

# Jaquetas G (JG) Interrompem Processo de Corrosão em Estacas de Pontes Marítimas

Joaquim Rodrigues



Entre nós, é costume usar-se estruturas de concreto armado na execução de pontes sobre água salgada. Invariavelmente ocorre a

corrosão nas armaduras do concreto, devido à contaminação por cloretos, sendo este diagnóstico uma constante após alguns anos da obra entregue. Perdurando-se este quadro de problemas crescentes, ocorrerá uma redução substancial do tempo de vida da estrutura, normalmente arruinando as estacas; particularmente na zona de contato com as ondas (splash).

O que ocorre é que o concreto, inicialmente com um PH entre 12 e 14, oferece um perfeito ambiente de proteção às armaduras, conservando-se em estado passivo devido a presença de uma envoltória de proteção ao redor das barras. A presença ou a introdução de oxigênio, umidade e, particularmente de íons cloretos, no interior destas peças estruturais, destroem este filme de proteção, expondo as superfícies das armaduras ao desenvolvimento de células eletroquímicas de corrosão.

Estudos recentes feitos em obras de arte expostas a ambientes marinhos, exatamente naquelas peças em contato com a zona do splash, comprovam que num prazo de 10 anos a taxa de corrosão poderá passar de 380 para 3.800 micrômetros/ano, saindo-se de um estado de contaminação por íons cloretos de 400 para 5.000ppm (0,25 para 3,12% de cloretos sobre o peso de cimento). Veja como proceder este cálculo na Recuperar nº 1.

As técnicas tradicionais de reforço, com o corte do concreto deteriorado, tratamento,

*continua na pág. 6*



Pontes como esta são comuns em todo o mundo. A solução para processos cíclicos de recuperação/reforço de suas estacas está no serviço adicional de tratamento da causa da corrosão com jaquetas G.



Situação comum de estacas recuperadas e reforçadas com jaquetas de concreto armado, ignorando-se a causa do processo de corrosão.

reforço das armaduras corroídas e projeção de novo concreto caem sempre no mesmo lugar comum de uma periodicidade estiolante, já que, verdadeiramente, não atacam a causa da corrosão. É necessário que as empresas de recuperação evidenciem ao cliente o verdadeiro funcionamento do processo eletroquímico de corrosão das armaduras do concreto armado, principalmente as submetidas ao ambiente marinho. A partir do primeiro trabalho de recuperação executado, cria-se a expectativa da próxima recuperação/reforço após os fatídicos 5 anos de garantia, amparada quase que exclusivamente no aumento da seção das peças reforçadas. Trata-se do lado negativo da indústria da recuperação.

Como já sabemos, o concreto (novo) de recuperação/reforço será contaminado, qui-

micamente, pelos íons cloretos, iniciando-se um novo processo (mais breve) deteriorante, com surgência de novas células eletroquímicas de corrosão.

### Como Tratar Esta Contaminação

A partir de 1982, só para efeito de referência, o DNER dos EUA (Federal Highway Administration) oficializou o emprego de Proteção Catódica (PC) como única técnica de recuperação para casos de estruturas em processo de corrosão submetidas ao contato com a água salgada. Isto porque nada mais irá interromper o processo de corrosão em estruturas severamente contaminadas com íons cloretos.



Estacas tratadas com jaqueta G. A pintura preta é de proteção à formação de caracas.



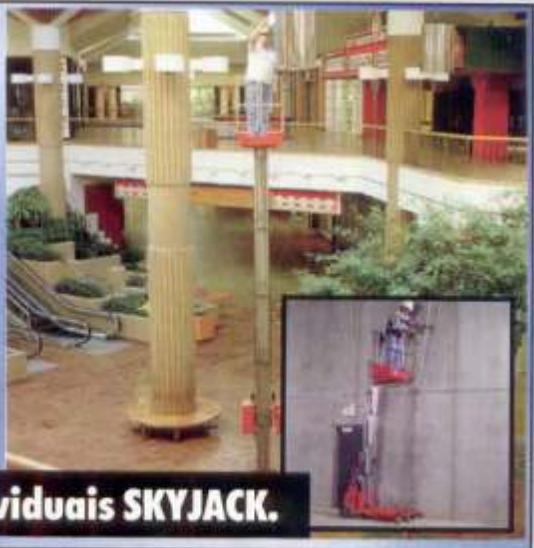
Instalação da JAQUETA G em uma estaca em um porto em São Luís, MA.

## Chegue Mais ALTO

As plataformas telescópicas individuais SKYJACK são a melhor opção para se chegar a alturas de até 14 metros.

São leves, fáceis de transportar (cabem em qualquer pick-up pequena) e de manobrar.

Chegue mais alto em sua obra com o melhor custo/benefício do mercado.



Fax consulta nº 295

**Use plataformas individuais SKYJACK.**

A partir daquele ano, executou-se em todo os EUA um sem número de serviços de recuperação de estacas de pontes marítimas, basicamente na zona do splash das ondas e logo abaixo, utilizando-se os processos tradicionais para restituir as regiões deslocadas, acrescentando-se o serviço de PC com sistema de sacrifício, de modo a interromper e controlar a verdadeira causa da corrosão.

A PC, na peça recuperada, funciona pela liberação de pequenas quantidades de corrente diretamente naquela região das armaduras das estacas, fazendo com que a superfície do aço torne-se catódica em relação à malha anódica posicionada no interior da jaqueta de proteção mecânica.

Como já informamos nas RECUPERAR 5, 6 e 18, existem 2 tipos de PC, as formadas por instalação de anodo de sacrifício ou galvânico e a de corrente impressa. Este último tipo usa uma fonte externa de eletricidade para fornecer a corrente que passará pelo anodo. O sistema de sacrifício ou galvânico usa um metal de eletropotencial alto para fornecer a corrente. Este sistema de proteção tem a vantagem de necessitar de um mínimo de manutenção, sendo seu custo bastante pequeno, necessitando-se apenas conectar o metal que funcionará como anodo à armadura que se deseja proteger. O sistema de corrente impressa, ao contrário, necessita de corrente alternada, retificadores, instalação de conduites e cabos elétricos. Este artigo expõe a moderna prática de tratamento de estacas de estruturas de piers e pontes marítimas, submetidas a processos de corrosão, com o uso de sistemas de PC com anodo de sacrifício, na forma de jaquetas

### O Estudo Preliminar Necessário

Algumas informações são necessárias para se conhecer a real situação das estacas, com relação ao estado das células eletroquímicas de corrosão existentes, de forma qualitativa e quantitativa. Abaixo, apresentamos a linha de trabalho necessária à avaliação das estacas de estru-

ras de piers e pontes marítimas.

- Inspeção visual.
- Medida dos potenciais das voltagens de corrosão existentes.
- Medida da taxa de corrosão.
- Análise físico/química do concreto.
- Medida da resistividade do concreto.
- Testes de continuidade elétrica do concreto.

Tomaremos as estacas de concreto armado de um porto de uma empresa que fabrica metais no Maranhão, como exemplo da instalação da jaqueta G.



Após a instalação dos anodos é feita a fixação da jaqueta de PEAD de proteção. A jaqueta G é a melhor solução para a interrupção dos processos de corrosão em estacas de pontes e piers marítimos.

O teor de cloretos da água do mar, no local, apresentava 15.500ppm e a resistividade da água era de 30ohm-cm. Sérios processos de corrosão foram constatados.

### A inspeção visual

A inspeção visual mostrou um severo quadro de danos nas superfícies das estacas, havendo deslocamentos, trincas, armaduras expostas e, em numerosas regiões, ausência de recobrimento adequado. Parte deste estado de ruína foi atribuído à ação contínua de elevação e abaixamento da maré.

### Avaliação eletroquímica

Para o levantamento dos potenciais das voltagens de corrosão existentes, aplicou-se as diretrizes da ASTM C876.

De um modo geral, nas regiões onde a superfície apresentava-se ainda intacta, foram encontrados numerosos sinais da presença de corrosão, através de valores menores do que -350mV.

A avaliação da taxa de corrosão definiu as regiões onde havia presença de corrosão ativa. É aceitável que as superfícies das armaduras estarão passivadas se encontrarmos taxas de corrosão menores do que 0,1µA/cm². Se houver taxas de corrosão entre 0,1 e 0,2µA/cm², certamente estará havendo células eletroquímicas podendo diagnosticar-se processos de corrosão em andamento. Taxas de corrosão superiores a 0,2µA/cm² indicarão sérios e grandes processos de corrosão instalados.

A medida da resistividade é um outro levantamento que ajuda bastante na interpretação dos resultados. A possibilidade da existência de corrosão será muito pequena



Localização de alguns pontos onde são feitas avaliações eletroquímicas.



se houver valores de resistividade superiores a 200kΩ.cm. Valores inferiores, indicam, certamente, um perfeito ambiente à existência de corrosão eletroquímica.

De um modo geral, o levantamento do teor de cloretos a diferentes profundidades nas peças estruturais indicará se o concreto foi lançado já contaminado ou se houve uma difusão da atmosfera para o interior da estrutura. No concreto armado, a corrosão de suas armaduras está diretamente relacionada com o nível de cloretos existentes na massa.

Por fim, a análise da continuidade elétrica indicará a viabilidade do uso da PC.



Preparação e limpeza da superfície do concreto e armaduras para entrar com a JAQUETA G.

### Descrição da PC a ser utilizada

A PC com anodo de sacrifício foi idealizada para evitar ou interromper processos de corrosão provocados por células eletroquímicas nas armaduras do concreto armado, após os serviços obrigatórios de recuperação/reforço estrutural em piers e pontes marítimas. Utili-

za-se este sistema, na forma de JG, para interromper o processo de corrosão na crítica zona do splash das ondas, além do em torno superior, e o inferior (submerso).

