fortemente alcalinas com o **EPÓXI 28**. Moderníssimo sistema de epóxi novolac made in USA, especialmente projetado para suportar tudo aquilo que os melhores epóxios não conseguem suportar.

Ataque Químico não mete mais medo.

EPÓXI 28

Tele-atendimento
(0XX21) 3154-3250
fax (0XX21) 3154-3259
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 04

- Categoria C

Para condições que necessitem de proteção contra a corrosão das armaduras.

O sinal mais comum de deterioração do concreto é, sem sombra de dúvida, a corrosão de suas armaduras. Conseqüentemente, todo e qualquer deslocamento causado pelo concreto da seção de suas barras é perigoso. A segurança estrutural torna-se mais crítica para estruturas protendidas, a medida que o aço de protensão é mais susceptível à corrosão. Abaixo apresentamos as classes de exposição que necessitam proteção contra a corrosão das armaduras.

- C0 (não aplicável)

Para concretos que convivem em ambientes secos ou que sejam protegidos com revestimentos adequados ao ambiente específico.

- C1 (moderado)

Concreto exposto à umidade, mas sem fonte de contaminação por sais do tipo cloretos, sulfatos etc.

- C2 (severo)

Concreto exposto à umidade e a fontes de contaminação por sais do tipo cloretos, sulfatos etc, ataque químico, água do mar e maresia.

A tabela C apresenta, para concretos protendidos, tolerâncias bem pequenas para contaminações por sais. Apenas a condição severa, classe C2, apresenta limites para o fator A/C, de modo a minimizar a penetração de sais e do CO₂ (carbonatação) através dos poros e capilares do concreto, originando a corrosão das armaduras e do aço protendido. Os limites de sais cloretos na tabela C protegem, adicionalmente, contra a própria contaminação da água e agregados utilizados no concreto. Outros normativos do ACI são mais rigorosos com relação ao limite de íons cloretos. Por outro lado, o ACI 318-08 e os demais normativos do ACI são unânimes em recomendar camadas de recobrimento espessas, adequadas ao ambiente. No entanto, esta exigência não impede, apenas retarda o aparecimento do processo corrosivo, já que como falso sólido que é, o concreto é inoperante para impedir tal migração de contaminantes. Daí, a necessidade do uso de proteção catódica com anodos do tipo TELA G, PASTILHA G, FIO G etc. A proteção da superfície deverá



Estruturas de portos são as que mais sofrem pela inobservância do quesito durabilidade. O concreto e o aço não resistem ao meio marítimo. É preciso protegê-los adequadamente.

Tabela C: Requisitos para concreto armado que necessite de proteção contra a corrosão nas armaduras

Classe de exposição	Max Fator A/C	Fck mínimo kg/cm ²	Limite de íons cloretos (% em peso de cimento)	Requisito mínimo adicional
Concreto armado				
C0	–	–	1,00	–
C1	–	–	0,30	–
C2	0,40	350	0,15	Revestimento de proteção
Concreto protendido				
C0	–	–	0,6	–
C1	–	–	0,6	–
C2	0,40	350	0,6	Revestimento de proteção

estar a cargo de um revestimento poliuretânico anticarbonatação.

estar a cargo de um revestimento poliuretânico anticarbonatação.

As melhores estruturas pedem...

SILANO-CORR

É concreto armado e protendido com repelência à água e com agente secreto protetor da corrosão. Não aparecem, mas estão lá dentro, garantindo impermeabilidade natural e proteção para as armaduras e cabos de protensão.

SAIA DOS VERNIZES QUE NADA PROTEGEM.

**SILANO-CORR é a proteção natural
do concreto aparente.**

SILANO-CORR

Tele-atendimento

(0XX21) 3154-3250

fax (0XX21) 3154-3259

produtos@recuperar.com.br

Fax consulta nº 05

- Categoria P

Para concretos que exijam impermeabilidade no contato com a água.

Trata-se de uma situação tipicamente adequada a estruturas hidráulicas. As condições de exposição são as seguintes:

- P0 (não aplicável)
Concretos onde não há necessidade de impermeabilidade à água.
- P1 (necessário)
Concretos que necessitam impermeabilidade à água.

Todos os requisitos são apresentados na tabela P



Extensas superfícies de concreto aparente necessitam proteção com hidrofugante silano, de preferência com agentes inibidores. Sem isto, superfícies de concreto tornam-se um convite à ação deletéria do tempo.

Tabela P: Requisitos máximos para concreto impermeável à água

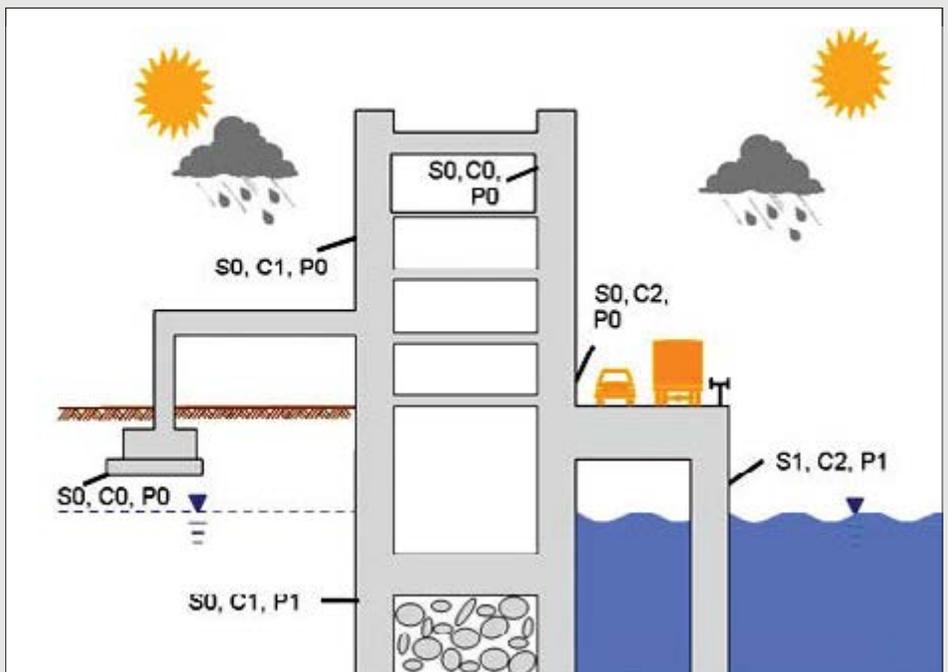
Classe de exposição	Máximo A/C	Mínimo Fck (kg/cm ²)
P0	-	-
P1	0,50	290

dição de pseudo-sólido do concreto. Assim, um tratamento superficial cristalizante é mais honesto e adequado.

O ACI 318-08 recomenda aquilo que todos já sabem: para tornar o concreto mais impermeável reduza o fator A/C. O fator A/C, para a classe de exposição P1, é o menos restritivo comparado a outras classes de exposição onde se deseja impermeabilidade. Na verdade, é meio utópico este desejo de impermeabilidade, tendo em vista a con-



Panorama de um poro do concreto feito com microscopia eletrônica de varredura, antes da aplicação de um tratamento com cristalização.



Exemplo de categorias de exposição com o objetivo de obter durabilidade, considerando peças em diferentes estruturas de concreto armado, submetidas a diversas condições.

Existe uma forma mais inteligente de detonar uma estrutura ou rocha.

DEMOX é um revolucionário cimento extremamente expansivo, ideal para corte de rochas e concreto. Age em função da dilatação de seu volume, exercendo nas paredes do furo força superior a 8.000g/m², provocando fraturas no material. DEMOX é um produto altamente ecológico, pois além de não ser explosivo, não produz gases e resíduos nocivos. Seu campo de ação é praticamente ilimitado. Serve para romper, cortar ou demolir rochas, concreto, concreto armado e situações onde, por razões de segurança ou preservação do meio ambiente, o uso de explosivos não seja possível.

Pode ser usado para a execução dos seguintes trabalhos:

- Escavação e demolição de fundações.
- Correção de rochas para construção de estradas.

- Escavações subterrâneas.
- Eliminação de blocos de pedra.
- Escavações marítimas, mesmo submarinas.
- Escavações de valas para posicionamento de dutos.
- Demolição de pilares, torres e paredes (de concreto armado ou não).
- Pré-fissuramento de formações rochosas com a criação de blocos isolados.

