

# Solos Contaminados

Como recuperar solos contaminados por resíduos tóxicos industriais.

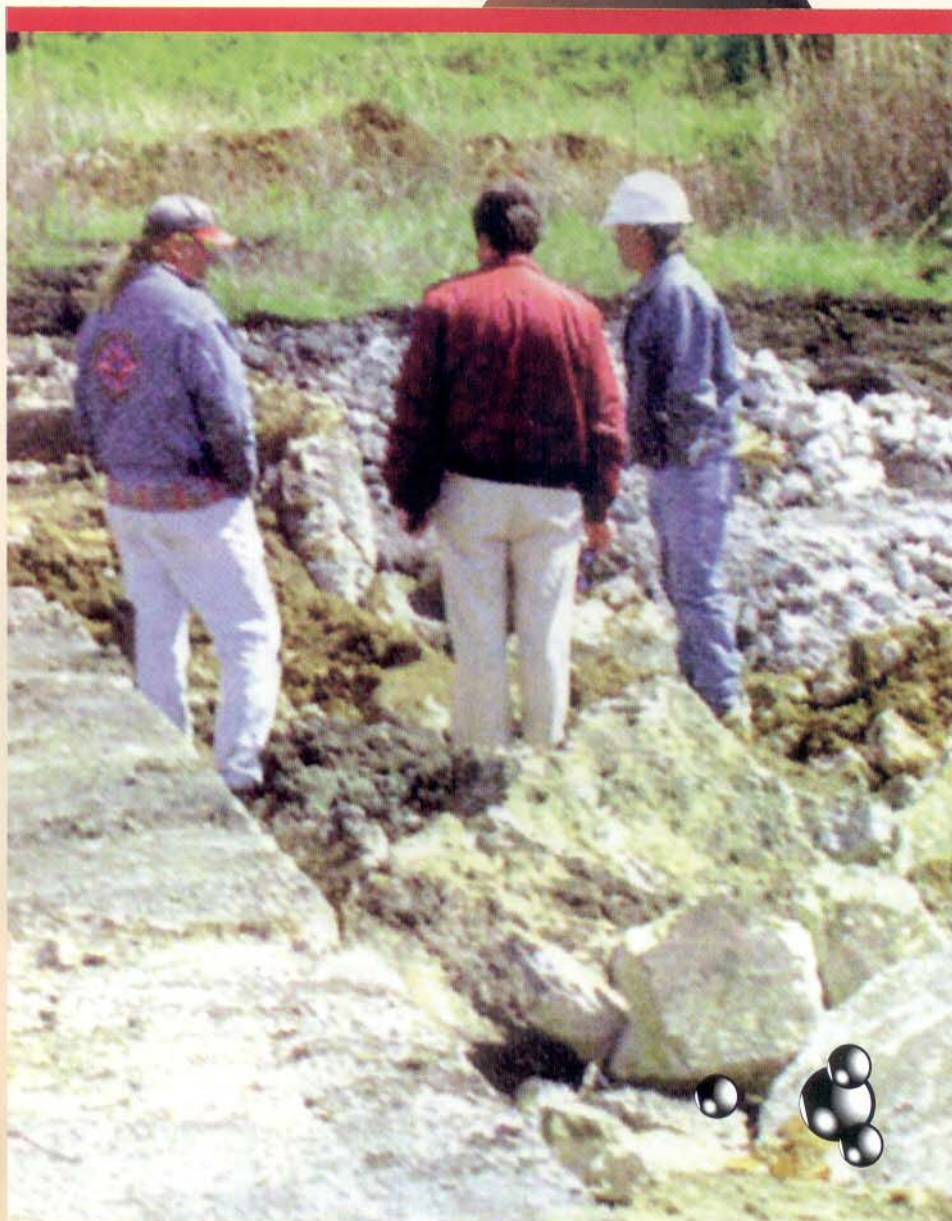
Carlos Alberto Monge



Não foi à toa que perdemos aquela final para o time da França, em Julho do ano passado. O moderníssimo Stade de France foi construído sobre um antigo terreno absolutamente contaminado por lixo tóxico industrial. É aquela estória, eles estavam acostumados com aquele cheiro, nós não. Ocasionalmente, pela variação do lençol freático, a grama perde aquele verde característico e fica pálida ao mesmo tempo em que aparece no ar um cheiro diferente daquele que estamos acostumados a sentir quando entramos num estádio. Fontes oficiais garantem que foi feito um "moderno tratamento de descontaminação no solo".

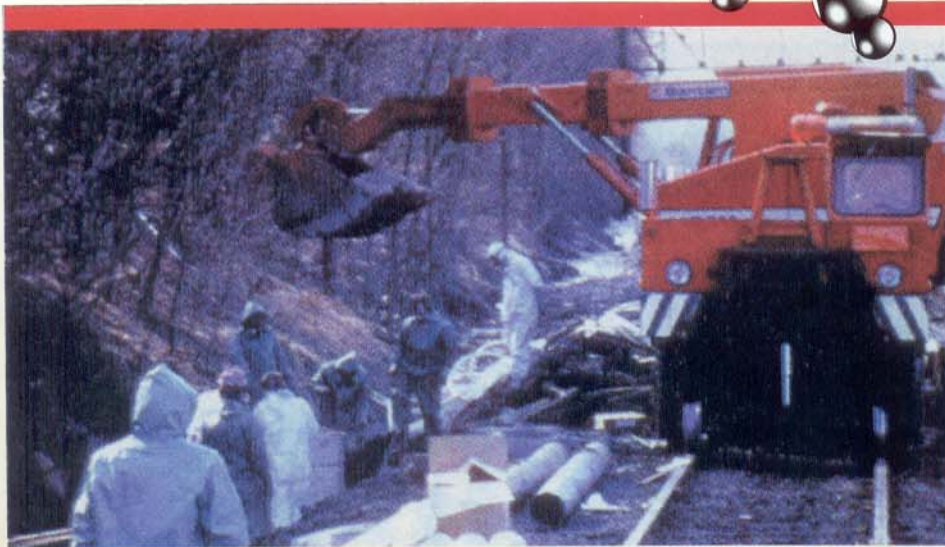
Uma outra área bastante contaminada e "tratada posteriormente" é a região de Lisboa, Portugal, onde foi realizada a exibição mundial de 1998, com construção de um grande aquário, estação de trens, áreas cobertas e grandes obras de arte. Um terreno contaminado é aquele que contém substâncias químicas tóxicas em quantidade e concentração suficientes para causar danos, direta ou indiretamente, ao homem ou ao meio ambiente.

Trata-se de um sério problema, bastante atual, comum a todas as grandes cidades mundiais. Rio e São Paulo, por exemplo, onde existem grandes áreas industriais, ativas ou não, apresentam estoques de material tóxico que estão comprometendo o solo, a água freática, o ar e o mar. A grande questão está na solução a ser dada. Pode variar do simples encapsulamento ao tratamento descontaminante do solo afetado.