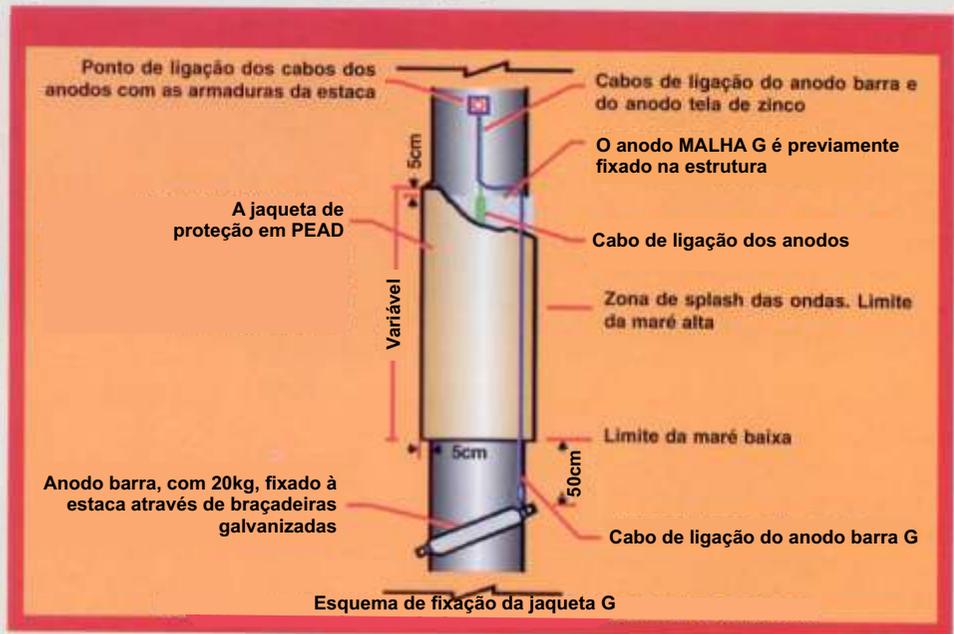
Modernamente, esta técnica de tratamento evoluiu para o uso de jaquetas galvânicas protegidas com PEAD, tendo internamente uma malha de liga de metais anódicos que funciona como anodo, ficando protegida do splash das ondas. Após a sua instalação, fica um espaço anelar entre a jaqueta e a estaca, que será preenchido com argamassa de cimento e areia.

Já na situação 100% submersa, 60cm abaixo da JG, considerando-se o nível da maré baixa, instala-se um outro anodo, em forma de barra da liga de metais anódicos, chamado anodo barra G.

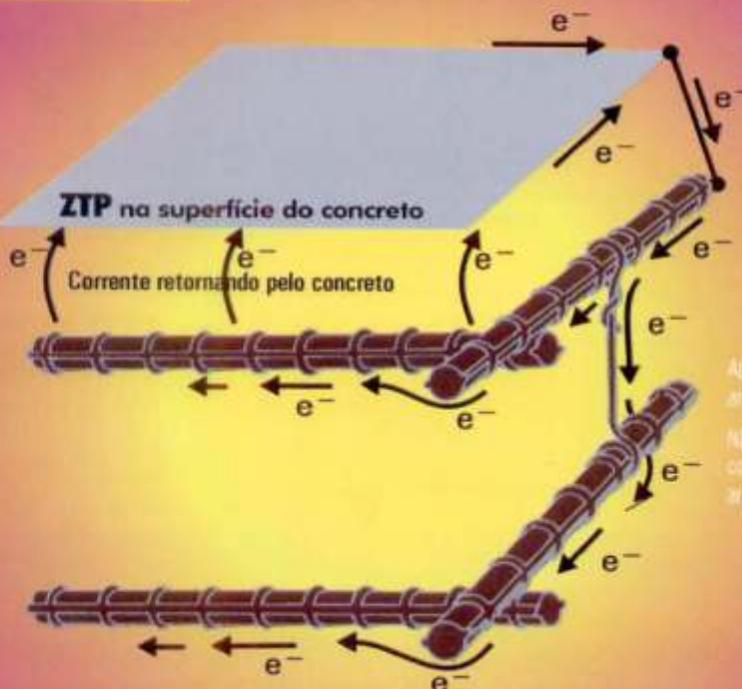
O anodo barra G submerso é composto por uma barra, com cerca de 20kg, fixada à estaca com braçadeiras especiais.

### O serviço

Os serviços serão aceitos desde que atenda ao especificado no item 5, ou seja:



### Entenda este mecanismo...



...e você não terá mais corrosão no concreto armado.

Aplique a película de ZTP sobre o seu concreto armado e ligue-a à armadura. Pronto.

Não há cloretos, sulfatos ou qualquer outro tipo de contaminação que provoque corrosão no concreto armado, uma vez aplicado ZINCO TERMO PROJETADO

**ZTP**  
20 ANOS DE GARANTIA  
CONTRA A CORROSÃO.

1. Preparação da superfície das estacas para receber a proteção catódica com JG.
2. Fixação de parafusos-chumbadores em aço inóx 3/16" x 2" a cada 50cm, na horizontal e vertical, deixando-se 2cm para fora do concreto.
3. Instalação de fios de aço inóx, horizontal e verticalmente, fixados aos parafusos-chumbadores por meio de arame inóx. Um ou dois cabos elétricos verticais, dependendo do diâmetro da estaca, estender-se-ão 0,50m abaixo do nível mínimo da maré para instalação da BARRA GALVÂNICA G e 1 metro acima do nível máximo da maré, onde serão fixados em caixas de controle 15cmx15cm, para ligação com as armaduras da estaca.
4. Fixação da MALHA GALVÂNICA G à estrutura quadriculada anterior, sobre o arame inóx. A malha será fornecida em tramos de 1,0m de altura por 0,5m de largura.
5. Instalação de BARRAS GALVÂNICAS G de 20kg, 50cm abaixo do menor nível da maré, de forma a ficarem permanentemente imersas. A fixação será feita com parafusos chumbadores de aço inóx de 3/8" x 3". Ligação com os cabos elétricos verticais anteriormente posicionados no item 2.
6. Aplicação de concreto projetado, com fck > 30MPa, na espessura de 3cm.
7. Instalação de quatro caixas 15cmx15cm de plástico reforçado, fixadas ao concreto original da estaca. Cada caixa receberá o cabo elétrico isolado,

8. Ligação dos cabos elétricos com as armaduras, no interior das caixas. Instalação das tampas.
9. A JAQUETA G, deverá ser revestida com jaqueta plástica especial RG de modo a proteger o sistema do processo natural de lixiviação que a água do mar promove em todo tipo de co-  
T  
de possíveis impactos de materiais, como troncos, presentes na maré.
10. Fixação com anéis de aço inóx.



Fax consulta

Nº 308

Referências

- Joaquim Rodrigues é Engº Civil, membro de diversos institutos nos EUA, em assuntos de patologia da construção. É editor e diretor da RECUPERAR, além de consultor técnico de diversas empresas.

## Impermeabilidade e Durabilidade exige flexibilidade contínua



Usinas nucleares.



Estações de tratamento de esgotos.



Estádios de futebol.



Castelos d'água.

**Nada de mantas asfálticas, recobrimentos e tempo perdido.  
Exija epóxis flexíveis, exija CEVA DECK 300**

No mundo inteiro, hoje, utilizam-se membranas epóxicas flexíveis para impermeabilização, com excelente resistência ao tráfego de carros e pessoas, além de grande resistência química, ideal para ambientes industriais. CEVA DECK 300 é uma membrana epóxica flexível, extremamente resistente, normalmente utilizada em pavimentos de garagens, play-grounds, marquises, áreas industriais e comerciais. Tecnologia com 100% de sólidos.

impermeabilize com  
**CEVA DECK 300**  
e esqueça.

## A Editora Thomastec está no espaço

- consultoria
- vídeos
- soluções inteligentes
- dúvidas
- revista RECUPERAR

**thomastec@easyline.com.br**

# Incompatibilidade na Hora de Recuperar

Continuamos a recuperar sem exigir qualquer condição de compatibilidade do novo material.

**Carlos Carvalho Rocha**

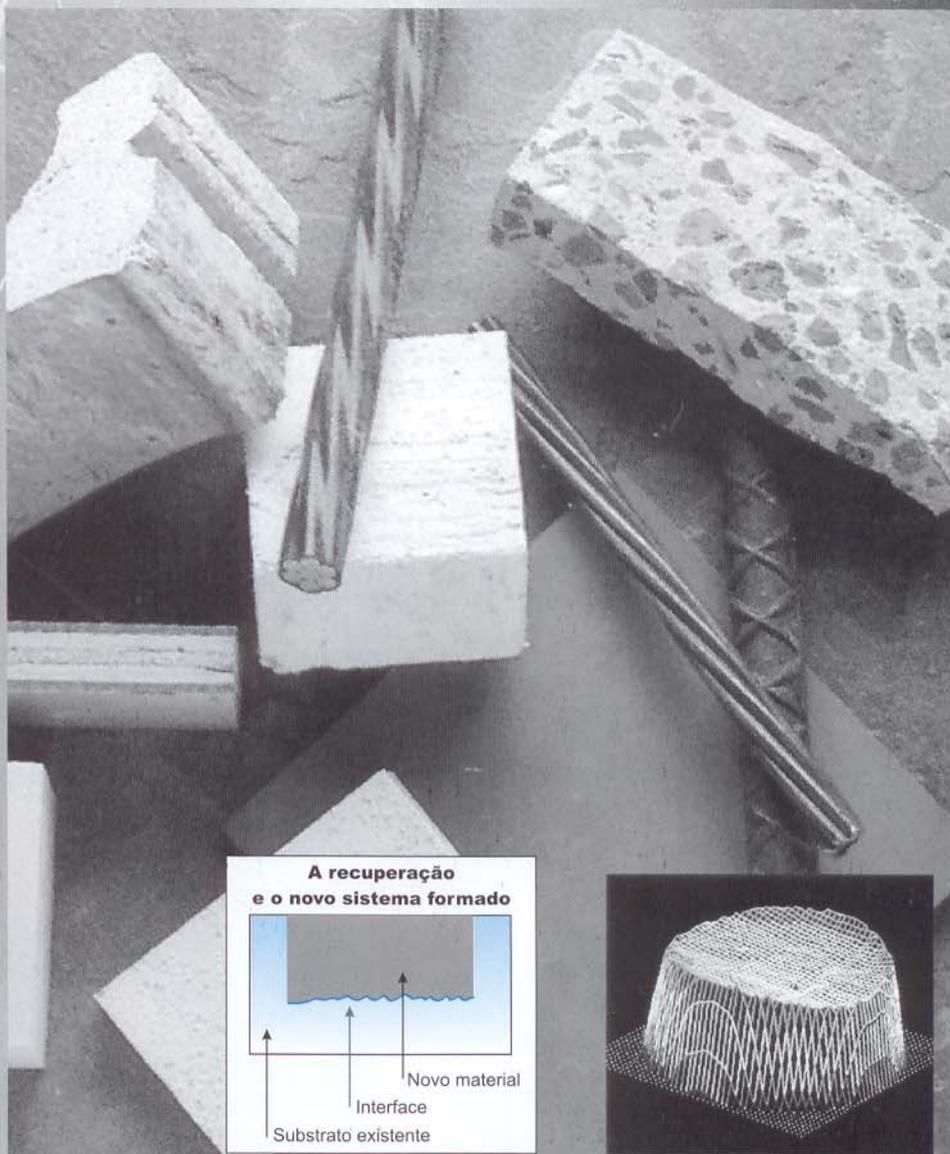


A incompatibilidade entre materiais, nos serviços de recuperação, é a maior causa da ruína precoce em nossas obras. Infelizmente, ainda hoje, a seleção do

material a ser empregado é baseada apenas em seu custo o que, efetivamente, compromete a durabilidade do serviço. O ideal seria que esta seleção fosse assentada no trinômio custo, performance e risco. A seleção do material para a recuperação de superfícies é um processo importante e complexo, que envolve não somente a compreensão do necessário para a sua aplicação, mas também as propriedades que culminam com o fator durabilidade. Mais importante do que isto é assegurar que o material escolhido será compatível com o substrato, para que tenhamos plenamente o fator durabilidade analisado. Compatibilidade é o equilíbrio das propriedades físicas, químicas e eletroquímicas, além das dimensionais entre a recuperação a ser feita e as fases que a compõem. Este equilíbrio é obrigatório e, portanto, é imperativo investigar se o material de recuperação resistirá a todas as tensões e deformações induzidas pelo envelope de cargas totais atuantes, num determinado ambiente e por um determinado período, sem qualquer alteração.