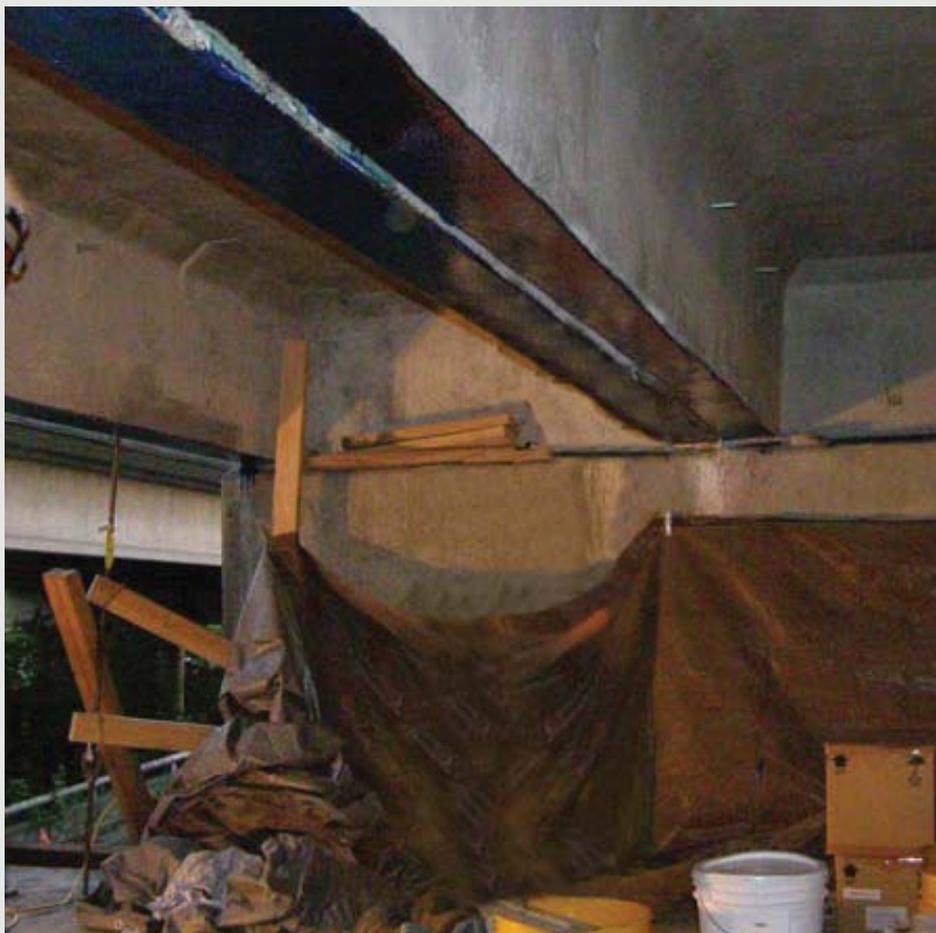
**Use tecnologia.
Use DEMOX.**

Tele-atendimento
(0XX21) 3154-3250
Fax consulta nº 06



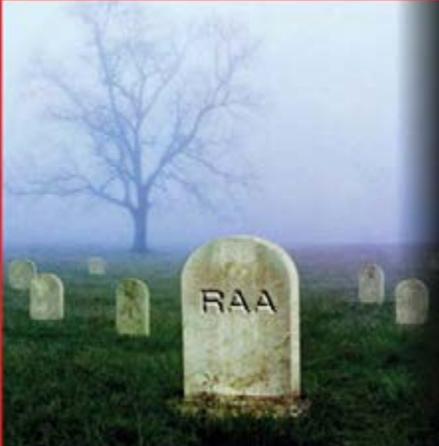
Tabela X: Programa de amostragem para peças estruturais

Peças de edificações	Tensões mínimas	Durabilidade		
	Fck (kg/cm ²)	S	C	P
Fundações e pisos internos	220	S0	C1	P0
Pilares internos, vigas e lajes suspensas	290	S0	C0	P0
Pilares externos e vigas	290	S0	C1	P0
Pisos externos	290	S0	C1	P0



Este reforço estrutural, com fibra de carbono, neste fundo de viga foi motivado por fissuramento e fluência.

O assassino da Reatividade Alkali-Agregado (RAA)




RENEW
Tele-atendimento
(0XX21) 3154-3250
fax (0XX21) 3154-3259
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 07

Limitações

Contudo, nota-se que o ACI 318-08 peca por não citar outros parâmetros também importantes com relação à durabilidade ou que impactam na performance de estruturas de concreto. Aspectos como a reatividade álcali-agregado, abrasão, fissuramento e deslocamento devido a altas temperaturas, retração e a fluência. Evidentemente, encontraremos em outras normativas como o ACI 350 e o ACI 201.1R os demais requisitos para a desejada durabilidade. No tocante às edificações, apresenta-se na tabela X, o programa de requisitos desejáveis.



fax consulta nº 08



RECUPERAR

Para ter mais informações sobre Análise.

www.recuperar.com.br

REFERÊNCIAS

- **Patrícia Karina Tinoco** é engenheira civil especialista em química e física da construção.
- Bickley, J. A.; Hooton, R. D.; and Hover, K. C., "Preparation of a Performance-Based Specification for Cast-in-Place Concrete," RMC Research Foundation, January 2006, 155 pages
- Lobo, C., "New Perspective on Concrete Durability," *Concrete infocus*, National Ready Mixed Concrete Association, Silver Spring, Maryland, Spring 2007, pages 24 to 30.
- Detwiler, R. J., and Taylor, P. C., *Specifier's Guide to Durable Concrete*, EB221, Portland Cement Association, Skokie, Illinois, USA, 2005, 68 pages.
- Kerkhoff, Beatrix, *Effects of Substances on Concrete and Guide to Protective Treatments*, IS001, Portland Cement Association, 2001, 36 pages.
- Miller, F. M.; Detwiler, R.; and Powers, L., *Investigation of Deteriorated Concrete in Pavement*, Portland Cement Association, Skokie, Illinois, August, 2000.
- *Pavement Durability: A Case Study*, Concrete Technology Today, Vol. 21, No. 2, CT002, Portland Cement Association, Skokie, Illinois, July, 2000
- SHRP, *Distress Identification Manual for the Long-Term Pavement Performance Project*. SHRP-P-338, Strategic Highway Research Program, Washington, DC, 1993
- Sutter, L. L.; Peterson, K. R.; Van Dam, T. J.; Smith, K. D. and Wade, M. J.; *Guidelines for Detection, Analysis, and Treatment of Materials-Related Distress (MRD) In Concrete Pavements*

OUÇA AS ESTRUTURAS IV

COM O MONITORAMENTO DA ATIVIDADE ESTRUTURAL (MAE) NUNCA AS ESTRUTURAS ESTIVERAM TÃO PERTO DO CONCEITO DE "INTELIGENTES". CONHEÇA MAIS SOBRE O ASSUNTO.

MONITORAMENTO

Mariana Tati

Este viaduto, construído nos anos 60, faz parte de uma rodovia federal por onde passa um fluxo de 60.000 veículos diariamente e que não para de crescer. A superestrutura apresenta grandes problemas de corrosão nas armaduras das vigas e lajes, além de fissuras e trincas sem relação com a corrosão. Foi submetido a uma MAE para checagem estrutural e da corrosão.

Tem gente que acabou de completar trinta anos de idade e já começa a falar coisas como: “no meu tempo” isso, “no meu tempo” aquilo. Imagina então quem está fazendo quarenta, cinquenta, ou mais? Está todo mundo em pânico, com medo de envelhecer. O que, de certa forma, é um medo mais razoável do que ter medo da morte pois essa virá a qualquer hora. Envelhecer é um processo lento e com muitos sabores. A perda de energia. A perda

do pique. A perda do charme. A perda da saúde física. Já relatei a semelhança entre modernos sensores, e cada vez mais sensíveis, “hoje aplicados em estruturas e solos e o paradigma biológico humano. Pois é, esta matéria já é a parte prática e de campo da utilização do Monitoramento da Atividade Estrutural (MAE) em um viaduto urbano, com quarenta anos de estrada, pertencente a uma rodovia federal, próximo ao mar, por onde passam 60.000 veículos/dia.

GLOSSÁRIO

Transdutores – qualquer dispositivo que transforma um sinal de determinado tipo num sinal de outro tipo. Um alto-falante é um transdutor eletroacústico, transformando sinais elétricos em acústicos. Quando tem fonte própria é dito ativo. Quando apenas transforma sinais, sem fonte de energia própria é dito passivo.

Transmissores – aparelhos que transmitem sinais.

Atuadores – aparelhos que convertem energia líquida em energia mecânica.

Sensor – aparelho que converte energia de uma forma para outra. A energia de entrada no sensor representa o fenômeno físico/químico que se deseja medir.

Continua na pág. 16

RECUPERAR • Setembro / Outubro 2008

Monitoramento da Atividade Estrutural (MAE)



MAE
Tele-atendimento
(0XX21) 3154-3250
fax (0XX21) 3154-3259
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 10

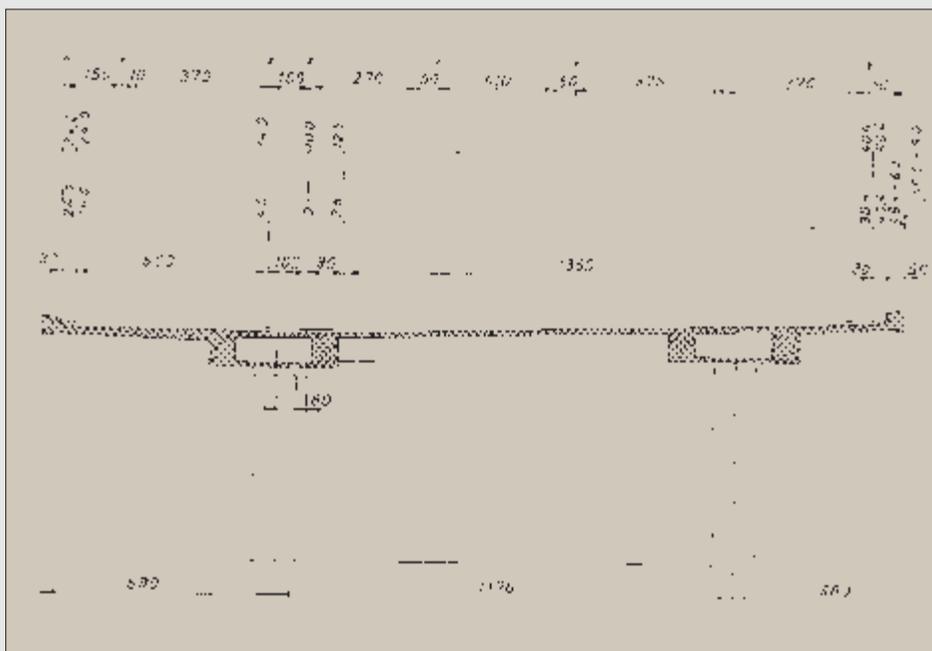
GLOSSÁRIO

Temperatura – grandeza que caracteriza o equilíbrio térmico de um sistema simples ou em relação a outro. Quando há equilíbrio, a temperatura é constante em todos os pontos.

Calor – forma de energia (e também medida desta energia) que pode ser transferida de uma para outra estrutura, sem ser acompanhada de transporte de massa e/ou da execução ou recebimento de trabalho, graças à diferença de temperatura existente entre dois sistemas. A troca de calor (troca térmica) provoca alteração no estado das estruturas, sem que tenham recebido ou cedido trabalho. Forma ou manifestação especial de energia em trânsito, conversível em trabalho e vice-versa; base do 1º princípio da termodinâmica.



Sensor para monitorar movimento de uma trinca no tabuleiro do viaduto.



Seção do viaduto, com seus dois caixões e seus dois pilares.