Incentivos econômicos dos governos estaduais, nos EUA, estimulam o tratamento de terrenos "proibidos", propiciando assentamentos de novas indústrias.





O estado ou o município devem interferir no tratamento de terrenos contaminados, já que, invariavelmente afetam o meio ambiente.

Nos EUA e na Europa esta questão está em bastante evidência devido a existência de grandes terrenos com substâncias tóxicas e a necessidade do seu reaproveitamento por novas empresas. Elas compram o lugar que hoje já ocupam, áreas importantes dentro do contexto das cidades que não param de crescer. No mês de novembro passado, em Los Angeles, foi realizada uma conferência sobre terrenos contaminados. Os assuntos tratados convergiram para as estratégias técnico/econômicas para sua recuperação. Lá, diferente daqui, fez-se o mapeamento efetivo das áreas "doentes", em todo tipo e tamanho de cidades, quantificando-se um total de 16.531 ter-

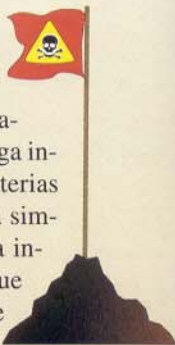
renos contaminados, seja por lixo tóxico estocado por indústrias ativas ou por outras que há muito já fecharam.

Em apenas uma destas cidades, por exemplo Louisville, no Kentuki, há 2.000 terrenos contaminados, perfazendo quase 6.000 acres. Na Europa, especificamente em Glasgow, Escócia, há cerca de 5.000 acres de terra contaminada que, nada mais, nada menos, representam 12% da área daquela cidade. De um modo geral, trata-se de antigas áreas sem importância no contexto das cidades, mas que com o crescimento natural adquirem interesse. Em termos de valia, com a constatação do lixo tóxico, há a natural depreciação do terreno

que, como sabemos, compromete todo o ecossistema.

### Como tratar

Nos EUA, o governo federal, através de seu órgão de proteção ao meio ambiente (EPA), promove a assistência técnica para a identificação, pesquisa e o reuso dessas áreas, inclusive o suporte financeiro e o estabelecimento de seguros para a nova empresa que deseja ocupar uma destas áreas, desde que não tenha sido ela a poluidora. Empresas particulares, especializadas na recuperação de terrenos contaminados, são contratadas para fazer o serviço de neutralização do perigo, de forma específica, de acordo com o material poluente existente no solo. O método de recuperação do solo varia do simples encapsulamento do terreno contaminado com grauts químicos ao tratamento com lavagem neutralizante e bioquímicos. Um dos tratamentos de recuperação mais interessante é a fito-recuperação. Nele se utiliza plantas que, de forma natural, promove a absorção/neutralização do poluente químico existente no solo. Um terreno contaminado por chumbo de uma antiga indústria de produção de baterias está sendo recuperado pela simples plantação de mostarda indiana, um tipo de planta que neutraliza alguns tipos de metais pesados.



# BENTOGRAUT

## IMPERMEABILIDADE COM DURABILIDADE

A turma que construiu isto já conhecia o poder impermeabilizante da bentonita.

O PRIMEIRO GRAUT BENTONÍTICO INJETÁVEL QUE ACABA COM PROCESSOS DE UMIDADE EM PAREDES E PISOS INDUSTRIAIS.



Fax consulta nº 265





A recuperação de terrenos contaminados, nos EUA, costuma receber incentivos do governo, tanto na fase de avaliação quanto na do tratamento efetivo.

De um modo geral, há duas linhas de tratamento para o terreno contaminado. O método tradicional, com base na engenharia civil, faz uso dos grauts químicos injetáveis para isolar ou encapsular o material tóxico, independentemente do nível ou concentração existente, criando barreiras subterrâneas verticais e horizontais no local, impedindo o seu contato com o lençol freático.



De forma complementar, é feito também o tamponamento superficial do material, de modo a impedir o contato com a chuva e/ou restringir a liberação de gases. Dentro deste campo de tratamento exigirá-se uma avaliação ou o monitoramento contínuo do terreno e da água freática adjacente ao encapsulamento.

O método mais moderno, no entanto, para recuperação de terrenos contaminados faz uso de

processos físicos, químicos e biológicos (FQB), que são divididos em cinco itens:

**1 – Tratamento térmico**

Uso do calor para remover, estabilizar ou destruir os contaminantes.

**2 – Tratamento físico**

Utiliza processos físicos para separar as substâncias tóxicas do meio hospedeiro.

**3 – Tratamento químico**

Utiliza reações químicas para remover, destruir ou modificar substâncias tóxicas.

**4 – Tratamento biológico**

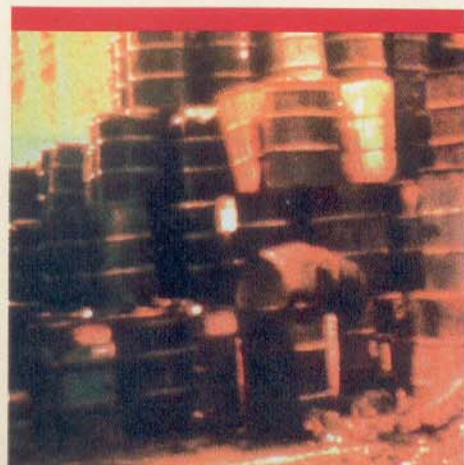
Faz uso de meios metabólicos naturais, como microorganismos e outros agentes biológicos para remover, destruir ou modificar os contaminantes.

**5 – Estabilização / Solidificação**

Nesta etapa, os contaminantes são estabilizados quimicamente e/ou modificados, de modo a reduzir sua potencialidade.

Comparado ao método pertinente à engenharia civil, o processo FQB é limitado e restrito a determinados tipos de material contaminante e ao meio existente. Por outro lado, tem a vantagem de reduzir a concentração ou o volume das substâncias tóxicas ou mesmo destruí-las, fornecendo uma solução, digamos, mais “permanente” e efetiva. O método de recuperação que utiliza os processos FQB pode ser aplicado “in situ”, evitando o problema do impacto ambiental devido à escavação e extração do lixo tóxico ou “ex situ”, onde o tratamento é feito após a escavação (no caso de materiais sólidos) ou a extração (no caso de líquidos e gases) do material contaminante.

Empresas de consultoria especializadas se encarregam da identificação, pesquisa e planejamento para o reaproveitamento de terrenos contaminados, executando relatórios



É freqüente a existência de estoques de produtos tóxicos, com vazamento para o solo, em terrenos próximos a indústrias de processamento químico.



