

## LAJES E PISOS

**CONCRETO PROTENDIDO**

QUANTO MAIS COMPLICADA A ESTRUTURA, MAIS DIFÍCIL O DIAGNÓSTICO. NOVA METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO FAZ CHEGAGEM DOS CABOS PROTENDIDOS NÃO ADERIDOS. ESPERAR OS CABOS PARTIREM É DESASTROSO EM TODOS OS SENTIDOS.



## ANÁLISE



Carlos Carvalho  
Rocha

O território das estruturas leves de concreto protendido, com a utilização de cabos pós-tensionados não aderidos, é crescente e bem definido por lajes e pisos de edificações comerciais, cada vez mais arrojadas, além de peças estruturais com dimensionamento e utilização bem específicos. Cordoalhas ou barras de aço, de alta resistência, são instaladas dentro de bainhas, tracionando-as após a cura total do concreto hospedeiro. Em suas extremidades entram em ação componentes

de ancoragem, que funcionam como fixadores mecânicos que sustentarão a força de tração imposta pelos macacos de ancoragem, durante toda a vida da estrutura. Só para se ter uma idéia comparativa, os cabos de aço empregados nestes serviços de protensão trabalham com resistência de tração em torno de 1900MPa, enquanto as armaduras do concreto armado se contentam com uma cesta básica em torno dos 400MPa. Estes mesmos cabos possuem tipicamente diâmetro de 12,5mm e são forma-

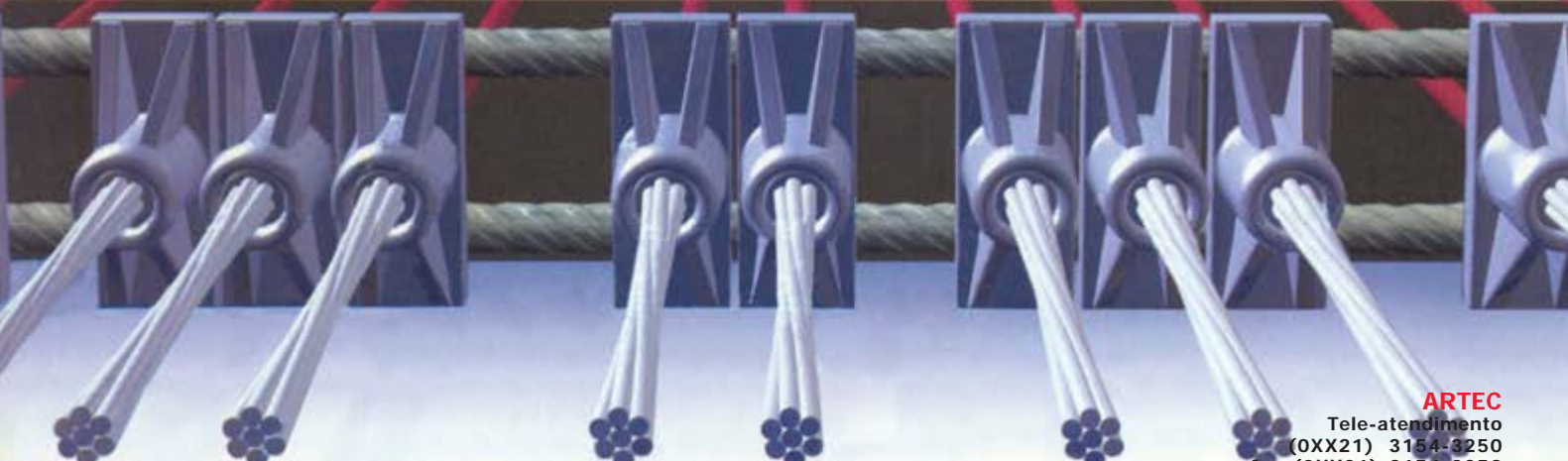
dos por cordoalhas de sete fios, tensionadas por macacos que impõem forças da ordem de 15.000kg. Em nosso mercado, assim como no mundo inteiro, existem diversos tipos de cabos pós-tensionados não aderidos. O mais comum emprega bainhas de plástico extrudadas, fortemente aderidas aos cabos, de modo a protegê-los. Subseqüentemente há a injeção de graxa especial que, por sinal, é bastante susceptível à corrosão, à medida que, por algum motivo, adentra água ou umidade no interior da bainha.

Figura 1 - Pisos industriais em concreto protendido estão entre as estruturas passíveis de checagem com a nova metodologia investigativa.

# Presença de umidade em cabos de protensão não aderidos?



ARTEC é a tecnologia que checa a presença de umidade (água ou vapor) no interior de cabos de protensão não aderidos. É simples e útil para qualquer tipo de estrutura, seja ela de pisos industriais ou edificações de qualquer tipo ou tamanho. Faça hoje mesmo uma checagem de sua estrutura. Sapos e corrosão tem tudo a ver. Ninguém gosta de engolir sapos.



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



Figura 2 - Estruturas arrojadas de coberturas protendidas de estádios podem e devem ter planos de checagem periódicos.

### Susceptibilidade

No mundo inteiro estas mesmas estruturas, com pouco mais de 20 anos, começam a dar flagrantes de terreno minado de cordoalhas com fios partidos ou de cabos quebrados, sinalizando perda da capacidade portante nas estruturas.

O fato é que esta invenção, apesar de todo o aparato sinergisivo de proteção do aço

contra a corrosão formada pela arrojada bainha plástica e o subsequente envolvimento com graxa é mais um modelo que faz água. A causa básica geralmente aponta para a formação de vazios no preenchimento com a graxa o que, como consequência, encoraja o acúmulo de umidade condensada na superfície do aço da cordoalha. É como lobo no galinheiro. Quanto mais complexo o sistema construtivo, mais difícil o

### GLOSSÁRIO

**Condensação** – passagem do estado gasoso (vapor) para o estado líquido. Formação de água líquida a partir da penetração do vapor.

**Endêmico** – da natureza da endemia. Doença ou problema que existe constantemente em determinado lugar.

diagnóstico. A sintomatologia menos trivial, para espanto de técnicos e engenheiros, é a erupção de cordoalhas partidas ao lon-

**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 (desplacamentos).*

**Evite isto!**

**só com semi-pilha CPV-4**

**SEMI-PILHA CPV-4**  
 Tele-atendimento  
 (0XX21) 3154-3250  
 fax (0XX21) 3154-3259  
 produtos@recuperar.com.br  
 Fax consulta nº 03



Figura 3 – estacionamento de um shopping - sintomas de rompimento externo de cabos de protensão não aderidos (foto maior) e internamente (foto menor).

go da superfície do concreto da laje. Pelo menos mostra a cara. O problema endêmico é a corrosão silenciosa, de cabos ou cordoalhas, que induz à quebra dos fios de aço, de forma lenta e sinistra, empurrando para abaixo a estabilidade da laje. Colapsos de estruturas diagnosticados por problemas assim são bem conhecidos e, sem dúvida, nos lembramos bem do que ocorreu com o Hall do Congresso de Berlim, na Alemanha, em 1980.

### Investigando o problema

Novamente expomos a asserção de que quanto mais complexo o problema mais difícil o diagnóstico. Detectar corrosão em

cabos protendidos é extremamente difícil, mas não impossível. A investigação deve ser minuciosa e acompanhada de equipamento específico. Lajes protendidas, de prédios comerciais e residenciais, apresentam locais específicos onde há propensão à corrosão em seus cabos. A rotina de limpeza por lavagem com detergentes clorados, na face da superfície da laje, induz a formação de terreno minado via contaminação irreversível do concreto por sais, principalmente os cloretos. Um outro local favorável de sintomas são as regiões das ancoragens, pouco ou nada protegidas da introdução de umidade. Nosso clima úmido e quente pelo lado externo, em sintonia contínua e direta com, por exemplo, ambientes

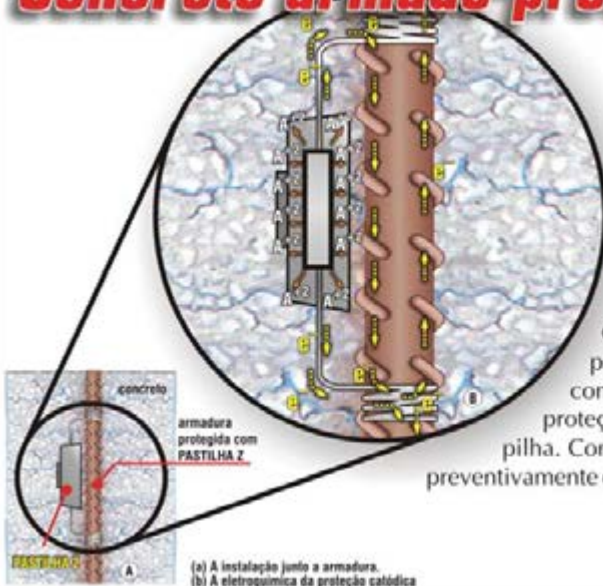
refrigerados internos, movimento diferenciado e bem orquestrado, se encarrega ou facilita a formação de umidade ou vapor no interior dos cabos mal preenchidos. Outro exemplo são as regiões da estrutura com exposição parcial ao tempo, como nas varandas e na última laje de edificações. A desintegração dos cabos pós-tensionados não aderidos manifesta-se em três formas bem desastrosas de corrosão:

- Uniforme.
- Por pites ou localizada.
- Sob tensão fissurante.



Na sintomatologia da corrosão uniforme, a superfície do fio de aço é atacada de forma

## Concreto armado-protendido sem corrosão?



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 semipilha. Concreto armado-protendido sem proteção catódica é uma fria. Use **PASTILHA Z** preventivamente ou na recuperação e tenha 20 anos de garantia.

Tele-atendimento  
(0XX21) 3154-3250  
fax (0XX21) 3154-3259  
Fax consulta nº 04

equitativa. Sua seção é uniforme e vagarosamente diminuída. Na corrosão por pites, a superfície do aço é exposta ao ambiente de forma bem localizada devido ao estabelecimento de microambientes, produzindo-se aí cavidades com fundo anguloso e profundidade maior que seu diâmetro. Sua manifestação, bem mais sinistras que a anterior, é mais difícil de detectar, principalmente



Figura 4 – após a constatação de umidade e conseqüentes potenciais de corrosão comprometedores, o cabo com problemas é retirado à medida que o novo é introduzido. Eventualmente, pode ser feita a introdução de conectores que garantem a emenda dos cabos.