Descrição da estrutura

Este viaduto com 220m de extensão foi construído em 1965 e é composto por duas vi-

gas-caixão em concreto protendido formando, na verdade, duas estruturas posicionadas de forma paralela e justaposta, formando 11 vãos apoiados em pilares de seção



Lápis medidor de PH para Superfícies de Concreto

LÁPIS MEDIDOR DE PH
Tele-atendimento
(0XX21) 3154-3250
fax (0XX21) 3154-3259
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 11

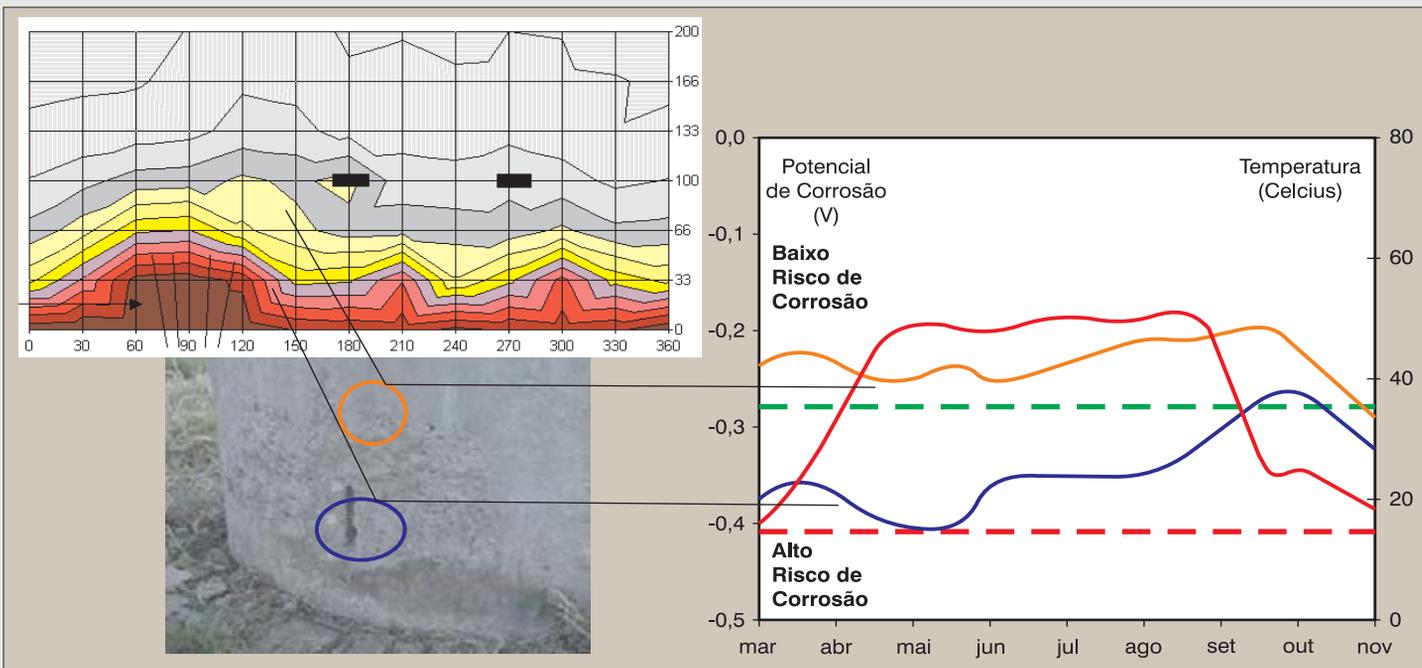


TECNOLOGIA?

Evite isto!

Para medir os potenciais de corrosão no concreto armado já está disponível o novo conjunto semi-pilha CPV-4 com voltímetro digital. A semi-pilha CPV-4 é um revolucionário instrumento que mede os potenciais de corrosão em superfícies de concreto armado e protendido. Com este equipamento poder-se-á levantar ou monitorar, de tempos em tempos, possíveis estados de corrosão e a sua velocidade, antes que a estrutura apresente sinais de ruína por sintomas de corrosão (desplacamentos).

CPV-4
Tele-atendimento
(0XX21) 3154-3250
fax (0XX21) 3154-3259
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 12



O mapeamento da esquerda foi montado com valores dos potenciais de corrosão obtidos com semipilha padrão, periodicamente (estático). O da direita, foi obtido com a instalação de sensor de corrosão (dinâmico). Esta comparação interessante permitirá evidenciar a importância do sensor dinâmico e a fluabilidade dos potenciais, principalmente nos períodos de chuva, nos pilares do viaduto.

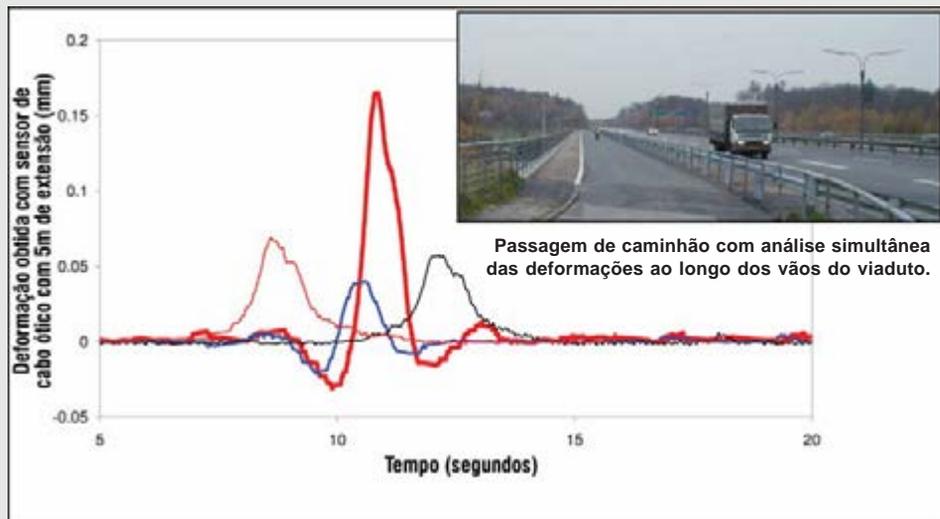
circular. Com 10 anos de vida, em 1975, recebeu os primeiros trabalhos de tratamento da corrosão e recuperação estrutural. Aos 30 anos, em 1995, recebeu um segundo tratamento, também contra a corrosão e recuperação estrutural.

MAE

O propósito do MAE, mesmo que tardiamente, foi fazer um check-up na estrutura para levantar sua condição estrutural após quarenta anos de vida e “duas cirurgias” relativamente caras. Sua condição, antes do MAE, despertou sinais de preocupação pois existiam trincas e fissuras nas regiões críticas estruturais e, principalmente, nas zonas com corrosão, anteriormente tratadas. O MAE, acima de tudo, identificaria a eficiência dos tratamentos anteriores com relação a monoliticidade, qualificando e quantificando possíveis tratamentos subsequentes, de forma justa e inteligente, evitando gastos de vistorias técnicas, tratamentos inadequados e, certamente, caros.

A instrumentação

A informação a ser obtida pelo MAE visa, acima de tudo, planejar atividades de manutenção, recuperação, segurança, verificação de hipóteses e redução de toda sorte



Passagem de caminhão com análise simultânea das deformações ao longo dos vãos do viaduto.



Sensor de cabo óptico posicionado no interior de viga-caixão.

de incertezas. As informações obtidas a cada segundo, 24 horas por dia, transmitidas por linha de telefones fixo, celular ou por satélite permitem o acompanhamento por todas as pessoas envolvidas com a estrutura. Com este objetivo, idealizaram-se para esta obra os seguintes instrumentos:

- 1 estação de monitoramento com transferência de dados via modem.
- 8 cabos óticos para análise estrutural (sensores de deformação).
- 5 sensores de corrosão tipo A.
- 20 sensores de corrosão tipo B.
- 3 sensores de umidade.

Continua na pág. 19



PVC BOND

10 milhões de m² colocadas no mercado atestam a eficiência da manta de PVC flexível, ultra resistente, 100% aderida. Peça seu catálogo hoje mesmo.



A melhor manta impermeabilizante anticorrosiva, 100% aderida.

- Cisternas.
- Tanques de dejetos e efluentes.
- Reservatórios e canais.



tel.: (21) 3154-3253
www.rogertec.com.br

Concrete Solutions...

...to Repair & Protect Structures.



Recuperação/Reforço Estrutural
Impermeabilização de Tanques Industriais
Refundações
Consolidação de Solo Mole
Proteção Catódica


ENEGRAUT
25 ANOS

*Concrete Solution for
Making Your Project a Success*

www.engegraut.com.br
engegraut@engegraut.com.br
tel: 21 - 3154-3253 • fax: 21 3154-3259
GRUPO RECUPERAR

Os resultados

Órgãos municipais, estaduais e federais em todo mundo já entenderam a enorme importância do MAE, tanto do ponto de vista econômico quanto técnico. Com este último, fornecendo conhecimento claro e transparente da saúde da estrutura: a melhor estratégia para ações inteligentes de gerenciamento, seja nas cidades ou em lugares distantes. Estimativas de comportamento estrutural e de corrosão com base em prognósticos são imprecisas, geralmente demasiadas e custosas. Usualmente, desconsideram comportamentos específicos estruturais do tipo fadiga, fluência e relaxação como a dinâmica da corrosão. A análise do MAE, para este viaduto, foi

feita durante um período contínuo de 9 meses, de modo a se obter um mínimo de representação ambiental. Na investigação da corrosão associou-se o trabalho contínuo do monitoramento dos potenciais de corrosão com a resistividade, obtendo-se informação gráfica direta. Verificou-se que, no período de chuvas, os potenciais de corrosão exacerbavam-se, evidenciando presença de células de corrosão enrustidas, mas existentes, instaladas, que só apareciam nesses períodos. Ficou evidente a necessidade do tratamento da corrosão essencialmente nos pés dos pilares e em alguns trechos de lajes bem localizados. Na investigação do comportamento estrutural, os 8 cabos óticos posicionados nos vãos do viaduto evidenciaram o que o cli-

ente desejava: o viaduto, em todas as horas de pico, comportou-se com deformações plenamente aceitáveis, demonstrando plena forma.



fax consulta nº 13



RECUPERAR

Para ter mais informações sobre Monitoramento.

www.recuperar.com.br

REFERÊNCIAS

- Mariana Tati é engenheira civil e trabalha no repairbusiness na área de monitoramento.

