

# CORROSÃO COBRA PEDÁGIO



CORROSÃO

Patrícia  
Karina Tinoco

Ponte da rodovia I-35, tombada em agosto de 2007.  
Foto tirada antes do fechamento do área pela polícia

**EUA: PONTE CAI COM PERDAS DE VIDAS E TOMAM-SE ATITUDES. BASTARAM DOIS ANOS APÓS A QUEDA DA PONTE DE MINNEAPOLIS PARA GOVERNOS ESTADUAIS E FEDERAIS AMERICANOS IMPLANTAREM UM RÍGIDO CONJUNTO DE LEIS DE CHECAGEM E RECUPERAÇÃO DE TODAS AS PONTES DO PAÍS. AQUI, APÓS A QUEDA DE ALGUMAS, CENTENAS APRESENTAM SÉRIAS PATOLOGIAS QUE AS CONDENAM A FUTURAS CATÁSTROFES E NADA SE FAZ.**

## A gota

Faz quase dois anos que caiu a ponte da rodovia I-35, que atravessa o rio Mississipi, em Minneapolis, Minnesota, matando 13 pessoas e ferindo cerca de 100. A ponte, construída em 1967, tinha um fluxo diário de 140.000 veículos, incluindo 5.700

Continua na pág. 6

RECUPERAR • Novembro / Dezembro 2008

**F**ui criada ouvindo Beatles, Janis Joplin, Lou Reed e Tina Turner, era minha trilha sonora da infância, o que não impediu que uma aguazinha com açúcar entrasse no meu repertório. Ainda muito jovem, minha música preferida era “The guitar man”, de um grupo chamado Bread, que não chegou a entrar para a história, a não

ser pra minha. Profissionalmente, no entanto, muitas coisas que lá se fazem realmente entram para a história. E a última delas é a nova legislação que obriga os governos federal, estadual e municipal a cuidarem das pontes de maneira tanto séria quanto periódica, estabelecendo diretrizes de checagem, monitoramento e recuperação.

Nova com  
1,6mm de espessura

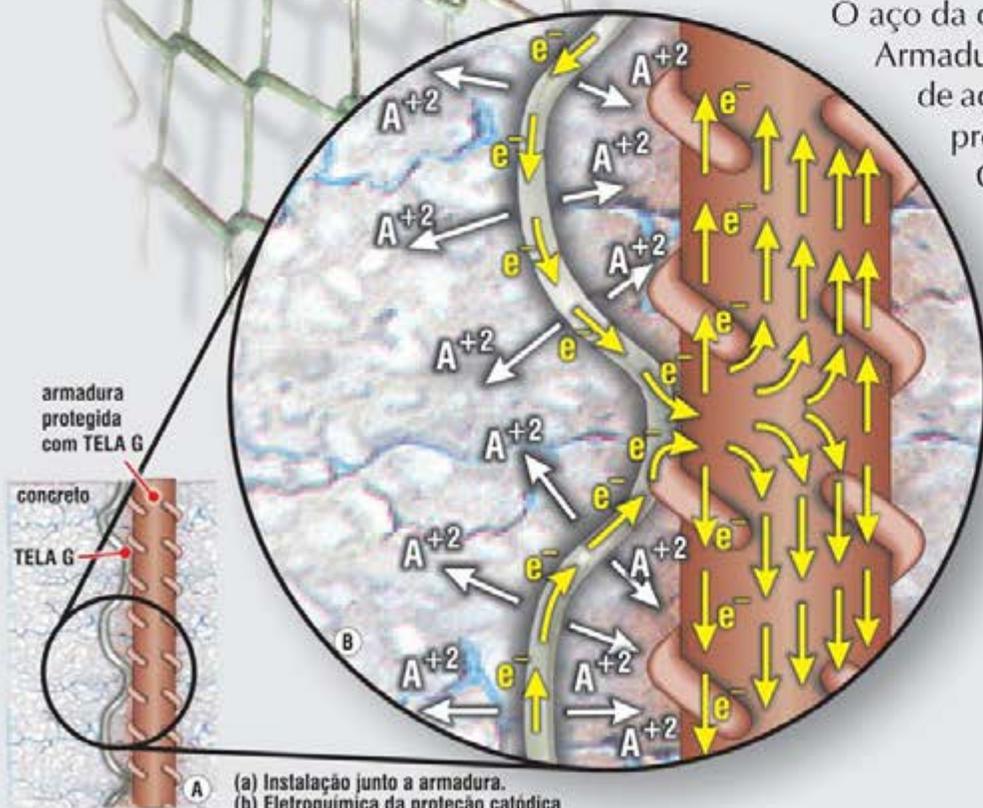
# Concreto armado-protendido sem corrosão?



**TELA G** <sup>+</sup><sub>-</sub>\*

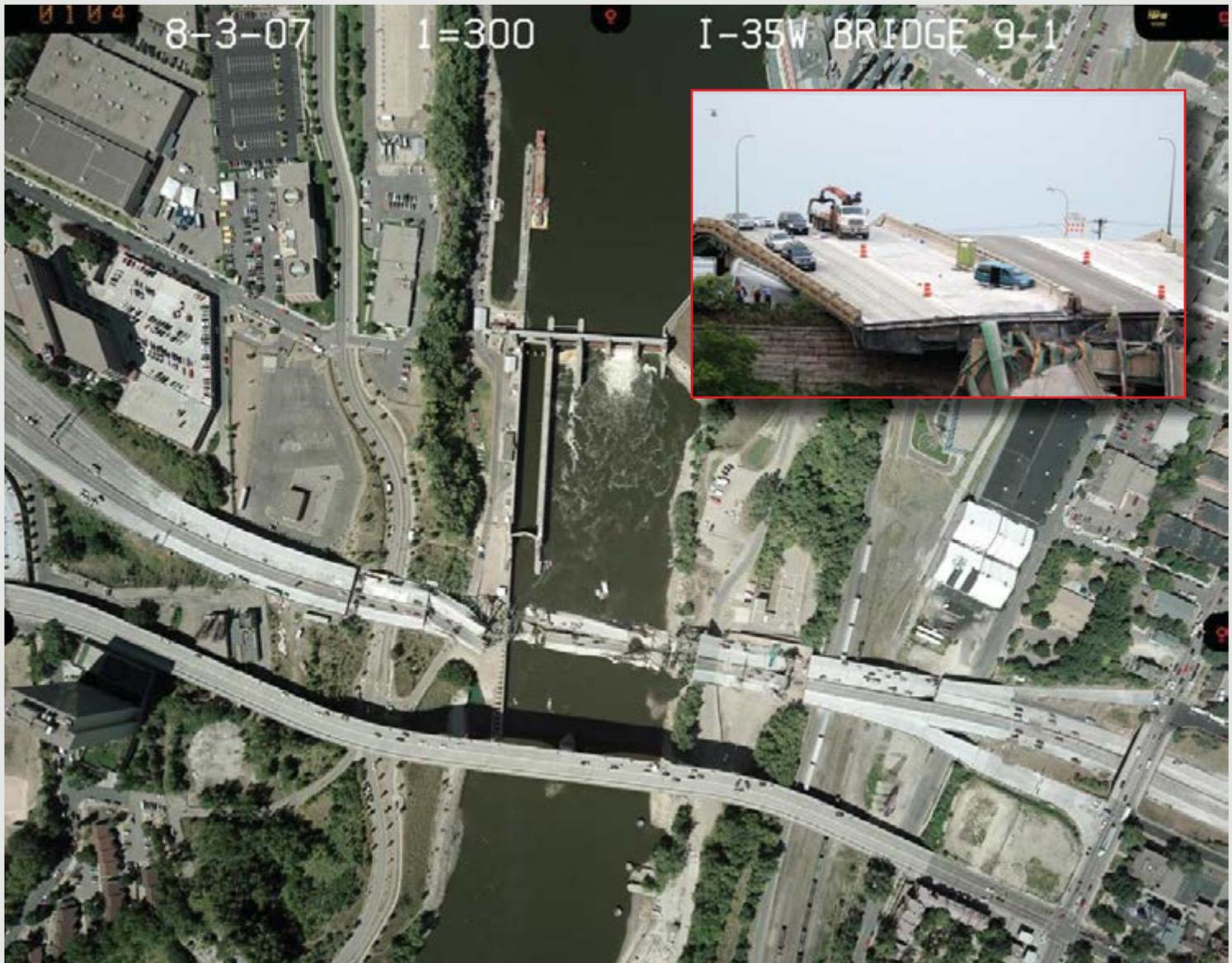
O aço da construção é reativo e corrói fácil. Armaduras e cordoalhas de protensão são de aço. O concreto é um falso sólido. A proteção do aço é apenas passiva. Com esta situação, a defesa natural e efetiva do aço é a proteção catódica. Sua atuação é facilmente checada e monitorada com uma semi-pilha.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

\* Produto patenteado



(a) Instalação junto a armadura.  
(b) Eletroquímica da proteção catódica

**CPV-4**  
Tele-atendimento  
(0XX21) 3154-3250  
fax (0XX21) 3154-3259  
produtos@recuperar.com.br  
Fax consulta nº 02



Vista aérea da ponte interestadual I-35 situada na Downtown de Minneapolis, MN, EUA, que ruiu sobre o rio Mississippi durante a hora do rush no dia 1º de agosto de 2007, matando 13 pessoas, ferindo 100 e causando prejuízos à economia por pelo menos um ano.

veículos de carga, e ruiu na hora do rush no 1º dia de agosto de 2007. Seu tabuleiro de concreto armado tinha oito faixas, e era suportado por estrutura metálica.

Desde então, governos estaduais e federais investiram pesado para fazer um levantamento minucioso de todas as pontes e viadutos. De todo o país chegaram relatórios técnicos com diretrizes pré-estabelecidas de empresas especializadas em patologias da construção, que informavam o real estado da corrosão das estruturas de todas as pontes e viadutos e ainda medidas corretivas específicas. Ou seja, declarou-se guerra à paralisia com que eram tratadas as obras de arte nas rodovias e ferrovias do país. Políticos e engenheiros de todo o país perceberam a

necessidade inadiável da reforma e, das palavras à ação, colocaram-se a serviço da

idéia, sepultando a rigidez paleolítica que remava no setor.





Policiais e autoridades impressionadas com o nível de ruína da ponte.

Em junho deste ano, por exemplo, o departamento de estradas de Minnesota ordenou, simplesmente, o fechamento da ponte 54, sobre o mesmo rio Mississippi, pertencente à rodovia 43 Wisconsin – Winona, devido à presença de altos níveis de corrosão nas chapas de ligação da estrutura metálica da ponte, fazendo com que veículos e pessoas cruzassem o rio por balsas. De maneira similar, o Departamento de Estradas da Dakota do Sul mandou fechar a ponte Meridian, pertencente à rodovia federal 81, que cruza o rio Missouri, a todo e qualquer

tráfego, também devido à presença de corrosão nas chapas de ligação da estrutura metálica da ponte. Na mesma ocasião, o departamento de estradas de Rhode Island reduziu o limite de peso nas pontes sobre o rio Sakonnet e sobre o rio da Pontiac Avenue, devido às patologias existentes. Paralelamente, executou planos diretores para recuperar a primeira e substituir a segunda ponte. Evidentemente, estas atitudes são um verdadeiro bálsamo, para as pontes, com idade entre trinta e quarenta anos. Por trás de todas estas atitudes estavam os

membros da Associação Nacional de Engenheiros de Corrosão (NACE em inglês), estabelecendo diretrizes, dando apoio com instrumentos, de modo a qualificar e quantificar o estado da corrosão e também após os serviços de recuperação.

