

# Pontes e viadutos sob impactos

**NOSSOS VIADUTOS FREQUENTEMENTE RECEBEM IMPACTOS DE VEÍCULOS CAUSANDO FISSURAS E AFETANDO SUA ESTABILIDADE. COMO CHECAR OS DANOS E O TRATAMENTO IMPOSTO?**

ANÁLISE



Maria das Graças  
F. Xavier

**U**m viaduto, que recebeu vários impactos de veículos, sofreu trincas e conseqüentes deslocamentos nas bases de suas vigas protendidas em forma de I. A estratégia de recuperação foi pela injeção de epóxi, com ultra baixa viscosidade, utilizando-se a mais moderna metodologia de monolitização de estruturas de concreto armado: o sistema CRA-CK-FÁCIL, que não necessita de furação no concreto nem do uso de bombas. Os deslocamentos nas bases das vigas foram executados, após a aplicação do chapis-

co, utilizando-se argamassa de cimento e areia, em traço compatível com o concreto base, de modo a evitar incompatibilidade. Após a recuperação, desenvolveu-se um programa de testes não destrutivos (NDT), de modo a assegurar a qualidade do serviço de monolitização das vigas I. O programa NDT utilizado consistiu da combinação do Eco-Impacto (EI) com o Ultrassom (US), de maneira a verificar o nível de preenchimento ou monolitização alcançado com epóxios de ultra baixa viscosidade. A resistência de colagem não foi checada.

Figura 1 - Viga I com bicos injetores instalados.

## GLOSSÁRIO

**Ultrassom** – termo genérico empregado para designar equipamento para testes no concreto com base na velocidade de pulsos ultrassônicos. É composto por 2 transdutores, um para transmitir e outro para receber a unidade principal e a barra de calibração.

**Transdutor** – qualquer dispositivo capaz de mudar um tipo de sinal em outro, com o objetivo de transformar uma forma de energia em outra, de modo a realizar uma medição. É composto por um cristal piezoelétrico.

**Piezoelétrico** – relativo a um cristal em que ocorre efeito piezoelétrico.

**Piezometria** – ramo da física que estuda o efeito da pressão em diversos meios.

**Piezo** – unidade de medida de pressão. O símbolo é o Pz.

# CRACK-FÁCIL INJEÇÃO

NADA DE BOMBAS OU FURAÇÃO.



O novo sistema CRACK-FÁCIL é constituído por bicos injetores de contato e tubo de conexão.



Basta fixá-lo ao longo da trinca e pronto.



A injeção poderá ser feita com adesivo estrutural, através de uma pistola simples...



... ou com pistola de duplo cartucho.

A maneira mais fácil e moderna de monolitizar peças estruturais com adesivos de ultra baixa viscosidade e bicos conectores revolucionários

**CRACK-FÁCIL**

Tele-atendimento

(0XX21) 2493-6740

fax (0XX21) 2493-5553

produtos@recuperar.com.br

Fax consulta nº 01

## A estratégia da recuperação

Impactos em viadutos são traumáticos e, comumente, geram sintomas fisicopatológicos em suas vigas. Neste caso específico não se constatou exposições de bainhas de protensão ou propriamente cordoalhas, mas apenas trincas e fissuras generalizadas.

A estratégia de recuperação consistiu dos seguintes itens:

- delimitação das áreas fraturadas e com deslocamentos, na forma de retângulos ou quadrados.
- os deslocamentos demarcados foram serrados com makitas.
- a seguir, estas áreas comprometidas foram cortadas utilizando-se marteletes elétricos leves.
- lavagem e saturação das superfícies.
- aplicação de chapisco aditivado com polímero.
- execução de fôrma e enchimento com micro concreto, com traço semelhante ao concreto da estrutura, de modo a evitar incompatibilidades. Cura durante sete dias.
- nas áreas demarcadas e com presença de trincas e fissuras, foram fixados bicos injetores de contato, típico do sistema CRACK-FÁCIL.
- injeção de resina epóxica com viscosidade em torno de 50cps (variável com a temperatura ambiente).

Trinta dias após a execução da recuperação iniciou-se o programa de verificação da qualidade dos serviços existentes.

### Verificação da qualidade da recuperação

O uso de apenas um equipamento para se levantar a qualidade de um serviço pode gerar erros, daí a estratégia de se utilizar dois equipamentos, no caso o EI e o US, de modo a confrontá-los obtendo-se, deste modo, a melhor resposta para a análise.

#### GLOSSÁRIO

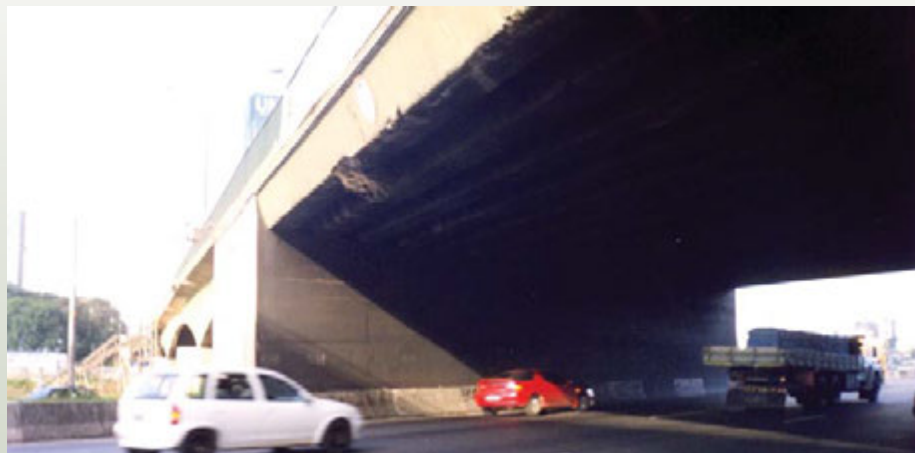
**Eco-impacto** – termo genérico empregado para designar equipamento para testes no concreto com base na velocidade de pulsos mecânicos. É composto por martelo equipado para gerar pulsos mecânicos, um acelerômetro para receber as ondas, duas fontes de alimentação para o acelerômetro, um osciloscópio para analisar a forma da onda e o tempo de percurso e um lap-top.



Figura 2 - A viga I antes da monolitização com epóxi de ultra baixa viscosidade.

## Mais impactos

Situação comum nas grandes capitais. Viadutos recebem impactos de toda a natureza e intensidade, danificando e expondo cabos de protensão.



Viaduto Eusébio Matoso (SP).



Viaduto túnel Rebouças (RJ).

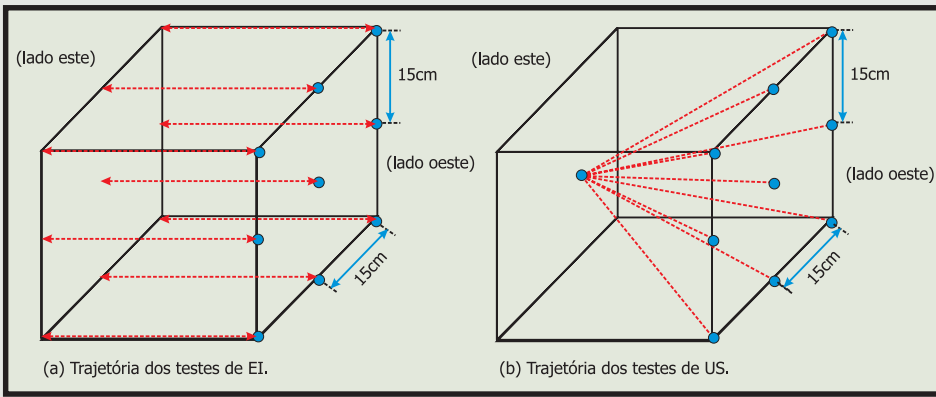


Figura 3 - Localização típica dos NDT e suas trajetórias em cada posicionamento.

### O Eco-Impacto (EI)

Utiliza as reflexões das ondas de tensão transversais (energia mecânica de baixa frequência) para detectar, localizar e classificar heterogeneidades dentro do concreto. É utilizado para analisar espessuras, ninhos ou qualquer anormalidade no corpo do concreto, futuros deslocamentos, descolamentos de camadas e, principalmente, a qualidade do preenchimento de bainhas de protensão. Consiste, basicamente, de um martelo de impactos, um acelerômetro e um laptop para aquisição de dados.

### O Ultrassom (US)

Este equipamento mede a velocidade do som através dos materiais, entre eles o concreto armado/protendido, de maneira a prognosticar sua resistência, seu módulo elástico e, também, a presença de heterogeneidades em seu interior.

### Executando o NDT

Cruzando-se dados do EI com o US é possível visualizar a performance dos serviços de monolitização feitos com a injeção epóxica. Os danos praticamente atingiram toda a extensão da primeira viga pertinente ao sentido do fluxo de veículos. Com este quadro de danos, riscou-se uma malha quadrada, com 30cm de lado, para rastreamento e detecção de possíveis regiões não monolitizadas pela injeção.

Riscou-se um total de 16 quadrados ao longo da viga e, a seguir, dividiu-se cada um dos quadrados em quatro quadrados menores, escolhendo-se apenas um, o mais próximo das regiões injetadas para a execução dos testes.

A localização da trajetória dos testes de EI é apresentada na figura 3a. Durante a realização dos testes com EI, caso se constate a presença de vazios, deve-se proceder testes com US de modo a esmiuçar-se um qua-



(a) O teste de EI.



(b) A fonte de US em um lado da viga I.



(c) O receptor de US no outro lado da viga.

Figura 4 - Posicionando os instrumentos.

dro mais real do problema. Foram feitos 9 testes de US utilizando-se transdutor com fonte de 54kHz, aplicado com graxa, no lado

# O MENOR DO ECO-IMPACTO



### ECO-IMPACTO

Tele-atendimento  
(0XX21) 2493-6740  
fax (0XX21) 2493-5553  
produtos@recuperar.com.br  
Fax consulta nº 02

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 ECO-IMPACTO 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.



