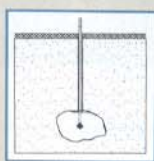


Grauteamento Químico

O tratamento de solos e fundações fica mais fácil com os grauts químicos.

Joaquim Rodrigues



O desenvolvimento do grauteamento químico em solos e rochas de fundação nasceu em razão das limitações dos trabalhos de grauteamento ou injeção com caldas de cimento portland e de agregados inertes. Os conceitos ou, propriamente, os trabalhos de grauteamento comum de solos e rochas com caldas de cimento portland foram inicialmente aplicados em 1802, na França, aumentando-se a capacidade de carga e a estanqueidade do solo que servia de base a um canal. O desenvolvimento deste tipo de trabalho foi bastante melhorado, durante aquele século, particularmente na França e Inglaterra, em serviços que envolviam portos, canais, minas, pontes e barragens.

Para se ter uma idéia da importância dos trabalhos de grauteamento, hoje, a maioria dos projetos e serviços de engenharia civil em obras subterrâneas como túneis, minas, e barragens, sejam eles de terra ou de concreto, necessitam alguma forma de grauteamento. O tipo de material a ser utilizado e a forma de grautear (injetar) dependem dos detalhes da estrutura, da geologia do local, do tipo de solo e da situação do nível freático existente. Os trabalhos de grauteamento em obras subterrâneas de túneis, poços e minas são bastante similares às operações executadas na superfície como cortinas estanques de graut em estruturas hidráulicas que transportam ou estocam água, gás ou petróleo ou formando a bacia impermeável de barragens.

Em todos os casos, o grauteamento é usado para preencher os poros, fissuras, trincas e vazios de solos e rochas, eliminando infiltrações, estabilizando o conjunto geológico

(continua na pág. 7)



A injeção de grout químico, através de uma estaca teste, provou que é possível duplicar a capacidade de carga grauteando-se apenas a ponta da estaca. O grauteamento lateral aumenta em até dez vezes a capacidade de carga.



O QUE É O GRAUTEAMENTO

Grauteamento e obras subterrâneas têm tudo a ver, sendo uma atividade típica da engenharia civil. O primeiro passo para selecionar o método de grauteamento é determinar a categoria do material geológico a ser grauteado, que poderá ser solo ou rocha. Depois, estabelecer a função do grauteamento, definindo, por exemplo, se estabilizará um solo ou impermeabilizará infiltrações através de rochas. É comum, para uma mesma obra, estabelecer-se mais de um método de grauteamento. No entanto, com a definição dos equipamentos a serem empregados, os prazos e, claro, seu custo, definir-se-á o tipo a ser empregado.

Métodos de grauteamento em solos

É comum grautar-se solo concomitantemente com a estrutura, tanto a partir da superfície quanto na própria condição subterrânea. Fatores como graduação do solo, nível freático, profundidade da estrutura e o acesso dos equipamentos às superfícies a serem grauteadas determinarão qual o método ou combinação será melhor para a obra.

• Grauteamento Químico

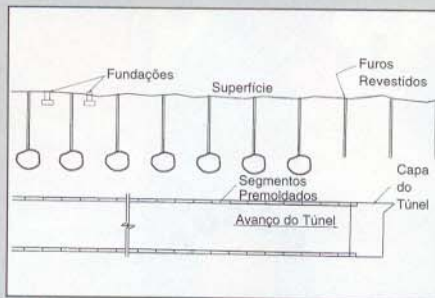
Com o grauteamento químico é possível executar serviços em solos, rochas, além de trabalhos estruturais e em poços subterrâneos. Sua vantagem reside no pequeno tamanho dos equipamentos de perfuração e bombeamento. A vantagem principal deste método de grauteamento, que hoje cresce em execução mais que os demais, está nos produtos a serem injetados, que promovem verdadeiras revoluções no solo/rocha grau-

teados. Foi iniciada a partir dos anos 60, utilizando-se 2 jatos de alta pressão de graut de cimento portland, perpendiculares à parede do furo. Estes jatos fraturam e escavam ao mesmo tempo em que mistura-se ao solo.

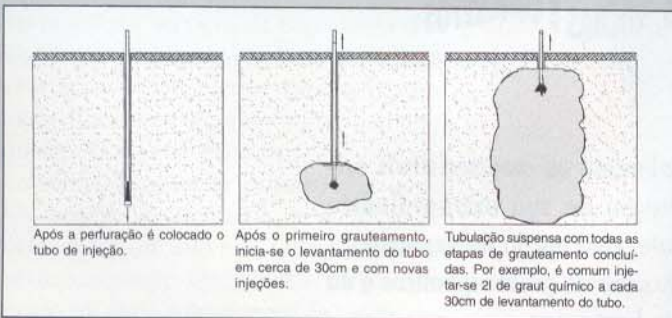
O jet grouting forma colunas de solo/cimento pela entrada forçada da calda de cimento, utilizando-se bombas especiais que geram pressões de até 800kg/cm² (11.800PSI) em razão da alta viscosidade das caldas de cimento que chegam a 3.000cps.

• Grauteamento de Compactação

Consiste na injeção de um graut composto de cerca de 10% de cimento portland, 30% de areia siltosa fina e água suficiente para fornecer um slump de mais ou menos 3cm. O diâmetro do tubo de injeção varia de 50 a 100mm e o espaçamento de 1,5 a 5m, variando-se a pressão de injeção de 1 a 7MPa. A viscosidade do graut não permite penetrar nos poros do solo, logo, sua função é apenas compactar, pelos bulbos formados, o solo ausente de coesão. É necessário tomar cuidados quando há estru-



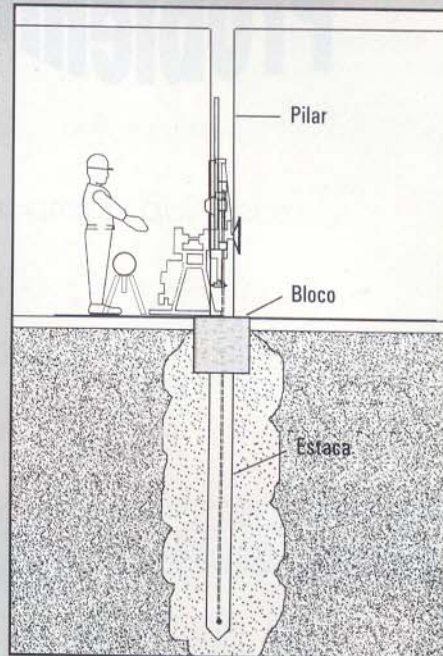
Vista longitudinal de um grauteamento de compactação usado para controlar recalques na escavação de túneis em terrenos instáveis. Este serviço, hoje, é feito com a utilização de grauts químicos, já que não criam sobrecargas e não se utilizam revestimentos.



turas perto dos locais de injeção, considerando também que os bulbos criam sobrecargas. Este serviço, hoje, está sendo substituído pelo grauteamento químico.

• Grauteamento de Impregnação

Neste tipo de grauteamento, o graut é direcionado aos poros do terreno, no sentido de melhorá-lo, quase sempre com objetivo de torná-lo impermeável. Utiliza-se, normalmente, caldas de cimento portland e até areia quando a granulometria do solo permite, no sentido de baratear os serviços. Utilizam-se pressões de 0,1 a 1MPa. É comum, hoje, utilizar-se grauts químicos devido à sua baixíssima viscosidade.



O reforço de uma estaca de fundação injetando-se graut químico de poliuretano solo estabilizador em dois furos diametralmente opostos. Multiplica-se por 10 a capacidade de carga da estaca.

Métodos de grauteamento em rochas

É executado tanto a partir da superfície quanto do interior de escavações executadas. Deverão ser considerados fatores como a característica geológica da rocha, a profundidade da estrutura, o nível freático e o meio de acesso para a escolha do equipamento.

• Grauteamento de Consolidação

Este grauteamento é feito para o preenchimento de juntas, diáclases, planos de fraturamento e qualquer tipo de falhas que a rocha apresente, que motivem a passagem de fluxos d'água dentro de um campo de ação, no mínimo, igual ao diâmetro da estrutura, acima dos limites de escavação. O grauteamento de consolidação reduz a permeabilidade da rocha e aumenta a resistência do material da formação. É feito tradicionalmente com caldas de cimento. Atualmente usa-se o cimento portland super fino e grauts químicos de poliuretano hidroativado estrutural (polirock).

• Grauteamento de Isolamento (cortina)

Este grauteamento é usado em estruturas subterrâneas que transportam e armazenam água, gás e petróleo. Poços perfurados, túneis, casas de força subterrâneas, reservatórios e estações de bombeamento são casos típicos. Tradicionalmente usam-se caldas de cimento portland, utilizando-se tubos de 50 a 100mm de diâmetro, com espaçamento de 1,5 a 5m e pressão de 1 a 10MPa. Modernamente, utilizam-se grauts químicos à base de poliuretano hidroativado flexível.

teados. O principal produto de aplicação é o graut químico de poliuretano hidroativado solo estabilizador, que possui um poder aglomerante muito superior ao cimento portland, além do que, com uma viscosidade de 30cps penetra bem em, praticamente, todos os solos.

• Jet Grouting

Técnica direcionada apenas para solos soltos ou moles, com propósito de estabilizá-

co, reforçando os elementos de fundação e promovendo a interação das estruturas com o solo.

Nesta matéria iremos mostrar as vantagens naturais que existem com a técnica do grauteamento químico, que utiliza pequenas perfuratrizes e bombas, além de grauts químicos que têm viscosidade próxima a da água (1 centipoise), com poder aglomerante bastante superior ao tradicional cimento portland, além de serem hidroativados.

O Grauteamento Químico de Solos

A grande vantagem do grauteamento químico em relação ao grauteamento tradicional com calda de cimento, em especial o jet grouting (jato de alta pressão de calda de cimento, que rompe, escava e se mistura ao solo) está no equipamento e no tipo de material a ser injetado. Enquanto o primeiro necessita apenas de uma pequena perfuratriz e uma bomba airless do tamanho de uma simples hidrojateadora, permitindo o trabalho, tanto dentro de pequenos túneis ou minas como na superfície, em pequenos espaços do canteiro de obras, o segundo, tem no equipamento o seu maior entrave, já que é grande e caro, havendo certas limitações para se trabalhar em obras subterrâneas.



A aspersão do graut químico PH solo promove a aglomeração dos diferentes tamanhos de grãos do solo, inclusive os matações, immobilizando todo o sistema. Ideal para contenção de encostas. Resultados em 24 horas.

O grauteamento químico de solos, que normalmente emprega líquidos que apresentam baixíssimas viscosidades, algo em torno de 20cps, permeia facilmente por solos de baixa permeabilidade, modificando suas propriedades em torno dos elementos estruturais. Por exemplo, no caso mais comum de túneis, grauteia-se ao longo do teto formando-se um "anel" de reforço, ao mesmo tempo em que se impermeabiliza, não criando sobrecargas (ao contrário das caldas de cimento). Para as situações onde se deseja escavar o terreno com segurança e estanqueidade, procede-se uma linha de furos ao redor da obra e abaixo da cota de escavação, de modo a estruturar o solo e impedir a penetração d'água.

Existem situações em que a empresa de grauteamento químico é contratada para



Antes desta escavação foram realizados serviços de injeção de graut químico com o objetivo de impedir o acesso da água freática. Repare que é o interior de uma fábrica de papel.