No dia 12 deste mesmo mês de junho último estabeleceu-se o decreto federal de melhoria das condições das pontes e viadutos, denominado H.R. 6234, com direito a projeto de lei que obriga todos os departamentos de estradas, de todos os estados, a executarem planos de análise, monitoramento e recuperação das pontes e viadutos, com base em diretrizes da NACE, de modo a serem analisados a nível federal para, então, obter a respectiva liberação dos fundos necessários às obras. Este posicionamento contrasta com a caótica situação anterior, de total descontrole, tanto no que tange ao tratamento técnico imposto quanto à quantia de fundos aplicados nas pontes e viadutos do país. Só para se ter uma idéia, foram liberados, a partir de 2002, US\$ 8,3 bilhões de dólares anuais para “consertar” e fazer “manutenção” nas pontes do país. Com o atual decreto programou-se, para os próximos dez anos, US\$ 3,8 bilhões para refazer pontes/viadutos condenados pelo critério NACE, US\$ 4 bilhões para recuperação de todos os tabuleiros de concreto armado/protendido de todas as pontes e viadutos, além de suas infra-estruturas, também de acordo com as diretrizes da NACE e, finalmente, US\$ 0,5

**TECNOLOGIA?**

*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 (deslocamentos).*

**Evite isto!**

**só com semi-pilha CPV-4**

**CPV-4**  
Tele-atendimento  
(0XX21) 3154-3250  
produtos@recuperar.com.br  
Fax consulta nº 03



**Bombeiros olham, inoperantes, para o estado de ruína da ponte.**

**Diretrizes (mínimas) exigidas para a aprovação dos planos de análise, monitoramento e recuperação, com vistas à liberação dos fundos para cada obra de arte:**

- Estimativa, com base técnica, do tempo de vida da estrutura.
- Levantamento preciso das condições ambientais que cercam a estrutura, influenciam processos de corrosão e incidem na futura técnica de tratamento da corrosão. Se o ambiente é marítimo, industrial, urbano ou rural, seu índice pluviométrico e a variação de temperatura.
- Identificação da classificação funcional da ponte ou viaduto.
- Apresentação das diretrizes específicas de tratamento para cada obra de arte, com base nos procedimentos previamente estabelecidas pela NACE, como levantamento dos potenciais de corrosão, resistividade, grau de contaminação, mapeamento do comprometimento com base nos dados anteriores, o tratamento sugerido para interrupção e medidas posteriores de checagem dos novos potenciais de proteção impostos pelo uso de proteção catódica.
- Detalhes do sistema de monitoramento (periódico ou semi-periódico) e manutenção que a estrutura deverá ter pelo resto da vida.
- Toda a documentação deverá ser desenvolvida pelo estado em questão e aprovada por um especialista em corrosão.
- Os especialistas em corrosão deverão ter certificação de treinamento na NACE ou similar. O termo "especialista em corrosão" é definido no projeto de lei como um engenheiro autorizado ou certificado como sendo qualificado por uma sociedade técnica internacional, inteiramente envolvida com corrosão nas estruturas, sendo que o profissional deverá ter experiência comprovada, tanto de conceitos de levantamento de processos como de tratamento da corrosão.

bilhão para tratamento e pintura de todas as pontes e viadutos metálicos. Há uma real estimativa de que, um terço deste total deverá ser economizado com base nas diretrizes técnicas da NACE, considerando-se dois conceitos extremamente importantes: a prevenção da corrosão, aliada à ajuizada técnica de Monitoramento da Atividade Estrutural (MAE), ambas pouco conhecidas ainda por engenheiros e técnicos, indiscutível e extremamente necessárias para o nível de idade de 30 a 60 anos das obras de arte. Toda esta boa e súbita expectativa, baseada na sensibilidade e extrema precisão dos serviços do MAE desmontam a velha e tímida sistemática de avaliação, recuperação e "acompanhamento" com base "visual" e na "experiência". A própria opinião pública e a mídia se manifestaram positivamente pelo impacto direto de todos os valores anteriormente gastos, sem retorno positivo e com efeitos indiretos indesejáveis de bloqueios e engarrafamentos de pontes e viadutos sob intervenção, conseqüentes danos nos carros ao passarem por pistas improvisadas, aumento de combustível e, finalmente, por todo o atraso que acarretam nas comunidades envolvidas. Nas próximas edições apresentaremos o estado de nossas pontes e viadutos e o que está sendo feito (?).

fax consulta nº 05



**RECUPERAR**

Para ter mais informações sobre Corrosão.

www.recuperar.com.br

**FIO G<sup>®</sup> PROTEÇÃO CATÓDICA**

O FIO G é um sistema de proteção catódica à base de corrente galvânica, adequado para interromper ou impedir processos de corrosão em qualquer estrutura de concreto armado/protendido com ausência de camada de recobrimento. O FIO G é eletricamente ligado às armaduras e, a seguir, coberto com argamassa. Desta forma, todo e qualquer processo de corrosão é impedido de ocorrer nas armaduras.

**FIO G**  
Tele-atendimento  
(0XX21) 3154-3250  
produtos@recuperar.com.br  
Fax consulta nº 04



**REFERÊNCIAS**

- **Patrícia Karina Tinoco** é engenheira civil especialista em química e física da construção.
- New legislation focuses on extending the life of highway bridges - Corrosion takes its toll on the U.S. Infrastructure - Staff Writer.
- G.H. Koch, M.P.H. Brongers, N.G. Thompson, Y.P. Virmani, J.H. Payer, Corrosion Costs and Preventive Strategies in the United States, FHWA-RD-01-156.
- "Deficient Bridges by State and Highway System", U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration Web site, National Bridge Inventory, December 2007.

# METACRILATO

O Poder da Penetração



## O adesivo estrutural

Com viscosidade praticamente 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 (0XX21) 3154-3259  
produtos@recuperar.com.br  
Fax consulta nº 06

## Tema:

## CAIXA D'ÁGUA DE AÇO INOX É A MELHOR OPÇÃO CONTRA A CORROSÃO?

## Pergunta:

Nossa indústria trabalha com alimentos e várias de nossas caixas d'água são de aço inox. Com apenas um ano de uso constatamos, durante a lavagem de manutenção, a presença de pites de corrosão, alguns já querendo promover vazamentos. Desejamos obter informações a respeito da corrosão pela água potável e, se possível, explicações para o nosso problema, pois a opção por aço inox pareceu-nos a melhor contra corrosão.

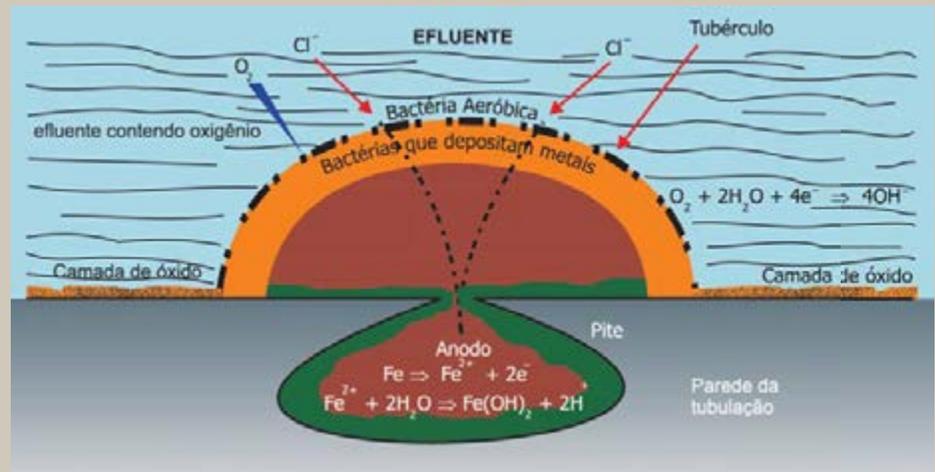
Eng<sup>o</sup> José Carlos dos Santos Beviláqua, SP

## Resposta:

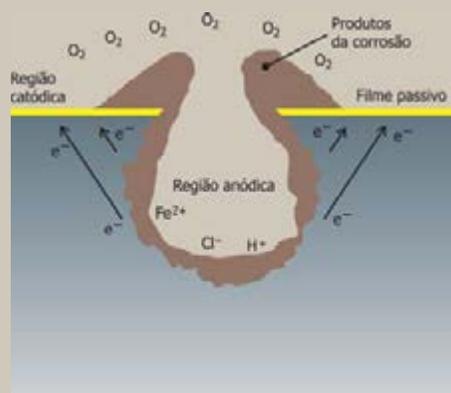
A água potável contém cerca de 26 substâncias e suas concentrações variam muito, à medida que uma ou outra sobressai. O contato com o aço estabelece um ciclo natural de corrosão que poderá variar de insignificante a catastrófico. Por exemplo, tolera-se 400 partes por milhão (ppm) de carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>) na água potável. O mesmo não ocorre com, por exemplo, 1ppm de ferro dissolvido. Assim, torna-se necessário, regularmente, medir as impurezas da água e executar testes bacteriológicos, assim como análises minerais. Os principais constituintes da água natural são classificados assim:

- Gases dissolvidos (oxigênio, nitrogênio, dióxido de carbono, CO<sub>2</sub>, amônia, NH<sub>3</sub>, gases sulfurosos).
- Constituintes minerais, incluindo-se sais que promovem dureza à água, sais de sódio (cloretos, sulfatos, nitratos, bicarbonatos etc), sais de metais pesados e sílica.
- Matéria orgânica, tanto animal quanto vegetal.
- Formas microbiológicas, incluindo vários tipos de algas e bactérias.

O pH da água natural geralmente fica dentro da faixa de 5 a 8,5. Para valores altos de pH, ocorre aquele conhecido fenômeno da passivação do aço, ou seja, diminui significativamente a velocidade do processo de corrosão. Para valores inferiores a 7, costuma ocorrer formas de hidrogênio gasoso. Contudo, o contaminante mais significativo é o oxigênio dissolvido, a partir do ambiente que circunda a estrutura. O oxigênio é um despolarizador



Situação comum: possíveis reações, sob os tubérculos, originadas por bactérias formadoras de depósitos de metais.