O menor do ECOIMPACTO



Agora sim, é possível detectar problemas como deslocamentos, fissuras, ninhos de concretagens etc nas estruturas de concreto armado-protendido, de forma fácil e econômica. Com o ECOIMPACTO PIES, além de exceder as recomendações do ASTM C-1383, é possível analisar estruturas com até 10m de espessura, sua resistência à compressão e seu módulo de elasticidade. No equipamento estão inclusos dois sensores piezoelétricos, dois martelos para impacto, um digitador portátil de duplo canal e software compatível com Windows®, capaz de fazer gráficos e cálculos.



ECOIMPACTO

Tele-atendimento
(0XX21) 3154-3250
fax (0XX21) 3154-3259
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 14

Bomba Versátil

Bomba universal com acionamento elétrico para transporte, injeção e projeção de tintas, natas e argamassas bombeáveis de consistência plástica e fluida com granulometria máxima de 2mm. A Bomba RG10 possui pressão de trabalho de 30kg/cm² e variação de velocidade de bombeio. RG10 é a bomba ideal para sua obra.



MAX RG10

BOMBA RG10

Tele-atendimento
(0XX21) 3154-3250
fax (0XX21) 3154-3259
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 15

EXPANDIR PARA NÃO RETRAIR

CADA VEZ MAIS PRESENTES NO REPAIRBUSINESS, AS MASSAS QUE COMPENSAM O INTRÍNSECO FENÔMENO DA RETRAÇÃO SÃO, HOJE, ITEM OBRIGATÓRIO NAS OBRAS



ANÁLISE

Thomas Kim

Toda a fachada do Museu Guggenheim de Nova York foi motivo de recuperação recente. Doze camadas de tinta já não escondiam enormes e extensas fissuras existentes, amoitadas desde sua inauguração em 1959. O MAE, executado durante o ano de 2007, delimitou toda a carga de reparos necessários, finalizados no início deste ano. Toneladas de argamassa, isenta de retração, foram utilizadas, de modo a compatibilizarem-se com o concreto da fachada. Os processos de corrosão foram tratados com Pastilhas Galvânicas.

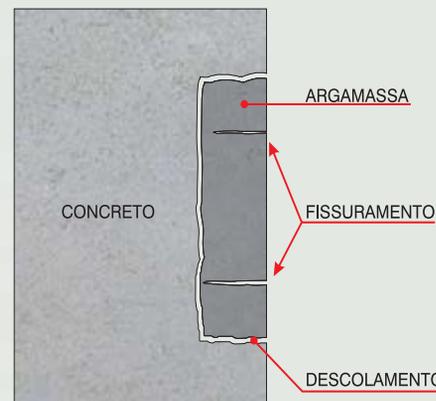
Falcatruas, alagamentos, violência urbana. A cada manhã, abrimos os jornais e é a mesma indecência política. Nas ruas, perdemos tempo com os mesmos engarrafamentos. Escutamos as mesmas queixas em nosso trabalho. É sempre o mesmo, o mesmo. Como é bom quando algo nos surpreende!

Uma boa surpresa, para nós que trabalhamos com e diante de problemas no pulsante mercado do repairbusiness, é perceber que a massa de recuperação, aplicada na

restauração de pavimento ou viga, continua agarrada, desesperadamente, no local tratado, sem evidenciar aquelas cefaléias do processo de retração.

As massas que compensam

Vacinados, sabemos que o fenômeno da retração é um baita problema ao recuperar, já que Massas Comuns (MC) submetem-se a movimentos diferenciais em relação ao antigo substrato, já estável. As MCs, uma vez



Situação trivial: trincas e fissuras nas argamassas nem sempre evidenciam o natural processo de descolamento do substrato.

RESISTIVIDADE DO CONCRETO?

O novo medidor de resistividade RG-3000 é simples e revolucionário. Enquanto os tradicionais trabalham na superfície com 4 eletrodos o RG-3000 utiliza apenas 2 eletrodos que são inseridos no concreto. Por que? Porque processos de carbonatação e outras contaminações afetam seriamente a resistividade superficial o que, hoje, deve ser evitado. Os dois eletrodos do RG-3000 são espaçados de 5cm, bastando fazer os furos no concreto, preenchê-los com gel condutivo e inseri-los para obter a real resistividade do concreto. Simples e eficiente.

Nível de resistividade	Possíveis níveis de corrosão nas armaduras
< 5	Muito alto
5 - 10	Alto
10 - 20	Moderado a baixo
> 20	Insignificante

Características do RG-3000

- Investiga a presença de correntes de corrosão na estrutura.
- Econômico e fácil de usar.
- Leitura direta da resistividade. Seus dois eletrodos-sonda evitam problemas de erros nas medidas tiradas na superfície.



RG-3000

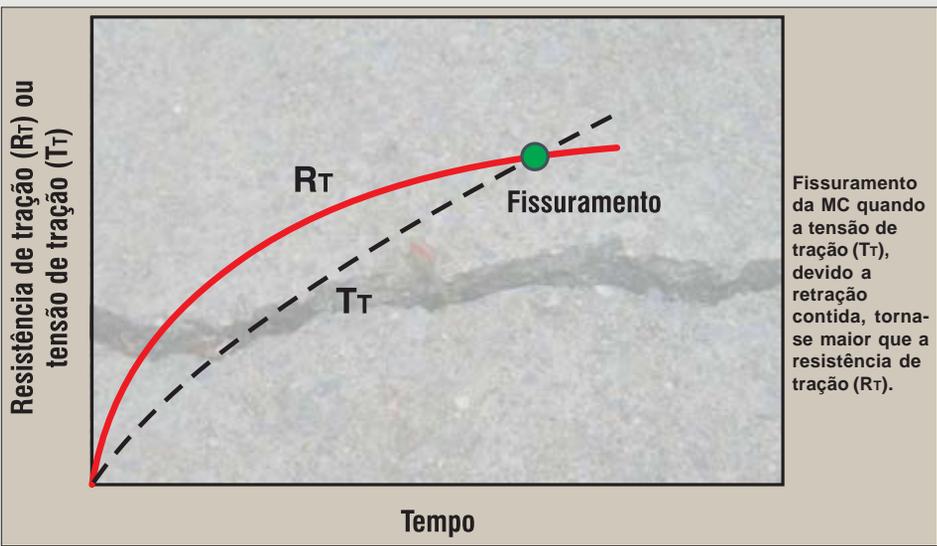
Tele-atendimento

(0XX21) 3154-3250

fax (0XX21) 3154-3259

produtos@recuperar.com.br

Fax consulta nº 17



submetidas à sua intrínseca retração, contidas e amordaçadas, sentirão desejo de se deslocar da superfície do concreto antigo, ainda com o direito de provocar fissuras e trincas, à medida que as crescentes tensões de tração (T_T) tornam-se maiores do que sua ainda jovem resistência de tração (R_T). Por outro lado, quando uma massa, seja argamassa, grout ou concreto, turbinada com efeito compensativo da retração entra em campo, aquelas mudanças dimensionais que geralmente ocorrem na marra, transformam-se em santas tensões de compressão (T_C), as quais são, paulatinamente, neutralizadas ou relaxadas por uma subsequente retração, devido a secagem bem controlada, de maneira que, no frígir dos ovos, as

Esta é a tecnologia de melhoramento para cicatrizes, usada por grandes cirurgiões plásticos.



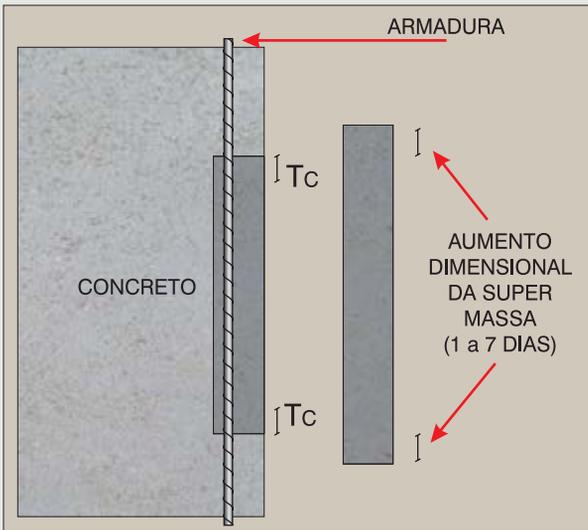
Entendeu?



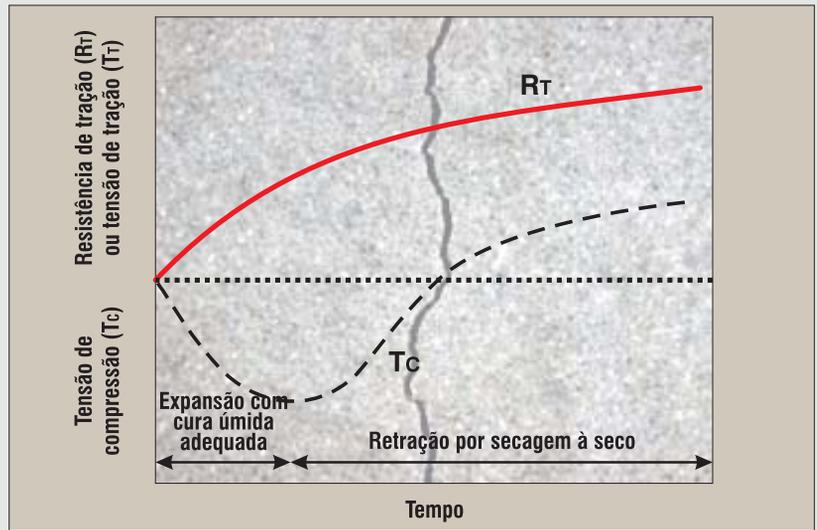
Restituir monoliticidade de fissuras, trincas e fraturas em pisos e pavimentos, com discrição, discernimento e total compatibilidade virou atividade de cirurgião plástico? Claro que não! Apenas apresentamos a tecnologia do **CRACK SOLUTION EPOXY 36**, que monolitiza trincas e fissuras com o mesmo nível de tensões existente no concreto base, de maneira rápida, discreta e 100% eficiente, utilizando o princípio científico dos epóxis semi-rígidos. Ah, sim, e você não precisa ser cirurgião plástico para utilizá-la.