Figura 5 – situação de um cabo após o teste e o conseqüente remanejamento: constatação de comprometimento e imediata substituição.

porque é coberta pelo próprio produto da corrosão, sugerindo que a região sintomática ficou submetida a um ataque bem mais cruel que as regiões atacadas de forma uniforme. Fatores estranhos, quer dizer, contaminantes estranhos poderão estar presentes. Manifestações tidas como insignificantes, ou seja, uns poucos pites poderão ser responsáveis pela ruína completa e repentina de cabos ou cordoalhas, desestabilizando a estrutura.

Na corrosão sob tensão fissurante é frequente a formação inicial de pites seguidos de microfissuras. Uma vez iniciada a fissura, a concentração de tensões existente ao largo do aço se encarrega de abri-la cada vez mais, conduzindo a casos de ruína repentina.

### A umidade

Esta forma de água, travestida de vapor invisível e bem oxigenada por sinal, é sempre a culpada nos processos de corrosão das estruturas protendidas. O fato é que o gás oxigênio sempre está presente, em menor ou maior concentração. Assim, a água invisível, também chamada de umidade, é o fator condicionante para o início e o desenvolvimento da corrosão em cabos de protensão não aderidos. As rotineiras deficiências presentes nos canteiros de obras e materiais de baixa qualidade “pedem a presença da umidade”. De que forma? Várias:

- Durante a estocagem ao tempo, antes de sua instalação;

SAÍDA DO AR

ACESSO DA INJEÇÃO DO AR SECO

SAÍDA DO AR

MEDIDA DO FLUXO DE AR

COM OU SEM UMIDADE

MEDIDA DO FLUXO DE AR

COM OU SEM UMIDADE

Esquema do sistema ARTEC.

A investigação é super simples e rápida.



Figura 10 – a mecânica executiva da instalação de cabos protendidos não aderidos é simples, porém passível de problemas. Dever-se-á estabelecer planos de checagem periódicos.

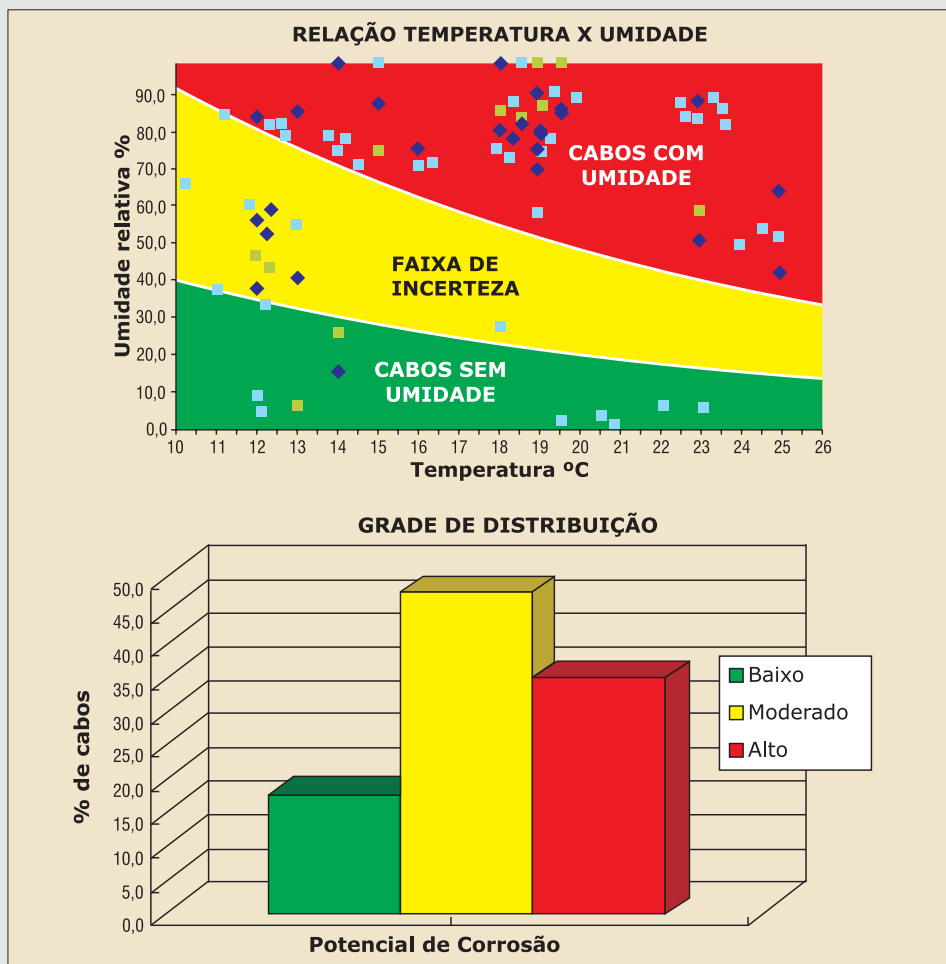


Figura 6 – muita umidade no teste e a constatação do problema.

### Avaliação

Evidentemente, técnicas evasivas de diagnóstico como a obtenção dos potenciais de corrosão com a semipilha e até mesmo a velocidade da corrosão com equipamentos sofisticados como o GECOR ou GALVAPULSE não se adequam a estruturas protendidas com cabos aderidos, devido à barreira isolante promovida pela bainha plástica.

O método ARTEC de avaliação do estado da corrosão em cabos não aderidos fundamenta-se na medição do teor de umidade dentro da bainha plástica. O ARTEC promove a injeção, com baixa pressão, de ar ultra-seco através dos purgadores no centro da bainha, direcionando o fluxo de ar para terminais próximos a extremidade do cabo. A velocidade e o teor de umidade do fluxo de ar expelido é analisado por um equipamento portátil que, ao final do diagnóstico, informa se há ou não corrosão dentro dele. Os cabos da estrutura são analisados estatisticamente e, ao final dos serviços, obtém-se um panorama global da condição da estrutura. Este processo de avaliação da corrosão, com base em conceitos de probabilidades, é semelhante ao da ASTM 876, onde se analisa a probabilidade de haver ou não corrosão nas armaduras do concreto armado através da pesquisa dos potenciais de corrosão com a semipilha de cobre-sulfato de cobre. Em



Exemplos dos gráficos da avaliação.

- Injeção de graxa deficiente;
- O cabo, após a instalação e antes de ser injetado, é exposto à chuva, que penetra facilmente pelo falso sólido concreto;
- A indefectível característica da superfície do concreto da laje, sempre bem acompanhada de fissuras e trincas deixa passar água da chuva, principalmente na última laje e nas bordas das lajes dos demais

- pavimentos, que acaba por fazer contato com a bainha plástica. Imperfeições no plástico devido à qualidade (material reciclado) ou devido a acidentes garantem o contato da água com o aço;
- Os pontos de ancoragem, sempre mal protegidos ou simplesmente não impermeabilizados contra o tempo, contribuem para a água entrar.



Figura 9 – a quebra do plugue de ancoragem é sinal de rompimento do cabo.

	Potencial de corrosão	ARTEC
Baixa probabilidade de corrosão	> 200mV	< 3gramas/kg
Moderada probabilidade de corrosão	200mV a 350mV	3 a 7
Alta probabilidade de corrosão	< 350mV	> 7gramas/kg

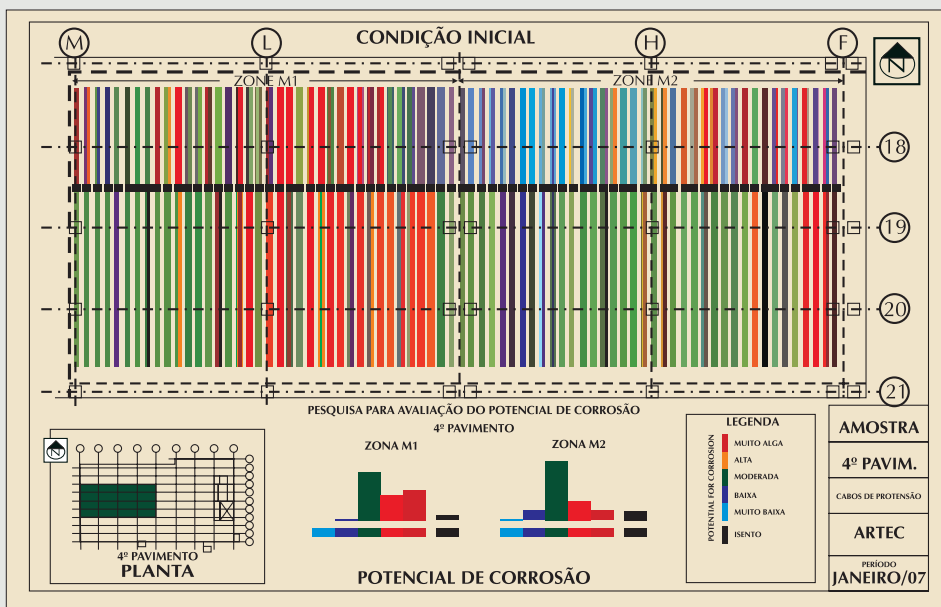


Figura 7 – condição inicial antes da checagem com a injeção de ar seco.

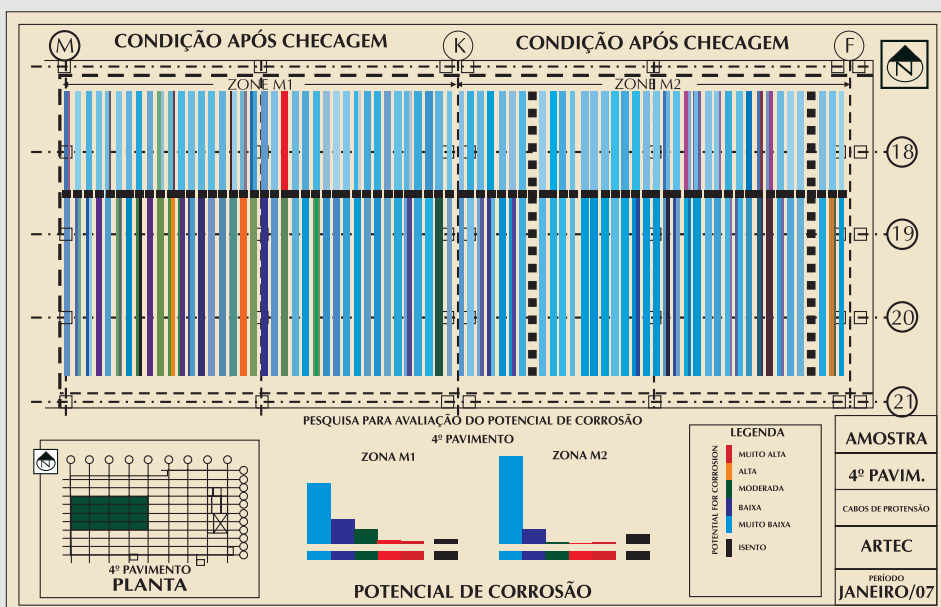


Figura 8 – condição após a análise.

ambos os casos, como pode ser visto na tabela abaixo, existe um determinado campo de medidas que indica baixa ou pouca probabilidade de corrosão (potenciais menores que -200mV e teores de umidade menores que 3g por cada quilo de ar analisado). Mais informações comparativas na tabela ao lado.