Típico pit de corrosão e sua mecânica.

catódico que reage e remove o filme de hidrogênio da região catódica, durante o ciclo eletroquímico da corrosão, permitindo que o processo continue. Outro aspecto importante, que tem a ver com a água, é que qualquer aumento de temperatura faz aumentar a corrosão uniforme que, naturalmente, costuma ser freada com a precipitação de resíduos ou depósitos. Os sedimentos, no entanto, favorecem a formação dos pites de corrosão. Com relação ao seu problema, você está certo ao escolher o aço inox, pois sofre menos problemas de corrosão por pites que o aço carbono galvanizado (ACG). No entanto, acreditamos que, infelizmente, você deva ter problemas do tipo corrosão microbiológica. E, neste particular, o aço inox tem mais tendência a corroer que o ACG. Lembre-se que a natureza eletroquímica da corrosão do aço continua presente na corrosão microbiológica. Portanto, há um processo anódico de dissolução do aço e um processo complementar catódico, o qual dependerá das características do meio, como pH, aeração, composição química etc, que acabarão por deflagrar reações catódicas do tipo redução de oxigênio (em meio aerado com pH tendendo a 7) ou evolução de hidrogênio (em meio não

aerado com pH ácido). Os microorganismos modificam a interface aço-solução, induzindo ou acelerando os processos anódicos e catódicos. Na situação tradicional, sem micróbios, que ocorre normalmente, o processo é exemplificado por uma gota d'água depositada sobre o aço. A reação da corrosão ocorre sobre a zona anódica, sob a gota d'água onde a aeração é menor. Na parte externa, onde a aeração é maior a reação catódica ocorre pela redução de oxigênio. O mecanismo baseia-se na diferença de concentração de oxigênio nas duas regiões, anódica e catódica, que detona a trivial pilha de aeração diferencial. Já o processo biológico é ilustrado por uma colônia microbiana crescendo sobre o aço, muito semelhante à situação comum anterior. A diferença fundamental é que os microorganismos induzem e mantêm o gradiente de concentração de oxigênio pelo processo biológico de respiração, que acelera a reação da corrosão por via catódica. Caso ocorra a morte dos microorganismos, o mecanismo de aeração diferencial será preservado, pois continuarão a existir gradientes de concentração de oxigênio, menores claro, entre as regiões internas e externas. Seu caso está sugerindo que haja colônias de bactérias redutoras de sulfatos (BRS) e até outras e, como explicamos devem estar intervindo freneticamente nos seus depósitos d'água, com reações catódicas de redução de hidrogênio sulfatado, metabolicamente produzidas pelas BRS. Com relação ao tratamento, você deverá pensar em outra alternativa que não o cloro apenas, pois não costuma ser páreo para a BRS, já que é bactéria anaeróbica. Um outro aspecto é que você não esclareceu se o seu aço inox é o 304 ou 316. Contudo, pouca coisa teríamos a dizer caso o sistema esteja infectado e haja gradientes de temperatura atuando.

**A**té o mais seguro dos homens e a mais confiante das mulheres já passaram por um momento de hesitação, por dúvidas enormes ou mínimas, que talvez nem merecessem ser chamadas de dúvidas, de tão pequenas. Vacilos seria melhor dizer. No entanto, entrar em um jogo e entender que é preciso levar uns gols inicialmente para, a seguir, partir para cima e, finalmente, ganhar. É brutal, é façanha. É o caso da perda inicial de resistência da argila ao ser mexida, penetrada ou quando de um processo de consolidação primária ou secundária, durante a geração daquele fantástico excesso de pressão neutra que se dissipa, durante e imediatamente após trabalhos de Consolidação Profunda Radial (CPR). Todo solo é caracterizado por seu “tecido”, quer dizer, pela associação de suas partículas, formando aquele arranjo, aquela combinação, aquela arrumação. Falando em tecido de solo e sua estabilidade, entra em cena sua estrutura, única culpada pelas diferenças entre as propriedades de argilas em seu estado natural (estruturado) e após

## GLOSSÁRIO

**Isomorfismo** – duas substâncias, que tenham composição química análoga, cristalizam com formas semelhantes, fornecendo cristais com diferentes proporções, no entanto.

**Sensibilidade** – é a relação entre a resistência do solo em seu estado natural e após trabalhos de consolidação (perturbação).

**Distorção** – quando não são satisfeitas as condições desejadas. Processo pelo qual algo dentro da experiência interior é representado de maneira incorreta e limitadora.

# PERDER PARA GANHAR

CRAVAÇÃO DE GEODRENOS COM VISTAS A  
EXECUÇÃO DE TRABALHOS DE CONSOLIDAÇÃO  
DAS CAMADAS DE SOLOS MOLES.

SOLOS



Jorge Luiz  
F. Almeida

Continua na pág. 14

RECUPERAR • Novembro / Dezembro 2008

# SUBSTITUINDO SOLO?



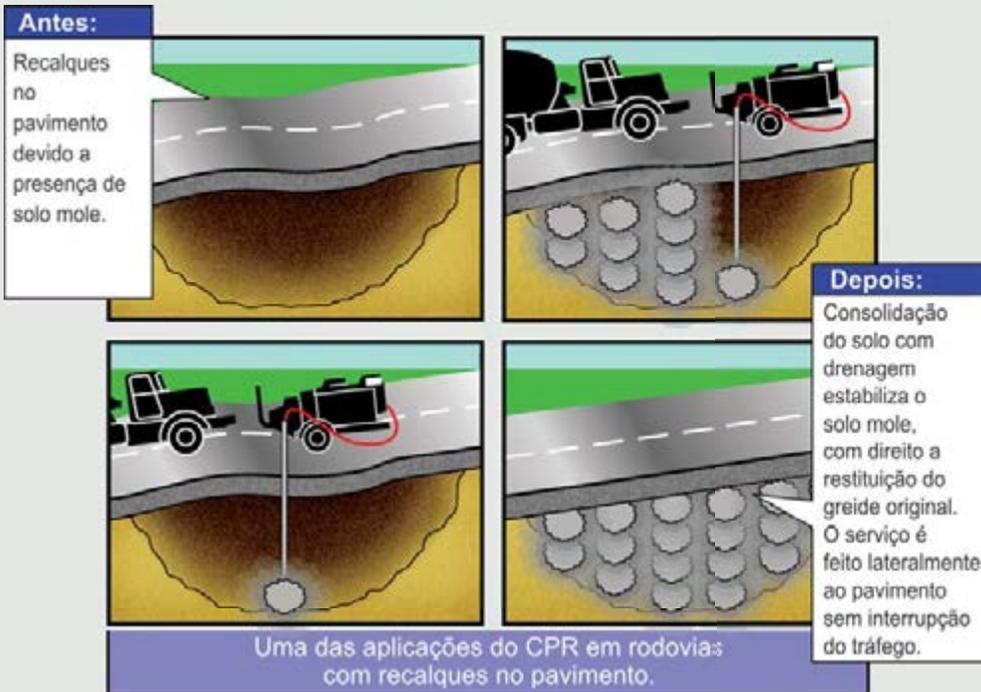
Existe maneira mais moderna, inteligente, e barata para consolidar solos sem resistência em grandes áreas

## **Consolidação Profunda Radial (CPR)\***

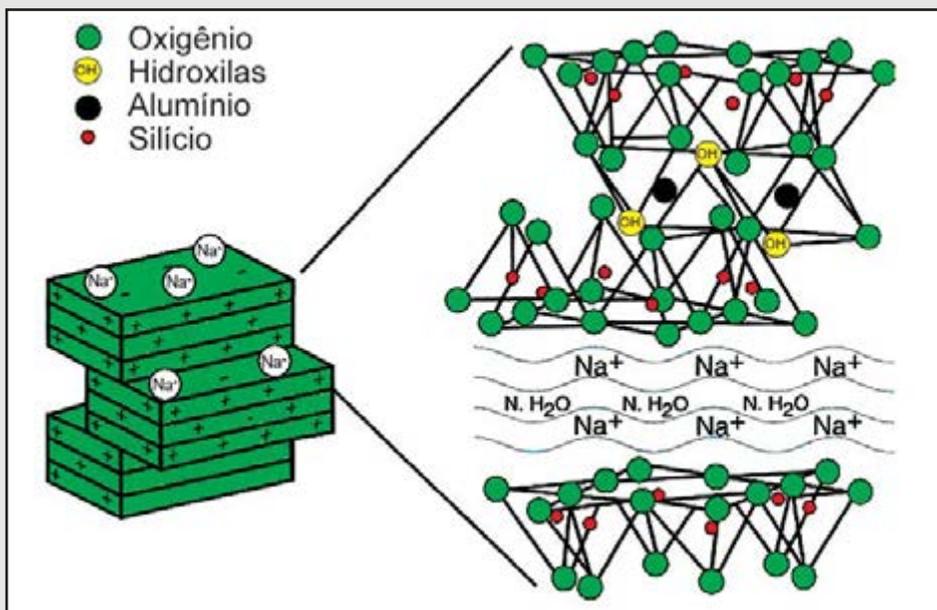
**Peça hoje mesmo mais informações**

\* produto patenteado

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



Uma das aplicações do CPR em rodovias: com recalques no pavimento.



Estrutura química de um tipo de argila.

o efeito de uma consolidação ou mexida (desestruturação inicial).

### Desenvolvimento estrutural

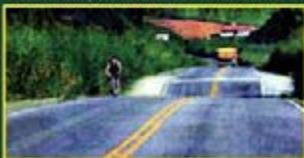
Com o advento da nova técnica de consolidação profunda para solos moles CPR, há alguma discussão que objetiva o desenvolvimento de teorias que expliquem a perda de resistência (inicial) que acompanha aquela perturbação ou desordem que ocorre na massa de solo mole, ao submeter-se a tensões radiais de até 30kg/cm<sup>2</sup>, com um paliteiro de geodrenos na circunvizinhança. Esta sensibilidade ou relação entre situação original da massa de solo mole intacta e a posteriormente mexida ou consolidada, com intensa rede de drenagem, pode explicar a perda de resistência inicial e o posterior ganho de resistência. Em 1925, Terzaghi já explicava que enormes volumes d'água, adsorvidos junto à superfície das partículas de solos argilosos e que fazem contato entre si, possuem uma extraordinária viscosidade e são as responsáveis por todo aquele grude. Ao mexermos ou desordenarmos esta estrutura, impondo forças compactantes da ordem de 500 toneladas, com rede de drenagem ao redor, naturalmente, ocorre ruptura dos contatos entre partículas, com direito a perda de grande parte daquela

#### GLOSSÁRIO

**Adsorção** – atração de íons ou substâncias na superfície de um sólido. Aumento da concentração de moléculas ou íons na superfície de um sólido (adsorvente) poroso. Não deve ser confundida com absorção, que põe em jogo a ponte interna da superfície. A adsorção relaciona-se com valências residuais dos átomos e moléculas da superfície do sólido que não se acham combinadas.



Consolidação em áreas aterradas.



Correção de pavimentos.

## Refundação - Consolidação sem Complicação

- CPR
- Compaction Grouting
- Permeation Grouting
- Jet-Grouting
- Estacas injetadas

**ENEGRAUT**

G E O T E C N I A

Tecnologia com Grouting  
Este é o nosso diferencial.

tel.: (21) 3154-3253

engegraut@engegraut.com.br  
www.engegraut.com.br

água ali existente. O balanço patrimonial medido no momento nos informa que perde-se resistência. A massa do solo submetida a este verdadeiro choque treme na base. Minerais argilosos, ao perder água, sofrem uma reação química que interfere com suas características físicas: a água adsorvida, que Terzaghi explicou e que une suas partículas, tem um efeito profundo em suas propriedades. Se olharmos todo o efeito desse massacre (a super compactação do solo com drenagem) ao microscópio eletrônico de varredura, veremos que aquela adsorção existente, inicialmente, era justificada pela presença equilibrada de cargas elétricas, entre a água e os minerais argilosos formadores das lâminas deste tipo de solo. Com a compactação profunda realizada e a drenagem, ocorre uma série de reações químicas e físicas, entre elas:

- Ruptura das ligações moleculares, devido a quebra dos contatos e o conseqüente rearranjo.
- Desequilíbrio causado pela substituição isomorfa das lâminas de argila: átomos de valência inferior ( $Mg^{2+}$ ) passam para valência superior ( $Mg^{3+}$ ).
- Distribuição desordenada de átomos e o conseqüente desequilíbrio eletroquímico de suas cargas.
- Dissociação iônica de íons hidrogênio, hidroxilas etc, devido à grande perda d'água.
- Alteração dos sinais e da intensidade das cargas elétricas.



