

A laje, após o reforço, foi submetida a uma prova de carga com utilização de empilhadeira.

Carlos Alberto Monge

Laje protendida reforçada com fibra de carbono

Saiba, em detalhes, como foi feito o reforço estrutural, em laje protendida, de uma usina geradora de energia, construída em 1957.

Quarenta anos após sua construção, a laje que suporta algumas das turbinas de uma usina geradora de energia começou a apresentar sérios problemas. Em concreto protendido, está exposta ao tempo e tem dimensões de 39m de comprimento por 85m de largura, totalizando 3.315 m². Sua espessura é de 28cm e seu sistema de protensão é composto por monocordoalhas de sete fios, espaçadas de um metro na direção do vão maior e de dois metros no

vão perpendicular ao anterior. As monocordoalhas foram concretadas sem qualquer revestimento, apenas tendo o concreto como proteção. O sistema de ancoragem foi por encabeçamento.

Os problemas

Deformações excessivas, além de trincas e deslocamentos na superfície superior e inferior da laje evidenciavam uma gran-



TRINCAS EM PISOS DE CONCRETO? SINISTRO, MUITO SINISTRO!

Aplique hoje mesmo METACRILATO e considere o crime resolvido.

O que as trincas e fissuras fazem em um piso de concreto, seja industrial ou comercial, é um verdadeiro crime. Combata estes efeitos com a melhor e mais eficiente arma: METACRILATO. É só verter, espalhar e pronto. Acaba-se o sinistro. METACRILATO restitui, em 30 minutos, a monolitidez do concreto, pois adentra sozinho em fissuras de até 0,01mm. Aplicável também em vigas, pilares e lajes.

Tele-atendimento
(0XX21) 2493-6862
fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br

Fax consulta nº 02

GLOSSÁRIO

Cordoalha - Conjunto de fios de aço enrolados em hélice, com mesmo sentido e passo, distribuídos numa única camada, eventualmente em torno de um fio central retilíneo.

Ancoragem no concreto protendido - Dispositivo para prender o cabo tensionado em posição, de modo que possa sustentar sua condição de tracionado.

Ancoragem na pós-tensão - Aparelho para fixar o cabo na peça de concreto. Divide-se em: ancoragem ativa e passiva. A primeira serve para introduzir a força de protensão e a segunda apenas garante, por reação, a sua manutenção.



As trincas existentes na parte superior notabilizam a ordem de problemas na grande laje.

Tipos de corrosão e medidas preventivas

O aspecto da corrosão evidenciado é muito importante em cabos protendidos. Poderão surgir quatro diferentes tipos de sintomas de corrosão em cabos de protensão. São eles: o ataque localizado e o generalizado, o fissuramento na superfície do aço, devido à fragilização pelo hidrogênio e a temida corrosão sob tensão. Torna-se necessário envolver os cabos ou cordoalhas, antes de mandá-los para a obra, com inibi-

dores em forma de vapor (IFV) que sublimam, criando um vapor que minimiza a corrosão com a formação de óxido férrico insolúvel sobre a superfície do aço. O Instituto de Patologias da Construção dispõe da apostila "Pontes protendidas. A proteção contra a corrosão", em inglês, com 25 páginas, produzida pelo National Research Council dos EUA. **Custa R\$ 15,00 mais despesas de correio.**

de ordem de problemas a serem recuperados.

Uma empresa de consultoria especializada em patologia da construção, contratada para esta obra, diagnosticou três grandes problemas:

- Perda significativa da força de protensão
- Sintomas evidentes de corrosão nos cabos de protensão
- Suspeitas de reatividade álcali-agregado em função das microtrincas que intercalavam as trincas maiores

A inexistência dos projetos originais obrigou o calculista a pedir a abertura de "janelas" para a obtenção de dados, de modo a se proceder o recálculo, além do levantamento da severidade dos problemas. O fato da usina não poder parar para a obra obrigou, após algumas análises, o estabelecimento da redução de cargas sobre a grande laje, passando do valor estimado atuante de 1.500kg/m² para 750kg/m². Um teste de carga feito na laje, com a utilização de empilhadeira carregada, confirmou, posteriormente, que a carga efetiva de trabalho (tolerada), em função das deformações encontradas, seria de 1.500kg/m². Com a abertura de "janelas" de inspeção e o levantamento minucioso dos sintomas existentes concluiu-se o seguinte:

- Parte dos sistemas de ancoragens dos cabos protendidos apresentavam corrosão sem, no entanto, presença de fios quebrados

- A análise dos cabos rompidos evidenciou corrosão como causa
- 13% dos cabos existentes apresentavam-se quebrados
- 10% dos cabos com rutura parcial, onde constata-se, claramente, a presença de fissuras na superfície dos fios que formavam as monocordoalhas, diagnosticando o fenômeno de corrosão sob tensão
- A suposta presença da reatividade álcali-silíca foi testada com o kit de análise rápida, ASR Detect, constatando apenas a presença do gel sem comprometimento maior



Monocordoalha aparente devido a rutura por corrosão.

GLOSSÁRIO

Ancoragem na pré-tensão - Aparelho para sustentar o alongamento do cabo durante o intervalo de tempo entre o tensionamento do aço e a sua liberação. O cabo é ancorado por aderência entre a superfície do aço e o concreto.

Pré-pós-tensão - Método de fabricação de concreto protendido no qual alguns dos cabos são pré-traçados e outra porção dos cabos são pós-traçados.

Pré-tensionamento - Método de protender concreto armado em que os cabos são traçados, antes do concreto endurecer.

Concreto protendido - Concreto no qual as tensões internas, de uma determinada magnitude e distribuição, são introduzidas de forma que as tensões de tração resultantes das cargas de serviço são contrabalançadas a um determinado nível. No concreto armado, a protensão é comumente introduzida por traçamento dos cabos.

Tipos de ancoragem na pós-tensão - As ancoragens, neste tipo de protensão, podem ser feitas por meio de laço, por efeito de cunha, por atrito, por encabeçamento e por rosca, variando de acordo com o tipo de material, seja ele fio, cordoalha ou barra.

Relaxação - Perda de tensão que ocorre em um material submetido a deformação constante. Este termo também é utilizado para representar a perda de tensão em cabos protendidos.

- Presença de corrosão nas armaduras do concreto armado que envolve os cabos de protensão.

A recuperação

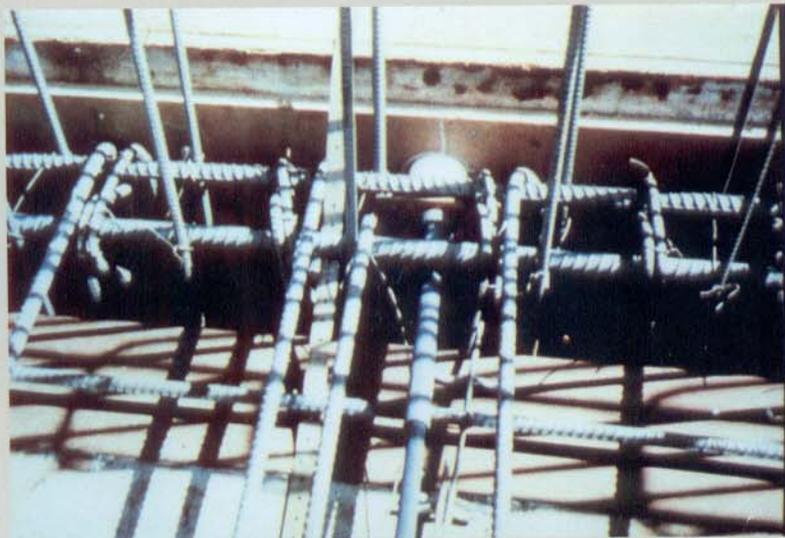
A primeira opção para a recuperação de toda a laje foi pela aplicação de protensão externa, o que foi descartado, considerando-se a performance do sistema e as necessidades de manutenção futura. Pensou-se, depois, em estrutura metálica como reforço e, posteriormente, na utilização de

polímero armado com fibras (PAF), utilizando-se fibras de carbono ou Kevlar.

A decisão nasceu dos prós e contras analisados, em função das restrições ao acesso à região inferior dos pequenos vãos que compunham toda a grande laje, pelo fato de que a usina não podia parar, a alta umidade relativa do local e, finalmente, ao custo-benefício do método empregado. A decisão foi pelo reforço com PAF, utilizando-se fibra de carbono, com a seguinte diretriz executiva:

- Aplicação primária de PAF nas áreas com perda parcial ou total de tensão nos cabos. Utilização de escoras para fazer o distensionamento nas regiões a serem reforçadas;
- Reforço secundário nas áreas sem qualquer comprometimento, de modo a assegurar um aumento na dutibilidade da laje, além de prevenção para o caso de rutura futura ou perda de tensão em outros cabos em mesma aplicação das escoras;
- Aplicação de monolitizador estrutural, do tipo METACRILATO, pela região superior da laje, após calafetamento das trincas pela região inferior, de modo a evitar o vazamento do produto;
- Tratamento da corrosão nas armaduras e cabos expostos/corroídos com pastilhas galvânicas;

A aplicação das primeiras tiras de fibra de carbono, num dos vãos, entre as vigas metálicas suporte.