A resposta dimensional do material de recuperação nem sempre é idêntica àquela do seu substrato, logicamente, surgirão mudanças diferenciais em seu volume, causando tensões internas que afetarão as três fases do sistema recuperado: o substrato, a interface e o próprio material. As tensões internas criadas resultarão em trincas de tração, perda da capacidade de transferência

*continua na pág 14*



Deverá existir compatibilidade entre todos os materiais de construção, sejam eles de proteção ou estruturais. Novas tecnologias, com instalação de micro-sensores instalados nos materiais aplicados na recuperação, e que geram imagens em computadores, mostram alta distribuição de tensões nas interfaces de colagem, que quase sempre minam a resistência do novo material, criando trincas de tração, trincas de cisalhamento e empenamentos ou deformações generalizadas.

## Materiais comuns utilizados na recuperação do concreto

Argamassas de cimento hidráulico	Argamassas de cimento hidráulico modificadas com polímeros	Argamassas resinosas
Cimento portland (CP) Cimento com alta alumina (CAA) Misturas de CP/CAA Grautes expansivos	Estireno butadieno Acetato vinílico Fosfato de magnésio Acrílico	Epóxi Poliéster Acrílico Poliuretano

$R_s$

Retração por secagem ( $R_s$ )

Supondo que o material de base já estabilizou o seu volume devido à retração por secagem, então as tensões que ocorrerão estarão relacionadas com a quantidade de retração do novo material.

Se  $R_s = 0$  Não haverá tensões

$R_s > 0$

- Tensões de cisalhamento estão ocorrendo na interface de colagem.
- Efetivamente, o novo material pouco contribui para o sistema, já que a transferência de corpos é deficiente.

Na execução de uma recuperação, a retração por secagem causa tensões na interface.

de carga, induzindo ao deslocamento e à deterioração precoce. Particularmente nas recuperações estruturais, dever-se-á considerar dois obstáculos para se obter 100% de eficiência (eficiência na recuperação é definida pela relação entre as tensões suportadas pelo novo sistema formado comparado às tensões suportadas pela peça estrutural em estado de nova. O primeiro obstáculo é saber como o novo material será inicialmente exigido ou carregado? As cargas serão removidas antes da recuperação? O segundo obstáculo é saber como o comportamento dimensional do novo material afetará o nível de tensões suportadas pela recuperação?

A quantidade de retração, o coeficiente de dilatação térmica, o módulo de elasticidade e a fluência são as principais proprie-

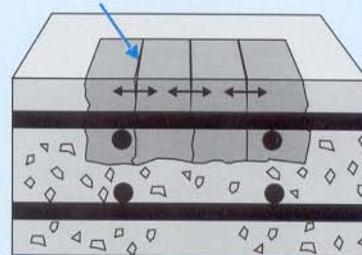
dades dos materiais que influenciam em seu comportamento dimensional. Há de se considerar que atuam sobre o conjunto recuperado a radiação UV, gases, líquidos, temperatura, umidade, cargas intrínsecas atuantes na peça e as cargas externas. A seguir, analisaremos cada uma destas propriedades. Na página 17 apresentamos dados de interesse sobre adesivos poliméricos, considerando-se a situação de colagem com o material de base, quando executada.

### Retração

É de suma importância que se especifique os limites de retração devido a secagem para materiais à base de cimento hidráulico (normalmente o Portland). Resultados experimen-

tais e as evidências que ocorrem nas obras sugerem, nitidamente, que as mudanças de volume nos materiais de recuperação, à base de cimento hidráulico, levam a um grande número de problemas, tais como: trincas de retração, perda da capacidade de transmissão de cargas, deslocamentos, corrosão nas armaduras e, por fim, a uma estética indesejável. Um dos maiores desafios na seleção dos materiais de recuperação é conseguir a compatibilidade dimensional relativa ao substrato. Embora difícil, selecionar materiais de recuperação com baixa retração devido à secagem, é fundamental para a durabilidade da obra.

A identificação e seleção de materiais com baixa retração requer um entendimento do seu processo de secagem. Materiais de recuperação são freqüentemente dosados e aplicados com mais água do que o necessá-



Trincas de retração no material de recuperação. Repare que o material está confinado.

rio para a sua hidratação. Uma vez aplicados, a umidade ambiente atacará, funcionando como um fator regulador limitante. Estes materiais sofrerão retração, comprometendo seus volumes e fazendo com que as tensões de tração se acumulem em seus corpos. Por outro lado, a cura úmida dos



## Grupo falcão bauer

CRENCIADO: INMETRO E IBQN

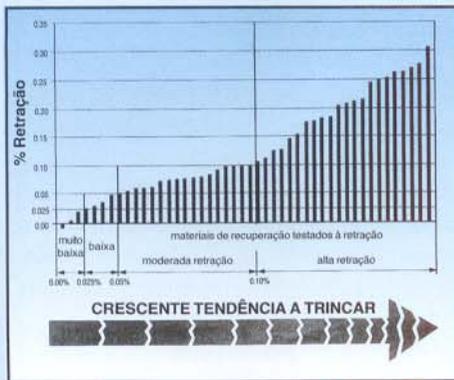
- CONTROLE GLOBAL DE QUALIDADE EM CONSTRUÇÃO CIVIL
- CONTROLE TECNOLÓGICO DE CONCRETO, SOLOS E PAVIMENTAÇÃO
- GERENCIAMENTO E FISCALIZAÇÃO DE OBRAS CIVIS
- INSPEÇÕES E LAUDOS TÉCNICOS EM ESTRUTURAS
- RECUPERAÇÃO DE ESTRUTURAS (CONCRETO E METÁLICA)
- PROVAS DE CARGA / CONTROLE DE RECALQUE
- ANÁLISES QUÍMICAS E MATALOGRÁFICAS

**TELS.: (011) 861-0833 / 861-0677**  
**FAX: 861-0170 - TELEX: (11) 82-802**

**RUA AQUINO, 111 - CEP 05036-070 - SÃO PAULO - SP**

Valor, %	Classificação
< 0,025	muito baixa
0,025 - 0,05	baixa
0,05 - 0,10	moderada
>0,10	alta

Classificação da retração devido à secagem proposta pelo U.S. Corps of engineers para argamassas e concretos de recuperação. Por exemplo, uma laje com 6m e um retração por secagem igual a 0,06% sofrerá uma retração de 4mm.



Resultado do teste efetuado em 46 materiais diferentes de recuperação. Veja que a quantidade de variação, demonstra a necessidade de uma investigação cuidadosa nas propriedades de retração do novo material. Os concretos de peso normal retraem de 0,04 a 0,08% ( $400 \text{ a } 800 \times 10^{-6} \text{ mm/mm}$ ).

materiais à base de cimento Portland irá adiar o início do processo de secagem, podendo causar uma leve expansão em seus volumes. À medida que o material de recuperação contrai, vai resistindo à formação de fissuras até que as tensões atuantes excedam sua resistência à tração.

### O que é baixa retração?

A maioria dos materiais de recuperação tem propriedades de retração que excedem em

muito o valor da retração de um concreto de peso normal, que fica em torno de 0,05% para 30 dias. Esta porcentagem parece não ser grande, mas seu efeito é devastador. Um processo de retração confinada induz tensões de tração no material de recuperação e tensões de compressão em seu substrato. A maioria dos materiais de recuperação é capaz de ser tracionada com valores que variam de 1,4 a 6,9MPa, dependendo de sua idade e da dosagem empregada. Para se ter uma idéia, uma retração de 0,025% transfere uma tensão de tração de 6,9MPa (isto considerando o material com um módulo elástico de  $28 \times 10^3 \text{ MPa}$ ).

Um estudo do U.S. Corp of engineers para estabelecer níveis de desempenho da retração pós secagem em argamassas e concretos de recuperação encontra-se na tabela acima.

Os valores da retração variam muito devido às dosagens das misturas nas obras e também pela diferença de formulação de fabricante para fabricante. Esse fato foi demonstrado por Gurjar e Carter (1987) com testes feitos em 46 materiais de recuperação. Os resultados destes testes foram ordenados e avaliados como mostra a figura acima. A magnitude da variação nesses dados é impressionante e confirma a necessidade de uma cuidadosa investigação das propriedades de retração antes da seleção dos materiais a serem aplicados na obra. Entre aqueles materiais que possuem propriedades que satisfazem a sua necessidade na obra, dever-se-á escolher os que apresentam retração mais baixa. É óbvio que o ideal seria obter-se materiais com 0,00% de retração.

### Coefficiente de dilatação térmica

Todos os materiais se expandem e contraem com a mudança da temperatura. Para uma determinada variação na temperatura, haverá uma quantidade de expansão ou contração em função do coeficiente de dilatação térmica do material.