Processo de consolidação por CPR em andamento: cravação de geodrenos num local formado por camadas de solo argiloso marinho, altamente compressível, para posterior execução de bulbos e colunas de compactação que darão a consolidação desejada (CPR). O processo é acompanhado por piezômetros e curvas pressiométricas.

A massa de solo mole argiloso é formada, microscopicamente, por lâminas justapostas, possuindo cargas negativas em seu interior e cargas positivas em suas extremidades. Estes íons positivos, geralmente de

sódio e potássio são, geralmente, substituídos por íons de cálcio, alumínio, hidrogênio e por grandes quantidades de substâncias orgânicas que acabam por modificar o comportamento da massa argilosa.



**QUEM TEM EXPERIÊNCIA EM RECUPERAR E VALORIZAR SEU PATRIMÔNIO, PODE COMPROVAR E MOSTRAR RESULTADOS.**

**RECUPERAÇÃO DE OBRAS INDUSTRIAIS E PREDIAIS.**

- Ponte dos Remédios • Aeroporto de Cumbica
- Furnas Centrais Elétricas • Ponte da Freguesia do Ó
- Tribunal de Contas SP • Terminal Ilha Redonda Petrobrás
- Córrego Sumaré • Polícia Militar do Estado de São Paulo
- Cia Pernambucana de Saneamento

Recuperação estrutural sem paralização das atividades.



**ESTE-REESTRUTURA**

Reforço, recuperação estrutural e obras especiais

**Pabx: (11) 4614-9393**

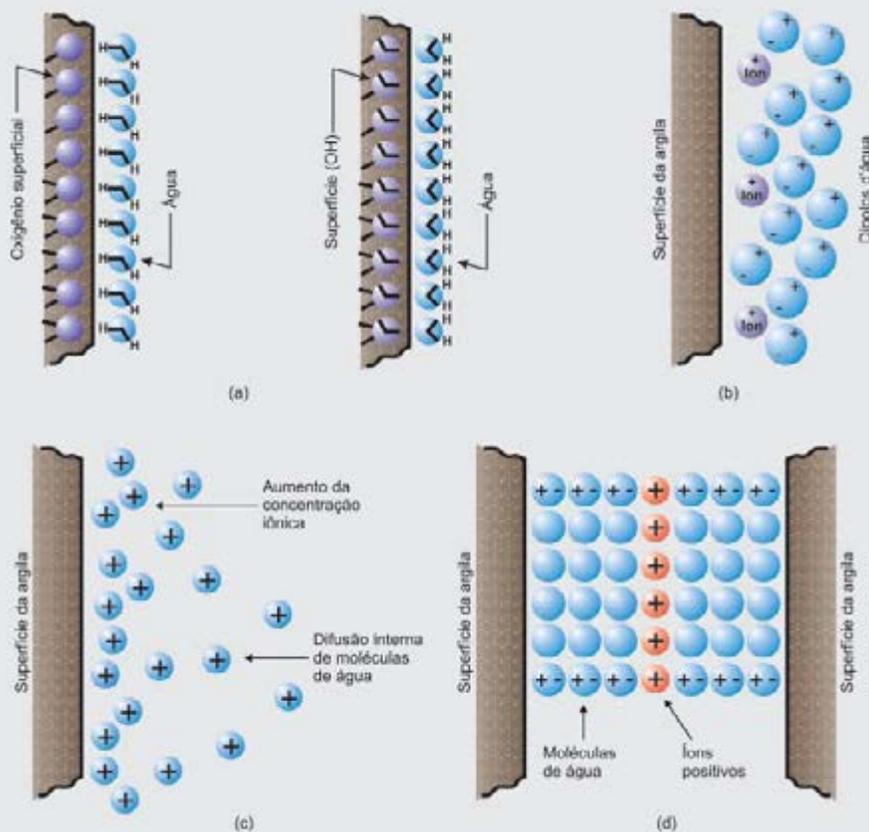
Rua Piracicaba, 230 Jd. Eliana  
Cep 06716-100 Cotia SP  
www.esterestutura.com.br  
comercial@esterestutura.com.br

**COM O COMPROMISSO DE RECUPERAR E VALORIZAR O SEU PATRIMÔNIO**

A carga total por unidade de massa passa a ficar dependente da carga por unidade de área. O campo eletrostático resultante torna-se mais intenso no interior das lâminas da argila, diminuindo rapidamente em direção às suas extremidades. A água é atraída para a superfície da argila como se fosse limalha de ferro atraída por ímã. Razão pela qual a água aderida aparenta ter viscosidade exacerbada. Esta região de “água orientada” é chamada de dupla capa difusora e há muita teoria sobre este assunto.

Unidas, sempre.

Quando se retira água de uma massa argilosa mole, a interação entre o campo eletrostático e a dupla capa difusora promove fenômenos raramente vistos em outros tipos de solos. Ao aplicarem-se forças externas para consolidar um solo mole argiloso como com a técnica da Consolidação Profunda Radial (CPR), através da formação de “esferas” de grout, comprimindo radialmente, com forças da ordem de 500 toneladas, a massa de solo em direção aos drenos posicionados ao seu redor, aproximam suas partículas, expulsando a água superficial e parte da água da dupla capa difusora, reduzindo-a drasticamente. Esta aproximação de partículas, aumentará a atração entre elas reduzindo, natural e de forma irremediável, sua movi-



Possíveis mecanismos de adsorção de água na superfície da argila: (a) ligação por hidrogênio, (b) hidratação iônica, (c) atração por osmose e (d) atração dipolo.

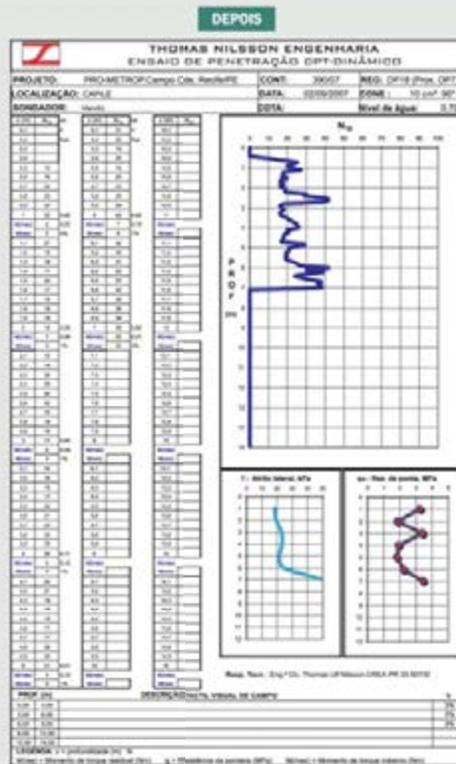
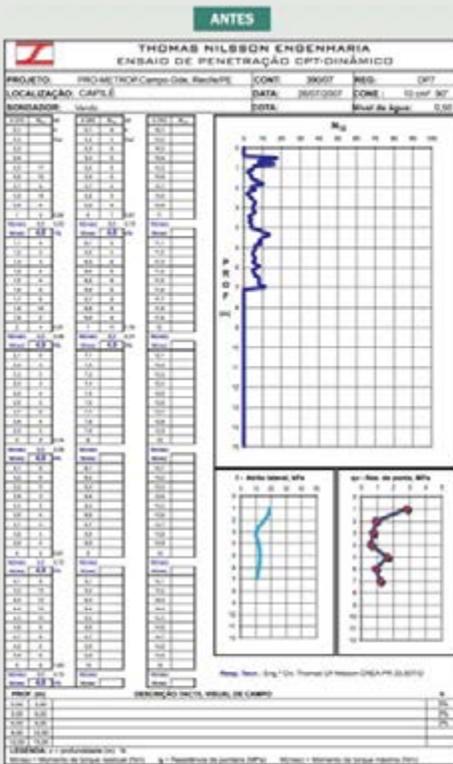
mentação. A massa mole perde plasticidade, ocorrendo, como consequência, processos de cimentação entre partículas, devido a introdução ou aproximação de outros minerais, como os de cálcio ou óxidos de ferro. Esta aproximação interpartículas, muito de-

sejada e benéfica, estará rodeada de enormes tensões nas interfaces arqueadas, agora com menos água, ar e, claro, submetida a interações físico-químicas, sendo uma delas a intensa variação de pressão neutra. Precisarão de um mínimo de tempo para se reequilibrar

**Modificação do solo sem complicações?**

**CPR**  
 Tele-atendimento  
 (0XX21) 3154-3250  
 produtos@recuperar.com.br  
 Fax consulta nº 08

Quando o assunto é argila mole pense **CPR** e pronto.  
 Consulte empresas especializadas.



e oferecer, em troca, as cobijadas tensões efetivas. Este tempo, conforme analisado em dezenas de sondagens CPT dinâmicas, feitas após serviços de consolidação de massas moles argilosas com CPR, na região entre “colunas” e drenos, apresenta alguma variação em função da composição do solo e do seu comportamento frente a mudanças de volume, ou seja, ao binômio tensão efetiva-índice de vazios (ou deformação ou recalque). Contudo, como pode se observar

nas sondagens apresentadas abaixo, o ganho de resistência ocorre já nas primeiras semanas manifestando-se, como era de se esperar, com maiores valores próximos às colunas e menores junto aos drenos, claro.

### Compressibilidade

A compressibilidade de um solo argiloso mole contempla fenômenos de deformação volumétrica, devido a perda d’água e dis-

torcional, por refluxos laterais. No entanto, a natureza das deformações impostas pelo CPR é abrangente, impondo à massa do solo ambas, quase que de igual maneira, devido a mecânica radial aplicada, o que associa mais estabilidade à massa originalmente mole. O resultado é um estado de deformabilidade (recalque) praticamente zero e, à tira-colo, com resistência sensivelmente aumentada. A intensidade das forças aplicadas, conforme registros deformacionais e piezométricos informam que, mesmo após a interrupção do bombeamento de cada bulbo, durante algum tempo, mantém-se o nível de tensões totais no solo, o que agrada tremendamente o processo de consolidação em andamento.



Situação do processo de consolidação radial do CPR.

fax consulta nº 09

**RECUPERAR**

Para ter mais informações sobre Solos.

www.recuperar.com.br

REFERÊNCIAS

- Jorge L. F. de Almeida é professor e engenheiro de fundações.
- Au, S. K. A., Soga, K., Jafari, M. R., Bolton, M. D., and Komiya, K. (2003). “Factors affecting long-term efficiency compensation grouting in clays.”
- J. Geotechnical and Geoenvironmental Eng., ASCE, 129(3), 254-262.
- Chai, J. C. And Miura, N. (1999). “Investigation of factors affecting vertical drain

**IPACON** Instituto de Patologias da Construção

tel.: (21) 3154-3255  
atendimento@ipacon.com.br  
www.ipacon.com.br

**SOLOS**

Tecnologia e Qualidade em Investigações. Este é o nosso Diferencial.