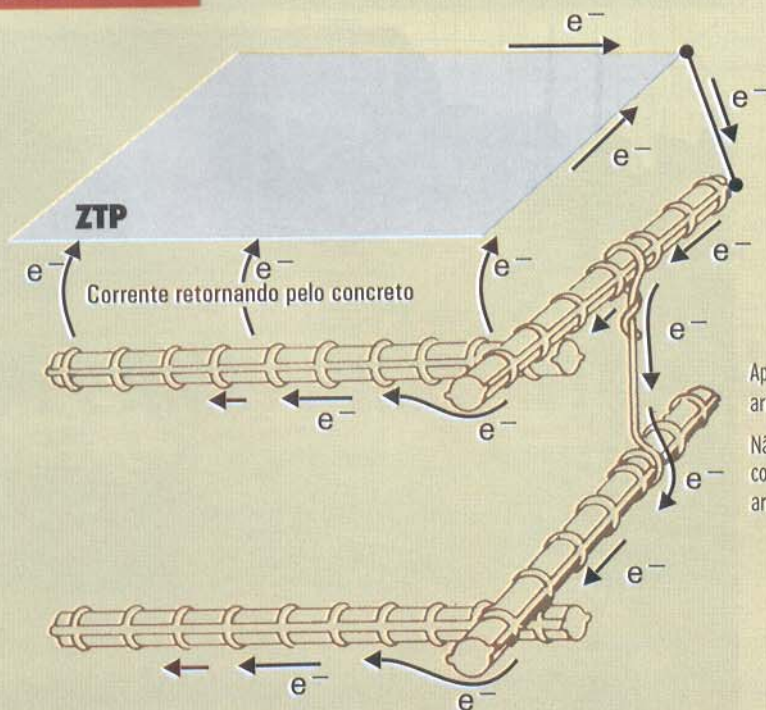
otimizar o processo construtivo. Por exemplo, uma construtora poderá executar grauteamento químico antes ou durante a escavação, de modo a parar ou reduzir o fluxo d'água dentro da futura obra.

Esta medida reduzirá os custos tradicionais de rebaixamento do nível freático e aumentará substancialmente a eficácia da obra, com a vantagem de que a futura estrutura não ficará sujeita a carga hidrostática, após a sua execução, o que ocorre tradicionalmente com o desligamento do sistema de rebaixamento.

Os Tipos de Graut Químico para Solos

Para quem não sabe, o grauteamento químico de solos também começou no final do

Concreto armado sem Corrosão.



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

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

ZTP
20 ANOS DE GARANTIA
CONTRA CORROSÃO.

Fax consulta n° 277

século XVIII, injetando-se silicato concentrado e catalisador em furos separados. Este processo perdurou até 1950. Após essa data, incorporaram-se novas substâncias aos silicatos, utilizando-se novos catalisadores. Paralelamente, foram desenvolvidas novas substâncias, havendo hoje três formulações básicas, a saber:

- Graut de poliuretano hidroativado.
- Graut éster silícico.
- Graut bentonítico.

Para todas estas formulações, dever-se-á analisar a granulometria do solo, suas propriedades e a natureza da obra.

O Poliuretano Solo Estabilizador

O principal produto utilizado em obras de grauteamento químico de solos é o poliuretano hidroativado solo estabilizador (PH Solo) que oferece os seguintes benefícios:

- Reforço imediato de elementos de fundação sejam estacas, sapatas ou tubulões.
- Consolidação de terrenos de fundação.
- Barreiras ou barragens subterrâneas, promovendo o aproveitamento total da água do solo. O produto é atóxico.
- Barragens subterrâneas em processo de contaminação do solo e da água freática.
- Viabilidade rápida em obras de escavação, inclusive com estanqueidade (controle permanente do lençol freático) na região escavada, acabando de vez com os chamados limites de infiltração toleráveis.
- Pela modificação das características do solo, promove a interrupção de processos de recalque diferencial danosos às estruturas. Sua viscosidade, próxima à da água, permite que permeie por solos considerados impermeáveis a trabalho de reforço tradicional.
- A simples aspersão do produto em camadas horizontais de 30cm de solo, seguindo-se da compactação, promove a execução de maciços estáveis e estanques.

Para se ter uma idéia, nas misturas de argila com este graut químico consegue-se cerca de 150kg/cm² de resistência à compressão simples e com areias cerca de 500kg/cm². Em solos saturados poder-se-á utilizar um segundo componente, de modo a promover-se a expansão do graut injetado em cerca de vinte vezes, tomando todos os vazios por



No lugar deste barranco onde havia uma estreita passagem...



onde a água se encontra, deslocando-a e agregando o solo. Com isto, consegue-se dar estanqueidade às massas de solo, importante para barragens de terra, escavações, além de interromper processos de recalques diferenciais como os que ocorrem nas edificações em Santos. O custo deste graut químico é superior ao dos outros apresentados, girando em torno dos R\$ 40,00 o litro.

...foi feita a remoção do entulho existente e lançado solo limpo em camadas de 30cm, aspergindo-se com um simples regador graut químico, seguindo-se da compactação do solo com um rolo compactador, formando-se um maciço extremamente resistente...

...por onde hoje passa uma rua. Economia de R\$ 120.000,00.



(continua na pág. 10)

CARACTERÍSTICAS DO SOLO QUE DEVEM SER CONHECIDAS

A maneira imediata de determinar a composição granulométrica de um solo é pelo peneiramento (análise granulométrica do solo - MB-32 da ABNT) que tem uma limitação, não se conseguindo separar os grãos abaixo do diâmetro de 0,07mm, pois essa é a abertura mínima da malha de peneira. A seleção dos grãos mais finos é feita por via úmida, dispersando-se 50g para as argilas e 100g para os solos arenosos em um litro d'água e deixando-se sedimentar lentamente. Com os valores retidos nas peneiras, a curva granulométrica é o melhor indicativo das características do solo, pois apresenta as proporções de grãos de diferentes tamanhos que o constitui. Adotou-se, na mecânica de solo, a curva granulométrica que apresenta no eixo das abscissas os logaritmos dos diâmetros dos grãos em mm e nas ordenadas, porcentagens, em peso, dos grãos de diâmetro inferiores ao da abscissa considerada. Desta forma, as curvas de igual distribuição granulométrica, embora com espessuras diferentes, serão paralelas e a uniformidade do diâmetro dos grãos será medida pela inclinação da curva. Logo, quanto mais vertical é a curva, maior é a uniformidade dos grãos. De todas as frações constituintes, a da argila é a mais ativa. Apenas 10% de argila pode atribuir ao solo características predominantes de coesão. Logo, de acordo com estas características, os solos serão designados como solos argilosos ou arenosos, ou melhor, como solos coesivos ou sem coesão. Para se ter uma idéia, a agitação de algumas gramas de argila em um copo d'água transforma-a em uma suspensão, não de partículas individuais, mas de flocos. Como vimos, é conveniente expressar o tamanho dos grãos de cada solo por valores numéricos que indiquem a fração dominante do material. De tanto analisarem-se areias para filtros, descobriu-se que a sua permeabilidade, em estado solto, depende de duas qualidades chamadas de tamanho efetivo e coeficiente de uniformidade.

O tamanho efetivo dos grãos de um solo é o diâmetro D_{10} correspondente, na curva granulométrica, a porcentagem igual a 10%. Em outras palavras, 10% de partículas são finas e 90% é material granular maior que o tamanho efetivo. O coeficiente de uniformidade (U) é a relação entre o diâmetro correspondente à porcentagem de 60% de material e o tamanho efetivo D_{10} ,

$$U = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

Considerando o solo como um volume constituído de grãos sólidos (V_s) e de vazios (V_v) ou poros que podem estar total ou parcialmente cheios d'água e ar, define-se a porosidade (P) pela fórmula

$$P(\%) = \frac{V_v}{V_t} 100$$

onde, V_v é o volume ocupado pela água e ar e V_t é o volume total do solo. O índice de vazios é dado pela fórmula

$$I = \frac{V_v}{V_s}$$

onde, V_s é o volume dos grãos sólidos.

A umidade de um solo (H) é a relação entre a massa d'água existente em um certo volume do

solo e a massa de seus grãos e é dada em porcentagem. Para determiná-la, basta pesar uma certa quantidade de solo, secando-se a seguir em uma estufa ou forno de microondas a 110°C e, finalmente, pesando-se novamente o solo. A umidade será dada pela fórmula

$$H(\%) = \frac{Pt - Ps}{Ps}$$

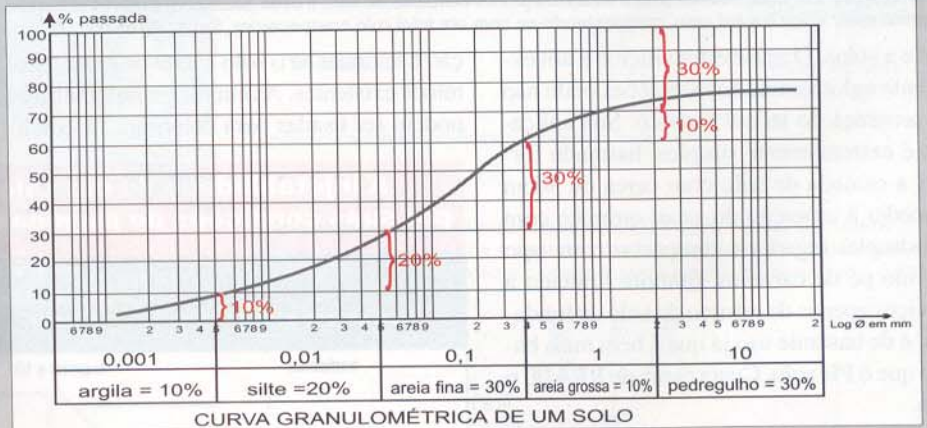
onde, Pt é o peso total e Ps é o peso do solo seco.

O conhecimento destes dados é importante para os serviços de grauteamento químico.

Porosidade e distribuição do tamanho de grão de vários solos

Descrição do Solo	Gradação e Tamanho da Partícula			Coeficiente de uniformidade (U)	Porosidade (%)	
	D_{max} (mm)	D_{min} (mm)	D_{10} (mm)		$D_{estado\ solto}$	$D_{compactado}$
• Areia limpa e uniforme (fina ou média)	0.84	0.59	0.67	1.1	44	33
• Areia silteosa	2.0	0.005	0.02	1.2 - 2.0	50	29
• Areia bem graduada, limpa	2.0	0.05	0.09	4 - 6	49	17
• Areia micéica	-	-	-	-	55	29
• Areia silteosa ou arenosa	100	0.005	0.02	15 - 300	46	12
• Argila silteosa ou arenosa	2.0	0.001	0.003	10 - 30	64	20
• Cascalho, areia, silte e argila (mistura)	250	0.001	0.002	25 - 1,000	41	11

Obs.: Argila são partículas de solo mineral com diâmetro menor do que 0,002mm.



IMPERMEABILIZANTES NATURAIS

- Geosintético impermeabilizante bentonítico.
- Painel impermeabilizante bentonítico.
- Manta impermeabilizante bentonítica.
- Beiju.
- Elastômero bentonítico.

CETCO

Produtos feitos para durar.

Fax consulta nº 268.

Graut Éster Silícico

O segundo produto, utilizado com bastante frequência em trabalhos de grauteamento químico, é o graut éster silícico que, basicamente, promove apenas a consolidação de terrenos de fundação. Uma excelente aplicação do graut éster silícico é na formação de maciços argilosos, siltosos ou arenosos em substituição a paredes atirantadas que dão su-

portantes características coloidais promove a impermeabilização nos contatos concreto/solo de paredes de fundação ou barragens. Custa cerca de R\$ 2,00 o litro.

Condições de Grauteamento

Solo grauteável é aquele que aceita ser injetado por um determinado graut químico, sob uma taxa coerente que torne a obra viável. O primeiro passo para determinar esta condi-

ção procurada.

Após verificar-se a condição de grauteabilidade ou injetabilidade do solo, dever-se-á definir o tipo de graut químico a ser utilizado, sua característica, o tempo de formação do gel, a localização dos furos e, finalmente, o volume de graut a ser usado. Um importante parâmetro que define o volume de graut químico a ser injetado é a porosidade do solo. Solos perfeitamente grauteáveis são aqueles que apresentam uma variação de 25 a 50%. A porosidade de um solo é definida pela distribuição do tamanho do grão e pela sua densidade.

A geometria do local ou zona a ser grauteada ou injetada deverá ser bem conhecida. Dever-se-á ter em conta que o fluxo, a partir da saída dos tubos de injeção, será radial e uniforme. O espaçamento dos furos/tubos de injeção varia de 0,50 a 2,5m. Uma vez posicionado o tubo após a retirada da broca, a injeção far-se-á de baixo para cima, injetando-se uma determinada quantidade, previamente estabelecida, de graut químico em média a cada 50cm. O volume de graut a ser injetado poderá ser calculado a partir do estudo feito em um furo padrão executado no local. Teoricamente, calcula-se o volume de graut químico a partir da fórmula:

$$V_g = V_t (PE) (1 + F)$$

onde V_g = volume do graut a ser injetado.

