



PROTEÇÃO DO CONCRETO

A hora e a vez dos Silanos Inibidores.

Michelle Batista

Conheça tudo que o concreto armado-protendido queria : hidrofugação sem película e agentes iônicos inibidores da corrosão em um só produto.

Não se pode misturar propriedades mecânicas com propriedades químicas. Isso se aplica ao concreto estrutural. Com toda sua força física, o concreto armado-protendido é hidrófilo, quer dizer, molha fácil ou é seco por água, e isso é um problema na medida em que, mesmo os concretos de alta resistência ou de alto desempenho, devido ao natural processo de evaporação da água não estrutural, deixa pra trás uma rede de vazios na massa endurecida.

Temos visto e acompanhado, nas últimas décadas, a aplicação de todo tipo de proteção ou barreira para o concreto estrutural, começando com o emboço, seguido de uma infinidade de outros revestimentos estéticos. Até a perfeita aceitação do concreto aparente com a defectível e enganosa película de verniz. Esta última situação é que verdadeiramente questionamos. O resultado do concreto aparente após dois, três ou cinco anos, embelezado com vernizes, resulta naquela formação enegrecida e bolorenta, recheada de descamação, feia e difícil de ser removida.



A fabricação de pré-moldados em concreto aparente, protegidos com Silano inibidor reduzem a zero a preocupação estética, devido a molhagem das superfícies, e estrutural com a proteção das armaduras e cabos de protensão.

Quem são os hidrofugantes?

Silanos diferenciam-se dos silicones exatamente porque este último material é formador de película, não podendo adentrar nos vazios e capilares do concreto, devido ao grande tamanho de suas moléculas. Os siliconatos são silicones modificados, com moléculas um pouco menores. Razão pela qual pouco adentram na superfície do concreto, sem reagir, no entanto, com a matriz cimentícia. Sua aderência e conseqüente permanência nas paredes dos vazios do concreto é instável e sujeita a ser literalmente lavada. Na verdade, funcionam mal tanto como formadores de película como penetrantes. Os siloxanos são os que mais se aproximam dos silanos. O siloxano também é um poderoso hidrofugante. No entanto, sua molé-

cula é maior do que a do silano. Muito embora também promova reação com a superfície das paredes do concreto. A diferença básica no quesito reatividade é que, após a evaporação do solvente, que o introduz no interior do concreto, o siloxano interliga-se com a matriz cimentícia, sem se importar com a alcalinidade do ambiente. Essa, além do tamanho da molécula que a impede de adentrar tão profundamente quanto o silano, são as diferenças entre silano e siloxano. Realmente, o ambiente alcalino, com alto pH, tem tudo a ver com o silano, otimizando as reações de interligação com as substâncias formadoras da matriz cimentícia, tornando-as mais fortes, eficientes e, o mais importante, intocáveis à ação da água.

A verdade é que pouco se sabe sobre os produtos não formadores de barreiras ou que não formam película na superfície do concreto, os chamados penetrantes.

Penetrantes versus formadores de barreiras

Temos duas opções de tratamento ou, o que é o mesmo, de proteção para superfícies do concreto estrutural, de modo a impedir sua desintegração. A aplicação de barreiras ou películas à base de resinas acrílicas, epóxicas, poliuretânicas ou de silicone incorre no natural envelhecimento e perda da integridade da película, invariavelmente entre dois e cinco anos, dependendo do ambiente, o que obriga a um serviço rotineiro e caro de completa remoção para nova aplicação. Por outro lado, poderemos citar quatro penetrantes que, efetivamente, atuam em superfícies do concreto. São os silanos, os siloxanos, os siliconatos e os silicatos.

GLOSSÁRIO

Radical – átomo ou grupamento de átomos com valência livre, capazes de combinarem-se originando outras substâncias. Os radicais têm vida livre muito curta. São muito importantes do ponto de vista teórico. Exemplos: radical sulfato SO_4^{-2} , radical hidroxila OH^- , radical metila CH_3^- .

Alquila – radical derivado dos hidrocarbonetos não aromáticos pela retirada de um, dois ou mais átomos de hidrogênio ou ainda derivado dos álcools pela retirada de uma, duas ou três hidroxilas.

Etila – radical monovalente. Como os demais radicais, não pode existir livre, a não ser por espaço de tempo muito curto. Sua fórmula é $C_2H_5^-$.

Hidrófobo – não tem afinidade ou repele a água.

Hidrófilo – substância que absorve ou tem afinidade com a água.

Destes quatro apenas silanos e siloxanos podem ser considerados verdadeiros penetrantes, principalmente pelo fato de que:

- penetram profundamente,
- reagem com os produtos da matriz cimentícia,
- não descamam ou amarelam,
- bloqueiam a carbonatação e a introdução de íons contaminantes, como os cloretos, através da chuva,
- não são tóxicos, pois não contém nitrito, fosfatos ou cromatos,
- bloqueiam a reatividade álcali-agregado,
- promovem hidrofobicidade na própria matriz,
- não deixam rastros na superfície.

Os siliconatos são considerados “gordos” (moléculas grandes) e não conseguem adentrar bem através da rede capilar do concreto. O problema dos silicatos é que são muito reativos, ou seja, ao primeiro contato reagem com a matriz auto bloqueando-se. Com relação aos siliconatos e os silicatos, o primeiro pouquíssimo repele, enquanto que o segundo apenas procura fechar os poros. Silanos e siloxanos caracterizam-se pelo radical alquila que os formam. Aqueles que contêm um grupo alquila-butila ou alquila-octila têm melhor performance do que os acompanhados dos radicais etila ou metila. Silanos, no entanto, diferenciam-se dos siloxanos exatamente pelo fato de que suas moléculas são bem menores, o que garante melhor e mais profunda penetração na camada de recobrimento do concreto. Daí a preferência pelos silanos.

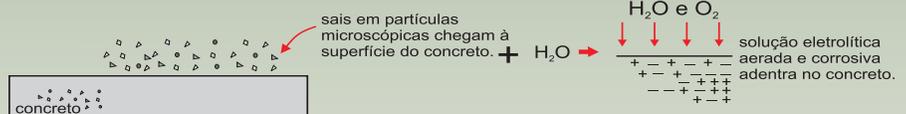
Silanos, profissão: agente secreto protetor

Silanos são substâncias hidrofugantes feitas especialmente para o concreto, exatamente porque necessitam de um ambiente muito alcalino para fazer e acontecer (catalizar) suas reações químicas com a matriz cimentícia de repelência ou hidrofobicidade à água. Caracterizam-se, precisamente, por ser um penetrante, já que não fazem película na superfície do concreto, tendo capacidade e compatibilidade para adentrar e molhar fácil esse

A contaminação e o processo de repelência

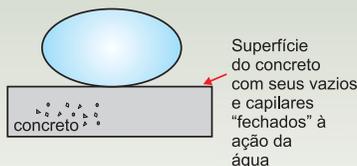
1 Contaminação

Um dos mecanismos de introdução de contaminantes no concreto.



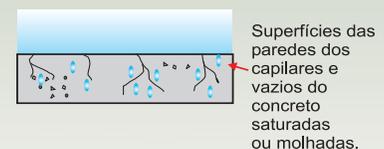
2 Repelência ou Hidrofobicidade

Matriz cimentícia tratada

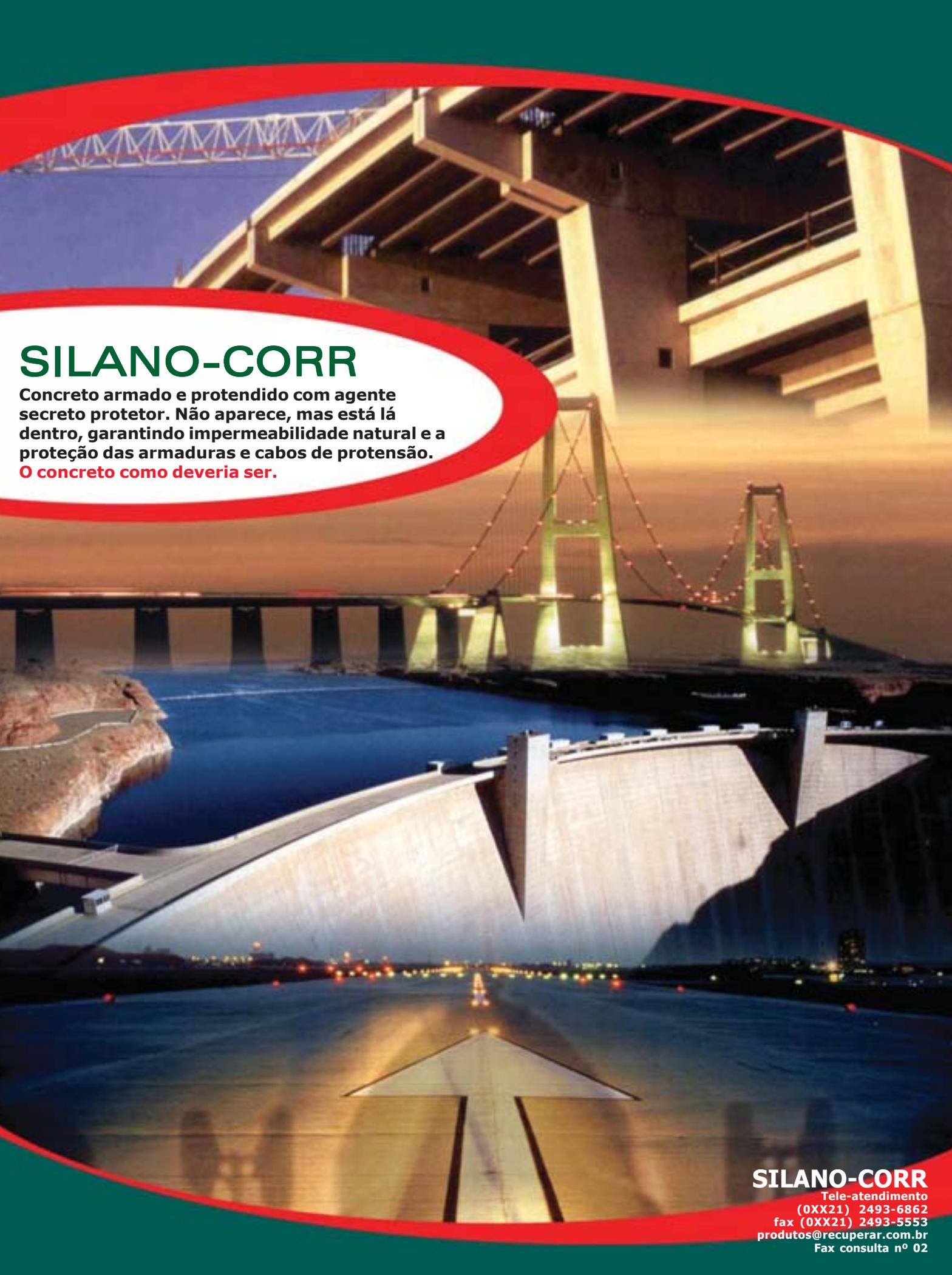


A água líquida que tenta penetrar na superfície tratada do concreto sente-se estranha, “gorda” e não consegue molhar. Está com craxá de alta tensão superficial. A superfície das paredes dos vazios e capilares apresenta baixa energia.