Não há qualquer dúvida de que umidade na superfície do aço de cabos protendidos significa recessão patogênica traduzida em perdas de seção resistente e instabilidade. Em outras palavras, corrosão. Remover e substituir cabos é tarefa relativamente fácil. A questão é como saber se há corrosão em marcha e como detectá-la. O sistema ARTEC é uma forma eficiente de checagem de cabos protendidos, que se baseia na completa secagem do cabo, de forma estatística, em períodos que variam de 3 a 4 semanas. Este tempo de secagem é comprovadamente necessário, de modo a se proceder à completa remoção do ar úmido e até da água presente nos vazios do sistema cordoalha-bainha-graxa emulsificada. Antes, durante e após este período de secagem, paralelamente, são feitas avaliações com o objetivo de detectar processos corrosivos.

IPACON

fax consulta nº 05

**RECUPERAR**

Para ter mais informações sobre Análise.

www.recuperar.com.br

**REFERÊNCIAS**

- Carlos Carvalho Rocha é Engenheiro Civil, especialista em serviços de recuperação.
- Sanders, D.H.; Green, J.E.; e Duncan, R.R. – “Strength and behavior of closely spaced post-tensioned monostrand anchorages”. Post-tensioning Institute.
- Leonhardt, F. Prestressed Concrete: design and construction.

**Lápis medidor de PH para Superfícies**

INSTA-CHEK SURFACE pH PENCIL

**LÁPIS MEDIDOR DE PH**

Tele-atendimento (0XX21) 3154-3250

fax (0XX21) 3154-3259

produtos@recuperar.com.br

Fax consulta nº 06

# ADIÇÕES MINERAIS E CORROSÃO

ESTUDO DEMONSTRA QUE A UTILIZAÇÃO DE ADIÇÕES MINERAIS NO CONCRETO ARMADO NEM SEMPRE MELHORAM SEU DESEMPENHO FRENTE A CORROSÃO EM SUAS ARMADURAS.

Figura 1 - A adição de minerais maximiza o concreto por um lado, mas pode comprometer com relação a corrosão nas armaduras.



ANÁLISE

Marcos Alberto Vaghetti

**T**rabalho realizado na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em parceria com a Universidade Federal de Santa Maria, também daquele estado, analisou o comportamento do concreto armado com o advento da adição de minerais, frente a frente com um indutor muito comum de processos de corrosão nas armaduras: a carbonatação do concreto. A adição mineral modificou a micro-estrutura do concreto, alterando suas propriedades e, naturalmente, seu desempenho.

Proporciona, quando bem incorporada e dosada ao concreto, a melhoria de suas propriedades de coesão e viscosidade (reologia) devido aos finos e, naturalmente, por consequência, um freio nos processos inerentes de exsudação e segregação, devido à pulverização dos capilares por onde circula a água intersticial. A zona de transição pasta/agregado, elo mais fraco e delicado da complexa microestrutura dos concretos convencionais é, logicamente, diminuída, melhorando os mecanismos de re-

sistência naquela interface, com substancial diminuição do número de microfissuras ali existentes.

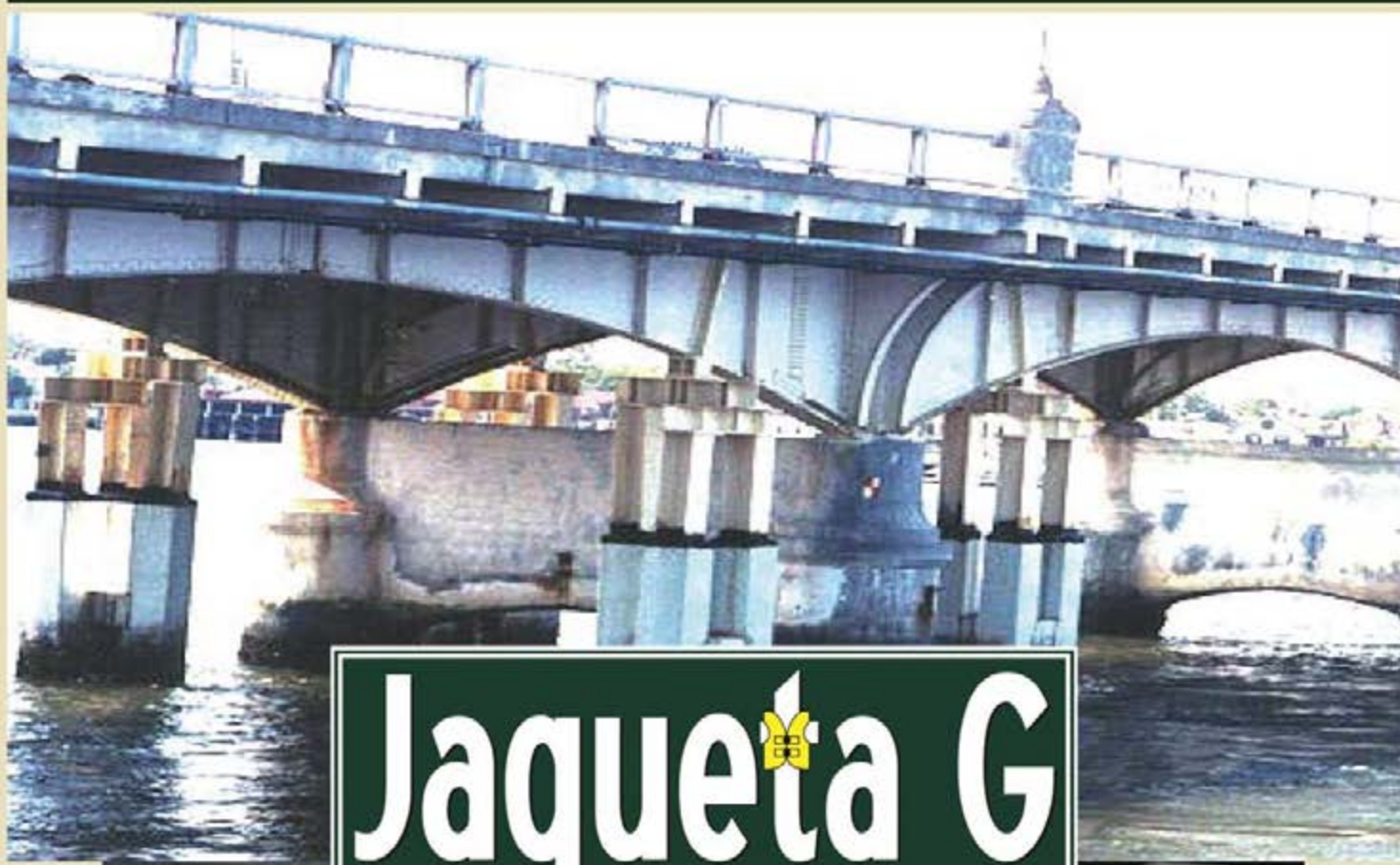
Como indutor do processo de corrosão, utilizou-se a carbonatação acelerada o que, no final das contas, diminui a alcalinidade da solução intersticial inerente do concreto, abrindo suas portas e janelas, minando a matriz cimentícia e, claro, o processo de passivação existente na superfície das armaduras, que no final das contas serve de ambiente protetor para a sinistra corrosão.

Continua na pág. 16

RECUPERAR • Março / Abril 2007



# CORROSÃO EM ESTACAS DE CONCRETO ARMADO-PROTENDIDO?



# Jaqueta G

**PROTEÇÃO CATÓDICA**  
na medida certa para estacas de  
concreto armado protendido em  
zonas críticas de variação de marés.

Há mais de 10 anos a **JAQUETA G** substitui os antigos tratamentos à base de massinhas e revestimentos que só mascaram a eletroquímica da corrosão. **JAQUETA G** é o mais moderno e eficiente sistema de **Proteção Catódica**, na medida certa para a zona crítica de variação da maré e abaixo, com planos de garantia superiores a 10 anos. Somente **JAQUETA G** permite total monitoramento de sua eficiência, a qualquer hora, ano após ano. Concreto armado-protendido e água salgada não combinam. Com **JAQUETA G** a história é outra.

# Jaqueta G

Tele-atendimento  
(0XX21) 3154-3250  
fax (0XX21) 3154-3259  
produtos@recuperar.com.br  
Fax consulta nº 08

### O programa experimental

O concreto empregado no experimento foi feito com cimento tipo CPV-ARI (NBR-5733), pedra britada de rocha diabásica, areia quartzosa natural e as seguintes adições minerais:

- Cinza volante.
- Cinza de casca de arroz.
- Escória de alto forno.



As figuras 1 e 2 evidenciam os detalhes dos corpos de prova (CP) prismáticos utilizados no experimento, evidenciando a região das barras exposta à corrosão, bem como os afastamentos laterais no interior do concreto.

Um trecho de 3cm da armadura foi deixado exposto no interior do corpo de prova, protegido naturalmente da agressão do ambiente externo.