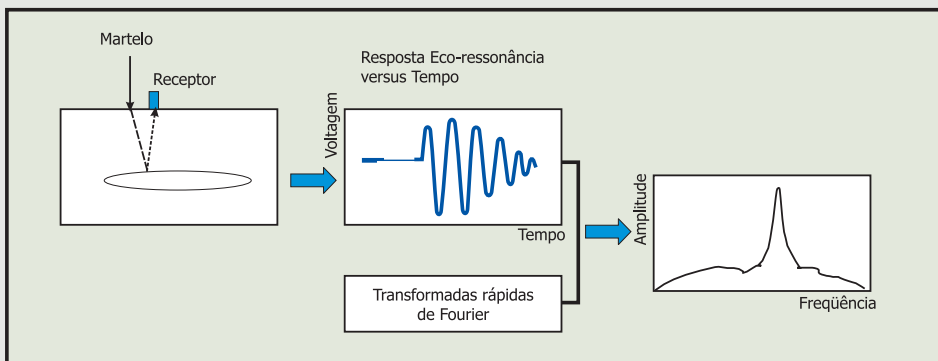


Figura 5 - Diagrama do teste com EI.

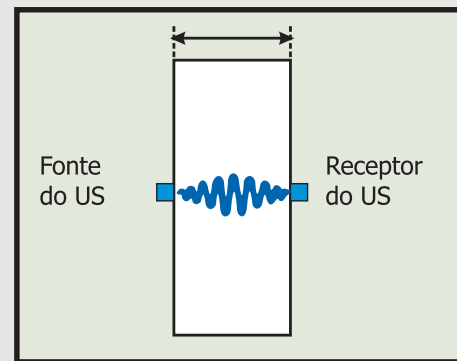


Figura 6 - Resultado do teste US (típico).

este da viga e, no outro lado (oeste), posto o receptor, que variava de posição (figura 3b), apresentando 144 trajetórias.

### Resultados

O gráfico freqüência versus deslocamento do EI de um dos 16 quadrados analisados é mostrado na figura 7. Note que, o gráfico da posição cinco deixa claro que a injeção não surtiu o efeito desejado de monolitização, pois ocorreram múltiplos eco-picos resonantes em sua freqüência, indicando a presença de fissuras não preenchidas. A posição nove, por outro lado, evidencia a situação comum de monolitização de toda a viga, onde se observa, tipicamente, apenas um eco-pico. A mesma posição 9, apresentada acima, é analisada pelo US na figura 8.

Os resultados do US foram classificados em três categorias, de acordo com os resultados das velocidades apresentadas:

1ª categoria	velocidades maiores que 3.300 metros/segundo
2ª categoria	velocidades entre 3.000 e 3.300 metros/segundo
3ª categoria	velocidades abaixo de 3.000 metros/segundo

Como apresentado anteriormente, velocidades altas indicam concreto totalmente

sólido ou monolítico. No quadrado apresentado como referência dos trabalhos realizados, fica evidente que a massa do concreto atravessado pelas trajetórias 5-1, 5-2, 5-3, 5-4 e 5-7 apresenta altas velocidades. A qualidade do concreto evidenciado pelas trajetórias 5-5, 5-8 e 5-6 apresenta-se menor. A trajetória 5-9, no entanto, evidenciou a existência de problemas. Este quadro, evi-

### GLOSSÁRIO

- Acelerômetro** – sismógrafo para medir a aceleração da matéria em função do tempo.
- Aceleração** – nível de mudança na velocidade de um corpo em movimento. A presença de ondas com alta aceleração são prejudiciais a uma edificação.
- Sismógrafo** – Detector de ondas sísmicas. Quando combinado com a um gráfico é chamado de sismógrafo. Detector de vibrações e movimentos no solo.

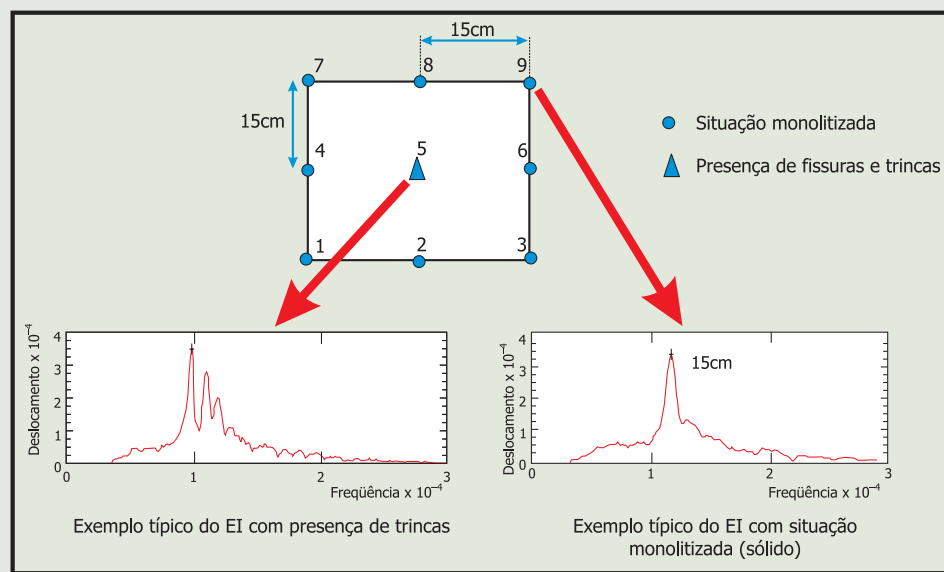


Figura 7 - Exemplo dos resultados com as situações onde há presença, ainda, de trincas e situação monolitizada.



## Nada de injeção e perda de tempo. MONOLITIZAÇÃO SEM COMPLICAÇÃO, SÓ COM EPÓXI PP50.

Preencher e monolitizar trincas e fissuras no concreto estrutural ficou mais fácil com o revolucionário sistema epóxico de baixa viscosidade PP50. Isento de solventes, com 100% de sólidos, possui viscosidade praticamente igual a da água. Basta verter o produto e pronto. Sua estrutura está novamente monolitizada. PP50 é um potente monolitizador, superior ao METACRILATO pelo preço e pela facilidade de aplicação. Ideal para aplicação em estruturas com trincas e fissuras como lajes, pisos industriais, lajes de vertedouros etc.

- Garante monolitidade em tratamentos da RAS.
- Alta penetração, mesmo sem injeção.
- Cola em presença d'água.

**PP50**  
 Tele-atendimento  
 (0XX21) 2493-6740  
 fax (0XX21) 2493-5553  
 produtos@recuperar.com.br  
 Fax consulta nº 03

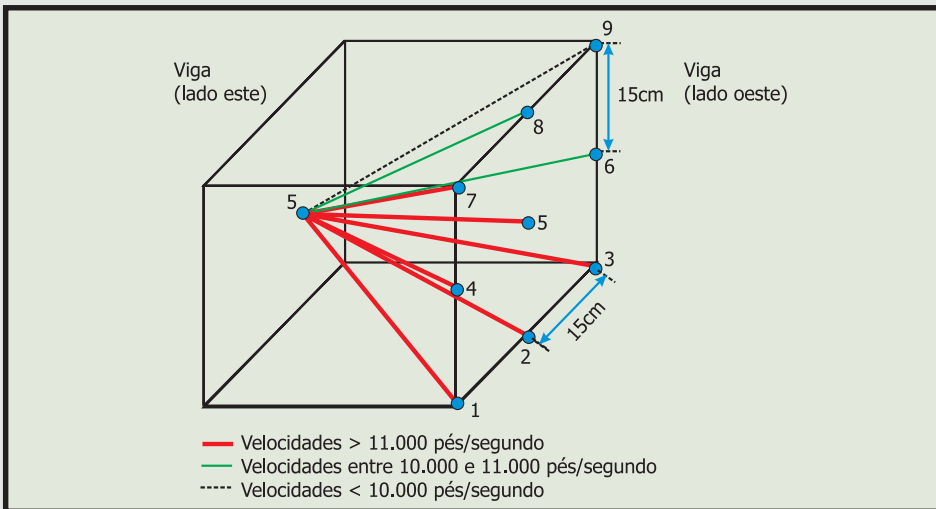


Figura 8 - Exemplo com um resultado do US em um dos quadrados.

denciado pelo US, deixou claro que havia uma região com necessidade de reinjeção, embora o EI nada evidencie sozinho. Com uma análise mais apurada do EI e do US, nas trajetórias 5-5, 5-6 e 5-9, vislumbrou-se perfeitamente o volume do concreto ainda com presença de trincas não preenchidas.

Assim, ficou evidente que, mesmo com a utilização de adesivos epóxicos com ultra-baixa viscosidade, o serviço de monolitização poderá apresentar problemas, o que é crítico para a vida futura da peça estru-

tural. Ficou evidente também que análises com NDT são de extrema importância para a certificação da qualidade do serviço.

Nota-se, portanto, que serviços tradicionais de injeção epóxica utilizando-se resinas epóxicas com viscosidade tradicionalmente elevada, tipo 300 cps, além do uso de mangueirinhas plásticas como bicos injetores pode, literalmente, sabotar o serviço de monolitização.

A tecnologia NDT apresentada está toda inserida na norma do American Concrete Institute ACI-228.2R – 98.

Para a verificação futura da resistência de colagem da resina epóxica injetada, dever-se-á extrair corpos de prova nos locais injetados (ensaio destrutivo). Os testes NDT também servem para serem correlacionados com corpos de prova cilíndricos moldados no local ou mesmo com extrações feitas posteriormente.

**fax consulta nº 04**

**REGUPERAR**

Para ter mais informações sobre Análise.

