



FITA DE FIBRA DE CARBONO

Eficiência e rapidez no reforço estrutural



Abertura do sulco com serra comum.

Carlos Carvalho Rocha

Conheça todas as vantagens desta tecnologia que premia essencialmente a praticidade.

Efetivamente, a ideia de combinar dois materiais diferentes para obter um simples material chamado compósito, com propriedades muito superiores, não é nova. O próprio concreto armado que o diga. Voltemos muito mais para trás e observemos que os antigos egípcios, na época de Ramsés II, utilizavam fibras da palha, resistentes, em blocos de argila de diversos tamanhos, obtendo o máximo em compósito, sem qualquer inconveniente aparente.

Nos anos 60, L'Hermite e Bresson desenvolveram a ideia da chapa colada com epóxi na superfície de peças de concreto armado e protendido, de modo a reforçá-las. Esta tecnologia, bastante interessante para a época, sobreviveu até o final dos anos 80, detonada por inconvenientes no momento de

sua execução, tais como:

- o peso das chapas e a dificuldade de fixação, considerando-se o pot-life do adesivo epóxico;
- a corrosão da superfície das chapas e, principalmente...
- falta de planicidade que ocorre na maioria das peças estruturais e que dificultam a total aderência das chapas 100% planas.

Aliás, este terceiro inconveniente também dinamitou a utilização dos laminados de fibra de carbono com 5cm de largura, abrindo a porteira ao reforço estrutural com tecido (manta) de fibra de carbono.

O recente advento da utilização de barras redondas de fibra de carbono como elemento construtivo em ambientes corrosivos e

GLOSSÁRIO

Compósito – é, basicamente, qualquer material constituído por dois ou mais componentes, com composição, estrutura e propriedades distintas, separados por uma interface. O concreto, por exemplo, é um compósito, assim como a manta e a fita de fibra de carbono, o Kevlar, a fibra de vidro (aplicada).

de reforço (vide RECUPERAR nº 45) estrutural, através da abertura de sulcos na superfície da peça, a chamada incorporação por sulco na superfície (ISS), seguido da aplicação de epóxi, muito utilizado no reforço de marquizes e também em vigas, lajes e grandes paredes de concreto armado-protendido abriu um novo nicho para o homo recúperus. Inconvenientes? Diríamos que nenhuma não ser o fato de ter-se que trabalhar com serra de lâmina dupla para a abertura do sulco para a inserção da barra ou usar um disco com fio de corte igual a 4mm.

FITA
DE
FIBRA DE CARBONO



State of Art
in
Structural Strengthening

Reforço com inserção por Sulco na Superfície (RSS)
Fique por dentro!

Tele-atendimento
(0XX21) 2493-6862
fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 02



Figura 1 e 2 - A fita de fibra de carbono sendo inserida no sulco previamente preenchido com epóxi. A aplicação do epóxi estruturante em ambos os lados da fita antes de sua inserção no sulco.

O avanço tecnológico no setor da fibra de carbono não pára. A nova modalidade apareceu mais rápida que o fenômeno do nosso Ronaldinho lá fora: fita de fibra de carbono.

A fita de fibra de carbono

Lançada no mercado como FITA MFC e projetada para ser aplicada em peças estruturais de maneira rápida, pelo mesmo método de aplicação das barras de fibra de carbono.

no, através do reforço por sulco na superfície (RSS) utilizando-se um único corte com serra tipo Makita permitindo, diante das dimensões da fita de 2mm x 16mm, uma série de benefícios. Vamos conhecê-los.

Benefícios da FITA MFC

- Ausência de corrosão em qualquer situação.
- Incorporação de armadura “verdadeira”, o que facilita, inclusive, o dimensiona-



Figura 3 - A Fita MFC sendo testada em ensaio de tração.

- mento da manta de fibra de carbono, diminuindo-se o número de camadas em serviços mais exigentes.
- Melhor aderência com o substrato, comparada à manta de fibra de carbono.
- Não exige preparação da superfície.
- Após a instalação a fita funciona como “armadura original” ficando, inclusive, protegida de ações mecânicas.
- O reforço incorporado é superior à manta de fibra de carbono.
- Rápida e fácil aplicação. Inclusive em serviços submersos, com a utilização de epóxi específico.

Esta FITA MFC é um diminuto laminado de fibra de carbono imerso em matriz epóxica especial. O “diâmetro” nominal ou seção transversal da FITA MFC corresponde ao de uma barra de ¼” ou 6,35mm de diâmetro. É fornecido em rolos com 70m de comprimento.

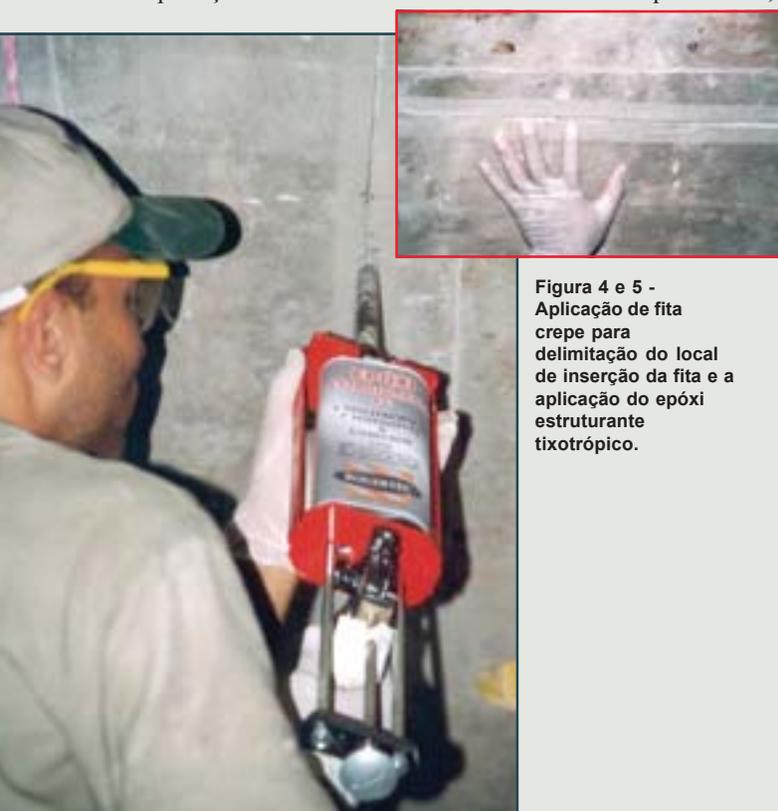


Figura 4 e 5 - Aplicação de fita crepe para delimitação do local de inserção da fita e a aplicação do epóxi estruturante tixotrópico.

EPT EPT - ENGENHARIA
E PESQUISAS
TECNOLÓGICAS S/A

Recuperação de Estruturas

- ✓ Reforço Estrutural
- ✓ Fibra de Carbono
- ✓ Concreto Projetado
- ✓ Impermeabilização
- ✓ Tratamento da Corrosão

Laboratórios de Ensaios

- ✓ Concreto, Aço e Materiais para Construção
- ✓ Solos e Pavimentação



São Paulo - R. Catão, 523 - Lapa - Fone (011) 3873-3399
Porto Alegre - R. Marcelo Gama, 41 - Fone: (051) 3342-7766
E-mail: ept@ept.com.br - Home Page: <http://www.ept.com.br>

Propriedades físicas de FITA DE FIBRA DE CARBONO segundo o ACI-440

Dimensão	Área	Resistência à tração	Módulo de elasticidade	Deformação última	Coeficiente de dilatação térmica	
					Transversal (x10 ⁶ /°C)	Longitudinal (x10 ⁶ /°C)
2mm x 16mm	32mm ²	2068MPa	131GPa	0,017	74 a 104	9 a 0,0

O reforço estrutural feito com a FITA MFC baseia-se nas diretrizes “Guia para dimensionamento e aplicação de sistemas de reforço de estruturas de concreto com colagem de compósitos de fibra de carbono”, ACI 440.2R-02, “Guia para dimensionamento e construção de concreto armado com barras de fibra de carbono”, ACI 440.1R-01 e o “Guia para reforço à flexão e cisalhamento de peças de concreto armado usando a inserção por sulco na superfície (ISS)”, do comitê 440 (ACI), publicado no “Journal of Structural Engineering”, do American Society of Civil Engineers (ASCE).