- 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/PIEZOCONO (medida de pressão neutra).
- Ensaios DMT - “Dilatômetro de Marchetti”.
- Ensaios “Vane Test”.
- 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 Inclínômetros e Piezômetros.

# ESPIRAL G

CONHEÇA O TRATAMENTO LIGHT DA CORROSÃO PARA ESTACAS DE CONCRETO ARMADO-PROTENDIDO, SEM QUEBRADEIRA E CUSTOS ELEVADOS.



CORROSÃO

Joaquim  
Rodrigues

**S**em falsa modéstia, a espécie humana é um concentrado único de esforços físicos e mentais. Ainda não se descobriu nada parecido no vastíssimo universo hoje conhecido. Ali está a matriz energética de toda a nossa história, a boa e a má. A boa tratando sempre de suplantar a má. Os Jogos Olímpicos, desde a Grécia antiga, marcam a vitória do bem, o espetáculo fascinante da superação de esforços. Suas medalhas de ouro, prata e bronze pre-

miam justamente o empenho de superar capacidades físicas, em que a concentração mental é fundamental.

Pensando bem, todo dia é uma olimpíada, pelo menos para a turma que trabalha no repairbusiness, principalmente em ambiente marinho. Técnicos e engenheiros sabem que, neste ambiente, a corrosão tanto do aço quanto do concreto é o principal fator que determinará sua garantia na execução dos serviços. A questão é compatibi-

lizar custos, de modo a viabilizar serviços. É o caso de uma infinidade de estacas de concreto armado-protendido, que já apresentam leves sinais de corrosão nas armaduras ou cabos de protensão. Sabemos que o tratamento convencional com pintura só mascara e piora a corrosão. O tratamento com JAQUETA G é a solução natural. No entanto, exige que se remova toda a camada de recobrimento do concreto, de modo a permitir sua instalação. Evidente-

ESPIRAL G é considerado como o tratamento definitivo para estacas novas e em processo de tratamento de corrosão.

Continua na pág. 22

RECUPERAR • Novembro / Dezembro 2008

“

”



...realmente, é a solução que precisávamos.

– Eng<sup>o</sup>. Walter Santos Bernard  
Consultor

...é uma nova era para as estacas marítimas.

– Eng<sup>o</sup>. Joaquim Rodrigues  
Consultor

...sua vantagem principal é incorporar  
proteção catódica com proteção por barreira  
eficiente.

– Eng<sup>o</sup>. Patrícia Tinoco  
Consultora

...Seu preço viabiliza sua utilização,  
inclusive para as que estão sendo  
construídas.

– Eng<sup>o</sup>. Silvio Andrade  
Consultor

...esta solução torna o lugar comum das  
estacas desprotegidas um campo minado.

– Eng<sup>o</sup>. Thomas Kim  
Consultor

...as características da liga do fio G5 e a  
fita DENSOFLEX são de altíssima qualidade,  
o que garante o sucesso da ESPIRAL G.

– Eng<sup>o</sup>. Mariana Tati  
Consultora

**ESPIRAL G<sup>®</sup>**

Tele-atendimento  
(0XX21) 3154-3250  
fax (0XX21) 3154-3259  
produtos@recuperar.com.br  
Fax consulta nº 20

mente, tem seu preço. Assim, o desafio é como tratar estacas de concreto armado-protendido com sinais de corrosão, porém sem deslocamentos ou trincas, de forma econômica e, evidentemente, sem detonar sua camada de recobrimento. Novamente, e de outra maneira, como viabilizar o tratamento da corrosão, de modo a interrompê-la, impedindo que, lá na frente, este custo torne-se exponencial?

### O ambiente marinho

O nível da maré estabelece diferentes níveis de deterioração, quer dizer, corrosão que estacas de concreto armado-protendido sofrem. Na figura ao lado, apresentam-se os três níveis, zonas ou ambientes a que este tipo de estrutura se submete. A água do mar é um complexo sistema químico totalmente comprometido pela concentração dos seus sais (salinidade), pelo acesso do oxigênio, pela atividade biológica e pe-



Estacas de concreto armado-protendido e o efeito do ataque químico e eletroquímico no concreto e armaduras.

#### GLOSSÁRIO

**Redução** – reação eletroquímica onde um elétron é ganho.

**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. A designação ppm indica quantas unidades de um componente há em 1.000.000.

**Polarização** – diferença de potencial entre o produzido pelo anodo de sacrifício e o potencial original de corrosão da estrutura. Diferença de potencial entre anodos e catodos presentes na superfície do aço.

**Potencial de circuito aberto** – potencial medido com a semi-pilha sobre uma superfície na qual não flui corrente.

### Os perigos da água do mar

Seu teor de cloretos está em torno de 20.000ppm e a salinidade total por volta dos 36.000ppm. A concentração de oxigênio dissolvido na água do mar fica em torno dos 10ppm na superfície e varia com a temperatura, profundidade e turbulência. Por comparação, na atmosfera a concentração de oxigênio fica em torno dos 200ppm. Estes componentes pisam forte no acelerador e promovem corrosão no aço, principalmente na zona de batimento das ondas, "corroendo" de 0,5 a 1,5mm de sua seção por ano. O concreto, por sua vez, sofre processo de lixiviação, inchando e amolecendo, devido aos sais de magnésio.



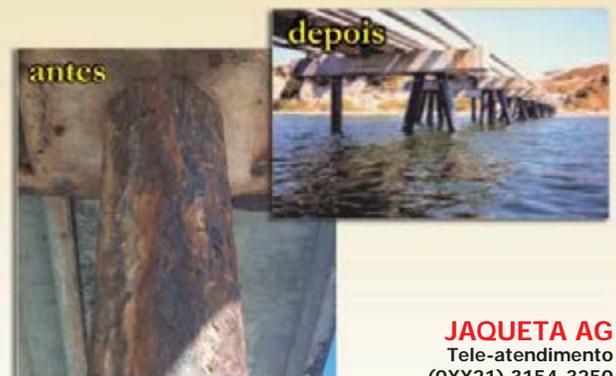
# ESTACA METÁLICA COM CORROSÃO?

Só existe uma solução efetiva e específica:

**PROTEÇÃO CÁTÓDICA COM JAQUETA AG.** É a mais completa solução para estacas metálicas ou "tubadas", pois reúne o melhor custo-benefício em matéria de proteção catódica, associado ao mais efetivo revestimento protetor. Oferecemos planos de garantia superiores a 20 anos.

Corrosão não pára.  
Interrompa este processo com segurança.

**Jaqueta AG**  
The Right Jacket.



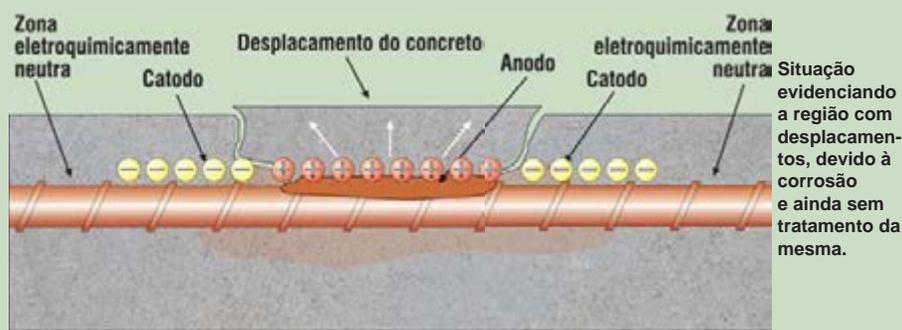
**JAQUETA AG**  
Tele-atendimento  
(0XX21) 3154-3250  
fax (0XX21) 3154-3259  
produtos@recuperar.com.br  
Fax consulta nº 21

## O metal reativo chamado aço

O contato do aço com a água, que adentra no concreto induz anodos e catodos em sua superfície, que geram diferenças de potencial, fazendo circular fluxos de corrente (corrosão) a partir dos anodos em direção ao eletrólito presente nos poros do concreto. Então, a corrente de corrosão chega novamente à superfície do aço estrutural, agora nos catodos, a partir do concreto (corrente iônica em seus poros saturados) e o circuito é finalizado pelo fluxo de corrente eletrônica (elétrons) proveniente dos catodos para os anodos, através da própria superfície do aço. O resultado desta pilha de corrosão é a perda de massa do aço nas regiões anódicas, na forma de corrosão generalizada ou pites de corrosão, na razão de até 1,5mm de sua seção por ano.



Simulação de uma pilha de corrosão.



### GLOSSÁRIO

**Eletroquímica da corrosão** – tecnologia e ciência química que lida com elétrons e íons reagindo na interface aço-eletrólito contida nos poros do concreto. Destruição do aço devido a reações eletroquímicas com o ambiente da estrutura.

**Corrente de corrosão** – velocidade da corrosão expressa em Ampére/cm<sup>2</sup>.

**Potencial de corrosão** – potencial residual (situação de equilíbrio) em uma superfície submetida a um eletrólito.

**Eletrólito** – solução que contém íons e conduz corrente elétrica. Solução de íons. Condutor iônico presente nos poros do concreto.

los poluentes locais. A salinidade deve-se aos 3,5% de sais solúveis, evidenciados, principalmente, pelos cloretos de sódio e magnésio e pelo, sulfato de magnésio. Sua alta condutividade permite baixar a polarização, produzindo, no entanto, alta corrente de corrosão entre anodos e catodos vizinhos. Diferente da situação comum, presente em edificações e obras de arte, onde há baixa condutividade, o que faz interligar quase que preferencialmente ape-

nas anodos e catodos justapostos e o produto da reação anódica (ferrugem) tende a limitar a redução do oxigênio catódico. Neste ambiente crítico, os sais metálicos alcalinos, KCl, LiCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Ki, NaBr, além de outros, produzem o mesmo efeito do NaCl.

## Um novo conceito de tratamento da corrosão em estacas marítimas e fluviais

Trata-se de uma tecnologia para a região de variação da maré adequada a estacas de concreto armado ou protendido comprometidas com corrosão, mas que ainda mantêm sua camada de recobrimento intacta, ou para estruturas novas. Esta tecnologia, chamada de ESPIRAL G\*, tem como vantagem principal a não remoção da camada de recobrimento do concreto da estaca, seja ela de concreto armado ou protendido, exigindo-se apenas a abertura de dois sulcos laterais ao longo do comprimento da estaca, em toda a altura de variação da maré. A abertura dos dois pequenos sulcos, diametralmente opostos no corpo da estaca, visa expor suas armaduras ou cabos/cordoalhas de pretensão, ao mesmo tempo em que se instala uma nova barra de aço, chamada de barra de ligação, que é unida ao aço da estaca em toda a altura dos sulcos. A partir daí, enrola-se o fio galvânico, especialmente projetado, com potencial de corrosão mais negativo que o aço das armaduras, em torno da estaca, tendo o cuidado de colocar a quantidade

Continua na pág. 26



1 Situação da estaca. Após a limpeza da superfície da estaca é feita a recomposição de sua seção...

2 ... seguido da instalação do FIO G5. A seguir Aplica-se o PRIMER e a fita DENSOFLEX...