Situação similar a empregada na laje reforçada. A monocordoalha empregada na laje da foto está revestida com bainha de polietileno. Repare as armaduras auxiliares do concreto envolvente, além da viga periférica a ser concretada.

Não contrate serviços de recuperação...



...contrate soluções com fibra de carbono.

Em sua próxima obra de recuperação e reforço estrutural escolha praticidade, eficiência e rapidez.

Consulte-nos, pois temos a maior experiência em serviços de reforço com fibra de carbono.

MC

Serviços Técnicos e Engenharia

Ligue hoje mesmo.

Atendemos em todo o Brasil.

tel/fax: (11) 3904-0122 / 3904-0493

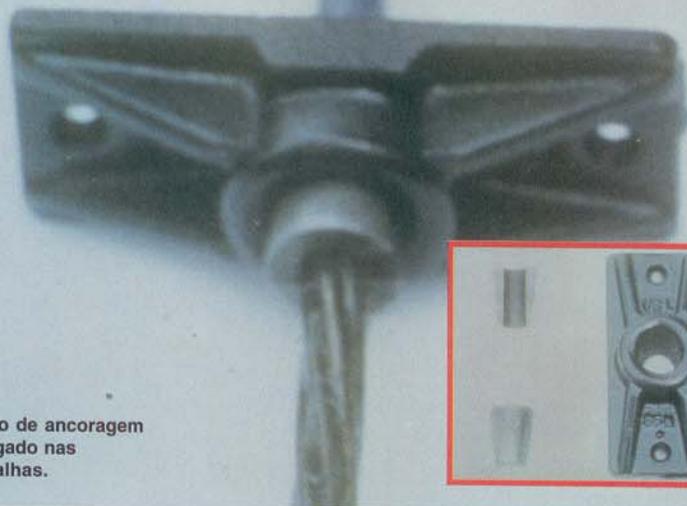
IPC Internet

Instituto de Patologias da Construção

www.ipacon.com.br

- Pintura galvânica dos dispositivos de ancoragem com zinco líquido, de modo a interromper a corrosão;
- Aplicação de tinta epóxica após o lixamento eletromecânico sem poeira, seguido de imprimação também com epóxi (foi exigida a garantia, por escrito, do fornecedor da tinta para o prazo de cinco anos);

Efetivamente, havia muita dificuldade de acesso à região inferior das lajes. Na metodologia executiva utilizou-se tiras de fibra de carbono com 25cm e 50cm de largura, aplicadas, tanto no sentido longitudinal quanto transversal, de modo a atender ao momento positivo. Na região superior da laje, para reforçar o momento negativo, não

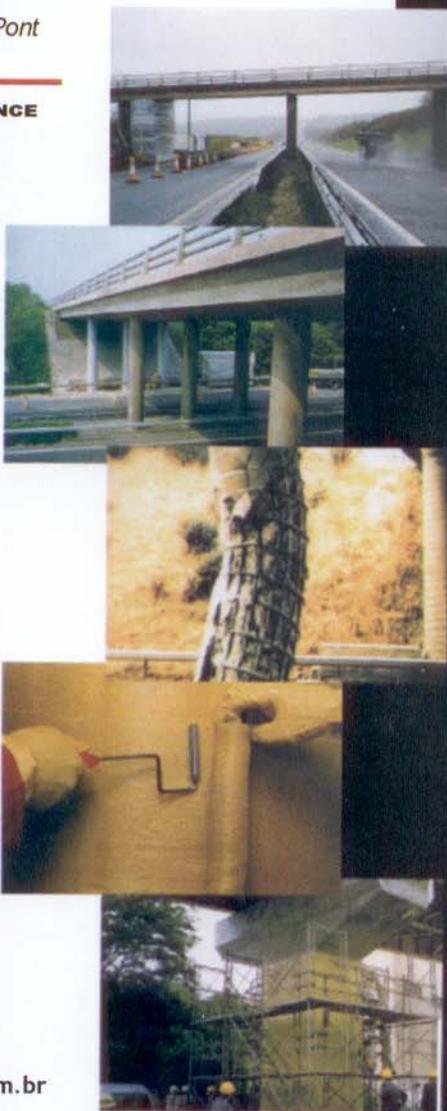


O dispositivo de ancoragem ativa empregado nas monocordalhas.

KEVLAR®

only by DuPont

POWER OF PERFORMANCE



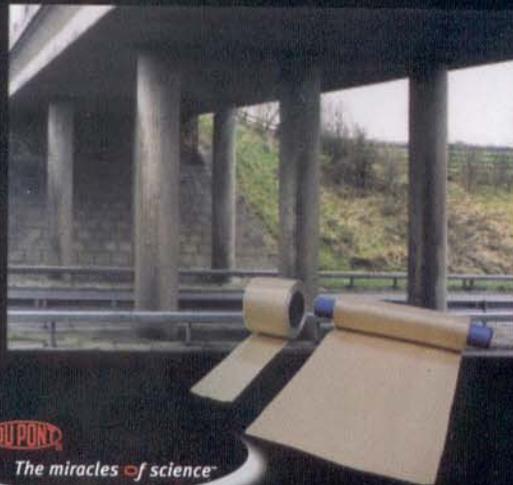
Reforce suas obras com tecnologia DuPont.

KEVLAR® é uma fibra desenvolvida pela DuPont que inova o conceito de reforços em estruturas de concreto armado e protendido.

De alto desempenho, KEVLAR® é a melhor alternativa para substituir os processos tradicionais de reforço por chapa colada, aumento de seção do concreto e aço com ou sem concreto projetado e protensão externa. A melhor tecnologia para reforço estrutural, seja em lajes, vigas ou pilares é da DuPont.

KEVLAR® oferece o melhor custo x benefício se comparado à fibra de carbono, com excelente durabilidade e resistência.

KEVLAR®, um novo conceito em reforço de estruturas.



Tele-atendimento
(0XX21) 2493-6740
fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 04

DUPONT
The miracles of science™



Parte da grande laje, após a pintura final com epóxi.

houve maiores problemas. A preparação das superfícies para receber a PAF foi feita com fresa especial que retira apenas a nata su-

perficial, sem produção de poeira, absolutamente proibida nesta obra. Foram feitos quatro testes de arrancamento na fibra apli-

cada, obtendo-se, em todos eles, valores superiores a 1,7Mpa, com rutura no concreto.

O exame complementar da laje, pós-recuperação, foi feito utilizando-se empilhadeira com carga própria, mais carga adicional totalizando 7.500kg em suas duas rodas dianteiras. A prova de carga começou com as

GLOSSÁRIO

Perda gradual - Redução da força inicial aplicada para a força de trabalho, devido à retração, fluência do concreto e relaxação da tensão do aço.

Perda por atrito - Perda de tensão no cabo como resultado do atrito entre o cabo e a bainha ou outro dispositivo com o qual o cabo esteja em contato, durante o tracionamento.

Tensão ou força inicial - Tensão no cabo pré-tensionado contrabalançado pela resistência do concreto, imediatamente após a execução da pré-tensão.

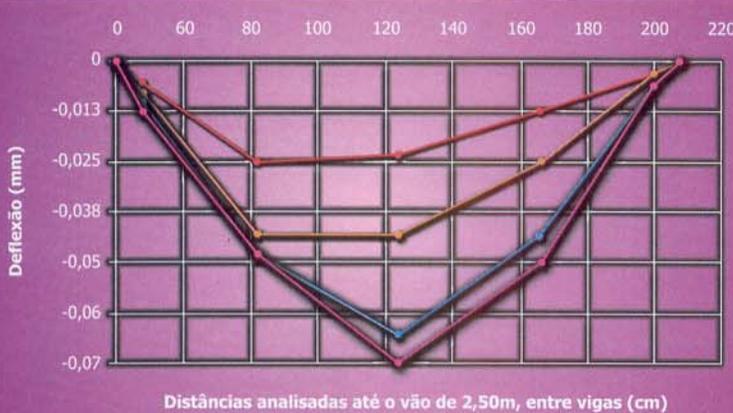
Corrosão sob tensão - É um estado de ruína no aço de protensão, provocado pelo efeito combinado do ambiente corrosivo e tensões de tração. Esta representada pela tensão aplicada e pela tensão interna residual.

ASR DETECT SYSTEM

Única forma viável de detectar a reatividade álcali sílica (RAS) no concreto. No próprio local, em 5 minutos, você tem um diagnóstico preciso da existência e da extensão da RAS.

Não espere mais!

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



Varição da deformação da laje, sob a ação das rodas dianteiras da empilhadeira, com um total de 7.500kg, após o reforço executado. Foram executados quatro testes em vãos previamente escolhidos.

duas rodas dianteiras da empilhadeira posicionadas sobre uma viga suporte, movendo-se, com pequenos incrementos, em direção à outra viga. A cada movimento de 20cm da empilhadeira, media-se a deflexão na laje. Na figura ao lado está a evolução das deformações verificadas nas lajes, conforme direcionado acima, evidenciando-se a curvatura real das peças (média) ao meio vão ou o seu flexionamento devido à variação dinâmica da carga.

