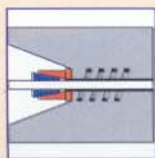


O MONITORAMENTO ACÚSTICO DE ESTRUTURAS PROTENDIDAS

Com esta técnica, obtém-se informações precisas acerca da existência de problemas nas cordoalhas, além de sua localização.

Joaquim Rodrigues



Um novo e revolucionário sistema de monitoramento acústico consegue precisar a existência de danos nas cordoalhas de cabos não aderidos de estruturas de concreto protendido. A energia liberada quando uma cordoalha ou um fio relaxa ou quebra induz um sinal acústico característico que é transmitido à estrutura do concreto. Acelerômetros instalados detectam ondas descontínuas resultantes desta anormalidade em um fio ou numa cordoalha.

A maior causa de problemas em estruturas de concreto protendido tem sido a corrosão que se instala nos cabos de protensão. Praticamente qualquer grande serviço de recuperação de estruturas protendidas, que se executa nos EUA, é acompanhado de um trabalho inicial de levantamento do estado das cordoalhas. Este novo teste, não destrutivo, de monitoramento de problemas em cabos de estruturas protendidas foi desenvolvido com o intuito de eliminar aquela necessidade de se checar, no local, de forma extensiva, o seu condicionamento.

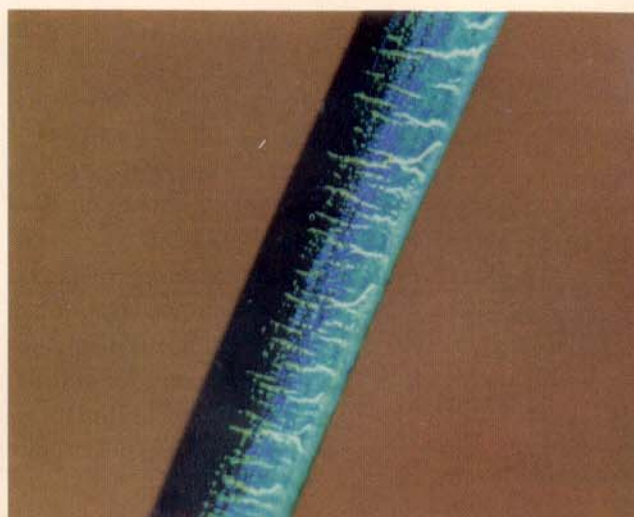
O Básico

O concreto protendido é um tipo de concreto armado onde a armadura é colocada em carga, de forma que as tensões permanentes de compressão interna, para uma determinada sollicitação, são substancialmente aumentadas, seja para uma determinada peça ou toda uma estrutura. Comparado ao concreto armado convencional, apresenta uma capacidade de carga maior, com uma flexão menor, isto supondo-se um mesmo tipo de carregamento.

O concreto protendido utiliza a técnica de pré-tensionamento e a de pós-tensionamento para a sua execução, sendo que o primeiro é feito em conjunto com a pré-moldagem da peça em canteiros especializados onde são obedecidas todas as técnicas dos pré-moldados. O pós-tensionamento, ao contrário, é feito na própria obra, sendo somente executado após os trabalhos de forma, armação, concretagem e, principalmente, quando obedecido o período de cura, adquirindo-se uma determinada resistência à compressão.

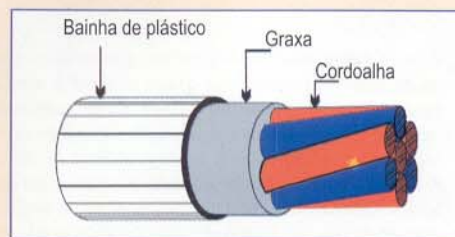
São utilizadas bainhas (dutos) metálicas ou plásticas para evitar que as cordoalhas, que compõem o cabo, não adiram ao concreto, já que aquelas necessitam ser tencionadas (esticadas). Poderão ser utilizados cabos com apenas uma cordoalha. A força de protensão a ser imposta aos cabos é transmitida ao concreto pelo que chamamos de "extremidade viva" e através de placas especiais previamente ancoradas, utilizando-se macacos hidráulicos portáteis. A cavidade sobre a qual é colocada a placa de reação ao tensionamento a ser aplicado, normalmente é preenchida com um graut especial. O lado oposto à "extremidade viva" é chamado de "extremidade morta" e é apenas preenchida com concreto sob a placa de reação.

Se a bainha é preenchida com calda de cimento, consegue-se uma boa aderência do



Através da incidência de partículas magnéticas fluorescentes e luz ultravioleta é possível visualizar o fissuramento, na corrosão sob tensão, neste fio de cordoalha.

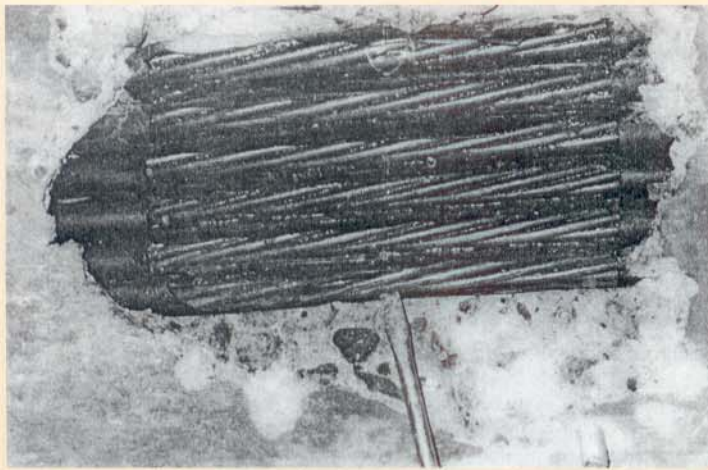
cabo com o concreto, dando-se o nome de concreto pós-tensionado com cabo aderido. No concreto pós-tensionado com cabos



Um típico cabo não aderido utilizado em lajes protendidas e em trabalhos de reforço por protensão externa, com mono-cordoalha de 7 fios, diâmetro aproximado de 12,7mm e com carga de ruptura de 19.900kgf. Uma graxa inibidora de corrosão envolve a cordoalha.

não aderidos, a bainha não é preenchida após os trabalhos de tensionamento, ficando livre para mover-se. No sistema de multi-cordoalhas os trabalhos de injeção de calda de cimento é difícil e custoso e no de

continua na pág. 6



Após o monitoramento acústico, identificou-se precisamente o local onde há fios e/ou cabos partidos ou onde há presença de corrosão. Nesta viga, com cabos com 6 cordoalhas, há corrosão generalizada e 2 fios partidos. Os cabos ainda têm 95% de sua capacidade inicial.

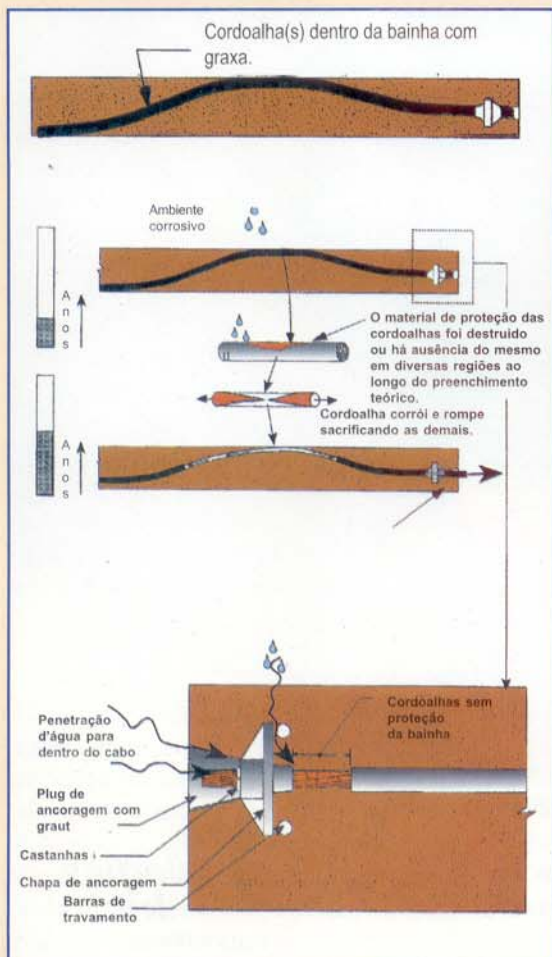
mono-cordoalha não é prático. A protensão com pós-tensionamento não aderido (cabo solto) é usada em edifícios, pontes, lajes de estacionamentos, vasos de reatores nucleares, tanques e estruturas de contenção. O cabo não aderido mais comumente usado é o com mono-cordoalha para esfor-

jeitos a altas tensões durante todo o tempo, o processo de corrosão que se desenvolve nessas peças difere em muito do que ocorre nas armaduras do concreto armado. Estruturas pós-tensionadas (EPTs) estão sujeitas a três tipos principais de corrosão:

- galvânica
- corrosão sob tensão com surgência de fissuras
- corrosão com estado quebradiço devido à liberação de hidrogênio

Pesquisas efetuadas em estruturas protendidas com cabos partidos dão como causa fissuras provocadas por corrosão sob tensão. Na região do rompimento surgem pontas aguçadas com leve aumento de volume e, algumas vezes, como se parecessem muito bem esculpidas. O processo que envolve a corrosão com estado quebradiço devido ao gás hidrogênio, ocorre paralelamente aos outros dois tipos de corrosão já citados. O hidrogênio formado (gás extremamente leve e muito difusivo, tem a propriedade de atravessar com facilidade qualquer corpo permeável) pela reação da corrosão surge nestes pontos anódicos localizados (pites), penetrando no aço e provocando um estado de fragilidade no mesmo. Não se observou perda de seção naqueles casos de pites de corrosão galvânica, que surgem em cabos de protensão. Todos os três tipos de corrosão citados podem surgir em presença d'água, que adentra em EPTs, tanto durante a construção quanto durante sua vida útil. A realidade é que após todo aquele preciosismo na fabricação dos cabos de protensão, com manei-

rosas técnicas de manuseio, a água adentra, até com bastante freqüência, no espaço anular entre a cordoalha e a sua bainha, independente do sistema de montagem utilizado, seja quando estocado na obra, nos pátios de montagem ou propriamente durante o seu transporte. É possível a penetração d'água após a concretagem da peça estrutural e, claro antes que seja feita a montagem das ancoragens, a cravação das cunhas, o corte das pontas das cordoalhas, o arremate do nicho, a preparação da calda de cimento, a injeção com fechamento dos purgadores e o acabamento. Após a construção, não é difícil a penetração d'água através do micro concreto ou graut (normalmente mal curado, com conseqüentes fissuras e trincas), principalmente se as ancoragens (estamos falando de cabos não aderidos) situam-se em regiões abaixo do nível da rua. Ao contrário do que poderia se imaginar, há surgência de trincas junto às bordas de lajes pós-tensionadas com restrição de movimento, devido ao fato de que não conseguem ter um encurtamento uniforme. Inquestionável a infiltração d'água em todas as peças protendidas, expostas ao tempo, que não tenham impermeabilização em sua região superior. Juntas de dilatação ou de construção mal tratadas são um dos melhores locais de entrada d'água.



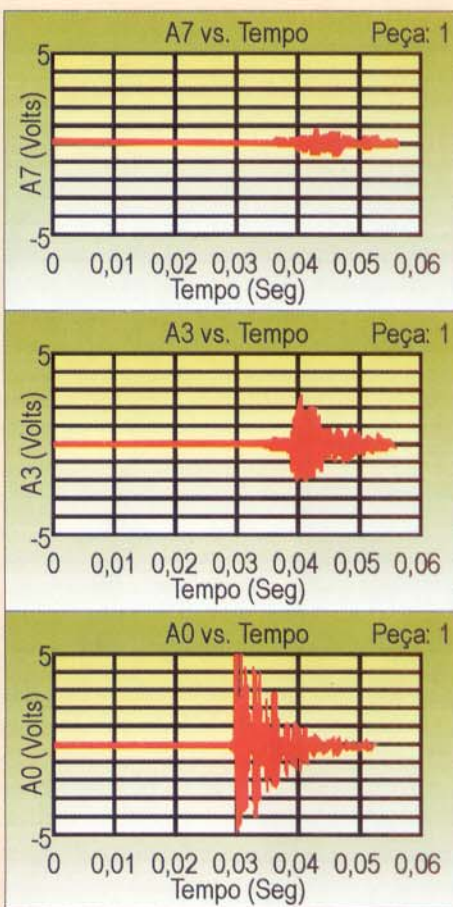
Cabos de protensão expostos à ação do tempo. Cordoalhas entram em processo de corrosão e rompem, sacrificando o conjunto.