Matriz cimentícia não tratada



A matriz cimentícia por ter características hidrófilas, admite facilmente qualquer solução aquosa que, para esta situação passa a ter baixa tensão superficial, facilmente molhando as paredes da matriz que, normalmente possui alta energia.



SILANO-CORR

Concreto armado e protendido com agente secreto protetor. Não aparece, mas está lá dentro, garantindo impermeabilidade natural e a proteção das armaduras e cabos de protensão.

O concreto como deveria ser.

SILANO-CORR

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

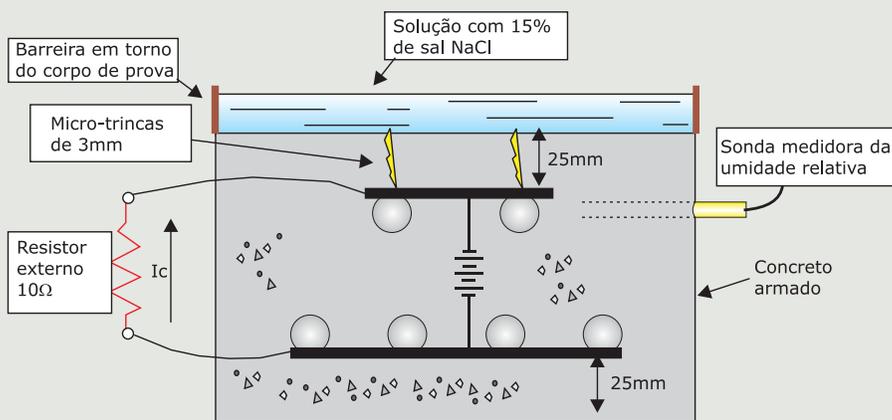


Figura 2 - Esquema do teste feito no FHWA-RD-98-153.

material, ao mesmo tempo em que vão ocorrendo reações de interligação (ligações cruzadas) com a matriz cimentícia e sua umidade natural (água adsorvida). Literalmente, alteram as condições das paredes dos micro e

macro vazios, além dos capilares do concreto, tornando-as hidrófobas e repelentes à água da chuva. Água não entra.

Suas moléculas que podem, no entanto, ser sintetizadas com uma variedade de sub-gru-

pos reativos que, efetivamente, modificam seu comportamento e performance, uma vez dentro do ambiente chamado concreto. A modificação da funcionalidade de sua molécula implica na modificação de seu comportamento, podendo com isso adentrar mais profundamente e, de quebra, levar na garupa elementos armados contra a corrosão das armaduras, os chamados agentes iônicos inibidores.

O silano avançado

Seguramente, o maior e mais recente avanço alcançado na carreira dos hidrofugantes foi a adição de inibidores de corrosão na molécula do silano, através da incorporação de um grupo orgânico amina, R-NH₂. A maioria dos inibidores de corrosão a base de aminas, aplicados em superfíci-



Pontes tratadas com silano inibidor além de terem aspecto estético extremamente evidenciado pela ausência de molhação, têm sua durabilidade extremamente prolongada.

GLOSSÁRIO

Funcionalidade – representa o número de regiões da molécula passíveis de reação.

Grupo funcional ou reativo – que possui dupla ligação.

Amina – designação genérica de um importante grupo de substâncias orgânicas, cuja fórmula geral é R-NH₂, derivadas da amônia.

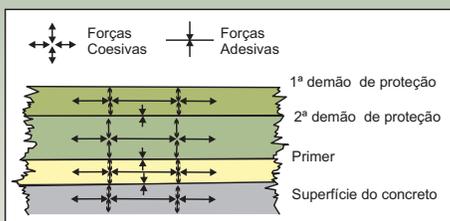
Silanos – substância derivada do silício Si, produzida pela redução da sílica SiO₂ de acordo com a equação: SiO₂ + C --> Si + CO₂.

Interligação ou ligação cruzada – reação entre moléculas que são unidas lado a lado ou por suas terminações.

Adsorção – consiste na concentração ou acúmulo de moléculas livres de um líquido, vapor ou gás em contato com a superfície de um sólido (adsorvente) poroso ou firmemente dividido que depende exclusivamente da atividade superficial dessas substâncias. Não deve ser confundida com absorção, que põe em jogo a parte interna das partículas.

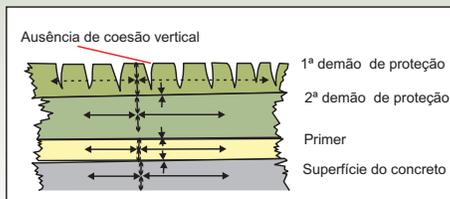
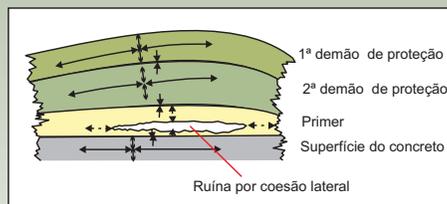
A proteção por barreira. Início e fim

Abaixo estão as situações em que chegam, invariavelmente, as películas orgânicas formadoras de barreiras. Adicionalmente, dever-se-á considerar que toda película de tinta é permeável, em menor ou maior grau. Outro aspecto importante para sua sobrevivência e durabilidade, e que precisa ser considerado, é o contato extremamente alcalino com o concreto e a preparação das superfícies.



Sistema protetor por barreira formado por película orgânica tipo epóxi, evidenciando a atuação das forças em cada película aplicada.

Estado de ruína por perda lateral da coesão no primer.



Estado de ruína da coesão na película de proteção.

Estado de ruína na interface do concreto com o primer. Formação de bolhas ou descascamento do sistema.

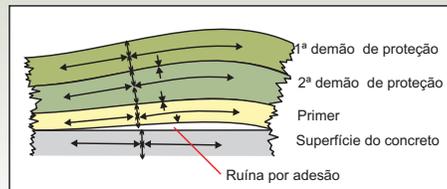




Figura 3 - Resultados da aplicação do SILANO-CORR em corpos de prova novos, porém fissurados, sujeitos a ciclos de molhagem e secagem por 12 meses atacando-se com solução salina a 15%.

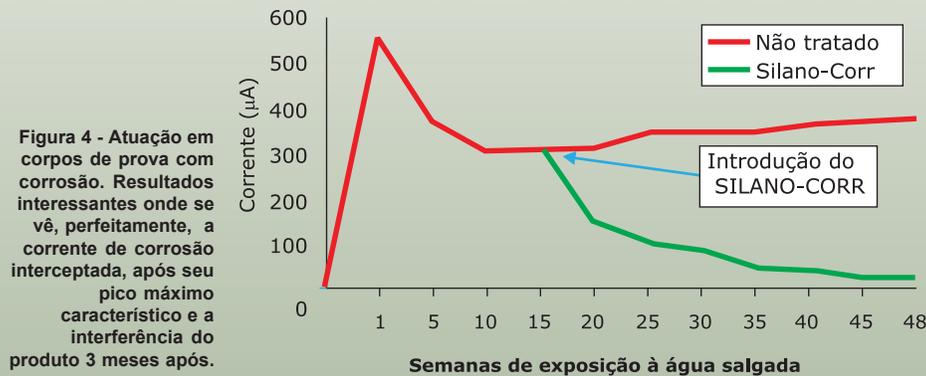


Figura 4 - Atuação em corpos de prova com corrosão. Resultados interessantes onde se vê, perfeitamente, a corrente de corrosão interceptada, após seu pico máximo característico e a interferência do produto 3 meses após.



A prévia aplicação de silanos inibidores em peças pré-moldadas garante mais rapidez na execução e, claro, ausência de manutenção.

recobrimento do concreto até as armaduras. Uma vez em torno das armaduras dão uma força à camada de óxidos passivantes existente na superfície do aço. À medida que a molécula do silano interliga-se

es de concreto só são eficientes se houver alta volatilidade de moléculas orgâni-

cas, ou seja, íons na forma de gás ou vapor para migrarem através da camada de

Precisa remover tintas e revestimentos?

Se você não tem equipamento próprio para jateamento ou sua obra não pode ficar sujeita a toda aquela "lambança", use nosso revolucionário REMODUR (agente químico para remoção de revestimentos). Só REMODUR detém a tecnologia para remover tintas e revestimentos de superfícies metálicas, concreto e alvenaria, sem fazer poeira nem causar incômodo. REMODUR é biodegradável, à base d'água e não contém cancerígenos. Com ele você remove tinta dura e espessa, como epóxi, sem qualquer esforço adicional e sem poluição. REMODUR é a última novidade, na área industrial, para remoção de revestimentos, fabricado nos EUA. Evite aborrecimentos. Use REMODUR.

REMODUR

Tele-atendimento (0XX21) 2493-6862 produtos@recuperar.com.br

fax (0XX21) 2493-5553 Fax consulta nº 35



Situação da tinta após a aplicação do REMODUR.