A complementação dos testes projetou que as lajes reforçadas passaram a ter um fator de segurança de, aproximadamente, 6,5 contra um possível estado de ruína que pudes-

se acontecer durante os testes. Este fator de segurança é suficiente para acomodar grandes cargas, assim como estados de ruína instantâneos (sem aviso) ou com a ocorrência prévia de trincas.

Fax consulta nº 06



Para ter mais informações sobre Reforço Estrutural.

www.recuperar.com.br

GLOSSÁRIO

Adsorção - Condensação de gases, líquidos ou substâncias dissolvidas sobre a superfície do aço. Atração de íon ou substâncias para a superfície do aço.

Fragilização provocada pelo hidrogênio - O hidrogênio, pela corrosão ou por outros meios, pode penetrar nas superfícies do aço na forma de hidrogênio atômico, causando-lhe fragilização, devido à perda de sua ductibilidade. Durante a corrosão, com a oxidação do aço, há liberação de elétrons, os quais reduzem os íons hidrogênicos (H^+) presentes, em uma reação de duas etapas. Na primeira há uma transferência de carga que produz o hidrogênio adsorvido (H_{ad}) pela reação $H^+ + e^- \rightleftharpoons H_{ad}$. Este H_{ad} reage, numa 2ª etapa, com outro H_{ad} ou com um íon hidrogênio e outro elétron, formando o gás hidrogênio H_2 (Incolor inodoro e pouco solúvel) que se espalha, sendo adsorvido pela superfície do aço, podendo formar grande concentração. A presença de substâncias nocivas, como o gás H_2S , muito comum hoje em nosso meio, inibe a segunda etapa de reação, ocasionando a formação do H_2 , favorecendo uma difusão mais forte no aço.

REFERÊNCIAS

- Carlos Alberto Monge é Engenheiro Civil especialista em serviços de recuperação.

MEDIDOR DOS POTENCIAIS DE CORROSÃO



Para medir os potenciais de corrosão no concreto armado, já está disponível o novo conjunto semi-pilha **CPV-4** com voltímetro digital. A semi-pilha **CPV-4** é um revolucionário instrumento que mede os potenciais de corrosão em superfícies de concreto armado e protendido. Com este equipamento poder-se-á levantar ou monitorar, de tempos em tempos, possíveis estados de corrosão e a sua evolução, antes que a estrutura apresente sinais de ruína por sintomas de corrosão (deslocamentos).

Tele-atendimento
(0XX21) 2493-4702
fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 07



SEMI-PILHA CPV4



Carlos Carvalho Rocha

Hong-Kong. Água no piso do aeroporto.

Há três meses da inauguração do seu aeroporto internacional, situado em uma pequena ilha, projetistas depararam com água no primeiro piso, 5 metros abaixo do nível do mar.

O aeroporto internacional de Hong-Kong, recentemente construído com 6 bilhões de dólares em uma área de 550 mil m², ofereceu-nos um mau e um belo exemplos de obras em pisos de concreto. O mau, por ignorar que concreto é material permeável, podendo ficar sujeito a ação do vapor e da própria água, quando submetido a pressões hidrostáticas, mesmo as mais insignificantes. O bom, em dar a volta por cima, com a execução de testes específicos e a obtenção de uma impermeabilização que pudes-

se aguentar aquele inconveniente. A área problemática foi o primeiro piso do terminal de chegada, com aproximadamente 45.000m². O problema, detectado a apenas 3 meses da conclusão da obra, evidentemente, alterou o projeto inicial que ignorava a possibilidade da

Um revestimento cimentício, modificado com acrílico estirenado e epóxi aquoso, "segurou a barra" do piso do terminal de chegada que apresentava grande presença d'água e umidade.

presença de fluxos de vapor ou da própria água através do concreto, provenientes do solo.

Detalhes do problema

Este piso, que compõe o terminal de chegada de passageiros, tem uma espessura variável de 50cm, é circundado por cortinas periféricas, e está situado 5m abaixo do nível do mar. O projeto original especificava um revestimento epóxico, com 3mm de espessura, totalmente incompatível com a presença de umidade. É interessante observar

A impermeabilização pelo lado negativo

A impermeabilização por cristalização

Desenvolvida em 1942 pelo químico Lauret Jensen, utiliza formulação cimentícia a base de cimento Portland e areia finíssima de quartzo ou sílica, que serve como matriz para uma série de aditivos especiais que atuam nos capilares do concreto. De lá para cá sofreu modificações, naturalmente, e é bastante eficiente. Na forma coating, adiciona-se água ao pó e aplica-se com trincha, rolo ou spray. É frequentemente utilizado na forma dry shake em pisos de concreto imediatamente após a concretagem, em conjunto com a acabadora mecânica, bastando apenas aspergir o pó sobre o concreto ainda fresco. Oferece excelentes resultados, porque migra através dos vazios da pasta de cimento, deixando-os totalmente preenchidos, principalmente devido a pressão osmótica promovida pela água, com reação dos hidróxidos de cálcio e da própria água capilar, formando-se complexos cristalinos insolúveis. Desta forma, também é costume chamar este tipo de tratamento de impermeabilização por capilaridade ou por conversão química. As micro fissuras, típicas da superfície final do concreto, são facilmente preenchidas pelo produto já que, adicionalmente, seus cristais oferecem um pequeno poder de expansão. A ativação química do substrato começa imediatamente após a aplicação do produto, obtendo-se 100% ao final de um mês. A espessura de tratamento para pisos com fissuras chega, em média, a 150mm em concretos com FCK em torno de 15Mpa, e torna-se parte integrante do concreto. A utilização de aditivos hidrófilos na versão moderna do produto, desempenha pa-



Cristalização por projetado.

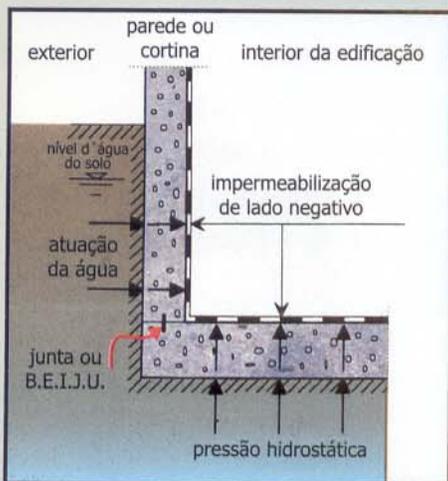
pel preponderante no concreto devido ao seu lento trabalho de retração e fissuramento. Isto porque durante este inconveniente processo, os aditivos hidrófilos são reativados, fechando estas passagens. A pressão de trabalho que estes impermeabilizantes suportam é muito grande, ultrapassando os 180m de coluna d'água. Não bloqueiam o vapor d'água. Provavelmente, 75% deste tipo de impermeabilização é realizado em obras de recuperação.

A impermeabilização por aderência

Nos anos 60, Europa e EUA desenvolveram este tipo de impermeabilização, usualmente a base de revestimentos e argamassas cimentícias. Tecnicamente, poderiam ser descritos como "membranas ou barreiras cimentícias", já que não trafegam pelos capilares e trocam figurinhas apenas com a compatibilidade química com o cimento Portland do concreto base para fazer um excelente trabalho de aderência. A impermeabilização por aderência também é a base de cimento Portland e areia finíssima de quartzo ou sílica. Os aditivos utilizados, no entanto, ativam o produto de modo a torná-lo 100% livre de vazios ou poros, ao mesmo tempo em que aderem tenazmente na superfície do concreto. Os impermeabilizantes cimentícios que trabalham por aderência no lado negativo dividem-se em inorgânicos, modificados com polímeros, elásticos e para tráfego pesado. Suportam, também, considerável pressão hidrostática, mas tem o inconveniente de não poderem ser aplicados em superfícies expostas ao tempo. Não bloqueiam o vapor d'água.



Cristalização pós concretagem de um piso.



A aplicação da impermeabilização de lado negativo. Este tipo de problema veste a camisa engomada, característica de alguns proje-

tistas nossos: a ausência de conhecimentos relativos a verdade verdadeira de que todo concreto é permeável e que a melhor impermeabilização também é, pelo menos ao vapor d'água, o que já é um grande problema a nós humanos e a revestimentos sobre pisos em contato com solos. Há três meses da inauguração, e durante a preparação do grande piso para a aplicação do epóxi, começou a minar água. Muita água, ao ponto de chegar a vários centímetros de altura.

A presença do lado negativo

Lado negativo é o termo genérico dado a pisos ou paredes submetidos a uma carga d'água ou umidade. Trata-se de um problema sério que, infelizmente, ainda é pouco compreendido ou aceito. O argumento qua-

GLOSSÁRIO

Pressão Osmótica - Conceitualmente, é a força, por unidade de área, necessária para se igualar a força atrativa (hidratação) da água, desenvolvida pela migração de íons dissolvidos na solução. Tipo de pressão exercida em determinados corpos, como resultado da diferença de concentração de sais existentes em ambos os lados de uma membrana ou parede de células. A água move-se da região com menos concentração para a de maior concentração.