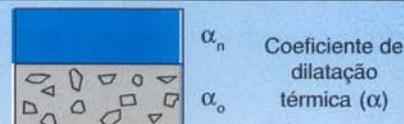
Embora o coeficiente de dilatação do concreto convencional varie um pouco, dependerá do tipo de agregado empregado, geralmente aceita-se que seja de aproximadamente  $10 \times 10^{-6} \text{ mm/mm/}^\circ\text{C}$ , o que significa que, por exemplo, em uma peça com 30m de comprimento que sofre uma variação de  $38^\circ\text{C}$ , sofrerá um aumento em seu comprimento de 22mm! Em geral, os materiais de recuperação à base de cimentos hidráulicos apresentam um coeficiente de dilatação similar ao do concreto, no entanto, inserindo-se polímeros em sua matriz modifica-se o seu comportamento térmico. De acordo com a ACI 503.5R, o coeficiente de dilatação de polímeros puros tais como metil metacrilatos, epóxis, poliésteres, poliuretanos e estireno-butadienos é de 4 a 18 vezes maior que o do concreto. A adição de cargas ou agregados a estes polímeros irá melhorar a sua compatibilidade térmica, mas ainda teremos coeficientes de dilatação para combinações de agregados com polímeros em torno de 1,5 a 5 vezes a do concreto. Como resultado, os materiais de recuperação com polímeros tentarão expandir ou contrair de uma forma mais intensa que o substrato. Esse movimento, quando confinado (impedido de atuar) sofrerá tensões a partir da zona de colagem, provocando trincas e deslaca-

### Retração por secagem (RPS) em 7 passos

- 1 O material de recuperação com RPS contrai em volume se não estiver confinado.
- 2 A RPS tem seu tempo, e ocorrerá com seu maior potencial nos primeiros 30 dias.
- 3 O material de recuperação não está livre de sofrer a RPS porque encontra-se aderido a um substrato existente.
- 4 Do momento em que o processo RPS (deformação) sente-se confinado pela adesão ao substrato existente, o material de recuperação acumulará tensões de tração internas.
- 5 O material de recuperação não tem resistência à tração quando aplicado. O surgimento desta característica somente ocorrerá com a cura do material.

6 À medida que o material estica (tensões de tração), ocorre também um abrandamento da fluência de tração, reduzindo a tensão de tração de certa forma concentrada, em uma infundível rede de tensões de tração.

7 O processo pode ser comparado a uma corrida de cavalos entre a capacidade de tracionamento do material de recuperação empregado e a rede de tensões de tração a ele imposta. Se esta rede de tensões de tração excede a sua capacidade de ser tracionado, o material de recuperação perderá a corrida e trincará.



Uma determinada mudança na temperatura, distribuída uniformemente na peça recuperada, acarretará tensões que estarão relacionadas com os coeficientes térmicos dos materiais novos e antigos.

$$\alpha_n = \alpha_o \quad \text{Ausência de tensões}$$

$$\alpha_n > \alpha_o$$

$$\alpha_n < \alpha_o$$



Tensões de cisalhamento na região de colagem

A importância do conhecimento do coeficiente de dilatação térmica



## ADESIVOS POLIMÉRICOS

Informações úteis, tendo em vista a interação com o material de base.

A resistência de colagem de um adesivo será tão forte ou tão fraca quanto uma destas três propriedades:

- a - Adesão ao material de base.
- b - De sua resistência coesiva.
- c - Resistência do material de base.

Em toda e qualquer recuperação com colagem, a superfície do concreto deverá estar limpa e representativa, sem a presença da nata superficial e outros tipos de contaminantes, que interferirão na adesão. Vamos repetir, se o agregado graúdo não for exposto, tornando a superfície bem evidente de um verdadeiro concreto, aquele substrato, friável, formado pela nata de cimento imperceptível será o real representante do concreto. Torna-se obrigatório o uso de protetores penetrantes (PPs) que, com baixa viscosidade, penetram nos poros do concreto, fazendo o importante trabalho de ancoragem, modificando substancialmente a pobre atuação superficial do concreto. Isto porque os adesivos, com sua alta viscosidade, não conseguem adentrar sozinhos nos poros do concreto. A resistência de colagem é usualmente medida, promovendo-se um arrancamento do material em relação à sua base. O teste de cisalhamento inclinado, descrito na ASTM C 882, é o mais característico para os serviços de colagem.

As resistências dos polímeros à tração e à flexão, além do alongamento são, particularmente, muito altas em relação, por exemplo, ao concreto. Logo, nos serviços de colagens, raramente, são considerados como fatores críticos. Por outro lado, a resistência ao cisalhamento torna-se a característica mais importante dos adesivos, quando são empregados em relação ao concreto, sendo, usualmente, a única propriedade resistente que pode ser ultrapassada, para cargas de curta duração, sem que haja qualquer comprometimento da colagem efetuada.

### • Temperatura de deflexão ao calor (TDC)

Cada adesivo polimérico tem uma TDC específica. Este valor da TDC, na verdade, funciona como um limitador das propriedades físicas do material, particularmente para as temperaturas de serviço.

Seu módulo de elasticidade, sua capacidade adesiva, sua resistência ao cisalhamento, resistência à

fluência, resistência química e à radiação UV começarão a variar a partir de 10°C abaixo da TDC e tornar-se-ão susceptíveis de perdê-las a partir de 10°C acima. A TDC é determinada pela ASTM D 648.

### • Resistência à fluência

Os adesivos poliméricos têm maior tendência a sofrerem fluência (alguns autores brasileiros chamam de "rastejamento") do que os materiais inorgânicos como o concreto. A manutenção de um estado de carregamento, a temperaturas maiores do que 10°C acima da TDC, poderá resultar em um estado de fluência que conduzirá à ruína. A resistência à fluência pode ser aumentada, diminuindo-se a espessura do material na interface de colagem, com a introdução de cargas ou fillers (de acordo com as recomendações do fabricante). Para esta situação, tornar-se-á necessária a execução de testes físicos.

### • Coeficiente de Dilatação Térmica

Os adesivos poliméricos apresentam um coeficiente de dilatação térmica de 2 a 10 vezes superior ao do concreto. Quando o adesivo é confinado em uma espessura considerada delgada, em torno dos 3mm ou menos, na região de colagem entre duas peças de concreto ou entre aço e concreto, esta diferença é considerada sem problema. Para situações diferentes destas, será melhor escolher um polímero com baixo módulo de elasticidade, pois ajudará a minimizar as tensões causa-

das pelo diferencial da dilatação térmica. No entanto, isto poderá aumentar o perigo de ruína por fluência se a interface de colagem ficar sujeita a carregamentos constantes.

### • Resistência ao Cisalhamento

A resistência ao cisalhamento dos adesivos poliméricos empregados para colar concreto e outros materiais de construção é a propriedade mais importante. Se as forças cisalhantes, na região de colagem, puderem ser calculadas com o equipamento PULL-OUT, poder-se-ão usar os dados obtidos desta resistência para atestar-se se o adesivo serve ou não aos propósitos da obra.

### Critério de Seleção do Adesivo

O adesivo polimérico deverá estar apto a transferir cargas com o mesmo grau de eficiência que a peça a ser moldada ou colada. A determinação deverá ser feita, considerando cada carregamento, observando-se:

- Direção (tração, compressão, cisalhamento e flexão).
- Relação (estática, dinâmica).
- Duração.
- Frequência.

Dever-se-á considerar o aspecto da contaminação, da temperatura e da umidade da superfície.

Propriedades Físicas Típicas das Resinas Poliméricas (ACI Materials Journal)

Característica Física	Unidade	Acrílico	Epoxi	Poliéster	Poliuretano	Silicone	Estireno-butadieno
Resistência à tração ASTM 638	kg/cm <sup>2</sup>	350-600	285-900	40-900	12-700	25-70	7-650
Alongamento (tração) ASTM D 638	%	20-70	3-6	2-6	100-1000	20-700	20-1350
Resistência à compressão ASTM D 695	kg/cm <sup>2</sup>	285-950	1000-1700	900-1800	1500	NA*	NA*
Módulo compressivo à 25°C ASTM D 695	10 <sup>3</sup> kg/cm <sup>2</sup>	20-26	NA*	20-26	0,7-7	NA*	0,25-8,5
Temperatura de deflexão ao calor ASTM D 648	°C	73-98	46-287	60-204	NA*	NA*	< -17 a 76
Coeficiente de dilatação térmica ASTM D 696	10 <sup>-4</sup> mm/mm°C	12-20	11-16	13-25	25-50	76-200	17-35

NA - Não analisado

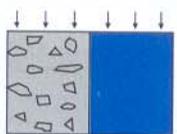
A duplicidade de valores apresentados nas colunas acima representa as diferentes formulações oferecidas pelos fabricantes no teste efetuado. Isto significa que o valor real de uma determinada característica física do adesivo estará naquele entorno.

Nas recuperações estruturais, a fluência dos materiais a serem empregados deverá ser similar ao concreto do substrato. No entanto, para recuperações com finalidades mais protetoras, fluências grandes podem ser vantajosas. Neste caso, a diminuição das de-

formações através da fluência de tração diminui a probabilidade de ocorrência de fissuras.

Embora a fluência de concretos à compressão tenha sido extensamente investigada, as informações sobre o comportamento da

fluência de tração são limitadas. A falta de dados publicados é atribuída ao fato de que o concreto raramente é sujeito à tração direta. Além disso, há dificuldades experimentais significativas quando uma carga uniaxial é imposta e as deformações têm que ser



Fluência (F)

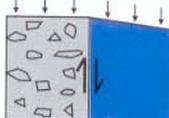
F

Supondo que o material original já tenha estabelecido o seu volume devido a fluência, então as tensões que ocorrerão estarão relacionadas com a quantidade de fluência do novo material.

Se  $F_{\text{novo}} = 0$  Ausência de tensões

Tensões de cisalhamento atuantes. A capacidade ou a transferência de carga pelo material de recuperação empregado é reduzida.

Se  $F_{\text{novo}} > 0$



A importância do conhecimento da fluência na recuperação.

medidas com muita precisão, especialmente em um material que está secando (curando), sob carga e onde a retração é a deformação predominante.

Alguns conhecidos especialistas em concreto concluíram que há pouca diferença na quantidade de fluência de tração e de compressão para concretos novos, sob tensões numericamente iguais e em um mesmo ambiente. No entanto, pergunta-se, na área de recuperação, se o mesmo é verdadeiro para argamassas ou com agregados miúdos. Há a necessidade de execução de testes de compressão e tração simples para se comparar as propriedades de resistência, elasticidade e fluência.

Dever-se-á observar se argamassas com polímeros e concretos apresentam fluências bem diferentes, pelo fato do funcio-

namento dos aglomerantes nas argamassas poliméricas serem fundamentalmente diferentes do cimento aglomerante do concreto.



Fax consulta

Nº 314

Referências

- Carlos Carvalho Rocha é engenheiro civil, especialista em serviços de recuperação.
- Selecting and specifying materials for repair of concrete surfaces. International concrete repair institute.
- Guide for evaluation of concrete structures prior to rehabilitation. ACI 364 IR
- U.S. army corps of engineers. Evaluation and repair of concrete structures EM 1110-2-2002

Tecnologia

Arquivo Editar Pesquisar Ajuda

Não fique obsoleto

Para acompanhar todas as novidades do mundo da engenharia civil, no campo da Recuperação, utilize o

**RECUPERAR** Fax

(021) 493-5553

Suas dúvidas via fax.

