

# ENGENHARIA DIAGNÓSTICA: O NOVO RADAR QUE INVESTIGA SOLOS E CONCRETOS.



Cada vez mais inovador, o radar aplica-se em todas as fases da obra.

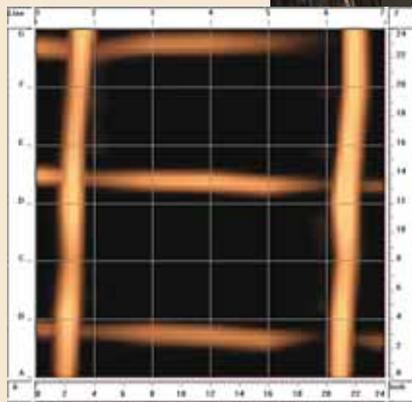


ANÁLISE

Patrícia  
Karina Tinoco

**A** engenharia diagnóstica acaba de ganhar mais um equipamento extraordinário, o radar. Extremamente útil na investigação de solos e concretos. No radar com pulso convencional (em inglês radio detection and ranging) pulsos de energia eletromagnética propagam-se no ar e refletem em objetos. As ondas de rádio também “viajam” em meios sólidos, levemente condutores, como o concreto e os líquidos. A facilidade ou dificuldade com que a energia eletromagnética atravessa estes materiais baseia-se na permissividade e na condutividade elétrica. Evidentemente, há uma enor-

Continua na pág. 6

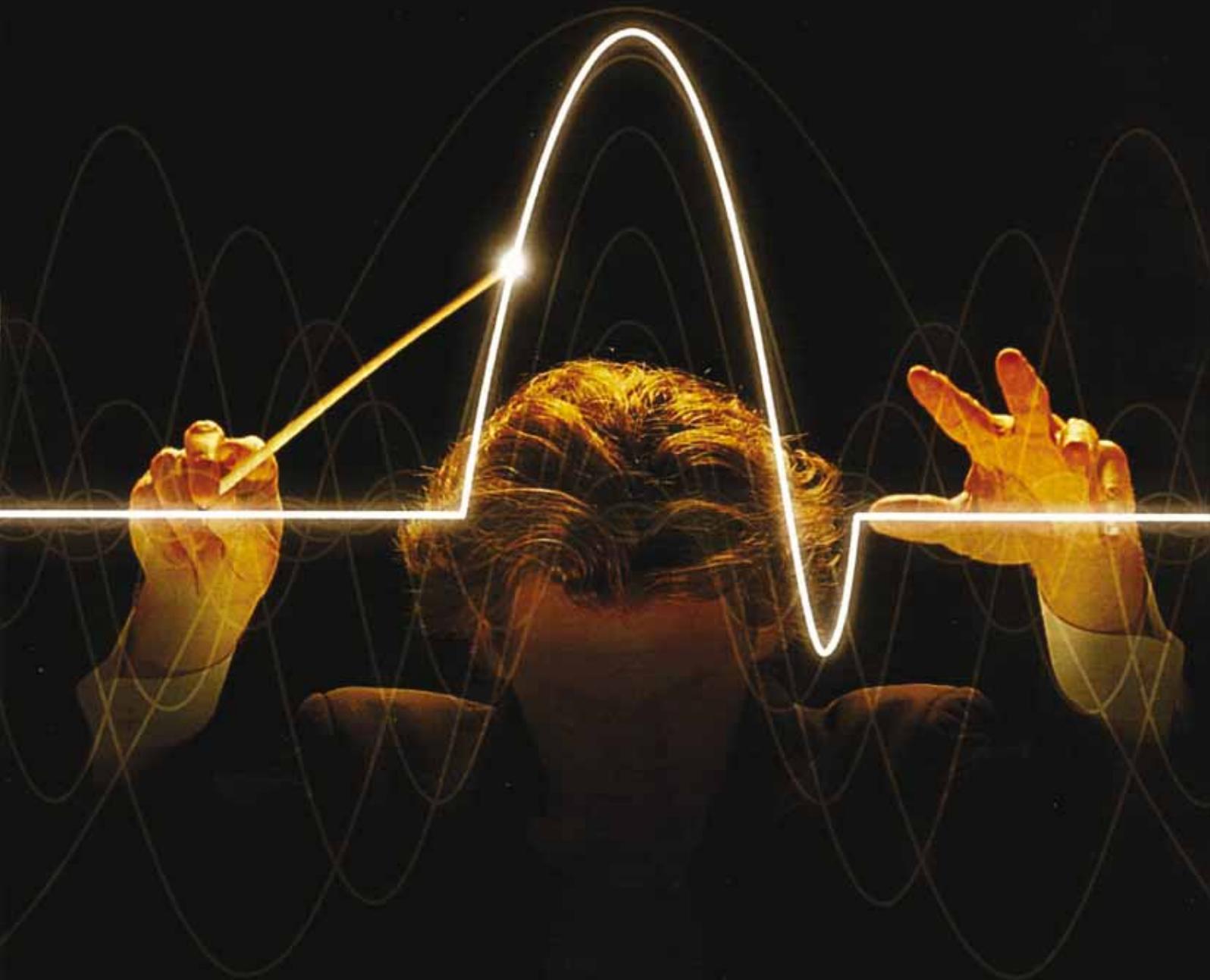


Detalhe das armaduras evidenciadas pelo radar.