O Problema é a corrosão

Pelo fato dos cabos de protensão estarem su-



Este sistema coleta os dados detectados por acelerômetros instalados na estrutura protendida.



Resposta típica de vários sensores em uma simples verificação. O eixo vertical mostra a saída amplificada dos sensores (volts) e o eixo horizontal mostra o tempo relativo de chegada da onda a cada um dos sensores (segundos). Pela análise destes dados o cabo e a localização do dano são determinados.

Detectando o problema

O propósito da investigação em estruturas protendidas é identificar a presença e a extensão do processo de corrosão, contaminação ou de problemas nas cordoalhas. Em lajes protendidas de edificações, devido a concepções arquitetônicas pouco sensíveis, a obrigatoriedade dos serviços de manutenção, é comum a dificuldade do acesso aos cabos.

Normalmente, para se detectar danos nas cordoalhas é necessário abrir "janelas" de modo a expô-las, particularmente nas regiões de grande importância estrutural e com grandes possibilidades de penetração d'água ou umidade. A presença de corrosão visível ou mesmo ruptura de algum fio ou cordoalha, durante as primeiras inspeções, não significa que a estrutura não esteja boa, a não ser que estes sintomas se somem a outros ao longo de todos os cabos em toda a extensão dos mesmos. Se não

existirem evidências de corrosão, deverão ser removidos um número aleatório de cordoalhas, de modo a submetê-las a inspeção metalúrgica, com o fim de se analisar fissuras microscópicas ou outros danos.

De maneira rotineira, empresas de controle tecnológico especializadas neste tipo de serviço têm por norma analisarem uma quantidade grande de cordoalhas para qualquer tipo de estruturas, através da abertura de "janelas", antes de opinarem sobre a sua real capacidade de suporte. Mas não é fácil sair quebrando o concreto nas zonas de ancoragem ou nas prováveis regiões onde poder-se-á achar problemas de corrosão sem que se tenha muito trabalho e, conseqüentemente, a um preço alto. O tipo de análise do "abrir para ver", em estruturas protendidas, deve ser tão obrigatório quanto aquele exame de sangue ou do coração que se deve fazer todo ano ou, no máximo, a cada dois anos. Infelizmente, corrosão é um fenômeno dinâmico e não espera para ser analisado. Conseqüentemente dá para imaginar o que existe dentro das bainhas de nossas estruturas protendidas ao longo de toda a costa brasileira, já que nada é feito nesse sentido. Nossa mentalidade, e isto é uma crítica direta aos nossos órgãos públicos, não entende que tudo que se constrói nesta vida não é eterno ou, de forma mais prática, inexistente um sentido de manutenção, particularmente em estruturas protendidas. É deixar o problema acontecer para ver. Uma dica: existem centenas de pontes e viadutos, em estrutura de concreto protendido, executadas na mesma época da Ponte dos Remédios, em São Paulo. Aliás, como estão o resto dos cabos desta ponte após a substituição parcial daqueles cabos quebrados?

Medidas corretivas

Reprotensão é um teste quase que impossível de se realizar em cabos não aderentes já que não há métodos satisfatórios de conectar o equipamento hidráulico nas ancoragens, uma vez que os pontos já não existem (necessita-se pelo menos de 10cm). Por outro lado, se existirem ancoragens de emenda, devido a concretagens seqüenciais na laje, o teste de reprotensão não será válido. Há empresas que argumentam que os resultados são de pouco valor pelo fato de que nada poderá garantir que alguns dos fios das cordoalhas testadas poderão quebrar após o teste e, portanto, ser uma falsa indicação de eficiência.

Uma vez detectada a corrosão e, portanto, danos nas cordoalhas, o proprietário da estrutura terá as seguintes opções:

- 1 - Substituir por novas cordoalhas todo o sistema protendido afetado ou então utilizar um sistema alternativo de reforço estrutural.
 - 2 - Substituir apenas as cordoalhas afetadas.
 - 3 - Nada a fazer até que o problema existente ameace a integridade da estrutura. Uma vez ameaçada, execute as opções 1 ou 2.
- Devido à dificuldade de se obter informações reais em relação às cordoalhas afetadas, é comum empresas de recuperação trabalharem para o lado da segurança, substituindo quase todos ou todos os cabos estatisticamente suspeitos. É claro que com esta medida estaremos removendo cabos comprometidos por corrosão e cabos em trabalho pleno sem qualquer comprometimento. Resumindo, estas sugestões representam o mínimo que os proprietários podem fazer nas estruturas protendidas.

Detectando futuros danos

É bastante comum, hoje, nos EUA, utilizar-se a técnica de monitoramento acústico, (TEMA) para estruturas protendidas. Ela se baseia em um revolucionário sistema acústico de detecção de informações, tanto para a instalação em estruturas novas, quantopara a análise de estruturas antigas. A sensibilidade do equipamento consegue levantar qualquer estado de anormalidade dentro do comportamento das cordoalhas, antecipando, por conseguinte, um futuro caso de rompimento seqüencial de seus fios. As cordoalhas pós-tensionadas não aderidas têm como característica de ruína a repentina liberação de energia durante a sua ruptura. Esta energia liberada induz uma resposta acústica que é transmitida através da estrutura de concreto. Acelerômetros detectam ondas de corte (ondas C) típicas de quando acontece qualquer anormalidade com a cordoalha. O computador, instalado na obra, analisa todas as informações recebidas pelos sen-

continua na pág. 9



Através da abertura de uma "janela", constata-se a presença de água e corrosão.



Vista inferior, após a concretagem.

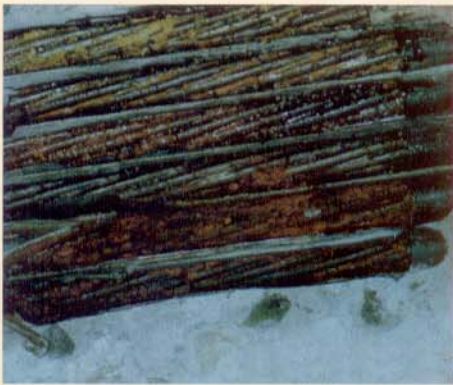


Vista parcial da laje pronta para a concretagem.



Concretagem.

Uma típica laje protendida com cabos não aderentes pré-tensionados. Este sistema estrutural permite um maior distanciamento dos pilares, uso reduzido de escoras e vigas de pequena altura, culminando com a rapidez em sua execução.



Nesta outra "janela" aberta há presença de corrosão generalizada.

sores, armazenando apenas aquelas com níveis de energia que denotem casos de anormalidade e que, normalmente, conduzem à ruína da cordoalha. Estes dados são, então, postos em um computador central que analisa as informações, de modo a determinar a provável causa e a localização daquela energia liberada. A TEMA tem como função adicional o monitoramento da performance de vários métodos de reforço empregados em estruturas de concreto, particularmente no comportamento das lajes protendidas, feitas de forma corriqueira nos EUA. Uma análise estatística dos dados analisados consegue identificar a convergência da performance da cordoalha à ruína, podendo, com estes dados, inclusive, ter-se uma idéia do custo das recuperações a serem executadas. O custo da TEMA é baixo comparado à ordem de preços das técnicas tradicionais exigidas, além do que, oferece uma perfeita, e sempre oportuna, avaliação da estrutura para o proprietário. Para se ter uma idéia, apenas um sensor pode cobrir uma área de, aproximadamente, 100m² da estrutura.

Um exemplo de serviço

A laje de cobertura do estacionamento de um shopping, em Calgary, no Canadá, foi construída com 700 cabos de protensão de mono-cordoalha, com 15mm de diâmetro. Durante cinco anos foram realizadas análises do tipo tradicional, com abertura de "janelas", chegando-se à conclusão bastante pessimista de que era melhor trocar tudo, já que havia "inúmeras" regiões onde o processo de corrosão se instalara. Além disso, "inúmeros" fios de cordoalhas estavam partidos. Pouquíssimas cordoalhas apresentavam-se totalmente partidas. Com este diagnóstico o proprietário do shopping avaliou a obra de substituição de todos os 700 cabos obtendo um valor médio

de 1 milhão de dólares! Uma análise posterior feita com a TEMA acusou a necessidade de substituição parcial de, exatos, 160 cabos. Assim mesmo considerando cabos com pouquíssimos sintomas de corrosão (início). Resumindo, a substituição dos 160 cabos, mais a impermeabilização de toda a laje e a instalação de um pequeno número de sensores fiscais que permitiria a análise anual da TEMA custou 160 mil dólares! Os pequenos sensores foram instalados nas áreas onde foram feitas as trocas dos cabos e também em áreas não problemáticas.

Amortizado por um período de 10 anos, o custo da instalação da TEMA, além do monitoramento periódico, é de R\$ 4,60 a R\$ 8,15 por m², dependendo da área e do período de avaliação. O sistema instalado consistiu em 75 pequenos acelerômetros uni-axiais montados na parte de baixo da laje e ligados a um terminal único. Os acelerômetros foram instalados em três zonas correspondentes às três juntas de dilatação existentes que funcionam como barreira natural à propagação do som.

A localização da liberação de energia pode ser determinada relacionando-se o tempo de chegada da onda C, nos sensores instalados, com a velocidade da onda através da peça de concreto.

Poderão ser programados relatórios semestrais, anuais ou para qualquer tempo, de modo a manter o proprietário informado a respeito da performance da estrutura.

Por exemplo, uma perda de 0,28% anual representa uma taxa de deterioração bastante aceitável.

O controle total da performance dos cabos de protensão, monitorando-se a quebra de fios pelo desenvolvimento do processo de corrosão ou qualquer que seja a patologia existente, a utilização desta nova tecnologia, permite aos proprietários de estruturas protendidas, particularmente órgãos Federais, Municipais e Estaduais, um custo/benefício seguramente muito superior a qualquer processo hoje existente de avaliação.

Particularmente no que tange a estruturas protendidas, se não for possível medir sua performance, será impossível gerenciá-las, ficando, portanto, sujeito ao lugar comum de situações como a Ponte dos Remédios, em São Paulo. A TEMA permite que se gereencie, em qualquer tempo, uma estrutura protendida, tornando-a econômica, viável e segura. Fax consulta nº 224.

Referências

- 1 - Joaquim Rodrigues é Eng^o Civil, membro de diversos institutos, nos EUA, em assuntos de patologia da construção. É editor e diretor da RECUPE-RAR, além de consultor técnico de diversas empresas.
- 2 - Development of acoustic system for continuously monitoring prestressed wire failure in high-pressure concrete pipelines. U.S. Department of the Interior, Bureau of Reclamation.
- 3 - Evaluation of technologies for investigation, repair and monitoring of post-tensioned structures. National Research Council, Canada.
- 4 - Evaluation of acoustic system for continuously monitoring wire failures in grouted post-tensioned bridges. Transport Research Laboratory/U.K. Highways Agency.
- 5 - Evaluation of acoustic monitoring technology for detecting wire failures and concrete deterioration in prestressed concrete cylinder pipe. National Research Council of Canada.

Riscos imediatos de desabamentos em túneis, minas e estruturas de concreto.
Livre-se dos furos com os atirantamentos tradicionais.

Serviços rápidos de ancoragem ou colagem em base de estruturas, trilhos, pilares, tirantes e etc.

Estabilização de tetos de túneis e minas.