V_t = volume total do local a ser tratado



Esta outra rua, na foto maior, tinha como projeto inicial receber uma cortina atirantada que custaria cerca de R\$ 170.000,00. Em lugar dela foi feita a estabilização de camadas de solo a cada 30cm com simples aspersão de graut éster silícico e PH solo, compactando-se com um mini rolo compactador. Custo R\$ 65.000,00.

porte a solos. O graut éster silícico é um excelente aglomerante nas situações onde não há presença do lençol freático. Sua aplicação é extremamente simples, bastando formar a camada de solo com cerca de 30cm proceder à aspersão do graut químico com um simples regador e compactar com sapo ou rolo pé de carneiro. Embora limitado a serviços apenas de reforço do solo de fundação, é de bastante uso já que é bem mais barato que o PH solo. Custa cerca de R\$ 4,00 o litro.

Graut Bentonítico

O terceiro produto utilizado em serviços de grauteamento químico é o graut bentonítico que, essencialmente por ser hidrófilo e ter ca-

ção é levantar se o solo aceita os grauts químicos existentes. As curvas granulométricas podem ser usadas para determinar a condi-

A injetabilidade de um solo também pode ser verificado por suas condições de permeabilidade e a viscosidade do graut.

Condição do grauteamento químico	Coefficiente de permeabilidade (K) (cm/s)	Viscosidade recomendada para o graut químico (centipoises)
tradicional	superior a 10^{-1}	uso de sólidos suspensos como as tradicionais caldas de cimento que apresentam viscosidade entre de 2.000 e 3.000
ótima	10^{-3} a 10^{-3}	acima de 20 inclusive com uso de fillers
boa	10^{-3} a 10^{-5}	10 - 20
moderada	10^{-5} a 10^{-6}	5 - 10
fraca	10^{-6} a 10^{-7}	1 a 5
nenhuma	menor que 10^{-7}	-

Coefficiente de permeabilidade (K) segundo Casagrande

	10^2	10^1	1,0	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}
INJETABILIDADE				Boa					Má		Praticamente impermeável	
APLICAÇÃO ÀS BARRAGENS DE TERRA				Seções permeáveis de barragens de terra				Seções impermeáveis de barragens de terra				
	Pedregulho limpo		Áreas limpas Misturas de areia limpa e pedregulho			Areias muito finas, siltes orgânicos e inorgânicos, misturas de areias, siltes e argila; depósitos estratificados de argila			Solos "impermeáveis", por exemplo: argilas homogêneas, abaixo da zona de intemperismo			

P = porosidade do solo
 E = fator de enchimento dos vazios
 F = fator de fuga do graut fora dos limites desejados

O fator de enchimento dos vazios (E) geralmente varia de 0,85 a 1,0 e, normalmente, é relacionado ao tamanho dos poros e o percentual de vazios. O fator de fuga do graut (F) geralmente varia de 0,05 a 0,15 e é relacionado à geometria do local ou zona a ser tratada, número de furos de injeção e à variabilidade das condições do solo.

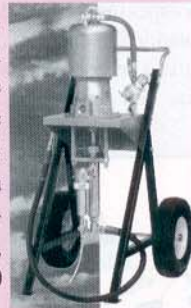
O Equipamento de Perfuração

Normalmente, nos trabalhos de grauteamento químico em solos e rochas utiliza-se uma pequena perfuratriz movida com motor de dois tempos a diesel ou mesmo com motor elétrico, já que necessita-se de

furos de pequenos diâmetro, algo em torno de 30mm. Esta perfuratriz perfura tanto solo quanto rocha com extrema facilidade, otimizando enormemente os trabalhos de injeção posteriores. Seu custo é de, aproximadamente, R\$ 15.000,00.

A Bomba para o Grauteamento Químico

Basicamente, utilizam-se bombas airless com pressão de injeção de 250kg/cm² (3500PSI) e uma produção de 2 a 3 galões por minuto (2 a 3GPM). As bombas, dependendo do modelo, variam de R\$ 2.500,00 a R\$ 15.000,00.



Uma bomba típica para grauteamento de solos.

O Equipamento de Injeção

O equipamento de injeção consiste de tubos de ferro com diâmetro de 3/4", que são instalados dentro dos furos feitos com a perfuratriz. Na ponta do tubo é fixado um dispositivo que impede a penetração da terra.

Exemplos característicos da aplicação do PH Solo

Túneis

O tratamento para dar estabilidade ao fundo de um rio como o Tietê poderá ser feito facilmente com grauteamento químico ao invés da técnica de grauteamento por jet grouting. Esta última, com a execução das colunas de solo/cimento, em função da pouca capacidade de carga do solo, composto de argila orgânica preta mole, poderá cau-

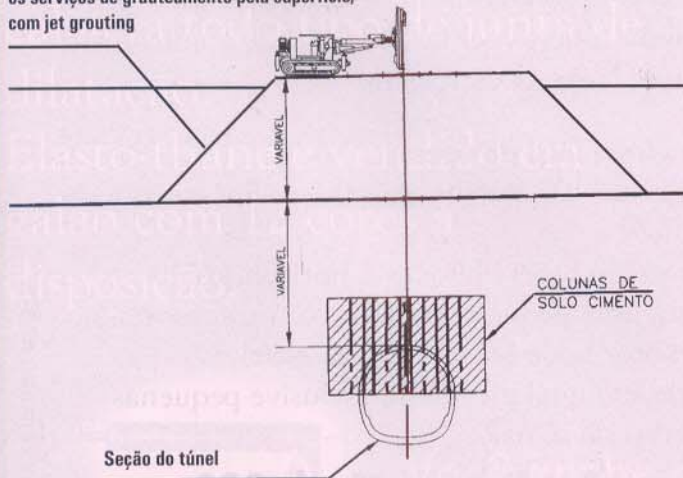
(continua na pág. 13)

Exemplos de Serviços de grauteamento

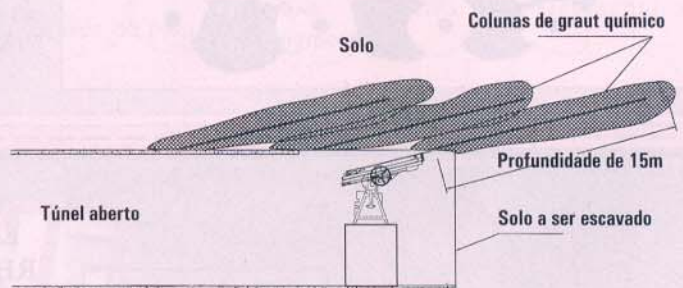


Serviços de grauteamento químico no fundo de uma barragem.

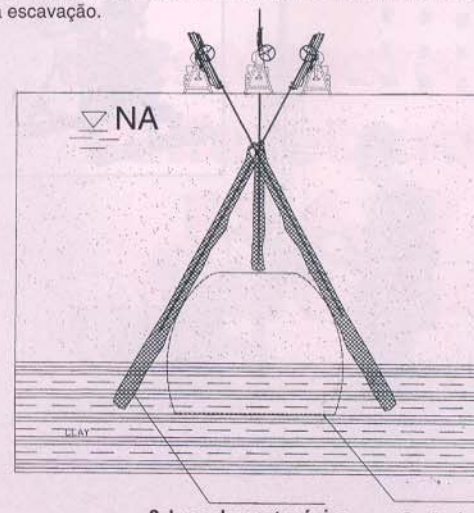
Dique efetuado dentro do rio para permitir os serviços de grauteamento pela superfície, com jet grouting



Situação tradicional com a execução de colunas de solo/cimento com jet grouting. As colunas formadas poderão criar problemas de desabamento durante a escavação ou mesmo recalques diferenciais ao longo da linha do túnel, uma vez executado.



Grauteamento químico executado dentro da escavação. Repare que mesmo com alturas pequenas é possível entrar com uma pequena perfuratriz, seguindo-se da instalação do tubo de injeção e o posterior grauteamento. 24 horas após, é dada seqüência à escavação.



Execução de grauteamento químico pela superfície. O tamanho dos equipamentos de perfuração e de injeção permite que se executem os serviços por dentro da seção a ser escavada.



GRAUTEAMENTO QUÍMICO EVITA CONTAMINAÇÃO DO SOLO

Uma indústria química em ZWIJNDRECHT, na Bélgica, estoca produtos químicos em tanques subterrâneos. Preventivamente, esta companhia, no sentido de evitar a contaminação do solo e do lençol d'água, optou por executar uma bacia impermeabilizante feita no próprio solo revestindo os tanques. A solução foi a execução de um grauteamento químico em torno e embaixo dos tanques. O graut químico a ser utilizado deveria ser resistente aos produtos químicos estocados, aderir às pare-

des e fundo dos tanques, feitos com 50cm de concreto armado. Além disso, os serviços não poderiam interromper a rotina diária da indústria. Na Bélgica (através do Ministério do Meio Ambiente) as leis ambientais contra a contaminação do solo e da água freática são extremamente severas.

A espessura da parede do solo grauteado versus quantidade de graut químico injetado, que definiria a proteção contra vazamentos de substâncias contaminantes foi estabelecida através de um estudo preliminar com coleta de amostras do solo para verificação de sua porosidade, permeabilidade e injetabilidade.

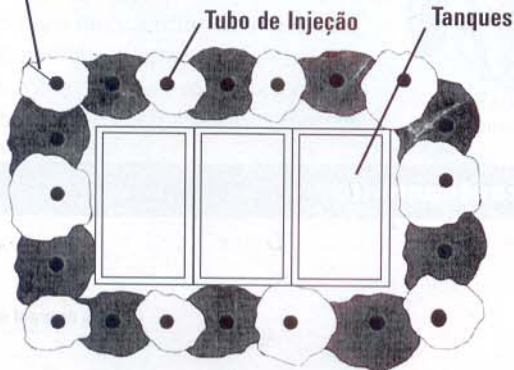
O material escolhido para esta tarefa foi o graut químico de poliuretano solo estabilizador que, naturalmente promove a estabilização e impermeabilização de solos. É atóxica, oferecendo resistência química a uma elevada quantidade de ácidos, bases e com excelentes características aglomerantes.



Três linhas de furos, com os tubos de injeção.

A indústria química contratou ainda para este serviço uma empresa de consultoria para avaliar a espessura e a qualidade das "paredes" que formariam a bacia impermeabilizante, através de medidas geomagnéticas no solo, antes do grauteamento químico e após o serviço. Este teste baseia-se na diferença de resistibilidade elétrica do solo antes e depois do grauteamento.

Raio de abrangência do grauteamento a partir da saída do tubo



ANTES VOCÊ PRECISAVA CONTRATAR UMA EMPRESA PARA FAZER GRAUTEAMENTO OU REFORÇO DE FUNDAÇÕES. NÃO PRECISA MAIS.

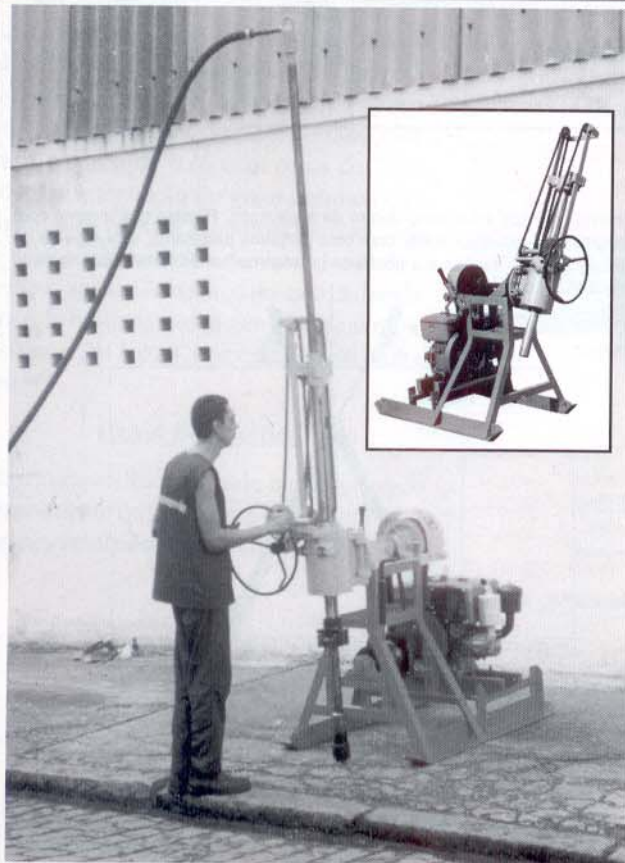
PERFURATRIZ **MACH 920**

Com esta revolucionária perfuratriz e uma pequena bomba airless você faz todo tipo de grauteamento químico. Veja as vantagens

- Simples e fácil de operar.
- Furos até 100 metros em solo, rocha ou concreto.
- Faz perfurações oblíquas e horizontais.
- Basta uma pequena pick-up para transportá-la.
- O motor pode ser a diesel ou elétrico.
- Entra em qualquer obra, inclusive pequenas galerias de minas.