EPOXI 36

Tele-atendimento
(0XX21) 3154-3250
fax (0XX21) 3154-3259
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 18



O concreto de base e suas armaduras, literalmente, seguram o aumento dimensional da super massa expansionista. O volume recuperado se enche de tensões compressivas (T_c).

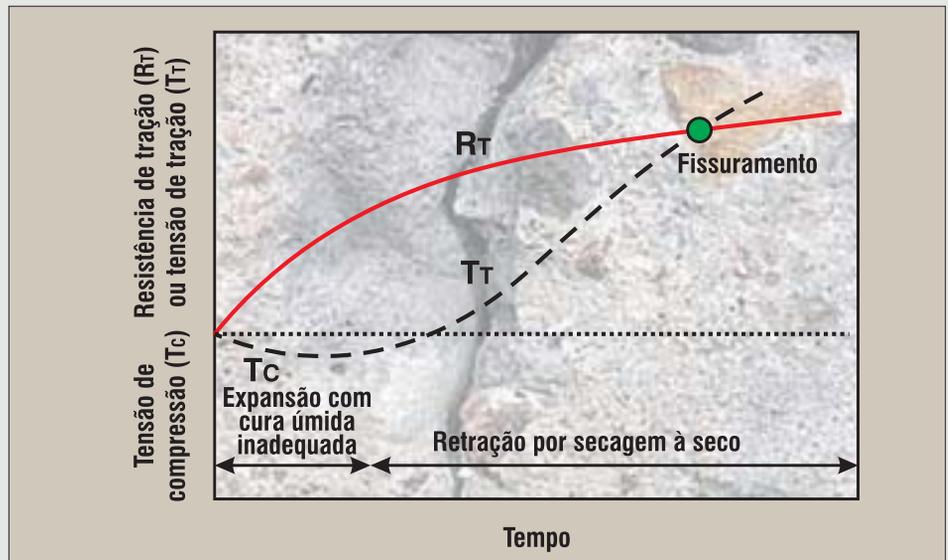


Tensões de compressão (T_c), devido a expansão controlada, compensam a subsequente relaxação e as tensões de tração induzidas pela retração, devido a secagem. A rede de tensões atacantes nunca será maior que sua resistência de tração (R_t).

GLOSSÁRIO

Massas que compensam a retração – são materiais cimentícios que contêm agentes expansivos. A função do agente expansivo, geralmente na forma de sulfo-aluminato de cálcio (SAC) associado a aditivos redutores de retração, é produzir tensões de compressão na massa de recuperação, de forma a neutralizar os inevitáveis impedimentos (atrito) provocados pela superfície das armaduras e a própria superfície áspera do concreto antigo. A substituição do SAC por CaO, conduz as massas insensíveis a processos de cura úmida.

tensões de tração (T_r) resultantes, menores que a resistência de tração (R_t) da massa, serão incapazes de provocar efeitos colaterais do tipo fissuras e trincas. Evidentemente, como todo e qualquer produto portland cimentício, exigir-se-á um mínimo de cura úmida a todo custo, sem o que aquelas santas tensões de compressão (T_c) cor-



Devido ao processo de cura, ausente ou inadequado, as tensões de compressão (T_c) são insuficientes e não podem encarar, quer dizer, compensar a inevitável retração. Tensões de tração (T_r) podem ser fortes o suficiente para encarar a resistência de tração (R_t), daí a surgência de trincas.



CENTRAL DE ARGAMASSA VENDE-SE

Central de argamassa nova para $15m^3$, 2 cubas em aço especial com transportador mecânico de correia de 65cm, comprimento de 16m, altura de 3m, sistema pneumático de abertura de gavetas dos silos e gabinete de comando dos equipamentos.

Tratar com Cleide
(21) 3154-3250
cleide@recuperar.com.br

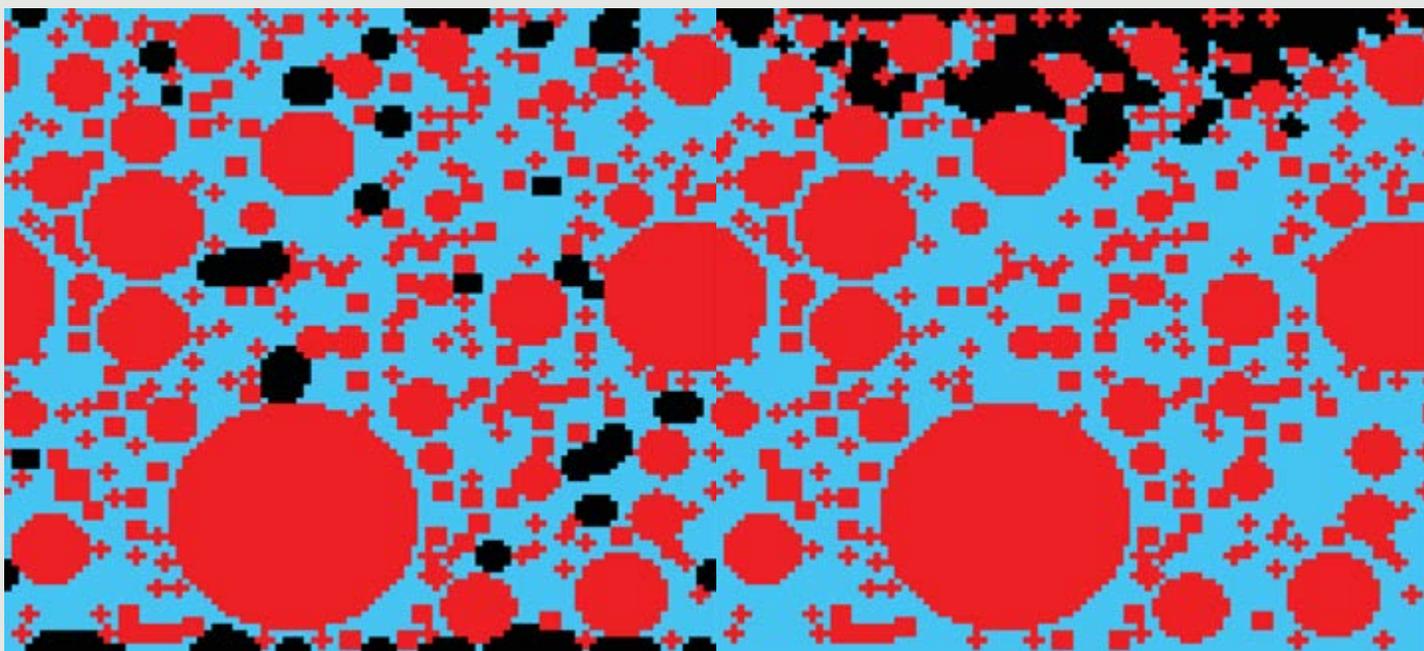


Imagem microestrutural a duas dimensões a partir de simulações computadorizadas de três dimensões, ilustrando o processo de evaporação/secagem na pasta de cimento com secagem “uniforme” (esquerda) e com secagem apenas a partir da superfície superior. O vermelho indica as partículas sólidas de cimento, o azul a extensa rede de poros preenchida com água e o preto os poros vazios (secos).

rerão o risco de serem insuficientes para neutralizar e compensar as temidas tensões de tração, cheias de trincas e fissuras, advindas da retração devido à natural secagem da massa.

As novas massas que compensam tudo

Pesquisas recentes, feitas com massas contendo agentes secretos expansivos, à base de óxido de cálcio (CaO), misturados a agentes redutores de retração (ARR), redundaram em uma formidável massa de recuperação, na qual tensões de compressão (T_c) ocorreram em quantidade suficiente, mesmo na ausência de processos de cura úmida. Ou seja, estabeleceram-se parâmetros para a formulação de uma massa, que atenderia a tudo que os técnicos e engenheiros do repairbusiness desejavam: uma super massa, seja ela uma argamassa, grout ou concreto, que compensasse os efeitos da retração e que fosse menos ou nada depen-

dente de processos de cura úmida. Mesmo para situações em que haja ausência de cura úmida, associadas a um clima com umidade relativa (UR) em torno de 60%, comprovou-se tensões de compressão suficientes para impedir os efeitos colaterais da retração da massa devido à secagem. Para as massas de recuperação projetadas manual ou mecanicamente em superfícies de concreto antigo, comprovou-se também a presença das tensões de compressão, por prazos de até dois meses, sem qualquer processo de cura úmida e, claro, sem nenhuma evidência das indesejadas trincas e fissuras.



fax consulta nº 19



RECUPERAR

Para ter mais informações sobre Análise.

www.recuperar.com.br

REFERÊNCIAS

- **Thomas Kim** é engenheiro civil e trabalha no repairbusiness.
- L. Coppola, “Concrete Durability and Repair Technology”, Proceedings of the Fifth CANMET/ACI International Conference on “Durability of Concrete”, Editor V.M. Halhotra, Barcelona (Spain), pp. 1209-1220, 2000.
- M. Collepardi, A. Borsoi, S. Collepardi, J.J. Ogoumah Olagot, R. Troli, “Effect Curing Conditions”, Cement and Concrete Composites, 6, pp. 704-708, 2005.
- C. Maltese, C. Pistolesi, A. Lolli, A. Bravo, T. Cerulli and D. Salvioni, Combined Effect of Expansive AND Shrinkage Reducing Admixtures to Obtain Stable and Durable Mortars”, 12, pp 22444-2251, 2005.
- D. Bischoff and A. Toepel, “Laboratory Testing of Portland Cement Concrete Match Material, Modified to Reduce or Eliminate Shrinkage” Wisconsin Department of Transportation Final Report, pp. 1-81.
- N.S. Berke, L. Li, M.C. Hicks, J. Bal, “Improving Concrete Performance with Shrinkage-Reducing Admixtures”, Proceedings of the Seventh CANMETAL/ACI International Conference on Superplasticizers and Other



Grupo Falcão Bauer

- Inspeções, recuperação e reforço estrutural convencional e com fibra de carbono.
- Gerenciamento e fiscalização de obras.
- Provas de carga e controle de recalque.
- Controle global da qualidade na construção civil, controle tecnológico de concreto, solos, pavimentação e estruturas metálicas.
- Análises químicas, físicas e metalográficas.
- Meio ambiente.

Laboratório Credenciado pelo INMETRO

Tel.: 11 3611-0833

www.falcaobauer.com.br

bauer@falcaobauer.com.br

TRINCAS NO CONCRETO. O QUE DIZ A NORMA?