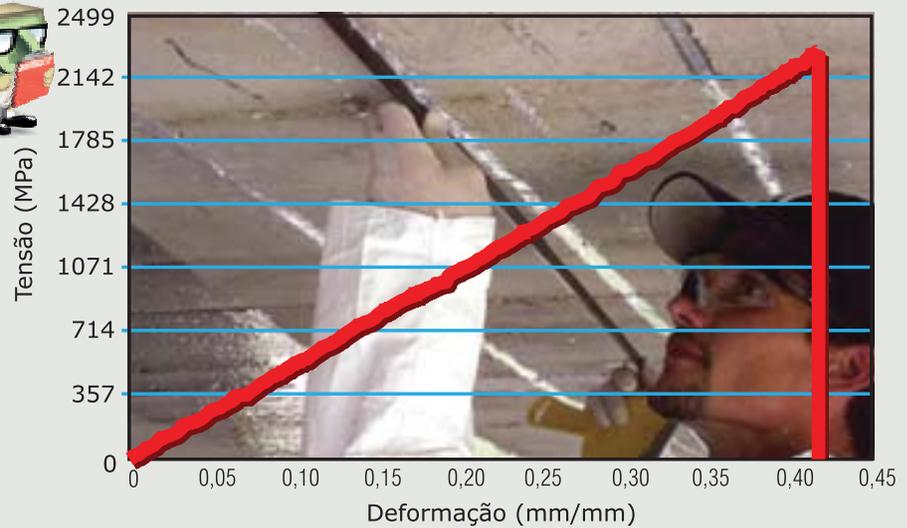


Figura 6 - Comportamento tensão-deformação da fita.

Instalação

Toda e qualquer estrutura, motivo de reforço, necessita ter sua condição investigada por engenheiro patologista e calculista. O uso de FITA MFC pela técnica (ISS) objetiva, além do reforço puro e simples, a diminuição da aplicação de camadas da manta de fibra de carbono, viabilizando ainda mais o uso deste tipo de reforço estrutural. As regras básicas de utilização são as seguintes:

1 – Corte, com utilização de uma serra tipo Makita, abrindo-se um sulco de 4mm

de largura por 17mm de profundidade. A largura de 4mm é obtida usando-se disco de corte especial.

- 2 – O sulco deverá ser bem limpo utilizando-se um pequeno pincel e aspirador de ar com bico fino de sucção.
- 3 – Após a limpeza anterior, aplica-se fita crepe nas laterais do sulco, de modo a evitar o excesso de adesivo na superfície do concreto.
- 4 – Aplicação, com preenchimento do sul-

co, de epóxi estruturante tixotrópico FC, disponível em cartucho duplo, específico à técnica ISS. A aplicação deverá ser feita encostando-se o bico do mixer do cartucho no fundo do sulco, de modo a evitar a formação de bolhas de ar no adesivo epóxico.

- 5 – Aplicação de epóxi estruturante nas laterais da Fita MFC.
- 6 – Inserção total da FITA de fibra de carbono MFC no sulco.

MC serviços técnicos e engenharia

- Impermeabilização com injeção de Poliuretano Espuma.
- Reforço com Fibra de Carbono.
- Tratamento de trincas e fissuras com adesivos de baixíssima viscosidade.
- Pontes, pontilhões, viadutos e passarelas.
- Reservatórios elevados, semi-enterrados e enterrados.
- Juntas de dilatação.
- Pinturas protetoras.
- Estruturas incendiadas.
- Galerias.
- Laudos técnicos para levantamento e diagnóstico de anomalias estruturais.

Atendimento em todo o território brasileiro

Reforço Estrutural



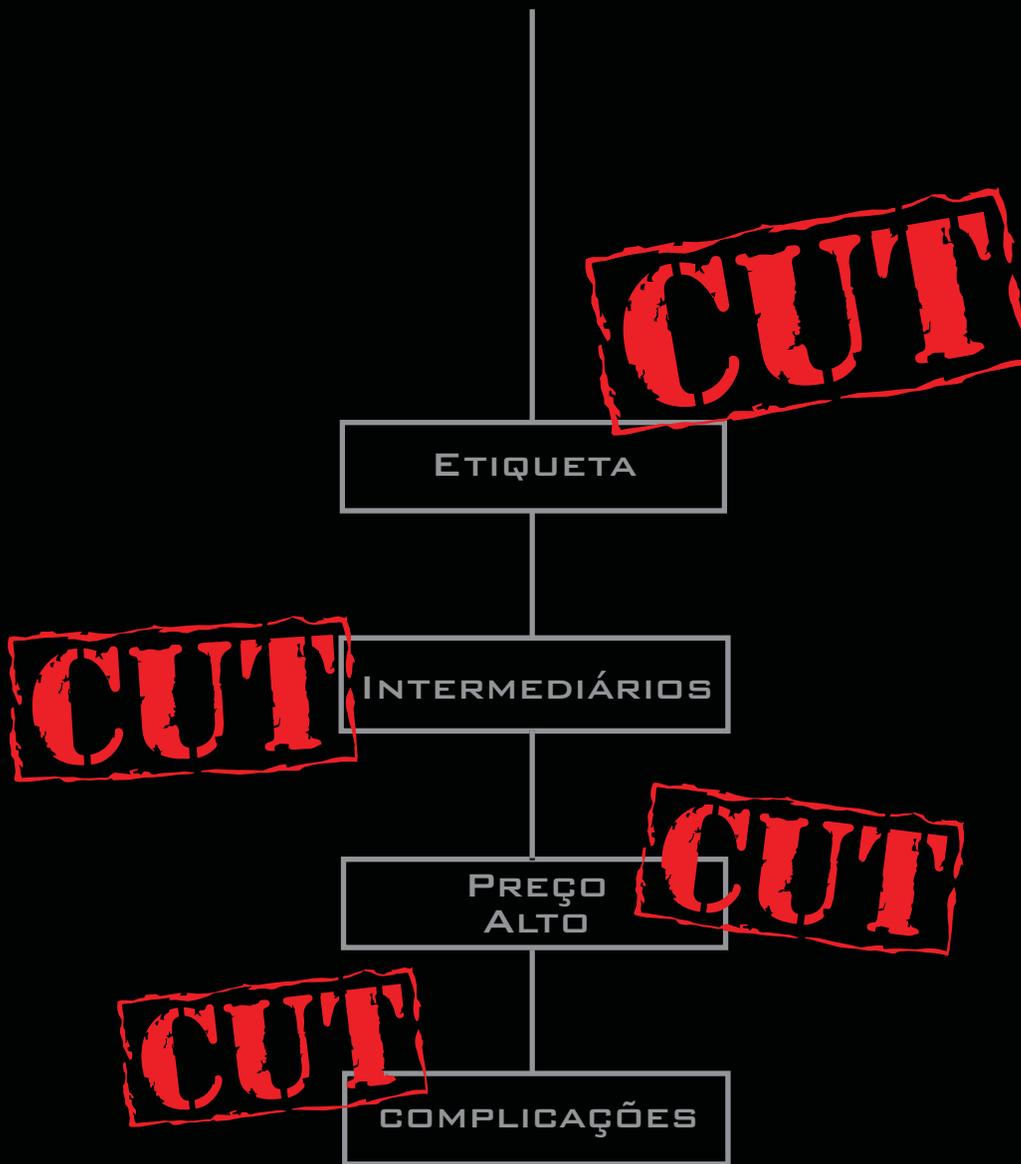
Reforço com aplicação de Manta de Fibra de Carbono

Impermeabilização



Impermeabilização com injeção de resina de poliuretano espuma.

Ligue hoje mesmo.
Atendemos em todo o Brasil.
tel/fax: (11) 3904-0122 / 3904-0493



MAIS?...

FIBRA DE CARBONO MFC

Tecido, fita, barras, varas e muito mais.

Tele-atendimento - (0XX21) 2493-4702 - fax (0XX21) 2493-5553 - produtos@recuperar.com.br - Fax consulta n° 03



Figura 7 - A aplicação complementar de epóxi estruturante, com espátula, para nivelamento do sulco já com a fita de reforço.



Figura 9 - Esta viga foi armada apenas com armadura de flexão, ou seja, sem qualquer estribo para atuação contra esforços de cisalhamento. Como se vê na foto, promoveu-se o reforço da condição de cisalhamento por ISS com a FITA MFC. À seguir, ensaiou-se até a rutura por escoamento da armadura de flexão.

Figura 8 - O reforço feito em uma laje.



- 7 - Com uma espátula retire todo excesso e limpe a superfície com estopa e álcool.
- 8 - Aplique uma fita crepe cobrindo o local.
- 9 - 24 horas após, retire a fita crepe, podendo-se usar uma pequena lixadeira para proceder a remoção da fita crepe.

São muitas as aplicações da FITA MFC, predominantemente o aumento da capacidade de flexão e/ou cisalhamento de vigas e o aumento da capacidade de flexão de lajes.