Pense rápido. Pense POLYROCK*

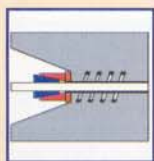
* Poliuretano estrutural de altíssima resistência. 100Mpa em apenas 6 minutos. Fure, Injete e Pronto. Polyrock é insensível à água.

FAX CONSULTA Nº 176

COMO AVALIAR A CORROSÃO NO CONCRETO PROTENDIDO

Com uma simples semi-pilha é possível detectar a presença de corrosão em cabos de protensão.

Carlos Carvalho Rocha



Com base num exemplo bastante característico, vamos apresentar um caso real de investigação do estado de corrosão em cabos de protensão, protegidos por concreto projetado, em um reservatório d'água. É comum este tipo de estrutura apresentar problemas de corrosão em seus cabos de protensão. O mais grave é que, como vimos no caso da Ponte dos Remédios, em São Paulo, o proprietário ignorou qualquer trabalho de manutenção para só solicitar os serviços de reforço quando a estrutura estava em ruína.

O resultado desta investigação deixa claro que o uso do teste eletroquímico efetuado com a semi-pilha, na obtenção dos potenciais (volts) de corrosão, define corretamente as áreas com atividade de corrosão.

Recentemente, um reservatório de água potável no estado da Califórnia, USA, começou a apresentar vazamentos em suas paredes, de maneira anormal, devido à corrosão em seus cabos de protensão. Foi

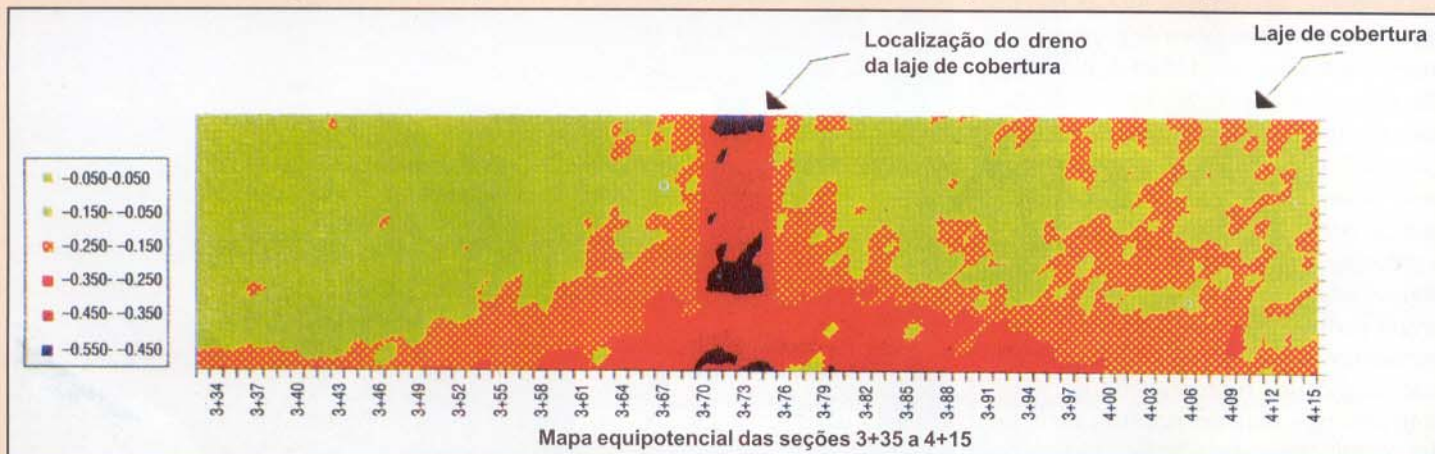


O reservatório

contratada uma empresa especializada neste tipo de estudo, de modo a qualificar e quantificar a causa do vazamento e mais, desenvolver um programa de monitoramen-

to em outros 65 reservatórios pertencentes à mesma companhia de águas daquele estado americano.

O reservatório investigado foi construído em



Avaliação dos potenciais (volts) da corrosão com a semi-pilha

Avaliação e localização das áreas ativas

Exame através de aberturas de "janelas"

Esquema de Trabalho

1979, executado em painéis pré-moldados de concreto com espessura de 20cm.

Durante a operação de protensão dos cabos procurou-se não exceder o valor de 80% de sua capacidade resistente que era de 1380Mpa. A pasta de cimento foi injetada antes da protensão das cordoalhas. Uma tela eletrosoldada galvanizada, com abertura de 10 x 10cm, foi sobreposta aos cabos de protensão, de modo a promover uma ancoragem mecânica com 25mm de concreto projetado.

O objetivo deste estudo foi saber se com a

dados obtidos neste estudo promoverão as bases de um efetivo programa de monitoramento, culminando com técnicas de recuperação ou reforço, em função do acesso específico aos locais problemáticos.

Testes

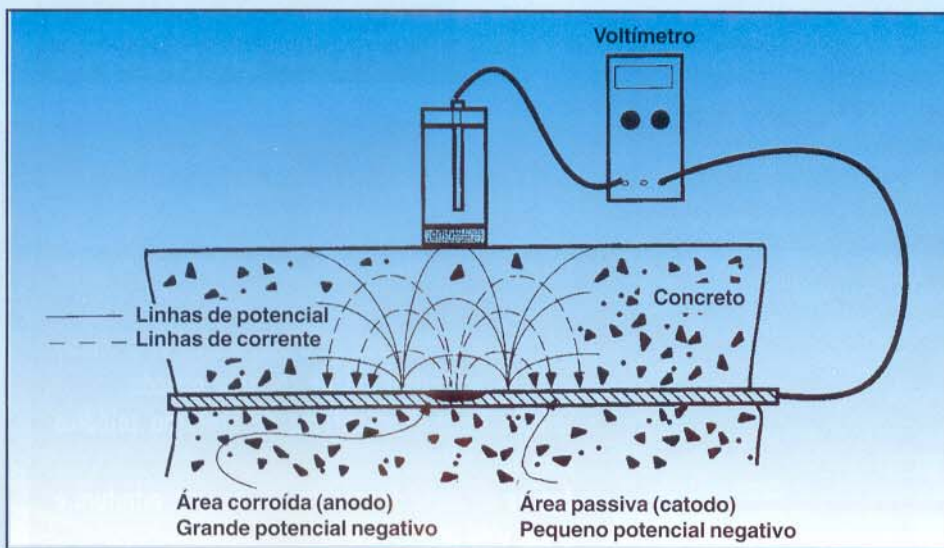
Após a inspeção visual em todo o reservatório, utilizou-se a semi-pilha para determinar a atividade de corrosão nas cordoalhas protendidas. O teste, o ASTM C 876, "teste para obtenção de potenciais de corrosão com

(anódicas) e passivas (catódicas) numa mesma região da cordoalha protendida. Isto forma uma célula galvânica, em curto circuito, onde o fluxo de corrente está associado com o campo elétrico. Estes campos elétricos podem ser medidos na superfície do concreto usando o eletrodo de referência e um voltímetro de alta resistência para localizar os potenciais mais negativos que representam as áreas em atividade de corrosão.

A medida com a semi-pilha

O procedimento para se medir potenciais (volts) de corrosão em estruturas de concreto armado e protendido é rápido e direto com o uso da semi-pilha, de modo a obter-se um eletrólito uniforme, aspergindo-se água nas áreas a serem testadas com bomba airless a partir da parte superior do reservatório. Este procedimento foi executado durante 4 dias seguidos, de modo a obter-se a condição de saturado nas paredes do reservatório. Obtiveram-se aproximadamente 2000 leituras com a semi-pilha, formando uma malha quadrada de 30cm de lado, ao longo do perímetro do reservatório.

Em diversos pontos, abriu-se uma "janela" no concreto projetado, expondo-se o aço da cordoalha de modo a fazer a conexão com o polo negativo da semi-pilha. Paralelamente avaliou-se o sentido de continuidade da cordoalha. Os resultados encontrados com a semi-pilha foram armazenados por seus respectivos pontos de referência (coordenadas verticais e horizontais) e entraram como dados em um computador. Com estes dados foram executados dois mapas equipotenciais.

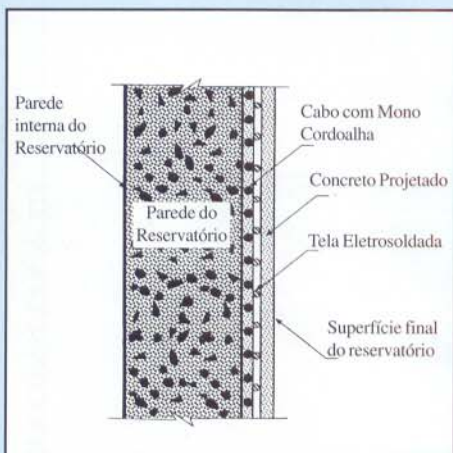


Fluxos de corrente localizados e linhas equipotenciais, quando o aço apresenta estado de corrosão, são medidos com a semi-pilha.

utilização de técnica não destrutiva seria possível levantar as áreas com atividade de corrosão, determinando-se as respectivas taxas daqueles locais. As informações e os

a semi-pilha em armaduras de concreto" foi usado para identificar áreas com atividade

de corrosão nas cordoalhas protendidas do reservatório. A figura abaixo mostra um corte típico da parede do reservatório onde foi executado o teste. A característica marcante do processo de corrosão é a coexistência de áreas ativas



Vista em corte da parede do reservatório

SEGURANÇA É TUDO

O TRAVA QUEDAS É UM EQUIPAMENTO OBRIGATÓRIO



O que adianta o cinto de segurança se ele não está preso à corda de segurança?

O Trava Quedas permite que o operário fique preso o tempo todo à corda de segurança, em toda movimentação e em qualquer situação.

FAX CONSULTA Nº 215

Invista em qualidade e segurança.



Uma das "janelas" abertas para a inspeção final.

RESULTADOS

As 2000 leituras efetuadas com a semi-pilha foram cadastradas e mapeadas conforme a figura a seguir, onde se vêem as áreas equipotenciais típicas nas cotas 3 + 30 e 4 + 15. As áreas que indicavam potenciais de corrosão (volts) mais negativos que -0,30V (áreas vermelha e púrpura) foram reavaliadas. Outras áreas, com potenciais mais positivos que -0,30V foram, aleatoriamente, selecionadas para uma posterior abertura de "janelas", de modo a se proceder uma correlação com as leituras efetuadas. O mapa de potenciais (volts) de corrosão indicou diversas áreas com atividade de corrosão. Segundo o estudo efetuado, as áreas com maiores sintomas de corrosão estavam situadas perto dos drenos das coberturas localizadas nas cotas 2 + 25 e 3 + 70.

Conclusões

Concluiu-se com os estudo efetuados que os danos por corrosão foram causados pela

infiltração de água da chuva nas regiões superiores das paredes do reservatório, penetrando de cima para baixo na interface entre a parede principal e o revestimento com concreto projetado. Este fato pode ser justificado, de forma adicional, por diversos deslocamentos da camada feita com concreto projetado. Estas anormalidades causaram a corrosão nas cor-

doalhas protendidas que, com o tempo, provocou o distensionamento, conduzindo ao desenvolvimento de trincas nas paredes, com conseqüentes vazamentos.

As regiões laterais superiores, junto à cobertura, particularmente nas áreas onde havia empoçamentos (região da entrada dos drenos verticais), além de locais onde anteriormente haviam sido feitas recuperações provenientes dos deslocamentos do concreto projetado, foi onde se constatou corrosão com mais intensidade. As inspeções através das "janelas" evidenciaram que a corrosão era do tipo localizado. Fax consulta nº 225.

Referências

- 1 - Carlos Carvalho Rocha é engenheiro civil, especialista em serviços de recuperação.

- 2 - ASTM C876, Annual Book of ASTM Standards.
- 2 - Babaei, Evaluation of Half-Cell Corrosion Detection Test for Concrete Bridge Decks.
- 3 - R.F. Stratfull, Half-Cell Potentials and the Corrosion of Steel in Concrete.
- 4 - G. Clemena, Benefits of Measuring Half-Cell Potentials and Rebar Corrosion Rates in Condition Surveys of Concrete Bridge Decks.
- 5 - R. L. Branchetti - M.P.