Impermeabilização por Cristalização?

PENETRON

Quando misturado à água e aplicado como revestimento cimentício, seus componentes ativos encadeiam 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 03



O silano inibidor é aplicado correntemente nas novas estruturas, como nas travessas, pilares e blocos desta ponte.

Agency (FHWA – RD – 98 – 153), inclusive com a presença de fissuras na camada de recobrimento de corpo de prova de concreto armado. Verifica-se que, além de inibir o início da corrosão em corpos de prova sem qualquer contaminação, nos que estavam com corrosão observou-se uma redução na velocidade da mesma em torno de 90%, essencialmente pela drástica diminuição da resistividade eletrolítica do concreto, seguida da atuação do inibidor.

A avaliação da corrosão foi feita com o equipamento GALVAPULSE, com base na técnica da introdução, em uma área pré-estabelecida e perfeitamente medida pelo aparelho, de um pulso ou impulso elétrico, estabelecendo-se uma determinada corrente. Literalmente, introduz-se uma corrente em uma determinada área da armadura, polarizando-a e analisa-se o seu comportamento ou a velocidade da polarização, convertida em velocidade de corrosão.

com os sais componentes da hidratação do portland, e que formam a matriz, fica permanentemente incorporado ao concreto e não mais pode evaporar ou ser lixiviado de sua massa. Esta situação foi fartamente testada pelo Federal Highways

A aplicação do produto é particularmente indicada para superfícies de concreto à vista ou aparente, onde não promove qualquer alteração em sua aparência. A aplicação mais eficiente é feita com bomba airless, na forma de spray, podendo-se também utilizar rolo ou pincel. O produto não promove qualquer película na superfície, incorporando-se totalmente na massa da camada de recobrimento, tornando o concreto imune à ação da água e de todos os contaminantes que a acompanham.

Fax consulta nº 04



RECUPERAR

Para ter mais informações sobre Análises.

www.recuperar.com.br

REFERÊNCIAS

- Michelle Batista é química e especialista em problemas da construção.
- C.H. Hare, "Adhesive and Cohesive Failure in Applied Coatings Composites".
- A guide to the use of waterproofing, dampproofing, protective and decorative barrier systems for concrete, American Concrete Institute, ACI 515.
- Robery, P. "Specialist Spraying: key to silane success", new civil engineer.
- Concrete society, "Permeability Testing of Site Concrete".
- National Research Council, "Concrete Sealers for the Protection of Bridge Structures".

Procura-se uma solução que:

- Atue sobre a contaminação existente em superfícies metálicas e concreto.
- Neutralize sais solúveis como cloretos, sulfatos e nitratos.
- Atue sobre superfícies de concreto, adentrando como água e neutralizando a contaminação por sais existentes dentro da peça estrutural.
- Promova a remoção total da contaminação em superfícies metálicas antes da pintura.
- Não seja tóxica ou inflamável.
- Reduza a zero a possibilidade de surgência de corrosão sob películas de proteção em peças metálicas.
- Combata a corrosão por cloretos nas armaduras do concreto.
- Possa ser aplicada com hidrojato.
- Não interfira com a adesão em pinturas de proteção.



É REMO-CLOR

REMO-CLOR é uma solução aquosa, incolor e com a mesma viscosidade da água, ou seja é penetrante e altamente eficiente na busca e captura de íons salinos que detonam facilmente processos de corrosão, como os cloretos. REMO-CLOR reage com estes íons, tornando-os inoperantes como oxidantes em processos de corrosão. A adição de REMO-CLOR em peças metálicas ou de concreto submetidas à contaminação desses sais, prolonga enormemente a vida das estruturas. REMO-CLOR é exatamente o que você queria.

REMO-CLOR

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. (II)

Carlos Alberto Monge

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

Esta matéria é continuação da apresentada na edição 54 da RECUPERAR. Assim como é chato ter que conviver com um resfriado, o mesmo ocorre com trincas em pisos de concreto. Para ambos os casos dispõem-se de regras que tornam estas patologias difíceis de serem contrariadas. Não há uma fórmula específica, pois existem variáveis difíceis de serem contabilizadas. Uma delas é a mão do homem. A prática, no entanto, nos diz que se as pessoas envolvidas estiverem sintonizadas no sentido de se evitar trincas, sejam em grandes ou pequenos pisos de concreto, acredite, o resultado pode ser fantástico. A velha máxima nos diz que há remédio para tudo, desde que compreendamos a(s) causa(s) corretas do problema.

De repente fissuras e trincas

A pergunta que não cala é a seguinte: qual a causa do fissuramento? Se um piso seca ou é molhado, desde que não haja qualquer impedimento, sofrerá uma retração e não acumulará qualquer tipo de esforço (repare nos desenhos 1 e 2 da figura 2 na página seguinte). Se, no entanto, as extremidades tendem a “segurar” seu comprimento original enquanto o piso seca, aí a coisa muda, e surgem esforços de tração. É como se deixássemos o piso encolher livremente e, depois, puxássemos ou esticássemos a placa para seu comprimento original (veja a figura 3 na página seguinte). Repare que as se-

tas indicam que a força de tração surge nas extremidades. À medida que o tempo passa, esses esforços ou tensões são gradualmente liberados ou aliviados pela fluência do concreto. Em casos extremos, a fluência reduz cerca de 1/3 das tensões ou esforços acumulados. Veja a figura 4 na página seguinte. Para um concreto ainda “verde”, se todos aqueles esforços de tração apresentarem-se maiores que a resistência de tra-

GLOSSÁRIO

Fluência (creep) – deformação dependente do tempo, motivada pela permanência de um carregamento.

Sub-leito – solo preparado e compactado para suportar uma estrutura ou um pavimento.

ção do concreto, claro, o concreto irá trincar ou fissurar, com conseqüente liberação de tensões. Veja a última figura. É um caso simples, mas ilustra bem o que acontece tanto para grandes pisos como para pequenos, mesmo submetidos a outros tipos de causas.



Figura 2 - Como ocorre o fissuramento.

Causas do fissuramento ou de trincas no concreto

• Antes do endurecimento

- o Movimento da construção: sub-leito, forma.
- o Retração ou encolhimento devido à movimentação progressiva em torno das armaduras, agregados...
- o Retração devido à pega inicial e final.

o Físico: retração por secagem, flutuações na umidade.

o Térmico: tensões térmicas motivadas pelas diferenças no calor de hidratação interno devido as propriedades térmicas dos agregados, variações na temperatura do ambiente...

o Concentrações de esforços ou tensões: armaduras, fluência.

o Projeto estrutural do piso: carregamento, fundação, recalques.

o Acidentes: sobrecarga, vibração, fadiga.

• Após o endurecimento

- o Químico: constituintes do cimento, carbonatação, agregados reativos, corpos estranhos, corrosão.

A maioria das trincas, se não forem profundas, não afetam a integridade estrutural do piso. Um detalhe interessante, que se vê muito na prática, é o fato de que a tela metá-

lica, dimensionada para evitar o fissuramento, na verdade, não impede a ocorrência daquela patologia, apenas controla a dita cuja. A abertura das trincas se manifesta mais in-

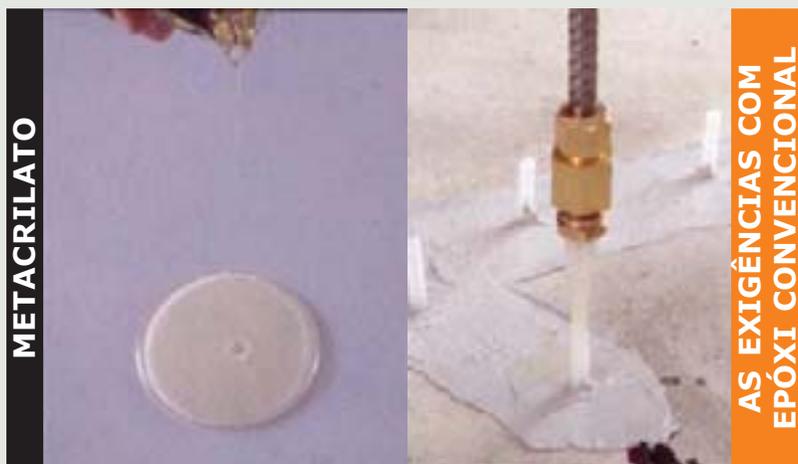


Figura 3 - Hoje são totalmente injustificáveis os serviços de injeção convencional, aquela de abrir sulcos, colmatá-los com pasta epóxica e injetores e depois, com uma bomba, injetar epóxi com viscosidades em torno de 400cps. Quer dizer, 400 vezes a viscosidade da água. Com o advento do metacrilato, que tem apenas 15cps, basta verter e pronto. Este material adentra em trincas de até 0,01mm de abertura.

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) 2493-6862
fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 08

tensamente na superfície, significando que, na parte inferior do piso apresentam-se mais fechadas, devido a velocidade de retração (encolhimento) diferencial. Muitas trincas, na verdade, nem chegam ao fundo do piso. Em resumo, o fissuramento é fisiológico em função da retração. Sua existência significa porta aberta à destruição do piso.



E assim surgem as trincas e fissuras. Repare a quantidade de detritos em seu interior, que devem ser removidos quando se pretende monolitizar o piso com metacrilato.



Trinca na junta de controle após a sua execução (corte). Abertura inevitável.

A abertura da junta de retração

Vimos na edição nº 53 da RECUPERAR que as juntas de controle (serradas) são, verdadeiramente, projetadas para compensar a retração que ocorre obrigatoriamente. Vimos, também, que muitos técnicos desconhecem ser a retração um fenômeno que dura muito mais do que aqueles míseros trinta dias. Mais importante ainda, seu desenvolvimen-

to maior ocorre nos dois anos seguintes! Portanto, pode acreditar, o trabalho de abertura das juntas é contínuo, limitado não a dias, mas sim a anos. Só para facilitar as coisas, vamos assumir que você tenha feito um piso com 15cm de espessura e cortou as juntas de controle com lâmina de serra de 3mm de espessura, a cada 6m. Pode apostar que os 3mm de abertura vão virar 6mm.