Pressão Negativa - Pressão existente dentro de um compartimento, a qual é menor que a atmosférica.

Acrílico Estirenado - Resina feita com monômero do ácido acrílico copolimerizado com o monômero estireno, em menor quantidade.

Monômero - Substâncias formadas por moléculas individuais capazes de se unirem para formar longas moléculas poliméricas. Substância simples capaz de reagir para formar um polímero.

Copolímero - Moléculas complexas formadas pela reação entre dois ou mais monômeros diferentes.

Coefficiente de Permeabilidade - Velocidade de descarga d'água sob condição de fluxo laminar através de uma área de uma seção transversal de um meio poroso submetido a uma umidade de gradiente hidráulico e temperatura padronizados.

se sempre está assentado no poroso pensamento de que "o concreto é o concreto" e é uma "excelente barreira" a tudo.

EPOXYMENT o primer



Recentemente lançado no mercado norte-americano, o primer epóxico EPOXYMENT possui resina e agentes de cura especialmente modificados para interagir com as substâncias típicas do concreto ainda em estado de hidratação promovendo, neste ambiente de formação de cristais, ligação estável com estes compostos. O resultado é a formação de uma base absolutamente natural para a aplicação do acabamento epóxico. EPOXYMENT possui 100% de sólidos e pode ser aplicado no piso de concreto menos de 24 horas após a concretagem.

**Não espere. Aplique
EPOXYMENT**

Tele-atendimento
(0XX21) 2493-6740 • fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta n° 11

Este tipo de impermeabilização, pouco utilizada em obras novas, também é aplicada em lados positivos, eficientemente. Na verdade, raramente pode-se acessar o lado positivo, razão pela qual utiliza-se o produto inserido no próprio concreto, na forma de aditivo. Basicamente, existem duas modalidades de impermeabilização de lado negativo, ou seja, por cristalização e por aderência. Mais detalhes, veja o box acima.

Em diversas regiões do piso não havia presença d'água, exatamente devido a desníveis existentes, o que motivou o pessoal a aplicar o revestimento epóxico originalmente especificado, após a aplicação do primer. Duas semanas após constatou-se, através de testes de arrancamento, que o trabalho de aderência do epóxi no concreto era deficiente e já apresentava formação de bolhas, devido a grande pressão osmótica atuante. É interessante observar que, embora com todo o quadro de evidências da permeabilidade do concreto e da pressão hidrostática atuante, em nenhum instante os projetistas manifestaram interesse em checar a presença de fluxos de umidade na região que aparentava não ter problema.

Testes e nova especificação

Após uma série de testes laboratoriais realizados em universidades de Hong Kong e



Região do terminal de chegada após a aplicação da impermeabilização por cristalização e aderência.

Você está tratando minação d'água com produtos de superfície?
Tratamentos tópicos apresentam riscos e você sabe disso.



Conheça o
nosso GEL

Injete

PH FLEX

A tecnologia da injeção com poliuretano hidroativado PH Flex ataca, de maneira profunda, a água de onde quer que ela venha. Assim, infiltrações em galerias e paredes de barragens, paredes diafragma, minações d'água, pisos e poços de elevadores, metrô e vazamentos em castelos d'água são resolvidos direta e profundamente, sem chance de retorno. Para sempre!

ROGERTEC
Tele-atendimento
(0XX21) 2493-4702
fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 13

O revestimento cimentício polimérico modificado durante sua aplicação.

Reino Unido, aprovou-se um impermeabilizante cimentício aderente modificado com polímeros. O produto, um revestimento cimentício modificado com acrílico estirenado e epóxi aquoso, tirou de letra a pressão imposta nos testes laboratoriais de adequação, chegando a suportar pressões d'água equivalentes a 10kg/cm².

Com três dias de cura, ofereceu coeficientes de permeabilidade e de difusão ao vapor d'água excelentes.

A norma britânica BS8204-2, específica para pisos de concreto feitos no local e sujeitos

a abrasão, também serviu de parâmetro. Esta norma dimensiona uma carga de 60kg sobre três esferas de aço, de modo a promover um teste de abrasão. Para que um revestimento, próprio para acabamento, seja qualificado, só poderá sofrer uma profundidade máxima de desgaste de 0,05mm. O primeiro teste é realizado durante 15 minutos. Passando neste teste, seguirá para a fase seguinte, agora em ciclos de 15 minutos, totalizando 165 minutos. Com relação ao produto não houve problemas. Quarenta e cinco mil metros quadrados de piso

úmido e molhado o aguardavam no terminal de chegada do aeroporto.

A preparação da superfície

Todo o piso sofreu uma leve fresagem de modo a remover a nata superficial que impede qualquer aderência com películas orgânicas, abrindo os poros do concreto. As regiões submetidas a permeabilidade excessiva foram tratadas, adicionalmente, por cristalização. Regiões bem críticas, sofreram injeção de poliuretano hidroexpansivo diretamente no lado positivo.



Grupo falcão bauer

Rua Aquinos, 111 - São Paulo - CEP 05036-070
fones: (11) 861-0833 / 861-0677 - fax: (11) 861-0170
internet: <http://www.falcaobauer.com.br> - e-mail:
bauer@falcaobauer.com.br

CREENCIADO: INMETRO E IBQN

- Controle global da qualidade na construção;
- Controle tecnológico de concreto, solos e pavimentação;
- Recuperação e reforço de estruturas;
- Gerenciamento e fiscalização de obras;
- Inspeções e laudos técnicos em estruturas;
- Provas de cargas e controle de recalques;
- Análises químicas, físicas e metalográficas.

A aplicação

O produto, com viscosidade de auto-nivelante, foi aplicado com rolos especiais que deixavam uma película de 2mm. Paralelamente, passavam-se rolos "porco espinho" ou seja, aqueles rolos com muitas pontas feitas de plástico, de modo a remover o ar aprisionado pelo produto lançado. Sugeriu-se uma aspersão uniforme, com equipamento específico, de areia de sílica 100% seca, com

grão variando entre 0,3 e 0,6mm, sobre o produto previamente preparado. A areia, além dos atributos naturais que promove, ajuda também na cura do produto. Três dias após esta preparação, seguiu-se com a aplicação de uma tinta de acabamento de alto brilho, à base de poliuretano insensível à umidade. O aeroporto foi inaugurado uma semana depois. O impermeabilizante aderente aplicado, próprio para superfícies negativas, pode suportar tráfego de pessoas

após 6 horas da aplicação e tráfego veicular 48 horas depois.

T

Fax consulta nº 17



RECUPERAR

Para ter mais informações sobre Tratamento em Pisos de Concreto.

www.recuperar.com.br

CHUMBAMENTOS? INJEÇÕES?

(COM APLICAÇÃO MANUAL)

ULTRABOND

ULTRA HIGH STRENGTH EPOXY SYSTEM AT HIGH TEMPERATURES



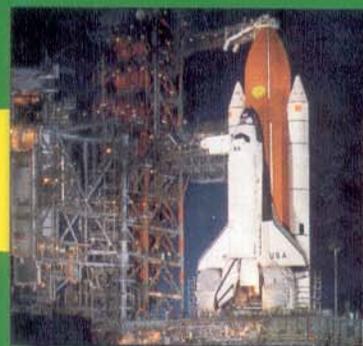
Nº 1
10 minutos

Nº 2
25 minutos

Nº 3
5 minutos

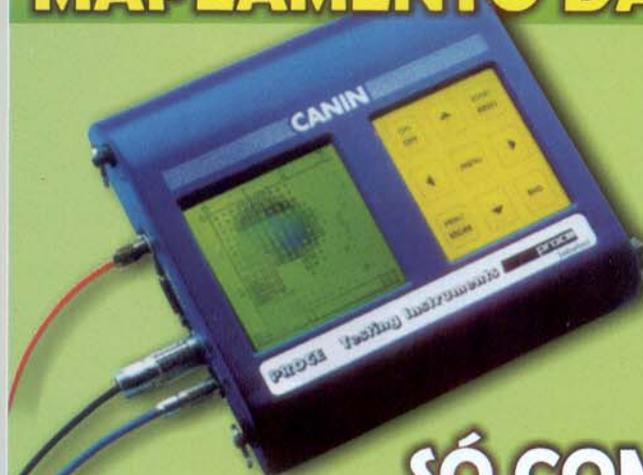
CRACKBOND 50cps, entra em qualquer fissura, manualmente.

Peça também nossas pistolas de aplicação



Tele-atendimento
(0XX21) 2493-4702
fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 18

MAPEAMENTO DA CORROSÃO?



Fax consulta nº 19

SÓ COM CANIN
ANÁLISE AUTOMÁTICA DA CORROSÃO

CANIN é a semi-pilha que você precisa. As coordenadas da área que você delimitar no aparelho são automaticamente preenchidas com o posicionamento de eletrodo. Seu plano de estocagem é superior a 1.000 leituras, que podem ser lançadas diretamente no computador já com as isotáticas de corrosão. CANIN não deixa você perder tempo. Potenciais de corrosão é com o CANIN.