Não recupere sem
consultar RECUPERAR

assine

RECUPERAR

Tel. (021) 493-6862

Fax (021) 493-5553

255-2414

CONCORR Inc.

CONCRETE CORROSION SPECIALISTS

- Sistemas de proteção catódica em estacas de piers e pontes.
- Estudos de viabilidade para a aplicação de proteção catódica em estruturas de concreto armado.
- Seleção do melhor sistema de proteção catódica para sua estrutura.
- Análise do custo de manutenção de uma estrutura e a sua vida útil.
- Elaboração de sistemas de proteção catódica.

FAX CONSULTA Nº 230

Wiss, Janney, Elstner Associates, Inc.

Engineers, Architects, Material Scientists

Serviços de Consultoria e Pesquisa

WJJE

A maior empresa de Engenharia Civil Norte Americana especializada em Consultoria e Pesquisa.

FAX CONSULTA Nº 226

PINTURA INDUSTRIAL

Nenhum serviço de pintura é tão simples que não possa ser executado sem erros.

Michelle Batista



Nas instalações industriais, as pinturas de proteção fazem o seu papel diminuindo a incidência do processo de corrosão no aço. O conceito de proteção por barreira é bastante simples se o aço puder ser isolado do ambiente corrosivo. Nesta situação, as reações de corrosão não ocorrerão. Infelizmente, pinturas não são barreiras perfeitas, muito embora, como dissemos, a teoria da proteção por barreira seja simples. Na prática, ocorre que nenhum serviço de pintura industrial é tão simples que não possa ser executado sem erros.

A chave para se obter a melhor performance começa com a total compreensão daqueles detalhes que podem não dar certo. É perfeitamente reconhecido que as três principais coisas que ocasionam a ruína de uma pintura são: inadequada preparação da superfície, aplicação errada e uso de tinta imprópria. No entanto, isto é apenas a síntese do problema. É necessário, antes de tudo, a perfeita compreensão dos fundamentos que regem a boa pintura.

Esta matéria tem o intuito de apresentar alguns casos reais de problemas em pinturas industriais, objetivando que o leitor possa com isso entender e evitar o prejuízo.

É necessário conhecimento para não ser enganado.

No ramo da pintura industrial de proteção, como em tudo que é vendido, o marketing existe e é forte. Invariavelmente existe tinta para tudo. Casos como “fornecemos tin-

tas há mais de 20 anos para aquela indústria” ou “fazemos total acompanhamento técnico” são bastante comuns na hora da venda. Garantias contra corrosão, temperaturas elevadas e mais uma infinidade de vantagens são argumentos comuns que, caso não haja um mínimo de conhecimento por parte do técnico que está comprando, certamente poderá estar sendo enganado. Apresentamos alguns casos, a seguir, que atestam a necessidade de o técnico avaliar profundamente a situação antes de se meter no serviço.

Caso 1

Uma solução alcalina fertilizante foi contaminada com produtos de corrosão, após estocagem em um silo de aço. A corrosão na superfície interna do silo não foi severa, mas optou-se por aplicar um revestimento de modo a manter a pureza do produto estocado. Inicialmente, projetou-se executar um jato de areia seguido de duas demãos de tinta epóxi a dois componentes (catalizável). Muito caro. Optou-se, então, por aplicar uma solução mais simples e barata composta da aplicação de um conversor de ferrugem seguido de apenas uma demão de um epóxi mono-componente, curado ao ar (éster epóxi). Desastre total após alguns poucos meses, resultando numa contaminação bastante comprometedor do produto estocado. A resistência química do éster epóxi foi desastrosa. A porção epóxi (poliéster) da resina tinha boa resistência, mas o óleo secativo (ácido graxo/éster) foi quimicamente atacado (saponificado) pela solução alcalina. Conforme análise executada,

confirmou-se que a adesão da tinta na superfície do aço foi muito fraca e insuficiente, resultando em um rápido arrancamento da película. A pintura simplesmente desintegrou-se.

Na realidade, o cliente nada entende do assunto e pouco quer pagar. Culpa de quem? Conversores de ferrugem e tintas do tipo éster epóxi podem ter bons resultados em serviços cuja atmosfera corrosiva seja bastante suave e não como revestimento interno de silos. A principal vantagem do conversor de ferrugem e “uma demão encorpada de uma boa tinta” reside em uma economia barata, além de uma conveniência imediatista. Claro que não se pensou em durabilidade.

A mundialmente famosa estratégia do desconhecimento da quantidade de resina, associada à doce ilusão de um preço razoavelmente barato por balde (ou galão) de tinta, invariavelmente, incorre em serviços ausentes de durabilidade. É caso de polícia quando em ambientes ou condições agressivas.

Caso 2

Uma tinta epóxi-vinílica, mais comumente conhecida como éster vinílica, resistente a ácidos, foi aplicada em um grande duto de aço, de acordo com a instrução do fabricante. A tinta foi muito bem aplicada mas, simplesmente, recusou-se a secar. Acharo que tinha catalizado de forma insuficiente a tinta, o pessoal de aplicação instalou lâmpadas que produzissem calor, a fim de acelerar o processo de cura. Sem sucesso. Perplexos, os técnicos da empresa de



Pintura interna em um silo metálico.

pintura analisaram novamente as instruções do fabricante e concluíram que tudo foi executado conforme especificado.

Instruções no rótulo da tinta informavam que deveria aplicar-se de um a dois por cento do catalizador metil-etil-ketone (MEK). O MEK, no entanto, é um solvente e não um catalizador. O catalizador desta tinta é o peróxido-metil-etil-ketone (PMEK). Claro que ler e seguir as orientações do fabricante é importante, mas sem um mínimo de compreensão, um simples erro tipográfico pode redundar em um desastre. Neste caso, a estrela foi um fabricante de tintas bastante complicado e um grande problema como pano de fundo. Quem disse que é válido o que está escrito?

Caso 3

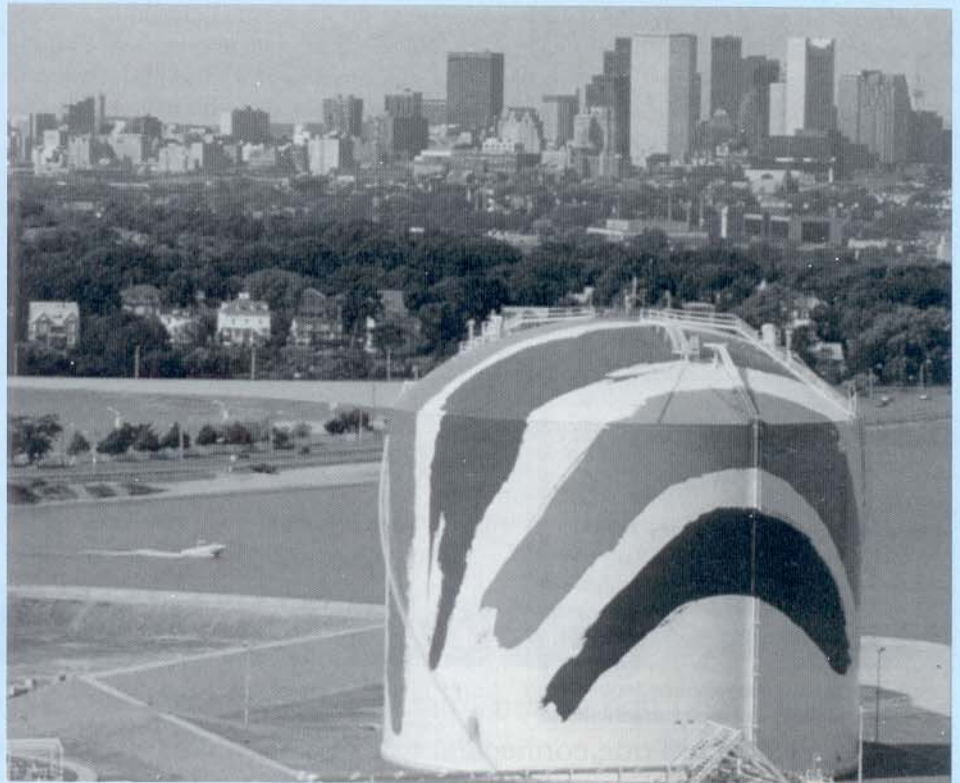
Em uma indústria petroquímica, um tanque de armazenagem, revestido internamente com epóxi, apresentou sérios problemas de corrosão, inclusive com perfurações, após um ano apenas em serviço, estocando salmoura. Após o total esvaziamento do tanque verificou-se que existiam bolhas generalizadas por todo o seu interior e, misteriosamente, a tinta tinha mudado da cor original vermelha para preto.

As informações pertinentes à tinta original informavam que a cor na aplicação era vermelha, tratando-se de um epóxi fabricado exclusivamente para aquele tanque. O histórico relativo à data de compra da tinta lembrava que o fabricante tinha uma linha de produto similar, porém com o de-

envolvimento dos contatos, optou-se por um epóxi "personalizado" para aquele tanque. Na verdade, constatou-se que os dois epóxios, o da linha convencional e o "personalizado" eram similares, porém não iguais, possuindo o mesmo tipo de resina e o mesmo processo de cura, tendo, obviamente pigmentos diferentes. A tinta epóxi convencional tinha cores cinza e incolor somente, enquanto que a tinta fornecida para aquele tanque era vermelha. Curiosamente, a tinta vermelha aplicada no tan-

que virou preta quando do esvaziamento e inspeção do equipamento.

A análise laboratorial mostrou que a tinta epóxi aplicada no tanque continha, como pigmento principal, óxido de ferro vermelho, material barato, ao invés do dióxido de titânio. Óxido férrico tem baixíssima solubilidade em presença d'água e seu uso como pigmento aumenta a resistência da película de pintura à umidade pela diminuição da taxa de transmissão de umidade. Óxido férrico é quase insolúvel, mas não é



O tanque de armazenagem de uma indústria petroquímica.

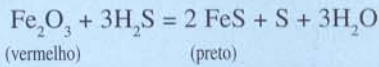


Nosso laboratório atende à indústria da pintura em todo os Estados Unidos e no mundo inteiro.

- **Consultoria.**
- **Testes físicos e analíticos.**
- **Análise de películas de tinta.**
- **Pesquisa.**
- **Análise dos problemas em qualquer tipo de pintura**

FAX CONSULTA N° 227

inerte, podendo reagir com o sulfeto de hidrogênio para formar sulfeto de ferro.



Logo, a resina epóxi (veículo) empregada era resistente à atmosfera do tanque, e o pigmento não. Além do mais, o pigmento protetor foi convertido em um pigmento catódico, bastante nocivo (FeS). A relação galvânica (inconveniente) resultante acelerou enormemente um processo de corrosão na superfície do aço, por pites, sob a película de pintura. O óxido férrico ou outro pigmento qualquer, que seja particularmente reativo, utilizado como primer, pode ser protegido pela aplicação de uma tinta especial de acabamento.

Caso 4

Uma grande quantidade de estacas de um pier de atracação para grandes navios foi preparada e pintada a partir da zona de va-

riação da maré (zona do splash das ondas), até o seu topo com duas demãos de tinta, sendo a primeira um primer à base de poliuretano curado à umidade e o acabamento com um poliuretano *alta performance* sem solventes (100% de sólidos).

Todo o trabalho de pintura foi executado durante a noite, quando da maré baixa, considerando que o processo de cura da tinta empregada era bem rápido. A aplicação do primer e do acabamento foram bem acompanhados e conseqüentemente bem executados. No entanto, testes posteriores com detector de furos para película de pintura acusavam uma grande quantidade de furos. Este problema foi resolvido com a aplicação de uma ou duas demãos da tinta de acabamento, naturalmente aumentando-se a espessura da película, e com a recheagem da integridade da película com o detector de furos.

Contudo, este poliuretano com 100% de sólidos não aderiu suficientemente bem sobre o primer e sobre ele mesmo nas áreas

de sobreposição. A zona de variação da maré é um ambiente extremamente contaminado e, efetivamente, foi o causador do problema de adesão. Algumas semanas após, a tinta de acabamento começou a soltar de sua base (primer) como também em numerosas outras películas, devido aos serviços de sobreposição.