E mais, dependendo do tipo e da forma como você preencheu as juntas de controle, o material vai sofrer adoidado para agüentar este tranco.

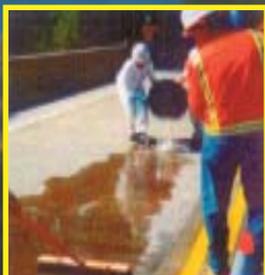
A briga retração-junta de controle-calafetamento

O American Concrete Institute (ACI) e a Portland Cement Association (PCA) recomendam o uso de epóxi semi-rígido (tipo

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 09

DICA do ACI

O ACI recomenda, literalmente, "empurrar com a barriga", o quanto puder o calafetamento da junta, de modo a permitir que ela se manifeste o máximo.

epóxi 36) para o calafetamento ou preenchimento das juntas de controle de pisos industriais, basicamente pelo fato de que preenchem a junta, aderem tenazmente às

bordas e evitam que as rodas das empilhadeiras e/ou impactos de cargas quebrem as bordas das juntas.

e-mail consulta n° 10**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.
- CSA, Concrete Materials and Methods of Concrete Construction.
- Garber, G, " Design and Construction of Concrete Floors.
- Butt, Thomas K. " Avoiding and Repairing Moisture Problems in Slabs on Grade.
- Concrete Floors on Ground, PCA.



Permeation Grouting

O melhor custo-benefício em serviços de consolidação de solos e reforço de fundações.

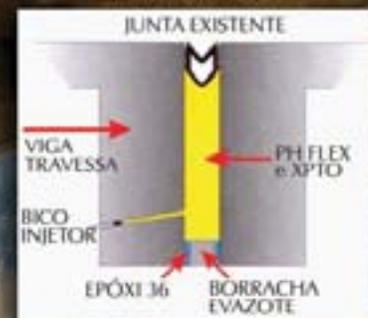
Soilstab • Solomax • Watercrl • Microcimento

Tele-atendimento
(0XX21) 2493-6862
fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta n° 11

JUNTAS SEM VAZAMENTOS? BANDA E.V.A.

O tratamento com **BANDA E.V.A.** é feito por baixo, sem interferência com o fluxo de carros de cima, impedindo que a água que infiltra pelas juntas corra armaduras e cabos de protensão. Pare de provocar engarrafamentos.

BANDA E.V.A. nas juntas.



BANDA E.V.A.
Tele-atendimento
(0XX21) 2493-6862
fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta n° 12



Como proteger a superfície do

concreto?



Um caso típico de corrosão do concreto devido a incompatibilidade com o ambiente que o cerca.

Walter Carlos Pessanha

Concreto é um falso sólido que, dependendo do ambiente onde estiver inserido, também corrói. Conheça as razões pelas quais o concreto precisa ser revestido, e as principais propriedades que a proteção deverá ter.

Indiscutivelmente, hoje, e mais do que nunca, toda estrutura aérea além das enterradas precisa ser protegida. Para aqueles que ainda duvidam desta asserção, torna-se importante mostrar as principais razões:

- Melhorias na aparência, sobretudo com relação à manutenção da cor, brilho e textura, essencialmente para efeito arquitetônico.
- Redução da permeabilidade às chuvas, ao troca-troca entre umidade relativa (UR) interna-externa que, invariavelmente conduz à destruição tanto do concre-

to quanto de suas armaduras ou cabos de protensão.

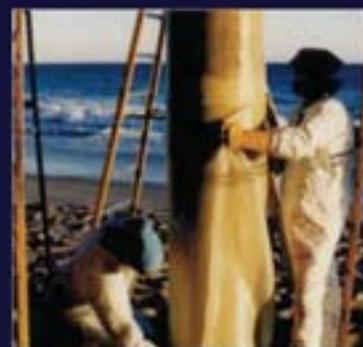
- Proteção da superfície quando submetida a tráfego de veículos, evitando a formação de pó e, conseqüentemente, sua desintegração.
- Tratamento para dissipar a eletricidade estática, como a inclusão de agregados condutivos ou pisos condutores, particularmente em indústrias que fabricam microchips, salas de exames de hospitais, centros de pesquisas, depósitos de solventes etc.
- Proteção das superfícies contra a deterioração química e física.

As principais propriedades da proteção

A superfície do concreto é extremamente alcalina, logo, a tinta ou o revestimento deverá ser previamente vacinado ou tolerante a este ambiente. O arrocho de propriedades obrigatórias para trabalhar em cima deste material, após ultrapassada a barreira anterior, exige resistência química, física, térmica e principalmente impermeabilidade, o que é difícil, já que nenhuma tinta é 100% impermeável. Pelo menos as fabricadas com 100% de sólidos chegam perto. Estas são as qualidades básicas para que a tinta ou o

Reforço Estrutural...

...só com sistemas MFC.



PRODUTOS MFC:

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

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

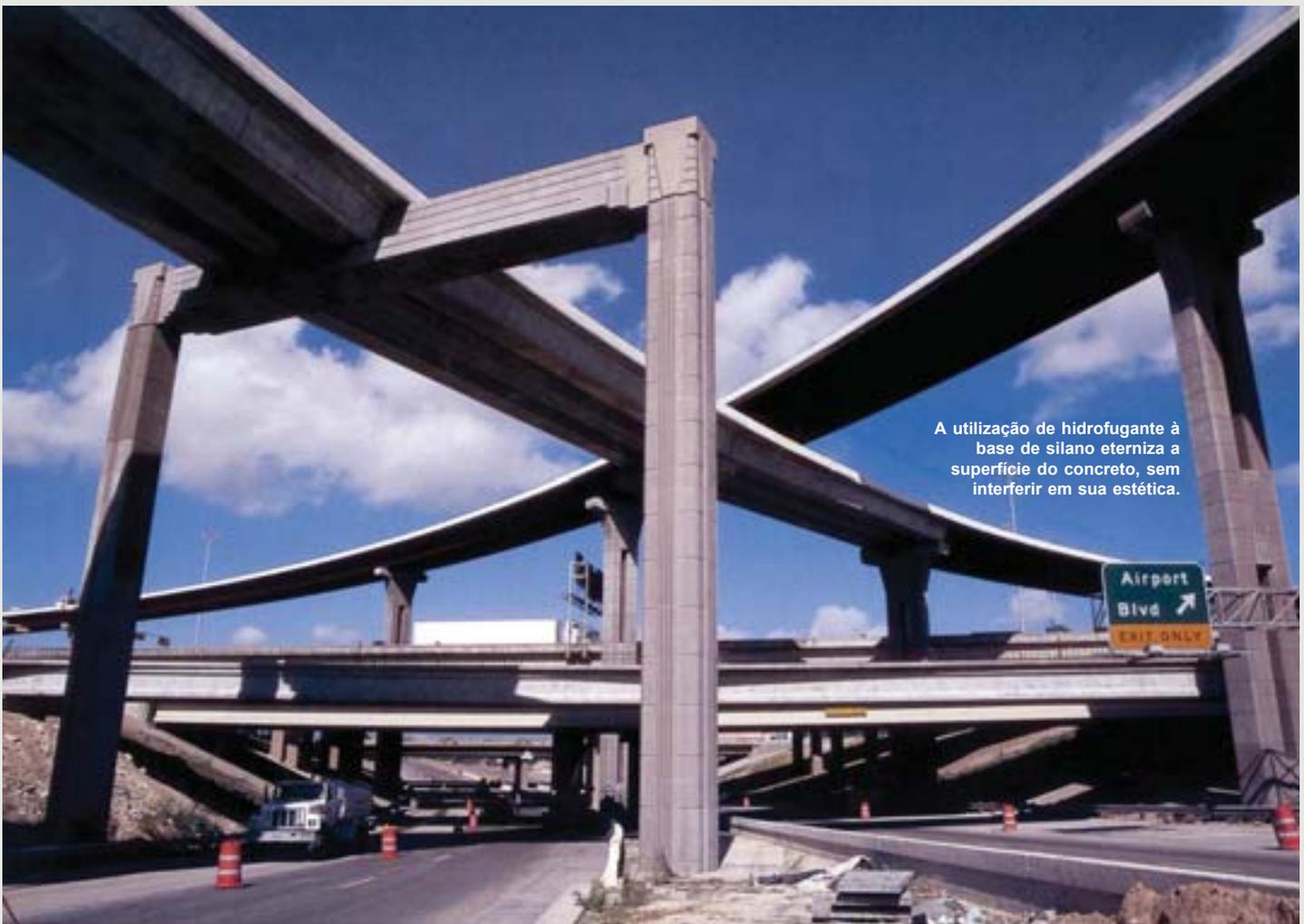
Dispomos de uma formidável linha de produtos com acessoria técnica, para todas as empresas e profissionais, aliando viabilidade, segurança, preço e qualidade.

SISTEMA MFC

Tele-atendimento
(0XX21) 2493-6862
fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 20



Lider em Reforços Inteligentes



A utilização de hidrofugante à base de silano eterniza a superfície do concreto, sem interferir em sua estética.

revestimento sobreviva por um bom tempo. Mas existem mais. Vamos conhecê-las.

Adesão

Concreto é um falso sólido que, literalmente, “respira”, isto é, permite fluxos constantes de entrada e saída de vapor, conforme diferenças na UR interna-externa. A adesão nesta superfície, e estamos falando de epóxis, poliuretanos e pisos vinílicos, é crítica à medida que não se analisa a emissão da umidade (vapor) dinâmica, por pelo menos três dias com o uso do TVA-OK conforme a norma ASTM F1869 (teste de cloreto de cálcio). A medição da umidade estática em aparelhos é tão relativa quanto pertinente ao instante da medição. Quer dizer, poder-se-á ter 3% de umidade no instante da medição e à noite ou no outro dia ter-se 12%! O que é bastante comum e justifica a avalanche de casos de descolamento de pisos epóxicos e vinílicos. O teste de adesão é indicado para grandes áreas. Deve ser feito conforme as nor-

mas ASTM D3359 (teste da fita) ou ASTM D4541 (teste com aparelhos portáteis que medem a adesão).