Tele-atendimento
(0XX21) 2493-6740
fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br



Cenário de sonhos. A água dos canais de Veneza apresenta-se saturada de sedimentos contaminados por despejos industriais e domésticos.

Michelle Batista

O lodo e sedimentos contaminados do fundo dos canais de Veneza, na Itália, finalmente serão tratados.

A qualidade da água dos canais de Veneza está comprometida pelo despejo industrial e doméstico. Técnica inovadora pretende remover todo o material poluente, lavá-lo e utilizá-lo como fertilizante, impedindo uma contaminação posterior, o que é bastante comum.

As vias navegáveis que formam os famosos canais de Veneza estão seriamente contaminadas pelo desordenado lançamento de esgotos domésticos e industriais. O problema intensificou-se nestas últimas décadas, devido ao crescimento industrial da região. A cidade, dependente de sua beleza, já sofre as conseqüências da qualidade da água e até do mau cheiro.

Autoridades ambientais italianas, há anos, vêm tentando, sem sucesso, resolver este sério problema, já que até então não existiam técnicas viáveis e eficientes de lavagem dos sedimentos do fundo dos canais. As técnicas tradicionais não conseguem lavar/tratar um grande espectro de sedi-

mentos, tanto no que tange à natureza quanto ao tamanho do material. Um outro aspecto negativo das técnicas tradicionais de lavagem do solo é a utilização de detergentes comprometedores, culturas de bactérias e outros produtos químicos perigosos.

O problema é agravado pela qualidade dos quase dois milhões de metros cúbicos de sedimentos contaminados com chumbo, arsênico, mercúrio, níquel e outros metais pesados, principalmente junto ao porto de Marghera, onde estão localizadas indústrias de transformação química, algumas datando do início do século. A análise dos sedimentos, em diversos locais da cidade

turística, evidenciou a migração destes contaminantes para o interior dos canais mais visitados, tornando o problema catastrófico.

A lavagem dos sedimentos

Uma técnica inovadora de lavagem de sedimentos contaminados vai finalmente ser empregada. Este serviço, desenvolvido por uma empresa norte-americana, e já em uso em diversas partes do mundo, começou no início deste ano pela pesquisa da natureza dos sedimentos e deverá terminar incluindo toda a descontaminação dos canais, em 2005.

A água como poluente

Existe uma lista de 126 poluentes prioritários estabelecida pelo "The clean water act" dos Estados Unidos, de modo a criterizar a qualidade da água e a limitação de efluentes frequentemente encontrados nas águas servidas. Alguns dos principais poluentes da lista são:

- **Metais pesados (total e dissolvidos)**

Em se tratando de contaminação, "metal pesado" refere-se aos elementos metálicos, densos e pesados, que aparecem a nível de vestígios, mas que são extremamente tóxicos porque tendem a acumular no organismo. Alguns destes venenos, assim como sua procedência, apresentam-se abaixo:

- **Arsênio**, advindo da combustão dos combustíveis fósseis e de descargas industriais.

- **Cádmio**, proveniente da corrosão de diversas ligas e superfícies metálicas, do lixo da galvanização e de descargas industriais. Frequentemente está associado ao zinco.

- **Cromo**, da corrosão de diversas ligas e superfícies metálicas, do lixo da galvanização, da dissolução de tintas aplicadas em superfícies externas.

- **Chumbo**, da gasolina com mistura de tetraetilo de chumbo, de baterias e da dissolução de tintas aplicadas em superfícies externas. Aparentemente é o metal pesado mais significativo em matéria de toxidez. É muito perigoso. Causa danos irreversíveis em nosso organismo.

- **Mercurio**, de descargas industriais. Apresenta-se como toxina ambiental. Certas bactérias transformam-no em mercúrio metálico. Causa danos irreversíveis em nosso organismo.

- **Pesticidas**

O DDT, aldrim, clordane, endosulfan, endrin e o drazinon são alguns dos pesticidas e herbicidas encontrados na água.

- **Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAP)**

Os HAP pertencem à família dos poluentes orgânicos semi-voláteis, como o naftaleno, antraceno e o pireno, provenientes do derrame de produtos do petróleo e de produtos da combustão. São extremamente cancerígenos.

- **Bifenil policloratado (BP)**

Proveniente da indústria de transformadores elétricos e de equipamentos hidráulicos. Persiste no ambiente. Chega à cadeia alimentar através dos alimentos. Cancerígeno.

A análise inicial evidencia que o lodo é fácil de dragar, mas difícil de tratar. A seqüência de tratamento obedece à figura abaixo, sendo patenteado pela empresa americana. A

diferença entre este método inovador de tratamento e os tradicionais é muito grande porque abrange, praticamente, todos os tipos de lodo ou sedimentos existentes em

fundos de canais, lagoas e rios, limpando partículas menores do que 1 micrômetro (um milésimo de milímetro). Após a remoção dos contaminantes maiores, o materi-

CALMA!

A coisa não é tão feia quanto parece.

Se você necessita de solução para a descontaminação do seu terreno, nós a temos.

Tele-atendimento
(0XX21) 2493-4702
fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br

Fax consulta nº 23

GLOSSÁRIO

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) -

A quantidade de oxigênio, medido em mg/l, necessária à oxidação da matéria orgânica por ação biológica, sob condições padronizadas. Amplamente utilizada para medir a quantidade de poluição orgânica em esgotos e rios.

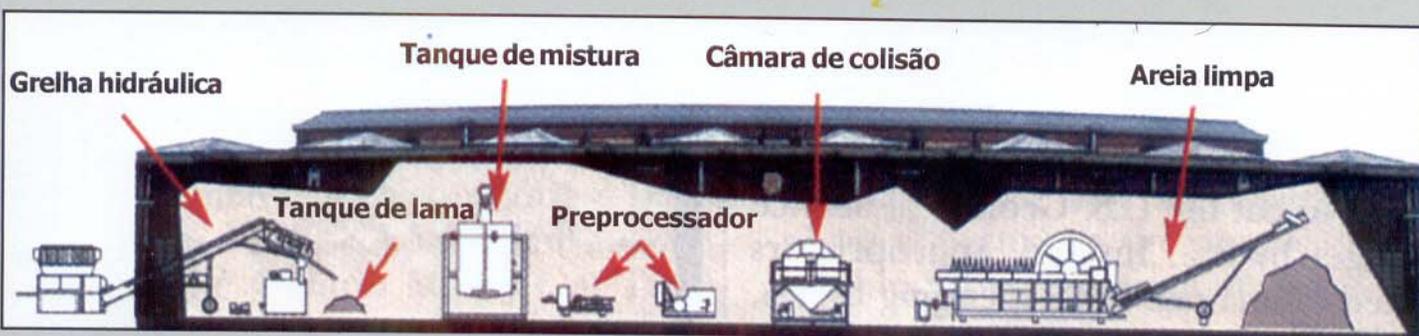
Bactéria Coliforme - Um grupo de microorganismos usados como indicadores da contaminação da água e da presença de bactérias patogênicas (produtoras de doenças).

Colóides - Partículas sólidas finamente divididas, as quais não sedimentam em solução.

Terra Diatomácea - Material natural, os esqueletos das diatomáceas, usado como meio filtrante.

al é estocado para posterior tratamento. As partículas de maior tamanho, as mais críticas, são tratadas quimicamente e, a se-

A principal fonte de poluição vem do porto Marghera e já alcançou os canais de Veneza.



A seqüência de tratamento dos sedimentos.

O que é a lavagem de sedimentos

Lavagem de sedimentos ou, impropriamente, de solos, é o termo aplicado a um processo de tratamento que utiliza a água para fazer a separação, ex situ, de todo material agregado às partículas de solo. Este processo, pelo modo tradicional, não é um tratamento completo e muito menos um processo de eliminação de contaminantes, já que envolve apenas uma redução do seu volume, sem qualquer tratamento subsequente destinado a recuperar a porção original do solo, de modo a reutilizá-la com baixo custo e de forma segura. Devemos nos lembrar sempre que a contaminação tem uma enorme afinidade com as partículas mais finas do solo, devido a sua alta superfície específica. Estamos nos referindo a contaminantes como metais pesados, hidrocarbonetos e cloretos orgânicos, provenientes de refinarias, depósitos de combustíveis, indústrias químicas e siderúrgicas.

De maneira convencional, é extremamente difícil separar substâncias contaminantes do

solo. A granulometria do solo ou sua porção de finos determina, preferencialmente, a proporção relativa de limpeza do material grosso e dos finos contaminados. Com os métodos tradicionais de lavagem, tipicamente falando, jamais poder-se-á chegar ao volume original do solo.