[www.recuperar.com.br](http://www.recuperar.com.br)

**REFERÊNCIAS**

- Maria das Graças F. Xavier é eng<sup>a</sup> civil, especialista em serviços de recuperação.
- Sansalone, M.J., and Streett, W.B., Impact-Echo Non-destructive Evaluation of Concrete and Masonry, Bullbrier Press, Ithaca, N.Y.
- ACI Committee 228, “Nondestructive Test Methods for Evaluation of Concrete in Structures (ACI 228.2R-98)”, American Concrete Institute, Farmington Hills, Mich., 62pp.
- ACI Committee 228, “In-Place Methods to Estimate Concrete Strength (ACI 229.1R-95)”, American Concrete Institute, Farmington Hills, Mich., 41pp.

# 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.

**Tele-atendimento**  
 (0XX21) 2493-6740  
**fax (0XX21) 2493-5553**  
[produtos@recuperar.com.br](mailto:produtos@recuperar.com.br)  
 Fax consulta nº 05

# Compaction Grouting

CONSOLIDAÇÕES “CIRÚRGICAS” MODIFICAM E REFORÇAM O SOLO, VIABILIZANDO OBRAS, SALVANDO EDIFICAÇÕES E OBRAS DE ARTE.

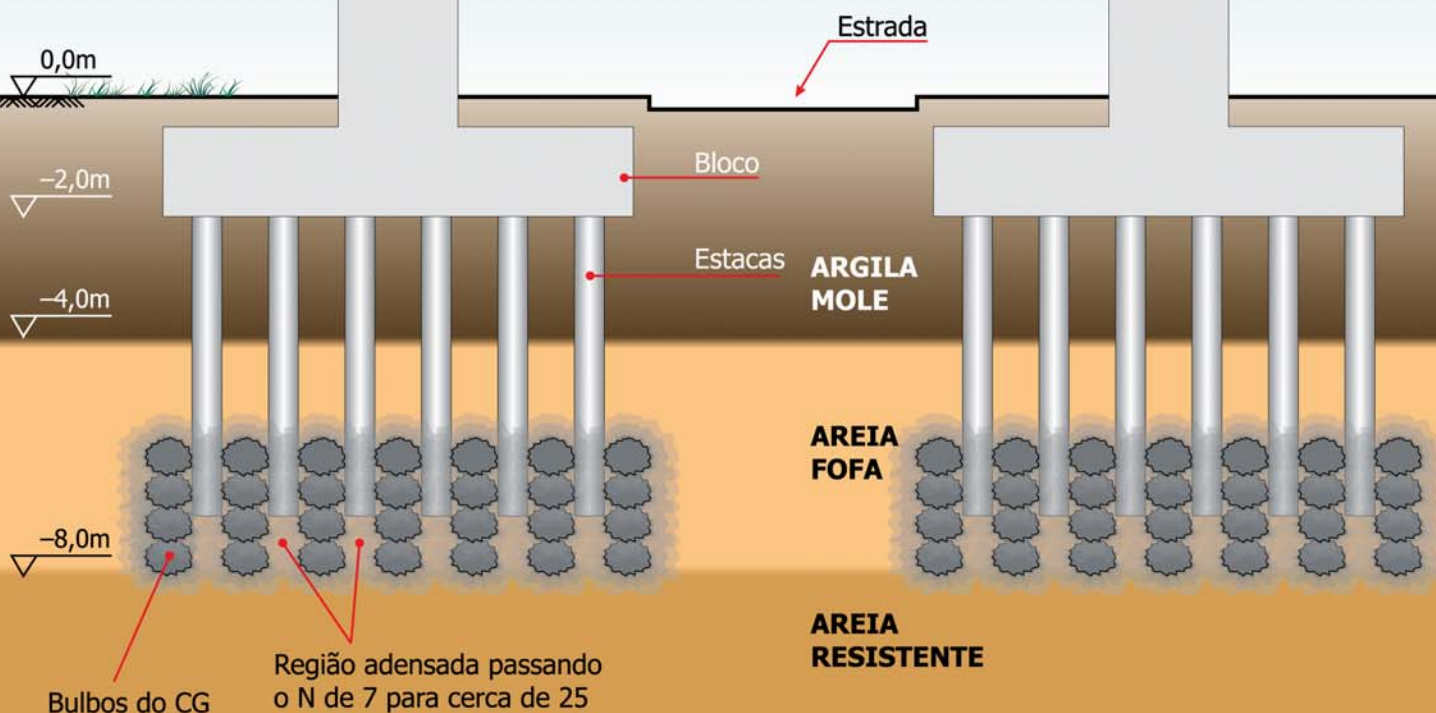


Figura 1 - ilustração da seção do viaduto ferroviário que teve sua fundação reforçada com a consolidação da camada de areia fofa que envolvia a ponta das estacas. Este viaduto apresentava recalques, possivelmente causados pelas vibrações que estavam promovendo estado de liquefação na camada de areia fofa. Repare na formação das colunas do grout que promoveu o efeito de compactação estática horizontal no solo vizinho, melhorando substancialmente sua resistência e as condições do atrito lateral e de ponta das estacas.

SOLOS

Jorge Luiz F. Almeida

**C**ompaction Grouting (CG) ou Consolidação Horizontal é uma eficiente técnica de consolidação nascida nos anos 50, nos EUA, ideal para a densificação de argilas moles e areias fôfas, podendo, adicionalmente, promover o

levantamento de estruturas com recalques. A técnica do CG consiste em se cravar, no solo, tubos com 50mm de diâmetro, seguido de injeção de *grout* específico para consolidação de solos, onde uma das principais características é o *slump test* máximo

de 5cm. Sua textura e composição aliados à baixa mobilidade, uma vez dentro do solo, impede-o de promover o fraturamento hidráulico, o que garante a efetivação de bulbos e colunas que, juntamente com drenos verticais previamente instalados, pro-

movem a densificação controlada de massas de solo, ao longo de toda a profundidade, de forma homogênea.

A seguir, apresentaremos dois casos recentes de aplicação do CG para consolidação de solos.

### Viaduto ferroviário sobre auto-estrada

Este viaduto, situado sobre uma auto-estrada, é formado por três vãos em concreto armado, por onde passam duas linhas de trem. Os pilares situados no centro do viaduto apresentavam recalques, devido a possível processo de liquefação de uma camada de cerca de 4m de espessura de areia fofa, onde estavam assentadas suas esta-

cas, a uma profundidade de 8 metros do nível da estrada.

Foi escolhido o processo CG por ser o mais viável e econômico para a consolidação da camada de areia fofa que servia de base para as estacas. Objetivou-se, com o CG, o aumento da resistência daquela camada, medida com o Standard Penetration Test (SPT),

a partir de valores  $N \sim 7$ , antes do grouting, para valores, após o grouting, de  $N \sim 25$ . Na figura 1, observa-se a zona do grouting. Os tubos de 50mm do CG foram cravados à percussão simples, sem lavagem, à profundidade média de 9m, utilizando-se ponta perdida com formato cônico. Desta forma, permitiu-se um processo rápido de crava-



Figura 2 - o sistema de alimentação do grout e a bomba do CG.

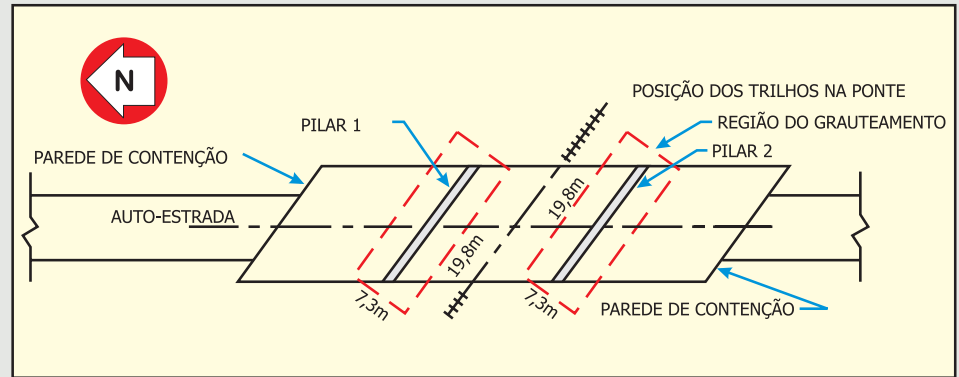


Figura 3 - vista em planta da situação do viaduto, dos pilares e a zona de consolidação.

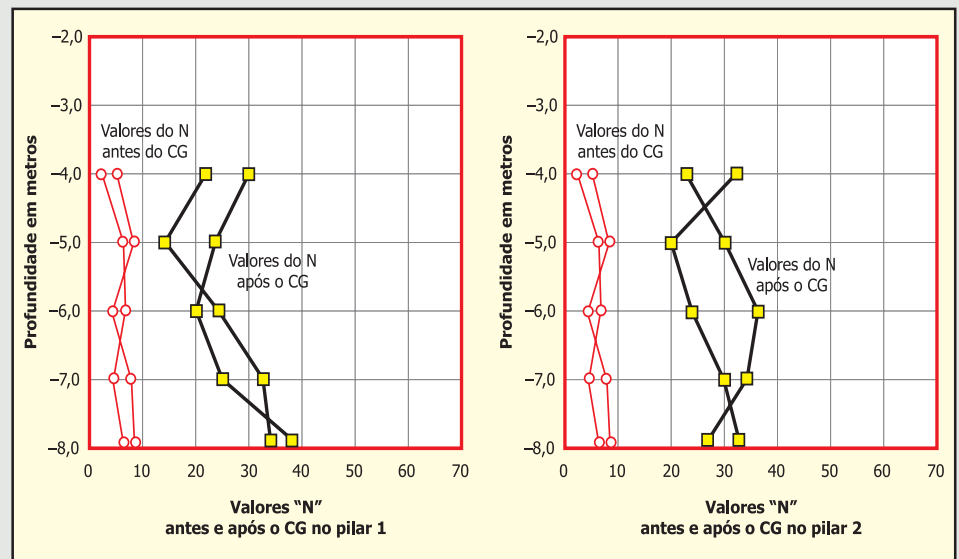


Figura 4 - teste de penetração SPT feitos nos dois pilares, antes e depois do CG.