Fax consulta nº 04



RECUPERAR

Para ter mais informações sobre Métodos de Recuperação.

www.recuperar.com.br

Instituto de Patologias da Construção
www.ipacon.com.br

REFERÊNCIAS

- Carlos Carvalho Rocha é engenheiro civil, especialista em serviços de recuperação.
- “Guia para dimensionamento e aplicação de sistemas de reforço de estruturas de concreto com colagem de compósitos de fibra de carbono”, ACI 440.2R-02.
- “Guia para dimensionamento e construção de concreto armado com barras de fibra de carbono”, ACI 440.1R-01.
- “Guia para reforço à flexão e cisalhamento de peças de concreto armado usando a inserção por sulco na superfície (ISS)”, do comitê 440 (ACI), publicado no “Journal of Structural Engineering”, do American Society of Civil Engineers (ASCE).



Dúvidas ao lidar com corrosão?

- Estudos da corrosão.
- Acompanhamento forense.
- Treinamento e palestras.
- Especificações.
- Pesquisa e desenvolvimento.
- Consultoria.

CONSUL-CORR



Especialistas em corrosão.

Tele-atendimento
(0XX21) 2493-6862
fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 05

Pisos de concreto novos. O primeiro ano de vida. (I)

Carlos Alberto Monge

Conheça as transformações e o comportamento de um piso de concreto em seu primeiro ano de vida.

Engenheiros ou técnicos de empresas que executam pisos industriais de concreto devem entender que estas placas passam por acomodações e se ajustam ao ambiente. Quer exemplos? Note que, quase sempre em locais onde o piso encontra-se perfeito há, algum tempo depois, a surgência de fissuras ou mesmo trincas. O cliente pode reclamar que o piso está soltando poeira ou, quando a empilhadeira passa por uma junta de dilatação, faz um “tum”. É freqüente, também, a reclamação de que o piso vibra em determinadas áreas. E agora, José? Será

que você tem a solução para estes problemas ou simplesmente diz ao cliente que “é normal”?

Por que estão ocorrendo estes problemas? O

que você deverá fazer para corrigi-los? Cerca de 75% dos pisos industriais executados apresentam problemas no seu primeiro ano de vida. É muito problema em tão pouco tempo.



CLOR-TEST

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

Tele-atendimento
(0XX21) 2493-6862 / fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 10

O que é um piso de concreto?

Concreto é um produto químico. Seu principal componente, a matriz cimentícia, é uma mistura de calcário com argila ou outros materiais similares que, uma vez aquecida a cerca de 1450°C, submete-se a uma fusão parcial, ficando extremamente reativa e na forma de nódulos chamados clinker. A seguir, mistura-se o clinker com um pouco de sulfato de cálcio, de modo a permitir a pega do produto e influenciar a velocidade com que sua resistência se desenvolve. Está pronto o cimento Portland. Pouca química? Fique sabendo que a composição dos clinkers tem aproximadamente 67% de óxido de cálcio, CaO, 22% de sílica, SiO₂, 5% de óxido de alumínio, Al₂O₃, e 3% de outros componentes, estabelecendo-se um sistema químico de quatro fases chamado de alita, belita, aluminato e ferrita. O endurecimento ocorre quando há a adição de água. Junta-se areia, pedra e, possivelmente, aditivos químicos. Está pronto o concreto que chega até sua obra. Um metal, também quimicamente reativo, chamado aço, poderá ou não entrar na composição do piso. Parece fácil fazê-lo mas é difícil compreendê-lo, já que outras variáveis como a cura, o trá-

Um piso recém concretado. Início de uma série de transformações químicas.

fego de pessoas, empilhadeiras, a carga de produtos estocados, a umidade, a temperatura sobre o piso etc, são fatores a ser considerados, induzindo o pensamento de que pisos de concreto está mais para arte do que para ciência. Não existem dois pisos de concreto exatamente iguais, mas existe um caminho de problemas que poderão ocorrer em seu primeiro ano de vida. Ocorrerão acomodações verticais na placa e, principalmente, encolhimentos (retração) em suas dimensões.

Fato nº 1

Todo piso encolhe

Muitos técnicos esquecem que todo concreto, inclusive os de alto desempenho ou alta performance, sofrem retração, pelo fato

de consumirem duas quantidades básicas de água: uma estrutural, que possibilita a reação da matriz e a da trabalhabilidade, que permite o seu lançamento nas condições especificadas. Esta última água, após



Pisos de concreto para pavimento. Sua performance ou durabilidade dependerá do cuidado dado ao longo do primeiro ano de vida.

o endurecimento do concreto, irá evaporar num período de tempo tão variável quanto longo. Claro, saindo a água, a placa de concreto executada sofrerá um encolhimento em suas dimensões laterais, típico de uma roupa nova após a primeira lavagem. A grande questão é quanto de água irá volatilizar e qual será a velocidade deste processo.

Muitos técnicos esquecem que, após o lançamento do concreto, dever-se-á fazer todo esforço para reter a água na placa até que a matriz sofra todas as reações necessárias à sua hidratação. Este processo é chamado de “cura”. Quando é bem feito, ter-se-á uma placa resistente e bem durável. Após o processo de cura, a velocidade de encolhimento da placa aumenta e, progressivamente, começa a diminuir.

Velocidade de encolhimento (retração) de um piso de concreto

Velocidade de encolhimento (retração) de um piso de concreto. Um estudo* da Portland Cement Association (PCA) informa que um piso de concreto com 15cm de espessura apresenta a seguinte velocidade de encolhimento típica:

- Primeiros 30 dias 15% (apenas!!!)
- Restantes 335 dias 50%
- Total em um ano 65%**

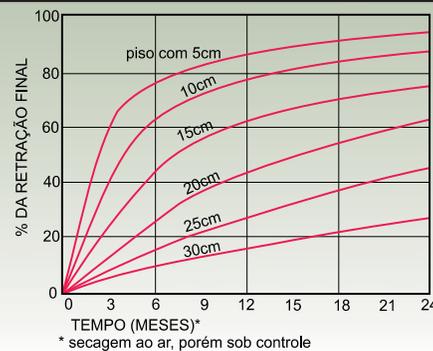
* PCA (Portland Cement Association) development bulletin #103

Enquanto você está lendo este artigo, o piso que você executou está encolhendo ou, se desejar, sofrendo um processo fisiológico de retração. Faz parte. É natural que o leitor pergunte agora qual a

% de retração em função da espessura do piso

Se dois pisos de concreto forem feitos da mesma maneira e nas mesmas condições, poder-se-á dizer que um piso de 20cm de espessura estará sujeito a uma velocidade de encolhimento (retração) menor que o de 15cm.

Portland Cement Association (PCA)



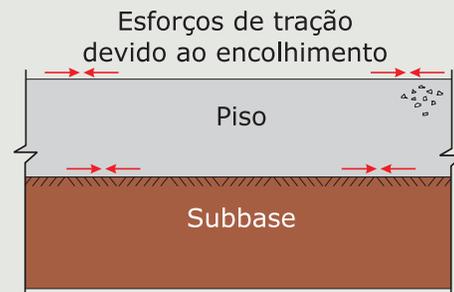
quantidade de encolhimento que um piso se submete em suas dimensões? Depende de algumas variáveis, incluindo-se aí sua espessura, tamanho da pedra utilizada, fator água/cimento empregado etc. De um modo geral, um piso industrial ou comercial básico com 15 cm de espessura encolhe 3 milímetros para cada 6 metros de sua dimensão. Se desejar obter mais informações a respeito da quantidade de retração que um piso sofre, os quadros abaixo e acima pertinente ao Boletim 130 do PCA, irão ajudá-lo.

Fato nº2

Encolher significa fissuras e trincas

Com uma serra daquelas de cortar concreto, tira-se um pedaço do piso, digamos de 20cm de largura por 20cm de comprimento em toda a sua espessura de 15cm, para entender o fenômeno em ques-

ção. O fato de a superfície superior do piso estar exposta ao ar faz com que perca umidade por evaporação, secando rapidamente. Esta secagem provoca o encolhimento da superfície, acompanhado de esforços de tração em centenas de micro regiões do pedaço de piso. Estes esforços são superiores à resistência (pouca) de tração do concreto. Logicamente surgem fissuras. Concordamos também que a superfície do piso, em contato com o



Idéia de micro regiões do piso submetidas a tensões de tração, devido à retração.

Juntas serradas?



Juntas serradas precisam ser calafetadas com Epóxi 36. De outra forma, o tráfego de empilhadeiras quebra as bordas das juntas.

SÓ COM EPÓXI SEMI-RÍGIDO 36

A melhor solução para juntas serradas é o EPÓXI 36, pois adere nas bordas, permitindo que a junta “trabalhe” adequadamente, impedindo que as rodas da empilhadeira quebrem suas bordas.