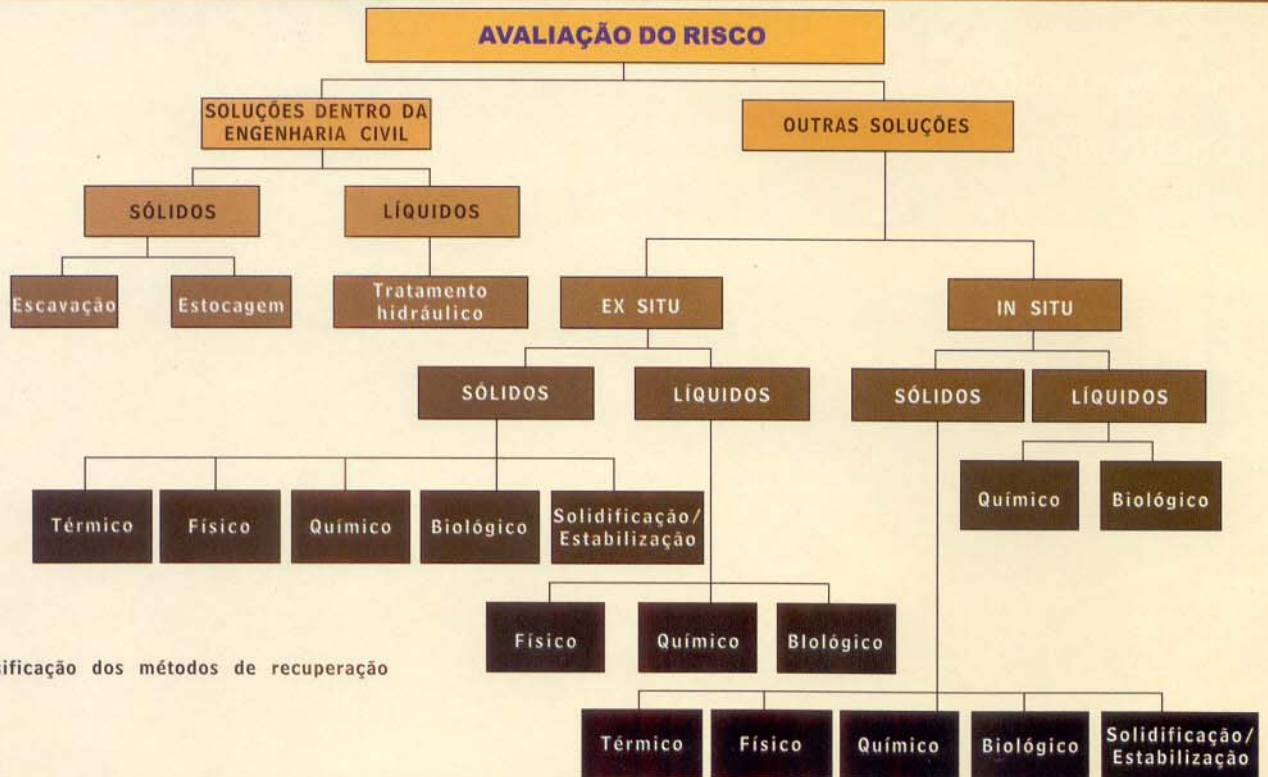
ENGENHARIA  
E PESQUISAS  
TECNOLÓGICAS S.A.

35  
63 a 98

Estudos e Projetos de Pavimentos  
Controle de Compactação de Aterros  
Controle Tecnológico de Concreto e Aço  
Sondagem a Percussão e Rotativas  
Provas de carga em solos, estacas e estruturas  
Supervisão e Gerenciamento de Obras  
Injeções de caldas e resinas  
Drenos horizontais  
Micro Estacas - Estacas Raiz  
Impermeabilização  
Recuperação de Estruturas  
Tirantes - Cortinas atirantadas  
Reforço Estrutural com Fibra de Carbono

Matriz: São Paulo - Rua Catão, 523 - Fone PABX (011) 873-3399 / Filial: Porto Alegre - Rua Marcelo Gama, 41 - Fone (051) 342-7766





### Recuperação do Solo IN SITU

MÉTODO DE RECUPERAÇÃO	CONTAMINANTES
Bioventilação	Benzeno, tolueno, benzenoetilico, xileno
Encapsulamento	Substâncias orgânico voláteis (SOV's), tricloroetano, trídio
Contenção de resíduos oleoginosos	Alcatrão (barra ácida) da hulha, SOV's, substâncias semi-voláteis não halogenadas, arsênio
Eletrosmose da lasanha	Tricloroetano
Extração de vapor do solo	SOV's, tricloropropano, benzeno, tetracloroetano
Vitrificação in situ	Pesticidas, metais pesados, hidrocarbonetos aromáticos polimeleares (HAP), fitalatos, dioxinas

### Recuperação do Solo EX SITU

MÉTODO DE RECUPERAÇÃO	CONTAMINANTES
Biorecuperação	Halogenados semi-voláteis para fabricação de pesticidas orgânicos e herbicidas
Microencapsulamento	Lixo radioativo, chumbo
Extração com solventes	Bifenils policlorinados (BPC)
Tratamento térmico	BPC e SOV's

**Tabelas que relacionam os métodos de recuperação de terrenos contaminados com o tipo de lixo tóxico existente.**

rios técnicos para o novo proprietário que, com isto, poderá obter do município ou do estado, recursos de auxílio à recuperação daquela área.

Estas empresas de consultoria baseiam-se, de um modo geral, em três propostas principais para a recuperação do terreno contaminado:

- 1 - Identificar o método de recuperação mais adequado e viável a ser aplicado, baseado no tipo de solo e lixo tóxico.
- 2 - Desenvolver um conjunto de estratégias potencialmente aplicáveis e viáveis, baseadas em uma relação efetiva de métodos adequados.
- 3 - Avaliação de estratégias individuais (podendo ser uma ou combinação de métodos) para determinar qual será o método mais adequado, sempre baseado no equilíbrio entre praticabilidade, efetividade e custo.





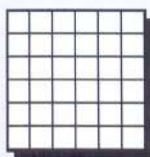




# Umidade Dinâmica

Saiba mais sobre este devorador de revestimentos em pisos de concreto.

Joaquim Rodrigues



A American Society for Testing and Materials (ASTM) recentemente publicou a norma ASTM F1869-98, "Método padrão

para cálculo da taxa de emissão de umidade por vapor d'água para pisos de concreto, usando o cloreto de cálcio anidro", que determina, quantitativamente, a taxa de umidade por vapor emitida por concretos situados abaixo, ao nível e acima do nível da rua. A utilização do cloreto de cálcio anidro para análise do teor de umidade em superfícies de concreto não é uma técnica nova, mas antiga. Nasceu nos anos 50 e evidencia resultados quantitativos, diferentemente do teste padronizado por esta própria organização, o ASTM D4263-83, "método padrão para indicação da umidade no concreto pelo teste do filme plástico" que é subjetivo, resultando muitas vezes em testes com falsos positivos, por exemplo, devido a ocorrência de condensação pela obtenção da temperatura do ponto de orvalho. Um outro aspecto que compromete também este último teste é o período de 24 horas, curto para produzir resultados precisos.