3 ...Seguido da instalação da jaqueta plástica. A superfície do concreto nunca esteve tão protegida. A ESPIRAL G é particularmente adequada para estacas novas, o que garante ausência de corrosão por longos anos na zona de variação da maré.

# ZTP

## PROTEÇÃO CATÓDICA



### ZINCO E LIGAS ANÓDICAS TERMO PROJETADAS

A proteção catódica interrompe a corrosão do concreto armado e em todo tipo de estrutura metálica. É a técnica mais eficiente de tratamento que interrompe a corrosão em pontes, viadutos, edifícios residenciais e industriais contaminados com cloretos, sulfatos,  $CO_2$  etc, independente do teor de ataque.

- Proteção efetiva e confiável das armaduras e cabos de protensão.
- Não há necessidade de corte do concreto.
- ZTP aceita aplicação de qualquer tipo de tinta de acabamento.
- Não há limite de área para a aplicação do ZTP.
- Não há perda de tempo para a cura do ZTP. É instantânea.
- ZTP é versátil. Quanto mais espessa a aplicação do ZTP, maior a durabilidade.
- O prazo mínimo de garantia é de 20 anos.

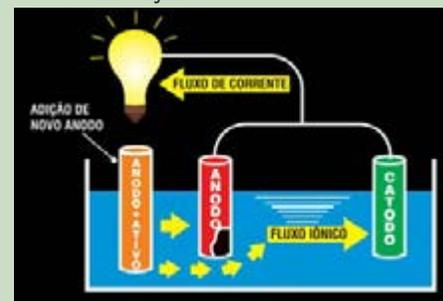
**ESPIRAL G**

Tele-atendimento  
(0XX21) 3154-3250  
produtos@recuperar.com.br  
Fax consulta nº 22

## A proteção catódica

Estruturas de concreto armado-protendido, em contato com a água do mar, desenvolvem espontaneamente corrosão no aço. A recuperação destas estruturas, motivada pela corrosão certa, implica em gastos consideráveis, após alguns anos de uso. Sem considerar possíveis acidentes, em que podem tanto ocorrer paralisação da produção quanto a surgência de vítimas. No meio marítimo não há como proteger estas estruturas apenas com pinturas. É completamente insuficiente, pois não há a desejada impermeabilidade total em todo e qualquer revestimento. Proteção Catódica é uma idéia simples, que consiste em interromper regiões com reações anódicas no aço, tornando-as catódicas, sejam armaduras ou cabos/cordalhas de protensão. O contato elétrico do aço da estrutura com peças de metal super reativos, chamados de anodos de sacrifício, produz fluxos de corrente elétrica no metal,

induzindo reações catódicas na interface aço-eletrólito contidas nos poros do concreto. O resultado é a polarização catódica que interrompe imediatamente o processo de corrosão no aço.



Introdução de um novo anodo, interrompendo o processo de corrosão, já que torna o aço, agora, um catodo, parando de corroer: é a PROTEÇÃO CATÓDICA.

Situação após a "recuperação" com tratamento convencional à base de revestimentos. A situação eletroquímica na armadura ficou complicada. Novas pilhas e o alastramento da corrosão.

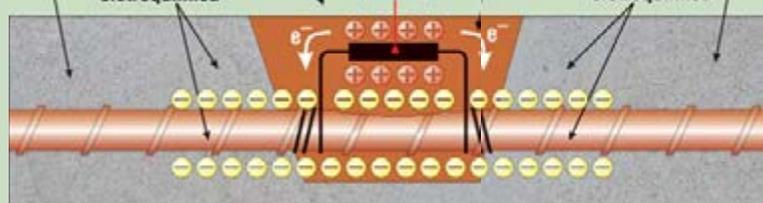


Zona eletroquimicamente neutra  
Região com imunidade eletroquímica

Argamassa de cimento e areia 1:3 de recuperação  
Injeção de elétrons pelo metal anódico a pastilha

Zona eletroquimicamente neutra  
Região com imunidade eletroquímica

Situação após a recuperação com tratamento eficiente (eletroquímico) da corrosão. As pilhas de corrosão são inteiramente neutralizadas pela descarga de corrente ao longo da armadura.



Situação final, após a instalação da ESPIRAL G: estacas adequadamente protegidas contra a corrosão do mar.

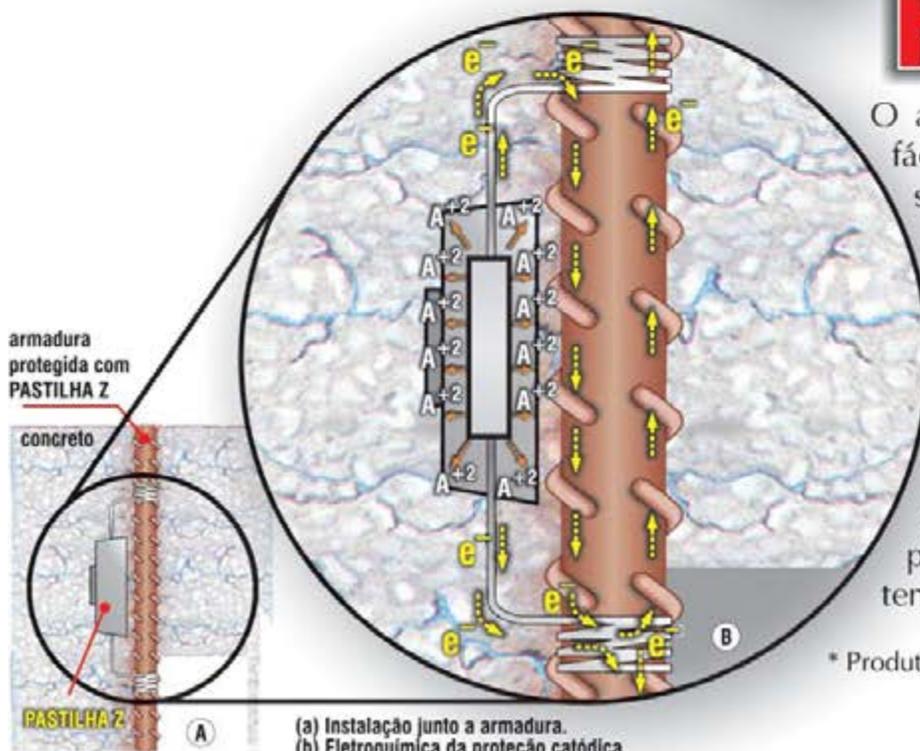
# Concreto armado-protendido sem corrosão?



## PASTILHA Z\*

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 pelo concreto é apenas mecânica. 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 PASTILHA Z, preventivamente ou na recuperação, e tenha 20 anos de garantia.

\* Produto patenteado



(a) Instalação junto a armadura.  
(b) Eletroquímica da proteção catódica

**PASTILHA Z**  
Tele-atendimento  
(0XX21) 3154-3250  
fax (0XX21) 3154-3259  
produtos@recuperar.com.br  
Fax consulta nº 23

## GLOSSÁRIO

**Anodo** – região onde ocorre a oxidação ou a corrosão.

**Catodo** – região onde ocorre a redução.

**Eletrólito** – condutor eletrolítico. Substância química que contém íons (substância iônica) e que migram em campos elétricos causados por diferentes potenciais que surgem ao longo da superfície da armadura.

**Pilha** – sistema eletroquímico formado na superfície do aço da armadura do concreto, consistindo em uma região anódica, uma região catódica e um condutor metálico (a própria superfície do aço) e submetidos ou imersos em um eletrólito. Milhares de anodos e catodos, que aparecem naturalmente na superfície das armaduras devem-se aos diferentes metais que entram na fabricação do aço, as diferenças de pH ao longo do concreto etc.

de espiras por metro de estaca, conforme diretrizes do fabricante. O fio galvânico, à medida que é enrolado, é fixado à barra de ligação estabelecendo o contato elétrico com o aço da estaca. O sistema de proteção catódica formado pela ESPIRAL G é projetado para cada tipo de estaca. Para tanto, o diâmetro do fio e a quantidade de espiras por metro é dimensionado previamente, de modo a promover corrente suficiente para alimentar todo o aço da estaca, na zona de variação da maré, atendendo ao critério mínimo estabelecido pelas normas ASTM-NACE. Uma vez fixado o fio galvânico, é feito o revestimento de toda a estaca com uma fita especialmente projetada para proteção do fio galvânico. Complementarmente, é fixada a jaqueta de material plástico de proteção final.

fax consulta n° 24



**RECUPERAR**

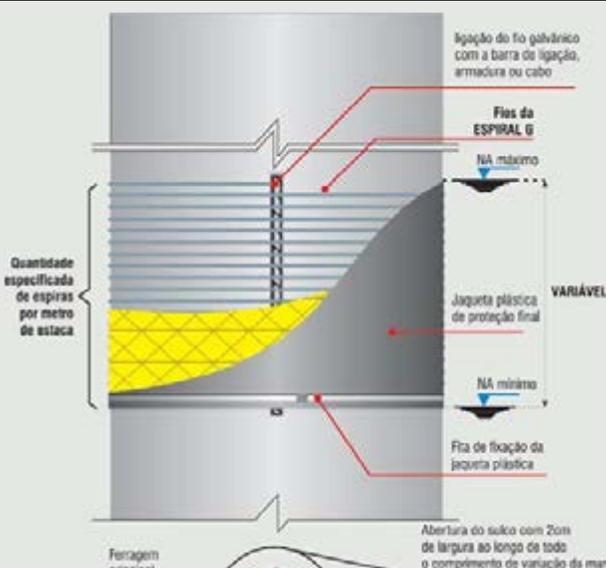
Para ter mais informações sobre Corrosão.

www.recuperar.com.br

## REFERÊNCIAS

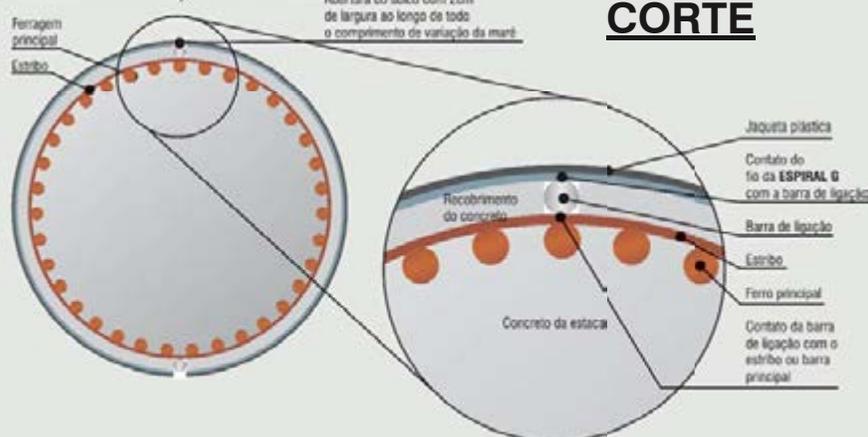
• **Joaquim Rodrigues** é engenheiro civil, M.Sc., membro de diversos institutos nos EUA, em assuntos de patologias da construção, É editor e diretor da RECUPERAR, além de consultor de

## ELEVAÇÃO



**Esquema Executivo da ESPIRAL G em uma estaca de concreto armado/protendido**

## CORTE



## Especificação da ESPIRAL G

Potencial médio de circuito aberto do anodo	Velocidade de consumo teórico	Capacidade de energia teórica	Comentários
-1.055mV (ESC)	12mm/ano	750 a 1.100 Amp-hr/lb	A liga anódica do FIO G oferece 3 vezes mais energia que o zinco puro.