Resistência à permeabilidade

Toda película de tinta ou revestimento é permeável, pelo menos à ação da água, na

forma de vapor. Assim, torna-se importante conhecer a velocidade com que ocorre a transmissão do vapor d’água (TVA) da tinta ou revestimento, definida como o fluxo de vapor d’água invariável, em uma unidade de tempo, através de uma unidade de área da película, normal à superfície, sob condições de UR e temperatura específicas.

Este concreto não está pronto para epóxi porque tem umidade dinâmica.



TVA-OK

A presença d’água, em qualquer de suas formas, particularmente a umidade dinâmica que vem do solo é fatal para revestimentos epóxicos ou vinílicos aplicados sobre pisos de concreto. A norma ASTM F 1869-98 recomenda o teste TVA-OK, que quantifica a umidade existente e informa, antecipadamente, se é possível ou não aplicá-los. Simples. Não arrisque seu investimento e... sua pele.



TVA-OK

Tele-atendimento
(0XX21) 2493-6862
fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 21

GLOSSÁRIO

Permeância ao vapor – a permeância ao vapor d'água de uma placa de concreto de qualquer espessura é a relação entre o fluxo de vapor d'água e a diferença da pressão de vapor existente entre suas duas superfícies. É a capacidade de uma camada de material, de qualquer espessura, deixar passar vapor d'água devido as diferenças entre as pressões de vapor existentes nas duas faces do material.

Pressão do vapor – parte da pressão atmosférica total exercida pelo vapor d'água no ar. Pressão exercida por um vapor. Se, à temperatura constante, um vapor é mantido confinado contra seu líquido, de modo que possa acumular acima dele, sua pressão (de vapor) aproximar-se-á de um limite conhecido como pressão de vapor "saturado" ou máximo, dependente apenas da temperatura existente e, claro, do próprio líquido. Geralmente, a pressão de vapor de um líquido é medida quando a pressão total exercida sobre o líquido não é apenas a do vapor.

Permeabilidade – qualidade que permite um concreto ou solo transmitir água ou ar através de sua massa. É medida em termos de velocidade de fluxo através de uma unidade de seção reta do concreto ou solo saturado em uma unidade de tempo. A permeabilidade ao vapor d'água é a propriedade de um material que permite a passagem de vapor d'água. É igual a permeância relativa a 2,5cm de espessura do material. É medida em perm-centímetro.

Perm – unidade de medida da permeância ao vapor d'água de um material.

Permeabilidade ao vapor – propriedade de um material que permite a migração do vapor d'água sob influência das diferenças de pressões existentes em cada lado do material.

Resistência ao vapor – recíproco de permeância ao vapor. Resistência de uma película à passagem do vapor d'água.

Resistividade ao vapor – recíproco de permeabilidade ao vapor. Medida da resistência de um material, com espessura de 5cm, à passagem do vapor d'água.

Desta forma, tintas e revestimentos tidos como protetores do concreto contra a ação da água e de soluções químicas sejam aquosas ou não deverão ter uma TVA muito baixa, seja para tintas ou revestimentos que trabalham onde haja grande UR, em impermeabilizações secundárias (RECUPERAR nº 53) ou sujeitas à imersão contínua ou não. Uma das razões do sucesso das tintas acrílicas em fachadas é exatamente sua alta TVA, permitindo que a inevitável troca-troca interior-exterior ocorra, evitando a ocorrência de bolhas ou descolamentos em sua película. Amarrado nesse cipoal de exigências também se encontram as tintas ou revestimentos usados no lado interior de ambientes e estruturas enterradas sem impermeabilização em seu lado exterior (positivo). A norma ASTM E96, "teste para TVA de materiais", é uma forma de avaliar a permeabilidade das tintas e revestimentos. Primeiramente, a TVA é medida em gramas por metro quadrado em 24 horas ($g/m^2/24h$). Por



No Miami MetroRail foi usado silano para proteger o concreto e embelezar suas formas.

outro lado, a durabilidade da película (sua permanência) é média pela TVA em gramas por Pascal por segundo por metro quadrado. Um perm é igual a $5,72 \times 10^{-8}$ gramas por Pascal por segundo por metro quadrado.

É interessante ressaltar que permeabilidade é o produto aritmético da permeância e a espessura da tinta ou revestimento. Permeância, ao contrário, nada tem a ver com as propriedades do material, apenas relaciona-se ao valor do seu desempenho. Por exemplo, um revestimento de epóxi estruturado com flocos de fibra de vidro com 2mm de espessura tem uma permeabilidade de 0,00015perms e uma permeância de 0,000075perms ($0,00015 \div 2mm$). Logicamente, são valores

que expressam baixíssima permeabilidade e permanência, ótimo para uma película que se candidata a trabalhar imersa. Um outro exemplo irá clarear mais as coisas. Uma película de 450 micrômetros de espessura (0,45mm) de um outro epóxi também estruturado com flocos de vidro, tem uma permeabilidade de 0,0043 perms e

uma permanência de 0,0096 perms. Bons valores para películas que se candidatam a proteger concretos submetidos à exposição intermitente, mas não para trabalhar imersa em soluções químicas agressivas.

A norma ASTM D1653, "método padrão para determinação da permeabilidade ao vapor d'água de películas de tintas e revestimentos orgânicos" é outro método de análise ou investigação da resistência à permeabilidade. Para demonstrar as diferenças entre as propriedades da TVA, de tintas e revestimentos usados para proteger o concreto fique esperto e aproveite os resultados já analisados segundo a norma ASTM D1653:

- As tintas à base de emulsões acrílicas



**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>



Os ambientes pertinentes aos locais acima são distintos e exigem proteção específica para o concreto armado.

usadas em fachadas de edificações necessitam ter excelente “respiração”. Uma tinta acrílica padrão aplicada em duas demãos, com rolo, faz 125 micrômetros de espessura de película seca cada e terá uma TVA de 300 a 350g/m²/24horas e uma permanência variando entre 9,70 a 10,50perms.

- Nas indústrias de alimentos e farmacêu-

tica é comum ou quase obrigatório o uso de pinturas epóxicas à base de poliamida nas paredes, de modo a atender a saúde pública. Um epóxi com endurecedor à base de poliamida (bisfenol A), com 100% de sólidos necessita apenas de 125 micrômetros de espessura de película seca (uma demão no rolo) para fazer a proteção necessária. A película assim formada

terá uma TVA de 9,5 a 10,5 g/m²/24horas e uma permanência de 0,300 a 0,350perms. Se o filme for de boa qualidade (durabilidade) e não houver furos ou defeitos na aplicação, os valores acima serão considerados bons.

- As proteções feitas em tanques de produtos químicos à base de poliéster com areia de sílica e estruturadas com fibra de vidro, formando uma espessura de filme seco de 2,5 a 3,0 milímetros apresentam permanência que varia de 0,029 a 0,0040perms.

- Recomenda-se aplicar epóxi curado com amina cicloalifática nas estruturas de concreto de indústrias químicas que tenham contato com vapores ácidos. Espessuras de película seca entre 450 e 500 micrômetros apresentam permanência entre 0,200 e 0,250perms.

Contanto que não haja alterações nos ambientes de exposição acima descritos, os valores da permanência apresentados são bons e, portanto, sugeridos.



Todo concreto sem revestimento protetor está sujeito a desintegração, motivado pelas reações químicas oriundas da penetração da chuva ácida e de lixiviações constantes. A ausência de proteção adequada ao ambiente exige a execução de trabalhos caros com materiais, muitas das vezes incompatíveis com o próprio concreto original.

Flexibilidade

Fortes e extremamente aderentes, os epóxis cumprem bem seu papel de protetor número um do concreto. No entanto, como nada e ninguém é perfeito, sua película é extremamente rígida e fissura (quando não trinca) quando a superfície do concreto dá para fissurar. Estamos nos referindo também àquelas fissuras que teimam em apresentar movimentação. Para e contra isso já estão no mercado os epóxis flexíveis ou elastoméricos que, além de agüentarem impactos, formam verdadeiras pontes sobre as fissuras dinâmicas. Tais produtos também oferecem excelente proteção química contra produtos corrosivos. Algumas formulações epóxicas elastoméricas, inclusive, já vêm estruturadas com fibras de Kevlar, de modo a agüentar trancos fora do comum.

Coefficiente de dilatação térmica linear (CDTL)

Como o CDTL das tintas é bem superior ao do concreto, é comum surgirem tensões na película ou revestimento, ocorrendo fissuras e até a perda de adesão com descolamento. Quer dizer, a película de proteção tende a dilatar ou contrair mais intensamente que sua base (concreto) à medida que a temperatura se manifesta. O concreto por sua vez, com um CDTL menor, agarra-a e não deixa a película se manifestar. Alguma coisa vai acontecer. Aquelas superfícies de concreto com baixa resistência na superfície, particularmente quando não se lixam aqueles inúteis 2 milímetros de nata superficial, costumam apresentar defeitos por coesão naquela meta com conseqüente descolamento da película devido as diferenças no CDTL, especificamente quando ocorrem rápidos e grandes gradientes ou variações de UR e temperaturas. Para situações como estas, onde há também uma ciclicização destes fatores, torna-se obrigatório o dimensionamento de um CDTL bem pequeno ou o mais baixo possível para a proteção. Uma



sua empilhadeira

seu piso epóxico

Claro que seu cliente não vai aterrissar um F-14 no piso epóxico que você aplicou.

Mas não é que poderia!!

Os epóxis novolacs são famosos por sua resistência química. Mas água mole em pedra dura... O fato é que a película pode se tornar quebradiça e ir perdendo sua adesão.

Pesquisa não pára. Agora você tem o EPÓXI 28 flexibilizado, o EPÓXI 28 FLEX, com tecnologia novolac com polisulfeto. Esta formidável parceria garante, verticalmente, qualquer tranco, com altíssima resistência química e abrasão. Anos-luz à frente dos revestimentos epóxicos tradicionais.