Definiu-se 5 tipos de concretos, sendo 4 com adições minerais (VB, VA, A e E) e um sem incorporação de adições minerais. Para cada um dos 5 tipos de concretos experimentados, verificou-se três níveis de resistência, representados pela relação água-aglomerante (A/AG) nominais de 0,50, 0,60 e 0,70. Após a moldagem, os CPs foram colocados em câmara úmida por 49 dias, após o que, foram novamente pré-condiciona-

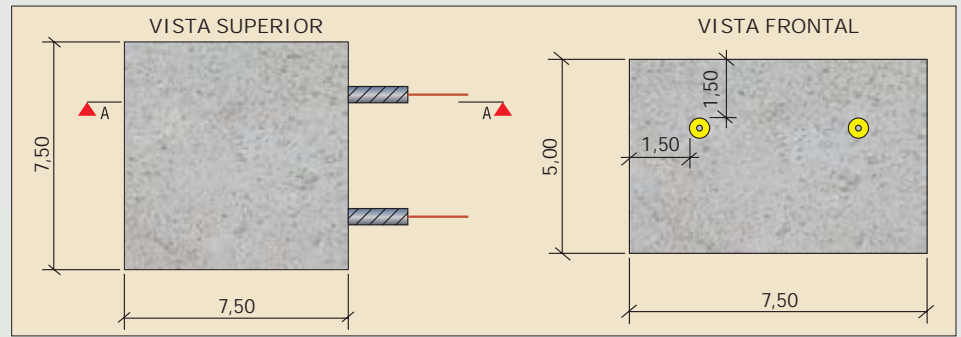


Figura 2 - vista superior e frontal do corpo de prova prismático típico. Medidas em centímetros

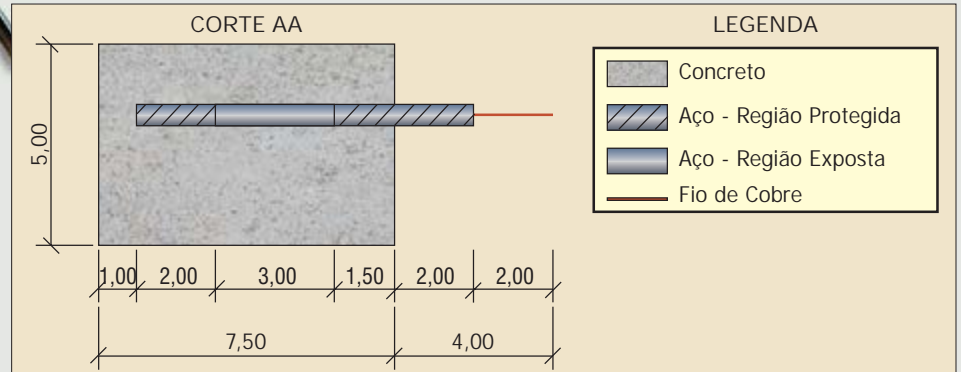


Figura 3 - corte AA do corpo de prova prismático típico.

dos, por 42 dias, de modo a equilibrar sua umidade interna, conforme recomenda a norma RILEMTC 116-PCD.

O método provocador da despassivação das armaduras, a carbonatação acelerada, foi feito durante 21 semanas em câmara climática com 10% em volume de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Considerando que todas as

armaduras foram despassivadas pelo processo de carbonatação forçada, empregou-se agora, para desencadear ou acelerar a corrosão na superfície das barras desprotegidas, ciclos de molhagem/secagem por um período de 6 meses. O estado de corrosão, na superfície das armaduras dos corpos de prova, foi avaliado com leituras dos



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



**RENEW**  
TRATAMENTO DA REATIVIDADE  
ÁLCALI-SÍLICA

**RENEW**  
Tele-atendimento  
(0XX21) 3154-3250  
fax (0XX21) 3154-3259  
produtos@recuperar.com.br  
Fax consulta nº 09

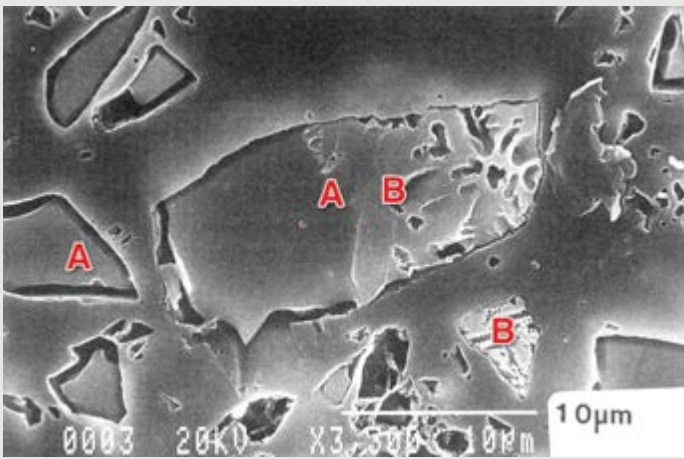


Figura 4 - Partículas de escória onde A é o componente vidro e B é um componente cristalino.

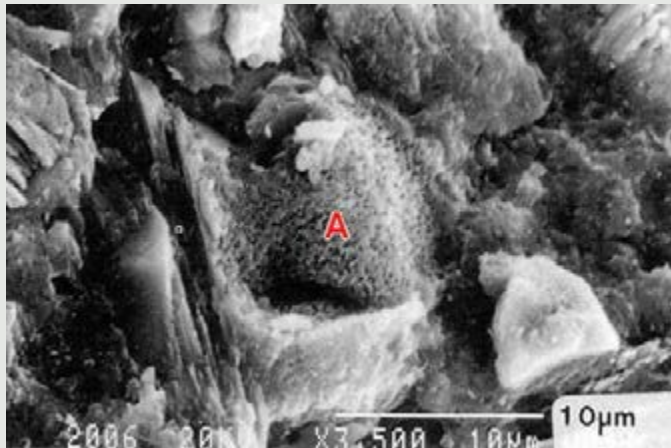


Figura 5 - Partícula de escória de alto forno (A) envolvida na hidratação da matriz cimentícia do concreto.

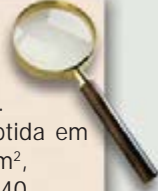
potenciais de corrosão, segundo a norma ASTM C876 (1991). A análise da velocidade com que a corrosão avançava foi feito com a técnica da resistência de polarização, utilizando-se potenciostato com compensação de queda ôhmica. A inerente perda de massa (corrosão), ocorrida na super-

fície das armaduras, foi avaliada segundo a norma ASTM G1 (1990) "Standard practice for preparing, cleaning and evaluation corrosion test specimens". Após a limpeza das armaduras, pesou-se com a mesma balança utilizada na determinação da massa inicial, obtendo-se a massa final (mg) após o de-

envolvimento da corrosão. A velocidade da corrosão,  $i$ , medida em  $(\text{mg}/\text{dm}^2)/\text{dia}$  ou  $\text{mdd}$  foi obtida com a expressão:

$$i = \frac{W}{A \cdot T}$$

onde  $W$  é a perda de massa em mg,  $A$  é a área lateral exposta em  $\text{dm}^2$  e  $T$  é o tempo de exposição em dias. A velocidade da corrosão,  $i$ , obtida em  $\text{mdd}$ , foi convertida para  $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ , apenas multiplicando-se por 0,40.



**O resultado**

A avaliação do estado de corrosão, medida com a obtenção dos potenciais de corrosão, resistência de polarização, perda de massa e velocidade da corrosão, encontra-se na tabela a seguir, que representa as médias de cada um dos itens tabelados.

A tabela nos mostra que, relacionando o desempenho dos concretos com  $a/a_g = 0,50$ , o concreto VA foi o que menos protegeu a armadura, ocorrendo aí a maior corrosão (37,50mg), inclusive com maior velocidade (0,775  $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ ). Avaliando-se a perda de massa (corrosão) das barras ao final dos testes, confirmou-se o pior desempenho para o concreto VA, com 0,28% de perda de seção de aço, seguido do concreto E, com 0,21%. Para nossa surpresa, o melhor concreto foi o TR, com 0,02% de perda de massa e velocidade da corrosão de 0,065  $\mu\text{A}/$





# Refundações sem Complicações?

- *Compaction Grouting*
- *Permeation Grouting*
- *Jet-Grouting*

## ENGEGRAUT

G E O T E C N I A

Tecnologia em Grouting

Este é o nosso diferencial.

tel.: (21) 3154-3253

engegraut@engegraut.com.br

www.engegraut.com.br

**Tabela I - Valores médios da perda de massa (mg e %) e a velocidade da corrosão gravimétrica ( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )**

Mistura	a/ag	Perda de massa		i ( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )
		mg	%	
TR	0,50	3,17	0,02	0,065
	0,60	12,00	0,09	0,248
	0,70	17,70	0,13	0,366
VB	0,50	23,05	0,18	0,476
	0,60	24,92	0,19	0,515
	0,70	30,10	0,22	0,622
VA	0,50	37,50	0,28	0,775
	0,60	41,70	0,31	0,862
	0,70	44,82	0,34	0,926
A	0,50	12,87	0,10	0,266
	0,60	32,02	0,24	0,662
	0,70	36,65	0,27	0,757
E	0,50	27,70	0,21	0,572
	0,60	47,97	0,36	0,991
	0,70	51,52	0,39	1,065

$\text{cm}^2$ . Analisando-se a velocidade da corrosão no concreto com  $a/ag = 0,60$  e  $0,70$ , verificou-se que os que menos protegeram, ou seja, os que menos defenderam suas armaduras foram os concretos E e VA, com perdas de massa de  $47,97\text{mg}$  e  $41,70\text{mg}$  para uma  $a/ag$  de  $0,60$  e de  $51,52\text{mg}$  e  $44,82\text{mg}$  para uma  $a/ag$  de  $0,70$ . Repare que o concreto E, considerando as duas relações  $a/ag$  de

$0,60$  e  $0,70$ , foi o que apresentou menor tempo de despassivação para as armaduras. Observe também que, analisando a tabela acima e a figura 8, o concreto TR foi o que apresentou o melhor comportamento protetor, seguido dos concretos VB e A, com baixos teores de adições minerais. Por fim, sobram os concretos VA e E, os menos eficientes contra a corrosão de suas armaduras.

Os testes apresentados, inclusive com a análise final da superfície das barras ao microscópio ótico e eletrônico de varredura, confirmaram que concretos com resistências  $< 40\text{MPa}$ , com relação  $a/ag > 0,50$  e com o advento da casca de arroz e escória granulada de alto forno protegem menos suas

**15 ANOS DE PROTEÇÃO TOTAL NAS ESTRUTURAS METÁLICAS**



Após a limpeza...  
**ZLP** zinco líquido puro

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 e sua real proteção contra a corrosão no concreto armado ou protendido.

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

# Junta Evazote

**JUNTA EVAZOTE** é resistente à ação mecânica e química. Ideal para ser aplicada em todo tipo de juntas de dilatação, tanto de pontes como de edificações. Trata-se de uma borracha extremamente resistente ao tempo e ao desgaste abrasivo, sendo totalmente impermeável, formada com copolímeros de polietileno de baixa densidade e acetato de etileno vinílico.

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



**RENEW**  
Tele-atendimento  
(0XX21) 3154-3250  
fax (0XX21) 3154-3259  
produtos@recuperar.com.br  
Fax consulta nº 11

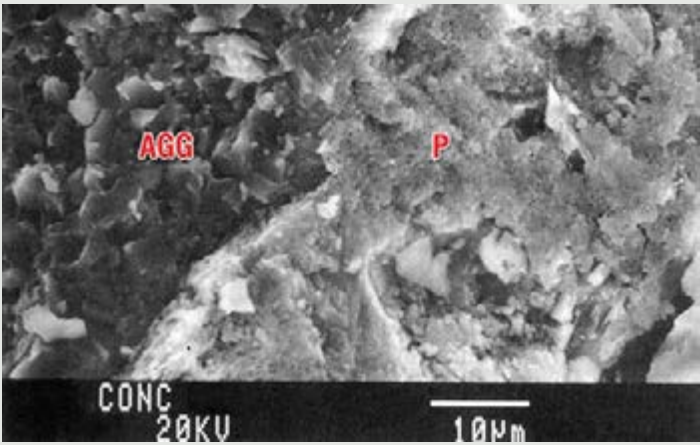


Figura 6 - Interface matriz-agregado de um concreto com baixo fator A/C e com fumo de sílica. Note a ausência de cristais de hidróxido de cálcio na interface. AGG é o agregado e o P é a matriz.