Conheça a Mach 920

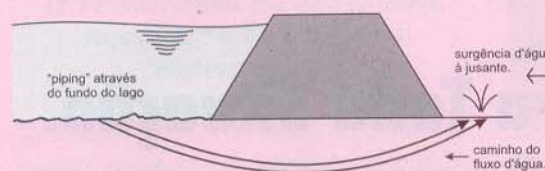
Fax consulta n° 278



sar problemas de desabamentos durante a escavação do túnel e, posteriormente, com a surgência de recalques diferenciais, impondo distorções à estrutura do túnel que, dependendo de sua magnitude, poderão acarretar fissuras ou trincas à mesma.

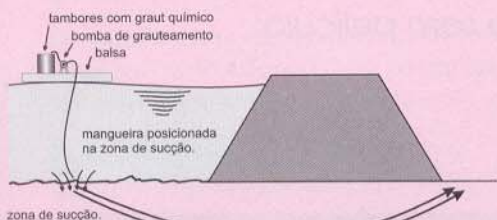
Barragens

É comum acontecer em barragens, sejam de terra ou de concreto, processos de erosão



A prática tem demonstrado que o tratamento de casos de "pipings" com o grauteamento de materiais inertes, com o intuito de bloquear o processo não surte efeito. O tratamento com grauts químicos hidreativos, ao contrário, resolve estes tipos de problemas até com alguma facilidade.

O graut químico é lançado na "boca do piping", detectado por testes com radar. Ao sair da mangueira, em contato com a água, inicia o processo de expansão, ao mesmo tempo em que é conduzido para o interior do "piping". A continuidade do grauteamento promove o bloqueio com os sólidos expandidos que aderem uns aos outros, ao mesmo tempo em que encapsulam grãos do solo, promovendo a total obstrução do fluxo.



Processos semelhantes de perda d'água ou vazamentos concentrados que ocorrem em barragens com lajes no paramento de montante, devido às trincas em suas superfícies ou mesmo pelas juntas. O tratamento com lançamento de materiais inertes não dá resultados positivos. O tratamento com graut químico, aqui, também é a melhor solução, pela semelhança do tratamento do "piping".

subterrânea retrogressiva (piping) ou mesmo processos de vazamento, através do paramento de montante da barragem.



Fax consulta

Nº 280

Referências

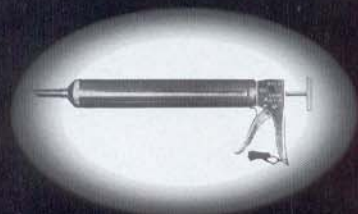
- Joaquim Rodrigues é Engº Civil, membro de diversos institutos nos EUA, em assuntos de patologia da construção. É editor e diretor da RECUPERAR, além de consultor técnico de diversas empresas.
- Karol, R.H. "Chemical grouting". American Society of Civil Engineers.
- "The Role of Chemical Grouting". Journal of soil mechanics and foundation engineering.
- Robinson, M.J. "Chemical Grouting to Control ground looses and settlements on Los Angeles Metro Rail".
- Weaner, K.D. Dam foundation grouting American Society of Civil Engineers.
- Lyman, T.J. and Lance, D.S. "Compaction and Chemical Grouting for Ground Stabilization". 2º International Congress of Case Histories in Geotechnical Engineering.

ELASTO-THANE

Com o elastômero de poliuretano Elasto-thane, você calafeta todo tipo de junta de dilatação.

Elasto-thane é vendido em galão com 12 cores à disposição.

Elastômero de Poliuretano a R\$ 4,20 o cartucho.



Você enche a pistola e calafeta. Simples e rentável.

Fax consulta nº 279

SILOXANOS & SILANOS

Perfeitos Hidrorrepelentes Para Toda Situação.

Mármore, granitos, cerâmicas e pastilhas, além do próprio concreto aparente agora com proteção transparente e sem película.

Michelle Batista



Afastando a água da chuva do contato com a parede, de imediato cessa o aspecto da superfície molhada. Mais internamente, como conse-

quência, cessa o transporte, fluxo ou corrente d'água através dos poros e capilares, interrompendo aquele processo ativo de umidade tão danosa para os revestimentos. Isto é particularmente interessante em paredes com superfícies muito absorventes. A ausência d'água no interior das peças de concreto armado ou em paredes estruturais diminui ou, praticamente, cessa a causa do desenvolvimento de células de corrosão ao longo das armaduras. Esta interrupção do fluxo d'água elimina a possibilidade do contato com sais solúveis que causariam eflorescências e manchas muito comuns em todo tipo de revestimento, particularmente granitos e mármore.

Claro que há limitações para o uso dos silanos e siloxanos. Paredes que apresentem fissuras com abertura superior a meio milímetro necessitam ser calafetadas, pois fica difícil para o hidrorrepelente, embora penetrante, impedir o fluxo entrante d'água em tão grandes formações. É o caso das paredes com emboços muito comprometidos que apresentam descolamentos no revestimento das juntas de tijolinhos aparentes ou cerâmicas e, finalmente, da popular junta cega (peças encostadas uma às outras) de mármore e granitos. Para esta última e difícil situação, onde as peças do revestimento, por mais encostadas que pareçam estar e por mais fantasiosa a idéia de que argamassas de rejunte ou pastas de cimento possam impedir o acesso d'água (que é intenso), será necessário um tratamento profundo, de dentro da parede



Juntas cegas sem qualquer proteção à penetração d'água, permitem o acesso da chuva que molha por trás (tardoz) todos os granitos, afetando sua estabilidade e criando eflorescências.

para fora com injeção de poliuretano hidroativado flexível ou a abertura das juntas com a serra tradicional com disco de diamante, a limpeza com jato de ar e o posterior calafetamento com elastômero.

O Tratamento da Junta com Injeção de Poliuretano Hidroativado

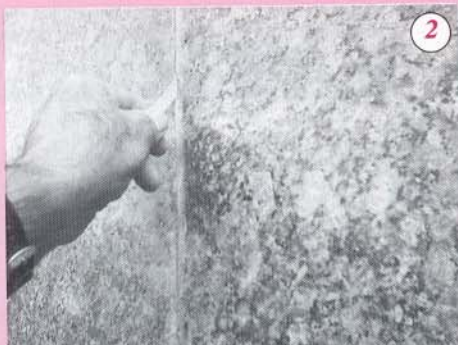
Realmente, através de juntas cegas de mármore e granitos estabelece-se um grande fluxo d'água penetrante, onde é comum, em determinadas regiões das juntas, saírem verda-



1 Presença de infiltrações ao longo das juntas que formam a fachada.

deiras vertentes com a ocorrência de sérias eflorescências.

Para esta situação, poder-se-á optar pelo preenchimento interno da região das juntas, que é grande em função do próprio método convencional construtivo de assentamento das peças com massa de saibro. Para tanto, proceder-se-á a abertura de pequenos sulcos, a cada 15cm, no rejuntamento com um fino cinzel fixando-se pequenos injetores, furo

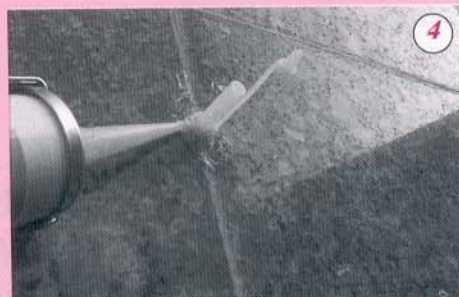


2 Penetração da junta com um estilete ou qualquer outra ferramenta penetrante.

sim furo não, com massa polimérica flexível "strip seal" (a fixação com epóxi poderá causar danos na superfície do revestimento ao



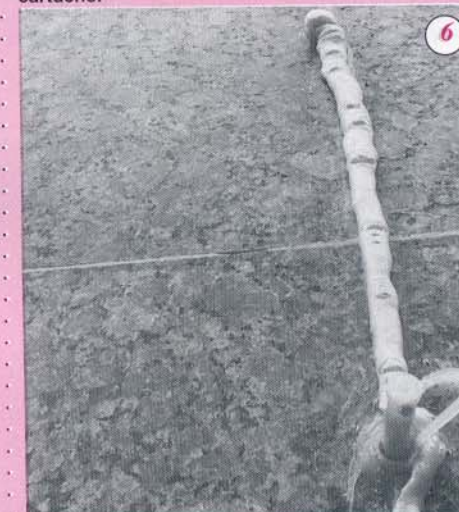
3 Sulcos abertos a cada 30 cm aproximadamente. ser retirado) ao longo da junta e a posterior injeção de poliuretano hidroativado flexível. Este material, uma vez injetado para o interior da junta, em contato com a grande umidade daquele ambiente, expande, preenchendo todos os vazios existentes e saindo ao longo da junta cega e dos furos sem injetores. O excesso de material é imediatamente limpo com estopa. O poliuretano hidroativado



4 Fixação do injetor de plástico com massa elástica de cura rápida. Repare que o injetor é apenas encostado na entrada do furo.



5 Injeção do poliuretano hidroativado fornecido em cartucho.



6 A expansão do PH Flex tomando todos os vazios ao longo da junta, com surgência nos furos intercalados.



**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

flexível oferece uma outra grande vantagem, pois serve como ponte ligante, fixando melhor o revestimento à sua base, já que é um excelente adesivo.

O Tratamento com Abertura da Junta e Calafetamento

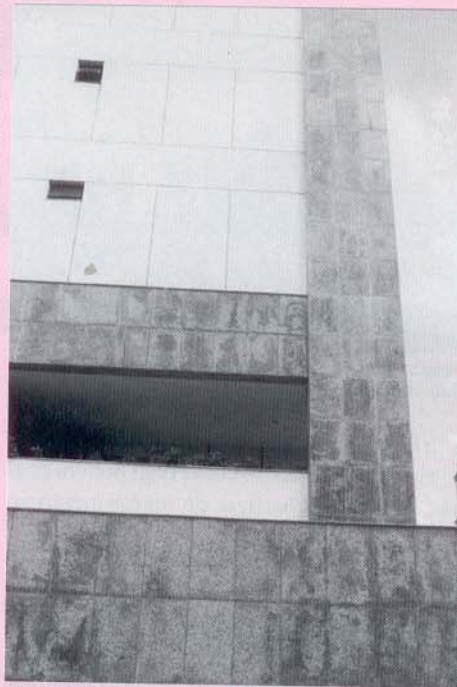
Esta técnica, mais trabalhosa, merece alguns cuidados tanto para o operador quanto para o revestimento. O primeiro deverá usar óculos e máscara já que é grande a formação de pó e lançamento de detritos. Com relação ao revestimento, serão necessários cuidados, sem o que, ao trabalhar com a serra poder-se-á danificá-lo.

Após a abertura com a serra, estabelecendo-se aproximadamente 3mm de abertura, proceder-se-á a limpeza com jato de ar, utilizando-se um pequeno compressor. A seguir, aplicar-se-á um primer específico nas juntas de modo a "molhar" as superfícies, preparando-as para o calafetamento. Após a secagem do primer, proceder-se-á ao calafetamento, com pistola de cartucho de elastômero, utilizando-se um bico com ponta fina.

O elastômero a ser usado deverá ser à base de poliuretano ou polisulfeto, já que os acrílicos não apresentam durabilidade. Ainda aqui, dever-se-á proteger as laterais da junta com fita crepe.