O radar escaneando as armaduras de um piso industrial.

# O novíssimo Radar 3D com Frequência Escalonada Apresenta



## Diagnóstico Estrutural, Geotécnico e Ambiental (DEGA)

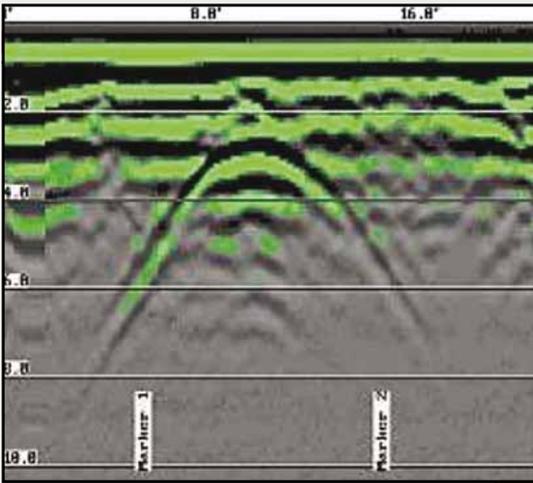
Nossos radares, equipados com programas específicos em 3D, com frequência escalonada, realizam análises precisas e reveladoras tão espetaculares quanto as melhores obras musicais. Não perca.

Soluções para



**.E.G.A.**

(0XX21) 3154-3250  
produtos@recuperar.com.br  
Fax consulta nº 02



Hipérbole indicando a localização da tubulação.

me atenuação da energia eletromagnética nestes materiais, principalmente quando encontram-se molhados ou contêm sais limitando sua atuação, principalmente em relação à profundidade de propagação. Basta uma leve mudança na propriedade magnética ou elétrica para que a energia reflita, revelando a existência de uma interface e, naturalmente, materiais diferentes. Esta intensidade com que a energia reflete é proporcional à diferença entre as propriedades. Observa-se maior intensidade de reflexão através de materiais com características metálicas, solos contaminados com metais pesados, armaduras e cabos de protensão, identificando-se com facilidade também, interfaces entre materiais secos, conhecidos como de baixa permissividade e molhados, como de alta permissividade.



Deteção de dutos com antena blindada de 500MHz.

### Radar de solo e de estruturas

A utilização do radar para investigar solos lhe confere a característica de radar de penetração de solos, GPR, (do inglês ground penetrating radar) o qual possui uma variedade de técnicas com utilização de ondas eletromagnéticas com frequência que va-

riam de menos 10megahertz até 3gigahertz, podendo-se investigar praticamente tudo, desde características de fundação de um pavimento, tubulações ou objetos enterrados até processos de contaminação em solos. Mas o que separa um radar de análise de estruturas de um de investigação de solos? São as antenas utilizadas. O radar de investiga-