É IMPORTANTE SUMARIZAR AS CAUSAS, SUA AVALIAÇÃO E AS TÉCNICAS DE RECUPERAÇÃO, DE ACORDO COM A NORMA DO ACI, DE MODO A ENFRENTAR O DIA A DIA NAS OBRAS.



CORROSÃO

Joaquim Rodrigues

Barragens: a maior incidência de trincas e fissuras, devido a enorme área de superfície de concreto.

Deve estar chegando uma na sua empresa. É a gerente de desempenho, a mulher fatal de 2008. Tem approach, feedback, gerenciamento na construção e um turnover que eu vou te contar. Impressiona os encantos com seu dicionário construtivo (ou recuperativo). Ela investiga quanto vale o show do técnico ou engenheiro e depois conta para a empresa se interessa continuar a patrociná-lo. É a visão sistemática da nova gata, que sonha com players confiáveis, profissionais pró-ativos, flexibilizados e comprometidos com tudo que gere eficiência.

Quem quiser conquistar a inteligência emocional da gerente de competência deve saber tudo sobre trincas no concreto, de preferência à luz de uma boa norma.

Um pouco de história e conhecimento

Há 2 ou 3 mil anos os romanos já conheciam e faziam uso de um concreto primitivo, uma mistura pétreo com cimentos naturais chamada de “opus caementicium”. Conviviam lá com suas trincas e fissuras.



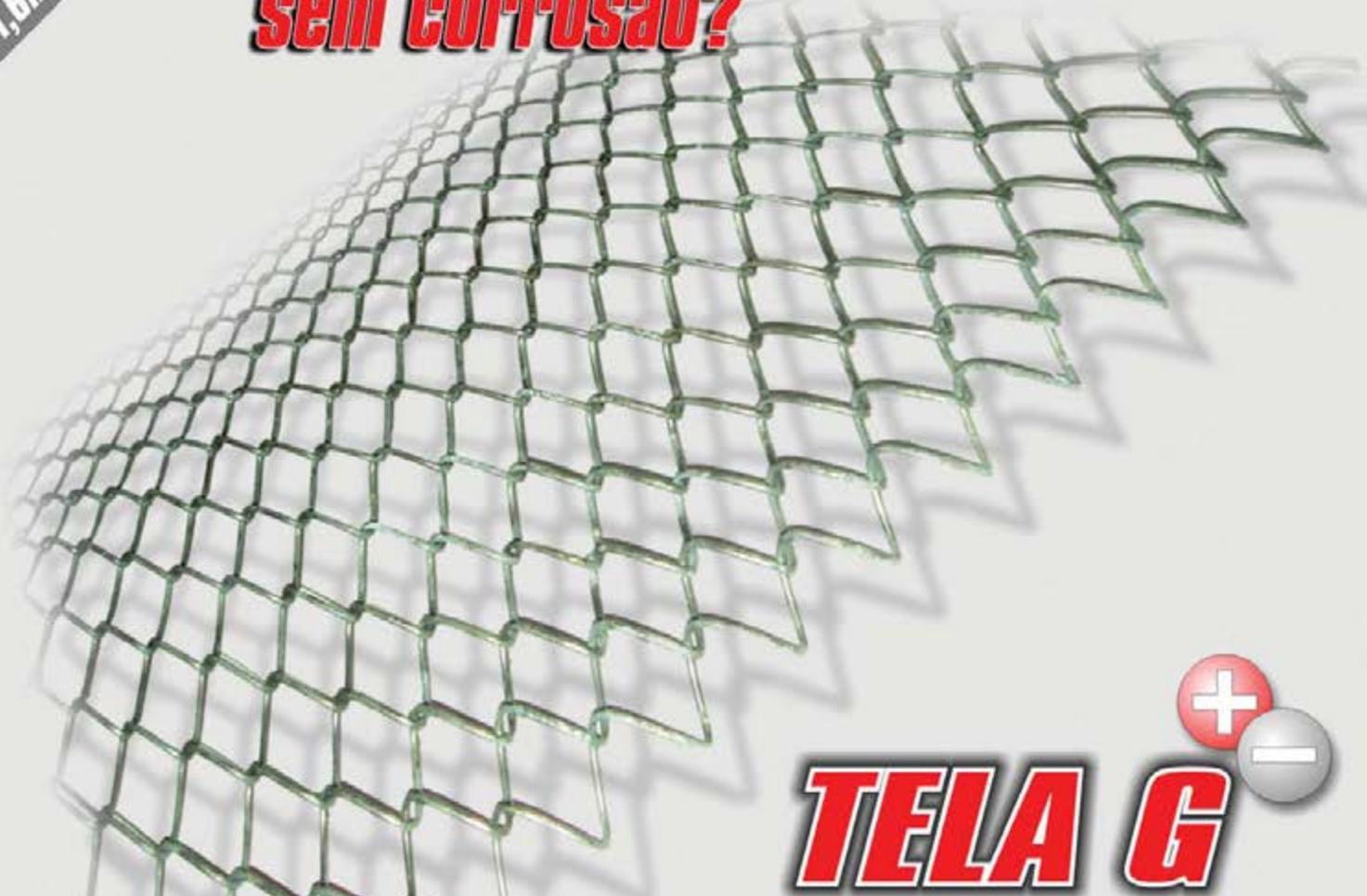
Um típico exemplo de opus caementicium sobre uma tumba velha, via Apia, em Roma. A cobertura original foi removida.

Continua na pág. 30

RECUPERAR • Setembro / Outubro 2008

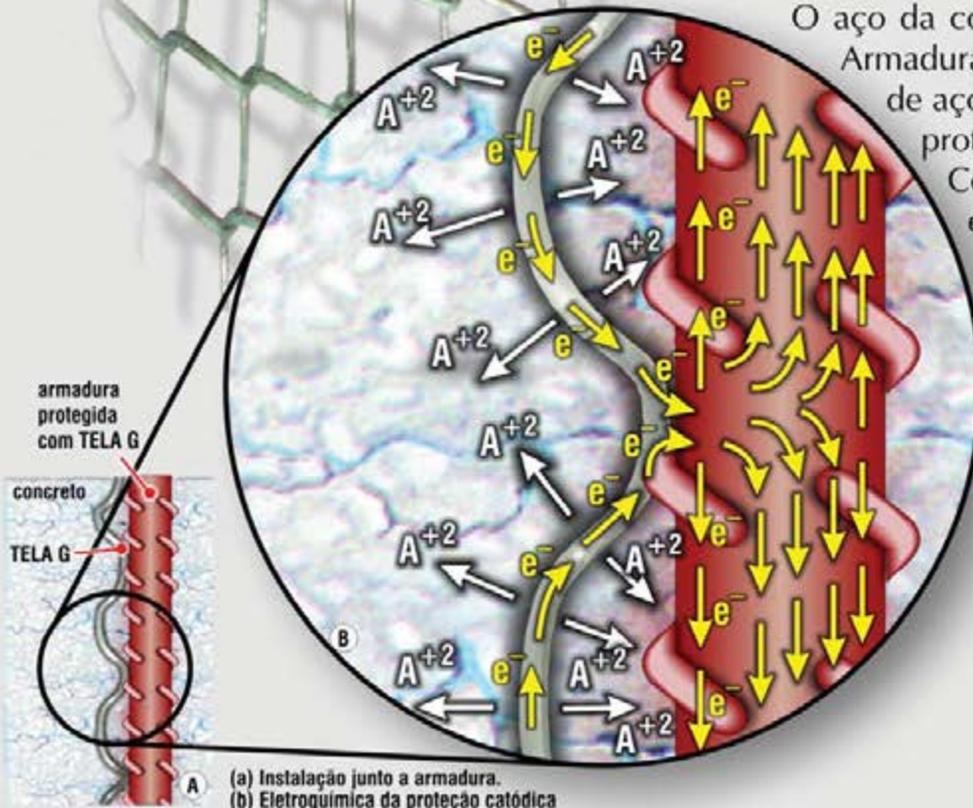
Nova com
1,6mm de espessura

Concreto armado-protendido sem corrosão?



TELA G  

O aço da construção é reativo e corrói fácil. Armaduras e cordoalhas de protensão são de aço. O concreto é um falso sólido. A proteção do aço é apenas passiva. Com esta situação, a defesa natural e efetiva do aço é a proteção catódica. Sua atuação é facilmente checada e monitorada com uma semi-pilha. Concreto armado-protendido sem proteção catódica é fria. Use TELA G preventivamente ou na recuperação. Damos 20 anos de garantia.



CPV-4
Tele-atendimento
(0XX21) 3154-3250
fax (0XX21) 3154-3259
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 29

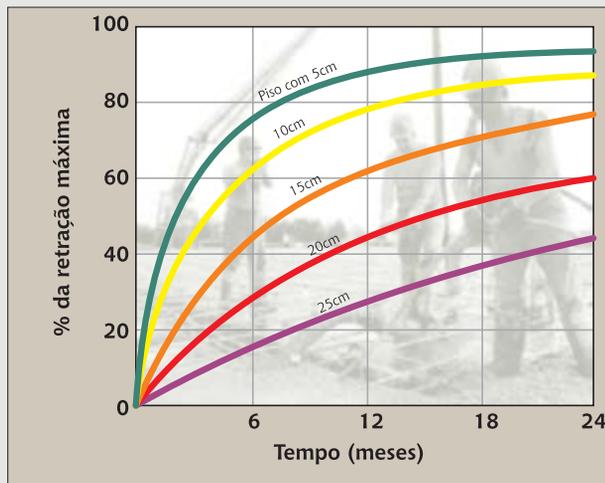
O concreto de hoje é uma história um pouco diferente. Adapta-se à forma que desejamos, apresenta monolitismo, hiperestatismo e confere grande segurança. No entanto, é comum apresentar trincas e fissuras que podem afetar apenas a estética ou significar problemas estruturais e comprometer a desejada durabilidade. Podem representar o problema como um todo ou apenas restringir a certos locais. Seu significado está relacionado com o tipo de estrutura e com o padrão da trinca. Um exemplo clássico é que trincas podem ser toleradas em peças estruturais de edificações, mas não em estruturas que armazenam água. Sua recuperação dependerá do conhecimento das causas e do leque de procedimentos recuperativos que também levam em conta as causas. Caso contrário será mais uma “recuperação tapa-buraco”. Uma recuperação bem feita precisa atacar bem as causas da trinca e, claro, ela mesma. E nada melhor do que seguir a norma do American Concrete Institute, a ACI 224.1R, “Causas, avaliação e recuperação de trincas em estruturas de concreto”. Então vamos lá.