O Instituto de Patologias da Construção dispõe de apostila sobre "geotecnia ambiental" cujos tópicos são geotecnia e o ambiente, fundamentos do meio ambiente, materiais que compõem o solo, investigação do solo, o refugo como aterro, o solo contaminado, áreas abandonadas, o refugo da mineração, o refugo como material estabilizante, vibrações no solo e barulho e o uso do refugo radioativo. A apostila, com 315 páginas, em inglês, custa R\$ 25,00. Trata-se de uma coletânea de artigos recentemente publicados no mercado internacional.



NEUTRODOR

O controle total do odor

NEUTRALIZA O MAU CHEIRO DE INDÚSTRIAS

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

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

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

Tele-atendimento

(0XX21) 2493-4702 • fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br

E o fundo da lagoa mais importante do Rio?

Como sempre, o Rio de Janeiro é alvo de polêmica. Agora é a Lagoa Rodrigo de Freitas, sua principal lagoa. O governo do estado irá começar, no início de fevereiro de 2002, a retirada de 275 mil metros cúbicos de lodo ativo do fundo da Lagoa - 45% do total.

Tudo indica que a sistemática de dragagem a ser utilizada irá causar mau cheiro e mortandade de peixes, já que o gás sulfeto de hidrogênio (H₂S), que tem cheiro semelhante ao ovo podre será liberado. Para diminuir o odor, será borrifado junto as caixas de despejo do lodo, produto neutralizador de odor, que interage com as partículas de gás, eliminando o mau cheiro, que também é tóxico. Das caixas de despejo, o lodo será lançado "in natura", em estações elevatórias para, daí ser enviado para o emissário sub-marino de Ipanema. Não há informações a respeito de sua composição, do impacto ambiental e, muito menos, de medidas direcionadas a atacar a causa do problema, ou seja, o lançamento de contaminantes domésticos e industriais na Lagoa.

Sede Náutica do Flamengo

IPANEMA

LEBLON

Caiaças

JARDIM BOTÂNICO

Piraquê

Hípica

Igreja Santa Margarida Maria

HUMAITÁ

ÁREA DE ONDE SERÁ RETIRADO O LODO ~800m x 1200m

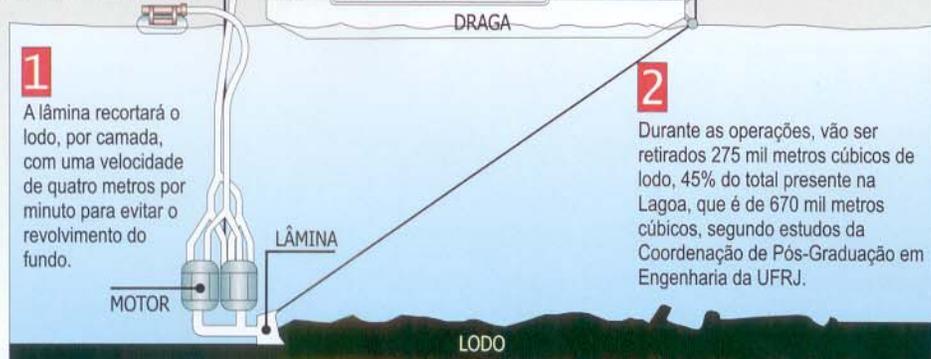
- CAMADA DE LODO ENTRE 10 E 50CM
- ENTRE 50 E 75CM
- COM 75CM
- COM 1 METRO

PARA ONDE SERÁ LEVADO O LODO

Depois de retirado, o material irá para as elevatórias da Hípica e do Caiaças, de onde será mandado para o emissário oceânico de Ipanema, através de uma tubulação flutuante e sinalizada.

Como será a retirada

A dragagem do lodo ativo será feita por uma embarcação, com sistema pneumático (como o de uma injeção), formado por cilindros, com uma lâmina na extremidade



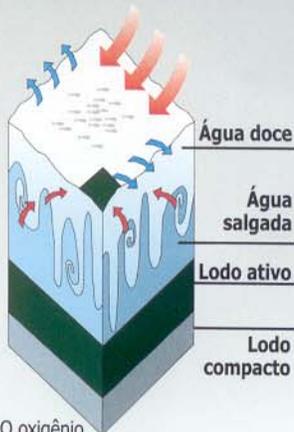
COMO O LODO INFLUI NA POLUIÇÃO DA LAGOA

A água, mais leve, forma uma camada que troca oxigênio com a atmosfera.



O lodo ativo do fundo reage com a água salgada, consumindo todo o oxigênio e liberando substâncias poluentes.

Ventos muito fortes e chuvas movimentam a água e misturam as camadas.



O oxigênio que está na água doce é consumido pelas substâncias que estão no fundo, o que causa a morte dos peixes e o mau cheiro.

GLOSSÁRIO

Hidrocarboneto - Substância química formada de hidrogênio e carbono.

Lodo ou Sedimentos - Matéria sólida semi-flúida coletada no fundo de tanques, canais ou riachos, como resultado da sedimentação ou deposição dos sólidos em suspensão.

Surfactante - Contração do termo inglês surface-active agent. Usualmente uma substância orgânica cujas moléculas contêm um grupo hidrófilo em uma de suas extremidades e um outro grupo lipofílico na outra.

guir são enviadas a uma câmara especial de colisão que, efetivamente, promove um profundo tratamento, através de uma diversidade de tipos de batimentos impostos às partículas, separando os contaminantes. Trata-se de uma tecnologia que usa pouca energia, utilizando substâncias químicas 100% biodegradáveis. A planta a ser montada em Veneza iniciará os trabalhos com um volume de 20 toneladas por hora, passando a seguir para 300.000m³ anuais, com um custo estimado de US\$ 52 por metro cúbico.

Fax consulta nº 25



RECUPERAR

Para ter mais informações sobre Meio Ambiente.

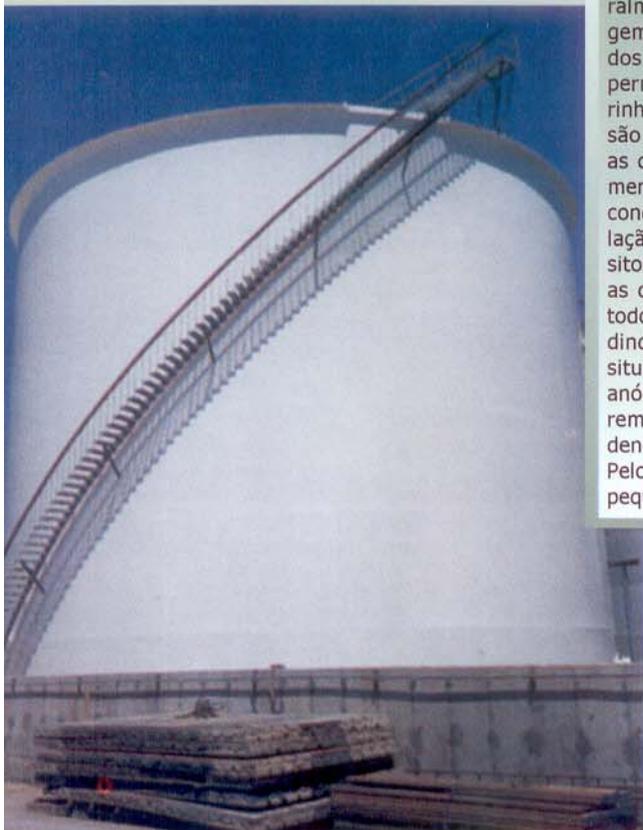
www.recuperar.com.br

REFERÊNCIAS

• Michelle batista é química.



O tanque problemático da ETE.



Michelle Batista

Biocorrosão em uma ETE

Veja como um tanque de aço, necessário ao tratamento de esgotos em uma grande indústria, corroeu e começou a vazar passados apenas seis meses de sua inauguração.

O processamento desta estação de tratamento de esgotos (ETE), pertencente a uma grande indústria, está esquematizado nas etapas de:

(1) Oxidação microbológica das formas de carbono orgânico para dióxido de carbono e das formas de nitrogênio orgânico para amônia.

- (2) Nitrificação microbológica, com aeração, das formas de amônia para nitratos.
- (3) Classificação para remoção dos microorganismos, de modo a se retornar às etapas (1) e (2).

Este sério processo de corrosão, que causou interrupção da ETE, ocorreu no tanque de nitrificação (2ª etapa do processo

da ETE) apenas seis meses após a colocação em serviço.

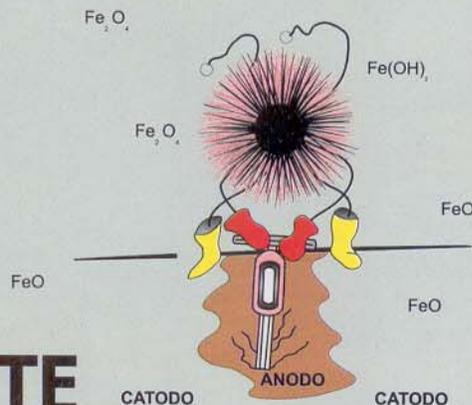
Como é o tanque da ETE

Trata-se de um tanque sem tampa, com 43m de diâmetro, assentado em uma base de concreto armado. Suas paredes laterais, assim como as tubulações internas são em aço carbono revestido com primer epóxico rico em zinco, seguido de acabamento com tinta epóxica sem qualquer especificação aparente. A tubulação de difusão do ar e os suportes metálicos são em aço inox AISI 304. As passarelas periféricas internas e seus suportes, em aço galvanizado.