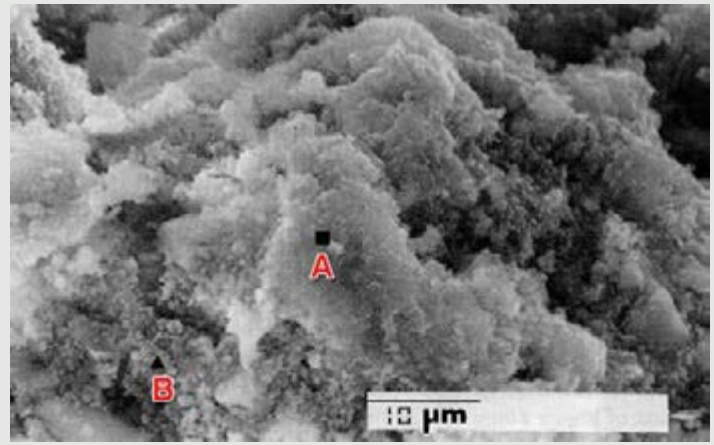


Figura 7 - Matriz cimentícia extremamente densa de um concreto com fumo de sílica. A são silicatos de cálcio hidratados. B são finos cristais de hidróxido de cálcio.

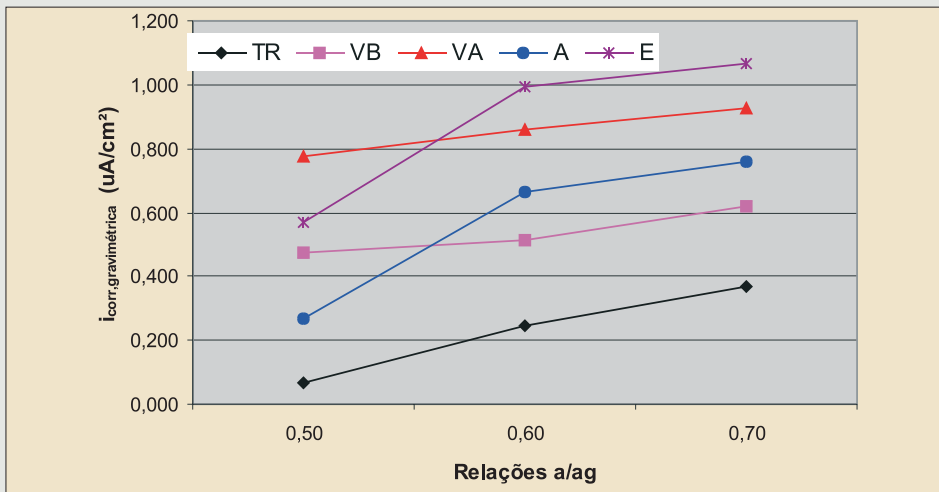


Figura 8 - Velocidade da corrosão gravimétrica (i) para as três relações A/AG.

armaduras, quando submetidos a processos de carbonatação.

fax consulta nº 12

**RECUPERAR**

Para ter mais informações sobre Análise.

www.recuperar.com.br

**REFERÊNCIAS**

- Dr. Marcos Alberto Vaghetti é professor da Universidade Luterana do Brasil - ULBRA, em Santa Maria, RS. marcos.vaghetti@net.crea-rs.org.br

## TRATAMENTO DE EFLUENTES



**Se este é o seu problema, nós temos as melhores respostas.**

- Caracterização de Efluente Líquido Bruto.
- Projetos para Ensaio de Tratabilidade.
- Estações de Tratamento de Efluentes Industriais.
- Licenciamento Ambiental.
- Projetos para Tratamento de Esgoto.
- Projetos para Estações de Tratamento de Necrochorume e Aterros Sanitários.
- Gestão Ambiental para Propriedades Rurais.

**RENEW**  
 Tele-atendimento  
 (0XX21) 3154-3250  
 fax (0XX21) 3154-3259  
 produtos@recuperar.com.br  
 Fax consulta nº 13

# ATENÇÃO!

## O CONCRETO TAMBÉM CORRÓI.

CONHEÇA AS LIMITAÇÕES DO CONCRETO ARMADO-PROTENDIDO FRENTE A AMBIENTES AGRESSIVOS.

MEV de pasta de cimento hidratada de um concreto com baixo fator A/C, com a incorporação de cinzas. Os poros da pasta são diminutos e sua permeabilidade, bem, sua impermeabilidade é baixa.

### ANÁLISE

Michelle  
Batista

**T**odo material de construção utilizado por técnicos e engenheiros está sujeito à ação de tensões e à ação de deteriorização, no seu sentido mais geral, do meio ambiente. Todos sabemos como fazer um concreto para satisfazer à ação das forças que o carregarão, de modo a atingir determinadas tensões de ruptura. Pouco sabemos, no entanto, que se não adicionarmos itens específicos, durante e após sua concepção, de nada valerá toda sua força.

As ações do meio ambiente, designadas de um modo muito geral por deteriorizantes, são devidas à ação do tempo, compreendendo ações alternadas de temperatura e de umidade, com direito a molhagem e secagem, a radiação do sol e seus efeitos fotoquímicos, os agentes químicos e a presença de íons agressivos na água que faz contato com o falso sólido além, claro, das bactérias, fungos etc. que segregam substâncias químicas que o corroem e outras.

### GLOSSÁRIO

**Meteorização** – aumento ou dilatação do volume do concreto pela ação de líquidos e gases perniciosos.

**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 (1cm<sup>2</sup>) 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.

**Íons** – ácidos, bases ou sais quando dissolvidos em água (ou outro solvente), dissociam-se em unidades eletricamente carregadas ou partes de moléculas chamadas de íons. Íons carregam cargas de eletricidade e, conseqüentemente, apresentam propriedades diferentes dos radicais sem carga. Um átomo ou molécula que apresenta-se separado de um ou mais de seus elétrons envolventes, carregando, assim, cargas elétricas.



Com TOP COAT CARBO FC você está acessando a **nano-age world**. Superior a tudo que você aplicou como película de proteção. TOP COAT CARBO FC é o mais profundo toque na "nano technology" para películas de proteção contra a carbonatação do concreto.

<http://www.rogertec.com.br/topcoatcarbomfc.htm>

**TOP COAT CARBO FC**

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

## Mecanismos da corrosão do concreto em contato com águas

No seu sentido mais geral, a corrosão consiste na destruição de um sólido por meio de reações químicas ou eletroquímicas, não propositalmente, que começam na sua superfície. É uma definição que abrange materiais metálicos e não metálicos. No caso do concreto, as reações são exclusivamente químicas, mas no do aço, seu hóspede, as reações são essencialmente de natureza eletroquímica.

Esta definição de corrosão exclui as alterações devidas a reações entre o agregado e o cimento – a reatividade álcali-silica – já apresentada na RECUPERAR 29.

Dos componentes do concreto, a matriz cimentícia é o elemento mais vulnerável, pois sofre ação corrosiva que leva ao desaparecimento das propriedades deste falso sólido. O estudo da ação agressiva, de uma enormidade de íons hostis e destrutivos, incide sobre este mix de água e cimento endurecido que envolve agregados miúdos e graúdos. Como a corrosão do concreto é de natureza exclusivamente química, sobram apenas duas causas claras e óbvias:

- Reações com o hidróxido de cálcio  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , proveniente da hidratação dos componentes do cimento, incluindo sua dissolução e desagregação.
- Reações dos íons sulfatos tanto com o aluminato tetracálcico hidratado do cimento como com a alumina da brita, tudo regado em solução saturada de hidróxido de cálcio, que acabou por provocar expansão do falso sólido.

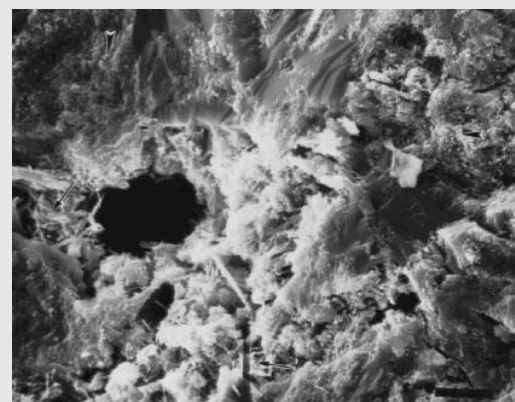
Nas reações com hidróxido de cálcio devem-se considerar as que dão origem a produtos solúveis e a conseqüente destruição do concreto. A causa motivada pela reação dos íons sulfatos, não existe isolada.

A ação corrosiva tanto se pode dar quando o líquido é obrigado a percorrer os poros do concreto, por ação da permeabilidade, como pelo contato direto com o líquido, se este se renovar, promovendo a saída do hidróxido de cálcio, por difusão, ou a entrada de outros íons, os quais poderão reagir também com a matriz cimentícia.

### A descalcificação do concreto

Os componentes do cimento portland hidratado só são estáveis em contato com soluções supersaturadas de hidróxido de cálcio e, portanto, a água que está no interior do concreto, nos seus poros, tem alcalinidade elevadíssima, possuindo um pH com valores da ordem de 12. Como os capilares e poros do concreto são vias facilmente percorridas por fluidos, como por exemplo a água, que tem capacidade suficiente para dissolver o hidróxido de cálcio, este vai desaparecendo progressivamente do interior dos poros, segundo reações de decomposição dos silicatos e aluminatos à medida que ocorre o arrastão. Este é o mecanismo da chamada descalcificação da matriz cimentícia, que conduz à destruição do concreto.