### Como é o Teste do Cloreto de Cálcio?

Durante a aplicação de pisos poliméricos o valor da umidade superficial e a do ambiente circundante tem substancial influência na sua performance. A presença de teores inadmissíveis de umidade, na forma de vapor, causam pressões no revestimento capazes de superar a resistência de adesão do material no substrato, provocando o descolamen-



A durabilidade de um piso epóxico depende essencialmente da investigação da umidade na forma de vapor d'água, proveniente do solo/concreto.





Pisos epóxicos externos. Atenção redobrada na investigação da umidade por transmissão do vapor d'água.

to e/ou a destruição química do revestimento.

A presença de umidade no piso é medida e quantificada em kg/tempo/área pelo teste denominado TVA-OK, baseado na capacidade dissecante do cloreto de cálcio.

Este teste expressa a taxa de transmissão de umidade pelo vapor d'água em quilos d'água transmitidos através de uma área de concreto de 90m<sup>2</sup>, durante um período de 24 horas. A norma enfatiza que a taxa de transmissão de vapor d'água medida reflete apenas a condição do concreto (piso) durante aquele período analisado.

Para a execução do teste necessita-se de um kit padrão composto por uma porção de cloreto de cálcio anidro, uma campânula transparente para cobrir a área do teste, uma fita adesiva larga para fixar a campânula no piso, uma balança digital com escala em gramas para medir a porção do cloreto de cálcio no início e no fim do teste, um termômetro e um higrômetro.

O piso a ser analisado deverá apresentar, durante a execução do teste, temperatura e umidade compatível com o período normal de uso do local. Se esta condição não for obtida, a ASTM recomenda que dever-se-á executar os testes com valores de umidade e temperatura típicos do local mantidos 48 horas antes e durante a análise. Antes de se iniciar os testes, os locais representativos deverão ser limpos e livres de contaminantes, antigos pisos, pinturas e adesivos.

## Como Ocorre Este Problema

Testes de arrancamento de películas em pisos mostram que onde existem altas taxas de emissão de vapor o comprometimento da adesão de pisos colados ou mesmo de tintas aplicadas é maior. Recentemente, uma grande rede de supermercados tinha a programação de 24 mil metros quadrados de assentamento de piso vinílico. Destes 24 mil metros quadrados, 10 não apresentavam condições de assentamento, de acordo com o aplicador. Sua afirmação era de que havia alta emissão de vapor d'água pelo piso, de acordo com os testes realizados. Desta forma, deixou claro à fiscalização que se não fossem tomadas providências a responsabilidade seria deles, já que certamente haveria problemas futuros induzidos por esta umidade. Este é o dilema cada vez mais comum no dia a dia de empresas que trabalham com revestimentos de pisos, sejam acarpetados, com lâminas vinílicas, pisos emborrachados, à base de poliéster ou os frequentes pisos epóxicos. A melhor resposta a este problema é proceder à medição da taxa de transmissão de umidade, na forma de vapor, em três diferentes períodos de tempo, avaliando se a umidade está apenas "saindo" do concreto, devido ao seu processo de secagem natural ou se está sendo continuamente transmitida através do piso. Para este segundo caso há diversas soluções. Para maiores detalhes sobre estas soluções use o fax consulta nº 369.

## BETONTEC

TECNOLOGIA E ENGENHARIA

- Controle Tecnológico de Materiais
- Recuperação e Reforço Estrutural
- Tratamento de Concreto Aparente
- Restauração de Fachadas
- Impermeabilização

**Tel: (011) 276-5677**

**Fax: (011) 5589-4708**

**e-mail: betontec@uol.com.br**

AV. DOS BANDEIRANTES, 5287 - CEP. 04071-011 - SÃO PAULO





Antes de refazer a aplicação da pintura em pisos epóxicos com histórico de ruína, torna-se necessária a investigação da umidade dinâmica através do piso.

A seguir, a norma ASTM F 1869-98 especifica o seguinte:

- Dever-se-á expor por 24 horas antes do teste uma área de 51cm x 51cm.
- Pesa-se, então, o conteúdo do cloreto de cálcio anidro fornecido no kit.
- Posiciona-se o pequeno prato com o cloreto de cálcio no lugar do teste, após retirar sua tampa.
- Instala-se a campânula sobre o prato com cloreto de cálcio ao mesmo tempo em que aplica-se a fita em sua borda, de modo a vedar completamente a entrada de ar.

O teste terá uma duração de 60 a 72 horas, após o qual far-se-á o seguinte:

- Remover a campânula e reinstalar a tampa do prato com cloreto de cálcio.
- Pesá-lo, imediatamente, o prato com o cloreto de cálcio.

No final, a norma ensina a calcular a transmissão de vapor d'água com o dado obtido, utilizando uma fórmula fornecida.

A umidade do piso, na forma de vapor, não poderá exceder a 1,5kg por 90m<sup>2</sup> por 24 horas.

A ASTM F 1869-98 também padroniza o número de testes obrigatórios para áreas até 90m<sup>2</sup> e acima deste valor, enfatizando que dever-se-á executar um teste no centro de área do local e testes periféricos nesta mesma área. Recomenda também para se proceder à seleção dos locais com vulnerabilidade (histórico) à presença de umidade das outras áreas sem informações.

T

Para ter mais informações sobre umidade em pisos. Click aqui:

<http://www.thomastec.com.br>



Fax consulta nº 375

Se você tiver alguma questão acerca desta matéria, por favor envie-nos seu fax consulta, não esquecendo de citar, especificamente, o que deseja discutir.

## REFERÊNCIAS

- Joaquim Rodrigues é Eng<sup>o</sup> 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.



# Novos Epóxis.

Dicas e truques para aplicá-los.

Ana Carlota B. dos Santos



Na edição passada evidenciamos as particularidades das novas formulações dos sistemas epóxicos, todos eles com 100% de sólidos.

Estes novos materiais exigem mais conhecimentos para a sua aplicação.

A preparação das superfícies com estas condições é a parte mais importante de qualquer serviço de revestimento, pois impede a ruína da película e promove a durabilidade do serviço executado. A maioria dos problemas que ocorrem com revestimentos ou, simplesmente, pinturas epóxicas recaem no lugar comum da má preparação das superfícies. Surpreendente ou não, são os pisos de concreto os que mais dificuldades apresentam para se promover uma perfeita preparação da superfície.