Use Tecnologia.

Use EPÓXI 36

Tele-atendimento
(0XX21) 2493-6740 / fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 11



Juntas serradas precisam de Epóxi 36

terreno está encolhendo, só que a uma velocidade bem menor. Este importante fato engata uma quinta marcha na surgência de esforços de tração, provocando fissuras e trincas no piso de concreto. Para abrir a válvula de escape das crescentes tensões ou esforços de tração que se acumulam ao longo do piso, com conseqüente e incontável surgimento de fissuras/trincas, procede-se o corte do piso em pequenas áreas ou panos. Este corte efetuado no piso chama-se junta de contração, encurtamento, retraimento ou, mais adequadamente, de controle. Elas enfraquecem o piso a intervalos regulares, fazendo com que surjam fissuras/trincas sob o corte efetuado e não aleatoriamente.

Um segredo: Para ser efetiva, a junta de controle tem que ser profunda o suficien-

GLOSSÁRIO

Subleito – superfície do terreno preparado e compactado para suportar o piso de concreto.

Sub-base – camada de material (brita por exemplo) situada entre o piso de concreto e o subleito.



te para enfraquecer o piso, pelo menos 1/4 da sua espessura, e deverá ser executada tão logo o concreto aceite o tráfego de pessoas (e do equipamento), antes que as tensões de tração, que se avolumam, excedam a ainda sonolenta resistência de tração do concreto. A encrenca é que, nem sempre juntas de controle impedem o despontar de fissuras/trincas, e há um caminho de razões. Vamos basculhar quatro principais.

1ª razão:

O arrastão na sub-base

À medida que o piso encolhe, arrasta-se sobre a base na qual foi executado. Se esta base apresenta regiões heterogêneas ou diferentes, claro que surgirão bloqueios ou impedimentos ao arraste e, conseqüentemente, trincas surgirão.

Metacrilato

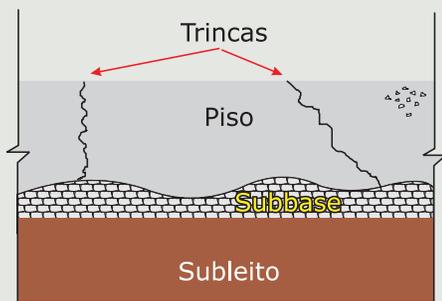
Penetração inigualável

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



METACRILATO

Tele-atendimento
 (0XX21) 2493-4702 / fax (0XX21) 2493-5553
 produtos@recuperar.com.br
 Fax consulta nº 12

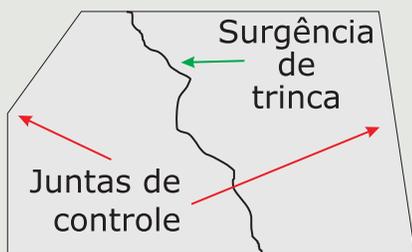


2ª razão:

Panos com tamanhos irregulares

O concreto encolhe com velocidades diferentes na superfície superior e inferior. Se o piso for cortado em painéis com formas irregulares, poderão surgir tensões desiguais durante o encolhimento.

O resultado, claro, são fissuras e trincas.



Pano mal dimensionado.

Máximo espaçamento recomendado para juntas de controle (em metros)			
Slump entre 102mm e 152mm			
Espessura do piso (cm)	Agregado graúdo pedra 19mm ou menor	Agregado graúdo pedra 19mm ou maior	Slump menor que 102mm
10	2,4	3,00	3,70
12	3,00	4,00	4,50
15	3,60	4,50	5,50
18	4,20	5,50	6,40
20	4,80	6,00	7,31
23	5,50	7,00	8,30
25	6,00	7,60	9,15

Nota: Estes espaçamentos também se aplicam para as distâncias entre as juntas de dilatação e juntas de isolamento de pilares ou juntas de construção. Espaçamentos maiores que 4,5m podem apresentar perda substancial do efetivo intertravamento entre agregados graúdos que, efetivamente, promovem a transferência de carga pela junta.

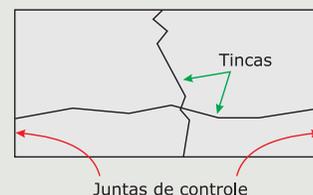
3ª razão:

Juntas muito distantes

O portland Cement Association tem uma tabela que apresentamos acima, muito interessante, especificando o espaçamento entre

juntas de controle. Como regra básica, poder-se-á usar espaçamentos de 60cm a 75cm para cada 1,5cm de espessura do piso.

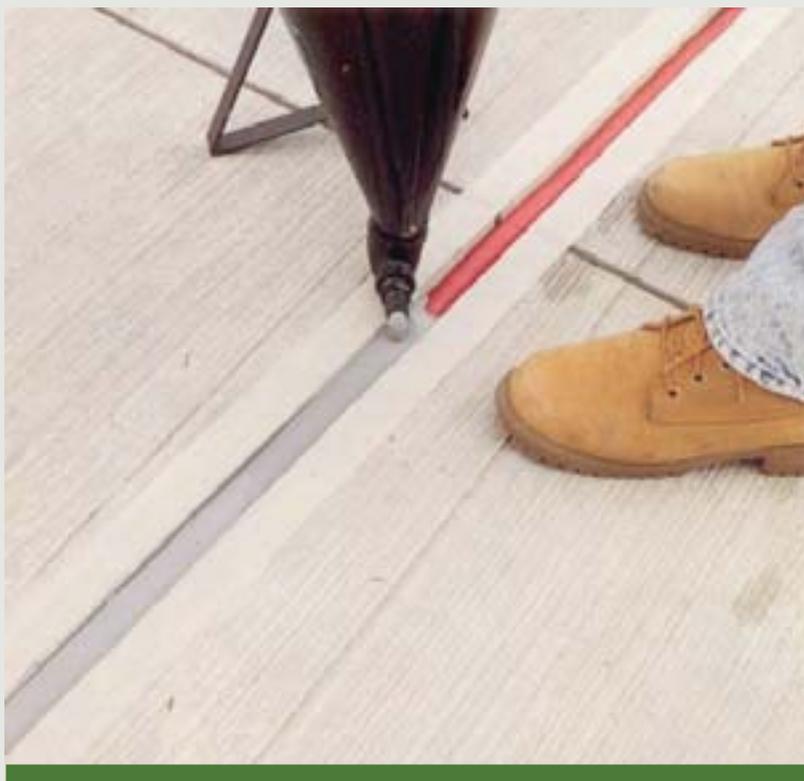
Na verdade, o espaçamento adequado dependerá de algumas variáveis relacionadas



Panos muito grandes entre juntas de controle são sérios candidatos a terem trincas.

GLOSSÁRIO

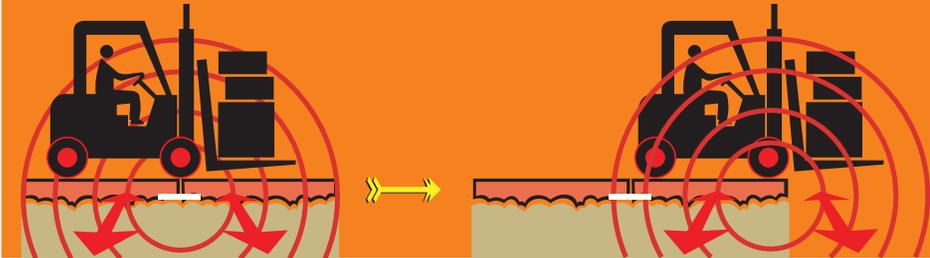
Juntas de isolamento – permitem o movimento vertical e horizontal entre faces adjacentes de um piso, de pilares existentes em seu meio, assim como paredes e bases de máquinas. Separa completamente o piso destas peças estruturais, permitindo que cada uma mova-se separadamente.



O preenchimento da junta de controle, com epóxi semi-rígido, após o corte.

Calafetamento da junta de dilatação com elastômero de poliuretano. Repare a fita crepe isolando a junta e o delimitador de profundidades vermelho, estabelecendo a profundidade correta do preenchimento. Repare também a junta de controle (serrada) que atravessa a junta de dilatação. O tratamento recomendado para esta última é com epóxi semi-rígido.

Nesta seqüência, observe o desenvolvimento da carga atuante no piso pela roda dianteira da empilhadeira.