# DEMOLIÇÃO?

Você deseja demolir peças de concreto armado ou rochas?

Nunca foi tão fácil! Com o nosso cimento expansivo Bristar basta adicionar água e.. pronto. Veja como.



1

Ponha uma certa quantidade d'água num balde.



2

Adicione Bristar.



3

Misture.



4

Ponha dentro dos furos previamente executados.



... e pronto.

O resultado é o fraturamento de rochas, peças de concreto e todo material rígido. Bristar, quando misturado à água, produz uma força expansiva muito superior a 1.000kg/cm<sup>2</sup>. Você não precisa de licença ou qualquer burocracia. Rápido, silencioso e sem cheiro.

**Cimento expansivo BRISTAR.**

DTI demolition technologies Inc.

FAX CONSULTA Nº 178

# Epóxis e Poliuretanos. Qualquer um pode injetá-los!

Seringas descartáveis e pistolas-cartuchos simplificam a dosagem, melhoram a qualidade e, praticamente, zeram as perdas destes polímeros.

Joaquim Rodrigues



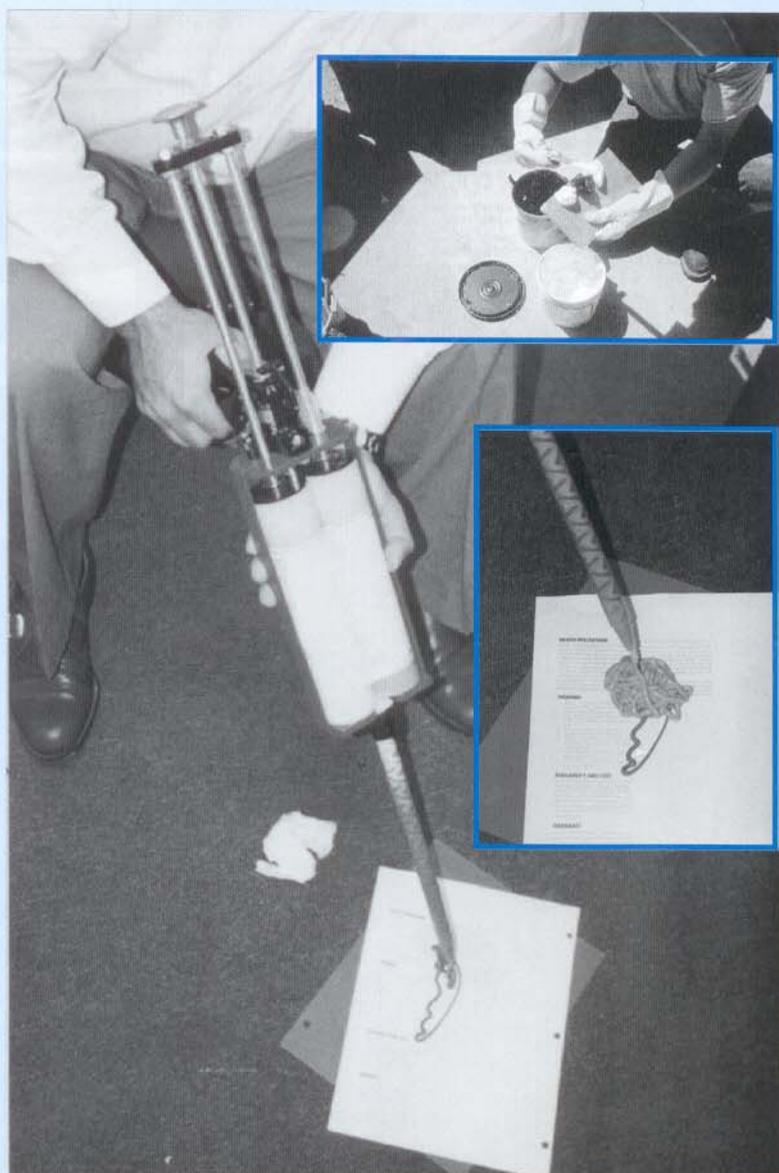
O uso cada vez maior de juntas, colagens e impermeabilizações, em função da crescente diversidade de materiais utilizados na construção, aumentou substancialmente os serviços de injeção e/ou colagens, utilizando-se produtos poliméricos a dois componentes.

As colagens feitas manualmente com epóxis são uma verdadeira dor de cabeça, devido à necessidade da dosagem empírica feita com os componentes A e B. Difícilmente consegue-se uma perfeita e equilibrada dosagem, seja 1:1, 2:1 ou 3:1. Claro que o produto final não vai ser aquele especificado pelo fabricante. Por outro lado, epóxis, submisturados não catalizam adequadamente, ao passo que a super mistura reduzirá o tempo de vida do produto devido ao calor gerado pela reação dos componentes.

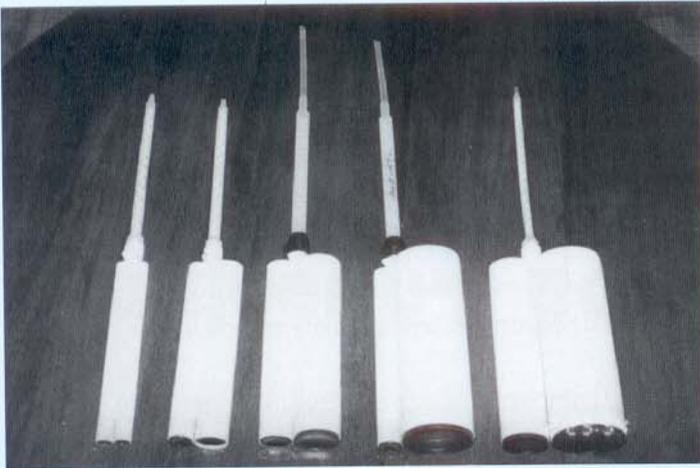
Um outro fator que depõe contra os equipamentos tradicionais são as perdas que incompatibilizam pequenos serviços. A menos que a empresa invista em bombas específicas e modernas para estes serviços, que quase sempre são caras, poderá estar perdendo uma série de pequenos e bons serviços de injeção.

Os poliuretanos por sua vez, sejam os elastômeros para juntas ou os hidroativados (PH Flex) para impermeabilização são um outro caso típico de perda de dinheiro, quando se trata de pequenos serviços. No caso dos elastômeros, até há pouco era necessário comprar o material e o cartucho, tornando o sistema relativamente caro. Isto sem falar nos demais elastômeros, como os de polisulfetos, silicone, acrílicos e butílicos, também vendidos com cartucho. No caso do

*continua na pg 24*



A montagem de cartuchos vazios individuais, formando-se um sistema duplo, com a adição do misturador na ponta, permite ao operador zerar as perdas, economizando na hora da compra, pelo fato de, agora, poder comprar o produto de aplicação a granel. A mistura de epóxis ou de outros polímeros, à maneira antiga, quase sempre implica na perda da qualidade do produto final (foto pequena superior).



Diversos tipos de montagem, permitindo diversos tipos de dosagem para o produto a ser injetado ou calafetado.

PH Flex, compra-se o produto em baldes de 20 litros e injeta-se com bombas que acumulam sempre alguma perda.

### A solução

Felizmente, para o caso dos polímeros a dois componentes como o epóxi injetável, seja o rígido ou o semi-rígido, há agora a solução dos cartuchos duplos vazios, que apresentam relação de mistura de 1:1 a 1:10, com o misturador acoplado na frente do sistema, permitindo proceder à mistura. Para a aplicação, há modernas pistolas de duplo embôlo, manuais ou pneumáticas, que minimizam todo e qualquer serviço de injeção com produtos a dois componen-

tes. Portanto, é só encher cada cartucho e injetar.

Elastômeros monocomponentes, como os utilizados em calafetamentos, os de poliuretano, polisulfetos, silicones, acrílicos e butílicos, há os cartuchos simples e vazios. As pistolas de aplicação são as tradicionais encontrados nas lojas.

Resumindo, ganha-se extrema competitividade comprando o material a granel, sejam os elastômeros monocomponentes ou os epóxios bi-componentes, e os cartuchos vazios, sejam simples ou duplos. Encha e aplique. Simples e econômico.

Dentro deste mesmo conceito do encha e aplique, naturalmente considerando a compra de polímeros a granel, bem mais econô-



O acionamento dos dois cartuchos aqui é feito com um equipamento movido com uma furadeira alimentada por pilha.



Fax consulta

Nº 316

Não recupere sem consultar

**RECUPERAR**

Tel. (021) 493-6862

Fax (021) 493-5553

**Cartuchos Vazios,**

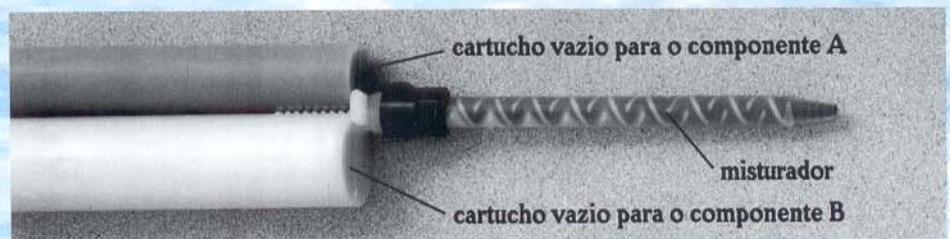
**Simple e Duplos,**

**Tornam mais**

**Barato**

**o Seu Calafetamento.**

## Modelo de Cartucho Duplo Montado



**Injete materiais bi-componentes como epóxi e poliuretanos, além de elastômeros mono componentes com o mais moderno e barato sistema de injeção, composto por cartuchos vazios. Você compra a granel o material, enche o cartucho e pronto. Dispomos de cartuchos duplos e simples para todo tipo de volume e relação de mistura, além de pistolas manuais e pneumáticas.**

Fax consulta nº 296

# Fachadas.

## Os Procedimentos Para Uma Pintura Durável.

Saiba escolher uma boa tinta para evitar a ruína da pintura antes dos 5 anos.

**Carlos Carvalho Rocha**



Hidro-jateamento, quando executado, reparos na superfície, “selador” e duas demãos de tinta acrílica, raramente 100% acrílica, é a estratégia básica de toda empresa de manutenção predial ou empresa de engenharia especializada, quando da pintura de prédios e edificações de um modo geral.

O resultado é que quase sempre temos o envelhecimento precoce da pintura, seja apresentando trincas, descolamentos de película ou o seu desbotamento e, mais profundamente, o comprometimento do emboço/reboco suporte devido à permeabilidade do filme aplicado.