Os epóxis são muito sensíveis à temperatura ambiente. Uma mudança de temperatura de apenas 8°C, diminuirá a metade ou simplesmente dobrará o tempo de manuseio (chamado pot-life) do sistema epóxico a ser preparado. A quantidade de epóxi misturado e a forma do recipiente onde está sendo feita a mistura afetarão o seu tempo de manuseio. Em outras palavras, grandes quantidades concentradas de epóxi, normalmente feitas na própria lata (de 20 litros) promovem um encurtamento no tempo de manuseio. Por outro lado, espalhando o sistema no piso aumentará o pot-life. A adição de solvente no sistema epóxico diminuirá sua viscosidade, aumentando o pot-life de 5 a 10 minutos, ocasionando, no entanto, o enfraquecimento químico do epóxi, contaminando o ambiente com o cheiro do solvente (que é extremamente prejudicial à saúde) e, pior, ocasionará a reação deste sistema com





## Tempos Quentes

É interessante observar que estes sistemas, provenientes do mercado norte americano, costumam ter pot-life em torno dos 40 minutos para temperaturas de 25°C, o que não corresponde à nossa realidade. Portanto, toda atenção é necessária, já que é comum termos temperaturas superiores a 30°C e aí vale o que dissemos no início da matéria. Sabendo-se que o epóxi é um excelente produtor de calor, somado ao fato de ter-se ambientes com temperaturas, por exemplo, superiores a 32°C haverá uma redução considerável em seu pot-life. Com 35°C ter-se-á cerca de 20 minutos para a sua aplicação. Logo, é importante experimentar com uma pequena quantidade do material antes de sua aplicação. Outra dica se refere à temperatura da superfície que, quando é quente promoverá uma redução significativa no sistema epóxico aplicado, ocorrendo uma aceleração no seu endurecimento.

o primer aplicado, com outro revestimento existente ou mesmo com superfícies sensíveis ao solvente.

Os novos epóxios, ou como se costuma dizer os epóxios de última geração, não admitem a introdução de solventes porque interferem decisivamente na química destes novos materiais. Torna-se importante experimentar com pequenas quantidades do material, testando se sua relação de mistura em concordância com as condições da obra, particularmente com a temperatura ambiente. Assim se pode conhecer o seu tempo de manuseio e sua viscosidade após a mistura. Uma mistura adequada dos dois componentes é vital para a perfeita performance do

sistema. Logo, dever-se-á dispor de uma furadeira com um misturador adequado. Promova sempre a mistura em um balde e, após, passe o sistema pronto para um outro balde, aplicando-o a partir deste último. Esta medida acusará os problemas que ocorrem com uma má mistura, quando ficam pequenas porções do componente A e do componente B, ainda sem misturar nas laterais ou no fundo da lata. Respingos do rolo com o qual se está pintando o piso costumam criar caroços, geralmente em torno do balde, que comprometerão a película a ser aplicada naquela região. Após o início do endurecimento da película torna-se tarde demais para corrigir qualquer coisa que falte fazer. A

partir daí, qualquer tentativa de melhorar aquilo que não ficou bom, certamente ficará pior.

Meça a área que você espera revestir com cada kit epóxico, pois esta é a única maneira de assegurar que você irá aplicar uma espessura correta, previamente programada. Qualquer deslize nesta etapa fará com que se aplique uma película mais fina ou mais grossa que o esperado.

### Acabe com os furos na película aplicada

Por mais bem feito que seja, o concreto ainda continuará sendo um pseudosólido. Sua superfície apresentará uma fantástica rede de capilares vazios, espaços intergranulares e muitas, muitas bolhas de ar encapsuladas geralmente junto à sua superfície. Quando protegemos a superfície do concreto com sistemas epóxicos, não é difícil surgirem furinhos em sua superfície. Este inconveniente tem duas possíveis causas. Ambas dizem respeito ao ar bloqueado ou encapsulado sob a película aplicada, em cavidades de todo o tamanho. Na primeira, o ar, uma vez comprimido pela película, expande para fora da cavidade nos instantes subsequentes, devido ao aquecimento da temperatura ambiente. Esta situação, portanto, será bastante atuante quando o trabalho for executado em superfícies externas, nas primeiras horas da manhã, pois à medida que a temperatura ambiente aumenta, o concreto e toda a população de bolhas de ar, próximas à superfície, aquecem. E aí o ar aquecido expande contra a película

continua na pág. 26

**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.



Fax Consulta nº 291





A aplicação de primers com baixíssima viscosidade é fundamental para a eliminação de uma série de problemas durante e após a aplicação do sistema epóxico de acabamento.

la ainda não curada, produzindo todo tamanho de bolhas e até empolamentos que, freqüentemente, "explodem", deixando um pequeníssimo furo ou mesmo cratera, revelando a fuga do ar para a atmosfera. Sugere-se, portanto, iniciar-se os serviços no início da tarde. A segunda causa, e possivelmente a mais comum, ocorre quando, naturalmente, se aplica a película epóxica na superfície. O epóxi líquido se introduz nas cavidades superficiais, que são interconectáveis, deslocando e concentrando o ar para dentro de outras cavidades adjacentes até que, em uma delas, este fluxo de ar é suficiente para formar uma bolha na película ou mesmo perfurá-la.

Para tratar este problema na origem, basta aplicar primers com baixíssima viscosidade de, algo em torno de 50 a 100cps. De qualquer maneira existem rolos, de finos espessos, adequados a neutralizar (eles perfuram a película ainda líquida atrás de possíveis bolhas que estejam se formando) estas bolhas e que devem ser passados imediatamente após a rolagem da película. Tanto a primeira quanto a segunda causa arruina-

rão o seu piso epóxico e todo o seu investimento a curto ou médio prazo, comprometendo a sua garantia.

Um outro problema, que também aflige as empresas que executam pisos epóxicos, são os "olhos de peixe", que não devem ser confundidos com as bolhas formadoras de furros. Os olhos de peixe ocorrem devido as diferenças de tensão superficial entre o líquido epóxico e partículas de poeira que ainda existam na superfície, fazendo com que a película que está sendo aplicada, simplesmente não faça contato com a superfície, formando bolhas com formato de olhos de peixe.



Para ter mais informações sobre pisos epóxicos. Click aqui: <http://www.thomastec.com.br>

Fax consulta nº 372

Se você tiver alguma questão acerca desta matéria, por favor, envie-nos seu fax consulta, não esquecendo de citar, especificamente, o que deseja discutir.

## REFERÊNCIAS

- Ana Carlota B. dos Santos é química.
- A.M. Neville, *The Properties of Concrete*, Chapter 1.
- W.O. Nutt, "Concrete as a Substrate for Paint".
- I. Odler, "The Hydration, Setting and Hardening of Portland Cement", Chapter 6 in *Lea's Chemistry of Cement and Concrete*.
- A.P. Mills, "Materials of Construction" Chapter VII in *Gypsum Plaster*.
- A.J. Wandersleben, et al., *The Cleveland Society, "The Painting of Plaster I"*.
- W.H. Kuenning, "Characteristics of Masonry", *Official Digest*.