Causas das trincas no concreto endurecido

Para efeito de melhor memorizar este importante tópico, apresentaremos o resumo das causas das trincas, acompanhado de um background para o tópico seguinte da sua avaliação.

1. Trincas de retração devido a natural e longa secagem do concreto após o endurecimento

Inicialmente precisamos entender que o processo de secagem é bastante longo.



Um piso de concreto de 20cm pode, ao final de um ano, ainda não ter alcançado 50% de sua retração máxima.

A causa mais comum são os vínculos que impedem a sua retração natural provocada pela desidratação lenta, quer dizer, pela perda de umidade que ocorre na pasta de cimento, a qual envolve areia e brita e que pode chegar a cerca de 1%. Esta redução de volume provocada pela perda de umidade é marca registrada do concreto. Se esta retração ocorrer sem qualquer restrição ou sujeição que a impeça, ou seja, esta combinação de retração e vínculos que causam tensões de tração, o concreto não trinca. Missão impossível. Na realidade, quando estas tensões de tração tornam-se maiores que a



Esta parede de concreto, alguns meses após sua concretagem, ainda desenvolvia trincas de retração que, paulatinamente, foram tratadas.

do próprio concreto, que por sinal valem micharia, é aí que ocorrem as trincas. A quantidade de retração, que ocorre no concreto, é governada principalmente pelo tipo de brita utilizado e claro, pela quantidade de água na massa. Outros fatores que também entram no processo são a quantidade de vínculos ou restrições existentes, o módulo de elasticidade e a indesejável fluência. As trincas, motivadas pela retração devido a secagem, podem ser (muito bem) controladas

GLOSSÁRIO

Módulo de elasticidade – se em uma peça de concreto de dimensões fixas, com comprimento igual a unidade e de seção igual a unidade aplicarmos uma tensão de tração muito pequena T , haverá um alongamento em seu comprimento de C . Tão logo se suprima a tensão, o comprimento volta ao valor inicial. A relação T/C é, por definição, o módulo de elasticidade. É o coeficiente angular da reta que constitui o diagrama tensão-deformação.

Fluência – medida da relaxação do material na condição não confinado e sob tensão.

Juntas serradas em pisos e lajes?

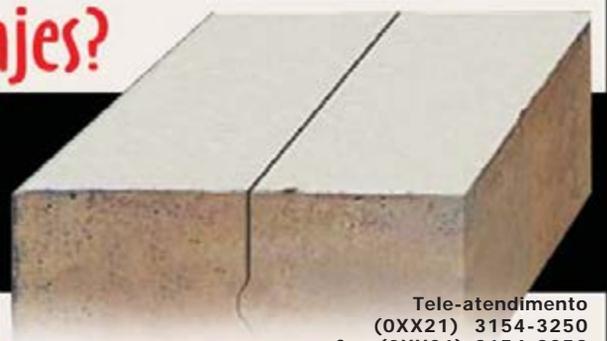
Só com Epóxi Semi-Rígido 36

A melhor solução para juntas serradas é o EPÓXI 36. Penetra nas bordas, permitindo que a junta “trabalhe” adequadamente. Não deixa as bordas quebrarem.

Use Tecnologia.

Use EPÓXI SEMI-RÍGIDO 36

Agora também para injeção, com apenas 90cps.



Tele-atendimento
(0XX21) 3154-3250
fax (0XX21) 3154-3259
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 30

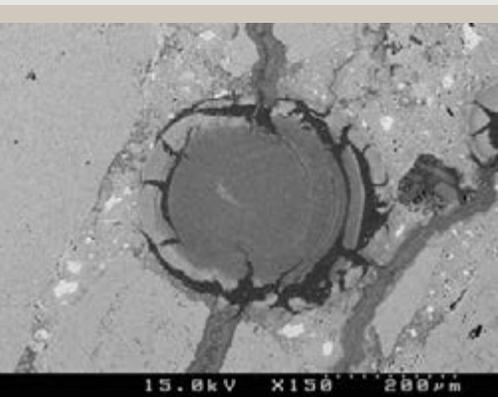
com a execução de juntas de controle (ser-radas), telas de armação bem posicionadas e a introdução de fibras poliméricas longas na massa.

2. Trincas devido a tensões térmicas

A gente não percebe, mas sempre ocorrem diferentes velocidades de perdas (dissipação) do calor de hidratação no concreto, assim como a peça estrutural ou a estrutura ficam submetidas a diferentes gradientes de temperatura ao longo do seu corpo. Estas diferenças de temperatura resultam, simultaneamente, em uma diminuição diferencial de volume que causam tensões de tração. E aí é a mesma história, se forem maiores que a do concreto, um abraço.

3. Trincas devido à reação química

Reações químicas expansivas entre agregados que contenham sílica ativa e pasta de cimento (álcalis) também provocam



Reação álcali-silica.

trincas, das mais sérias. A reação álcali-agregado começa a formar um gel expansivo, de difícil diagnóstico. Para este caso particular existe um produto específico para tratamento.



Sérios processos de corrosão nas vigas deste viaduto.

4. Desgaste precoce

Determinadas ações cíclicas perniciosas promovem trincas no concreto, levando-o ao desgaste precoce. Não é estranho, porque esta sintomatologia também ocorre conosco. Mesmo em concretos novos, fazem-no parecer em desintegração e velho, muito embora estes sintomas atinjam uns poucos milímetros a partir da superfície. Ciclos de molhagem e secagem, assim como de aquecimento e esfriamento são as causas principais, naturalmente passando também por contatos com substâncias químicas agressivas, ácidas e cáusticas. Há intensas variações de volume e consequentemente trincas.

5. Corrosão das armaduras

É um excelente painel da condição e das contradições entre comportamentos de materiais distintos: concreto e aço. Todos sabemos que a corrosão do aço é um processo que envolve reações eletroquímicas e a única maneira de pará-lo é interrompendo estas reações ou, simplesmente, invertendo-as. A interrupção é conseguida cortando o fornecimento de oxigênio ou umidade na superfície do concreto. A inversão é obtida com o fornecimento excessivo de elétrons para as regiões das armaduras em estado de corrosão ou anódicas, de modo a impedir a formação dos íons ferrosos (proteção catódica). A proteção passiva natural imposta pelo ambiente muito alcalino do concreto e aquela película de óxidos que se forma na superfície das armaduras, a chamada proteção passiva não impede as reações da corrosão, apenas diminuem sua veloci-

dade a valores poucos significativos. No entanto, processos de carbonatação e contaminação por sais perniciosos, como os cloretos, sulfatos e nitratos destroem pouco a pouco aquela passividade. É preciso ficar claro que para o caso de ambientes agressivos, o ator concreto armado precisará de dois outros atores importantes para representar naquele palco: o uso de proteção catódica e um revestimento específico de combate contra o contato do contaminante.

6. Práticas construtivas condenáveis

A adição d'água é, talvez, a mais prejudicial das práticas ou vícios na construção. Suas consequências imediatas implicam na diminuição da resistência do concreto, aumento no assentamento dos agregados dentro da massa e, claro, no aumento da retração devido ao aumento da secagem com conseqüente formação de trincas. A falta de cura adequada e prolongada é outra prática condenável, que acaba por provocar mais trincas. Ou seja, é aquela situação de interromper o processo de cura, que deve durar o mês inteiro, ao final da primeira semana quando, aliás, o concreto ainda é jovem e suscetível às tensões.

GLOSSÁRIO

Carbonatação – transformação química na qual minerais são alterados para carbonatos, devido ao ácido carbônico.

Reação eletroquímica – reação química caracterizada pelo ganho e a perda de elétrons ao longo da superfície do aço.

Passivação – redução da velocidade da reação anódica do aço submetido à corrosão.

Corrosão das armaduras – processo eletroquímico formado por um agente oxidante, umidade e fluxo de elétrons na superfície do aço.

7. Cargas excessivas

Durante a obra, é comum peças estruturais se submeterem a cargas às vezes superiores às de projeto. Esta prática ocorre, com muita frequência, em peças pré-moldadas durante seu transporte e içamento. O resultado, claro, são trincas permanentes.

8. Erros de projeto

Detalhamento de armaduras, peças estruturais submetidas a variações de volume (mas com impedimentos) a grandes variações de temperatura e umidade, falta de juntas de controle adequadas, fundação inadequada que gere recalques diferenciais é rotina na prática construtiva. Todos geram trincas.

Avaliação das trincas

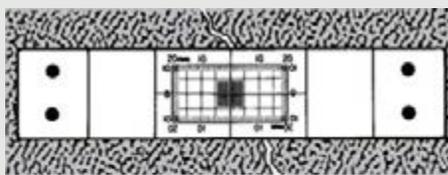
Toda trinca precisa ter sua causa bem definida antes de qualquer serviço de recuperação. Toda trinca afeta, de alguma maneira, a peça estrutural, seja diminuindo a resistência, a rigidez ou definitivamente interferindo em sua durabilidade. Em estruturas hidráulicas, então, nem se fala.

1. Observação direta e indireta

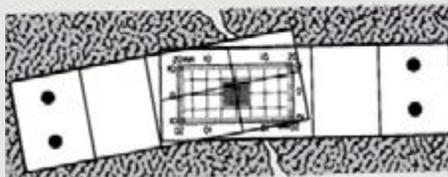
É sempre importante localizar, de forma precisa, a posição das trincas, assim como suas aberturas. Aquele cartãozinho cha-

mado Comparador de Trincas é a melhor ferramenta para precisar sua abertura. Já sua movimentação deve ser definida com o Medidor de Trincas.

2. Testes não destrutivos (TND)



Medidor de trincas posicionado...