EPÓXI 28 FLEX

Tanques de estocagem e de processamento químico • Pátio de manobras • Tanques de combustível e lastro de navios • Diques para impermeabilizações secundárias • pisos de áreas de processamento expostos a respingos de químicas corrosivas, pisos de porta-aviões sujeitos a decolagem e aterrissagem...

EPÓXI 28 FLEX

EPÓXI 28 FLEX

Tele-atendimento
(0XX21) 2493-6862
fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 22

dica: tintas ou revestimentos estruturados com areia de sílica ou outros agregados tendem a ter um CDTL próximo do concreto, ou seja, bem diferente das películas com 100% de resina. Repare bem nestes números:

Tipo de película ou revestimento	CDTL ($\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)
Epóxis ou estervinílicos estruturados com areia de sílica	18 a 20
Poliéster estruturado com fibra de vidro	27 a 29
Armaduras do concreto	14
Concreto	9 a 11

Resistências térmica, química e física

As tintas e revestimentos indicados para proteger paredes e pisos industriais precisam resistir bem a abrasão, erosão, desgastes físicos diversos e exposição térmica. Logo, é necessário conhecer as verdadeiras condições de exposição, ou seja, o ambiente com suas substâncias químicas e suas concentrações, duração e tipo em que se manifestam, seja a seco ou molhado, além da temperatura. A resistência física tem a ver com os tipos de carregamento, o tráfego e, claro, o desgaste físico precisa ser analisado. As tintas ou revestimentos elastoméricos oferecem excelente resistência a impactos e quando bem dimensionadas tornam-se a melhor solução contra a ação química. É o caso do novo epóxi 28 elastomérico. Este material, os elastoméricos, podem não ser adequados quando se exige grande resistência à abrasão e ao desgaste físico. A dureza da película tem papel principal aqui.

A resistência química da tinta é afetada pela sua densidade de ligações cruzadas

(interligação) e a maioria das tintas orgânicas (epoxis, poliuretanos, poliéster, estervinílicos, etc) curam por polimerização. Mais, a polimerização da tinta nada mais é do que a interligação química de um ou mais monômeros para produzir uma película polimérica. A densidade de interligações é avaliado pela funcionalidade do monômero. Por exemplo, um epóxi bisfenol A tem uma funcionalidade de 1,9, e o epóxi bisfenol F, 2,1. Logo, o epoxi bisfenol F apresenta maior resistência química que o epóxi bisfenol A.

A resistência térmica também aumenta com a funcionalidade. Os epóxis novolacs apresentam funcionabilidade variando de 2,6 a 3,5, o que significa maior resistência térmica e química que os epoxis bisfenol F e A. A resistência química, além disso, também é influenciada pelos tipos de agentes de cura empregados. Os epoxis curados com amins cicloalifáticas são muito mais resistentes que os epoxis curados com amins alifáticas ou poliamidas.

Resistência à luz ultra violeta e a retenção do brilho

Toda tinta exposta à ação do tempo precisa resistir à radiação ultravioleta (UV) do sol. É sabido que os epóxis sofrem rápida degradação quando expostos à ação do sol, ocorrendo pulverulência em seu filme, com exposição do pigmento. O poliureta-

GLOSSÁRIO

Ligações cruzadas ou interligações – ligação química entre cadeias de um polímero para formar uma estrutura em rede, que impede a livre movimentação entre as moléculas. Um exemplo de ligações cruzadas é a vulcanização da borracha.

Monômero – substância em que suas moléculas individuais são capazes de se ligarem para formar moléculas longas (polímeros).

Polímero – substâncias formadas por moléculas caracterizadas pela repetição (por ramificação, extremidades soltas etc) de um ou mais tipos de unidades monoméricas.

Poliéster – polímero caracterizado por uma cadeia com unidades de repetição estrutural do tipo éster. Famoso pela inclusão de fibra de vidro em sua estrutura.

Éster – produto da reação de um álcool e um ácido.

Époxi – polímeros caracterizados pela reação da epicloriglona com substâncias polihídricas, como os fenóis, glicóis e novolacs.

Funcionalidade – é o número de grupos reativos existentes em uma molécula.

Polimerização – processo pelo qual pequenas moléculas orgânicas (monômeros) reagem entre si para formar polímeros (cadeia longa).

no, os polisiloxanos e o acrílico, por sua vez, têm excelente resistência à luz UV.

Películas finas e grossas?

Não há uma padronização universal do que seja uma película fina ou grossa. No entanto, há tendências que conduzem à seguinte definição:

Películas finas

São caracterizadas por terem espessura de filme seco (EFS) até 500 micrômetros e não

Esgotos, Efluentes Industriais e Produtos Químicos Pesados?

É loucura deixar superfícies de concreto em contato direto com produtos extremamente ofensivos. Somente uma formulação epóxica, de forma garantida, atende a todas as exigências de resistência química e bacteriológica em estações de tratamento de esgotos e indústrias químicas, com garantia, o epóxi 28. Os demais vão para o sacrifício.



Só com
EPOXY 28

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

Propriedades Térmicas e Químicas de Vários Revestimentos

Característica	Revestimento à base de emulso Acrílica	Poliéster	Ester-vinílico	Epóxi bisfenol A	Epóxi bisfenol F	Epóxi Novolac	Acrílico (MMAs)*	Elastômero de Poliuretano/ Poliuréia
Adesão	Média	Média	Média	Alta	Alta	Alta	Alta	Meio baixa
Resistência ao contato alcalino	Média	Média	Média	Meio alta	Meio alta	Meio alta	Média	Meio baixa
Resistência à permeabilidade	Baixa	Baixa	Baixa	Meio baixa	Média	Meio alta	Baixa	Meio baixa
Flexibilidade	Média	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Alta	Meio baixa	Meio alta
Coef. De dilatação térmica	Média	Alto (se não tiver carga)	Alto (se não tiver carga)	Meio alto	Meio alto	Meio alto	Média	Alto
Resistência química	Baixa	Média	Meio alta	Meio baixa	Meio alta	Alta	Meio baixa	Meio baixa
Resistência à abrasão	Baixa	Meio alta	Meio alta	Meio alta	Meio alta	Meio alta	Meio alta	Meio alta
Resistência ao calor	Baixa	Média	Média	Baixa	Média	Meio alta	Meio baixa	Média
Resistência UV	Alta	Média	Média	Baixa	Baixa	Média	Alta	Meio alta
Tolerância à umidade durante a aplicação	Alta	Baixa	Baixa	Média	Média	Média	Baixa	Baixa
Retração durante a cura.	Média	Alta	Alta	Baixa	Baixa	Baixa	Média	Média

The society for protective coatings.

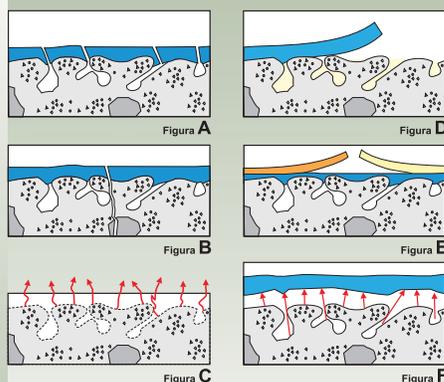
*MMAs = acrílico do metacrilato de metila.

Resistência Química	Revestimento à base de emulso acrílica	Poliéster	Ester-vinílico	Epóxi bisfenol A	Epóxi bisfenol F	Epóxi Novolac	Acrílico (MMAs)*	Elastômero de Poliuretano/ Poliuréia
Ácidos Inorgânicos	Baixa	Meio alta	Meio alta	Meio baixa	Meia	Alta	Meio baixa	Meio baixa
Ácidos Orgânicos	Baixa	Alta	Alta	Meio alta	Meia	Alta	Meio baixa	Meio baixa
Álcalis	Baixa	Média	Alta	Meio alta	Alta	Alta	Média	Meio baixa
Solventes Clorados	Baixa	Meio alta	Meio alta	Baixa	Média	Média	Baixa	Meio baixa
Solventes Oxigenados	Baixa	Meio alta	Meio alta	Meio baixa	Média	Alta	Baixa	Meio baixa
Solventes de Hidrocarbonetos	Baixa	Meio alta	Meio alta	Meio baixa	Média	Alta	Baixa	Meio alta
Sais	Média	Média	Alta	Meio alta	Alta	Alta	Meio alta	Alta
Água	Média	Média	Meio alta	Média	Meio alta	Alta	Alta	Meio alta

The society for protective coatings.

*MMAs = acrílico do metacrilato de metila.

Como se manifestam as películas



A) Furos - são causados pelo movimento do gás ou vapor d'água através de uma película mal curada.
 B) Fissuras refletivas - películas que cobrem trincas ou fissuras existentes que ainda têm movimentação.

- C) Perda da proteção superficial - típico de tintas com grande porcentagem de solventes (voláteis) aplicadas durante clima quente e vento. O solvente, como transportador, vai embora e não faz penetrar a resina.
 D) Descolamento - superfície mal preparada, presença de água, primer inadequado ou ausente, incompatibilidade de CDTLs, etc, interferem na adesão.
 E) Descolamento entre camadas - comum em pinturas ou revestimentos que tenham múltiplas camadas. A causa mais comum é o tempo do toque livre que não foi respeitado, assim como presença de contaminantes, etc.
 F) Descolamento devido ao abafamento da umidade - o desconhecimento da transmissão do vapor proveniente do concreto e/ou do solo, facilmente verificado com o teste TVA-OK é o responsável por esta patologia, muito comum em pisos epóxicos e vinílicos. Além do aumento da concentração do vapor há, também, formação de sais cristalinos que também aumentam de volume.

GLOSSÁRIO

Coefficiente de dilatação térmica – medida do aumento de volume inicial devido ao aumento da temperatura.

Bisfenol – são as resinas que caracterizam o epóxi.

Coesão – capacidade de se manter unido um material.

Coefficiente de dilatação térmica linear – mudança no comprimento, usando-se uma unidade de comprimento, de um material devido a mudanças da temperatura.

são estruturadas, podendo ter agregados ou cargas. São aplicadas por spray, rolo ou trincha.