## CONTROLE TECNOLÓGICO DO CONCRETO

# ALPHAGEOS

GEOLOGIA  
GEOTECNIA E  
COMÉRCIO LTDA.

(011) 7295-6699

Serviço de Atendimento ao Cliente 0800 156 800  
Rua João Ferreira de Camargo, 44 - Tamboré - Barueri - SP - CEP 06460-060 - FAX (011) 7295-1056



# Grauteamento Químico

## Misturar Tem Ciência

CALDAS DE CIMENTO

Uma boa calda necessita de um bom misturador.

### Joaquim Rodrigues



Dentro do contexto da estabilização de solos e rochas, o grauteamento significa a injeção de líquidos quimicamente ativados ou de suspensões aquosas de sólidos através de tubos introduzidos no meio do que se deseja tratar, de modo a deslocar o fluido de seus poros, solidificando e modificando as propriedades daquele ambiente. Os serviços de grauteamento ou injeção em solos, concretos e rochas dependerão da interação das propriedades destes meios — permeabilidade, porosidade, tamanho e forma dos poros e das propriedades dos fluidos no interior destes poros e suas tensões efetivas com as das caldas ou grauts químicos — viscosidade, resistência cizalhante e o tamanho de sua partícula. Esta interação controlará a injeção ou o grauteamento.

O microcimento introduziu o que podemos chamar “revolução nas obras de injeção de caldas de cimento”. Seu estado coloidal, decorrente de sua finura, necessitando de equipamento apropriado para sua elaboração e, propriamente, para a injeção. Na realidade, para trabalhar-se com as caldas tradicionais feitas com cimento portland, promove-se a mistura no misturador e, a seguir, faz-se o bombeamento. Teoricamente, seria este o resumo da atividade do grauteamento. Correto? Não totalmente.

Os misturadores tradicionais projetados com discos dentados, ou pás produzem caldas ou grauts ruins. Considerando-se que as caldas feitas com cimento portland são bastante limitadas, é tolerável (até certo ponto) a produção destes materiais

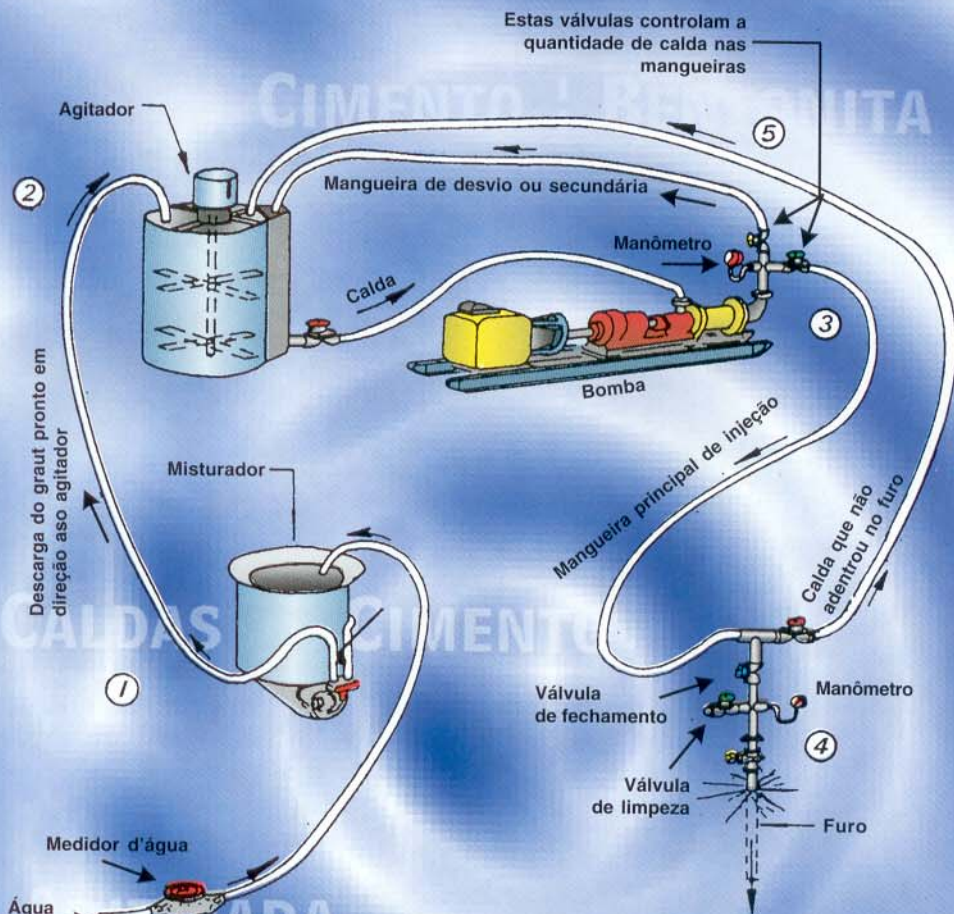


Figura 1 - Esquema do equipamento de grauteamento.

com estes misturadores. A potencialidade do microcimento, por sua vez, não admite isto, sendo necessária a utilização de equipamentos específicos, sem o que, comprometer-se-á a atuação deste produto e o prejuízo virá atrás. Esta matéria mostrará a evidência da necessidade do equipamento adequado para o trabalho com este fantástico produto chamado microcimento, além da otimização dos serviços com as caldas tradicionais.

### O Equipamento Correto e Suas Funções Principais

O equipamento básico para a produção e injeção de grauts à base de cimento é mostrado na figura 1. Setas indicam a direção do fluxo e os números dentro dos círculos mostram as seguintes etapas do processo:

- 1 - O misturador faz a mistura adequada dos componentes.

continua na pág. 30



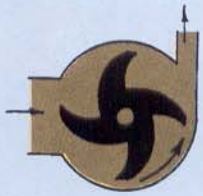


Figura 3 - Rotor de alta velocidade.

- 2- O material é enviado para o agitador que estoca adequadamente o graut produzido.
- 3- A bomba puxa o graut do agitador e bombeia-o para o furo.
- 4- As válvulas de controle e o manômetro, junto à entrada do tubo vertical, controlam a quantidade do graut que é enviado para o furo.
- 5- O excesso de material, que não adentrou para o furo, circula de volta para o agitador, para posterior uso.

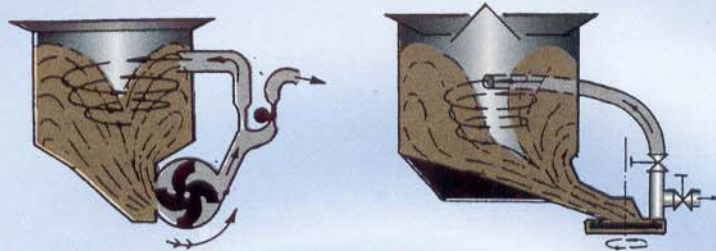
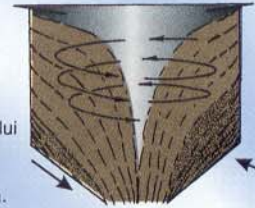


Figura 2 - Os tipos de misturadores coloidais.

micro fração das partículas ainda não misturadas.