## Especificação da fita DENSO FLEX

Indicação padrão	Resistência a impactos (2 camadas)	Resistência ao corte segundo a stress-class A-30	Resistência ao isolamento elétrico
DIN 30672 – A-30 EN 12068	≥ 4J	2,9mm	> 109 Ω – m <sup>2</sup>

## PREPARAÇÃO DA SUPERFÍCIE

Para que as estacas de concreto armado ou protendido recebam o tratamento para interrupção da corrosão, deverão ter suas superfícies perfeitamente limpas.



**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.

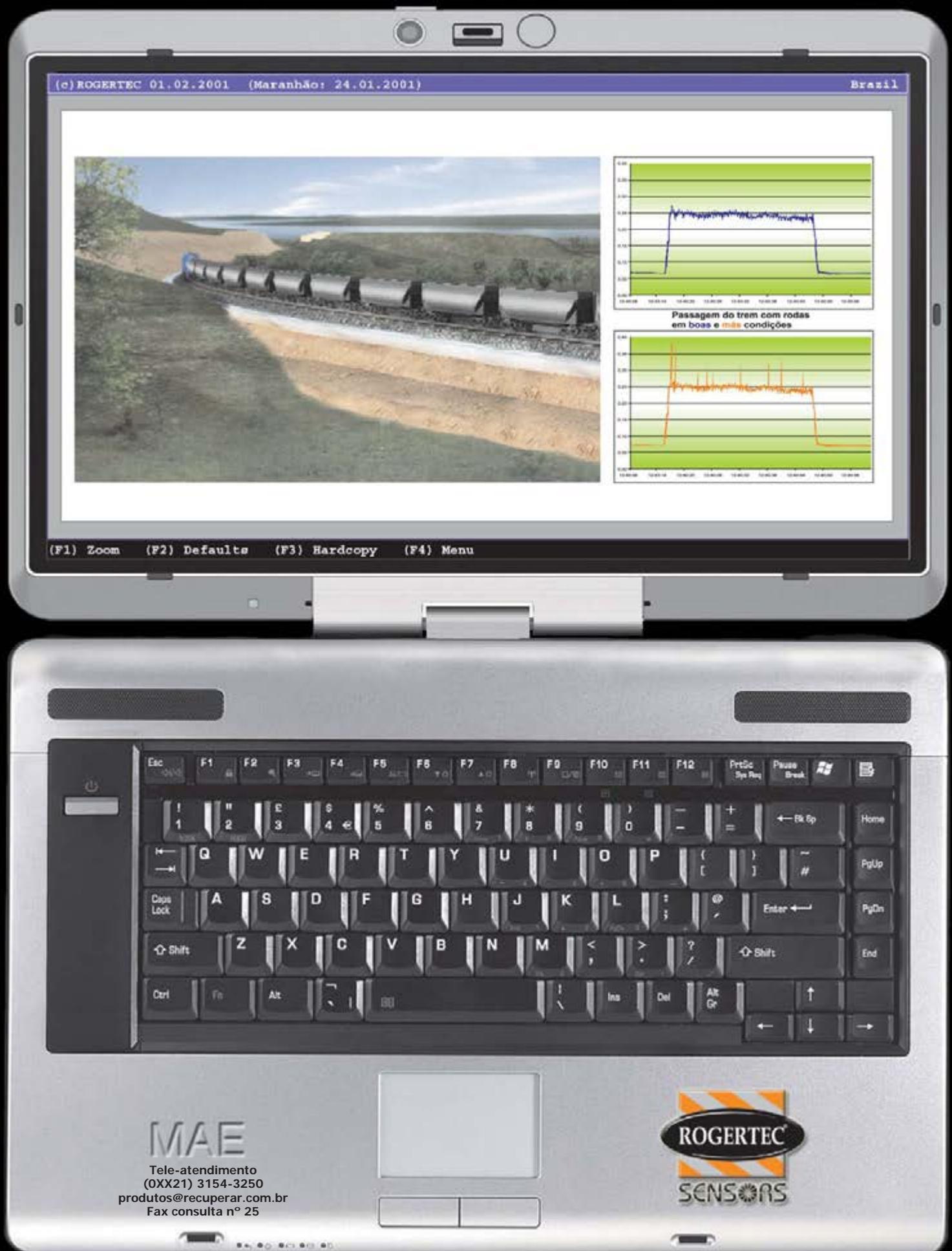
Laboratório Credenciado pelo INMETRO

Tel.: 11 3611-0833

www.falcaobauer.com.br

bauer@falcaobauer.com.br

## Monitoramento da Atividade Estrutural (MAE)



# INCOMPATIBILIDADE NA HORA DO CONCRETO

**CONHEÇA E ENTENDA TODOS OS DETALHES PERTINENTES ÀQUELES PROBLEMAS COMUNS QUE OCORREM COM O CONCRETO USINADO MANDADO PARA SUA OBRA. A QUALIDADE E A CONFIABILIDADE DO CONCRETO NUNCA ESTEVE TÃO PERTO DE SER OBTIDA.**



ANÁLISE

Thomas Kim

Surpresas como tempo de pega, trabalhabilidade e ausência de resistência suficiente ao final são bastante comuns e problemáticos em pisos e pavimentos de concreto.

O filme *Terapia do Amor* conta a história de uma mulher de 37 anos que se envolve com um garotão de 23. A coisa funciona às mil maravilhas, é claro, porque um homem e uma mulher a fim um do outro é sempre uma combinação explosiva, não importa a idade. Mas como em todo conto de fadas que se preza, há uma bruxa, no caso a mãe do rapaz, que

não gosta nadinha da idéia, mesmo sendo uma psicanalista de cabeça feita – aliás, psicanalista da própria nora, descobre ela tarde demais. Desse “triângulo” surgem tiradas engraçadas e também a partezinha do filme que faz pensar. Este preâmbulo serve para nos conduzir ao realismo das obras onde vemos, com frequência, surpresas advindas do concreto que

chega ao canteiro, combinando grande variação de cimentos, diversos materiais cimentícios (DMC) e aditivos químicos, de modo a atender nossas exigências de projeto, seja de recuperação ou construção. Infelizmente, não há um só que não tenha tido problemas de tempo de pega, trabalhabilidade e o problemático desenvolvimento de resistência. Entre

Continua na pág. 30

# 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.



os problemas mais comuns aparecem o endurecimento prematuro ou demorado e o fissuramento excessivo. Um recente estudo, feito pelo órgão americano Federal Highway Administration (FHWA), sobre incompatibilidade entre materiais, chama a atenção desta realidade e procura corrigir este sério problema, estabelecendo medidas, testes e análises, de modo a preveni-los. Este estudo, na verdade, tem diversos objetivos, todos convergindo para questões de incompatibilidade:

- Conhecimento básico da química dos materiais reativos que entram na composição dos concretos.
- Desenvolver testes laboratoriais rápidos, de modo a detectar interações problemáticas e incompatibilidades nas dosagens.
- Correlacionar os testes de laboratório com os feitos nas obras, de modo a facilitar a obtenção da qualidade necessária durante a obra.
- Recomendar testes de campo para confirmar a qualidade do concreto, permitindo os ajustes necessários.



Cada vez mais ingredientes entram na composição dos nossos concretos e uma das variáveis que conspiram contra é a alta temperatura ambiente. Testes laboratoriais e os feitos na própria obra devem ser realizados para evitar surpresas desagradáveis.

## O assassino da Reatividade Álcali-Sílica (RAS)

**RENEW**  
Tele-atendimento  
(0XX21) 3154-3250  
produtos@recuperar.com.br  
Fax consulta nº 27

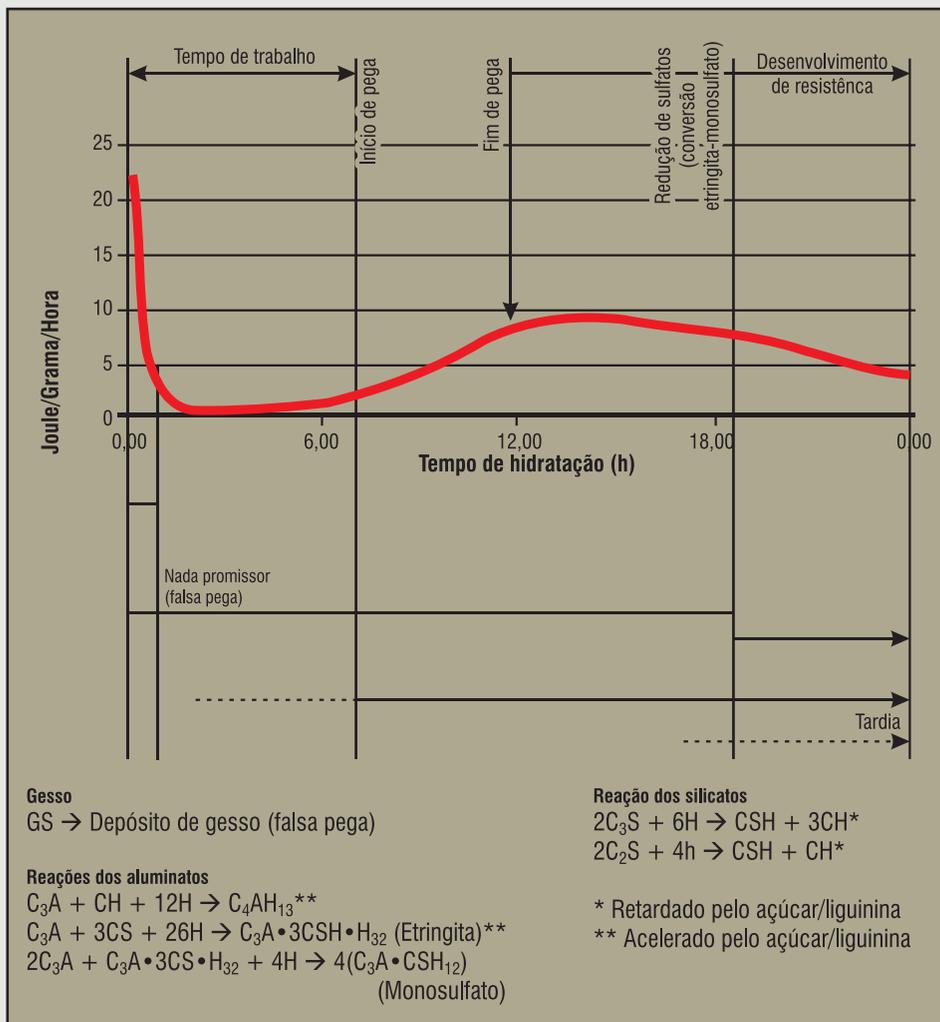
# CORROSÃO? GECOR 8

**GRANDES OBRAS EXIGEM O MELHOR EQUIPAMENTO**

Medição dos potenciais, resistividade e velocidade da corrosão do concreto armado-protendido.