Películas grossas

Apresentam EFS maior que 500 micrômetros, podendo ser estruturadas com agregados em sua película. Geralmente são aplicadas com bombas de dois componentes ou com rolo.

e-mail consulta n° 24

RECUPERAR
 Para ter mais informações sobre Análises.

www.recuperar.com.br

REFERÊNCIAS

- Walter Carlos Pessanha é Eng° Químico com grande experiência em tintas aplicadas em concreto.
- The Fundamentals of cleaning and coating concrete – Randy Nixon e Dr. Richard Drisko.
- Burns, Geoffrey. Alkyds. In generic coatings types: and introduction to industrial maintenance coating material.
- ICRI guideline n° 03732. Selecting and specifying concrete surface preparation for sealers, coatings and polymers overlays.

RECUPERAR

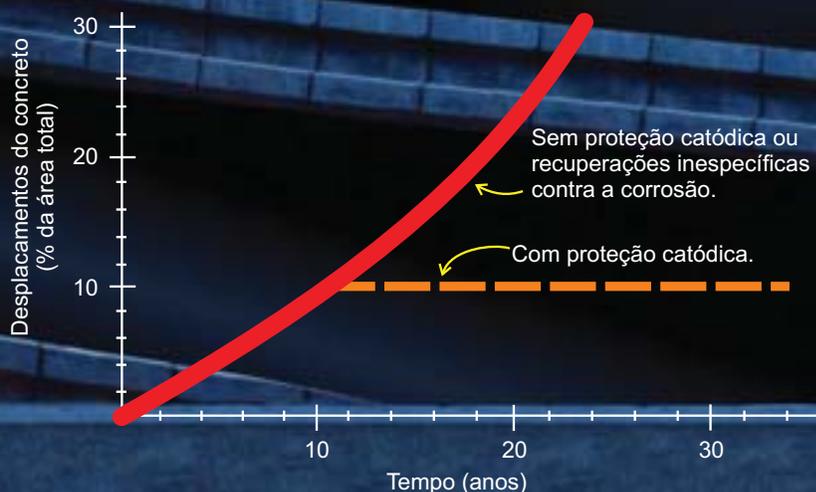
A melhor revista técnica do Brasil.

Faça já sua assinatura
 www.recuperar.com.br



Os segredos da corrosão V

Corrosão no concreto armado



Joaquim Rodrigues

Entenda o único mecanismo que, efetivamente, interrompe a corrosão no concreto armado-protendido: proteção catódica com ANODOS DE SACRIFÍCIO.

Quando determinada região de uma armadura corrói, esta região é reativa e denominada anodo. Ao ligarmos esta área da armadura a um metal chamado anodo de sacrifício (AS) mais reativo ou mais anódico que aquela região do aço, este transforma-se em catodo, parando de corroer. O AS passa a ser o anodo e corrói em benefício do aço. A utilização do AS no concreto armado-protendido segue as diretrizes das normas NACE RP0290-90 “Standard recommended practice for cathodic protection of reinforcing steel in atmospherically exposed concrete structures”, NACE RP0187-90 “Standard recommended practice for design con-

siderations for corrosion control of reinforcing steel in concrete” e a norma ACI 222R-96 “Corrosion of metals in concrete”. Todas à disposição do leitor.

Assim, a corrosão do aço é facilmente interrompida, quando instalamos AS junto a armaduras corroídas ou que apresentem condições para corroer (preventivo), estabelecendo-se um verdadeiro sistema de defesa do aço chamado proteção catódica (PC) por corrente galvânica, baseada na lei da natureza de que metais diferentes possuem potenciais eletroquímicos desiguais. Quer dizer, cria-se uma pilha galvânica, impulsionada pelo potencial elétrico resultante



continua na página 30.

ESTACAS SEM CORROSÃO?



JAQUETA G

Sabe a zona de variação da maré? Aqueles dois metros de água que sobe e desce? Corrosão, não é? Passam dois ou três anos e a corrosão volta pior. Mais reforço, mais sobrecarga, mais dinheiro... JAQUETA G interrompe tudo isso. A malha galvânica da JAQUETA G interrompe, na hora, o processo de corrosão. Nada de barreiras passivas e perigosas com argamassa, epóxi ou jaquetas passivas de concreto. Concreto e aço não são super-heróis. Zona de variação da maré oxigena mais que peito de corredor. Água e oxigênio no concreto armado-protendido é corrosão contínua. Interrompa tudo isso com JAQUETA G.



JAQUETA G

Tele-atendimento
(0XX21) 2493-6740
fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 27

Tecnologia

Injeção de poliuretano espuma
sem necessidade de injeção de gel?

PH FLEX SUPER é hidrófobo, ou seja, sua espuma não contém água. Logo, é estável aos ciclos de secagem/molhagem. O poliuretano-espuma da concorrência é hidrófilo, ou seja, reage com a água, formando uma espuma instável aos ciclos de secagem/molhagem. Daí a necessidade da injeção posterior de gel, para "impermeabilizar" a "esponja". Pare de perder clientes, tempo, dinheiro, além de esburacar toda a estrutura, instalando bicos injetores para injetar espuma e depois gel. PH FLEX SUPER resolve de uma vez. Experimente hoje mesmo. Peça sua amostra, compare e sinta a diferença, no bolso e na tecnologia.

Tele-atendimento
(0XX21) 2493-6862
fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 28

PH FLEX SUPER

SOLUTION WITH ONE SHOT INTELLIGENT FOAM

da diferença de potencial (ddp) entre os dois metais em contato iônico e elétrico.

Como funciona a PC

Supondo que, numa peça de concreto armado, utilizemos um AS composto por uma liga de metais reativos em contato com o aço das armaduras, através de um arame, para fazer a nossa PC. Um detalhe importante que deverá ser entendido e posto em prática é a otimização do contato iônico entre o aço e a liga reativa, sem o que a PC não funcionará adequadamente, já que a matriz cimentícia seca é um péssimo condu-

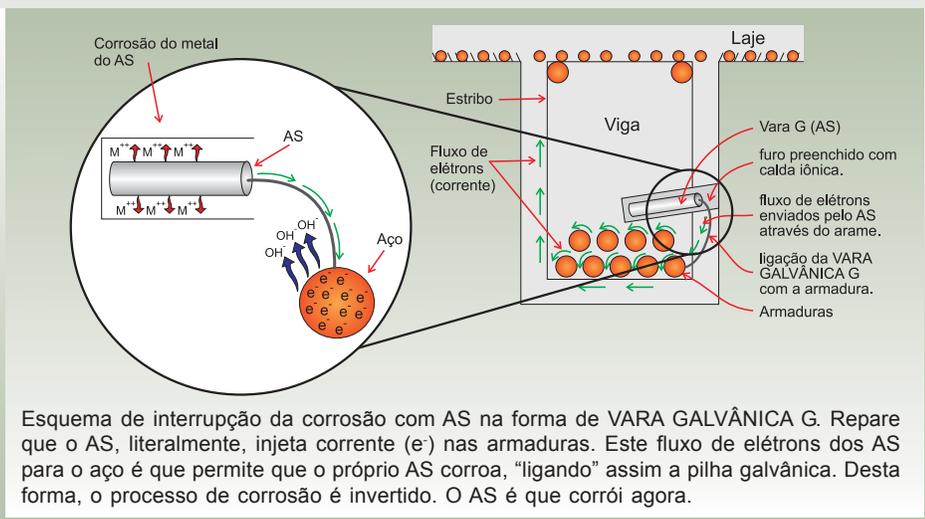
GLOSSÁRIO

Ionização – processo no qual átomos ganham ou perdem elétrons.

Pilha Galvânica – uma pilha que gera corrente elétrica. Consiste de dois metais diferentes em contato, havendo um eletrólito entre eles.

Eletrólito – substância que, em solução, é composta por íons e que conduz corrente elétrica. Uma solução de íons. Um condutor iônico.

Curto Circuito – ligação entre dois pontos com diferentes potenciais e resistência muito baixas. A corrente, consequência da ligação, tem grande intensidade. Nos circuitos com fios, a corrente pode ser tão grande que pode provocar a fusão do condutor, daí a necessidade de proteger-se a instalação elétrica contra curto-circuitos, utilizando-se fusíveis, que nada mais são do que fios de baixo ponto de fusão. Quando a corrente ultrapassa um valor pré-fixado fundem-se, interrompendo o circuito.



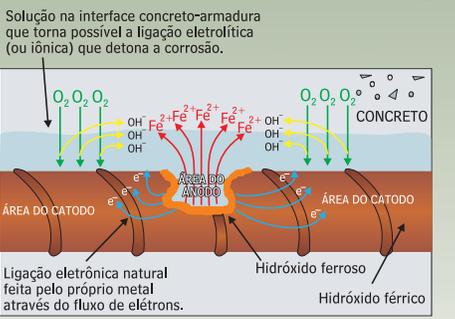
Esquema de interrupção da corrosão com AS na forma de VARA GALVÂNICA G. Repare que o AS, literalmente, injeta corrente (e-) nas armaduras. Este fluxo de elétrons dos AS para o aço é que permite que o próprio AS corra, "ligando" assim a pilha galvânica. Desta forma, o processo de corrosão é invertido. O AS é que corrói agora.

tor iônico, principalmente quando incorpora aditivos plastificantes, aceleradores de pega etc. Assim, incorporando à massa de recuperação condições iônicas adequadas, permitiremos que os metais da liga ionizem e corroam, produzindo corrente necessária à transformação da região anódica do aço em catódica. Daí o nome proteção catódica. O metal da liga, ao produzir esta corrente de proteção, passa da condição de partículas metálicas para a condição de íons em direção à massa eletrolítica envolvente, ao mesmo tempo em que liberam elétrons pelo fio, suficiente para gerar corrente de prote-

ção às armaduras, impulsionada pelo alto potencial (voltagem) do AS.