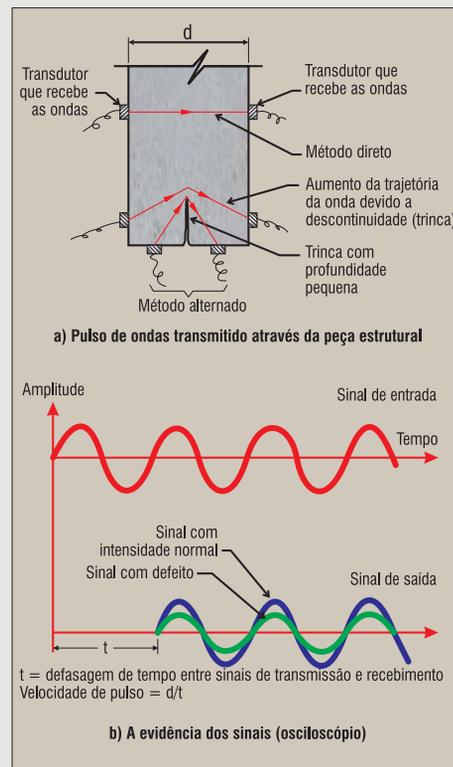
... e informando o comportamento da trinca.

Alguns equipamentos podem determinar a presença de trincas, além de sua profundidade, dentro da peça estrutural. Ultrassom e Ecoimpacto são uns destes equipamentos que podem dar uma idéia bem precisa das características da trinca dentro do concreto. Se há suspeitas de corrosão, utiliza-se um equipamento semi-pilha para, através dos potenciais de corrosão, precisar-se as regiões das barras comprometidas.

3. Amostras do concreto

Extração de amostras acredite, também é uma das práticas para definição da pro-

fundidade das trincas e da qualidade do concreto. A análise petrográfica das amostras também informará um sem número de características positivas e negativas do concreto.



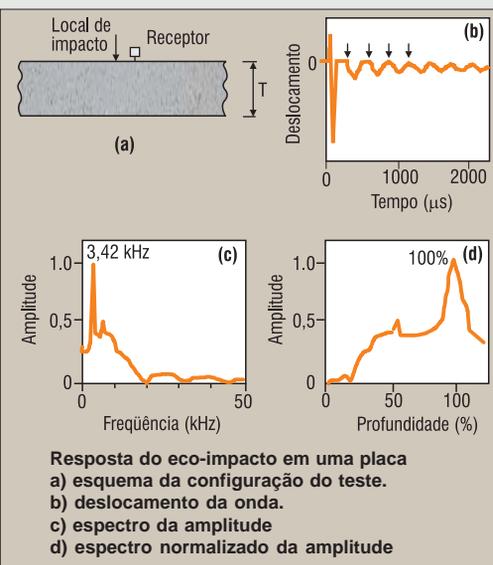
a) Pulso de ondas transmitido através da peça estrutural

b) A evidência dos sinais (osciloscópio)

Recuperação das trincas

Uma trinca só é eficientemente recuperada caso sua(s) causa(s) seja detalhadamente investigada. Por exemplo, se trincas ocor-





rem motivadas pela retração devido à secagem do concreto, muito possivelmente após um determinado período de tempo, estabilizará. Por outro lado, se forem provocadas por recalques de fundação, qualquer reparo será infrutífero, a menos que se consolide o solo sob o elemento de fundação. A seguir, apresentaremos os métodos de recuperação de trincas no concreto armado, segundo o ACI.

1. Injeção de epóxi

Os antigos trabalhos feitos com a utilização de furação, colocação de mangueirinha e injeção são proibidas, devido a sua ineficiência. Modernos bicos injetores, com válvulas tipo bola, tanto para colagem quanto para furação e auto-fixação comandam o jogo. Assim, tudo se resume a fazer furos a cada 10 ou 15cm, instalar os bicos injetores, selar as trincas com pasta epóxica e injetar o sistema epóxico sob pressão, tomando o cuidado para, a partir do 1º bico injetor, tirar as válvulas de modo a permitir a passagem da resina para as subseqüentes. Um detalhe importante é que o tal sistema epóxico deverá ter no máximo 100cps de viscosidade. Viscosidades maiores restringem muito a eficiência do trabalho, reduzindo a penetração. Trincas com presença d'água deverão ser injetados com sistema epóxico insensível à água ou umidade. Mais informações, consulte a RECUPERAR nº 69. Antiga metodologia de abertura de sulcos em "V" com preenchimento é outra técnica proibida, pelo fato de que não se define nem como tratamento estrutural, e muito

menos estético. Em seu lugar entrou o preenchimento por gravidade com a utilização de sistemas de resinas de ultra baixa viscosidade, tipo METACRILATO.

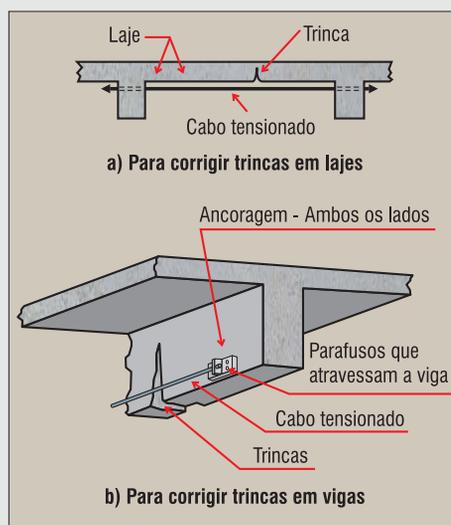
2. Reforço adicional

2.1. Armadura convencional

As trincas deverão ser preenchidas por gravidade com METACRILATO e, a seguir, abrindo-se sulcos de seção quadrada, de 12mm de largura por 12mm de profundidade, perpendiculares às trincas. Preenchem-se os sulcos até a metade com sistema epóxico tixotrópico e insere-se fitas de fibra de carbono ou barras de aço de 10mm de diâmetro. Caso se utilize barras de 12m5mm, dever-se-á executar sulcos com 15mm x 15mm.

2.2. Protensão

É utilizada quando se deseja reforçar toda a peça estrutural ou quando interesse "fe-



Exemplos de protensão externa.



Fundo de laje em uma indústria química. A contaminação do concreto por produtos químicos desencadeia sua lenta destruição e a corrosão nas armaduras.

char" as trincas. Utilizam-se barras ou cordoalhas para aplicar a força de compressão. Evidentemente é necessária uma boa ancoragem para o aço protendido. Esta é uma técnica que exige muito cálculo e estratégia.

3. Preenchimento por gravidade

Trata-se de uma técnica monolitizante recuperadora que estabelece um diálogo de

A MELHOR PENETRAÇÃO

Com viscosidade igual a da água, o **METACRILATO** preenche e monolitiza qualquer trinca ou fissura existente em pisos e pavimentos com até 0,05mm de abertura. Basta verter o produto. O **METACRILATO** também monolitiza trincas e fissuras em vigas e pilares, de maneira fácil e rápida. É só fazer um pequeno furo na parte superior da peça e verter o produto com a ajuda de um pequeno funil. Não fique perdido no tempo das injeções.

METACRILATO
Tele-atendimento
(0XX21) 3154-3250
Fax consulta nº 31

ponta entre ficção e realidade. O sistema preenchedor chama-se METACRILATO e as trincas podem ter aberturas de até 0,05mm. Basta limpar as trincas e verter o produto, com o cuidado de fazer pequenas barreiras, geralmente com massa de vidraceiro, de modo a concentrar o produto sobre a trinca. Caso a trinca contenha argila ou silte, proceder-se-á um hidrojateamento e com secagem total, antes de iniciar o trabalho.

4. Preenchimento a seco

Tipicamente para ser utilizado no preenchimento de aberturas ou cavidades. Utilizam-se argamassas ou microconcretos com slump próximo de zero, ou seja, o



material deverá ser quase seco, de modo a não fazer água de exsudação ao ser comprimido dentro da cavidade, com utilização de soquete ou martelo. Um agente de colagem vai bem.

5. Overlay aderido ou não

Esta técnica é utilizada em pisos e pavimentos de concreto com grandes fraturas e comprometimento. Inicialmente, dever-se-á tratar as trincas e fraturas do pavimento original. A seguir aplica-se um agente de colagem sobre a superfície previamente saturada, seguido do lançamento do overlay de concreto polimerizado e com fibras, devendo ser estruturado com tela de fibra de vidro estrutural.



Técnica de recuperação estrutural com preenchimento, utilizando-se "cachimbo" neste fundo de viga.

6. Preenchimento não estrutural

6.1. Calda de cimento comum ou microcimento

É utilizado quando existem grandes trincas ou fraturas, geralmente em barragens. Este material não restitui a monoliticidade estrutural. Para executá-la, basta fixar bicos injetores apropriados, com válvula tipo bola, a intervalos variáveis, selar toda a extensão da trinca com grout epóxico. Ao começar a injeção, dever-se-á retirar as válvulas dos bicos injetores subsequentes. Caso exista fluxo d'água, dever-se-á injetar primeiro a resina solomax seguida da calda de cimento ou microcimento. A resina previamente injetada permitirá a pega praticamente instantânea da calda.

6.2. Poliuretano hidroexpansivo

É para ser utilizado quando há pequenas trincas ou fissuras com fluxo d'água. O produto chama-se PH FLEX e penetra no concreto, em presença da água, expandindo e formando uma espuma vedante com células fechadas. Atenção, pois há outros produtos que, ao expandir, ficam com células abertas, permitindo que a água, tempos depois, volte a percolar. Daí a necessidade de se injetar adicionalmen-

te um gel não expansivo, de modo a impermeabilizar a espuma anterior. Dois trabalhos e mais custo.

fax consulta nº 32

RECUPERAR

Para ter mais informações sobre Análise.

www.recuperar.com.br

REFERÊNCIAS

- **Joaquim Rodrigues** é engenheiro civil, mestre em corrosão, membro de diversos institutos nos EUA, em assuntos de patologias da construção, É editor e diretor da RECUPERAR, além de consultor de diversas empresas.
- Causes, evolution and repair of cracks in concrete structures. ACI 224.1R.
- Abdun-Nur, Edward A. (1983), "Cracking of Concrete - Who Cares?," *Concrete International: Design and Construction*, V. 5, No. 7, July, pp. 27-30.
- Abeles, Paul W.; Brown, Earl L., II, and Morrow, Joe W. (1968), "Development and Distribution of Cracks in Rectangular Prestressed Beams During Static and Fatigue Loading," *Journal, Prestressed Concrete Institute*, V. 13, No. 5, Oct., pp. 36-51.