# PIEZÔMETROS?

## PIEZÔMETRO DE TUBO

Usado para medir e controlar a pressão da água nos poros do solo, rocha e concreto.



## PIEZÔMETRO DE CORDAS VIBRANTES

Mede com precisão a pressão da água nos poros em solos saturados ou parcialmente saturados, além de rochas e concretos.



Tele-atendimento  
(0XX21) 2493-6740  
fax (0XX21) 2493-5553  
produtos@recuperar.com.br  
Fax consulta nº 08



# SUBSTITUINDO SOLO?



Existe maneira mais moderna, inteligente e barata para consolidar solos sem resistência em grandes áreas.

**COMPACTION GROUTING**

Peça hoje mesmo informações.

**COMPACTION GROUTING**  
Tele-atendimento  
(0XX21) 2493-6740  
fax (0XX21) 2493-5553  
produtos@recuperar.com.br  
Fax consulta nº 09

## O que é a liquefação na areia

Quando uma camada de areia saturada apresenta índice de vazios acima de um determinado limite e, bruscamente, é submetida a um processo de fuga, sua massa tentará obter um estado de equilíbrio. Ocorre que, se a água não puder escapar instantaneamente dos poros da areia, sua estrutura simplesmente transferirá as tensões normais atuantes para,

nada mais, nada menos que a água dos poros. A perda das frágeis tensões efetivas reduzirão a resistência da camada de areia a valores quase insignificantes, fazendo com que a camada de areia entre em estado de liquefação. A resistência que a camada de areia, em estado saturado, tem a um processo de liquefação dependerá de características como graduação,

tamanho e forma dos grãos. Podemos definir liquefação então como a perda de resistência devido a reestruturação não drenada da massa de areia. Perturbações, devido a vibrações, destroem o esqueleto suporte da areia saturada, ocorrendo a perda do contato entre os grãos, com diminuição da porosidade e transferência das cargas para a água dos poros.

ção sem qualquer perturbação nas camadas de argila mole superior e da própria areia fofa. Uma vez na cota pré-estabelecida, puxou-se os tubos em cerca de 15cm, de modo a perderem a ponta cônica, iniciando-se o grouting. A quantidade do grout injetado foi medida através do próprio volume da caçamba da bomba, ao

mesmo tempo em que um nível ótico conferia a inexistência de levantamentos, tanto dos pilares quanto do próprio pavimento. A disposição dos furos do CG foi feita com base em linhas de furos primários e secundários. O volume médio do grout injetado nos furos primários foi de 320 litros por metro. O volume médio de injeção nos furos

secundários foi de 110 litros por metro, literalmente regulados e interrompidos pelo aumento da pressão no manômetro do tubo de injeção assim como os levantamentos nos pilares de valores em torno de 2 a 3 milímetros.

Após os serviços do CG, foram executadas sondagens SPT com a mesma empresa que inicialmente tinha executados os



Figura 5 - A verificação do slump test que confirma a ausência de mobilidade do grout uma vez injetado.

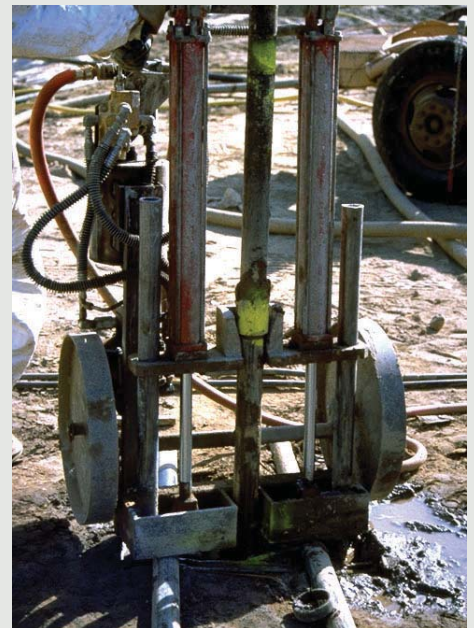


Figura 6 - O sistema de arrancamento do tubo do CG.



**Instituto de  
Patologias da  
Construção**

**Tecnologia e Qualidade  
em Investigações:  
Este é o nosso Diferencial**

**tel.: (21) 2493-6740**

atendimento@ipacon.com.br  
www.ipacon.com.br

**SOTOS**

- PDA - Prova de Carga Dinâmica (NR-13208).
- PIT - Ensaio de Integridade.
- Prova de Carga Estática (sapatas e estacas).
- Controle de Recalques.
- Acompanhamento Técnico da Execução.
- Ensaios CPT-CPTU/PIEZOCONE (medida de pressão neutra).
- Ensaios DMT - "Dilatômetro de Marchetti".

- Ensaios "Vane Test".
- Sondagem SPT e SPPT.
- Ensaios DPL - Penetrômetro Dinâmico Leve.
- Ensaios de Perda D'água.
- Avaliação e Seleção de Áreas.
- Laudos Geológicos - Geotécnicos.
- Instalação de Poços de Monitoramento.
- Instalação de Inclinômetros e Piezômetros.

## Como escapar da areia movediça

A areia movediça não é exatamente como nos filmes de Hollywood, um poço sem fundo que engole vítimas desavisadas. É verdade que quanto mais as pessoas tentam escapar, mais afundam. Mas é impossível que afundem completamente, afirmaram pesquisadores da Universidade de Amsterdã, em estudo na "Nature".

– Graças ao cinema, todo mundo acha que é possível morrer afogado na areia movediça. Se fizermos um cálculo simples de flutuação, no entanto, fica evidente que não dá para afundar completamente – disse Daniel Bonn, um dos autores do estudo.

A areia movediça é composta de sais, água, areia e argila e é encontrada perto de estuários, praias e rios.

– Quando alguém pisa na areia movediça ela deixa de ser algo quase totalmente sólido e passa a ser quase completamente líquido – explicou Bonn.

Os pesquisadores mediram a viscosidade, a resistência e a capacidade da areia de tragar uma pessoa e comprovaram que Hollywood está errada. Eles também calcularam a força necessária para resgatar uma pessoa presa: equivalente à necessária para levantar um carro médio.

Quando alguém cai num "poço" de areia movediça, a areia rapidamente envolve os pés da pessoa, formando uma espécie de armadilha. O ideal é movimentar os pés, para que a água circule, livrando-os da armadilha.



testes. Os valores N do SPT, antes e depois do CG, são apresentados nos gráfi-

cos da figura 4. Observa-se a efetividade deste método de consolidação, com a mé-

dia dos valores N iniciais em torno de 7 passando a valores, após o CG, de 25.

## Bomba Versátil MAX RG10



Bomba universal com acionamento elétrico para o 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/cm<sup>2</sup> e variação de velocidade de bombeio. RG10 é a bomba ideal para sua obra. Está a disposição dos clientes para aluguel e vendas.

Tele-atendimento  
(0XX21) 2493-6740  
fax (0XX21) 2493-5553  
produtos@recuperar.com.br  
Fax consulta nº 10



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

DEMOX  
CIMENTO EXPANSIVO

DEMOX é um revolucionário cimento extremamente expansivo, ideal para corte de rochas e concreto. DEMOX age em função da dilatação de seu volume, exercendo nas paredes do furo força superior a 8.000g/m<sup>2</sup>, 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:

- escavações de fundações
- correção de rochas para construção de estradas
- escavações de valas para posicionamento de dutos
- escavações subterrâneas
- escavações marítimas, mesmo submarinas
- eliminação de blocos de pedra
- demolição de pilares, torres e paredes (de concreto armado ou não)
- demolição de fundações
- pré-fissuramento de formações rochosas com a criação de blocos isolados.

Qualquer pessoa pode usar. Não é perigoso, não provoca lançamento de detritos, não forma gases nem produz qualquer tipo de vibração. Para utilizá-lo não é necessária nenhuma permissão ou licença de qualquer órgão governamental ou de meio-ambiente como acontece com os explosivos.

Tele-atendimento  
(0XX21) 2493-6740  
produtos@recuperar.com.br  
Fax consulta nº 11

**TEC MAX**  
TECNOLOGIA EM MATERIAIS

ENGº FLÁVIO CASERES

Rua Simão Dias da Fonseca, 61  
Cj. 02 - Cambuci - São Paulo  
tel.: (11) 3341-6182  
cel.: (11) 9997-9673

tecmax@tecmax.com.br

- Compaction Grouting.
- Injeção de Epóxi e Poliuretano.
- Tratamento da Corrosão.
- Recuperação e Reforço de Estruturas com Fibra de Carbono.
- Endurecedores de Piso.
- Tratamento de Juntas de Dilatação.



### Prédio com recalques

Um prédio, com cinco pavimentos, apresentava recalques acentuados no pilar de quina. Os sintomas estavam evidentes pelas trincas existentes, tanto na empena cega quanto na fachada dos fundos.

A edificação, assentada em fundação direta, apresentava, no local sinistrado, sapata com medida de 2,10 x 1,30m, situada na cota -1,10m abaixo do nível do pavimento. A causa do recalque foi uma associação de efeitos causados pelo aumento da sobrecarga na edificação e o rompimento de uma antiga tubulação de águas pluviais, exatamente na região da sapata.

A sondagem executada evidenciou uma camada de 5m de areia média fofa com  $N \sim 2$  sobre material resistente com  $N \sim 21$ . O nível d'água, durante a sondagem, apresentou-se alto, chegando à cota de -0,95m.