Identificando outras Fontes de Penetração de Umidade

Trata-se de um trabalho difícil, mas é fundamental para resolver o problema da pe-



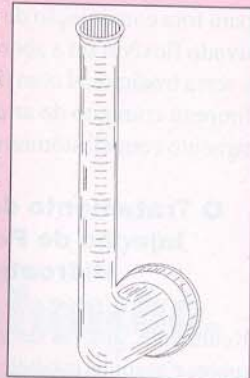
Aqui também o uso de juntas cegas já fez cair diversas pedras, tendo como causa a introdução da chuva e a ausência de abertura suficiente para o trabalho de contração/dilatação das peças. Note as marcas de umidade no granito.

netração de umidade. Queremos novamente dizer que só o tratamento com silanos e siloxanos pode não resolver o problema de presença de umidade no lado interno da parede. Os principais processos infiltrantes geralmente ocorrem nas separações entre materiais distintos, nas juntas e nas trincas existentes nas superfícies. Para se ter uma idéia, existe apenas uma norma que toca neste assunto, a ASTM E 514 (test method for water penetration and leakage through masonry) e, mesmo assim, é um teste apenas de laboratório projetado para

medir e analisar a localização da água, através da parede. Um outro teste que mede a penetração d'água pelas paredes envolve a fixação de um tubo graduado no paramento. A quantidade d'água dentro do tubo simula a chuva de vento. A relação e a quantidade perdida pelo tubo indica a permeabilidade da parede. Este teste, função da pequena quantidade d'água existente no tubo, mede apenas a absorção e não a permeabilidade através da parede, devendo ser executado em todas as situações possíveis, isto é, no revestimento, na junta com o revestimento e na própria junta.

Efetivamente, só se deverá aplicar o hidrofugante após todos os reparos e a constatação de que não há nenhuma descontinuidade que possa ocasionar uma penetração anormal d'água. Resumindo, podemos agora citar alguns dos tipos de tratamento antes da aplicação do hidrofugante.

- Tratamento das juntas cegas com poliuretano hidroativado flexível.
- Tratamento com abertura da junta cega e posterior calafetamento com elastômero.
- Remoção das juntas instáveis, quando existem, aplicação de novas (obrigatoriamente elastoméricas).



Tubo utilizado para medir a absorção d'água pela superfície da parede.

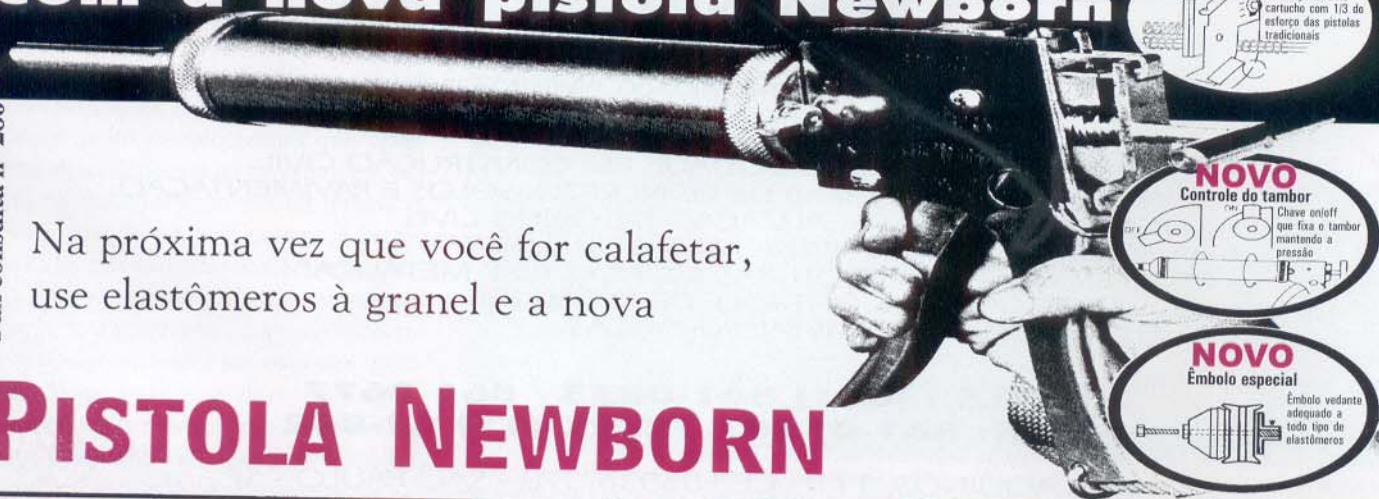
ENCHIA E CALAFETE

Com a nova pistola Newborn

Fax consulta nº 286

Na próxima vez que você for calafetar, use elastômeros à granel e a nova

PISTOLA NEWBORN



NOVO Eixo Ajustável

O eixo penetra no cartucho com 1/3 de esforço das pistolas tradicionais

NOVO Controle do tambor

Chave on/off que fixa o tambor mantendo a pressão

NOVO Êmbolo especial

Êmbolo vedante adequado a todo tipo de elastômeros

- Abertura e limpeza de trincas com posterior calafetamento utilizando-se elastômero que apresente durabilidade.
- Verificação de estufamentos no revestimento com o teste de percussão utilizando-se um diminuto martelo.
- Correção das imperfeições na superfície dos revestimentos.

Os Tipos de Hidrofugantes

Basicamente, existem dois tipos de hidrofugantes, os hidrofugantes não penetrantes (HNP) e os hidrofugantes penetrantes (HP). Suas propriedades físicas e performances são muito diferentes.

Os HNP repelem a água pela formação de um filme contínuo que cobre trincas e fissuras na superfície. Logo, dependem essencialmente da concentração do produto, da adesão ao substrato e da continuidade da película formada. Satisfazendo todas estas

qualidades, conseguem ter uma excelente performance, no entanto, estabelece-se o grande problema da restrição à evaporação da água do substrato, processo este chamado transmissão de vapor d'água (TVA). Películas com reduzida TVA (veja RECUPE-
RAR® n° 3) conduzem a retenção de umidade dentro da parede, causando descoloração, descolamento da

própria película e, finalmente, deslocamento do próprio revestimento, caso a película mantenha-se aderida a ele. Logo, é necessário conhecer a taxa da TVA do produto, concernente à aplicação a ser feita.

Dependendo do tipo de substrato, os HP podem penetrar a profundidades superiores a 10mm, repelindo a água pela transformação das forças capilares, dentro dos poros da superfície, de positivo (sucção) para negativo (repelência). Pelo fato de revestir internamente os poros, ao invés de cobri-los ou tapá-los, conforme os HNP, os HP apresentam grande

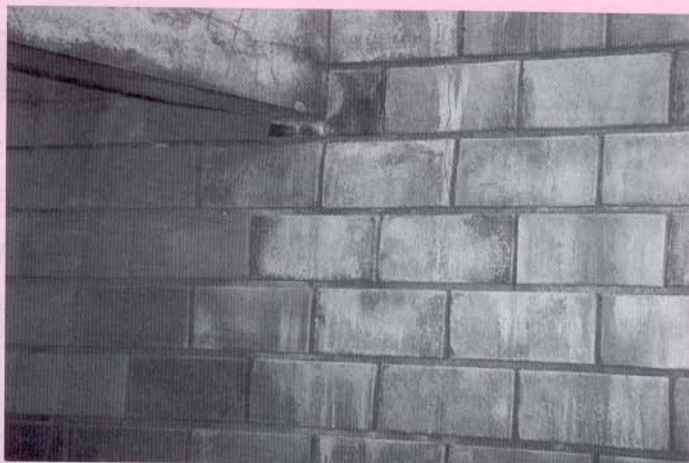
TVA e, portanto, são bastante adequados para aplicação em todo tipo de revestimento externo.

Os HP podem ser divididos em 5 grupos químicos:

- Silanos.
- Siloxanos.
- Silicatos.
- Metil Siliconatos.
- Misturas destes produtos.

Teoricamente, dever-se-á analisar o tipo e a superfície, antes de decidir pela aplicação de um HP. Uma vez conhecidas as características do substrato, dever-se-á compatibilizar o HP, definindo-se o tipo e o seu teor de sólidos.

Os silicatos e os metil siliconatos não são adequados para paredes externas. Os primeiros são usados como endurecedores e também como agentes de cura. Não são propriamente hidrorrepelentes.



Note duas zonas distintas: uma exposta ao tempo apresentando a decomposição da cerâmica. Outra, interna, protegida do tempo que apresenta bom aspecto.

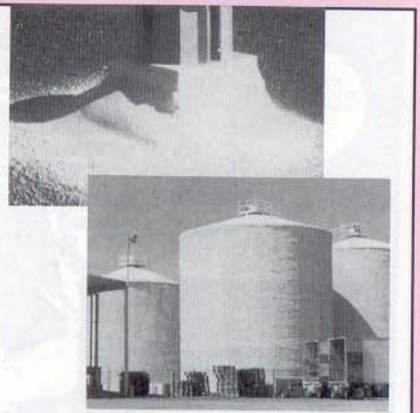


Pintura e emboço absolutamente comprometidos pela instalação de colônias de fungos. A permeabilidade do revestimento e a ausência de proteção específica conduz a fatos como este.



ISOLAMENTO TÉRMICO? SÓ FOAM POL

- Promove impermeabilidade
- Não tem emendas
- É fácil de reparar
- Não pesa
- Não necessita proteção mecânica
- Não necessita de contra-piso ou regularização
- É flexível
- Elimina o choque térmico
- É fácil de aplicar



FOAM POL

Espuma de poliuretano aplicada no local

Fax Consulta n° 244



Em situações onde há utilização de materiais distintos nas fachadas, torna-se obrigatório o uso de juntas bem definidas entre eles, sem o que, pelo comportamento diferente existente haverá penetração da chuva para dentro dos apartamentos.

Os metil siliconatos são soluções alcalinas que reagem lentamente com os materiais à base de sílica, em presença do dióxido de carbono, formando uma superfície hidrorrepelente. Devido ao seu lento tempo de reação, produzem insuficientes características de hidrorrepelência.

Os silanos são hidrorrepelentes incolores conhecidos quimicamente como ALKILALKOXISILANOS ou ALKILTRIALKOXISILANOS, possuindo pequena estrutura molecular, permitindo-lhe penetrar eficientemente mesmo em substratos bem densos. São vendidos em concentra-

ções relativamente altas (de um modo geral 20%) e reagem quimicamente com materiais à base de sílica ou alumina, formando fortíssimas características hidrorrepelentes. A otimização da aplicação deste produto é feita umedecendo-se levemente a superfície a ser protegida.

Um substrato alcalino como o concreto, seja piso ou parede, atua como catalisador para o silano, acelerando a reação que tornará o substrato hidrorrepelente.

Os siloxanos são hidrorrepelentes incolores, quimicamente conhecidos como alkilalkoxisiloxanos ou silsesquioxanos oligomeros. Embora possuam uma estrutura molecular relativamente grande, em relação aos silanos, os siloxanos adentram eficientemente nos substratos, estabelecendo uma excelente e durável condição de hidrorrepelência, pela reação química com materiais que contenham sílica ou alumina (concreto e emboços feitos com cimento portland, tijolinho aparente ou cerâmicas não esmaltadas), resultando em prazos de durabilidade superiores a 10 anos, com grande dificuldade de remoção. Podem ser aplicados em superfícies úmidas e são menos voláteis que os silanos, reagindo com substratos quimicamente neutros. É necessário proteger os vidros já que promove manchas neste material.

Há no mercado, também, misturas ou "blends" de silano/siloxano que oferecem os benefícios acima citados.

A performance destes penetrantes varia bastante, essencialmente de acordo com o seu conteúdo de sólidos que vai de 5 a 40%, função da porosidade do substrato a ser protegido. Basicamente, para superfícies com grande porosidade, necessita-se de mais sólidos.

Performance com Relação a TVA

É interessante relatar que é muito comum a aplicação de vernizes acrílicos ou mesmo de poliuretano sobre superfícies como a do tijolo aparente que, naturalmente, oferece uma grande permeabilidade à água da chuva (além de suas juntas), de modo a bloquear a porosidade natural deste material. A aplicação destes materiais satura a superfície, criando uma forte barreira ao trânsito natural da umidade (TVA) interna/externa e externa/interna, ocorrendo o bloqueio do vapor e o conseqüente empenamento nas regiões envernizadas.

De um modo geral, não há restrições contra os hidrorrepelentes em função de seu modo de atuação que não bloqueia a TVA. Os hidrorrepelentes poderão ser aplicados em, praticamente, todos os revestimentos de modo a protegê-los. Sugere-se, sempre, um teste em uma pequena área representativa do contexto a ser protegido.