A perda da resistência e da coesão do concreto por descalcificação começa muito mais cedo do que se imagina. O desaparecimento de 15% do óxido de cálcio que existe inicialmente na matriz, corresponde a uma

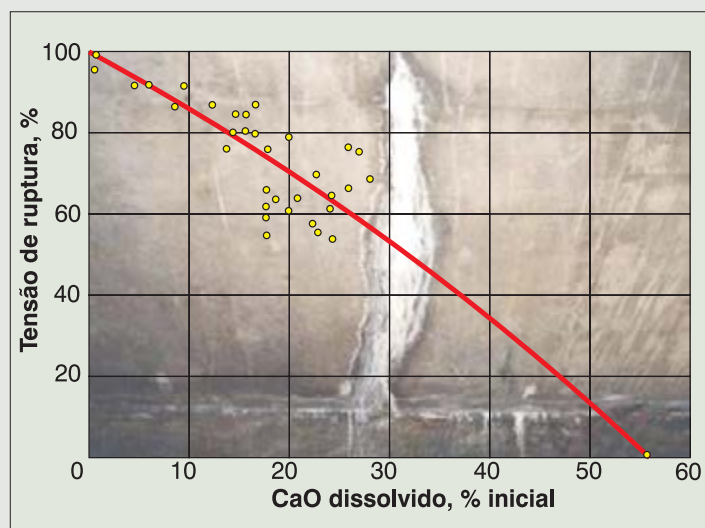


Microscopia eletrônica de varredura (MEV) revela falhas na matriz cimentícia de um concreto. Estes furos podem bloquear a água, fragilizando a matriz.

diminuição de 20% em sua resistência e com a perda de 50% da cal total da matriz, o concreto já apresenta perda de sua coesão. A descalcificação pode ser devida não só à ação dissolvente dos líquidos, como também a dos inúmeros e diferentes íons nela dissolvidos. Vejamos:

- Qualquer íon com carga negativa em cima e que origine sais de cálcio mais solúveis que o hidróxido de cálcio é bandido.
- Qualquer íon com carga positiva em sua cabeça, que provoque a formação de hidróxidos menos solúveis que o de cálcio também é bandido.

A esta ação direta, digamos assim, dos íons junta-se uma ação indireta também perniciosa: a sua influência na solubilidade dos hidróxidos e dos sais. Os íons que aumentam a solubilidade dos sais e do hidróxido de cálcio como se vê, também são cúmplices da corrosão química do concreto.



Varição da tensão de ruptura à compressão com a porcentagem de óxido de cálcio arrastado.

## Detectores de furos?

Barreira tem que ser barreira. Não podem existir furos, poros, fissuras ou descontinuidades em revestimentos anticorrosivos de epóxi, mantas de PVC, PEAD ou qualquer pintura, sobre base, seja metálica, concreto ou terra.

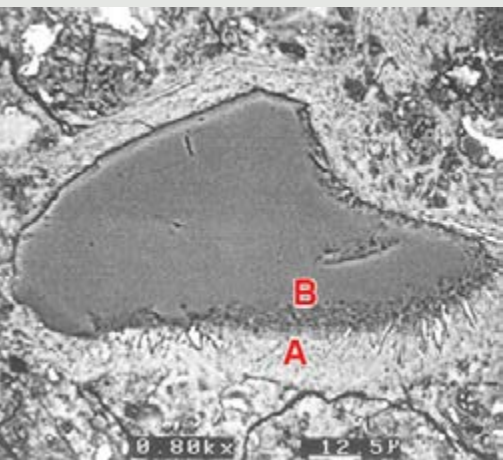
Vendemos e alugamos detectores de furos portáteis e fixos, além de acessórios capazes de identificá-los da forma usual ou sonora. Se seu revestimento apresenta furos, trincas ou porosidades é muito necessária a correção, evitando aborrecimentos ou corrosão futura.

Possuímos laboratório para manutenção de detectores de furos de qualquer marca ou modelo. Emitimos certificados de calibração.



Tele-atendimento  
(0XX21) 3154-3250  
Fax consulta nº 15





Concreto submetido a ataque por sulfatos (no caso é o sulfato de magnésio). A é a camada de gesso, com cerca de 20 a 60 micrômetros de espessura, depositada em torno de um grão de quartzo de areia. B é a expansão resultante com formação de trincas.

### Substâncias inorgânicas bandidas

É bem sabido que qualquer ácido mineral ataca tanto mais fortemente a matriz cimentícia quanto mais solúvel for o sal de cálcio a que der origem. É por isso que o ácido clorídrico (lembre-se do muriático) é muito mais descalcificante do que o sulfúrico, pois o cloreto de cálcio é mais solúvel do que o sulfato de cálcio.

Os sais amoniacais têm uma ação semelhante a da destruição feita pelos ácidos. O íon amônia,  $\text{NH}_4^+$ , em meio alcalino liberta o gás amoníaco,  $\text{NH}_3$ , e o íon hidrogênio, que têm função ácida, donde resulta a ação de descalcificação provocada por ataque ácido.

Troca-troca entre íons positivos de cálcio e íons positivos menos alcalinos, com conseqüente formação de sais de cálcio e de hidróxidos, silicatos e aluminatos de íons positivos menos alcalinos conduzem também a descalcificação do concreto.

Entre estes íons positivos o que apresenta maior ficha criminal é o  $\text{Mg}^{2+}$ , que facilmente

descola o cálcio do seu hidróxido para dar lugar ao de magnésio, tremendamente insolúvel. A presença do hidróxido de magnésio é, portanto, causa do abaixamento do pH da solução intersticial, o que dá lugar à liberação do hidróxido de cálcio dos silicatos. Esta nova liberação do  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  por sua vez, vai ocasionar novas quantidades de  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  e assim sucessivamente até ao desaparecimento total do  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .

Como os silicatos e aluminatos de magnésio não têm propriedades cimentícias, a ação do íon  $\text{Mg}^{2+}$  contribui também para a desagregação do aglomerado  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .

A presença de íons cloretos no líquido infiltrante facilita a saída do cálcio, pois a decomposição dos aluminatos e silicatos pela “água” é exacerbada em virtude da solubilidade do hidróxido de cálcio crescer com a concentração de cloretos na água.

### Substâncias orgânicas bandidas

As mal encaradas substâncias orgânicas que reagem com o hidróxido de cálcio da matriz cimentícia são os ácidos, ésteres e álcoois. Sua ação pode ser explicada, em última análise, assim: ácidos esteáricos reagindo com o hidróxido de cálcio, originam sais de cálcio, que provocam o desaparecimento daquele e alteram, por conseqüência, as condições de equilíbrio dos compostos hidratados da matriz. Quando aparecem ésteres orgânicos, o hidróxido de cálcio saponifica-o, formando sais de cálcio do ácido orgânico correspondente com liberação do álcool, o qual, por sua vez, também reage com o hidróxido de cálcio. Os produtos orgânicos mais importantes, que atacam a matriz cimentícia em contato com o solo, são os contidos nos húmus ou na terra vegetal que formam sais de cálcio, sob a forma de geléias inconsistentes, os ácidos acético, láctico, oléico, esteárico etc. que se en-

contra em muitos produtos comerciais e industriais como vinagre, leite, manteiga, azeite e outras gorduras animais e vegetais.

### Limitando os íons agressivos

Qual o limite inferior tolerável, numa água, a partir do qual o concreto começa a ser atacado? A pergunta quase não faz sentido por que íons de um mesmo elemento químico raramente se manifestam. Ou seja, os bandidos só trabalham em grupo com outros íons malfeitores. É o caso típico da ação dos sulfatos: água doce comum, com um teor de sulfato igual ao da água do mar é inmensamente agressiva para o concreto.

Como ainda convivemos com a idéia covarde de projetar superfícies de concreto para contato direto com todo tipo de águas, em caixas d'água, em estações de tratamento e até em estacas de pontes marítimas, torna-se necessário também o conhecimento básico dos limites toleráveis destes pestinhas irrequietos, se bem que os números normativos referem-se à ação isolada de cada íon.

### O limite dos íons cloretos

A quantidade de íons cloretos é sempre interpretada em relação à quantidade de cimento existente no concreto. Para o caso de estruturas que ainda tenham projetos é fácil encontrar estes dados. Para o outro caso é necessário estimar a quantidade de cimento que entrou na composição do concreto da estrutura (veja o box na página seguinte). O kit Clortest é um ensaio bem prático e que é feito na própria obra. Este teste deverá considerar várias

#### GLOSSÁRIO

**Inorgânico** – relativo a química dos minerais.  
**Orgânico** – substâncias químicas que contém cadeias ou anéis de carbono ligados a hidrogênio, oxigênio e nitrogênio.

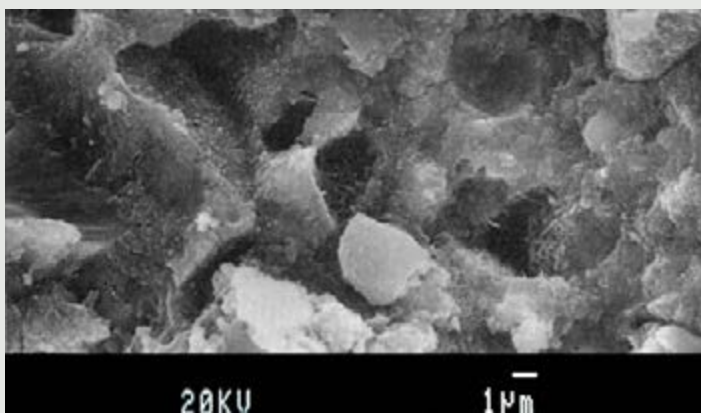
## Detector de contaminação por sais cloretos em peças metálicas e de concreto



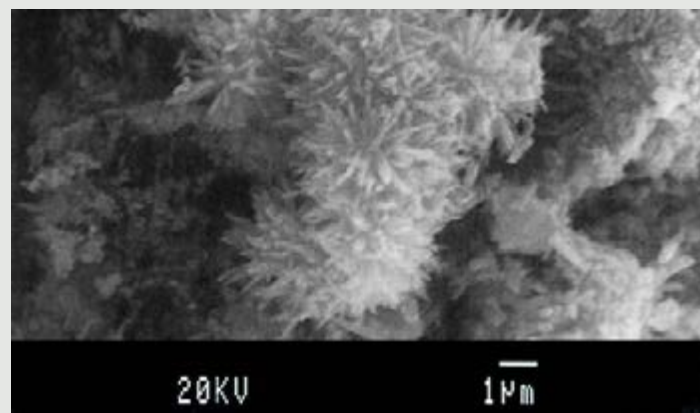
Clor-test foi desenvolvido para analisar a contaminação em qualquer tipo de superfície. Seus componentes são pré-medidos, de modo a assegurar resultados precisos, em partes por milhão (ppm) e microgramas por centímetro quadrado ( $\text{mgr}/\text{cm}^2$ ), sem necessidade de qualquer correção em relação à temperatura ambiente. Em outras palavras, Clor-test é a precisão do laboratório na obra.