A maioria das pessoas vê corrosão como a ferrugem (óxidos do ferro) em armaduras do concreto armado ou em tubulações de aço. Este "estado comum" de corrosão geralmente é formado por uma capa de ferrugem, mais ou menos espessa, já que anodos e catodos, devido a natureza do aço, permanecem continuamente trocando figurinhas, de modo que o efeito total é a corrosão uniforme. Algumas vezes, no entanto, as condições que estabelecem o comportamento anódico são muito localizadas. Estas condições podem ser formadas por acumulação de sais corrosivos ou pequenos depósitos sobre a superfície do aço que mudam as condições de algumas pilhas (anodo-catodo), como aquelas trincas ou frestas dividindo duas regiões da superfície. Se esta situação fizer com que parte de uma região anódica fique mais anódica, certamente teremos não uma corrosão uniforme e sim a denominada corrosão localizada. Pelo fato destas "pilhas oclusas" serem muito pequenas em relação à superfície do aço, o

efeito sobre esta diminuta área será uma corrosão com rápida penetração. Quando a corrosão localizada aparece em uma superfície livre ou exposta, com um formato em que sua profundidade é aproximadamente igual ou maior que sua largura, chama-se corrosão por "pite". Quando a corrosão localizada ocorrer com uma relação inversa denominada de corrosão por fresta.

Os microorganismos de interesse na biocorrosão são, basicamente, formados por bactérias e fungos. As algas, de um modo geral, servem de hospedeiras para as bactérias e fungos. Estes microorganismos estão intimamente associados à superfície em estado de corrosão, influenciando tanto a iniciação do processo como sua velocidade. A maioria dos filmes ou biofilmes ocorrem em superfícies livres, expostas a fluxos de água salgada ou doce, de duas a quatro horas após imersão, tornando-se "adultos" depois de algumas semanas. Os biodepósitos, em contraste com os biofilmes, poderão formar montículos de vários centímetros de diâmetro.



GLOSSÁRIO

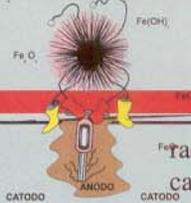
Material oxidante - Substâncias que rapidamente produzem oxigênio para estimular a combustão, como cloratos, permanganatos, peróxidos inorgânicos ou nitratos, além de outras substâncias que quando aquecidas prontamente produzem oxigênio leve.

Nitrogênio - Gás incolor e inodoro, leve e pouco solúvel n' água. Pode ser preparado pela destilação fracionada do ar líquido, com eliminação do oxigênio. A indústria fixa o nitrogênio atmosférico em quantidades enormes através do processo da síntese da amônia, combinando-a com o hidrogênio. Adubos nitrogenados tem grande importância na agricultura.

Amônia - Gás amoníaco NH_3 ou seu hidróxido NH_4OH , o qual existe na solução aquosa do gás. Gás incolor, com odor forte e acre. Não é combustível. Muito utilizado na indústria, já que é absorvido por muitos sais, dando origem a aminas (análogas aos hidróxidos), amidas, nitrilas e vitaminas. Matéria prima para a produção de fertilizantes como a uréia. É usado como fonte de nitrogênio para a proliferação de microorganismos e controle do pH. A amônia combinada com o cloro, forma as cloraminas, de alto poder bactericida e fungicida.

O problema

Seis meses após sua inauguração começaram a ocorrer vazamentos através do canal periférico, em aço carbono, que une a parede lateral ao fundo do tanque. Após esvaziar-se o tanque, procedeu-se a uma minuciosa vistoria com o intuito de se levantar as causas do problema. É interessante relatar que após a secagem do tanque e antes da limpeza deparou-se, em seu fundo, com uma camada de sedimentos de 30cm de espessura. A impressão inicial do interior do tan-



racos em diversas regiões do canal periférico, que tem uma espessura de 6mm e compõe a junta parede/fundo do tanque

Figura 2
Detalhe da junta parede-fundo do tanque, após a remoção do material friável. Processo violento de corrosão com perfuração total da parede do canal.



Figura 1
Vista de parte do interior do tanque após a remoção dos 30cm de sedimentos. Repare que a junta da parede do tanque com o fundo apresenta-se sem maiores problemas.

que, visto na figura 1, mostrava aquela corrosão peculiar a todos nós, isto é, corrosão uniforme, "bem aparentada", sem qualquer indicação de pites ou perfurações. Durante e após a remoção das "carepas" de corrosão, no entanto, apareceram depósitos não metálicos, bem densos, facilmente removidos com qualquer canivete. A remoção dos biodepósitos evidenciou verdadeiros bu-

(figura 2). Esta patologia não é típica da corrosão do aço carbono em meio aquoso, assemelhando-se mais à corrosão grafítica (ou grafitação) do ferro fundido, onde a matriz do ferro é preferencialmente atacada, deixando pequenos rastros de grafite. A análise metalográfica da parede do canal não evidenciou qualquer problema em sua microestrutura que se relacionasse com a ruína observada.

Como de costume, antes que se pudesse avisar, todo aquele biodepósito que revestia a parede do canal foi jogado fora e, com ele, todas as pistas para a análise microbio-

GLOSSÁRIO

Biomassa - Crescimento da matéria orgânica pela conversão fotossintética da energia solar.

Bactéria do ferro - Qualquer bactéria do grupo das que oxidam o ferro como fonte de energia. O ferro oxidado, na forma de $Fe(OH)_3$ é, então, depositado no ambiente pela secreção da bactéria. A energia obtida destas reações é usada para transportar processos nos quais fazem-se as substâncias básicas necessárias às bactérias.

Pilha de aeração diferencial - Pilha de corrosão causada por diferenças na concentração de oxigênio em uma solução (eletrolito).

Tubérculos - Formação localizada (montículos) de produtos de corrosão sobre a superfície.

Uréia - Substância básica nitrogenada solúvel, componente sólido principal da urina e produto final da decomposição da proteína.

Você deseja proteção?



BIOCIDAS

Gatos ainda possuem 7 vidas, mas águas de processamento e produtos industrializados não. Para liquidar al-

gas, fungos e bactérias que afetam seu sistema use biocidas BIOCOM. Melhor qualidade, sem restrições.

Se você deseja biocidas, conte conosco.

Tele-atendimento
(0XX21) 2493-6862 • fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 27

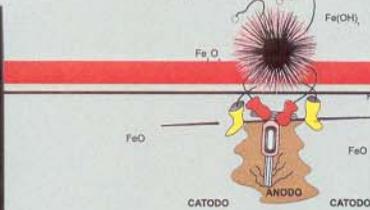
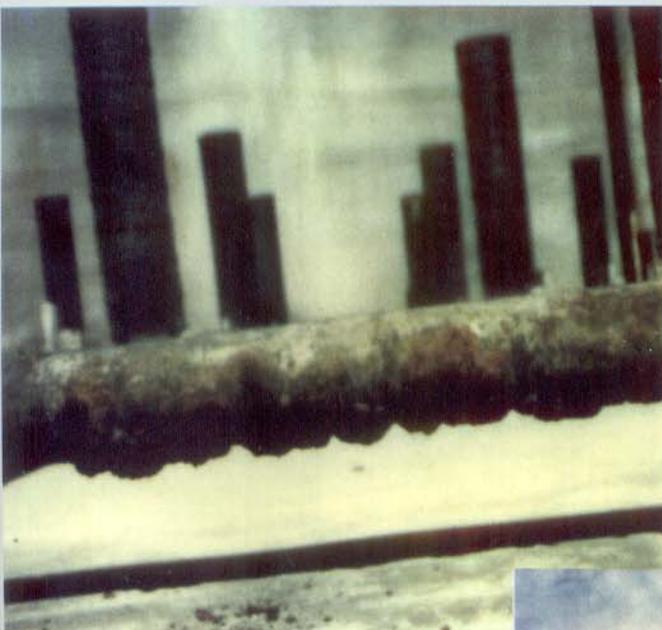


Figura 3
Vista lateral da tubulação de ar em aço inóx AISI 304, estando evidente os depósitos de bactérias, principalmente em sua região inferior.

tubulação de aço inox, ao passo que seus suportes, em aço inox, localizados abaixo dos misturadores de água/ar, não apresentavam quase comprometimento. Muitos chumbadores de aço inox AISI 303 que sustentavam os suportes da tubulação imersos no concreto armado, praticamente desapareceram de tanta corrosão (figura 5).

O estado das paredes externas das tubulações de aço carbono evidenciavam, também, enorme quantidade de pites com perfuração das paredes (figura 6).

lógica. A figura 3 evidencia um tubo de aço inox 304, típico das tubulações que distribuem ar neste tipo de tanque, estando situado alguns centímetros acima do fundo e, naturalmente, ficando imerso nos sedimentos encontrados, após a secagem do tanque.