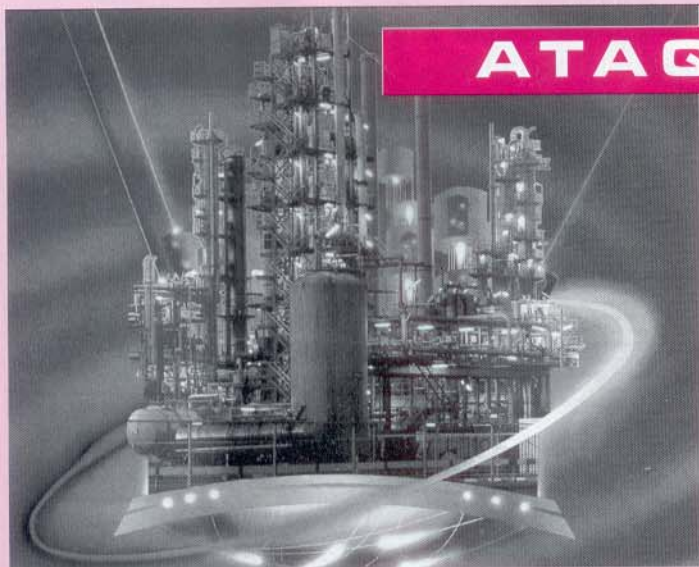


Fax consulta

Nº 281

Referências

- Michelle Batista é química.
- Brick Institute of America. "colorless coatings for brick masonry".
- Mc Gettigan, Edward. "selecting clear water repellents".
- The Construction Specifier. "Water repellents".



ATAQUE QUÍMICO?

Proteja seu piso de concreto contra a ação de ácidos (com grande concentração) e substâncias fortemente alcalinas com o **EPÓXI INDUSTRIAL Nº 29**. Moderníssimo sistema de epóxi novolac e éster vinílico, made in USA, especialmente projetado para suportar tudo aquilo que os antigos sistemas não suportavam.

Ataque Químico não mete mais medo.
Aplique Epóxi Industrial nº 29.

Consulte-nos!

Fax consulta nº 271

O Que Você Deve Saber Sobre Tensão Superficial

Na cozinha ou na obra você usa tensoativos.

Carlos Alberto Monge



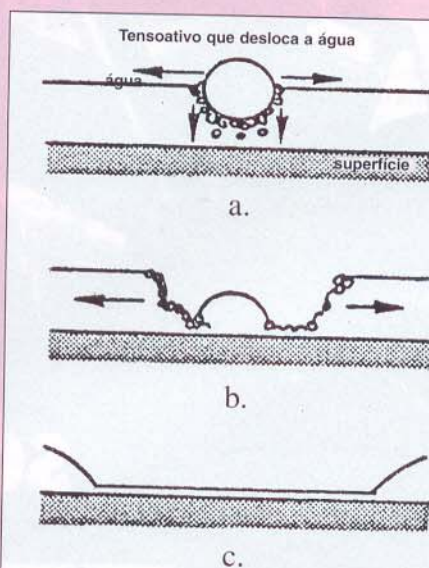
Se espetarmos uma faca no couro muito tenso de um tambor, veremos que não fica um buraco, mas o couro se rasga e seus lados se

separam, devido à tensão existente. Todos os líquidos têm uma espécie de pele superficial, tensa como o couro do tambor. Há insetos, como o "patinador", que podem deslizar sobre a superfície da água, sem perigo de afundar. A tensão sobre a superfície a mantém unida e dá-lhe forma.

O comportamento da superfície líquida foi estudado, detalhadamente, chegando-se a conclusões que levaram a aplicações de grande utilidade. Provavelmente, a aplicação mais importante desses estudos foi o desenvolvimento dos surfactantes ou tensoativos.

Causas ou Fundamentos da Tensão Superficial

No interior de um líquido, toda molécula está cercada por outras moléculas. Entre estas existem forças de atração, de tal maneira, que cada qual atrai as que a rodeiam, e nestas, por sua vez, se repete o fato e assim as forças se anulam mutuamente. Por outro lado, uma molécula da superfície tem outras a seu lado, em volta e embaixo, mas não por cima. Assim suas forças não estão equilibradas. Não há força que puxe a molécula para cima, equilibrando a força da molécula de baixo. Isto faz com que as moléculas da superfície sofram uma atração para o interior do líquido. Esta é a causa do "efeito de pele".



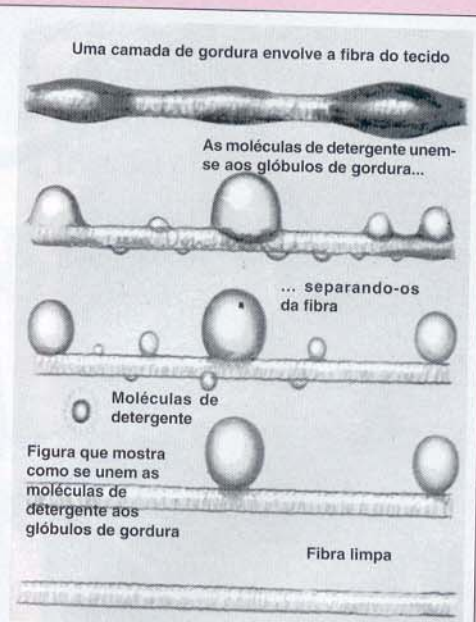
Mecanismos do deslocamento da água.

- tinta ou grout aplicado com o agente deslocador d'água (tensoativo) sobre a superfície molhada, mistura-se à água.
- o tensoativo alcança a superfície ao mesmo tempo em que afasta a água.
- adsorção preferencial do tensoativo sobre a água fazendo com que ela seja remanejada da superfície.

A intensidade desta tensão depende do tipo de líquido e da pureza do mesmo.

Adesão e Coesão

Uma pequena gota de orvalho, devido às forças que atuam na superfície, tem forma esférica porque a forma geométrica que apresenta menor superfície para determinado volume é a esfera. Por isso, se a tensão superficial de um líquido é maior, as gotas esféricas que podem formar são maiores. Quando a gota é suficientemente grande, as forças devidas às tensões são menores que as devidas ao peso do líquido, que



Série de acontecimentos que mostram a ação de um detergente, que contém tensoativos, sobre uma fibra engordurada.

toma a forma do recipiente que o contém. No caso do mercúrio, de grande tensão superficial, podem formar-se gotas esféricas muito maiores que no caso da água. As moléculas do líquido são atraídas pelas paredes do recipiente em que se encontram. Estas forças atuantes chamam-se adesão. As que intervêm entre as moléculas do líquido e as mantêm unidas são forças de coesão. Quando as forças de adesão são maiores que as de coesão, o líquido molha a superfície que o contém, como acontece com a água. Quanto menor for a tensão superficial (menores forças de coesão) maior será o poder de molhar. A atração entre as moléculas da

água e as paredes do vidro é maior que a atração das moléculas de água entre si. O mercúrio, que tem uma tensão superficial muito maior (mais de seis vezes a da água), não molha as paredes do vidro.

Ângulo de Contato

A superfície da água se curva para cima, perto da parede do recipiente de vidro. Já a do mercúrio se curva para baixo. No primeiro caso há tendência para conseguir a maior superfície de contato possível. No segundo, ocorre justamente o contrário.

O ângulo de contato entre as paredes do recipiente e a água é pequeno, enquanto que o mesmo ângulo, quando se trata do mercúrio é grande e tende a formar gotas.

Capilaridade

Quando um tubo estreito (capilar) é mergulhado na água, observa-se que esta sobe por ele, chegando a nível mais alto que o resto do líquido, devido às forças de adesão. Este fato é conhecido por *capilaridade*.

A ação da capilaridade tem grande importância no transporte da água para cima, nas paredes molhadas.

Quando se trata de líquidos, nos quais as forças de adesão são pequenas, comparando-as com as de coesão, ao mergulhar o tubo capilar no líquido há um decréscimo de nível dentro do tubo, como acontece com o mercúrio.

Substâncias com Atividade Superficial

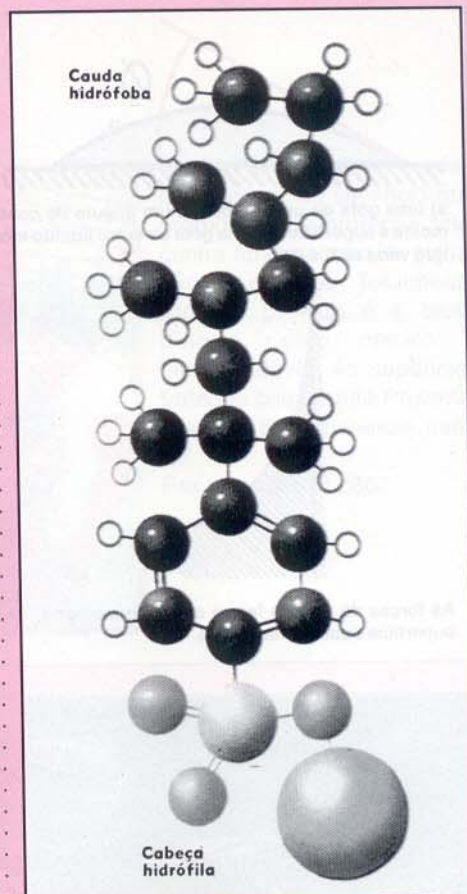
Em geral, qualquer substância dissolvida num líquido tende, em maior ou menor

grau, a modificar suas propriedades superficiais, variando sua tensão superficial. No entanto, há um tipo de substância que, mesmo em pequenas quantidades, tem grande ação sobre as propriedades superficiais. Os tensoativos ou surfactantes são substâncias que incorporam as tintas, grãos químicos, detergentes, etc, de modo a deslocar a água da superfície ou do meio em que se encontra, permitindo à substância principal agir independentemente.

Detergentes

A ação dos detergentes é dupla. Por um lado, eliminam as partículas de sujeira das roupas e, por outro, tiram as manchas de gordura.

A gordura acha-se aderente à fibra do tecido, em forma de camada, com maior adesão à fibra do que a água. Quando se adiciona detergente à água, esta diminui sua tensão superficial e o ângulo de contato da gordura com a fibra aumenta. O óleo se agrupa formando bolinhas, do mesmo modo que o mercúrio forma bolas, em vez de espalhar-se na superfície. Os glóbulos de gordura soltam-se facilmente da fibra e entram na água como emulsão. As moléculas de detergente são bastante grandes e têm estrutura de cadeias longas. Num extremo da cadeia, há um grupo de átomos, como o grupo sulfuroso (NaSO_3). Estes grupos ionizam-se dentro da água. O sódio positivo solta-se da molécula, deixando um grupo SO_3^- carregado negativamente. Este tipo de detergente é obtido por *sulfonação* de hidrocarbonetos derivados do petróleo. Há outros detergentes nos quais o grupo ionizado, preso à cadeia, tem carga positiva, como os compostos de alquil-amônio. Em qualquer caso, estas moléculas têm cabeça



Molécula típica de detergente, com cabeça hidrófila e cauda hidrófoba.

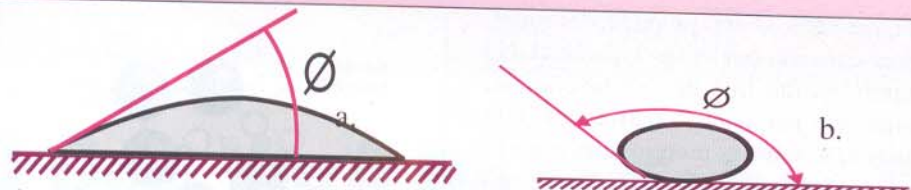
iônica e cauda de tipo óleo. A parte iônica tem afinidade com a água e, por outro lado, a cadeia de hidrocarbonetos é repelida pelas moléculas desta. Para colaborar na eliminação das misturas de gordura, as *caudas* lipófilas do detergente unem-se à mancha, devido à afinidade que têm com a gordura e sua aversão pela água. Assim, as *cabeças* se orientam em direção a esta última, formando uma ponte entre a gordura e a água. As moléculas da água, atraídas pelas cabeças iônicas, introduzem-se nas

Serviços de Consultoria e Pesquisa

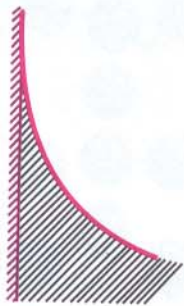
WJJE

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

FAX CONSULTA Nº 226



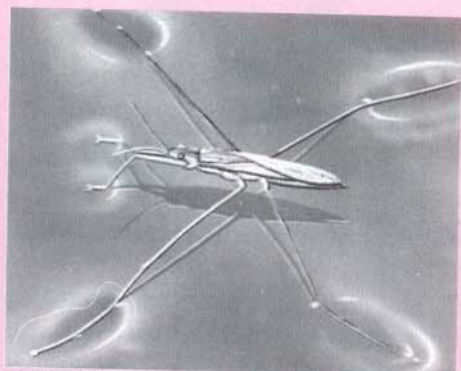
a) uma gota de um líquido faz um ângulo de contato maior que 90° com a superfície. Esta gota não molha a superfície; b) uma gota de outro líquido molha (não totalmente a superfície) fazendo um ângulo que varia de 0 a 90° .