# CLOR-TEST

Tele-atendimento  
 (0XX21) 3154-3250  
 fax (0XX21) 3154-3259  
 produtos@recuperar.com.br  
 Fax consulta nº 16



Lixiviação da matriz cimentícia de um concreto exposto à ação marinha. Repare os espaços vazios.



Mineral na forma esférica, como se fosse um espanador, formado pela corrosão das armaduras.

## Qual a quantidade de cimento do concreto?

Há dois métodos padronizados para estimar a quantidade de cimento existente no concreto da estrutura que está sendo investigada.

**1º método** - Extrair cilindros do concreto com um peso mínimo de 1kg e mandar para o laboratório analisar o teor de cimento existente. Infelizmente, este teste tem um certo grau de imprecisão e é caro.

**2º método** - Assumir que o concreto tem um teor de cimento igual a 14% em relação ao peso de concreto em análise. Geramente  $2.500\text{kg/m}^3$ . É a prática mais comum, muito embora estruturas antigas possam ter alguma variação. Em dúvida, mande para o laboratório.

profundidades, na hora de furar e extrair o pó. É de praxe descartar-se os 5mm da superfície do concreto, já que ele pode ter sido contaminado por lavagens ou qualquer outra contaminação. Para o caso de se fazer apenas um ensaio representativo, o que não é bom, faça-o extraíndo o pó junto da armadura.

A nível de norma brasileira, a NBR6118 prescreve uma tolerância máxima de  $500\text{mg/l}$  em relação à quantidade de água utilizada no concreto em análise, o que representa aproximadamente 0,02% em relação à massa de cimento, muito mais exigente que as normas estrangeiras. Na norma ACI 318-83, o limite varia de 0,15 a 1%. Para o concreto protendido é de 0,06%.

### O limite dos íons sulfatos

A quantidade de íons sulfatos também é sempre interpretada em relação à quantidade de cimento existente no concreto. O teor de sulfatos em um concreto endurecido não pode passar de 4% do peso do cimento existente ou cerca de 0,5% por peso do concreto ou  $5.000\text{ppm}$ . A forma de ataque externa mais comum por sulfatos vem do solo argiloso que faz contato com a estrutura, muito embora possa haver outros tipos de contaminação. No Reino Unido, por curiosidade, existem 400 pontes afetadas por íons sulfatos em suas fundações, de acordo com o

Concrete Bridge Development Group. O teor de gesso ou sulfato de cálcio,  $\text{CaSO}_4$ , presente no cimento do concreto interfere na medida obtida dos íons sulfatos. Recentemente, encontrou-se uma forma de ataque por sulfatos, especificamente em es-

truturas pré-moldadas curadas a alta temperatura, denominada formação atrasada da etringita, FAE. Tanto o teor de íons sulfatos como a FAE deverão ter seus diagnósticos confirmados com exame laboratorial petrográfico. Alertamos, mais uma vez, como nos demais casos, que o ataque por íons sulfatos quase sempre está acompanhado de outros íons intervenientes.

### O limite dos íons magnésio

Interessa também saber até que ponto a concentração dos íons  $\text{Mg}^{2+}$  na água pode ser tolerável, dispensando precauções especiais. Admite-se, tal como para os sulfatos e, provavelmente, pelo fato dos íons magnésio estarem muitas vezes associados, um teor de  $180\text{mg}$  de  $\text{Mg}^{2+}$  por litro d'água.

### O limite dos íons amônia

Não há opinião definida sobre o limite deste íon. Todavia, a recente revisão da norma alemã DIN 4030E leva em consideração o teor de amônia. A referida norma aconselha, como nos demais casos, isolar o concreto por meio de revestimento protetor específico quando houver teor superior a  $60\text{mg/l}$ . O íon amônia costuma ser muito perigoso quando está presente na forma de nitrato de amônia

### GLOSSÁRIO

**Éster** - substância orgânica formada pela condensação de um álcool com um ácido carboxílico eliminando água.

**Ésteres orgânicos** - substâncias que apresentam o radical alquila.

**Alquila** - radical orgânico monovalente derivado de um alceno.

**Alcano** - parafina, ou seja hidrocarboneto sólido. Um exemplo é a vela.

**Sulfatos** - sal ou éster derivados do ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).

**Sulfetos** - substância binária de enxofre com outros elementos radicais.

**Amônia** - denomina-se assim tanto o gás amoníaco,  $\text{NH}_3$ , como seu hidróxido,  $\text{NH}_4\text{OH}$ , o qual existe na solução deste gás.

**Etringita** - sulfoaluminato de cálcio, rico em sulfatos. É formado pelo ataque de sulfatos no concreto.

**Sal** - substância que ioniza na água, produzindo íons diferentes dos íons hidrogênio e hidroxilas. É formado por íons de carga negativa com íons de carga positiva.

**Ácido** - suas moléculas ionizam na água produzindo íons hidrogênio. A forma de um ácido é proporcional à concentração dos íons hidrogênio.

**Álcool** - o etanol,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ , é um dos principais álcoois que existem, sendo ele incolor, inflamável e de odor característico. Ele é miscível em água e em outros compostos orgânicos. Seu ponto de ebulição é em  $78,5^\circ\text{C}$ .

**Ácido esteárico** - ácidos graxos sólidos, abundantes nas gorduras vegetais e aminas, de onde são extraídos. Serve para a fabricação de velas e seus sais alcalinos formam sabões.

IPACON

fax consulta nº 17

**RECUPERAR**

Para ter mais informações sobre Fundamentos.

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

**REFERÊNCIAS**

- Michelle Batista é química.

# A CORROSÃO NÃO PARA.

TÉCNICOS E ENGENHEIROS AINDA TRATAM  
CORROSÃO COM PRODUTOS MIRACULOSOS.  
CONHEÇA OS NÚMEROS DO IMPACTO NA ECONOMIA.

CORROSÃO



Joaquim  
Rodrigues

Figura 1 - Serviços de recuperação estrutural motivadas por corrosão devem atacar esta causa de maneira objetiva e consciente, ou seja, com a certeza ou com dado os que afirmam o tratamento aplicado. A utilização de massas e pinturas sobre as armaduras sem conhecimento das técnicas de controle da corrosão é catastrófica.

Um transbordo (caçapa cantada) de US\$ 250 bilhões foi quando custou aos cofres americanos, no ano passado, a corrosão nas estruturas, só no âmbito federal. Foi o que registrou o relatório conjunto da Federal Highway Administration (FHWA), National Association of Corrosion Engineers (NACE) e o próprio Congresso Americano. Essa estúpida despesa é maior do que todo o produto nacional bruto de muitos países por aí. O que equivale dizer que cerca de 40% de toda a

produção de aço americana foi comprometida ao final do aço, seja pela recuperação ou pela substituição de partes das estruturas. Pra temperar ainda mais esta bilionária informação, a indústria petroquímica dos EUA gasta US\$ 2 milhões por dia com o tratamento da corrosão em suas tubulações enterradas. É pouco? Vale citar que, neste relatório acima, não se incluiu os custos indiretos provenientes dos gastos com a corrosão, pois estima estar dentro dos custos diretos. Um clássico exemplo da depen-

## GLOSSÁRIO

**Eletroquímica** – ramo da química relativa ao estudo dos aspectos eletrônicos e elétricos das reações químicas. Os elementos envolvidos em uma reação eletroquímica são caracterizados pelo número de elétrons que têm. Se um átomo ou íon doa elétrons em uma reação, seu número de oxidação aumenta, se aceita um elétron seu número diminui. A perda de elétrons de uma substância é chamada oxidação e o ganho é conhecido como redução. Uma reação na qual ocorrem oxidação e redução é chamada de reação redox.

# PROTEÇÃO CATÓDICA

# ZTP



## ZINCO E LIGAS ANÓDICAS TERMO PROJETADAS



Proteção catódica interrompe a corrosão no 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<sub>2</sub> etc, independente do teor de ataque. Proteção catódica utiliza a mesma técnica eletroquímica da corrosão. Desta forma, garante que reações de oxidação não ocorram no aço estrutural. O **ZTP** é projeção de película de zinco ou ligas anódicas especiais sobre o concreto armado-protendido e em estruturas e equipamentos metálicos, como vasos de pressão, caldeiras, bombas etc.

### Vantagens:

- Custo mínimo.
- Proteção efetiva e confiável das armaduras e cabos de protensão onde há contaminação no concreto.
- 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**.

**WATERCRIL**

Tele-atendimento  
(0XX21) 3154-3250  
fax (0XX21) 3154-3259  
produtos@recuperar.com.br  
Fax consulta n° 32



Figura 2 - Esquema de proteção catódica com zinco termo projetado (ZTP).

dência do sistema em relação à corrosão é a dificuldade ou quase impossibilidade de se pôr em obra pontes e viadutos com problemas. Imagina o transtorno de uma ponte ou viaduto em meia pista? Atrasos predadores para todos os usuários. Custos indiretos que acabam por chocar a economia, com perdas de produtividade para toda a comunidade local. Este exemplo clássico demonstra que a prevenção da corrosão tem impactos diretos na economia, na segurança e em nossa própria saúde. O problema da corrosão extrapola o âmbito das estruturas de concreto armado-protendido. Faz afundar navios, faz explodir tubulações e derruba aviões. Assim como a crescente poluição, que rompeu a jaula do tolerável, a cor-



Figura 3 - Aplicação do ZTP na lateral de uma viga.

rosão também contribui com perdas para a saúde pública.

### Como?

Corrosão nas estruturas de concreto armado protendido é um processo eletroquímico, onde o aço ali colocado reage com o ambiente concreto envolvente, que por sua vez reage com o ambiente circundante, não necessariamente nesta ordem, ocasionando perdas em sua massa e desestabilizando a estrutura. O fato de o aço ser um metal extremamente reativo e instável não quer dizer que vá corroer obrigatoriamente. Um

## Acabe com a rotina da manutenção.



**DENSOFLEX** é uma fita isolante da corrosão para fins industriais cujas características principais são elasticidade permanente e dupla camada. É prática e versátil. Atende às rigorosas normas alemãs DIN 30672 e DIN EN 12068 de aplicação em equipamentos e peças metálicas, enterradas ou não, assim como imersas em diversos fluidos. **DENSOFLEX** é composta de fibra de lã sintética impregnada com elastômero à base de hidrocarbonetos de última geração. O lado não aderente da fita **DENSOFLEX** é composto de filme de polipropileno de alta resistência, de modo a proteger seu elemento elastomérico aderente. **DENSOFLEX**, uma vez aplicada sobre superfícies metálicas é virtualmente impermeável à ação dos temidos vapor d'água e oxigênio, desencadeadores da corrosão. Duas camadas da Fita **DENSOFLEX** atende e excede às exigências da classe A-30 da norma DIN 36072 e DIN 12068 com relação a tensionamentos. **DENSOFLEX** é importada da Alemanha e caracterizada pela DIN-DVGW-Reg. N° NG-5180BM00.