Propriedades do AS

O AS deve, preferencialmente, ser composto por uma liga de metais reativos, ao invés de um único metal. Desta forma, pode-se dimensionar a diminuição e até mesmo impedir sua tendência natural de formar um filme superficial (produtos da corrosão), consequência da sua corrosão, estabelecendo uma passividade indesejável. Esta passividade reduz a auto-corrosão do AS e diminui a pro-



Típico mecanismo de corrosão provocado pela polarização catódica do catodo, em função da facilidade com que o oxigênio chega à superfície do aço. No anodo deposita-se hidróxido de ferro, de cor mais amarelada. Nos catodos adjacentes, com maior área, deposita-se hidróxido férrico, de cor vermelho-marrom, a verdadeira cor da ferrugem. Se a película do hidróxido férrico se mantém intacta, o ferro passiva-se, pelo fato de ser pouco solúvel, dificultando o acesso da água e do oxigênio. Repare na diferença entre as áreas anódica e catódica.

Região inferior da viga invertida de uma laje de um estádio de futebol em região de maresia. Repare que, devido à corrosão foram perdidos todos os estribos, já repostos. As armaduras principais, após a desoxidação, ainda apresentam pequenas células da corrosão que perpetuam o processo. Há suspeitas de contaminação do concreto pela maresia. A instalação de proteção catódica por anodos de sacrifício interromperá o processo.

dução da corrente da PC. Por outro lado, também como fator condicionante, a massa da recuperação, que envolverá o AS, deverá ter baixa resistividade ou, o que é o mesmo, ter condutividade suficiente para permitir que o mesmo corra, sem o que não haverá troca galvânica com o aço e a conseqüente PC. O fator condicionante da massa tem a ver com a resistência ôhmica, eterna oposição à pas-

GLOSSÁRIO

Resistência – propriedade de opor-se à passagem da corrente elétrica, medida em ohms, e pertinente a todo condutor seja eletrolítico (eletrolito) ou metálico (cobre). Um circuito com resistência zero considera-se em curto-circuito, ou seja com circuito fechado, enquanto que quando a resistência for infinitamente grande o circuito é chamado de circuito aberto. Em circuitos metálicos utilizam-se resistores para impedir ou limitar o fluxo de corrente.

Resistor – componente elétrico que introduz uma resistência num circuito.

Voltagem – diferença de potencial entre dois pontos, medido em volts.

Queda de voltagem – perda de corrente elétrica causada pela passagem através de meios resistivos.

Polaridade – propriedade que distingue, num circuito eletrolítico ou metálico, um ponto de potencial mais alto de um mais baixo. Aquele tem polaridade positiva em relação a este. Numa fonte de força eletromotriz, a polaridade dos seus terminais indica o sentido de circulação da corrente que é do terminal de polaridade positiva para o de negativa.

sagem da corrente elétrica e que depende da resistividade do concreto que, naturalmente, é extremamente alta. Ao instalar o AS, dever-se-á promover a inclusão de um aditivo específico na massa envolvente, exceto para as pastilhas galvânicas, cuja massa já está ionizada, de modo a diminuir esta oposição, favorecendo a passagem da cavalaria salvadora até as regiões com corrosão ou em vias de. Como todo e qualquer polímero é dielétrico, conseqüentemente, dever-se-á evitar o uso de argamassas ou grouts pré-fabricados. Estas massas de recuperação geralmente são ricas em polímeros na forma de plastificantes, espessantes, aceleradores de pega etc, impedindo o metal anódico de ionizar junto à interface comum de contato e, conseqüentemente, liberar corrente através do arame de fixação com a região corroída da armadura.

Outro fator condicionante importante é a voltagem propulsora do AS, que deverá ser a maior possível e oferecer o melhor custo-benefício, particularmente para trabalhar no ambiente chamado concreto. Baseado na antiga e elementar lei de Ohm, que diz que a voltagem (E) é proporcional à corrente (I) e à resistência (R) do circuito ($E = RI$), poder-se-á anunciar aos qua-

tro ventos que a força que acionará a PC será a voltagem propulsora E entre o AS polarizado, a massa de recuperação e a armadura agora catodizada ou protegida. Como conseqüência, surge a bela e maravilhosa corrente I que terá como obstáculos a maratona de resistências ôhmicas entre o anodo e o catodo, incluindo os próprios, ou seja:

$$I = \frac{E}{R_a + R_e + R_{CO}}$$

onde

$$\left\{ \begin{array}{l} R_a - \text{resistência do anodo} \\ R_e - \text{resistência do catodo} \\ R_{CO} - \text{resistência do concreto} \end{array} \right.$$

A instalação de um anodo de sacrifício tipo pastilha, vara galvânica, ZTP etc em uma estrutura de concreto armado-protendido assemelha-se a um circuito elétrico simples e a um eletrolítico.

Um outro aspecto que deprecia o uso de AS à base de um único metal é o ambiente no qual estará inserido. No caso do concreto, o AS à base de zinco puro não é



Após o jateamento?

Só ZLP

Não se chateie mais com jateamento e proteção com tintas. A cada quatro ou seis anos a mesma rotina e o mesmo gasto. Proteção por barreira é limitada e totalmente passiva. Use ZLP, proteção galvânica na forma de proteção ativa e inteligente. Cada partícula de sua película faz troca galvânica com a superfície metálica, garantindo um mínimo de 15 anos sem qualquer problema de corrosão. Não se chateie mais com barreiras e jateamentos... Aplique ZLP, com rolo, trincha ou spray.



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



Sem tratamento efetivo da corrosão, toda
recuperação estrutural é igual.

A única garantia de tratamento da corrosão localizada em estruturas de concreto armado-protendido é com proteção catódica. Pastilha Z é o seu nome. Proteção localizada e efetiva em qualquer situação, comprovada com a semi-pilha. Pastilha Z é facilmente incorporada à estrutura.

A única garantia de tratamento da corrosão localizada em estruturas de concreto armado-protendido é com proteção catódica.

Pastilha Z

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

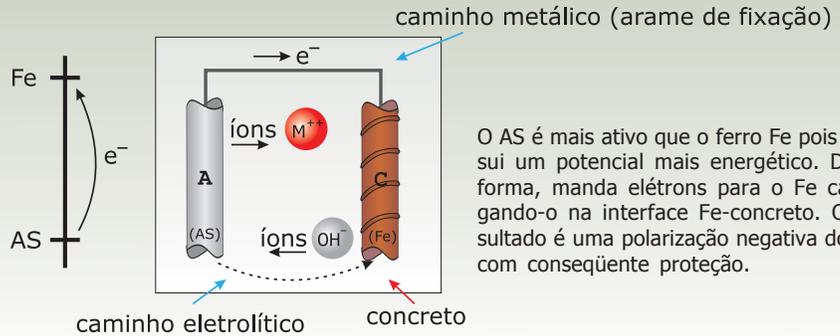


A instalação da pastilha galvânica.

a) O circuito elétrico



b) O circuito eletroquímico



O AS é mais ativo que o ferro Fe pois possui um potencial mais energético. Desta forma, manda elétrons para o Fe carregando-o na interface Fe-concreto. O resultado é uma polarização negativa do Fe, com conseqüente proteção.

GLOSSÁRIO

Lei de Ohm – a natural queda de voltagem através de um circuito elétrico ou metálico, que tenha resistência R, também conhecida como queda IR, é dada pela lei de Ohm: $E = IR$. Onde E é o potencial ou voltagem em volts, I é a corrente em amperes e R é a resistência em Ohm.

Dielétrico – diz-se do material que não conduz energia elétrica.

Polarização – mudança do potencial, originalmente em estado de circuito aberto, em uma região da armadura provocado pela passagem de corrente.

Potencial de Circuito Aberto – é o potencial de uma região da armadura, medido com uma semi-pilha, quando não há passagem de corrente.

Passividade – Condição na qual uma região da armadura, devido à existência de uma cobertura ou película de óxidos ou qualquer outro material, apresenta um potencial bem mais positivo que aquele que a caracteriza, quando apresenta-se em estado ativo de corrosão.

uma boa idéia já que este metal é muito sensível e corrói com facilidade quando imerso em ambientes alcalinos, criando uma película resistente, apassivando e diminuindo a produção da corrente de proteção.

A resistividade do concreto varia com o tempo (sol, chuva) e com as características do ambiente que circunda a estrutura (por exemplo, o industrial) e isto, no final das contas, também afetará o AS.

e-mail consulta nº 30



RECUPERAR

Para ter mais informações sobre Corrosão.

www.recuperar.com.br

REFERÊNCIAS

- Joaquim Rodrigues é engenheiro civil, membro de diversos institutos nos EUA, em assuntos de patologia da construção. É editor e diretor da RECUPERAR, além de consultor técnico de diversas empresas.
- Sophie J. Bellord "Thermal-sprayed Zinc Anodes: Lab. and Field Studies."
- Paul D. Carter. "Galvanic Cathodic Protection Repair of Reinforced Concrete".
- The electrochemistry of corrosion. D.L. Piron.
- H.H. Uhlig, corrosion.

"Estacas de pontes na zona de variação da maré. Novas soluções."

RECUPERAR Nº 56

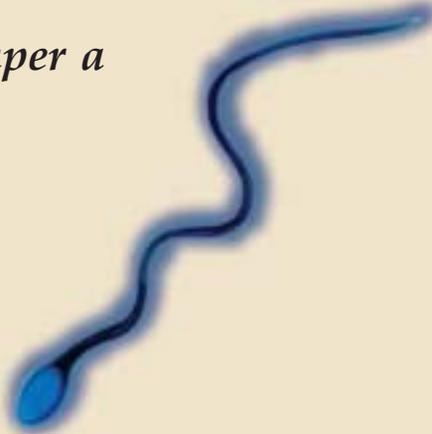
Só existe uma maneira

de interromper a

Reatividade
Álcali-Sílica...

RENEW/LIFETIME

Tele-atendimento
(0XX21) 2493-6862
fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 32



...em estruturas existentes

RENEW[®]
LITHIUM FÓRMULA

...em estruturas a serem executadas

LIFETIME[®]
LITHIUM FÓRMULA