Foi escolhido o CG para a consolidação do solo e estabilização do elemento de fundação, devido essencialmente ao aspecto econômico, muito embora com grandes vantagens sobre as demais técnicas por causa da total ausência de comprometimento com a vida da edificação. Outra vantagem foi a

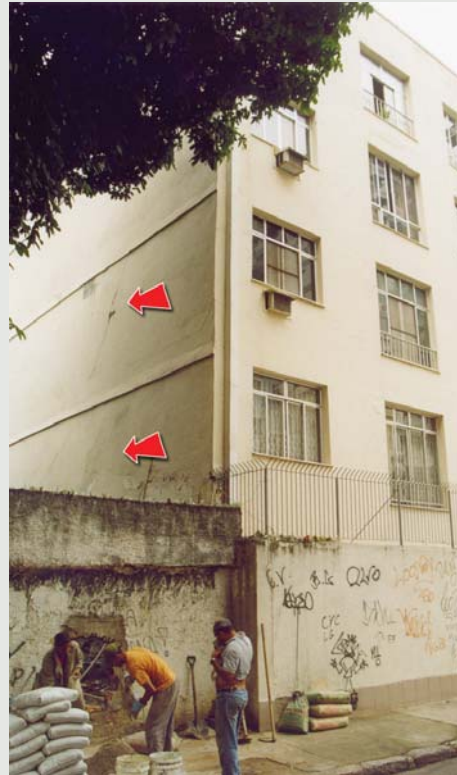


Figura 8 - Situação do prédio com problemas de recalque em seu pilar de quina. Pelo terreno vizinho foram feitos os serviços de consolidação do solo sob a sapata, com o CG. Repare as setas que evidenciam a posição das trincas nos pavimentos.

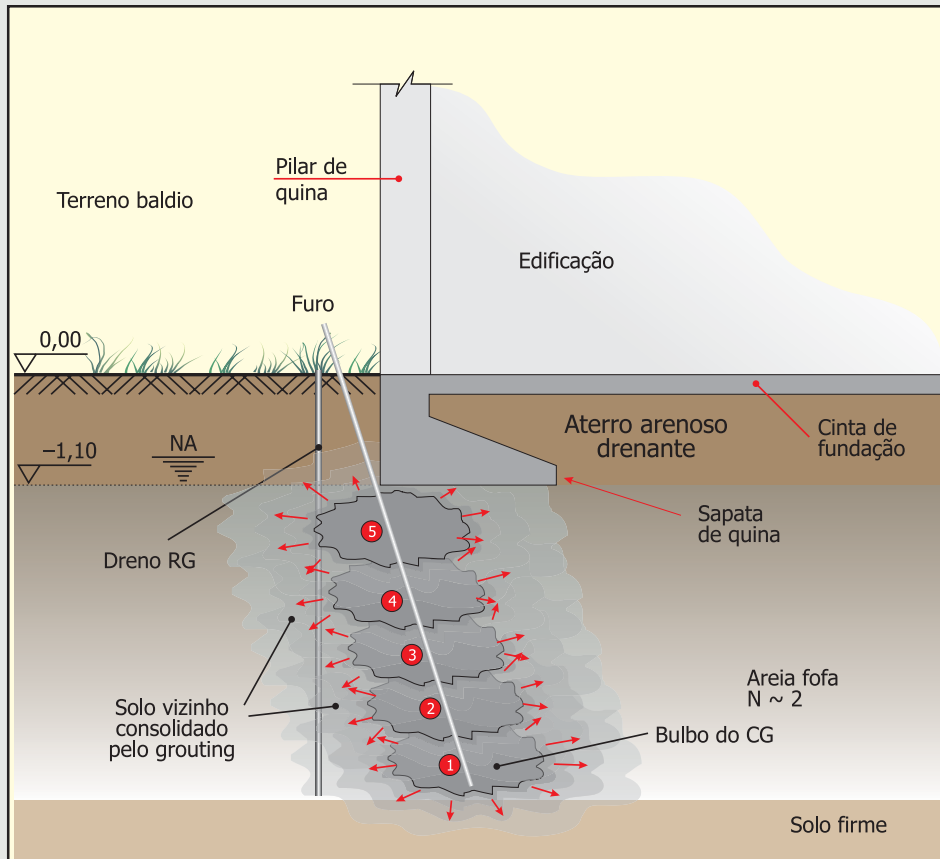
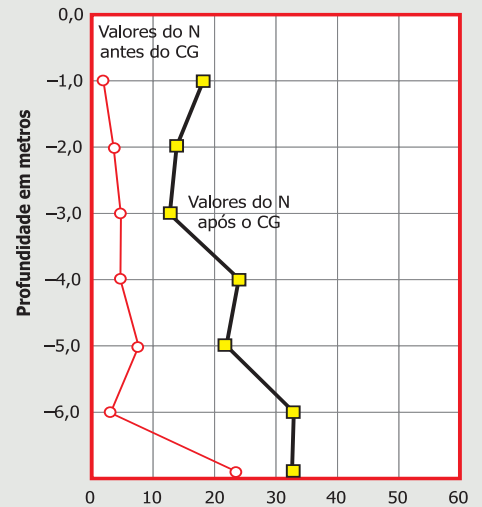


Figura 7 - Vista em corte da fundação do prédio de 5 andares com problemas de recalques em seu pilar de quina. Repare como foi executada a consolidação do solo, sob a sapata, com o CG.



Figura 9 - A mangueira e o arrancador hidráulico informando a posição do tubo do grouting.



- restituição de aproximadamente 5mm (levantamento) àquele pilar recalcado. É interessante ressaltar que uma das maiores vantagens do CG é, exatamente, a possibilidade de se ter a restituição dos valores dos recalques.

**fax consulta nº 12**

**REGUPERAR**

Para ter mais informações sobre Consolidação de Solos.

[www.recuperar.com.br](http://www.recuperar.com.br)

**REFERÊNCIAS**

- Jorge L. F. de Almeida é professor e engenheiro de fundações.

[consultoria@ipacon.com.br](mailto:consultoria@ipacon.com.br)

# Fundações Contaminadas

Conheça as preocupações de pesquisadores, como Adam Neville, sobre o nível crescente de contaminação do solo e o afetamento do concreto armado das fundações.

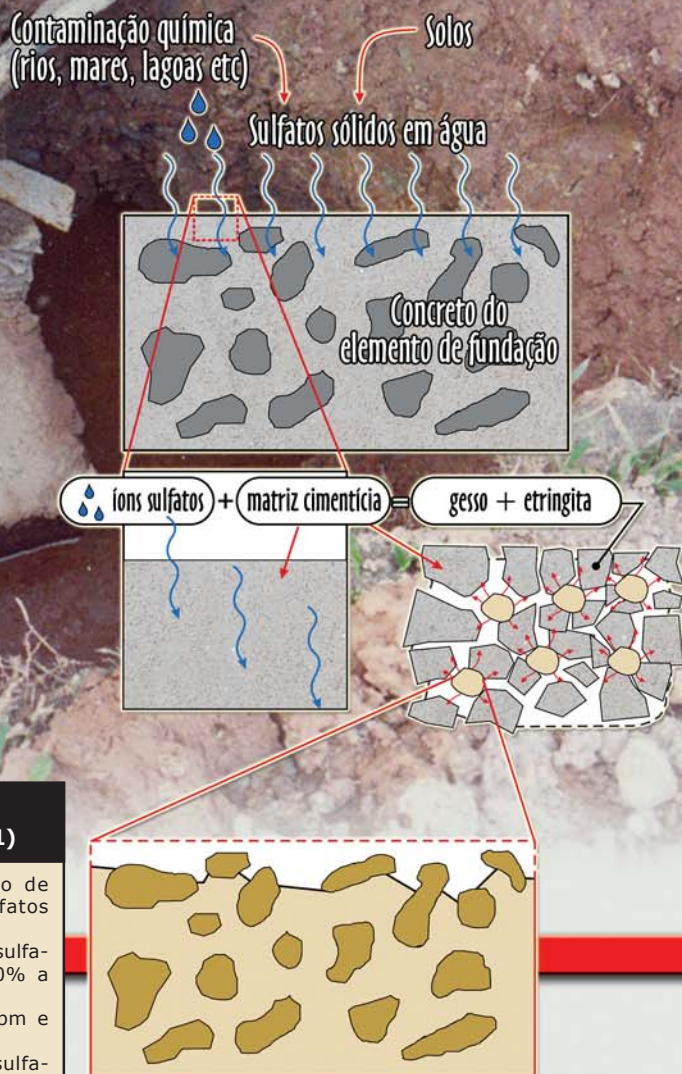


Figura 1 - hoje, é comum verificar-se o estado dos elementos de fundação a cada dez anos ou na presença de algum sintoma pertinente.

## O ataque em números (Canadian Standards Association A23.1)

- Ausência de ataque para valores em torno de 150ppm na água do solo ou 0,10% de sulfatos ( $SO_4$ ) no solo.
- Ausência de ataque, porém há presença de sulfatos em torno de 150 a 1000ppm e de 0,10% a 0,20%.
- Ataque severo para valores acima de 2000ppm e 0,50%.

**Observação:** A concentração média dos íons sulfatos na água do mar é de 2.750ppm.

## ANÁLISE

Michelle  
Batista

O recente artigo de Adam Neville, “The confused world of sulfate attack on concrete” reflete bem o nível de ignorância que convivemos em relação ao que sabemos e o que existe, hoje, sobre a contaminação das estruturas enterradas, principalmente pelos sais sulfatos.

Verdadeiramente, solos cada vez mais ricos em sulfatos começam a preocupar técnicos e engenheiros, no que diz respeito a situação do concreto armado/protendido das peças de fundação enterradas. Pode até ser surpresa para alguns, mas a presença, o contato e a penetração de sais sulfatos, particu-

larmente sulfatos de sódio, de magnésio e de cálcio representam, hoje, os 3 piores inimigos para peças de concreto enterradas, como cintas de fundação, sapatas, radiers e, principalmente, estacas. O grau de deterioração normalmente imposto é diretamente proporcional à concentração destes 3 tipos

**Etringita e gesso expandem e desintegram a matriz**

Continua na pág. 22.