A função do compartimento de turbilhamento

O compartimento de turbilhamento (figura 4) é longo o suficiente para despejar os in-



A fração espessa flui de volta à bomba centrífuga.

Fração espessa do graut.

Figura 4 - Tanque cilíndrico vertical do misturador coloidal evidenciando a formação do vórtice.

## O Misturador

Este equipamento é tão importante quanto a bomba e faz a mistura dos ingredientes do graut, que é composto pelo cimento, a água e aditivos pré-dosados antes de serem lançados dentro do misturador. Como dissemos, a performance do grauteamento depende essencialmente do misturador, que poderá ser de alta, média e baixa qualidade.

### Misturadores que produzem grauts de alta qualidade

Recebem o nome de "coloidal", "alta velocidade", "alto poder cizalhante" ou combinações destes nomes. O rotor de alta velocidade gira a mais de 1.500 revoluções por minuto (rpm) em um compartimento próprio, promovendo o turbilhão que o realimenta.

O tempo de mistura (mínimo) é de 15 segundos nos misturadores mais eficientes e acima de 1 minuto ou mais nos demais (figura 2). Após a mistura, o rotor pode ser usado para bombear o graut produzido em direção ao agitador. Esta pressão de bombeamento é suficiente para manter a alta agitação do graut produzido no misturador. O rotor de alta velocidade (figura 3) produz violenta turbulência e uma ação altamente cizalhante, promovendo uma rápida e completa mistura.

O fluxo veloz provocado pela força centrífuga aplica forças tangenciais à calda, dentro do estreito cilindro vertical, à medida que a bomba arremessa-o lateralmente de encontro às paredes do tanque, pulverizando a



Misturador Coloidal.



Agitador de pás.

ingredientes que formarão a calda e que são puxados para dentro da câmara do rotor em uma corrente contínua, promovendo a mistura. O turbilhão atua como um separador centrífugo onde as porções mais leves como a água e aquele graut parcialmente hidratado movem-se para dentro da garganta (do vórtice), ao passo que as porções mais pesadas são mandadas para fora.

A velocidade da mistura e sua alta capacidade de produção são os melhores atributos destes equipamentos que poderão ter capacidades aproximadas de 300 e de 200 litros. Basicamente, o rotor recebe apenas o

material já hidratado proveniente da garganta do vórtice (turbilhão) que, por sua vez, lança o material relativamente pesado para a região externa do vórtice que, posteriormente, migrará para o interior da garganta sob a influência de um forte processo de separação centrífuga. As múltiplas passagens através do rotor produzem um graut de alta qualidade, tornando-se tão homogêneo e uniforme que a ação centrífuga não poderá mais provocar a separação dos materiais de diferentes densidades que formam o graut. Nesta altura, a superfície do turbilhão apresentar-se-á lisa e uniforme. O vórtice também ajuda a promover uma rápida assimilação dos ingredientes quando do seu lançamento na água. A aba lateral inclinada do compartimento de alguns misturadores serve para interromper o turbilhão, evitando pequenos vórtices e impedindo o splash da água. Usualmente utilizam-se motores entre 15 e 22HP, podendo ser elétricos, pneumáticos, diesel ou hidráulicos.

### Misturadores de média qualidade

Estes misturadores são geralmente baratos e mais compactos. No entanto, a economia inicial certamente será compensada por uma baixa produção, por um material de qualidade deficiente que redundará num serviço comprometido pelos objetivos não alcançados. Genericamente levam o nome de misturador "combinado". Seu rotor opera entre 700 e 1.000rpm, sendo helicoidal e operando quase sempre no fundo do compartimen-



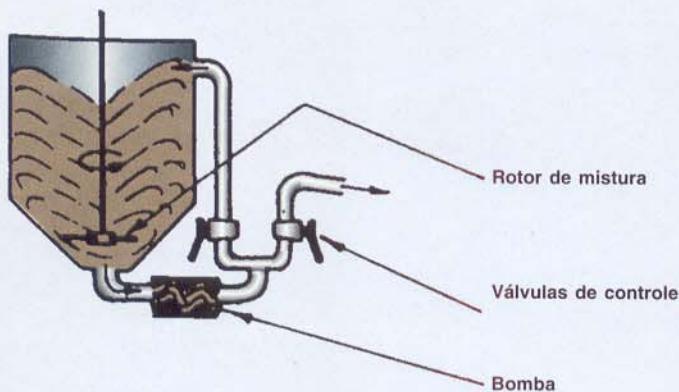


Figura 5 - Misturador "combinado", formado pela bomba tipo rotor helicoidal, tendo motor com cerca de 3HP.

to. Certas bombas são, na verdade, acionadas pelo próprio rotor. O tempo médio de mistura é de 3 minutos. Após a mistura, a bomba poderá descarregar o material para um agitador ou diretamente para o furo a ser injetado. O rotor rapidamente mistura o conteúdo da parte inferior do tambor, formando, na maioria das máquinas, um fraco turbilhão, com insuficiente ação centrífuga para separar as diversas densidades do graut em formação. Claro que alguns misturadores bem projetados poderão produzir um graut eficiente. A maior deficiência neste tipo de misturadores é a falta do alto poder cizalhante que, desta forma ajuda a promover a separação total do aglomerante e, portanto, a total hidratação de seus grãos.

#### Misturadores de baixa qualidade

De um modo geral, como já se pode perceber, os misturadores à base de pás ou hélices são os vilões de nossa história, pois realmente promovem caldas ou grauts de baixa qualidade. São caracterizados por pás ou hélices que giram em um reservatório, com baixa rpm, fraca ou nenhuma ação cizalhante e com reduzida energia misturadora. Seu tempo de mistura médio é de 5 minutos.

Os misturadores à base de pás não oferecem muita variação, pois têm pás junto ao fundo que "varrem" quase todo o volume do reservatório, oferecendo uma agitação principal a partir do material junto às pás, que se mistura com o graut próximo, formando um movimento relativamente fraco dentro do tambor. O movimento é mais efetivo para grauts ou caldas finas do que para as grossas. A rotação do sistema varia de 100 a 700rpm e são bastante similares aos agitadores citados anteriormente e, como se pode perceber, são tão simples que não têm como modificar sua performance.

Por outro lado, os misturadores com hélices ou discos dentados promovem uma ação misturadora forte, com formação de vórtice, principalmente nas caldas mais fluídas. A ação principal de mistura fica situada, logicamente, próximo à hélice, com formação de um movimento intenso em todo o tambor, mas que, na verdade, ainda assim pode oferecer uma mistura bastante heterogênea. O misturador com hélice ajustável diminui a probabilidade da ocorrência de misturas muito ruins já que o operador poderá movimentar a hélice em todas as partes do reservatório. De um modo geral, ocorre a deposição de cimento junto às bordas do fundo do reservatório.