As forças de adesão fazem o líquido molhar a superfície subindo na parede.



As forças de coesão tendem a separar o líquido da parede fazendo-o descer.



Os pés do "patinador" fazem tensão e comprimem a camada superficial da água. A superfície não se rasga e mantém o inseto.

manchas de gordura e na fibra do tecido, ajudando a desalojar a gordura e formando emulsão. O resultado é muito semelhante no caso das partículas de sujeira.

Emulsões

Outra aplicação das substâncias com atividade superficial é sua utilização como *emulsores*. Emulsão é uma suspensão, em água, de gotinhas de uma ou mais substâncias insolúveis. As emulsões tendem a separar os

componentes insolúveis em duas camadas, se não forem protegidos com a adição de compostos chamados *emulsores*. Estes evitam a separação, diminuindo a tensão superficial da água e atuando como ponte entre as substâncias insolúveis, de maneira que, em vez de separar-se, a substância emulsionada tende a formar gotinhas. As caudas das moléculas do emulsor unem-se às gotas da substância insolúvel e as cabeças iônicas à água.



Fax consulta

Nº 282

Referências

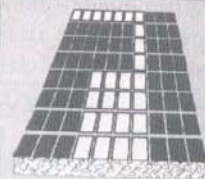
- Carlos Alberto Monge é engº civil, especialista em recuperação.
- R. N. Bolster. "Removal of fluid contaminants by surface chemical displacement, surface contamination".
- H. R. Baker. "Factors affecting the surface - chemical displacement of bulk water from solid surfaces".

RECUPERAR

90 mil leitores à sua disposição.

ANUNCIE JÁ!

Tel.: (021) 494-4099



ATUAL
Impermeabilizações
e Juntas Ltda.

JUNTA
JEMNE
REPRESENTANTE
APLICADOR

• RECUPERAÇÃO DE ESTRUTURAS

• JUNTAS DE DILATAÇÃO

• INJEÇÃO DE EPÓXI

• IMPERMEABILIZAÇÕES

• TRATAMENTO E RECUPERAÇÃO DE PISOS

• PINTURA

• CORTES EM GERAL

ATUAL

Impermeabilizações
e Juntas Ltda.

TEL.: (011)

6954-8711

6954-2788

Se Você Pensa Em Proteger A Superfície Do Concreto, Cheque Sua Umidade.

Existe uma série de equipamentos que podem ser usados para pôr em evidência este inimigo.

Carlos Carvalho Rocha



Os maiores problemas das empresas que fazem serviços de pintura de proteção em pisos industriais/comerciais são a surgência de bo-

lhas e deslocamentos da película, causados pela transmissão de vapor úmido (TVA). Conheça mais este assunto lendo a RECUPERAR nº 2, 6, 12, 15 e 19. O conhecimento do processo de umidade de um piso e o seu nível de atuação é de fundamental importância para a empresa que irá fazer a pintura de proteção. O ideal é que se promova, antes de se executar o piso, o conhecimento das condições do terreno e do nível do lençol freático. Com base nestes dados, promover-se-á a impermeabilização do terreno para não afetar o concreto do piso. Este tipo de problema, normalmente, conduz a disputas desagradáveis entre o contratante e o contratado, levando, algumas vezes, a confrontos jurídicos e a ter que executar todo o serviço, novamente. Finalmente ao desânimo da empreiteira em continuar a executar este tipo de serviço com o agravante da remoção da película comprometida e, pior, insinuando no mesmo erro.

Preveno o problema

A melhor estratégia de prevenção deste sério problema é fazer testes ao longo de todo o piso e verificar com o fabricante se, com os resultados encontrados, o sistema epóxico ou híbrido poderá ter sucesso.

Existem três tipos de fontes de umidade em pisos de concreto:

- Proveniente da evaporação da água de amassamento (porção que permite dar trabalhabilidade) do concreto.



O teste de umidade pelo cloreto de cálcio. O frasco com cloreto de cálcio deverá ser pesado antes em uma balança digital.

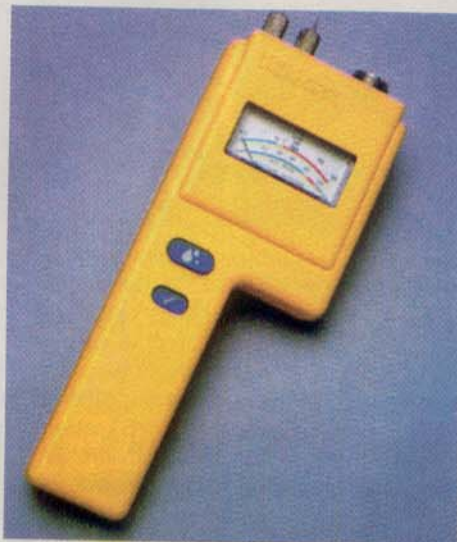
- Água em contato com a superfície proveniente de processos de limpeza ou lavagem.

- Água ou umidade proveniente do solo.

Não existe um equipamento, por mais caro que seja, que meça a umidade com 100% de precisão. É preciso entender determinados aspectos da surgência da umidade nas superfícies, em especial a dos pisos industriais. A umidade do piso poderá ser superficial e temporária, devido a uma rápida condensação. Logo, instrumentos que utilizam a condutividade elétrica superficial indicarão um grande teor de umidade, informando que o piso está saturado quando, na verdade, está seco.

A presença de um fluxo contínuo de umidade proveniente do solo é melhor detectada pelo teste de cloreto de cálcio (TCC) ou do filme de polietileno. O primeiro teste dá informações quantitativas da presença de umidade enquanto que o segundo apenas qualitativa, sendo chamado de teste do sim/não. Um outro teste, o eletro condutivo, é

impreciso pelo fato de que há uma infinidade de materiais que conduzem eletricidade.



O medidor de condutividade elétrica (TCE).

O teste do filme de polietileno necessita de 24 horas e o do cloreto de cálcio precisa de 60 horas para informar o resultado.

(continua na pág. 32)



A aplicação de um piso epóxico, sem o domínio das causas e efeitos da umidade, através do piso de concreto, é extremamente arriscado. Dever-se-á conhecer a umidade superficial e a TVA.



Testes para Checagem do Teor de Umidade em Superfícies de Concreto

Teste da Condutividade Elétrica (TCE)

O concreto, como a maioria dos materiais, conduz eletricidade. A condutividade elétrica de um piso de concreto ou de uma parede aumenta na medida em que a umidade aumenta. Entretanto, se a condutividade de um concreto seco é conhecida, poderemos determinar quanta umidade haverá, medindo-se sua condutividade atual. Uma condutividade elétrica alta indica um alto teor de umidade. Estes tipos de medidores, de diversas procedências, são usados de diferentes maneiras. Um dos mais indicados desta linha recomenda que se execute furos no concreto, preenchendo-os com graut condutivo. A seguir, dois pinos de metal são fixados e medida a condutividade elétrica, através do espaço entre os pinos. Usando-se dois eletrodos existentes no aparelho medidor, encostando-os na superfície, pode-se obter o valor da condutividade elétrica. Efetivamente, este método não dá uma boa precisão pelo fato de termos diferentes materiais na composição do concreto. A condutividade no concreto é afetada pelos seus milhares de vazios, pela sua dosagem, tipo e tamanho de agregado situado entre o piso ou mesmo os eletrodos. Por isto, a leitura da umidade obtida através deste tipo de instrumento é considerada relativa e não absoluta.

Teste da Frequência de Rádio (TFR)

A onda de rádio é absorvida pelas moléculas d'água existentes na massa do concreto ou das paredes. Existem pequenos aparelhos que transmitem e recebem campos de frequência de rádio, através do concreto, de modo que o teor de umidade será determinado pela forma como a onda será absorvida. O aparelho emite um campo com frequência de rádio na superfície do concreto e mede a perda de captação, que é proporcional ao teor de umidade. Da mesma forma que no teste de condutividade elétrica, o da frequência de rádio também é afetado pelas características intrínsecas de cada concreto. Tanto é verdade que os fabricantes destes aparelhos forne-

cem tabelas para compensar estas diferenças. O problema é que quase nunca se conhece os detalhes importantes concernentes à dosagem do concreto. Trata-se de um instrumento que tem utilidade para a determinação de áreas mais úmidas do que outras, obtendo-se com isto a umidade relativa. De outra forma, o instrumento precisa ser calibrado contra um teor de umidade conhecido e a atual concentração de umidade é lida através de uma tabela previamente calibrada.

Teste do Campo Eletromagnético (TCEM)

O método mais moderno de medição do teor de umidade em piso e paredes é o que utiliza um campo eletromagnético em função da simplicidade e do baixo custo.

Este equipamento é mais moderno que os demais apresentados e utiliza a última tecnologia do chip de silício para medir a quantidade de água dentro do campo eletromagnético produzido pelo aparelho. Opera medindo a constante dielétrica do material em comparação ao da água, que é conhecido e tem um valor muito superior ao da maioria dos materiais de construção que absorvem umidade. Os erros que ocorrem devido à perda da sensibilidade ou da absorção do campo de alta frequência que ocorrem nos instrumentos de um modo geral são causados pela perda da condutividade elétrica do material a partir do momento em que a água deixa de ser um condutor de eletricidade, pelo fato de conter impurezas ou sais dissolvidos. Teoricamente, o teor de umidade poderá ser medido sem qualquer variação ou erro, a partir do momento em que o material a ser analisado contenha água.

Teste do Filme de Polietileno (TFP)

ASTM D-4253-83 - Standart test for indicating moisture in concrete by plastic sheet method

É o método mais popular que existe para se certificar se o concreto está ou não em condições de receber uma pintura. É preciso tomar cuidado, pois trata-se de um teste que dá resultados do tipo há/não há umidade, não informando qualquer valor quantitativo e, portanto, podendo dar facilmente a impressão de "falso positivo". De um modo geral, após 16 horas, se houver umidade (condensação no filme ou o piso ficar escuro) sob um filme transparente de polietileno com 45cm x 45cm, aderido nas quatro extremidades por uma fita crepe de 5cm de largura, certamente a superfície não estará pronta para a pintura, em função da alta taxa de transmissão de vapor d'água (TVA). Em condições excepcionais, quando o ambiente estiver refrigerado ou mesmo em tempo frio, alguns técnicos posicionam uma lâmpada de 250watts 60cm acima do filme, deixando-a por 24 horas. De um modo geral, as condições do teste (temperatura da superfície e ambiente) deverão refletir a situação durante a aplicação da proteção.

Teste do Cloreto de Cálcio (TCC)

É possível medir a facilidade com que a umidade está saindo do piso de concreto, isto é, a transmissão de vapor d'água (TVA), o que é muito importante para a performance das tintas aplicadas, já que a maioria não tolera muita TVA durante ou após a sua cura, ocorrendo aí a formação de bolhas (olhos de peixe) ou a própria descolagem da película aplicada. Trata-se de um teste obrigatório para a situação onde há proximidade do nível do lençol freático com a placa a ser executada. Nas situações onde há o histórico da ruína da película epóxica, dever-se-á utilizar este teste. Este método utiliza uma campânula plástica transparente sobre um recipiente de cloreto de cálcio 100% seco. Após 72 horas a campânula é removida e o conteúdo pesado, refletindo a TVA absorvida do piso, expressa em quilogramas d'água para cada 90m², por 24 horas. Pisos extremamente úmidos podem apresentar leituras de TVA acima de 4,5kg/90m²/24horas. É comum encontrar-se valores de TVA acima de 10kg/90m²/24horas. A máxima TVA permitida para o instante da aplicação de um piso à base de resinas poliméricas é de 1,4kg/90m²/24horas.