Realmente, tem sido uma façanha ou mesmo um desafio esperar que, nestas condições, e considerando-se o nosso clima, que apresenta grandes variações diárias de umidade e temperatura, tenhamos uma excelente performance ou a durabilidade da pintura. Então, como proceder?

Bem, a primeira providência é saber o porque da especificação “daquela” tinta para a fachada e o seu propósito. Com base neste primeiro questionamento dever-se-á, a seguir, avaliar e selecionar o material apropriado e os procedimentos de aplicação. Podemos adiantar que as razões mais comuns da aplicação de pinturas em fachadas são a estética, impermeabilidade e a lavabilidade.

### Fachadas

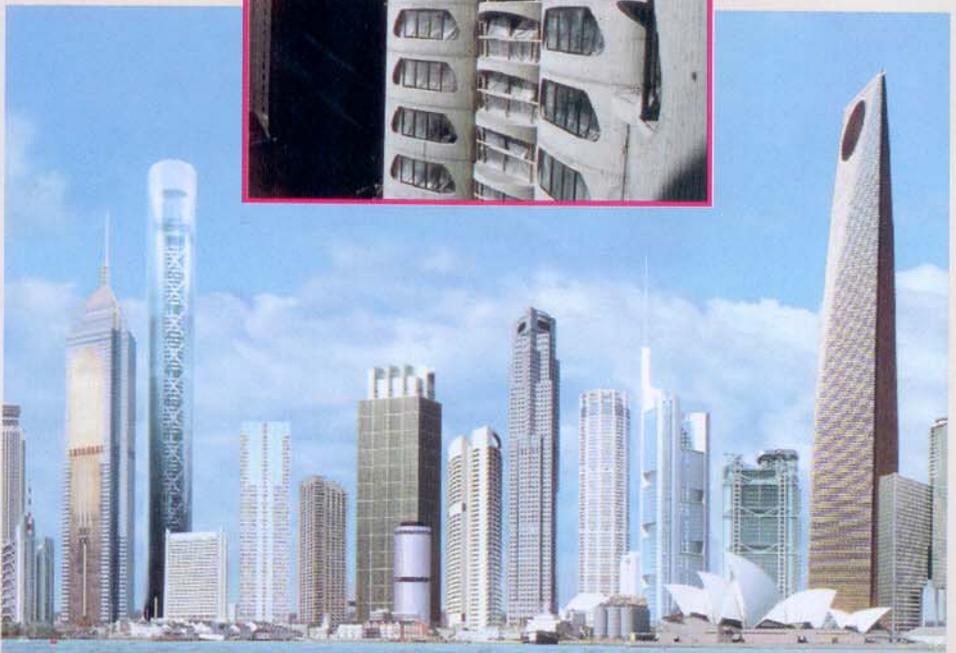
Estas paredes, normalmente, apresentam grandes dimensões e, quando especificadas para receberem pintura, tradicionalmente apresentam superfícies à base de emboço, reboco à base de cimento portland, alvenarias de bloco de concreto, além do próprio concreto apa-

rente. Apresentam características químicas e físicas que influenciam enormemente a escolha do tipo da tinta a ser aplicada, além do que oferecem maiores dificuldades para serem trabalhadas em relação a outros tipos de superfícies. Estas propriedades e, consequentemente, a qualidade da parede variam significativamente de localidade para localidade, em razão da diversidade dos tipos de materiais que se empregam na sua execução. Normalmente, apresentam PH elevado em razão do cimento empregado e, às vezes, a própria Cal, obtendo-se valores médios em torno de 12, fazendo

com que as superfícies sejam extremamente alcalinas.

O que ocorre, portanto, é que com esta condição, tornam-se extremamente reativas à aplicação de uma série de tintas, devendo haver por parte destas tolerância à alcalinidade.

Como principal exemplo destas incompatibilidades podemos citar as tintas alquídicas, inadequadas a superfícies com alto PH, em razão de conterem óleos que se decompõem em ambientes alcalinos. A maioria das paredes que compõem as fachadas das edificações apresentam-se extremamente porosas e sus-



A diversidade de materiais e graus de exposição nas fachadas, exigem diferentes tipos de tintas para a sua proteção.



O tipo de emboço empregado, a penetração da água da chuva através da película de pintura permite o inchamento e desagregação desta base comprometendo-a. É freqüente a penetração d'água para os aptos.

ceptíveis de penetração d'água e umidade, quase sempre acompanhadas de íons cloretos, sulfatos e toda uma gama de substâncias químicas poluentes. Esta porosidade causa bolhas e furos na película da pintura executada,

à medida que se aplica a tinta. Um outro efeito extremamente pernicioso à película já aplicada é o deslocamento do vapor d'água contido na parede, devido à sua expansão, provocada por variações de temperatura.

Naturalmente, películas de pintura mais espessas oferecem maior impermeabilidade. No entanto, é necessário que tenham como característica a permeabilidade a este dinâmico fator, bloqueado no interior das paredes que, normalmente, provocam bolhas e a posterior ruína da pintura. Acreditamos não ser boa política subestimar a ação do vapor d'água.

Estas mesmas superfícies oferecem, por outro lado, grande resistência à compressão mas, infelizmente, baixa resistência à tração. Um exemplo bem característico são as fachadas em concreto aparente. Os concretos, normalmente especificados com resistência à compressão em torno de 18MPa oferecem apenas cerca de 1,8MPa à tração. A surgência de grandes forças atuantes após a aplicação da película de pintura quando de sua cura e retração, "puxam" a superfície da parede promovendo-se o seu descolamento. De um modo geral, as superfícies das paredes, experimentam grandes variações em suas dimensões promovidas pelos ciclos de expansão/ contração térmicas, resultando no fraturamen-

to das películas mais rígidas. Exatamente por isso as tintas elastoméricas desempenham uma importante função resistente a esta dinâmica, particularmente em paredes com histórico de problemas.

### Causas Comuns de Ruína

O fato é que toda e qualquer parede, seja de fachada ou não, fica sujeita à impiedade do tempo, mesmo aquelas concebidas de forma inteligente para suportar esta inclemência. O estudo da durabilidade de uma pintura requer o conhecimento das causas mais freqüentes do estado de ruína nestes substratos.

Todas as paredes contêm sais solúveis em água, como os sulfatos de cálcio e de magnésio. A penetração de umidade de mesmo a água da chuva, através do filme de pintura, promoverá o contato com estes sais, dissolvendo-os e formando uma camada instável de material pulverulento ou em forma de farinha, chamado eflorescências, sob a película, tornando-a susceptível de descolorações, degradação ou mesmo de seu descolamento. Toda e qualquer especificação deverá levar em conta a possível presença e remoção destes sais antes da pintura, sem o que todo o investimento estará comprometido.

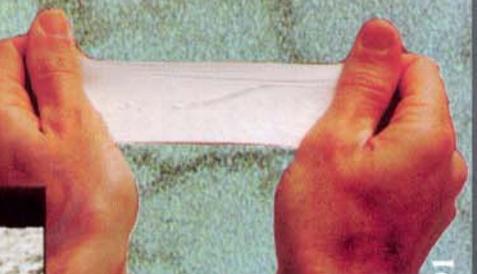
## VOCÊ TEM ISTO EM SUA FACHADA? A SOLUÇÃO É

# ELASTO-TEX

Elasto-tex é uma tinta elastomérica, made in USA, que não promove emendas. É totalmente impermeável para uso em fachadas de edificações, particularmente as com histórico de infiltrações.

Tinta acrílica elastomérica à base d'água, isenta de plastificantes (material adicionado à tinta para torná-la mais flexível) e modificada quimicamente, de modo a ter qualidades verdadeiramente elastoméricas.

ESTICA 600% E NÃO PERDE  
ESTA CARACTERÍSTICA



Fax Consulta nº 291



Aqui vemos os efeitos.

Não há nenhum teste de campo simples para detectar problemas potenciais de formação de eflorescências. A verdade é que toda e qualquer fonte de umidade ou de penetração d'água na parede deverá ser eliminada, de modo a prevenir a sugência de eflorescências. Uma vez corrigido este sério problema, dever-se-á eliminar as existentes com hidrojateamento de areia (baixa pressão), ou utilizando-se escovas de aço ou espátulas (seguindo-se uma lavagem com hidrojateamento).

Ao contrário do que se possa imaginar, é comum surgirem eflorescências em superfícies novas. Em nenhuma hipótese, caso se constate, dever-se-á pintá-las com tintas látex e muito menos lavá-las com hidrojateamento, já que esta medida ativará os sais nas superfícies das paredes, piorando o problema.

Após resolver os problemas de fácil acesso ao interior da parede e permitir que ela seque adequadamente, aplique primeiramente e obrigatoriamente um primer alquídico, de modo a modificar e condicionar as superfícies, isolando a condição de alcalina. A seguir, aplique uma boa tinta látex, necessariamente 100% acrílica.

Outros resíduos, além dos sais, podem promover também a ruína de uma pintura. O caso

dever-se-á considerar sempre que qualquer tipo de parede, revestida ou não, ou mesmo as de concreto aparente, sofrem tensões internas provenientes da ação do aglomerante hidráulico utilizado. Todos sabemos que este aglomerante hidráulico promove altas resis-

tências à compressão mas, quase sempre, ignoramos que também oferecem baixas resistências à tração. Os níveis de tensão interna existentes nas paredes variam enormemente, de acordo com a qualidade e quantidade dos materiais utilizados e, principalmente, de acordo com os valores extremos de temperatura e umidade. É perfeitamente sabido também que estas tensões promovem fissuras e trincas nas superfícies das paredes, encorajando a penetração d'água e umidade, que destruirá o paramento, pela formação de eflorescências ou mesmo ao inchamento do emboço. Nas paredes de concreto aparente, a existência de fissuras promoverá a penetração de oxigênio, água e agentes químicos perniciosos que desenvolverão células eletroquímicas de corrosão nas armaduras. Um outro problema muito comum que ataca estas superfícies, quase sempre ignorado, é a carbonatação do concreto, que também conduz ao desenvolvimento de células de corrosão nas armaduras.

### Outras Considerações Atmosféricas

Se os componentes cálcicos do concreto como os hidróxidos e os óxidos de cálcio ficarem expostos à ação do dióxido de carbono, formar-se-ão carbonatos de cálcio que alterarão o nível do PH, reduzindo-o e, portanto, quebrando o ambiente de proteção às armaduras. Uma vez instaladas células eletroquímicas de corrosão nas superfícies das armaduras, o seu desenvolvimento conduzirá ao aumento da seção das barras, com conseqüente ocorrência de deslocamento da camada de recobrimento do concreto. A exposição destas barras ao tempo acelerará o processo de corrosão, comprometendo agora a estabilidade da peça estrutural atingida.