#### Como fazer uma boa calda

Um ótimo resultado só é obtido quando o equipamento utilizado for capaz de produzir uma calda mantendo o estado coloidal do graut.

*continua na pág. 34*



## ...É VOCÊ ACABOU DE PASSAR O EPÓXI EM SEU PISO...

Proteja seu piso de concreto contra a ação de ácidos (com grande concentração) e substâncias fortemente alcalinas com o EPÓXI INDUSTRIAL N° 29. Moderníssimo sistema de epóxi novolac e éster vinílico, made in USA, especialmente projetado para suportar tudo aquilo que os melhores epóxios não conseguem suportar.

Ataque Químico não mete mais medo.

**Aplique  
Epóxi Industrial n° 29**

Consulte-nos!

**poxy**  
INDUSTRIES, INC.

Fax consulta n° 271



Este equipamento precisa, claro, ser operado em uma velocidade apropriada para a obtenção de uma calda ou graut homogêneo e disperso. A baixa qualidade da mistura, normalmente, promove a formação de grumos visíveis ou micro-grumos na calda que, invariavelmente, provocará o entupimento do furo que está sendo injetado. Para grauteamentos com caldas de cimento que exijam grande responsabilidade (qual é o que não é?), particularmente aqueles executados em rochas ou concretos com finas fissuras ou mesmo solos finos. Exige-se misturadores com alta relação cizalhante. Os misturadores de pás e hélices não cizalham suficientemente bem a calda, de modo a pulverizar micro grumos formados pela hidratação incompleta de pequenos conjuntos de partículas, produzindo-se, com isso, caldas com grande exsudação, sedimentação e filtração. Uma dosagem inadequada, com formação de um graut mais espesso, também conduz a um entupimento do furo. Esta situação é evidente quando se trabalha com grauts ou caldas bentoníticas, de cimento, misturas de um e de outro e particularmente quando um saco do produto ou parte é adicionado ou mesmo quando se injeta uma calda extremamente fina em um buraco adjacente. Considerando a existência de um bom misturador, adequado à qualidade da sua obra, poder-se-á sugerir o seguinte:

- Ponha a quantidade de água necessária, bem medida, é claro.
- Ligue o misturador e ponha-o na máxima velocidade.
- Os aditivos, são introduzidos nesta etapa.
- Ponha o cimento. Não use sacos de cimento pela metade.
- Se outros materiais forem necessários, como areia por exemplo, ponha-os agora.
- Misture o graut de acordo com o tempo pré-estabelecido.

### E as Bombas?

As duas bombas mais comumente utilizadas são as de eixo helicoidal e as de pistão, sendo que as primeiras estão entre as mais utilizadas.

#### As bombas de eixo helicoidal

Produzem um graut com fluxo contínuo e uniforme para dentro do furo, usualmente à pressão constante e com propulsão direta, isto é, sem caixa de transmissão. Sua alimentação pode ser elétrica, a ar comprimido ou com motor à explosão. Geralmente utilizam-se estas bombas para serviços com



### Como conhecer uma boa calda

Um teste simples é verter em uma tigela rasa e estreita cerca de 3cm de altura do graut produzido. Deixe esta amostra em repouso até o dia seguinte. Então abra um furo (vertical) no material endurecido. Se você constatar várias camadas na amostra, a calda é de baixa qualidade. Uma calda ou um graut de boa qualidade se mostra totalmente uniforme ao longo de toda a sua seção, além do que apresenta pouco peso. De um modo geral, os grauts de boa qualidade apresentam as seguintes propriedades:

↑ Os grãos de cimento são separados um dos outros. Não há grumos.

↑ Cada grão de cimento é totalmente hidratado, formando-se um filme d'água no seu em torno.

↑ Desta forma, e somente com esta condição, obter-se-á a ativação química de cada partícula, conseguindo-se total resistência e a durabilidade necessária, principalmente para a penetração em trincas finas ou em solos finos.

água, cimentos e bentonitas. Entretanto, poderão também bombear, adicionalmente, areia com adequada granulometria que, como sabemos, pelo seu poder abrasivo aumentará o desgaste da bomba. De um modo geral, quando se necessita utilizar areia no graut, a escolha cai numa bomba de pistão.

#### As bombas de pistão

Os grauts ou misturas com areia são adequadamente bombeados com este tipo de bomba, geralmente para preencher grandes vazios subterrâneos ou aqueles formados atrás de revestimentos pré-moldados ou de aço em túneis e galerias. Uma desvantagem das bombas a pistão é o fato de promoverem uma pressão pulsante que torna difícil o seu controle quando se necessita de pressões baixas ou simplesmente constantes.

Para ter mais informações sobre grauteamento químico.

Click aqui:  
<http://www.thomastec.com.br>

Fax consulta nº 374

Se você tiver alguma questão acerca desta matéria, por favor, envie-nos seu fax consulta, não esquecendo de citar, especificamente, o que deseja discutir.

### REFERÊNCIAS

- Carlos Alberto Monge é engenheiro civil, especialista em serviços de recuperação.
- Baker, W.H. "Planning and performing structural chemical grouting". Proceedings, Conference on Grouting in Geotechnical Engineering, American Society of Civil Engineers.
- Bruce, D.A., Granata, R., Mauro, M., and Cippo, A.P. "Some recent developments in ground treatment for tunnelling". Proceedings, Rapid Excavation and Tunneling Conference, Society for Mining, Metallurgy, and Exploration.
- Cambefort, H. "The principals and applications of grouting". Quarterly Journal of Engineering Geology.
- Houlsby, A.C. "Cement grouting: Water minimizing particles". Proceedings, Issues in Dam Grouting, W.H. Baker, ed., American Society of Civil Engineers, New York.
- Hunt, R.E. Geotechnical engineering investigation manual. McGraw-Hill.
- Mitchell, J.K. "In-place treatment of foundation soils" Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, American Society of Civil Engineers.
- Moller, D.W., Minch, H.L., and Welsh, J.P. "Ultrafine cement pressure grouting to control ground water in fractured granite rock". SP 83-8, American Concrete Institute.

## RECONCRET

Engenharia de Recuperações e Estruturas Ltda

- RECUPERAÇÃO DE ESTRUTURAS
- REFORÇO ESTRUTURAL COM UTILIZAÇÃO DE FIBRA DE CARBONO
- INJEÇÃO DE GROUT QUÍMICO
- TRATAMENTO DE CONCRETO APARENTE
- IMPERMEABILIZAÇÕES

Avenida Eusébio Matoso, 422 - São Paulo  
Fone: (011) 212-2877 FAX: (011) 813-8527