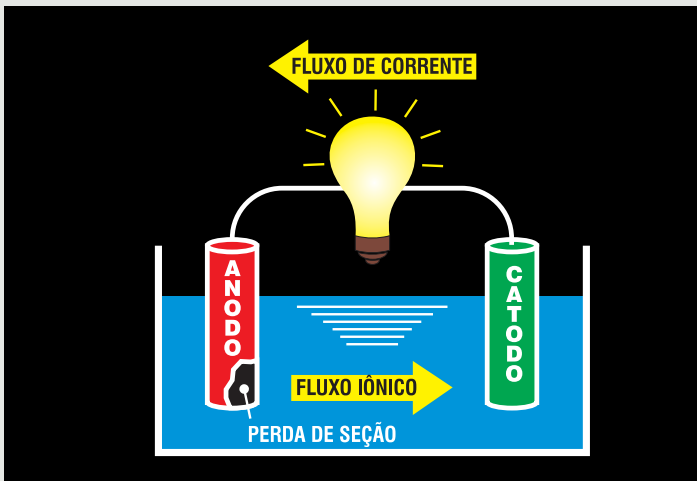


**USE**

**DENSOFLEX**

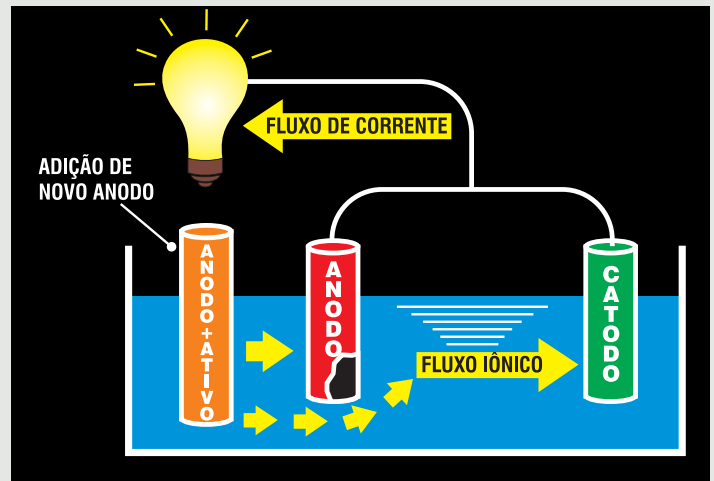
Fita auto-aderente isolante da corrosão

**DENSOFLEX**  
 Tele-atendimento  
 (0XX21) 3154-3250  
 fax (0XX21) 3154-3259  
 produtos@recuperar.com.br  
 Fax consulta n° 33



Simulação de uma pilha de corrosão...

veículo chamado pilha de corrosão é a moda de troca para que tudo ocorra. Assim, para que o aço comece a perder sua massa é necessário que haja pilhas (de corrosão) em sua superfície. Estas pilhas são formadas por um catodo e um anodo, interligados pelo “fio” formado pela própria barra de aço e, obrigatoriamente, também pela solução intersticial, presente nos poros e capilares do concreto. Com esta condição reinante, ocorrem diferenças de potencial entre anodos e catodos, acionando pilhas



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

e mais pilhas de corrosão, fazendo circular fluxos de corrente contínua (igual à fornecida pela bateria de um carro) ao longo das

armaduras ou cabos de proteção. Os fluxos de corrente contínua, naturalmente estabelecidos, fluem dos anodos, através

**GLOSSÁRIO**

**Pilha eletroquímica** – sistema eletroquímico constituído de um anodo e um catodo em contato metálico e imerso em um eletrólito. No caso do aço, existem milhares de pilhas eletroquímicas com áreas dissimilares ao longo de sua superfície. O aço é um metal extremamente reativo e necessita de proteção complementar, quando utilizado em ambiente corrosivo.



Figura 5 - Estaca de concreto sem proteção catódica (JAQUETA G).

**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. O FIO G é eletricamente ligado às armaduras e, a seguir, coberto com argamassa eletroquimicamente ativada. Desta forma, todo e qualquer processo de corrosão é impedido de ocorrer nas armaduras.



**SÓ COM FIO G<sup>®</sup>**  
 PROTEÇÃO CATÓDICA POR CORRENTE GALVÂNICA

Tele-atendimento  
 (0XX21) 3154-3250  
 fax (0XX21) 3154-3259  
 produtos@recuperar.com.br  
 Fax consulta nº 34

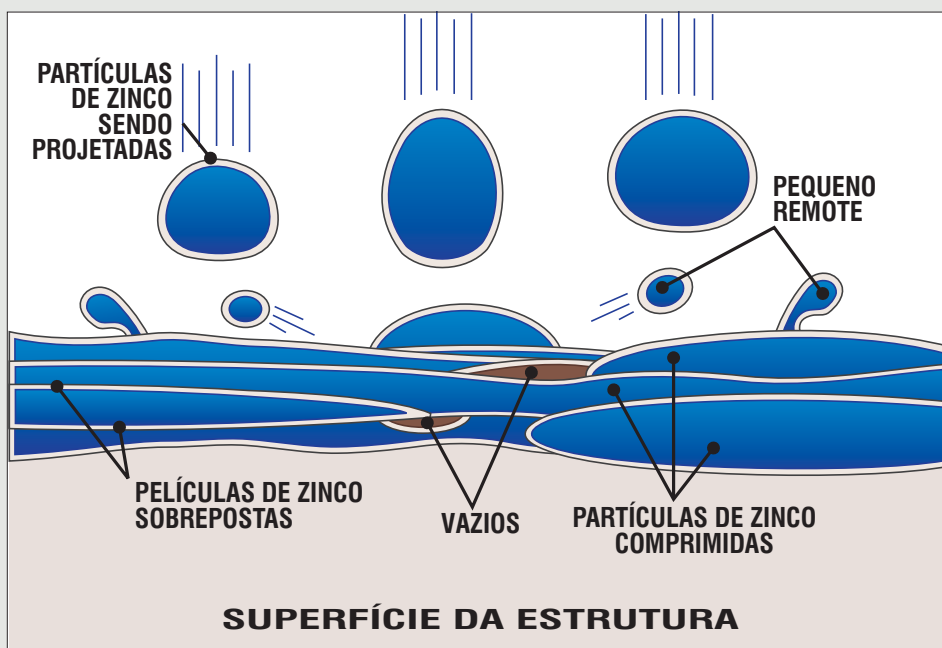


Figura 4 - A composição da película do ZTP.

### Armadilha: vende-se mais corrosão do que proteção

Já comentamos, em edições anteriores, que as promessas de interromper a corrosão no concreto armado-protendido com a aplicação de massas pré-fabricadas, pinturas à base de zinco ou inibidores com grife não têm um pingão de exequibilidade, se é que desfrutam de alguma base de credibilidade. É aquela história do cliente masoquista que compra satisfeito do vendedor sádico que se deleita pela venda, sem saber exatamente o que vendeu.

da solução intersticial do concreto em contato com as armaduras diretamente para os catodos e, sem parar, retornam para os anodos, através da própria superfície do aço. Está aí o mecanismo da pilha. Repare que a corrente circulante, responsável pela desintegração do aço (corrosão) traveste-se, quer dizer, ora é transportada pelos íons da solução presente no concreto, ora pelos elétrons do “fio” aço. Os anodos ao longo da superfície do aço, que “mandam” corrente pela solução intersticial do concreto, em contato com as armaduras viram boi de piranha e corroem ou perdem massa, enquanto que os catodos, que recebem esta corrente permanecem lisos e íntegros. O humor de uma pilha de corrosão e a consequente quantidade de corrente produzida, genericamente, pode ser afetado por

diversos fatores, entre eles a própria diferença de potencial existente entre anodos e catodos, a resistividade do concreto, comprometida ou não pela concentração ou toxicidade de sua solução intersticial e, naturalmente a facilidade ou dificuldade com que a corrente “corre” pela superfície da barra, devido a presença passivante de películas de óxidos. Dissemos genericamente porque, na vida real de uma estrutura, poder-se-á ter diversos tipos de pilhas de corrosão, inclusive com desdobramentos, o que torna complexa a identificação. Em outras palavras, há diversos tipos de pilhas de corrosão. A campeã, no entanto, é a pilha de concentração diferencial, ativada ou desenvolvida pela característica da solução intersticial do concreto e em contato com o aço, adquirida em função de micro-ambientes que circundam a estrutura ou mesmo de “trabalhos de recuperação” a ela imposta.

### O controle da corrosão

A atividade “recuperação estrutural” há muito descambou para o terrorismo técnico imposto pelas “grandes marcas” de fornecedores de materiais de recuperação e seus execráveis boletins técnicos distribuídos com a finalidade de dar solução para todas as patologias do concreto armado-protendido que, não raro, aumentam o risco de recessão patogênica estrutural devido, por exemplo à incompati-

bilidade entre o material de recuperação e a estrutura original.

A análise precisa de uma pilha (de corrosão) induz que seu funcionamento pode ser controlado ou interrompido de maneira simples e eficaz. Por outro lado, torna-se importante entender que tratamentos equivocados induzam ainda mais corrosão na estrutura (veja box abaixo). Fica claro que, para se interromper a atividade da corrosão nas armaduras torna-se necessário alterar a atividade eletroquímica na região com corrosão (anodo), neutralizando-a. A popular proteção catódica. Isto, porque nas pilhas de corrosão ao longo da superfície do aço, as áreas que corroem (anodos) descarregam corrente para o ambiente circundante, através da interface molhada aço-concreto, que se comunica com as áreas que recebem corrente e que não corroem. Logo, se todas as áreas que corroem recebem esta injeção tornam-se catódicas e não sofrerão a desintegração natural. Os sistemas de proteção catódica, à base de PASTILHAS Z, TELA G, VARA G, ZLP e ZTP, anodos naturais, operam de forma simples, descarregando fluxos de corrente galvânica contínua para as regiões do aço que corroem, tornando-as catódicas. Na bula do fenômeno, leia-se proteção catódica por corrente galvânica.

fax consulta nº 35

**RECUPERAR**

Para ter mais informações sobre Corrosão.

www.recuperar.com.br

**REFERÊNCIAS**

- Joaquim Rodrigues é engenheiro civil, mestre em corrosão, membro de diversos institutos nos EUA, em assuntos de patologias da construção. É editor e diretor da RECUPERAR, além de consultor de diversas empresas.

IPACON

INSTITUTO DE PATOLOGIAS DA CONSTRUÇÃO

www.ipacon.com.br