# Eternamente Jovem

Você não vê. Mas por trás destas superfícies, verticais ou horizontais está o SILANO 120. Os anos passam e nada fica alterado. Não há presença de umidades localizadas bolor ou corrosão. É o concreto aparente na plenitude de sua forma.

Evite isto no seu revestimento...



Granitos. Concreto Aparente. Mármore. Cerâmicas.

... Use Silano 120.

Comprove também os benefícios do **SILANO 120.**  
America Polimers

Fax Consulta nº 318



Fachada particularmente exposta à ação do tempo e toda comprometida pela surgência de trincas. Dever-se-á, primeiro, proceder ao remanejamento da película existente, que se encontra sem qualquer função. Após a abertura e calafetamento com elastômero à base de poliuretano ou polisulfeto, é sugerida a aplicação de um PP específico e uma tinta elastomérica.

Nossas condições atmosféricas, com extremos freqüentes, é por demais adversa, conduzindo os revestimentos à formação de fissuras e trincas, que abrem e fecham, de acordo com a grandeza dos diferenciais de temperatura e



Pintura recentemente executada. Repare que pela qualidade e, particularmente pela quantidade da resina empregada, o pigmento soltou-se do sistema, comprometendo o revestimento cerâmico.

umidade impostos. Como já afirmamos, as tintas 100% acrílicas formam filmes rígidos, que não suportam estas condições. O resultado é a quebra da película com a abertura de trincas ou fissuras, abrindo-se uma porta à penetração da intempérie.

### Especificando a Tinta

A grande quantidade de tintas disponíveis no mercado torna necessário uma investigação de suas qualidades e propriedades. A escolha final será norteada pelo conhecimento dos locais a serem pintados e suas necessidades. Normalmente, dever-se-á especificar um protetor penetrante (PP) para isolar o ambiente alcalino

ao mesmo tempo em que promoverá a ancoragem necessária à estabilidade da película de acabamento. O acabamento, tradicionalmente, é feito com 2 demãos de tinta 100% acrílica de alta qualidade, próprio para paredes externas. Com o tempo é o melhor testemunho da qualidade e da durabilidade de uma tinta. A especificação sugerida acima, efetivamente, não tem dado bons resultados, para superfícies problemáticas ou muito expostas, já que formam filmes extremamente finos e vulneráveis à ação da abertura de trincas/fissuras, permitindo a penetração da chuva, gases, como o dióxido de carbono e o sal da maresia, sob a película, afetando-a como também o substrato.

Há alguns anos atrás, com o desenvolvimento dos sistemas elastoméricos, mais propriamente os acrílicos e os epóxicos, modificou-se completamente o comportamento da relação película/substrato, obtendo-se um filme espesso, flexível e durável, capaz de cobrir trincas existentes ou as que surgem, impedindo, portanto, a penetração da chuva e da umidade. A opção pelo uso destes materiais exige o uso de PPs específicos.

É interessante ressaltar que a sugestão ou a abertura de fissuras e trincas, posterior à

aplicação da tinta elastomérica, fará com que a película estique, protegendo-as. À medida que fecham, motivadas pelo comportamento higro-térmico do tempo, a película retorna à situação original sem qualquer comprometimento de suas características. É preciso identificar bem estes sistemas, formados por resinas acrílicas ou epóxicos de alta qualidade que duram muitos anos, oferecendo, portanto aquela durabilidade desejada, em função do grande investimento feito.

Há também no mercado novas resinas acrílicas, mesmo elastoméricas, com superior resistência a eflorescências, mofo e do envelhecimento. Talvez a mais notável característica seja a qualidade de "respirar", isto é, permitir que a parede libere a umidade ou vapor existente no seu interior, conforme muda a pressão do ar, umidade e temperatura interna/externa.

Após a seleção da tinta mais adequada é necessário, agora, definir as diretrizes de preparação das superfícies para receber este sistema. Esta etapa não parece, mas é o principal desafio de uma boa especificação. É praticamente impossível haverem 2 paredes em igualdades de condições. A prática de se analisar a fachada pelo aspecto aparente, estabelecendo-se padrões apenas pelo que transparece normalmente é decadente, impróprio e impraticável hoje.

Uma outra boa característica notável é a resistência ao ambiente alcalino. Esta nova geração de tintas acrílicas podem ser aplicadas em paredes de fachadas, inclusive de concreto aparente, com PH igual ou superior a 9.



### Fax consulta

Nº 319

### Referências

- 1 - Carlos Carvalho Rocha é Engº Civil, especialista em serviços de recuperação.
- 2 - Update on coatings regulations journal of protective coatings and linings.
- 3 - Water-borne coatings for industrial maintenance american paint and coatings journal.
- 4 - Trends and developments in protective coatings materials. JPCL
- 5 - An evolution of water-borne coatings. Northwestern Society for coatings technology.

Não recupere sem consultar

**RECUPERAR**

**Tel. (021) 493-6862**

**Fax (021) 493-5553**

# CARBONATAÇÃO.

## O Inimigo Esquecido do Concreto

Carbonatação é a causa mais freqüente da corrosão em estruturas de concreto armado.

Joaquim Rodrigues



A carbonatação é um fenômeno natural que ocorre todos os dias em milhares de estruturas de concreto armado no mundo inteiro. Trata-se de um processo químico, muito bem compreendido, aparentemente inofensivo, mas que avança lenta e progressivamente através da massa do concreto, a partir da superfície, assaltando as armaduras e causando a temida e dispendiosa corrosão eletroquímica. Embora não seja o maior culpado dos fenômenos da corrosão (considera-se os cloretos os mais trágicos) está sempre ou, quase sempre onde há células de corrosão. O fato é que pesquisadores tentam entender o porque da carbonatação não ser bem compreendida ou mesmo levada em consideração nos EUA e porque não dizer aqui também no Brasil. Na verdade, havendo apenas 0,03% de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) na atmosfera, fica estabelecida a condição para provocar a carbonatação.

### O que é a carbonatação

Carbonatação é a perda do PH do concreto, que ocorre quando o dióxido de carbono na atmosfera reage com a umidade existente no interior dos poros da estrutura, convertendo o hidróxido de cálcio, com alto PH, em carbonato de cálcio que tem um PH mais neutro. Pergunta-se porque a perda do PH é o problema. Porque o concreto, em seu ambiente altamente alcalino, PH variando de 12 a 13, é a áurea que protege as armaduras da corrosão. Esta proteção é formada por uma camada de óxido passivo ou inerte, existente sobre superfície do aço, que compõe

### Reações Básicas da Carbonatação no Concreto

- Fase 1: Os poros do concreto contêm:  
água e cal livre  
 $H_2O$  e  $Ca(OH)_2$
- Fase 2: Quando o dióxido de carbono do ar entra nos poros do concreto, forma-se o ácido carbônico:  
dióxido de carbono + água = ácido carbônico  
 $CO_2 + H_2O = H_2CO_3$
- Fase 3: O ácido carbônico neutraliza a cal livre e forma sólidos de carbonato de cálcio em pH neutro.  
cal livre + ácido carbônico = carbonato de cálcio + água  
 $Ca(OH)_2 + H_2CO_3 = CaCO_3 + H_2O$   
(alto pH) (baixo pH) (pH neutro)

As reações da carbonatação resultam em um concreto com baixo pH

### Carbonatação



Concreto de boa qualidade (pH = 13/14) aço encontra-se passivado



Dióxido de carbono entra, pH começa a diminuir. O aço ainda não é afetado.



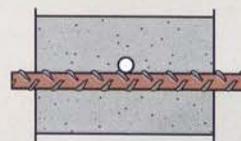
O pH do ambiente em torno da armadura diminui abaixo de 9,5. Começa a corrosão.



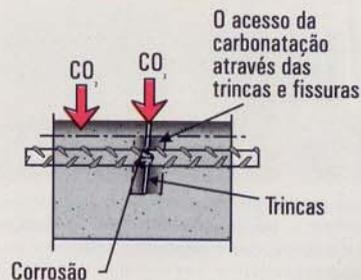
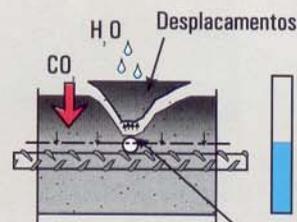
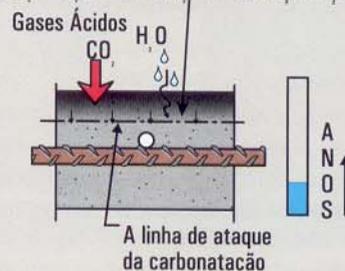
A expansão voluntária da corrosão causa trincas e deslocamentos.

Quando a linha de ataque da carbonatação alcança o nível das armaduras, a áurea óxido passivante em torno das armaduras perde sua estabilidade, instalando-se a partir daí as células eletroquímicas de corrosão.

### Concreto armado sem comprometimento



O pH diminui através da reação ...  
 $CO_2 + H_2O + Ca(OH)_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$





Trincas e fissuras na superfície são verdadeiras avenidas para o acesso do dióxido de carbono através do recobrimento. As áreas não rosadas, em torno da trinca, estão carbonatadas.

as armaduras do concreto, permanecendo estável enquanto durar o ambiente alcalino. Esta é aquela mesma camada passivante que os íons cloretos atacam, em ambientes marinhos ou industriais específicos, criando-se a partir daí o estabelecimento de células eletroquímicas de corrosão.

Com este baixo nível de PH (abaixo de 9,5), estabelece-se sinal verde para a formação de células eletroquímicas de corrosão, seguindo-se, depois de algum tempo, de trincas e deslocamentos na camada de recobrimento (quando existe).

É muito importante identificar se há presença de carbonatação quando já está confirmada a presença de íons cloretos no concreto armado. Se em uma estrutura nova de concreto, com um PH entre 12 e 13, houver pelo menos 7.000 a 8.000 partes por milhão (PPM) de cloretos, haverá um ambiente extremamente propício ao início de células eletroquímicas de corrosão. No caso do PH ficar entre 10 e 11, a quantidade de cloretos necessária para promover a formação de células eletroquímicas de corrosão estará em torno de 100 ppm ou menos. Por esta razão é que dever-se-á, sempre, fazer a pesquisa da profundidade da carbonatação.

## Detectando a carbonatação

Realmente, a pesquisa e o diagnóstico do estado de carbonatação é fácil e qualquer técnico poderá fazê-la. A maneira mais fácil de proceder esta análise é cortando-se um pedaço de concreto, em sua camada de recobrimento, onde depositam-se as suspeitas da existência de carbonatação. Após soprar ou limpar qualquer presença de pó ou poeira da

parte cortada ou na própria superfície exposta, asperja 1 a 2% de uma solução de fenolftaleína em álcool nas superfícies.