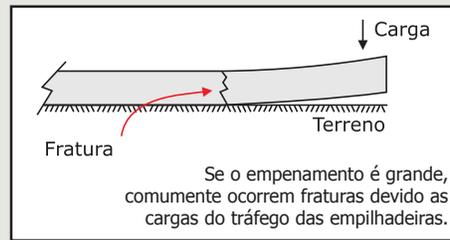
à velocidade de encolhimento, como o fator A/C, tamanho do agregado, espessura do piso etc. Espaçamentos maiores que os sugeridos poderão provocar fissuras/trincas até mesmo em panos delimitados na forma quadrada.

4ª razão

Empenamentos nas pontas das juntas

Como afirmamos anteriormente, o encolhimento na superfície superior do piso

ocorre a uma velocidade superior em relação a da superfície inferior. Este fenômeno, caso ocorra a uma velocidade rápida, poderá puxar as extremidades do piso



para cima. Em outras palavras: empenamentos no piso.

Na próxima edição apresentaremos a continuidade dos fatos que afetam substancialmente pisos de concreto em seu primeiro ano de vida.

Fax consulta nº 13



RECUPERAR

Para ter mais informações sobre Pisos de Concreto.

www.recuperar.com.br

REFERÊNCIAS

- Carlos Alberto Monge é engenheiro civil, especialista em serviços de recuperação.
- Portland cement association concrete inspection handbook.
- ACI committee 302, "Guide for concrete floor and slab construction, ACI 302.
- Robert F. Ytterberg, "Shrinkage and curting of slabs on grade", ACI.
- Ralph E. Spears concrete floors on ground, Portland cement association.

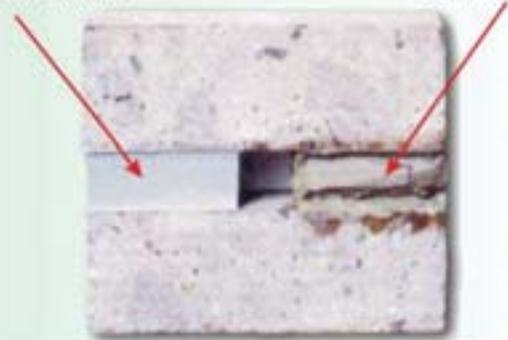
ELASTO-THANE
Selante Elastomérico de Poliuretano

O selante elastomérico de poliuretano ELASTO-THANE é o mais vendido no mercado norte-americano. Saiba a razão desta preferência. Peça o melhor elastômero de poliuretano pelo melhor preço do mercado. Aproveite.

Tele-atendimento
(0XX21) 2493-4702 / fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 14

Elastômero
Elasto-thane

O melhor elastômero
do mercado

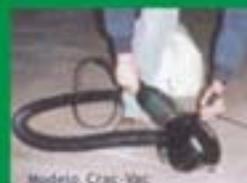


**Fresagem do concreto?
Remoção de tintas?
Escarificação de pisos?**

Utilize nossas fresas, com motor elétrico ou à gasolina, para preparar pisos, seja para aplicação de overlays, epóxi ou impermeabilização. A fresagem garante a adesão.

FRESAS

Tele-atendimento
(0XX21) 2493-4702
fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 15



**Corte difícil
e sem poeira?**

Não esquite a cabeça. Cortes largos e profundos em concreto armado é fácil, rápido e sem poeira. Conheça nossa linha de serras de alto desempenho para concreto armado com corte de 25 a 75mm de profundidade e com largura de 12 a 54mm. Todas com captadores de poeira. Se a superfície é um problema, utilize a mais moderna tecnologia de preparação por fresagem com as FRESAS TVA e TVB. Portáteis, leves e sem poeira.

Tele-atendimento
(0XX21) 2493-4702
fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 16



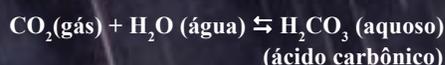
Chuva Ácida

nas estruturas.

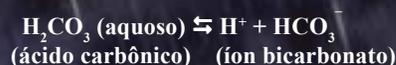
Evandro Salles Pinto

O que acontece com as estruturas submetidas à corrosão atmosférica provocada pela chuva, cada vez mais ácida e poluída?

Um dos problemas mais graves que regiões como a nossa vêm enfrentando atualmente é a chuva ácida. Este termo genérico abrange vários fenômenos, entre eles a neblina ácida, relacionada a precipitações substanciais de ácidos. A chuva ácida conduz a conseqüências ecológicas danosas e a presença de partículas de ácidos no ar, certamente, também tem efeitos diretos sobre a saúde das estruturas de concreto armado-protendido e, por que não dizer, metálicas. Este fenômeno refere-se à precipitação mais ácida que a chuva “natural”, não poluída, ligeiramente ácida, devido a presença de dióxido de carbono atmosférico dissolvido, que forma o ácido carbônico:



Em seguida, o H_2CO_3 ioniza-se parcialmente, liberando um íon hidrogênio, com a resultante redução no pH de tudo que estiver ao seu alcance.



Devido a essa fonte de acidez, o pH da chuva “natural”, não poluída, é de cerca de 5,6. Apenas a chuva que é apreciavelmente mais ácida que isso, ou seja, com um pH menor que 5, é considerada chuva “ácida”, tendo

GLOSSÁRIO

Eletrólito – condutor iônico (usualmente em solução aquosa).

Íon – um átomo ou grupo de átomos que ganharam ou perderam um ou mais elétrons (da camada externa ou de valência), passando a carregar uma carga elétrica.

em vista a presença de quantidades de traços de ácidos fortes naturais, o que leva a acidez da chuva em ar puro a um nível um pouco mais alto que aqueles existentes pela presença apenas do dióxido de carbono, CO_2 .

Quem predomina?

Os dois ácidos predominantes na chuva ácida são o ácido sulfúrico, H_2SO_4 , e o áci-

MODO DE CLASSIFICAR A CORROSÃO ATMOSFÉRICA



do nítrico, HNO_3 . Em termos gerais, a chuva ácida precipita-se segundo a direção do vento em um local distante da fonte dos poluentes primários, isto é, o dióxido de enxofre, SO_2 , e óxidos de nitrogênio, NO_x . Os ácidos são gerados durante o transporte da massa de ar que contém os

poluentes, não respeitando estados nem fronteiras internacionais em razão do deslocamento de longa distância que sofrem, com frequência, os poluentes atmosféricos. Por exemplo, resinas termelétricas à base de queima de carvão lançam dióxido de enxofre no ar porque seus gases resi-

GLOSSÁRIO

Ácido clorídrico – solução de hidreto (substância binária do hidrogênio com outro elemento) de cloro ou gás clorídrico, em água. É o mais importante dos halógeno-ácidos.

Halogênios – são os elementos flúor, cloro, bromo e iodo, ávidos para formas substâncias salinas, quando combinam com elementos eletropositivos como o ferro ionizado Fe^{++} .

Sulfeto de hidrogênio (H_2S) – também chamado de gás sulfídrico. Quando em solução aquosa, produz o ácido sulfídrico. Venenoso.

duais não são tratados e limpos antes da liberação. A indústria do petróleo emite também dióxido de enxofre no ar diretamente como SO_2 ou indiretamente com sulfeto de hidrogênio, H_2S , quando o petróleo é refinado e o gás natural purificado antes da distribuição. O H_2S é também um poluente comum nas emissões da indústria de polpa celulósica e papel.

O enxofre, particularmente, pode existir nos estados de oxidação de -2 a $+6$ na água, confirmando seu estado de resistividade multidimensional, podendo fantasiar-se de várias substâncias, extremamente importantes para a corrosão. Assim, pode aparecer como íons sulfetos (S^{-2}), hidrosulfetos (HS^-), bisulfatos (H_2SO_4), sulfeto de hidrogênio (H_2S) e os sulfatos SO_4^{-2} , este não tão reativo para produzir corrosão (mas ataca o concreto). Com relação ao gás H_2S , é considerado um ácido fraco. No entanto, quando ionizado na água, pode produzir pH inferior a 4.

Além da composição química da chuva, suas características físicas de precipitação, como a intensidade, quantidade, frequência, além da extensão dos ciclos de seca e molhagem também têm culpa no car-



NEUTRODOR

O controle total do odor

O neutralizador de odores NEUTRODOR recupera quimicamente gases nocivos, transformando-os em gases totalmente sem cheiro ou com aromas. A fórmula do NEUTRODOR utiliza ingredientes orgânicos biodegradáveis, absolutamente não corrosivos e seguros para o meio ambiente.

Projetado com o objetivo de desodorizar simultaneamente uma grande quantidade de gases ácidos ou alcalinos, as diversas fórmulas de NEUTRODOR dissolvem e neutralizam gases, através de reações químicas inversas e de absorção. As fórmulas do NEUTRODOR são especialmente adequadas para neutralizar odores de refinarias, estações de tratamento de esgotos e de lixo, indústrias de processamento químico etc.