Na mesma figura 3 pode-se observar, no tubo, grandes depósitos, na forma de montículos, posicionados a partir de sua

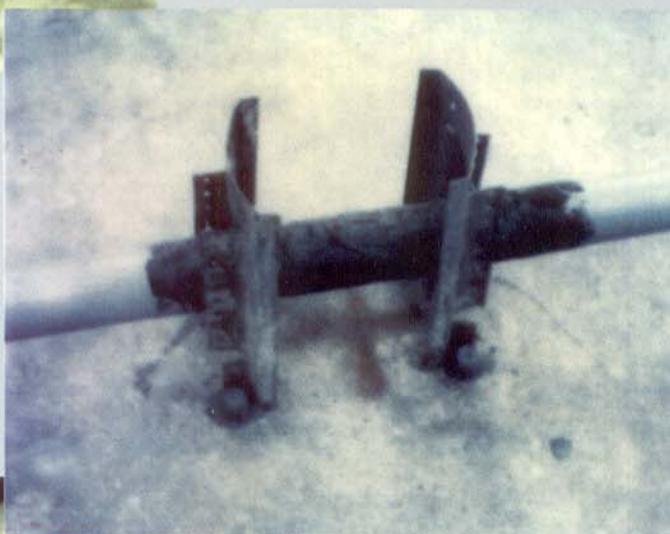


Figura 5
Os suportes das tubulações de aço inóx 304 e a cabeça dos chumbadores. Os suportes apresentaram pouco ataque.



Figura 4
Região inferior do tubo, mostrado na figura 3, após o hidrojateamento de areia.

metade inferior, bastante duros por sinal. Após o hidrojateamento de areia, ficou evidente (figura 4) a verdadeira superfície do tubo, ou o que restou dela, ficando claro que a maioria dos profundos pites ocorreram sob os depósitos mostrados na figura 3. Muitos pites possuíam anéis concêntricos, típicos da corrosão do aço carbono submetido a colônias de bacté-

rias redutoras de sulfatos (BRS), discutido na RECUPERAR n^{os} 42 e 43. A maioria dos pites perfuraram a

Figura 6
Tubulação de aço carbono evidenciando corrosão localizada nos defeitos da pintura. Caso típico da relação área anódica/catódica.

E o revestimento protetor?

Aparentemente, até onde o revestimento epóxico protetor estava intacto não havia corrosão. Esta observação é verdadeira inclusive para as próprias paredes do tan-





Figura 7
Suporte em aço galvanizado. Repare os montículos dos produtos da corrosão e bactérias. Após o desbaste, ficou evidente grave comprometimento pela corrosão.

do sedimento, coletados em diversos locais, mostrou grandes quantidades da BRS e da bactéria do ferro (*Sphaerotilus*) associados a outros microorganismos. Os produtos da corrosão retirados dos tubos de aço inox que distribuem o ar no tanque mostrou enorme quantidade de sulfetos. As amostras do sedimento deram pH entre 3 e 4, muito embora a fase aquosa ou, propriamente, o líquido estocado evidencia-se um pH, quase que constante, em torno de 7.

A recuperação do tanque

O processo de recuperação do tanque obedeceu à seguinte diretriz executiva:

- (1) O canal, em aço carbono, que estrutura a parede do tanque com a base em concreto armado, foi hidrojetada com areia, todos os buracos provocados pelos pites foram soldados e, ao final, protegi-

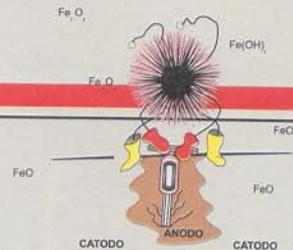
que. Nas regiões onde a película epóxica de acabamento foi perfurada, o primer epóxico, rico em zinco, não promoveu seu trabalho de proteção galvânica na superfície do aço. Esta condição está particularmente evidente nas peças estruturais internas de aço galvanizado. Na figura 7, observa-se um suporte, em aço galvanizado, que suporta a tubulação, totalmente corroído. O único componente do tanque totalmente livre do processo de corrosão foi o concreto armado do seu fundo.

O diagnóstico

A corrosão diagnosticada em diversos componentes do tanque foi atribuída a diversos fatores. Os principais foram:

- organismos microbiológicos, tanto anaeróbicos quanto aeróbicos;
- ligações galvânicas;
- pilhas de concentração de oxigênio;
- pilhas de concentração de ácidos.

A análise microbiológica feita nas amostras dos produtos de corrosão, ainda molhados,



- dos com um epóxi específico à ação bacteriológica, utilizando-se espessura de película em torno de 3mm e ainda reforçado com micro-fibras de Kevlar.
- (2) As paredes do tanque, assim como as tubulações em aço-carbono foram hidrojetadas. Os pites tratados com solda. A seguir foram protegidos com o mesmo epóxi anterior, utilizando-se espessuras em torno de 1mm. Os tubos mais comprometidos foram substituídos.

GLOSSÁRIO

Bactéria redutora de sulfatos - Qualquer organismo que, metabolicamente, reduza sulfato em H₂S. Há uma grande variedade de microorganismos com estas características.

Aço inoxidável - Aço com no mínimo 11,5% de cromo.

AISI - American Iron and Steel Institute.

Aço Inóx AISI 304 - Contém 18 a 20% de cromo, 8 a 11% de níquel e no máximo 0,08% de carbono.

Aço Inóx AISI 303 - Contém 18 a 20% de cromo, 8 a 10% de níquel e no máximo 0,15% de carbono.

Corrosão gráfitica - É a que ocorre no ferro fundido cinzento, a temperatura ambiente, ficando o grafite intacto.

Aço carbono - Liga de ferro-carbono, tendo de 0,008% a 2,0% de carbono, além de outros elementos resultantes do processo de fabricação, como fósforo, enxofre, manganês e silício.

Sedimentos - Matéria sólida semi-fluida coletada no fundo de tanques, canais ou riachos, como resultado da sedimentação ou deposição dos sólidos em suspensão.

Aço Galvanizado - Aço carbono com finíssimo revestimento de zinco em torno de 50 micrômetros.

Ferro fundido - Liga de ferro carbono com teor de carbono acima de 2,06%.

Esgoto, efluentes industriais e bactérias fazem isto em contato direto com o concreto.

Apenas um epóxi aguenta este tranco.

Já percebemos que 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.

Fax consulta nº 28



EPOXI 28
Tecnologia na medida certa.

Use Tecnologia.

Tele-atendimento
(0XX21) 2493-4702
fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br

- (3) Todas as tubulações em aço inox também tiveram o mesmo tratamento acima especificado.
- (4) As tubulações em aço galvanizado foram hidrojetadas, os pites tratados com solda e, a seguir, protegidas com zinco líquido. Todas estas tubulações foram incorporadas ao fundo do tanque, ficando imersas em uma capa de concreto armado adicional.
- (5) Utilizou-se sistema de proteção catódica com corrente impressa, completa, com retificador e anodos de ferro/silício, ajustando-se um potencial mínimo de $-0,95V$ (cobre-sulfato de cobre) para o sistema estrutura/líquido estocado.

Um ano após a execução do serviço foi feita a drenagem e a limpeza do tanque, de

modo a permitir uma inspeção de manutenção. Todas as instalações estavam em excelentes condições, exceto algumas bolhas que foram encontradas no revestimento epóxico aplicado nas paredes do tanque. Estas regiões foram demarcadas e tratadas com micro jateamento de areia. A seguir, estas micro regiões foram retocadas com o mesmo sistema epóxico.

Fax consulta nº 30



RECUPERAR

Para ter mais informações sobre Biocorrosão.

www.recuperar.com.br

REFERÊNCIAS

- Michelle Batista é Química.
- R. E. Tatanll "Testing for the presence of BRS".
- D.H. Pope "Microbiologically influenced corrosion".
- G.H. Booth, "Microbial corrosion".
- W.P. Inverson, "Microbial corrosion of metals. Advances in applied microbiology".
- E. C. Pringshein, "Iron bacteria".
- NPL Teddington, "Microbial corrosion".

Como entender a velocidade da corrosão I ■

Próxima Edição

RECUPERAR

BIOCORROSÃO

Você não pode ignorá-la.
É prejuízo na certa.

Dispomos de testes para detecção de:

- BRS.
- Fermentação e mofo.
- Bactérias aeróbicas.
- Bactérias e fungos de imersão.
- Produção de H₂S.
- Bactéria oxidante do enxofre e do ferro.

Bactéria Redutora de Sulfatos



Em nossa vida diária é fundamental monitorar o processo industrial, de modo a impedir qualquer contaminação microbiológica em materiais críticos como água de refrigeração, fluidos para trabalhos com metais, sistemas de proteção ao fogo, lubrificantes, combustíveis, lamas de papel e polpa além de outras águas de processamento. Os kits da BioSoluções também são usados na investigação de resíduos sólidos.

Tele-atendimento
(0XX21) 2493-6740
fax (0XX21) 2493-5553
produtos@recuperar.com.br
Fax consulta nº 31