As áreas carbonatadas não mudarão de cor, após a aplicação da solução, no entanto, as áreas ausentes deste sintoma, naturalmente com um PH maior do que 9 ou 9,5, tornar-se-ão rosa. Esta distinção de cores evidencia o quanto a carbonatação tomou a estrutura. Existem métodos mais modernos, além de outros indicados para esta análise. Além do teste de carbonatação, sugere-se o teste com a semipilha, para detectar células não visíveis de corrosão, através da superfície do concreto, teste de resistência à compressão através do penetrômetro ou esclerômetro, teste do teor de cloretos e o teste da permeabilidade.

## Fatores que afetam a carbonatação

Como mencionamos acima, a carbonatação é um processo completamente natural, particularmente compromissado pela variação dos componentes encontrados em cada concreto. A taxa de carbonatação depende muito do teor de umidade e da permeabilidade do concreto.

## Teor de umidade do concreto

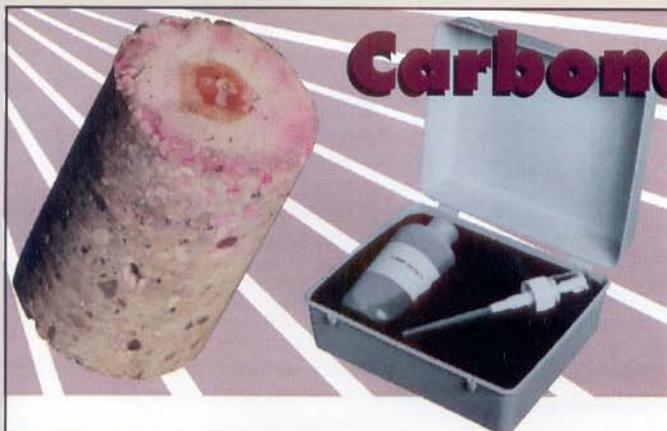
Para a carbonatação ganhar terreno é necessário que haja umidade no concreto. A reação química que promove a carbonatação desenvolve-se mais rapidamente quando a umidade relativa no concreto está situado entre 50 e 75%. Para umidades mais baixas, haverá insuficiente água nos poros do concreto para dissolver quantidades de hidróxido de cálcio que possam comprometer. A situação é inversa quando acima dos 75% de umidade, pois os poros do concreto estão progressivamente repletos ou bloqueados com água, dificultando o ingresso do dióxido de carbono, muito embora o hidróxido de cálcio dissolva-se livremente. Isto explica o porque de uma mesma estrutura apresentar sintomas de carbonatação em determinadas regiões e em outras não. Uma estrutura permanentemente sujeita à atmosfera marinha poderá ter pouca ou nenhuma carbonatação devido ao alto teor de umidade existente em seus poros. Por outro lado, em outros lugares menos expostos desta estrutura, poderá haver maiores níveis de profundidade de carbonatação.

## Permeabilidade do Concreto

Concretos permeáveis, certamente apresentam maiores comprometimentos com a carbonatação, desenvolvendo este sintoma com mais rapidez.

Logo, uma boa dica de proteção contra a sugestão da carbonatação é com a elaboração de concretos padronizados com o objetivo de se obter impermeabilidade na massa. Para tanto dever-se-á trabalhar com baixo fator água/cimento, dosar-se-á o concreto com fumo de sílica, uma boa vibração ou compactação e uma cura eficiente.

Todas estas providências conduzem a um concreto com baixa permeabilidade, dificultando



# Carbonatação

O Carbo Detect já vem pronto para ser usado. É só aplicar nas regiões a serem analisadas e pronto. Em poucos segundos você terá a resposta para a existência ou não de carbonatação em sua estrutura.

**JAMES INSTRUMENTS**

Fax Consulta n° 320



As extremidades das peças estruturais de concreto armado são bastante susceptíveis de serem carbonatadas e contraírem corrosão, pelo fato de sofrerem um processo de difusão do dióxido de carbono em duas direções. Some-se a isto a freqüente falta de homogeneidade destas regiões.

tando-se ao máximo a penetração do dióxido de carbono através da massa.

### Camada de recobrimento e defeitos superficiais

A carbonatação causa problemas de corrosão nas armaduras de concretos, tidos de alta qualidade, devido a ausência da camada de recobrimento e ou defeitos superficiais como fissuras ou trincas que existem na superfície. Estes defeitos representam caminhos, sem obstáculos, às armaduras.

Já existem tintas especiais, anti-carbonatação, para aqueles ambientes onde há altas concentrações de dióxido de carbono. Os defeitos superficiais deverão ser corrigidos com pastas ou argamassas de correção antes da pintura. Atenção especial deverá ser dada as arestas das peças, já que nestas regiões há toda uma tendência ao aparecimento da carbonatação.

### As estratégias de recuperação e proteção

Antes de se pensar em recuperar peças estruturais, dever-se-á, sempre, proceder a uma minuciosa investigação para o estabelecimento de um perfeito e preciso diagnóstico do que há e como surgiu. Nas peças estruturais diagnosticadas com corrosão das armaduras induzida por carbonatação, trincas e deslocamentos terão poucas opções de recuperação.

Se ficar constatado, a presença de sintomas de corrosão, motivados pela carbonatação, o único tratamento efetivo será a proteção catódica com Zinco Termo Projetado (ZTP). A técnica de tratamento pela re-alkalinização é pouco conhecida, possuindo elementos ainda incipientes para se sugerir-la, além do que é realmente cara. Há alguns estudos que atestam bastante a limitação desta forma de tratamento.

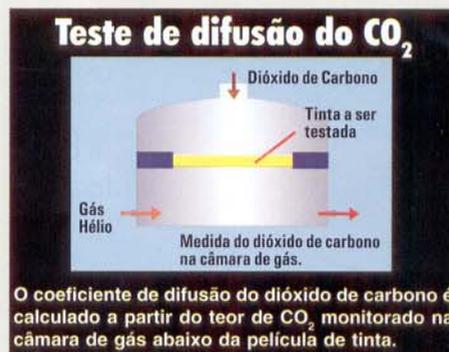
Na verdade, o trabalho de recuperação dependerá do bolso do cliente e do prazo de

durabilidade que a empresa de recuperação ofertará. Frequentemente, opta-se pela "recuperação" tradicional de corte puro e simples do concreto afetado, seguido da escovagem da superfície das armaduras comprometidas e de projeção de uma argamassa/concreto milagroso.

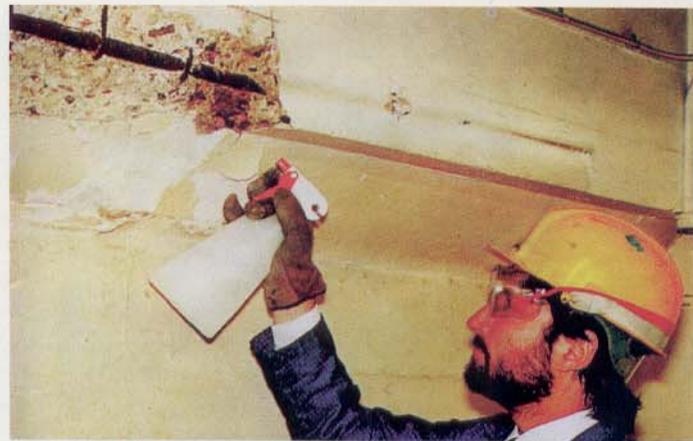
É freqüente também restringir-se os serviços apenas as áreas com processos de deslocamentos e ou com armaduras já em processo de exposição com corrosão. Trata-se de uma falsa técnica de recuperação, baseada apenas nos sintomas terminais, que de um modo geral representam apenas 15% da área carbonatada ou contaminada, que durarão até a sugestão de novos problemas naquelas regiões também sintomáticas, porém não aparentes. Pior para o cliente, pior para a empresa de recuperação, que estarão contratando prazos curtos e aborrecimentos longos.

### As tintas Anti-carbonatação

Naquelas situações onde o ambiente é sabidamente conhecido como rico em dióxido de carbono, tanto considerando obras novas quanto antigas, é sugerida a aplicação de uma pintura protetora anti-carbonatação. Esta tinta especial, diferentemente das tintas tradicionais, impedem o ingresso do dióxido de carbono no interior do concreto. Existe um teste, bastante interessante, que atesta a resistência da película de tinta ao ingresso do CO<sub>2</sub>, avaliando-se o seu coeficiente de difusão. Um esquema deste teste é apresentado nesta matéria. Este método



Teste padrão para avaliação da resistência da tinta ao dióxido de carbono.



Para checar a carbonatação no concreto, aplique um spray de uma solução de fenolfetaleína em álcool com 1 a 2% sobre o concreto. As áreas carbonatadas não mudam de cor, ao passo que as áreas com pH maior do que 9,5 tornar-se-ão rosa.

de avaliação comprova que tintas tidas como anti-carbonatação são verdadeiras barreiras ao implacável dióxido de carbono, representando, na verdade, uma espessa camada de recobrimento.

A tinta anti-carbonatação também deverá permitir que o paramento "respire", aliviando ou permitindo que haja a TVA (Transmissão de Vapor D'água).



### Fax consulta

Nº 321

#### Referências

- 1 - Joaquim Rodrigues é Engº Civil, membro de diversos institutos nos EUA, em assuntos de patologia da construção. É editor da RECUPERAR, além de consultor técnico de diversas empresas.
- 2 - L.J. Parrott, "A Review of Carbonation in Reinforced Concrete," Cement and Concrete Association, Building Research Establishment.
- 3 - M. H. Roberts, "Carbonation of Concrete Made with Dense Natural Aggregates", BRE Information Paper.
- 4 - D.H. Campbell, R.D. Sturm, S.H. Kosmatka, "Detecting Carbonation", Concrete Technology Today.
- 5 - H. Davis, G.W. Rothwell, "The Effectiveness of Surface Coatings in Reducing Carbonation of Reinforced Concrete", BRE Information Paper.
- 6 - J.P. Broomfield, "Cathodic Protection of Reinforced Concrete", Society for the Cathodic Protection of Reinforced Concrete, Report No. 001.95.
- 7 - "Guide for Surface Preparation for the Repair of Deteriorated Concrete Resulting from Reinforcing Steel Corrosion", International Concrete Repair Institute.
- 8 - V. Chaker, M. Funahashi, W. Swiat, "The Use of Linear Polarization to Evaluate the Effectiveness of Membranes at the New York Trade Center", NACE Annual Conference and Corrosion Show.