A causa do problema não foi a tinta, já que é indiscutível sua adequação àquele ambiente. No entanto, é absolutamente discutível sua aplicação naquele ambiente. É fato que a presença da água e os contaminantes do ambiente marítimo representam um grande problema durante a aplicação de tintas à base de uretano. O componente isocianato da tinta pode reagir quimicamente com a água, promovendo uma reação com interligação, ao mesmo tempo em que gera o gás dióxido de carbono como sub-produto.

Claro que todos os poliuretanos não são iguais e os curados à umidade são especificamente projetados para utilizar esta rea-

PROTEÇÃO CONTRA A CORROSÃO

Proteger todo tipo de estrutura, em qualquer tipo de ambiente em mais de dez países requer mais do que conhecimentos de engenharia. São necessários experiência e grande capacidade de análise em todas as áreas onde a corrosão se instala.

Consulte-nos para qualquer dimensionamento de proteção ou problema em sua estrutura.



Infraestruturas



Energia



Edificações

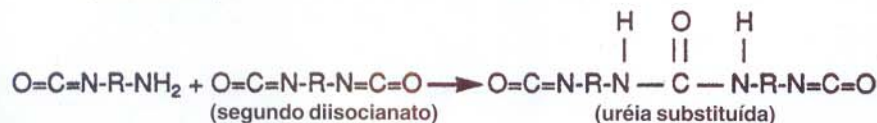
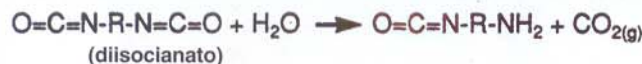

Corpro
Companies
Incorporated
"A Commitment to Excellence"

ção química em seu processo de cura. Este tipo de tinta normalmente é acompanhado de solventes, formando espessura de filme muitíssimo pequena, onde aquele componente ajuda a deslocar a umidade da superfície, promovendo uma molhabilidade adequada da película ao mesmo tempo em que otimiza a adesão da resina. Ajudam tam-

ou 1/1000 de um litro) pode reagir com o componente isocianato da tinta, produzindo mais de um litro de gás CO₂!

Conclusão

Pinturas são feitas por metro quadrado, mas deixam de proteger ou entram em estado



A reação do diisocianato com a água.

bém a manter a tinta suficientemente úmida ou fresca de modo a favorecer o seu processo de auto-cura, após a saída do gás dióxido de carbono (CO₂). O primer do poliuretano, curado à umidade, foi muito bem especificado para ambiente marinho, promovendo ótima adesão na superfície previamente preparada.

Por outro lado, tintas de poliuretano de alta performance, ausente de solventes, tendem a encapsular a umidade ao invés de deslocá-la. A tinta aplicada com alta espessura tende a solidificar rápido, aprisionando o gás CO₂ que tenta escapar, formando furinhos na película, além de vazios em forma de capilares. A aplicação feita sobre uma superfície úmida compromete a adesão inicial da tinta devido ao estado "parcialmente gasoso" que se forma na interface do primer com a película de acabamento reduzindo a área de contato físico entre as duas tintas. A simples presença de umidade ou significativa presença d'água poderá criar um grande problema. Por exemplo, a 25°C, uma grama d'água (um centímetro cúbico

de ruína caso não se faça uma programação milimétrica de todo o serviço, com a total compreensão de todas as suas etapas. Os mecanismos de corrosão, proteção contra a corrosão e degradação de uma pintura pertencem ao lugar comum do micro-mundo invisível dos átomos e moléculas. O bom senso nem sempre se aplica. Somente técnicos com total controle dos fundamentos da corrosão e com domínio da química das tintas podem acessar o campo da boa pintura, eliminando a sombra dos mistérios de seus problemas.

A maioria dos danos que conduzem à ruína uma pintura é o resultado da simples omissão, desconhecimento e/ou de erros das empresas de aplicação. Qualidade, por outro lado, é o resultado do somatório de conhecimentos e do perfeito planejamento da empresa que executa a pintura. Lembre-se que, em nosso mercado, não é comum a obtenção de uma boa relação custo-benefício nos serviços de pintura. Fax consulta nº 229.



Todo o cuidado é pouco ao pintar superfícies em ambiente úmido e, principalmente, marinho.

Referências

- 1 - Michelle Batista é química.
- 2 - Goodman, S.H., Handbook of Thermoset Plastics.
- 3 - Gutsche, C.D., Fundamentals of Organic Chemistry.
- 4 - Kirk-Othmer, Encyclopedia of Chemical Technology, Third Edition, Vol. 13.
- 5 - Levine, R.I., Physical Chemistry.
- 6 - Munger, C.G., Corrosion Prevention by Protective Coatings.
- 7 - Parker, D.H., Principles of Surface Coating Technology.
- 8 - West, R.C., Handbook of Chemistry and Physics.
- 9 - Marck Schilling, Journal of Protective Coatings and Linings.

Você encontra uma verdadeira acessoria técnica para o seu problema, em sua construção.

Assine

RECUPERAR

Tel. (021) 493-6862

Fax (021) 493-5553

255-2414



Grupo falcão bauer

CREDENCIADO: INMETRO E IBQN

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

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

RUA AQUINOS, 111 - CEP 05036-070 - SÃO PAULO - SP

POR QUE GRANITOS, MÁRMORES E CERÂMICAS CAEM DAS FACHADAS?

A solução para um problema nacional.

Joaquim Rodrigues



Quase que rotineiramente vemos fachadas de edificações, novas ou antigas, apresentando problemas em seu revestimento, sejam

eles em granito, mármore ou cerâmica. Os sinais ou sintomas do problema variam desde manchas de eflorescências saindo pelo rejunte até deslocamentos do revestimento. Analisando profundamente verificamos que estes problemas normalmente são causados pela ausência de critérios normativos na execução deste serviço, com o desconhecimento das características dos revestimentos empregados, seguindo-se a falta de diretrizes para o seu assentamento, como também pela deficiência na execução.

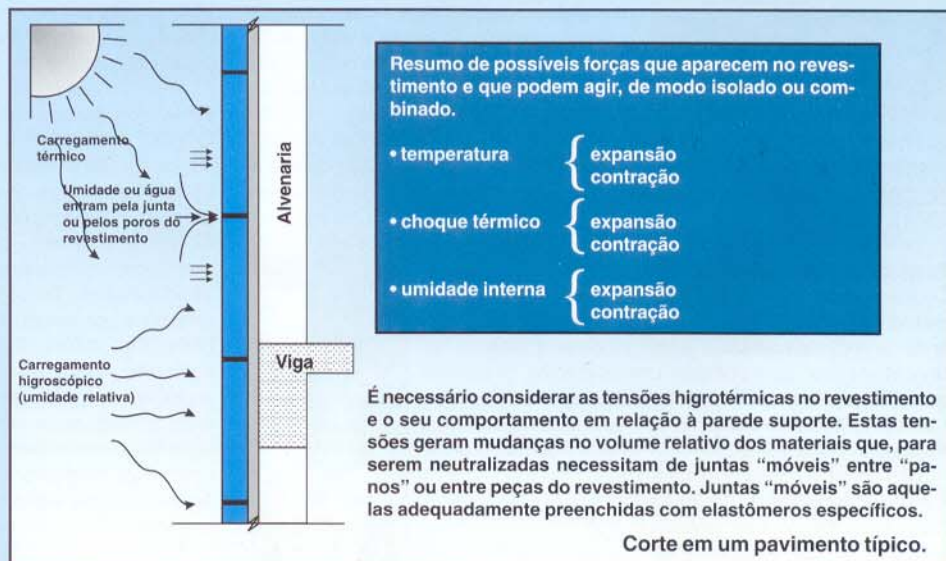
Sendo assim, torna-se necessário conhecer o funcionamento dos revestimentos dentro do contexto da estrutura suporte e o conjunto como um todo para podermos entender as regras para o seu assentamento. A ação da parede, para não falar só do revestimento, contra a intempérie, na verdade, é um somatório de comportamentos, relativos a cada material que a compõe. No final, para se ter durabilidade é necessário que haja harmonia ou compatibilidade entre eles. Para ser bem específico e objetivo dever-se-á considerar que os movimentos, devido à temperatura e à umidade na parede como no revestimento, obrigam a fixar a liberdade de movimento/deslocamento, sem que se crie tensões excessivas ou a deterioração do conjunto.

Trocias dimensionais e movimentos

Evitando entrar no mérito das deformações estruturais que uma edificação possa ter,



Em detalhes, o revestimento em pastilhas, com processos terminais de deslocamentos e sinais de estufamentos. A ausência de juntas provoca estufamentos e deslocamentos no revestimento.



por causa de recalques ou deflexões devido a sobrecargas e muito menos da ação química proveniente da formação de sais dentro da parede, poderemos afirmar que as trocas de dimensão e de forma que ocorrem numa parede devem-se a movimentos higrotérmicos.

Movimentos devido à temperatura

A grande variabilidade de condições a que ficam expostas as paredes que compõem as fachadas de uma edificação, considerando seu lado externo e o interno (neste caso observe a atuação do ar condicionado), a densidade de trocas dimensionais e fatores que, às vezes atuam simultaneamente e que outras são antagônicas, criam uma situação complexa que torna difícil analisar ou

generalizar o comportamento dos elementos em estudo.

No Brasil, as temperaturas do ar exterior apresentam variações diárias de até 20°C em intervalos de tempo de apenas 8 horas. As paredes das fachadas das edificações, expostas à radiação direta do sol, ficam submetidas a variações de temperatura bem maiores, certamente em torno dos 60°C e, portanto, bem superiores a do ar. O Building Research Station apresenta pesquisas de materiais de fachadas, no sul dos EUA, que desenvolvem temperaturas superiores a 70°C. Não é incomum ocorrerem situações onde paredes inteiras de edificações chegam a estar com temperaturas por volta dos 80°C no alto verão e, com a surgência de chuvas repentinas, ocorre o abaixamento repentino para valores em torno dos 20°C. É interessante per-



Panos inteiros sem qualquer presença de juntas. Sintomas generalizados de descolamento do revestimento (pastilhas).

TINTAS E PINTURAS ESPECIAIS?

Solicite um representante ou ligue para conhecer nossa linha de tintas para a área Industrial e para a Construção Civil. Fabricamos tintas sob encomenda segundo as normas Americanas e Européias.

- APOLLOPOXI (EPÓXI)
- ACRIOBRIL (ACRÍLICO EM SOLUÇÃO)
- APOLLIDUR (POLIURETANO)
- APOLLIT (SILICONE)
- APOLLOCRIL (EMULSÃO)

Tels.: (021) 796-1951 / 796-4633 / Fax: (021) 796-3664



TINTAS APOLLO

ceber que, num intervalo de poucas horas, obtém-se um salto térmico de 60°C!

Os efeitos destas trocas de temperatura dependerão, naturalmente, da rapidez com que se produzem. Assim, ao final do período do alto verão nos estados do sul, sudeste e praticamente o ano todo nos estados do norte, nordeste, podem ocorrer, com intensidade muito grande, trocas de temperatura nos parâmetros das edificações, outorgando aos revestimentos das paredes períodos críticos de fluência. Fato é que as oscilações térmicas diárias são críticas e certamente ocasionarão sérios problemas ao revestimento. A capacidade térmica de um revestimento determina o ritmo com que varia sua temperatura e, em conseqüência, também o do seu movimento. É compreensível, portanto, que as peças de revestimento menores e de pouca capacidade térmica se aquecerão e dilatarão mais rapidamente que as mais densas e maiores. Os efeitos destas diferenças serão nocivos se não forem projetadas, com muita propriedade, as juntas. A magnitude do movimento depende também das restrições que lhe são impostas, as quais dependem da resistência do revestimento à compressão ou, caso esta seja superior, estará em jogo a resistência de colagem/fixação do material na parede.