Diferentes métodos de medição dão como conseqüência diferentes leituras, devido à maneira como a umidade é medida. Todos os métodos práticos de medição do teor de umidade somente medem alguma propriedade que, efetivamente, é afetada pela água. Qualquer outro material presente, que tenha propriedades parecidas com a da água, interferirá nos valores obtidos. A precisão dependerá em muito do método de medição a ser empregado, que por sua vez dependerá dos outros materiais que ocupam aquela região a ser analisada e que tenha propriedades semelhantes às da água. É necessário saber precisamente o que cada aparelho mede ao se analisar a umidade.

Análise da ruína da película aplicada

É comum analisarem-se casos de pisos industriais protegidos com películas epóxicas espessas, normalmente superiores a 3mm, de material que não respira.

Para o caso do estudo da umidade com presença de películas protetoras, o teste da



O teste do filme de polietileno (TFP).

ou da edificação e do grau de condensação que variarão de acordo com a estação. As paredes e as estruturas de um modo geral podem estar sujeitas a um grande número de causas que ocasionam um alto teor de umidade. Infiltrações, umidade crescente devido à ausência de impermeabilidade de uma parede e o próprio fenômeno da condensação são algumas destas causas. Há evidências também de paredes com alguma atividade elétrica que faz com que a água seja "conduzida" pela ação capilar.

Pode-se aceitar, como referência, que uma parede com umidade alta entre 8 e 13%

provavelmente estará absorvendo água de forma anormal devendo ser motivo de análise para se encontrar a causa, principalmente se este aumento cresce proporcionalmente à altura da edificação. É o caso de se usar hidrorepelentes.

Custo

O teste da frequência de rádio e eletro condutivo apresentam preços que variam de R\$ 600,00 a R\$

2.400,00. O teste do cloreto de cálcio é vendido a valores em torno dos R\$ 90,00.

Um exemplo prático

Em um piso industrial, com aproximadamente 3.000m², decidiu-se aplicar uma película epóxica protetora.

A empresa de engenharia contratada optou por fazer a medição da existência de umidade com o teste do filme de polietileno



O medidor da umidade pela frequência de rádio (TFR).

freqüência de rádio (não destrutivo) é o mais indicado, pois mede a presença da umidade independentemente desta barreira.

Observações importantes para paredes

Como regra geral, uma parede contém uma certa quantidade de água situada entre 2 e 8%, dependendo da região do país onde esteja localizada, da umidade local

Elimine o compressor de ar, a máquina de jato de areia e o hidrojateamento.



Ideal para

- plataformas de petróleo
- estaleiros
- construção civil
- indústrias



Com diversas potências disponíveis e com motores elétricos e à gasolina, faz qualquer trabalho de remoção de corrosão e limpeza, no concreto armado e em estruturas metálicas.



Eleito o melhor equipamento de limpeza e preparação de superfície

HIDROJATEADORA DE AREIA

Dê adeus ao jateamento de areia e ao hidrojateamento.

NOVID

Rua José Antônio Coelho, 297A
CEP 04011-060 - São Paulo - SP

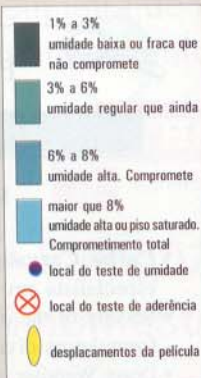
Tel./Fax: (011) 571-8010 / 575-5747

Fax Consultoria n° 239

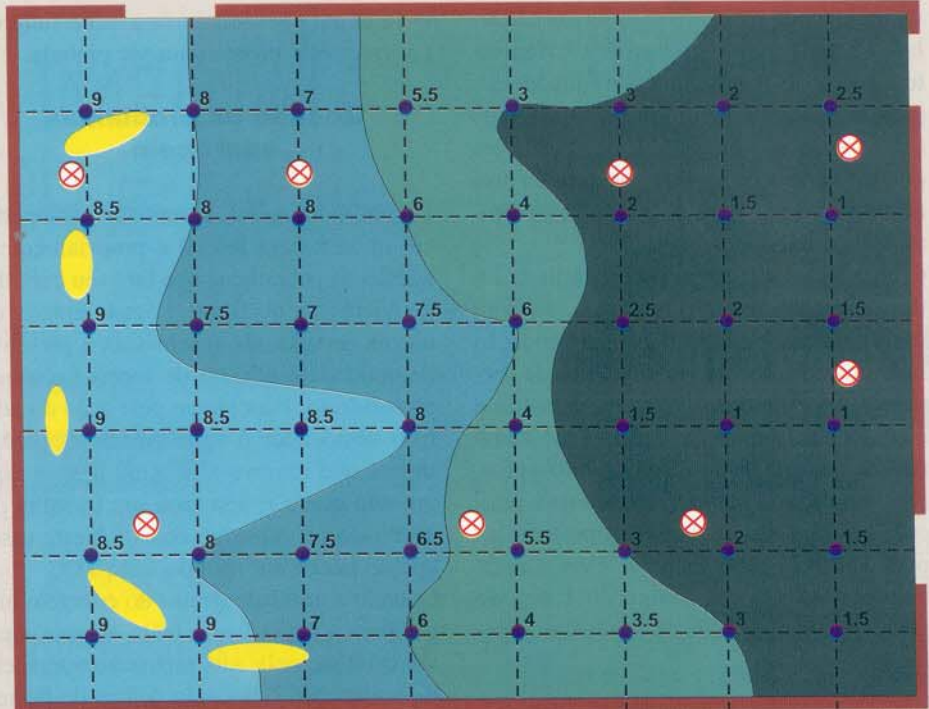
no, analisando três regiões características do piso. Os resultados deram negativos para a presença de água e foram, verbalmente, comunicados ao proprietário da indústria.

Menos de dois anos depois da aplicação do piso epóxico, o proprietário chamou o representante da empresa de engenharia, comunicando que havia vários deslocamentos na película epóxica, em diversas regiões do piso. A garantia dada foi de 5 anos. A inspeção no local revelou ruína da película por deslocamento em diversas regiões, totalizando 10m². Uma análise

Mapeamento da Umidade Superficial do Piso



Note os valores da umidade encontrados e as isostáticas evidenciando a maior presença de umidade no canto esquerdo.



mais apurada revelou que havia presença de água na interface entre a película epóxica e o substrato.

Esta situação gerou um conflito entre a empresa de engenharia e o proprietário que afirmava que a água existente sob a película foi proveniente da limpeza do piso com hidrojateamento feita antes da aplicação do piso epóxico. A empreiteira, por sua vez, contratou um consultor no assunto que, de imediato, executou um mapeamento definindo-se quadrados de 3m de lado em todo o piso. Veja figura acima. Feito isto, utilizou-se o teste da frequência de rádio para o levantamento da umidade de toda a área. Nas áreas consideradas secas ou com baixa

umidade foram executados testes de arrancamento uniaxial com o equipamento PULL-OFF, revelando-se ausência de ruína na interface de colagem da película epóxica com o substrato e sim alguns milímetros abaixo, isto é, já na massa do concreto. O PULL-OFF executado nas áreas com grande umidade revelou o que já era esperado, isto é, cerca de 75% dos testes deram ruína na região de colagem e apenas 25% abaixo desta linha, rompendo o concreto à tração. Estes testes vieram a compatibilizar a relação entre a região com grande presença de umidade no piso e os deslocamentos da película epóxica. O aprofun-



O medidor da umidade pelo teste do campo eletromagnético (TCEM). Basta encostar na superfície

damento da investigação revelou que naquela região, antigamente, havia um peque-

CCC-100

Fax Consulta nº 28



CCC-100 não é uma pintura. Logo, não arranha ou perde a película.

Resiste a óleos e graxas. Com CCC 100 seu piso parece melhor à medida que o tempo passa.

CCC-100 é um revolucionário produto penetrante, aplicado com água, em pisos de concreto. Reduz drasticamente a porosidade e a alcalinidade, que são as causas da maioria dos problemas em pisos de concreto.

A Fórmula Original CCC-100 pode ser usada em estruturas novas e antigas, inclusive como agente de cura. Age como excelente primer para concretos que serão revestidos ou pintados. É ideal para dar resistência a emboços comprometidos, possibilitando pintura. Use CCC 100 para tratar pisos de indústrias, depósitos, fábricas, escolas, hospitais, shoppings, garagens, aeroportos, rodoviárias, estádios, frigoríficos, estações de tratamento de água e esgotos, e muito mais.



Marca de pneu? CCC 100 evita estas marcas.

Endurecedor de Superfícies

no brejo, onde concorriam as águas daquela localidade durante as chuvas. Obviamente, a porção do piso de concreto situado mais próximo daquele local tornou-se saturado (canto esquerdo do mapa). À medida em que se afastava do local, o concreto do piso absorvia menos água e, conseqüentemente, menos umidade.

Com estes resultados, o proprietário da indústria entendeu que o problema não fora causado pela empreiteira. A recomendação final do consultor previa uma linha de drenos ao redor de todo o piso da indústria e medições periódicas posteriores até constatar-se a queda da umidade de todo o piso. Seis meses mais tarde, removeu-se a película epóxica das regiões comprometidas pela umidade, checkou-se a TVA e após constatar-se valores abaixo de 1,4kg do ganho de umidade, aplicou-se uma nova película.

Considerações sobre o teste de umidade

É importante diferenciar o que representa o teor de umidade e a TVA, já que poderemos ter um valor aceitável para o primeiro e, posteriormente, a ruína da película pelo segundo, em função de sua contínua ação através do piso. Numa situação destas seria interessante aplicar testes do tipo TCEM, TRF ou TFP e, obrigatoriamente,

o TCC para se definir se a superfície do concreto está pronta para ser pintada.

Quando os problemas aparecem

De um modo geral, a umidade na superfície inibe a cura inicial e propriamente a adesão da película, já que fará seu trabalho de aderência no filme d'água. Epóxios de última geração são insensíveis à presença de umidade e aderem de forma excelente ao substrato. Funcionam pela ação do aditivo deslocador d'água (water displacement), que remove a película d'água permitindo que a resina faça seu trabalho de aderência no substrato abaixo. Neste caso, apenas necessitar-se-á do teste TCC.

Quando a umidade dentro do concreto migra para a superfície e tenta escapar através do filme aplicado, provoca a surgência de bolhas ou o chamado "olhos de peixe" na película. A ação deste vapor é forte o bastante para criar forças suficientes para minar a resistência de adesão da película (descolamento) ou mesmo a própria resistência à tração do concreto (rutura abaixo da linha de colagem da película).

Uma pressão de vapor alta no interior do concreto, superior a do ar ambiente, provocará a migração d'água para a superfície. Esta condição é bastante comum quando, em uma nova edificação como um su-

permercado ou indústria de manufaturados, aplica-se um piso polimérico antes do início da ativação do ar condicionado. Algum tempo após o acionamento do sistema de ar condicionado, ocorre o abaixamento da pressão de vapor do ambiente, acontecendo o fenômeno da condensação sob a película ou o piso aplicado.



Fax consulta

Nº 290

Referências

- Carlos Carvalho Rocha é engenheiro civil, especialista em serviços de recuperação.
- Society of the plastics industry, Epoxy Resin formulators division.
- Dong Wendler, applied epoxies, inc.
- Malcolm Rodé, AIM Technologies, inc.
- Standard practice for curing concrete, ACI
- The society for protective coatings, SSPC 97-09.

Não recupere sem consultar

RECUPERAR

Tel. (021)493-6862

Fax (021)493-5553

255-2414

VOCÊ TEM ISTO EM SUA FACHADA? A SOLUÇÃO É

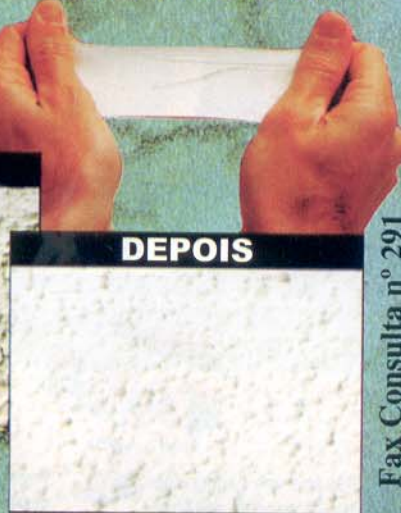
ELASTO-TEX

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

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



ESTICA 600% E NÃO PERDE
ESTA CARACTERÍSTICA



Fax Consulta nº 291