RECUPERAR • Julho / Agosto 2005



## Estruturas de edifícios também gostam de *check-up*

Integridade é questão indiscutível em qualquer tipo de estrutura. O **INSTITUTO DE PATOLOGIAS DA CONSTRUÇÃO, IPACON**, proporciona o melhor *check-up* para a estrutura da edificação, do ponto de vista estrutural, funcional e da análise física, química e eletroquímica do concreto. Possui o mais atualizado *staff* técnico do *repairbusiness*. Seja exigente. Opte pela arte das técnicas de diagnóstico. Algumas atividades:

- ✓ Condição estrutural.
- ✓ Projetos de recuperação e reforço.
- ✓ Provas de carga.
- ✓ Monitoramento.
- ✓ Revisão de projetos.
- ✓ Instrumentação.

Solicite o **IPACON**.

Engenharia Diagnóstica



**IPACON**

Instituto de Patologias da Construção

Tele-atendimento  
(0XX21) 2493-6740  
fax (0XX21) 2493-5553  
produtos@recuperar.com.br  
Fax consulta nº 13



Figura 2 - A análise da água, presente em poços de elevadores, nos dá uma boa idéia da água que envolve os elementos de fundação.



Figura 3 - É freqüente, no interior de caixas de telefonia ou de luz, depararmos com todo tipo de soluções presentes também no solo.

de sais e, claro, também ao tipo de concreto existente. É evidente, portanto, que estruturas de fundações mais antigas estejam bem mais susceptíveis a esta degradação.

### A agressão em marcha

Inquestionavelmente, a forma mais comum de ataque químico evidenciado e analisado em estruturas de concreto enterradas é atribuída aos íons sulfatos, especificamente àqueles três bandidos. Estudos recentes deixam claro três sintomatologias bem características desta deterioração:

- concretos com aspectos tipicamente atacados por ácidos.
- volumes alterados devido a processos de expansão.
- concretos desmanchando-se em camadas.



Estes sulfatos, já identificados e fichados acima, estão cada vez mais presentes no solo e na própria água do solo. Sua maneira de atacar o concreto simples, metódica e mortal é feita pela dissociação daqueles íons sulfatos que:

- 1 – invadem o domicílio, rendendo a matriz cimentícia.
- 2 – transfiguram-se, ao reagirem com os produtos da hidratação da matriz.
- 3 – tornam a matriz expansiva, com fissuramento generalizado, amolecida e com desintegração.
- 4 – quebram o filme de óxidos metálicos que passavam as armaduras.



Este processo de ataque e invasão do concreto, caso o solo da fundação esteja saturado, é feito por difusão. Se o concreto estiver o tempo todo seco, ocorre pela absorção/adsorção capilar (veja RECUPERAR nº 63). Se dermos um zoom nesta situação típica de ataque, observar-se-á que aqueles sulfatos reagem com a portlandita para formar gesso ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) ou com os hidratos dos aluminatos de cálcio para formar a etringita ( $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 31\text{H}_2\text{O}$ ). O resultado são volumes bem alterados. Dos três fora da lei anteriormente citados o mais perverso é, indiscutivelmente, o sulfato de magnésio, pelo fato da sua reação com a portlandita produzir gesso e brucita (hidróxido de magnésio), ambos com expansão exacerbada.

### Números do ataque

De acordo com o American Concrete Institute, com uma determinada concentra-

### GLOSSÁRIO

**Difusão** – ocorre com o resultado da falta de homogeneidade do sistema, isto é, quando diferentes regiões do concreto possuem diferentes soluções em seus vazios ou mesmo que contenham a mesma solução, mas com diferentes concentrações, o que provoca um aumento no gradiente da concentração. A difusão é diferente da condução elétrica, em que íons positivos e negativos movem-se na mesma direção. Sob o efeito da corrente, movem-se em direções opostas. Relaciona-se ao coeficiente de difusão, que indica o número de íons que se difundem através de uma seção da solução ( $1\text{cm}^2$ ) por segundo a um gradiente de concentração igual a um. Refere-se à mistura e ao transporte de íons, devido ao inerente movimento existente em cada uma destas partículas.

**Adsorção** – condensação de gases, líquidos ou substâncias dissolvidas sobre a superfície do aço. Atração de íon ou substância para a superfície do aço.

**Partes por milhão (ppm)** – quando a concentração de um componente numa solução é muito baixa, a forma de exprimi-la é em partes por milhão, ou, simplesmente, ppm. O número de ppm indica quantas unidades de um componente há em 1.000.000 ou  $10^6$  unidades da mistura.

## ELEMENTOS DE FUNDAÇÃO DESPROTEGIDOS?

# TERRA ANODO G (TAG)

Elementos de fundação como sapatas, blocos e estacas ficam em contato com a água freática e o próprio solo, que podem ter características ácidas ou uma diversidade de contaminantes. Corrosão na certa, tanto nas armaduras quanto em cabos de protensão do concreto. TERRA ANODO G é proteção catódica contra a corrosão na medida certa. TERRA ANODO G é proteção catódica específica para estruturas de concreto armado e protendido enterradas.

**Instale e confira. Damos total assessoria técnica.**



O TERRA-ANODO G é fornecido com diversas seções e comprimentos.

Tele-atendimento  
(0XX21) 2493-6740  
fax (0XX21) 2493-5553  
produtos@recuperar.com.br  
Fax consulta nº 14



Figura 4 - Este “pescoço” de pilar, situado entre a sapata e a cinta de fundação, literalmente desintegrou-se pela ação freática corrosiva. Daí a necessidade do macaqueamento seguido do aumento da seção daquele trecho do pilar.



Figura 5 - Neste subsolo, a cerca de 10m de profundidade, a solução salina infiltrante pelas paredes provocam sérios problemas no concreto e em suas armaduras. Houve a necessidade da impermeabilização, com resina hidroexpansiva PH FLEX, junto a interface solo-concreto, de modo a tirar a solução corrosiva do interior do concreto. A injeção foi naquela interface. Foi usada proteção catódica, no concreto contaminado, para neutralizar o processo de corrosão nas armaduras.



Figura 6 - Na foto maior, a base dos pilares de uma ponte onde, na foto menor, fica evidente a presença de sais sulfatos.

ção de sulfatos presente na água do solo, superior a 10.000ppm ou de 2% de sulfatos solúveis em água do próprio solo, ter-se-á um ambiente extremamente corrosivo ao pseudo sólido chamado concreto.

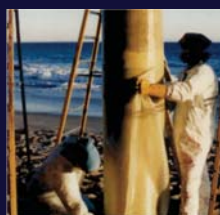
O esquema, muito simples, de avaliação da resistência do concreto à ação dos sulfatos, baseia-se na análise das mudanças que ocorrem em sua resistência mecânica e em seu volume, uma

vez imersos em solução de sulfatos. A norma mais conhecida, que efetivamente serve de parâmetro padrão para o teste, é a ASTM C102, que dá as dicas para determinar a alteração do compri-

## Reforço Estrutural...



Manta de Fibra de Aço



Manta de Fibra de Kevlar

...só com sistemas MFC.

### PRODUTOS MFC:

- Manta de Fibra de Carbono
- Manta de Fibra de Kevlar
- Fita de Fibra de Carbono
- Barras de Fibra de Carbono
- Mantas de Fibra de Aço
- Fibra de Vidro Estrutural
- Tecnologia a toda prova

*Os sistemas de reforço estrutural MFC foram desenvolvidos no Japão e EUA com o mais perfeito requisito resistência-durabilidade.*

*Dispomos de uma formidável linha de produtos com assessoria técnica, para todas as empresas e profissionais, aliando viabilidade, segurança, preço e qualidade.*



Lider em Reforços Inteligentes

Tele-atendimento  
(0XX21) 2493-6740  
fax (0XX21) 2493-5553  
produtos@recuperar.com.br  
Fax consulta nº 15



## Como determinar o teor de sulfatos no concreto?

A amostra do concreto, um mínimo de 50 gramas, pode ser tirada na forma de pó, utilizando-se uma furadeira. O teor de sulfatos é determinado tratando-se o pó do concreto com ácido clorídrico, solução de amônia e solução de cloreto de bário. A seguir, é queimada a cerca de 900°C e pesada. Se o teor de sulfatos excede em 4% o teor de cimento da amostra, poder-se-á prognosticar ataque químico. O teor de sulfatos na água do solo deve ser determinado por um dos diversos testes típicos. A concentração é expressa em ppm de  $SO_4$  ou  $SO_3$ . A água do mar tem teor de sulfatos relativamente constante. O teor de sulfatos no solo é feito de forma semelhante à do concreto.



principalmente, uma película resistente de proteção. O uso de fumo de sílica, cinzas e cimento de alto forno melhora esta resistência, já que reduz a quantidade dos elementos reativos (como o cálcio), necessários às reações sulfato-expansivas. Infelizmente, não existe nenhum aditivo específico para dar resistência aos íons

mento de argamassas de cimento portland expostas a íons sulfatos. De um modo geral, ocorrendo uma expansão mínima de 0,5% já é o suficiente para caracterizar a atuação dos bandidos sulfatos.



## Como proteger o concreto dos sulfatos

O American Concrete Institute (ACI) sugere usar concretos com baixo fator água/cimento, aditivos apropriados, uma boa vibração e,

- Serviços de Consultoria.
- Tratamento da Corrosão.
- Consolidação de Solos por Permeation e Compaction Grouting.