Na tabela 1 apresentamos os coeficientes lineares de dilatação térmica de alguns mate-

Material	Coefficiente linear de dilatação térmica 0 - 100°C (x 10 ⁻⁶)
tijolo maciço	4,5
mármore	8,0
fibrocimento	8,5
vidro	9,2
granito	10,0
Concreto	10,0
pedra São Tomé	11,0
aço	12,0
alumínio	23,4
acrílico	90,0

Coefficientes de alguns revestimentos.

riais de construção, obtendo-se com esses números uma idéia da magnitude dos possíveis movimentos e também a oportunidade de compará-los. Na tabela 2 figuram as tensões provocadas por um incremento de 20°C em alguns materiais e, comparativamente, as tensões de ruptura correspondentes.

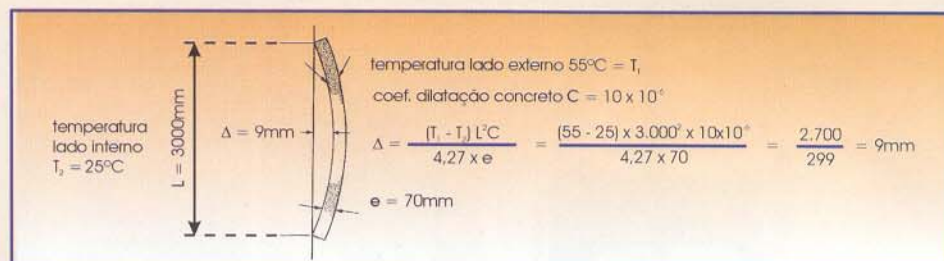
Gradientes de temperatura causam curvaturas ou empenamentos em lajes de concreto, principalmente as situadas nas coberturas das edificações, motivados pelos diferenciais de temperatura entre o lado externo e o interno. Isto também ocorre em

Material	Coefficiente linear de dilatação térmica 0 - 100°C	Módulo de elasticidade (MPa)	Carga por incremento de 20°C (MPa)	Carga de ruptura à compressão (MPa)
Tijolo maciço	4,5 x 10 ⁻⁶	5.000	0,06	9
Concreto convencional 1:3:4	10,0 x 10 ⁻⁶	13.800	3	35
granito	10,0 x 10 ⁻⁶	48.300	10	83

Resposta de alguns materiais a uma ação térmica.

prédios em que as paredes das fachadas são compostas por painéis pré-fabricados.

Na figura abaixo apresentamos o empenamento de painéis de concreto, que compõem



O cálculo do empenamento de um painel, em concreto, em uma fachada.

a parede de uma fachada de edificação, devido a um fluxo de calor corresponde a um salto térmico de 30°C.

Movimentos devidos à umidade

São características dos materiais de construção, em atenção aqui os revestimentos, mudarem de volume em resposta às mudanças da umidade do ar. Logo, ocorrerá a expansão devido ao aumento de umidade e à contração provocadas pelo abaixamento, podendo este processo repetir-se indefinida-

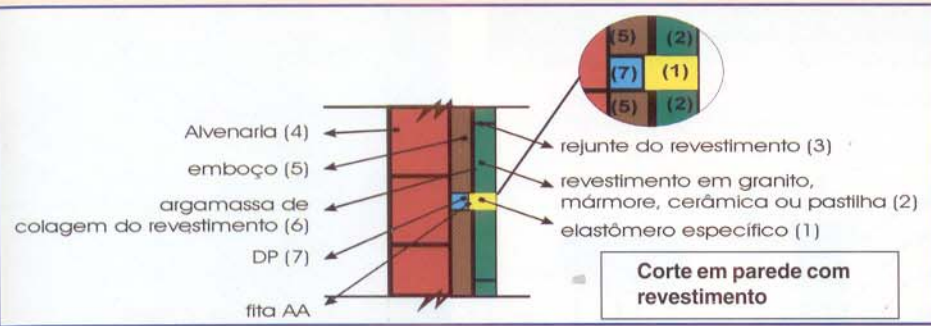
Material	Dilatação do material devido a variações na umidade (%)
Mármore	0,004
Granito	0,018 a 0,119
Revestimentos areníticos	0,015
Revestimentos basálticos	0,077 a 0,085
Revestimentos cerâmicos	0,01
Concreto feito com granito	0,095

Comportamento dos materiais devido a variações na umidade relativa.

mente. A chuva freqüente que assola nossas cidades por pequenos períodos de tempo, causam um apreciável ganho no teor de umidade dos materiais que compõem as fachadas das edificações. Nesta situação, teremos um sério processo de dilatação (expansão) do revestimento e, por extensão, da própria parede suporte. O movimento é



Prédio recém construído. Note a grandiosidade do revestimento das empenas cegas e fachadas, sem qualquer junta de movimentação. Problemas à vista.



A junta entre "panos" do revestimento da parede. A junta (com elastômero) poderá ser feita entre peças do revestimento, no caso de mármore e granitos.

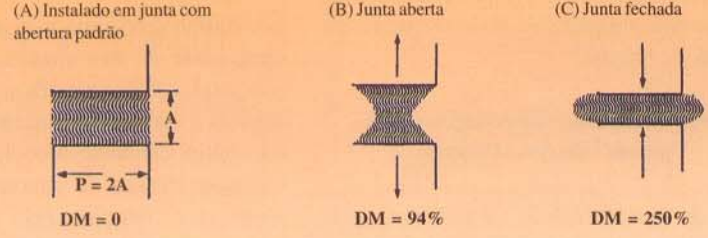
totalmente reversível e é muito mais limitado que o devido a dilatações térmicas nos intervalos de exposição aos quais normalmente estão sujeitos os materiais de construção. Na tabela acima, damos as porcentagens de expansão, por umidade, de alguns materiais típicos, em intervalos sig-

nificativos de umidade. Os materiais supostamente impermeáveis utilizados como revestimentos, por exemplo um granito, mármore ou uma cerâmica esmaltada podem criar situações críticas de penetração d'água exatamente pelo fato de que a chuva ao descer fachada abai-

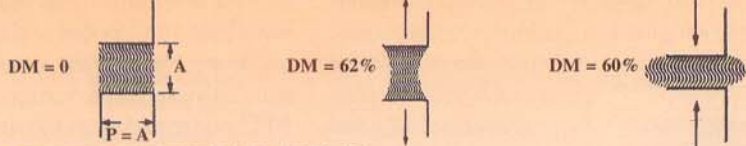
Fator de Forma e Deformações em Elastômeros Aplicados no Local

Casos mostrando o efeito da forma no estado de deformação máxima, "DM", que ocorre na superfície (parabólica) do elastômero. Teoricamente, todo elastômero programado para ser instalado em juntas, com abertura padronizada, funcionam de modo que metade da mudança da abertura (do elastômero) será com alongamento e metade com compressão.

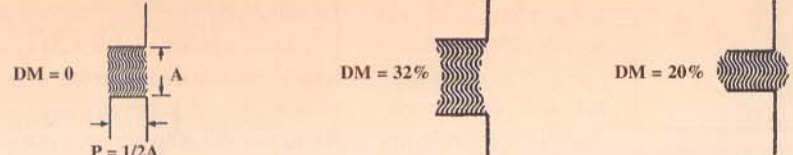
(1) RELAÇÃO PROFUNDIDADE/ABERTURA DA JUNTA 2:1



(2) RELAÇÃO PROFUNDIDADE/ABERTURA DA JUNTA 1:1

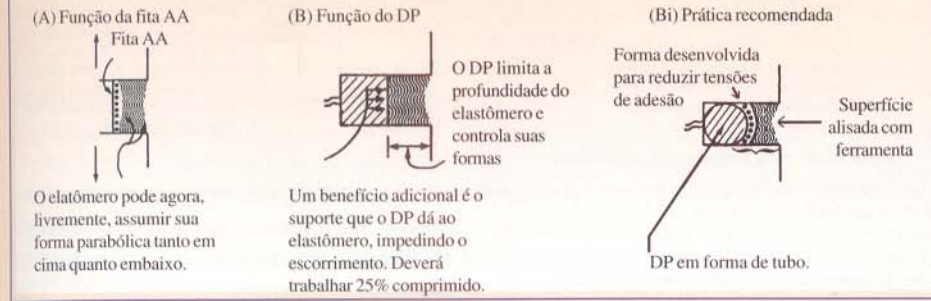


(3) RELAÇÃO PROFUNDIDADE/ABERTURA DA JUNTA 1:2



OBS.: A menor abertura tolerável é 6mm. A menor profundidade tolerável é 6mm, também.
CONCLUSÃO: Aumentando a abertura e diminuindo a profundidade, geralmente reduz as deformações, aumentando a performance do elastômero. Com este procedimento gasta-se menos elastômero. Atenção à performance do elastômero.

(4) PROPÓSITO DA FITA AA E DO DP: Na caixa da junta, o elastômero não deverá aderir em seu fundo pois só assim poderá assumir a forma previamente calculada. Veja (A) abaixo. O controle da profundidade do elastômero é obtido como é mostrado em (B) onde a junta é formada ou cortada, inicialmente, mais funda do que a relação profundidade/abertura necessária. (Bi) é amostra de fator de forma desejável.



...xo irá concentrar-se ou provocará um acúmulo d'água nas juntas destes materiais, bastando apenas que haja atração capilar e/ou pressão do vento para provocar a penetração. Uma vez por trás do revestimento a água não consegue esca-

LANÇAMENTO EXCLUSIVO NO BRASIL

HIDROJATEADORA DE AREIA

- Econômica
- Prática
- Versátil

NOVA

c/ reservatório interno incorporado para areia e detergente



Executa o trabalho de jateamento sem fazer poeira e sem o auxílio de compressor de ar



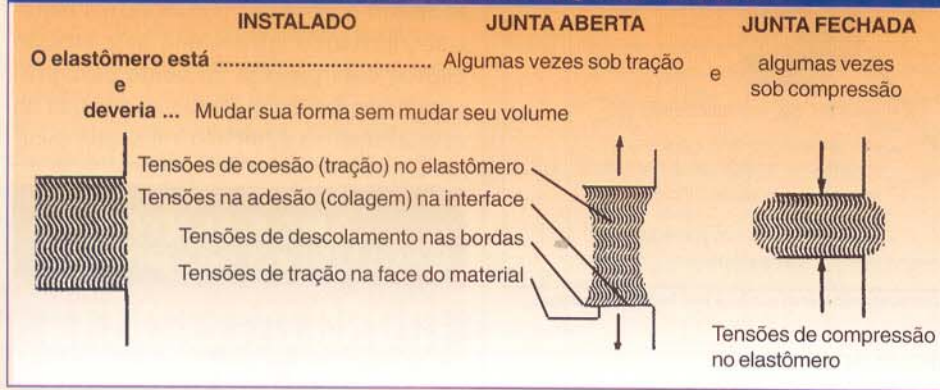
Produzida em diversos modelos. Em versões monofásicas, trifásicas e motores à explosão.



Adeus ao compressor

Fax Consulta n° 239

Como Funciona o Elastômero Aplicado no Local



par com facilidade, saturando a parede de base e o próprio revestimento, através do seu tardez que normalmente é permeável.

Problemas causados por variações dimensionais

Em geral, o que ocasiona o dano no paramento ou propriamente no revestimento é a restrição imposta ao seu movimento, que poderá ocorrer nas uniões em ângulo reto situadas nas extremidades de grandes paredes e nos encontros com outros elementos. No caso dos revestimentos, este fenômeno ocorre devido à interação de materiais diferentes, aqui o próprio revestimento e a sua parede suporte, que se relacionam de modo distinto frente ao mesmo empuxo ou solicitação. Exatamente por isso que se recomenda, através de uma série de nor-

mas internacionais, que nas fachadas com revestimentos, sejam granitos, mármore ou cerâmicas, existam juntas de movimentação.

Há anos temos acompanhado ocorrências de descolamentos de revestimentos em fachadas e as causas mais comuns têm sido, principalmente a, inexistência de juntas de movimentação, acompanhado, de perto, por deficiências na execução do assentamento das peças e em terceiro plano pela falta de rejuntamento simples ou pela inadequação do material de rejunte.