Faça um teste rápido em seu laboratório (poucos minutos) e você saberá porque NEUTRODOR é a melhor resposta para a presença daquele cheiro que compromete seu negócio.

NEUTRODOR

é um mar de rosas.



Tele-atendimento
(0XX21) 2493-4702
fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 22



Lá vem chuva e toda aquela molhação...

... com **SILANO CORR**
não tem tempo ruim.

Superfícies de concreto aparente agora estão protegidas. SILANO-CORR é um possante hidrofugante especificamente projetado para o concreto composto com inibidor iônico de última geração que realmente protege o concreto da degradação ambiental e suas armaduras da corrosão. Sua garantia é superior a 10 anos.

SILANO-CORR é incolor, não faz película. É imperceptível na superfície do concreto.

Você ainda usa verniz para proteger o concreto aparente?

Você merece uma solução melhor. SILANO-CORR.

SILANO-CORR

Tele-atendimento
(0XX21) 2493-6862
fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 23

GLOSSÁRIO

Energia de ionização – energia mínima necessária para ionizar um átomo ou molécula que se encontra primitivamente em seu estado fundamental.

Polarização – mudança do potencial causada por fluxo de corrente.

Álcalis – nome derivado do árabe, pelo qual se designam as bases dos metais alcalinos (cálcio, sódio, lítio, potássio etc).

Base – substância que, em solução aquosa, fornece íon hidroxila OH⁻ (ex.: hidróxido de cálcio CaOH). É o oposto do ácido.



Materiais que compõem fachadas de edificações sofrem com o advento da chuva ácida.



tório quando de processos de corrosão. Recente pesquisa publicada na *Materials Performance* sobre a degradação de revestimentos de fachadas adiciona uma outra variável chamada velocidade de fuga das

substâncias salinas pertinentes ao concreto exposto à atmosfera.

Portanto, a inclusão de substâncias ácidas e oxigênio dissolvido via chuva nas estruturas, o efeito da energia de ionização, a con-

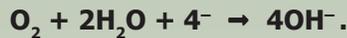
centração e difusão iônica, os consequentes potenciais, mudanças de pH e condutividade elétrica introduzem no concreto a substância denominada eletrólito, diretor e ator principal do filme chamado corrosão nas armaduras, com tempo ainda para interferir em sua intensidade e distribuição. A facilidade com que o oxigênio pula o muro em algumas regiões e infiltra-se no eletrólito, provocando um grande processo de difusão deste gás, diferentemente de outros onde há mais restrições, gera corrosão devido a aeração desigual.

O fio da meada da corrosão atmosférica

No lado catódico da corrosão, se assumirmos que a película do eletrólito sobre o aço é extremamente fina e neutra ou levemente ácida, teremos ali a reação



Havendo oxigênio (O₂) na parada, haverá consumo de elétrons e, conseqüentemente, o fino eletrólito (H₂O) estará detonando mais corrosão com a reação



Caso haja uma boa difusão do oxigênio do ar atmosférico alimentando a fina película do eletrólito (H₂O), presente na superfície do aço, certamente, teremos uma densidade de corrente de corrosão atuante em função desta difusão.

No lado anódico, conseqüentemente, ocorre a tradicional dissolução do ferro



onde os produtos da corrosão (óxidos e hidróxidos metálicos), sua solubilidade na fina película do eletrólito e a formação de filmes passivos afetarão a densidade da corrente e a velocidade total da dissolução do aço.

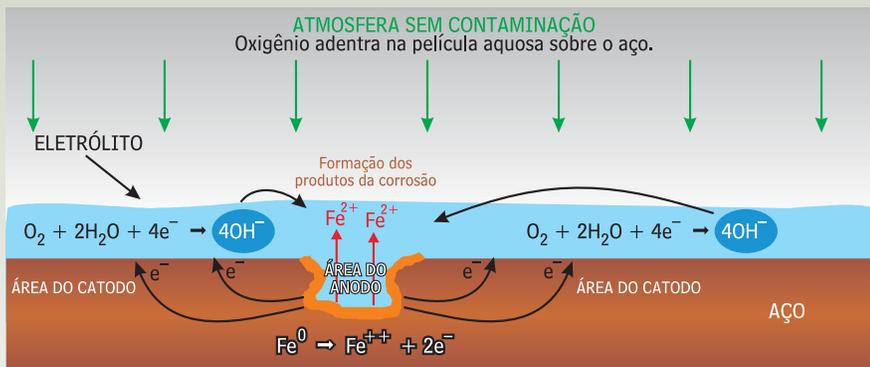


O eletrólito

A severidade da corrosão freqüentemente cresce com o aumento da condutividade elétrica do eletrólito, exatamente porque este estado é causado pela presença de íons agressivos e oxidantes (sequestram elétrons) como gás oxigênio, os sais iônicos cloretos e substâncias ácidas.

A condutividade do eletrólito varia muito, o que pode ser confirmado pelo quadro a ser apresentado a seguir.

A presença, na água, de bicarbonatos, silicatos e sulfatos aumenta a formação de produtos insolúveis de corrosão, depolarizan-



A solubilidade dos produtos da corrosão aumenta substancialmente as velocidades de corrosão, principalmente quando há a presença dos famigerados e negativos íons cloretos Cl⁻, tão ferozes quanto os também negativos íons hidroxilas, OH⁻, para correr atrás dos belos e positivos íons ferrosos, Fe²⁺, na zona do agrião anódica. Nesta queda de braço entre Cl⁻ e OH⁻, os primeiros mostraram-se profissionais, pois enquanto os íons OH⁻ "matam" os pobres íons Fe²⁺ e se compadecem, formando substâncias estáveis, os outros "matam" e corroem atrás dos Fe²⁺ restantes, ou seja criam espécies instáveis (solúveis), estimulando mais corrosão.

do a pilha de corrosão. A diminuição do pH do eletrólito faz aumentar a corrosão do aço devido à grande surgência de íons hidrogênio, também exímios sequestradores de

alcalinidade não cria a passividade, apenas oferece conforto suficiente para que ela se mantenha. Efetivamente, à medida que vamos hipoteticamente ao longo da super-



Eletrólito	Condutividade em $\mu\text{s/cm}$
Água destilada nova	0,5 a 2
Água destilada com algum tempo	2 a 4
Água da torneira	50 a 1500
Água do mar	40.000
Solução saturada de cloreto de sódio (NaCl)	250.000
Ácido sulfúrico H_2SO_4	≤ 800.000
Sais em estado líquido	20.000 a 10^7



elétrons. Para pH superior a 10, a velocidade da corrosão é pequena, por este ambiente ajudar a película dos óxidos férricos e ferroso, indivíduos passivantes, que bararam a introdução do oxigênio dissolvido. A

fície do aço sujeito a eletrólitos diferentes ou mesmo iguais, mas em concentrações diferentes, visualizar-se-ão diferentes potenciais ou voltagens, o que gera pilhas de corrosão.

Fax consulta nº 24

RECUPERAR

Para ter mais informações sobre Corrosão.

www.recuperar.com.br

REFERÊNCIAS

- Evandro Salles Pinto é engenheiro metalúrgico especialista em corrosão.
- ASTM STP767 "Atmospheric Corrosion of Metals" ..
- ASTM STP965 "Degradation of Metals in the Atmosphere" ..
- L.L. Shreir, R.A. Jarman, and G.T. Burstein, "Corrosion, vol. 1, Metals/environment reactions".

Instituto de Patologias da Construção

www.ipacon.com.br

Epóxis Subaquáticos?



Biodur 560

Epóxi com fibras de aramida aplicado a rolo. Altíssima resistência abrasiva e de tração em qualquer tipo de superfície submersa. O mais aplicado em serviços offshore no mundo todo.