Tel.: (81) 3228-7500  
Cel.: (21) 8176-9787  
alicerce@br.inter.net

TECNOLOGIA EM SERVIÇOS DE RECUPERAÇÃO

# Microscopia sem preparação?

Pare de sonhar. Agora já está ao alcance de qualquer laboratório fazer análises com imagem 3D, não invasiva, da microestrutura interna de qualquer sólido ou mineral, sem qualquer tipo de preparação da amostra



## SS1172 Desktop MCT

Esmiuça detalhes inferiores a  $1\mu m$ , com formato-fatia superior a  $8K \times 8K$  com tamanhos de objetos da ordem de 70mm.



## Microscopia sem complicações!

Solicite mais informações  
Tele-atendimento  
(0XX21) 2493-6740  
fax (0XX21) 2493-5553  
produtos@recuperar.com.br  
Fax consulta nº 16

Fatias finas reconstruídas de amostras geológicas ou de materiais de construção/recuperação obtidos sem qualquer corte físico.

Fatia virtual de uma amostra de papel com resolução espacial de submicron.

## SS2011 Nanotomógrafo

Resolução espacial de 150 a 400nm.

## O que é o $C_3A$ ?

O cimento portland é um material pulverulento, constituído de silicatos e aluminatos de cálcio, que hidratam-se ao serem misturados com água, produzindo o endurecimento da matriz cimentícia e aglomerando os agregados grãos e miúdos. Os dois principais componentes do clínquer são a cal ( $CaO$ ), que responde por cerca de 65% e a alumina ( $Al_2O_3$ ), que compõe com cerca de 5%. Na química dos cimentos, usa-se uma notação própria, simplificada, que ajuda na compreensão das reações envolvidas:

$CaO$  é denominado C  
 $Al_2O_3$  é denominado A

Nas reações de hidratação da matriz cimentícia a cal reage com a alumina para formar o aluminato tricálcico ( $3CaO \cdot Al_2O_3$ ), resumidamente denominado  $C_3A$ , que impõe uma certa característica ao cimento. A presença e o contato

com sulfatos, tanto na água quanto no solo, atinge em cheio o aluminato tricálcico hidratado ( $C_3A$ ) que desembesta a formar outros sais, extremamente expansivos, do tipo sulfoaluminatos tricálcicos hidratados.



### GLOSSÁRIO

**Matriz** – no caso do concreto, é a pasta cimentícia que envolve a areia que, por sua vez, envolve a pedra.

**Portlandita** – um mineral. O hidróxido de cálcio  $Ca(OH)_2$ .

**Etringita** – sulfoaluminato de cálcio, rico em sulfatos. Ocorre na natureza ou é formado pelo ataque de sulfatos no concreto.

sulfatos. Em todos os casos, no entanto, dever-se-á proteger, preventivamente, as

armaduras com proteção catódica, seja com PASTILHAS Z ou TELAG.

O processo de cura deverá ser rigoroso, de modo a que a permeabilidade, a partir de sua superfície, seja a menor possível. Em todos os casos onde haja sais sulfatos dever-se-á limitar a quantidade do aluminato tricálcico ( $C_3A$ ) a, no máximo, 5%, conforme recomenda o ACI (building code 318-8, tabela 4.2.1). O fator água/cimento deverá ficar em torno de 0,45.

É interessante ressaltar, no entanto, que baixos teores de  $C_3A$  reduzem, de forma sig-

nificativa, a resistência da matriz cimentícia à penetração de íons cloretos. Assim como também há sais sulfatos na água do mar, a utilização de cimentos com baixos teores de  $C_3A$  acaba abrindo a porta para outro problema.

fax consulta nº 17



**RECUPERAR**

Para ter mais informações sobre Análise.

www.recuperar.com.br

### REFERÊNCIAS

- Michelle Batista é química.
- Benstead, J. World Cement Technol.
- Crammond, N. J. Cement Concrete Res.
- BRE Digest 250 Concrete in Sulphate-bearing Soils and Groundwaters. (Building Research Establishment).
- Cooke, R. U. & Smalley, I. J. Nature 220.
- Sperling, C. H. B. & Cooke, R. U. Earth Surface Processes and Landforms.
- Goudie, A. S. Sch. Geogr. Res. Pap. 33.
- St John, D. A. Cement Concrete Res.
- Pye, K. & Hudson, A. J. New Civil Engrn.
- Mineral Resources Consultative Committee Salt. (HMSO, London).

## Corrosão generalizada?



A corrosão no concreto armado/protendido literalmente come sua estrutura.  
A única solução é proteção catódica.

### TELA GALVÂNICA G

- 100% proteção catódica.
- ampla proteção contra corrosão generalizada em qualquer tipo de estrutura.
- interrupção instantânea da corrosão.
- facilmente incorporada à estrutura.
- seus benefícios são facilmente checados com uma semi-pilha.
- garantia superior a 15 anos.



Tele-atendimento  
(0XX21) 2493-6862  
fax (0XX21) 2493-5553  
produtos@recuperar.com.br  
Fax consulta nº 18

## Medidores de trincas



Se há necessidade de saber a quantidade de movimento de uma junta, fissura ou trinca, os melhores e mais modernos equipamentos são os detectores de movimentos **S.A.T.** e **AVONGARD**. Estes simples e baratos equipamentos registram movimentos da ordem de 0,01mm. O **S.A.T.** é equipado com um cartão indestrutível, que é fixado na superfície, e um engenhoso riscador que assinala qualquer movimento, de forma contínua, estabelecendo o real funcionamento de fissuras, trincas ou juntas. O **AVONGARD** é facilimo de instalar, durável ao extremo e fácil de ler. É capaz de ler movimentos verticais e horizontais em qualquer tipo de trinca.

### MEDIDORES DE TRINCAS

Tele-atendimento  
(0XX21) 2493-6862  
fax (0XX21) 2493-5553  
produtos@recuperar.com.br  
Fax consulta nº 19

# Corrosão na Protensão



SAIBA PORQUE TODO E QUALQUER SINTOMA DE CORROSÃO NO AÇO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO PROTENDIDO DEVE SER MOTIVO DE INVESTIGAÇÃO E TRATAMENTO.

Figura 1 - Detalhes da ancoragem de um cabo multi-cordoalhas. Vista em corte.

## CORROSÃO

Joaquim Rodrigues

**A**ço protendido é usado em peças estruturais pré e pós tensionadas, havendo contato direto ou indireto com o ambiente alcalino do concreto. Este ambiente alcalino, como se sabe, não cria a passividade no aço, apenas a mantém. A presença de umidade constante, agentes contaminantes e oxigênio em abundância, indo e vindo através da massa endurecida do pseudo-sólido concreto, altera seu am-

biente alcalino e mina o filme de óxidos passivos, cão de guarda contra a corrosão. No concreto armado convive-se, sem muito pânico, com sinais de corrosão no aço, até o ponto em que começa a produzir perda de seção nas armaduras. No concreto protendido não pode e não deve ser assim, pelo simples fato de que este aço convive com um nível contínuo de tensões, com cerca de 60% de sua resistência de tração final e com direi-

to a picos de valores ainda maiores durante grandes tensionamentos. Assim, qualquer perda de seção, por menor que seja, aumenta substancialmente o nível de tensões no aço, deixando-o à beira de um ataque de nervos, quer dizer, da tensão de escoamento seguido de fratura. Um fato importante que técnicos e engenheiros costumam esquecer é que a resistência da tração do aço de protensão é, normalmente, 4 a 5 vezes maior do que a do

Continua na pág. 32.

RECUPERAR • Julho / Agosto 2005



## O assassino da Reatividade Álcali-Sílica



### **RENEW**

Tele-atendimento  
(0XX21) 2493-6740  
fax (0XX21) 2493-5553  
produtos@recuperar.com.br  
Fax consulta nº 28



## Detector de RAS 3000

Agora ficou mais simples checar com o Detector de R.A.S 3000 o gravíssimo problema da reatividade álcali sílica em estruturas de concreto armado. Os dois reagentes do detector de R.A.S. são aplicados separadamente na superfície do concreto, previamente escarificada. Caso o concreto esteja contaminado, aparecerão manchas características, indicando a presença da reação e o seu grau de evolução. Se amarelo, indicará que há R.A.S. Se rosa, que R.A.S. está em estágio avançado.

- **Todo teste é feito na própria obra.**
- **Não é exigido tratamento especial ou qualquer outro equipamento.**
- **Utiliza apenas 2 reagentes absolutamente seguros e atóxicos.**
- **Identifica a R.A.S. no concreto, diferenciando esta patologia das demais causas que possam atuar na estrutura.**
- **Resultados em menos de 5 minutos. Econômico, fácil e rápido de usar.**

### **Detector de RAS 3000**

Tele-atendimento  
(0XX21) 2493-6740  
fax (0XX21) 2493-5553  
produtos@recuperar.com.br  
Fax consulta nº 29

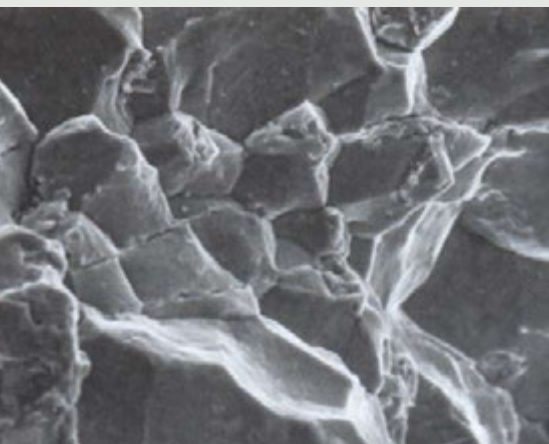


Figura 2 - Microfotografia eletrônica de varredura evidenciando a vista em corte da seção de um fio de cordoalha com fratura intergranular. Note que as fraturas ocorrem entre os grãos do aço, revelando o formato de parte dos grãos individuais. (2000X).

aço empregado no concreto armado. Outro detalhe extremamente importante, que enfatiza ainda mais a asserção anterior é que nos cabos de protensão, geralmente, são empregados fios de pequeno diâmetro que, ao perderem seção mais rápido que as barras do concreto armado, tornam crítica sua situação. Para esquentar ainda mais a discussão futeboleira acerca da situação do aço protendido e suas cólicas de corrosão, a radio-

grafia desta patologia, neste tipo de aço, nos mostra que, além da corrosão uniforme e por pites, comuns também no aço do concreto armado, existem duas outras formas de corrosão extremamente graves. Elas estão associadas à característica química e física do aço protendido, seu altíssimo nível de sollicitação mecânica para o qual é projetado e o ambiente que o cerca, dando como diagnóstico único a temida corrosão sob tensão fraturante (CTF), com dois personagens ativos:

- Corrosão entre grãos da rede cristalina do aço protendido, o que faz perder suas propriedades mecânicas, fraturando devido ao altíssimo nível de tensões reinante.