As juntas de movimentação entre "panos" do revestimento

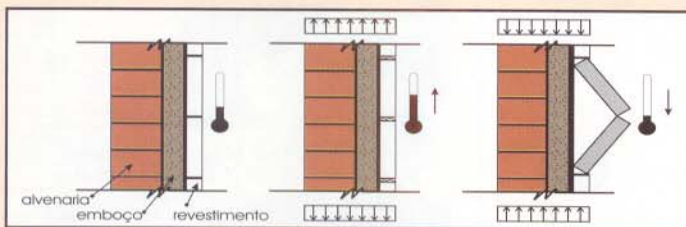
Juntas de movimentação obrigatórias entre "panos" do revestimento são juntas intermediárias, mais largas do que as empregadas no rejunte de granitos, cerâmicas e mármore,

projetadas para aliviar tensões geradas pela movimentação do revestimento e/ou da própria parede, devido às variações higtotérmicas e/ou da própria estrutura de concreto da edificação como um todo. Com relação a



Sintomas generalizados de estufamento com presença de eflorescências (veja mais detalhes na Recuperar nº 13). Deslocamentos eminentes.

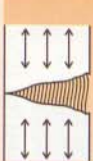
este último caso, uma indicação grosseira da quantidade de movimento causada apenas pela mudança de temperatura em edificações sujeitas a variações térmicas intensas é obtida multiplicando-se o coeficiente linear de dilatação térmica do concreto pelo comprimento da edificação e pela variação de temperatura que ocorre na superfície da estrutura. Para se ter uma idéia, com variações diárias de até 15°C, poder-se-á obter movimentos de até 10mm. Para solicitações térmicas mais intensas, isto é, variações diárias de até 30°C, poder-se-á obter movimentos na estrutura da edificação superiores a 20mm. De um modo geral, segundo normas internacionais (e a própria NBR 8.214), deverão ser feitas juntas de dilatação entre "panos" do revestimento a cada 6m ou a cada 32m² de área. As juntas deverão ser executadas de modo que o efeito diferencial dos movimentos da



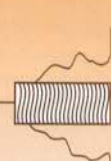
Ruína de um revestimento de fachada, sujeito a ciclos térmicos de aumento e diminuição da temperatura com conseqüentes tensões no revestimento.

Construa a junta pensando no elastômero

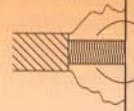
Apresentamos alguns dos defeitos resultantes da má construção da junta.



A abertura da junta não foi cortada ou formada com profundidade ou abertura uniforme. Enquanto o movimento é o mesmo, o elastômero apresenta tensionamento que conduzirá a ruptura.

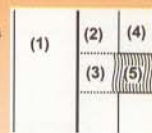


Bordas deslocadas, quando da abertura da junta ou durante o corte com a serra. Funcionamento inadequado da junta.



Tendência a quebrar.
Caixa da junta inadequada. A caixa do elastômero é mais estreita do que a do delimitador de profundidade (ou fora de centro).

- (1) Alvenaria
- (2) Emboço
- (3) Região que deveria ser cortada também (DP).
- (4) Revestimento
- (5) Elastômero



Caixa da junta inadequada. A junta funciona como indutor de trincas ou como plano de folga de todo um conjunto monolítico (revestimento e emboço) pré dimensionado, que trabalha solidário. Aqui, a junta não apresenta profundidade suficiente. O corte deveria adentrar pelas duas linhas tracejadas até a parede, onde será instalado o DP.

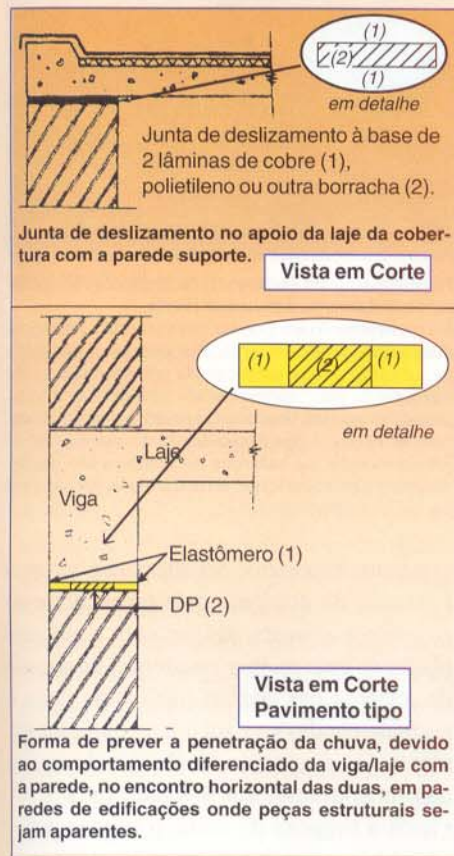
Sugestões para evitar estes problemas

- Corte ou forme a junta para uma determinada (e uniforme) profundidade e abertura, tendo em vista "panos" especificados. É interessante fazer um molde a nível de obra, de modo a estabelecer uma tolerância mínima de trabalho para aceitação da caixa da junta.
- Alinhe a junta com outras existentes, de modo a evitar obstruções ao livre movimento dos "panos".
- É importante, após a formação dos lábios das juntas, a limpeza para a remoção da sujeira impregnada (jato de ar). Mais importante ainda é a aplicação do primer adequado, após a perfeita secagem das superfícies. Existem produtos que são insensíveis à umidade.

estrutura, parede e revestimento sejam mini-
mizados ou eliminados.

A junta no "pano" poderá ser evitada se no
rejuntamento do revestimento (caso de gra-
nitos e mármore) for utilizada abertura
suficiente e aplicação do elastômero.

A **determinação prévia do movimento da
junta deverá seguir as diretrizes do cál-
culo apresentadas na RECUPERAR nº
12**. O ideal é que as juntas de movimentação
entre "panos" do revestimento sejam coinci-
dentes com as posições de encunhamento das
alvenarias (juntas horizontais) e ligação al-
venaria/estrutura (juntas verticais).

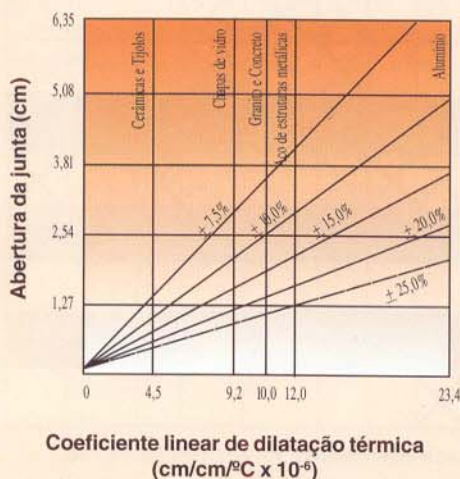
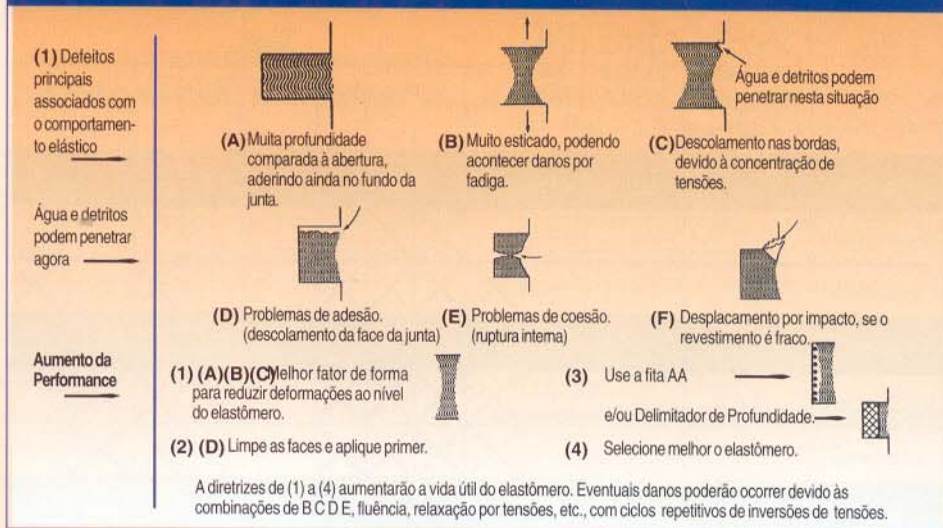


O preenchimento da junta com elastômero

Para que a junta calafetada funcione adequa-
damente, o elastômero aplicado deverá de-
formar em resposta aos movimentos de abe-
rtura e fechamento da junta, comportando-se
de maneira tanto elástica quanto plástica. Os
elastômeros para juntas de movimentação en-
tre panos do revestimento nas fachadas são
do tipo moldado no local e aplicados na for-
ma líquida ou semilíquida.

O elastômero permanecerá, de forma cíclica,
sob tensões de tração ou compressão, funcio-
nando de forma errada quando, tensionado,
apresentar problemas de rompimento no "sól-
ido" formado ou propriamente ruptura por

Problemas com os Elastômeros Aplicados no Local



Abertura da junta para comprimento de "panos" de revestimentos de 3m considerando um diferencial máximo de temperatura de AT = 70°C.

Mostramos na figura acima (linha tracejada) a abertura da junta recomendada para elastômeros de alta performance capazes de movimentos de junta de ± 25%. Para elastômeros com menor capacidade de movimento (linhas contínuas) são necessárias juntas mais largas. De outro modo, o elastômero não aguentará.

excessivas tensões de tração (defeito por coe-
são), além de, também, em sua conexão com
as faces da junta (defeito por adesão).

O elastômero deverá ter 100% de sólidos
em sua composição, sem o que, com a saí-
da dos materiais voláteis (solventes), ha-
verá falhas em seu corpo. À medida que a
junta abre e fecha, apenas a forma do elas-
tômero e não seu volume deverá ser altera-
da. As pressões ou esforços, devido às ten-
sões de coesão e adesão do material depen-
dem essencialmente da forma do elastôme-
ro aplicado, assim como suas propriedades
físicas. A análise matemática da deforma-
ção do elastômero mostra que, na condição
de elasticamente deformado, desenvolve a

forma parabólica até próximo à ruptura. O
alongamento total do elastômero, na junta,
é aumentado diretamente com a sua abe-
rtura e inversamente com a sua profundi-
da. A utilização de um fator de forma (relação
entre largura e profundidade do elastôme-
ro) adequado é fundamental para a durabi-
lidade do elastômero. Uma vez entendida
a importância do fator de forma, haverá a
necessidade de se considerar o uso dos de-
limitadores de profundidade (DP) e da fita
anti-adesão (fita AA), de modo a poder me-
lhor dimensioná-lo. A principal função da
fita AA é evitar que o elastômero de preen-



Nem juntas verticais nem horizontais. Em substitui-
ção, um sistema de fixação com parafusos que só
depende a edificação e que, certamente, poderá sol-
tar.

ELASTÔMEROS EXISTENTES NO MERCADO

TIPOS	CAPACIDADE DE MOVIMENTO PARA JUNTAS (%)	TEMPO DE SECAGEM (HORAS)	CURA FINAL (DIAS)	CORES							
				Branco	Cinza	Bege	Preto	Alumínio	Incolor	Areia	Vermelho
Polissulfetos											
Mono componente	+ 25	4	4								
Bi componente	+ 25	4	3								
Poliuretano											
Mono componente	+ 100 / - 50	4	4								
Bi componente	+ 50	4	-								
Silicone											
Cura acética	+ 25	1/4	1								
Cura neutra	+ 25	1/4	3								
Epóxi/Uretano											
Bi componente	+ 100 / - 50	4	2								
Acrílico											
Mono componente	+ 7,5	1/2	1								
Butílico											
Mono componente	+ 5	1	7								

Observação: Mais detalhes sobre características dos elastômeros, na RECUPERAR nº 10.

chimento da junta adira no delimitador de profundidade e este por sua vez "segure-o", não permitindo que haja fluência e, conseqüentemente, um máximo serviço de alongamento.