**GECOR 8**  
Tele-atendimento  
(0XX21) 3154-3250  
fax (0XX21) 3154-3259  
produtos@recuperar.com.br  
Fax consulta nº 28

- Fundamental
- Infalível
- Preciso



Reações que ocorrem durante a hidratação do cimento, sua periodicidade, o calor gerado e os efeitos sobre a pega e o endurecimento.

## Mas o que é incompatibilidade?

No contexto do estudo do FHWA, incompatibilidade entre materiais que entram na composição de concretos é definida como interações erráticas entre diferentes materiais empregados na confecção de concretos, resultando em desempenhos nada padronizáveis. Problemas como perda rápida de slump (endurecimento prematuro), pegas erráticas do tipo instantânea, falsa ou atrasada, o que aumenta o risco de fissuramento, além de outros inconvenientes durante a vibração, acabamento e cura que, para pisos e pavimentos onde o tempo de acabamento e texturização é crítico, torna-se uma sinuca de bico. Evidentemente, estes problemas tornam-se menos dolorosos em peças comuns de estruturas, já que o concreto fica ali pronto.

## A investigação

Muitos mecanismos e efeitos contribuem para esta incompatibilidade. Mecanismos complexos e interrelacionados que, invariavelmente, têm a ver com a (alta) temperatura ambiente. Efetivamente não há o que esconder, pois não existe um teste simples que possa medir o risco de incompatibilidade. Alguns podem identificar problemas

# Juntas serradas ou trincas de um modo geral em pisos e lajes?

## Só com Epóxi Semi-Rígido 36

A melhor solução para juntas serradas ou monolitização de trincas de retração por causas térmicas, secagem etc. é o EPÓXI 36, pois adere nas bordas, permitindo que a junta "trabalhe" adequadamente e que as trincas sejam profundamente coladas. O uso de argamassas pré-fabricadas para preencher trincas é desaconselhado, devido a incompatibilidade (módulo, dilatação etc.). Passe a makita nelas e preencha...



Use Tecnologia.

**Use EPÓXI 36**

Agora também para injeção, com apenas 90cps.

**EPÓXI 36**

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



Execução de um overlay de concreto para melhorar a condição do antigo pavimento.

nos primeiros minutos devido, por exemplo, ao desequilíbrio entre aluminatos e sulfatos. Outros podem detectar dificuldades na hidratação dos silicatos. Duas observações e uma pergunta: Quais seriam os outros testes? Por exemplo:

- Peso unitário
- Perda de slump
- Monitoramento da temperatura semi-adiabática
- Tempo de pega
- Química dos materiais reativos



São alguns testes a serem feitos no campo e que poderiam ser realizados regularmente, de modo a dar alguma perspectiva ao empreiteiro, à fiscalização etc. O problema é que a química do concreto é bastante complexa, suas reações são complicadas, mas básicas para realização de medidas que visem o objetivo: o tal protocolo da FHWA. Massas cimentícias hidráulicas desenvolvem pega e endurecimento por

um processo chamado de hidratação, cheio de reações químicas tão convictas quanto irreversíveis, com a água. Para se ter uma idéia, duas combinações de aluminatos, o  $C_3A$  e  $C_4AF$ , presentes no cimento portland, não contribuem de forma significativa para o seu comportamento. No entanto, o  $C_3A$  reage rapidamente quando misturado

à água, gerando uma grande quantidade de calor e, a não ser que a reação seja controlada com suficiente sulfato presente na mistura, certamente haverá problemas de pega. Durante a moagem, o sulfato de cálcio é adicionado ao cimento na forma de gesso natural ou sulfato de cálcio hidratado ( $CSH_2$ ) para controlar a reação inicial



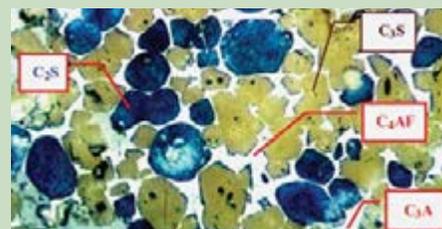
## A química do cimento

Usa-se na química dos cimentos uma notação própria, simplificada, que muito favorece o estudo e a compreensão dos fenômenos a ele pertinentes. Assim, existe 4 substâncias principais no cimento:

- $CaO$  – a cal é o componente essencial dos cimentos. É denominada C
- $SiO_2$  – é a sílica que é proveniente da argila. É denominada S
- $Fe_2O_3$  – é o óxido de ferro, proveniente da argila. É denominado F
- $Al_2O_3$  – é a alumina do cimento, proveniente da argila. É denominada A

Cada uma destas 4 substâncias reagem entre si para formar as substâncias:

- $C_3S$  → Alita
- $C_2S$  → Belita
- $C_4AF$  → Ferrita (Cálcio Alumino-Ferrita)
- $C_3A$  → Tricálcio Aluminato



do  $C_3A$ . Durante a moagem algum  $CSH_2$  é desidratado para formar gesso ( $CSH_{1/2}$ ). A quantidade de desidratação é controlada pelo fabricante, de modo a obter a melhor performance do cimento. No entanto, se a quantidade de desidratação for incorreta, certamente irão ocorrer problemas com o cimento. O uso de cinza volante contendo  $C_3A$  pode originar problemas com a pega, devido à quantidade insuficiente de sulfato para controlar a hidratação. Alguns tipos de aditivos redutores d'água, tipo A, costumam influenciar o equilíbrio entre o  $C_3A$  e os sulfatos, pelo fato de acelerarem a reação de hidratação do  $C_3A$ . Nesta altura do campeonato é desnecessário dizer que, aumentando a temperatura ou lidando com composições desbalanceadas, as reações serão aceleradas, aumentando o risco de pega descontrolada. Outros fomentadores de risco são os cimentos finamente moídos, os altos teores de álcalis (0,3 a 1,5%) e baixos fatores água/cimento (A/C). De um modo geral, todas estas reações e mudanças costumam ocorrer dentro dos primeiros 15 a 30 minutos após a mistura. Um dos produtos chave decorrentes da hidratação dos silicatos ( $C_2S$  e o  $C_3S$ ) é o hidrato de silicato de cálcio (CSH), o primeiro a contribuir para a liberação de calor, para a resistência do concreto e sua durabilidade. O perigo da adição de aditivos redutores d'água (tipo A) acelerar as reações



Situação muito comum: a pega inicia-se muitas horas após o lançamento.

do  $C_3A$  é que, da mesma forma podem retardar as reações dos silicatos, adiando enormemente a pega. Desta forma, tanto reações aceleradas de  $C_3A$  (endurecimento descontrolado) quanto de silicatos atrasadas podem ocorrer num mesmo concreto. Evidentemente, todos estes inconvenientes são, praticamente, intolerados nos serviços de pisos e pavimentos. Problemas de pega atrasada aumentam muito o risco de fissuramento, devido a retração plástica, tornando difícil ou mesmo uma verdadeira armadilha ajustar o tempo

correto de corte das juntas de controle (ser-radas). Naturalmente, mais água adicionada ao caminhão betoneira, mais problemas teremos no final das contas.

#### GLOSSÁRIO

**Retração plástica** – ocorre antes que a pasta de cimento, argamassa, grout ou concreto endureça.  
**Junta de controle** – é a junta aberta a serra ou previamente formada em uma estrutura de concreto para regular a locação e a quantidade de trincas, além de separações resultantes da mudança dimensional de diferentes partes de uma estrutura (retração).

## 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  $8.000g/m^2$ , 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.**

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



Detalhe preparatório para o lançamento de um overlay de concreto para um pavimento industrial.

pode ser verificada com calorimetria isotérmica, tempo de pega e com reologia dos pratos paralelos. Caso pastas e argamassas apresentem problemas, o futuro concreto deverá ser testado para perda de slump, para a curva de temperatura semi-adiabática e tempo de pega. Por fim, os testes de campo, já durante a obra, deverão confirmar tudo aquilo que foi previamente testado. Caso ocorram variações, dever-se-ão analisar os itens envolvidos e corrigi-los. Todos os testes acima especificados, uma vez feitos na obra, deverão bater com os realizados previamente. Toda a decisão, no final das contas, sobre os testes a serem executados e sua frequência dependerá do custo da obra e do grau de riscos envolvidos.

### O início e o fim da pega

O cimento, a partir do momento em que é misturado à água, começa a perder aquela plasticidade inicial da pasta. O tempo decorrente da adição da água até o início das reações químicas é o chamado início de pega, evidenciado pelo aumento brusco da viscosidade da pasta e pela elevação da temperatura. Por convenção, fim de pega é a situação em que a pasta cessa de ser

deformável para pequenas cargas torna-se rígida, começando a adquirir resistência e entra na fase do endurecimento. Logo, a determinação dos tempos de início e fim de pega é importante para determinar o tempo disponível para trabalhar, seja transportando, lançando e adensando argamassas e concretos, bem como transitar e executar serviços de corte, acabamento etc.

### Como prever estes problemas?

Muitas observações e uma certeza: não há bola de cristal para adivinhar quando poderão ocorrer problemas e, naturalmente, prejuízos. A análise da concreteira, seus materiais, análises laboratoriais, a provável condição meteorológica durante a elaboração do concreto, as quantidades envolvidas e, naturalmente, as dosagens dos aditivos a serem empregados, darão uma idéia bem próxima do grau de risco da obra. E, claro, os planos de ação, caso ocorram. Os testes iniciais calibrarão a relação laboratório-obra, permitindo a obtenção dos desejados

limites a serem evitados. Assim, antes de programar qualquer teste, faça um exame dos materiais reativos que entrarão no jogo. Cimento muito fino com alto teor de  $C_3A$  ou sulfatos é risco na certa, assim como cinza volante com alto teor de óxido de cálcio. Aditivos redutores d'água, à base de trietanolamina e açúcar são danados para dar problemas em concretagens com clima quente. Testes laboratoriais para pastas e argamassas, incluindo-se o teste minislump e o de endurecimento de argamassa, indicarão se há incompatibilidades em relação aos aluminatos. A possível fragilização da reação dos silicatos na pasta ou argamassa

fax consulta nº 31



**RECUPERAR**

Para ter mais informações sobre Análise.

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

### REFERÊNCIAS

- Thomas Kim é engenheiro civil e trabalha no repairbusiness.
- Techbrief - Protocol to identify incompatible combinations of concrete materials. Publication nº FHWA-HRT-06-082 U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration.
- R.A. Helmuth, L.M. Hills, D.A. Whitting, S. Bhattacharja, "Abnormal Concrete Performance in Presence of Admixtures." PCA serial number 2006. 1995.
- C.F. Ferraris, "Measurements of the Rheological Properties of Cement Paste: A New Approach." Conference on Role of Admixtures in High Performance Concrete sponsored by Cementos Mexicanos, S.A. (CEMEX), March 21-26, 1999. Monterey, Mexico. Rilem Publications S.A.R.L., Cabrera, J.G., Rivera-Villarreal, R.R., Editors, pp. 333-342, 1999.



## 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](mailto:produtos@recuperar.com.br)  
Fax consulta nº 32