- Corrosão devido a fragilização causada pelo gás hidrogênio, que penetra e difunde-se rapidamente entre os grãos do aço protendido, transformando-se em moléculas  $H_2$ , as quais exercem pressão enorme, fragilizando e tornando o aço menos dúctil e susceptível a fissuras e fraturas.

Alguns leitores poderão estranhar o porquê de temida. Ocorre que a CTF, com seus dois tentáculos, não costuma apresentar qualquer produto ou sintoma na superfície do aço, como a velha e bonita ferrugem passiva, imediatamente antes do rompimento do fio ou da cordoalha protendida. Mais, a sintomatologia do estado de ruína do fio ou da cordoalha mostra pouco alongamento e uma rutura tipicamente frágil.

### As histórias

Poucas histórias vêm à mídia em matéria de ruína de estruturas de concreto protendido. Algumas pelo fato de que, geralmente, caem na justiça e, por causa disso, o resultado não é divulgado. Outras, pelo fato de que a causa era CTF, associada à corrosão uniforme ou por pites. Há o caso histórico, em 1976, do vaso de um reator em concreto protendido, nos EUA, com monocordoalhas não aderidas, protegidas com uma “cera muito especial”, mas que continha cloretos e nitratos. O diagnóstico foi 100% CTF. Um outro caso histórico de CTF foi o do desabamento do hall do Congresso de Berlim, na Alemanha, em 1980, onde a superfície do aço protendido continha fissuras e fraturas micro e macroscópicas, além de pi-

Continua na pág. 34.

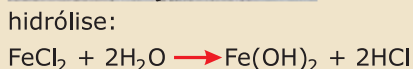


Figura 3 - Microfotografia eletrônica da superfície de um fio de cordoalha com pites e corrosão sob tensão fraturante (CTF). As carepas da superfície do pite foram limpas previamente.

## Corrosão é voltagem e mede-se com semi-pilha.

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).



Evite isto!

**CPV-4**

Tele-atendimento  
 (0XX21) 2493-6740  
 fax (0XX21) 2493-5553  
 produtos@recuperar.com.br  
 Fax consulta nº 30

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



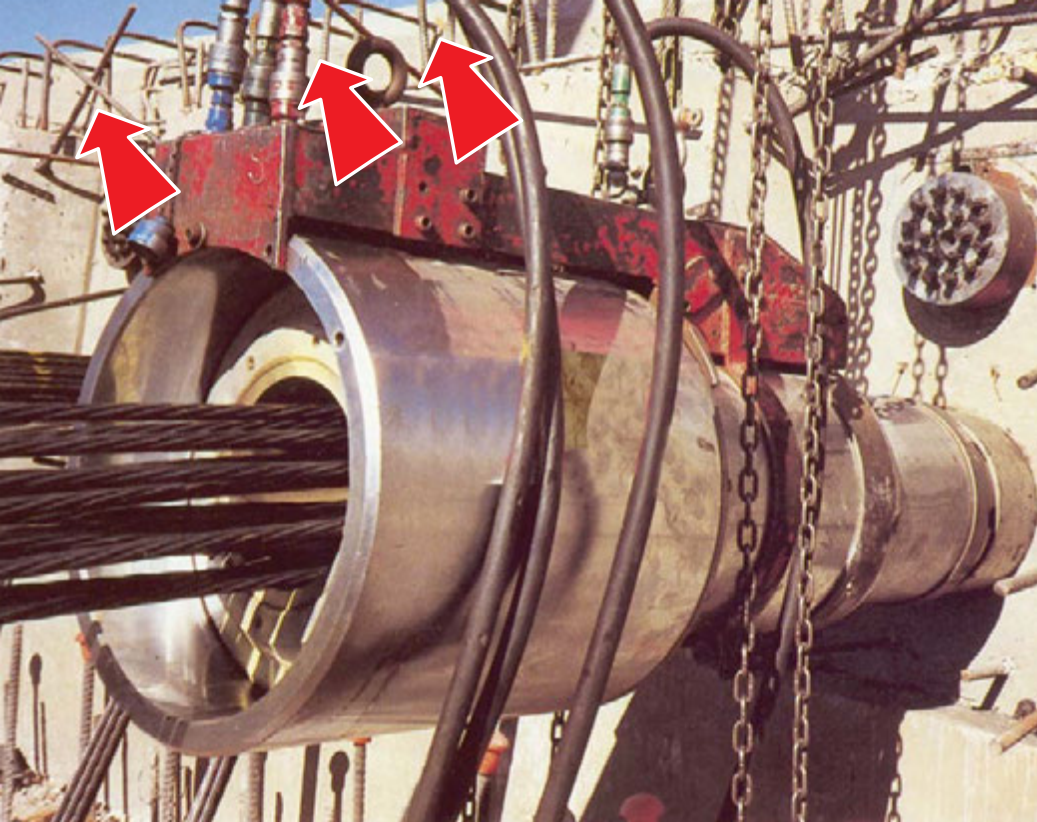
Entendeu?

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.

Ah, sim, e você não precisa ser cirurgião plástico para utilizá-la.



**EPOXY 36**  
Tele-atendimento  
(0XX21) 2493-6740  
fax (0XX21) 2493-5553  
produtos@recuperar.com.br  
Fax consulta nº 31



Equipamento tensionando as cordoalhas. Repare que, no canto superior direito, já foi executado este serviço. A presença de juntas sobre a ancoragem é sempre perigosa e deve ter medidas super preventivas de impermeabilidade. Infiltração d'água neste local tem caminho direto para a ancoragem e o início da corrosão. Deixar o aço sozinho é perigoso. Sugere-se usar anodos tipo ZPP, PASTILHAS Z ou TELA G.

tes de corrosão. Há também inúmeros relatos de tubulações, em concreto protendido, que romperam e, com o exame microscópico do aço protendido, ficou diagnosticada a CTF.

### Como avaliar o estado de corrosão no concreto protendido

O desgãe de medidas necessárias à avaliação do estado de corrosão nas estruturas protendidas, grosseiramente, desemboca no mesmo delta de soluções do concreto armado.

Há, no entanto, diferenças e adições

importantes como a avaliação feita em concretos pré e pós-tensionados.

Antes de penetrar nessa selva, torna-se necessário estabelecer o propósito e o rumo da avaliação. Uma vez embrenhado, observar-se-á a presença de anormalidades na superfície do concreto, a extensão e a velocidade de qualquer processo ativo de corrosão, a perda de seção nos fios e a presença de fissuras, trincas ou mesmo fraturas em sua superfície.

Para se encontrar a luz que norteará o fim do túnel, quer dizer o fim do processo de corrosão, torna-se vital, com os dados levantados, determinar a causa de cada um dos processos, frente a cada um dos micro

#### GLOSSÁRIO

**Hidrólise** – desdobramento de substâncias químicas em meio aquoso, acompanhado da fixação dos constituintes da água (ou outra solução), na forma de  $H^+$  e  $OH^-$ . Reação muito comum no concreto.

ambientes existentes, se é que existem diferenças, de modo a cortar o mal pela raiz. Na próxima edição, apresentaremos todas as informações pertinentes à avaliação do estado de corrosão nas estruturas pré e pós-tensionadas.

fax consulta nº 32



**RECUPERAR**

Para ter mais informações sobre Corrosão.

www.recuperar.com.br

#### REFERÊNCIAS

- Joaquim Rodrigues é engenheiro civil, membro de diversos institutos nos EUA, em assuntos de patologias da construção. É editor e diretor da RECUPERAR, além de consultor de diversas empresas.
- Corrosion of Prestressing Steels, ACI 222.2R.
- Economic Effects of Metallic Corrosion in the United States, National Bureau of Standards, U.S. Department of Commerce, NBS Special Publication No. 511-1.
- Failure Analysis and Prevention, Vol 11, ASM Handbook, ASM International..
- M. Fontana, "Stress Corrosion", Lesson 5, Corrosion, Metals Engineering Institute Course, American Society for Metals..
- Fractography and Atlas of Fractographs, Vol 9, Metals Handbook, 8th ed., American Society for Metals.
- Failure Analysis and Prevention, Vol 10, Metals Handbook, 8th ed., American Society for Metals.
- M.G. Fontana, Corrosion Engineering, 3rd ed., McGraw-Hill Book Co.

Após a limpeza...

**ZLP** zinco líquido puro

Tele-atendimento  
(0XX21) - 2493-6740  
fax (0XX21) 2493-5553  
produtos@recuperar.com.br  
Fax consulta nº 33

## 15 anos de Proteção Total nas Estruturas Metálicas

Tintas e revestimentos em estruturas metálicas apresentam furos e falhas, através dos quais instala-se a corrosão. Proteção líquida contra a corrosão só com ZLP. Você aplica e a troca galvânica é instantânea. ZLP é proteção catódica líquida, aplicada com spray, pincel ou rolo, com garantia superior a 15 anos. Saiba mais sobre a tecnologia do ZLP, sua real proteção contra a corrosão no concreto armado ou protendido.