Biodur 561

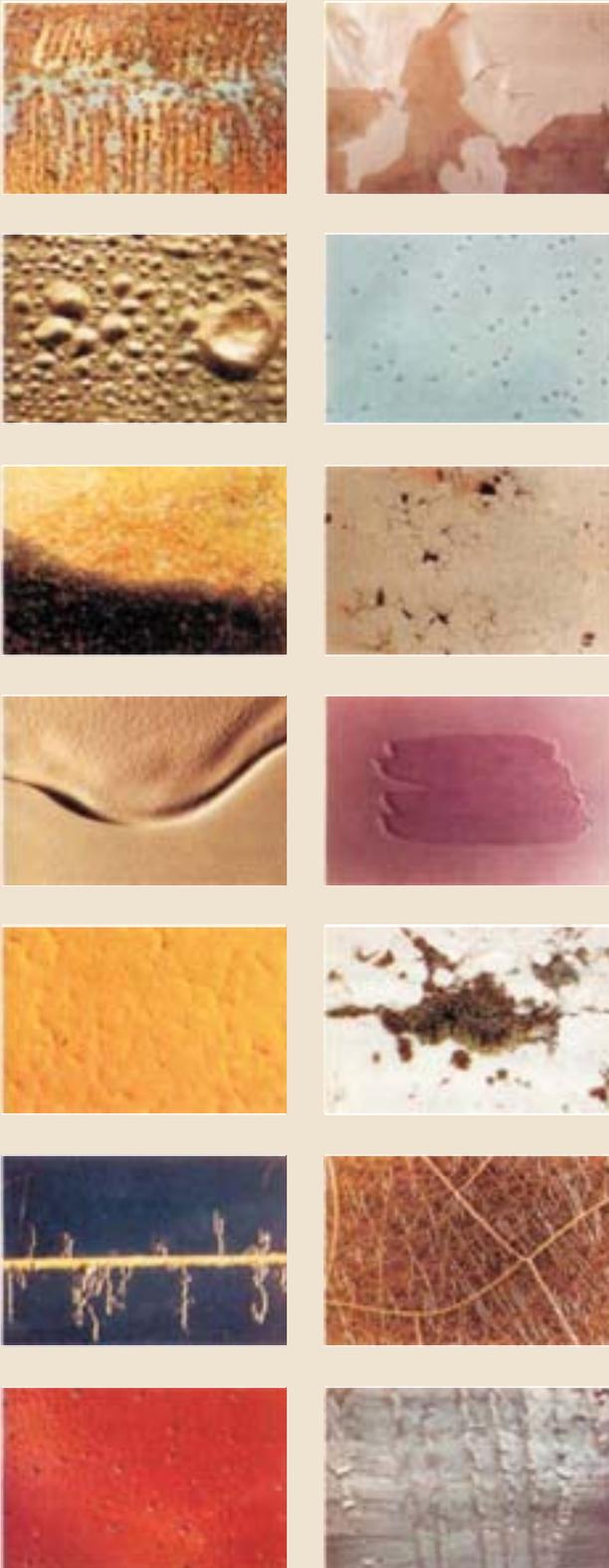
Massa/Pasta epóxica com fibras de aramida. Ideal para aplicar em superfícies já com perda de seção, de preferência a mão. Material obrigatório em plataformas offshore e em regiões de barragens sujeitas a abrasão-cavitação.

Epóxi N° 500

Epóxi em duplo cartucho e com mixer, ideal para chumbamentos subaquáticos. É só colocar na pistola e pronto. Não escorre. Pega em poucos minutos.

Estes são os epóxis que aguentam o tranco de sua obra subaquática.

Tele-atendimento
 (0XX21) 2493-4702
 fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br
 Fax consulta nº 25



Pinturas de proteção. Cada vez mais problemáticas.

Leonardo de Almeida Pinto

Pouco tempo após a pintura, a película de proteção começa a falhar. O que fazer?

É tarefa das mais difíceis querer padronizar um guia de recuperação de superfícies pintadas, exatamente porque existe uma variedade quase que interminável de problemas em películas de tintas e uma multidão de fatores causadores. Por exemplo, o tratamento aplicado no descolamento de uma película acrílica (primer e acabamento) da fachada pode não ter nada a ver com o descolamento de uma película de primer e acabamento de um poliuretano no mesmo paramento. Além do aspecto técnico que precisa ser decifrado há, também, o aspecto econômico. Assim, se um prédio de 20 andares tem como diagnóstico “ineficiência do primer” para o descolamento da película, a “solução técnica correta” exigirá a remoção completa de toda a pintura e a aplicação de um novo sistema primer/acabamento. Ocorre, no entanto, que esta não é uma solução economicamente viável. Tecnicamente também não tem se mostrado ser 100% correta.

Continua na página 30

Quando a Recuperação É Complexa



Acredite, há sempre
uma boa solução.



Recuperar não é tão fácil como parece. Consulte um especialista. Recuperar requer conhecimento amplo e preciso sobre os danos, suas causas, conseqüências e sobre a melhor estratégia a adotar. A visão simplista do problema, invariavelmente, acarreta sua recorrência e maiores custos no futuro.

A NCA possui profissionais especializados em cálculo, projeto e recuperação estrutural na área civil e industrial, oferecendo soluções diferenciadas em todos os campos da construção.

Consulte-nos!

NCA
NÚCLEO CONSULTORES ASSOCIADOS LTDA

Diagnóstico e soluções precisas tel.: (21) 2224-6498 • fax: (21) 2509-7775
nca@nca.com.br • www.nca.com.br

ALICERCE

TECNOLOGIA EM SERVIÇOS DE RECUPERAÇÃO

ENGº SÍLVIO ANDRADE

(81) 3228-7500

(81) 9973-8955

alicerce@br.inter.net

- Isolamento Térmico.
- Injeção de Poliuretano Hidroexpansivo.
- Endurecimento Químico de Pisos.
- Recuperação e Reforço de Estruturas utilizando Fibra de Carbono.
- Interrupção da Corrosão com Proteção Catódica.
- Juntas de Dilatação.



O ambiente corrosivo industrial exige muito do revestimento protetor como grande capacidade isolante (dielétrica) excelente resistência a substâncias químicas e a própria água, de modo a bloquear os fluxos da corrente de corrosão pela superfície.

Fazer o que?

Uma vez detectado o motivo ou a causa do problema em uma pintura, a primeira coisa a fazer é quantificar o montante do problema. Se a desgraça é pouca, ou seja, apresenta-se em regiões localizadas, uma vez feito o mapeamento, bastará uma espátula, uma lixa ou lixadeira e a correção far-se-á sem mistérios, desde que não se exija 100% de perfeição. Já que falamos em porcentagem, torna-se importante levantar a quantidade das áreas efetivamente afetadas e as que se apresentam em vias de fato.

Como já comentamos, mesmo que tenhamos a constatação de uma grande área comprometida, nem sempre torna-se necessário remover todo o sistema aplicado. Quer ver? Se a pintura de acabamento estiver soltando ou descamando em relação ao seu primer ou base, talvez porque o filme aplicado tenha sido muito fino ou com espessura que não tenha garantido sua sustentação, por uma mistura mal feita ou mesmo porque a tinta final tenha sido de má qualidade, devemos concordar que dever-se-á retirá-la e manter o primer intacto. Certo? Claro, técnica e economicamente correto, mesmo

porque não é bom expor a superfície ao ambiente, tanto da obra quanto do original, seja ela um simples emboço, uma superfície de concreto ou uma complicada superfície metálica. Imagine a qualidade do ar diante de um lixamento eletromecânico, por exemplo.

Agora, imaginemos que o problema tenha sido de tonalidade ou descoloração, quer dizer perda ou desbotamento da cor original, tipicamente uma questão cosmética e não estrutural como o caso anterior da descamação. Concordamos que bastará uma demão da tinta de acabamento, desde que sua formulação seja corrigida e, claro, compatível com a base aplicada. Compatível significa que pode coexistir com outro. Vamos ver.

Compatibilidade

Compatibilidade lembra um pouco essa história de DNA. Quando se pensa em repintura, seja o motivo qual for, essa é a palavra chave. É óbvio que não poderemos aplicar um epóxi, recheado de solvente, sobre um látex acrílico. Os efeitos combinados da volatilidade intrínseca do solvente aliado às conseqüentes tensões inerentes da cura de toda película certamente irão



Análise do revestimento epóxico de uma piscina, motivado pela formação de bolhas na película (foto menor).

se sempre impossível. A não ser que o fabricante assinasse embaixo. Com assinatura e tudo ainda é bom fazer um teste, simulando as piores condições a serem encontradas durante e após a execução do serviço. Conseguida a cura total da película de teste, dever-se-

literalmente “pescar”, com direito a uso de molinete e tudo, o pobre acrílico, extremamente alérgico a solventes. Às vezes a compatibilidade aparece ou entra mascarada. Então não parece tão óbvia. Pode um epóxi à base de alcatrão (que muitos chamam de coaltar epóxi) ser, tempos depois, repintado com o mesmo produto? Por que não? 100% de compatibilidade, não é? Ocorre que superfícies pintadas com este tipo de polímero são difíceis de aceitar repintura, mesmo sendo de sua própria família. A radiação solar, a química envolvida e a deterioração da superfície confirmam que é qua-



á fazer o teste de adesão. Correto? Não totalmente. Torna-se necessário, literalmente, estressar a película segundo as condições locais para depois executar o teste de adesão. O problema é que quase sempre a coisa acaba como em novela. Tudo e todos numa boa, ou seja, a adesão é conseguida com méritos. Simulam-se realmente uma vida real (ou um pouco) para a película? Trata-se de um problema sério sobre o qual costuma haver discussão. Negociações a parte, dever-se-á obter pelo menos dois meses de vida para a película, para depois fazer o teste. Isto porque é comum, com o passar do tempo, ocorrer mudanças nas características das tintas a dois componentes, como também nas tintas que curam pela oxidação com o ar. A verdade é que toda tinta mostra excelente serviço de adesão no início, algumas porém vão perdendo esta importante característica à medida que curam, evidenciando até fissuras e trincas, tornando-se frágeis. Logo, quanto mais tempo ganharmos para fazer o teste, melhor.