Abertura da junta para comprimento de "panos" de revestimentos de vários materiais, considerando um diferencial máximo de temperatura igual a $\Delta T = 70^\circ\text{C}$. A abertura da junta do gráfico é para elastômeros com $\pm 25\%$ de capacidade de movimento.



Revestimento em granito com juntas (elastoméricas) entre peças. Esta técnica, aparentemente mais cara, substitui a utilização de juntas entre "panos".



Revestimento em cerâmica (10x10cm) com sintomas de descolamento a diversos níveis. No revestimento em granito das varandas, providenciou-se o aparafusamento das pedras. A ausência de juntas provoca esforços de compressão no revestimento que, apresentando resistência à compressão superior, descola. O aparafusamento só atenua, às vezes, já que dependendo de como e onde é feita a fixação, os esforços de compressão desenvolvidos são superiores, arrancando-o, juntamente com o revestimento.

Um outro importante detalhe para a boa performance do elastômero de preenchimento é o uso de primers, já que, com o seu uso obtém-se uma melhor resistência de adesão do material nas laterais (lábios) da junta e portanto condições para um melhor alongamento. O aumento da adesão devido ao uso do primer deve-se aos seguintes fatores:

- após a limpeza da junta, o primer penetrará nos poros dos diversos materiais que formam a junta, fazendo um trabalho de ancoragem.
- homogeneização de superfície de colagem do elastômero.
- eliminação da poeira imperceptível.
- redução na formação de bolhas que diminuem a resistência do elastômero e da própria colagem.
- como regra geral, toda superfície porosa deve ser imprimada com o primer específico do elastômero.

A seleção do fator de forma do elastômero, para suportar um determinado movimento dentro da junta, é baseada em seu máximo alongamento permitido. No caso da existência de uma abertura de junta padroniza-



Note que o granito apresenta um sistema de fixação com parafusos que só deprecia a edificação. Deveria haver juntas verticais calafetadas a cada 6 metros ou entre peças.

da, sua profundidade deverá ser adequadamente calculada, de modo a se obter a melhor forma para a junta. Um dos três fatores de forma, no quadro da página 19, poderá ser utilizado, ou qualquer um outro, de modo a que o máximo alongamento permitido do elastômero não seja ultrapassado. O objetivo é obter a melhor performance e economia de material, perseguindo, sempre, o menor fator de forma possível, sendo que a profundidade calculada não poderá ser menor do que 12mm. A profundidade de cálculo do elastômero é controlada pelo uso do DP (Recuperar n^{os} 10, 12 e 14), que deverá trabalhar 25% comprimido. Para obter um completo benefício do cálculo do fator de forma, dever-se-á usar a fita AA sob o elastômero, de modo a impedir a colagem no DP. Antes da aplicação do elastômero, a caixa da junta deverá estar absolutamente limpa, isenta de poeira e defeitos, de modo a permitir um total contato do elastômero com as bordas das juntas. Poderá ser necessária a remoção de contaminantes com hidrojateamento seguido de jateamento de ar ou aplicação de escova de cerdas leves. As bordas (lábios da junta) deverão estar absolutamente secas antes da aplicação do elastômero. Dever-se-á aplicar nas bordas superiores das juntas uma fita crepe para evitar sujar o revestimento. Como regra geral, toda superfície porosa deverá ser imprimada, de modo a permitir uma total ade-

rência do elastômero às bordas das juntas. O primer requer tempo para cura.

Parâmetros que deverão ser considerados na escolha do elastômero

Existe uma enorme variedade de revestimentos que apresentam, cada um deles, propriedades únicas como porosidade, coeficiente de dilatação térmica e características de colagem ou adesão. Alguns substratos são incompatíveis com certos tipos de elastômeros, naturalmente incorrendo na ruína do calafetamento, devido à perda de adesão, degradação do elastômero ou do próprio substrato. O ideal é testar o elastômero com o substrato a ser calafetado, com relação à compatibilidade e também em relação à adesão. A junta deverá ser estanque de modo a não permitir a penetração de chuva, vento, fuligem e toda sorte de intempéries. Esta propriedade do elastômero de dilatar e contrair, é função de sua elasticidade, que nada mais é do que seu poder de ser esticado e por um fator essencial que é a quantidade de polímero, além de mais 4 outros fatores:

- dureza (baixa dureza shore A)
- alongamento
- capacidade de adesão
- coesão

Para que um elastômero conserve sua elasticidade, com o passar do tempo é necessário que estes fatores permaneçam ativos o máximo de tempo possível ou, em outras palavras, apresentem durabilidade.

Infelizmente, a maioria dos elastômeros tendem a endurecer com o tempo, uma vez expostos à intempérie, perdendo sua capacidade de alongamento, sua baixa dureza shore e finalmente rompendo ou descolando quando do movimento da junta. Na RECUPERAR, n^{os} 10, 12 e 14, apresentamos informações sobre elastômeros e suas propriedades.

Existem muito poucos dados que possam relacionar os efeitos do envelhecimento do elastômero com sua elasticidade. O único estudo existente pertence a ASTM - American Society for Testing and Material - que analisa três tipos básicos de elastômeros - poliuretanos, polisulfetos e silicones. A principal virtude deste trabalho, baseado inteiramente em análises de campo, é que

expõem, de maneira real, uma série de dados até então aceitos e que, invariavelmente, foram obtidos por experiências em laboratório. O que é ainda mais interessante é que as informações obtidas deste estudo baseiam-se em elastômeros aplicados em edificações existentes no Texas, que assemelha-se favoravelmente às nossas condições, com grande incidência de UV e muito calor, agentes extremamente perniciosos à durabilidade dos elastômeros.

A seguir, apresentamos os mais importantes dados deste estudo.

Dureza Shore A

Neste estudo, que objetivou dados concretos a respeito da durabilidade da elasticidade dos três elastômeros anteriormente citados, uma das primeiras medidas que apresenta relação direta com a elasticidade é a da dureza shore A dos materiais aplicados, que se relaciona com sua densidade. Quanto mais mole o material, mais baixo o número shore A e, portanto, informa o grau de flexibilidade que o elastômero terá dentro da junta. Em média, todos os elastômeros analisados apresentaram uma dureza shore A em torno de 25.

MANTA UREPÓXICA

Nova técnica de impermeabilização

APLICADOR AUTORIZADO

IMPERMEABILIZAÇÃO SEM QUEBRA

Lajes, Calhas, Cx. D'água

PISCINAS E TERRAÇOS

EM COR OU TRANSPARENTE

(021) 239-5338 • 294-8846

Alongamento

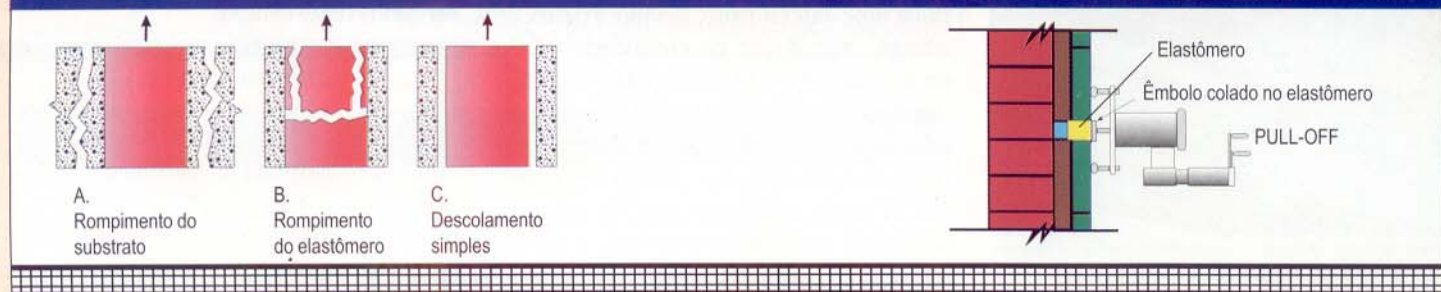
Trata-se de uma importante qualidade existente em cada elastômero e também muito mal interpretada, já que os fabricantes não usam a mesma análise para apresentar os resultados de seus produtos. É freqüente vermos, nos catálogos dos elastômeros, alongamentos que variam de 300 a 700%. No estudo da ASTM, o alongamento foi determinado com o uso do "Pull test" padrão.

ficando que não ofereceram resistência ou, simplesmente, ausência de alongamento. Abaixo os resultados do estudo.

Análise de adesão com uso do "Pull test"	
Material	Elastômeros que descolaram (%)
Poliuretano	21
Silicone	14
Polisulfeto	14

Como vimos, a maioria dos revestimentos empregados na construção, assim como os modernos painéis de fechamento hoje empregados como vidro, plásticos e alumínio, caracterizados pela relativa ausência de peso e que apresentam um coeficiente de dilatação térmica muito superior aos materiais tradicionais, com aquela particular característica de aquecerem e resfriarem rapidamente, exigem elastômeros de alta performance. Isto significa que apenas os elas-

Teste de arrancamento do elastômero com o "PULL-OFF"



A taxa de alongamento foi medida em milímetros, puxando-se o elastômero da junta da parede até a ruptura do material. Abaixo apresentamos os resultados:

Análise de alongamento com uso do "Pull test" (221 testes)	
Material	Média de alongamento (mm)
silicone	35
poliuretano	53
polisulfeto	76

Adesão

A adesão de um elastômero em relação a um substrato relaciona-se diretamente com sua elasticidade. Se o material não adere no substrato, nunca terá chance de esticar e provar que tem esta característica. Logo, conclui-se que sua elasticidade é irrelevante. Neste estudo, ao invés de se utilizar técnicas laboratoriais, aproveitou-se a análise anterior executada com o "Pull test", exatamente os ensaios que falharam ao serem puchados pelo equipamento, isto é, apresentaram zero milímetros de leitura, signi-

Coesão

Coesão é a propriedade do elastômero de suportar tensões internas e deformações sem sofrer ruptura em seu corpo. A ruína por coesão pode ser causada por movimentos excessivos, no corpo do elastômero, antes de sua cura ou devido a erro do aplicador.

A idade de cada elastômero analisado

Um dos melhores dados extraídos deste estudo - "Weathering of various sealants, a comparison" - Science and technology of building sealant and waterproofing - fourth volume, ASTM STP 1243 - 1995 - foi com relação à idade de cada elastômero aplicado que, na verdade, é o mais importante dado, correlacionando a questão durabilidade.

A aplicação mais antiga foi feita com polisulfetos em edificações com 33 anos, seguido de edificações com silicone e poliuretano com 10 anos cada.

tômeros de polisulfetos, uretanos ou silicone, com classificação de movimento para $\pm 25\%$ ou maior, são aceitáveis. Os demais, isto é, os acrílicos e butílicos são recomendados para as chamadas juntas estáticas ou sem movimento. Fax consulta nº 240. T

Referências

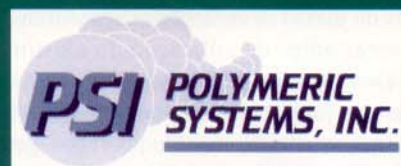
- 1 - ACI - Guide to Sealing Joints.
- 2 - ASTM C 920-87 - Specification for Elastomeric Joint Sealants.
- 3 - TT-S-001543a (COM-NBS) 6/9/71 - Sealing Compound: Silicone Ruber Fase (For Caulking, Sealing and Glazing In Buildings and Other Structures) (Federal Specification).
- 4 - CAN/CGSB-19.13M87 - Sealing Compound. One Component, Elastomeric Chemically Curing. (Canadian General Standards Board)
- 5 - Joaquim Rodrigues é Engº Civil, membro de diversos institutos, nos EUA, em assuntos de patologia da construção. É editor e diretor da RECUPERAR, além de consultor técnico de diversas empresas.
- 6 - "Walls". Robert Fisher.
- 7 - Facades: "Errors Can be Expensive". Engineering news-record.

Os melhores elastômeros com as características que você deseja.

- Polisulfeto.
- Poliuretano.
- Silicone.
- Butílico.
- Acrílico.

CONSULTE-NOS

temos a melhor qualidade e o menor preço para lhe oferecer



Fax Consulta nº 241