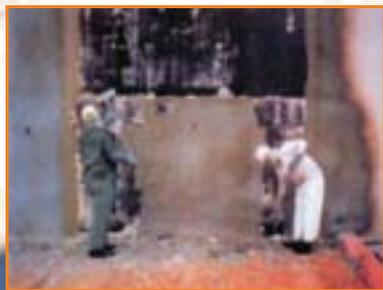
Instalações de risco exigem constante monitoramento da película de proteção.

remotim

Chemical Paint Stripper

REMOTIM é um removedor de películas (stripper), importado dos EUA, que oferece benefícios imediatos.

- Remoção sem contaminação do ambiente.
- Remove múltiplas camadas de tintas.
- Aplicação simples.
- Após aplicado, o produto é removido por espátula ou jateamento com água.
- Redução significativa da mão de obra normalmente utilizada neste tipo de serviço.
- Produto atóxico.



REMOTIM

Tele-atendimento
(0XX21) 2493-6862
fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 29

Adesão

Nas edições nºs 21, 32 e 35 da RECUPERAR foram mostrados os mecanismos de adesão e coesão das tintas. Cada vez mais, entre nós, felizmente, está se exigindo testes de adesão tanto para a tinta nova aplicada e curada, quanto para a película antiga, de modo a conhecer suas condições para receber uma repintura. Em todos os casos, é importante compreender o que, efetivamente, está se medindo quando se faz um teste de adesão.

O teste de adesão de uma tinta informa:

- ✓ Sua resistência adesiva.
- ✓ Sua resistência coesiva.

Quando se faz um teste de adesão, na verdade, está-se medindo a resistência de um revestimento em diferentes “planos”. Primeiro se testará a adesão da película em relação ao substrato. Segundo, a adesão da ou entre camadas da tinta, caso exista mais de uma sobre a superfície. Tanto no primeiro quanto no segundo estaremos medindo a resistência adesiva da tinta na superfície, seu poder de coesão e a robustez da cola-



Em situações como esta, torna-se necessário dimensionar o revestimento protetor. Caso contrário, toda a estrutura estará comprometida, inclusive as instalações.

gem entre as camadas, caso exista mais de uma demão.

Ocorre que esta adesão é extremamente sensível a inúmeros fatores, razão pela qual,

Entre os testes de adesão incluem-se:

- Adesão a uma fita
- Adesão ao corte
- Adesão por tração (arrancamento)

Norma ASTM (American Society for Testing Material)

- D3359 (adesão por teste de fita)
- D6677 (adesão por corte)
- D4541 (resistência ao arrancamento de um revestimento com uso de medidores portáteis de adesão).

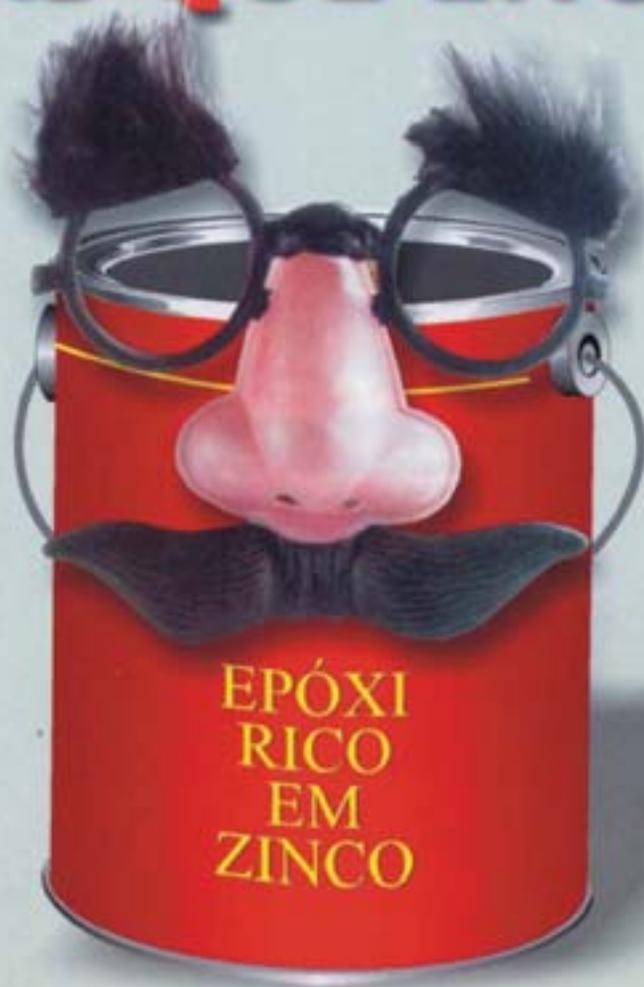
Impermeabilização por Cristalização? PENETRON

Quando misturado à água e aplicado como revestimento cimentício, seus componentes ativos encaixam uma enorme formação cristalina insolúvel dentro dos vazios, fissuras e trincas do concreto. PENETRON é a mais moderna fórmula impermeabilizante para reservatórios, tanques de água e esgotos, túneis, galeria etc.

PENETRON

Tele-atendimento
(0XX21) 2493-6862
fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 30

TINTAS QUE ENGANAM



PROTEÇÃO CATÓDICA LÍQUIDA?

SÓ COM ZLP



Epóxi rico em zinco não protege sua armadura contra a corrosão porque o epóxi é um isolante elétrico e não deixa a carga das partículas de zinco fazer a troca galvânica com a armadura. Proteção líquida contra a corrosão só com ZLP, Zinco Líquido Puro. Você aplica e a troca galvânica é instantânea, sem isolantes e sem enganação. ZLP pode ser aplicado sobre a superfície do concreto, interligando-se a película de ZLP com a armadura ou diretamente em estruturas metálicas. ZLP é proteção catódica líquida, aplicada com 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.

Em comportas de barragens



Região superior de reservatórios



Pontes



Tanques



A preparação das superfícies, em todas as situações, é fundamental. É preciso conhecer as características do revestimento e aplicá-la de acordo com as instruções do fabricante e sempre à luz de normas específicas.



Os equipamentos para medir a adesão de tintas e revestimentos.

no mundo inteiro, existem diversos padrões que estabelecem um mínimo de resistência de adesão ou coesão.

De qualquer maneira, é preciso entender que as tintas de proteção com espessura menor que 500 micrômetros são consideradas como películas finas. Quando maiores que 500 micrômetros, a película é considerada espessa. Estas últimas são chamadas proteção por barreira, enquanto que a primeira dependerá essencialmente de suas propriedades dielétricas, resistência química e da própria água para funcionar e durar.

Torna-se importante, em todos os casos, saber ou conhecer o porquê da película

ter falhado antes de tentar refazer o serviço, caso contrário poder-se-á entrar pela mesma porta errada. Um exemplo bastante comum é a utilização de revestimentos ou tintas com pigmentos de baixa qualidade que, com a radiação solar, desbotam ou descoram em períodos de até seis meses! A repintura com tinta semelhante implicará na mesma patologia.

A tarefa de se investigar o porquê da ruína de uma película de tinta não é difícil porém exige o conhecimento da mecânica da aplicação, da química da tinta em questão e de alguns métodos analíticos. 

Fax consulta nº 32



RECUPERAR

Para ter mais informações sobre Tintas e Revestimentos.

www.recuperar.com.br

REFERÊNCIAS

- **Leonardo de Almeida Pinto** é especialista em tintas e suas patologias.
- The Inspection of Coatings and Linings. The Society for protective Coatings.
- J. Steele, "Testing Adhesion of Coating Applied to Concrete".
- ASTM D 4787, Continuity Verification of Liquid of Sheet Linings Applied to Concrete Substrates, gets around the issue of variable continuity of the concrete substrate by installing a conductive underlayment beneath the coating film.
- J. Steele, "Coating Film Thickness in Concrete Sanitary Sewers: How Much is Enough?"
- J.A. Redner; E.J. Esfandi, and R.P. Hsi, "Evaluating Protective Coatings for Concrete Exposed to Sulfide Generation in Wastewater Treatment Facilities."