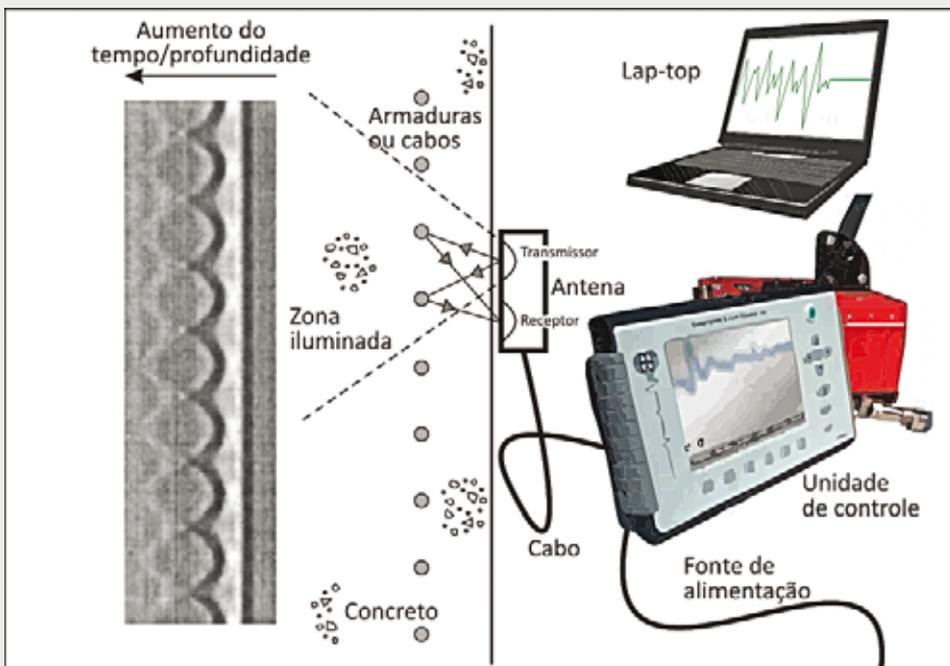
**TECNOLOGIA?**

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

**Evite isto!**

**Só com semi-pilha CPV-4**

Tele-atendimento  
(0XX21) 3154-3250  
produtos@recuperar.com.br  
Fax consulta nº 03



Radargrama típico na investigação de uma estrutura de concreto armado.

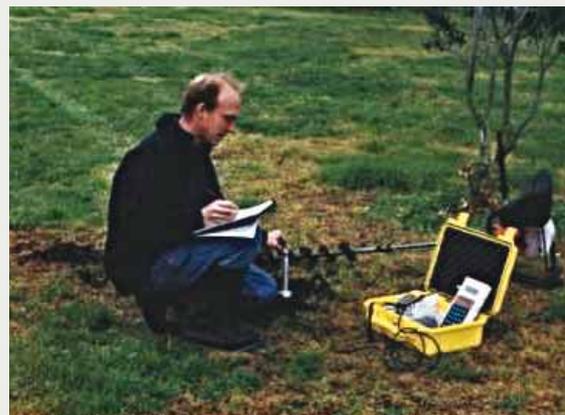
ção de solos, ao contrário do radar para estruturas, que produz um feixe direcional bastante limitado, promove enorme volume “iluminado”, na forma de cone, “varrendo” ou identificando praticamente tudo, através do mecanismo de reflexão e identificação de interfaces.

### O equipamento

A maioria dos radares GPR emite, de sua antena, pulsos de energia eletromagnética com frequência de rádio em direção a região a ser investigada. Sua antena receptora,

de prontidão, detecta toda a energia refletida nas interfaces existentes da região em apreço. Repare na figura que todo radar utilizado no repairbusiness de estruturas possui antenas de transmissão e recepção em um mesmo compartimento, além de computador para processamento e estocagem de dados, necessariamente com tela digitalizada. A utilização de antenas de alta frequência promove melhor resolução, porém com pouca penetração. Baixas frequências, por outro lado, impõe mais penetração, mas com resolução não tão boa. A sistemática de aplicação das antenas é feita estabelecendo-se,

preliminarmente, linhas cruzadas ou uma malha em cruz sobre a superfície do volume a ser investigado. O equipamento mostrado na figura, dispõe de antenas acopladas, próprias para rolar sobre a superfície, fazendo com que toda a energia eletromagnética seja irradiada para dentro do meio a ser investigado. O comportamento deste tipo de antena é fortemente influenciado pelas propriedades dielétricas do meio a ser analisado. Por exemplo, se está seco ou molhado. Existem, no mercado, equipamentos com antenas que podem ser dispostas um pouco mais afastadas da superfície, podendo acoplá-las na traseira de veículos, possibilitando rapidez na investigação do solo sob pavimentos, checagem da condição estrutural da superestrutura de pontes e viadutos etc. As duas metodologias não produzem resultados idênticos. Contudo, apresentam vantagens e limitações também.



Medidas da permitividade dielétrica e da condutividade elétrica de um solo contaminado.



**Tecnologia e Qualidade em Investigações.**  
Este é o nosso Diferencial.

**tel.: (21) 3154-3255**

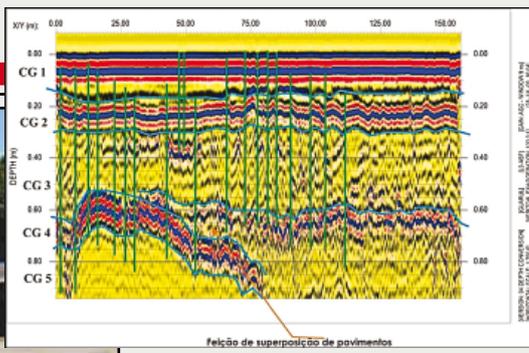
atendimento@ipacon.com.br  
www.ipacon.com.br

## GEOTECNIA

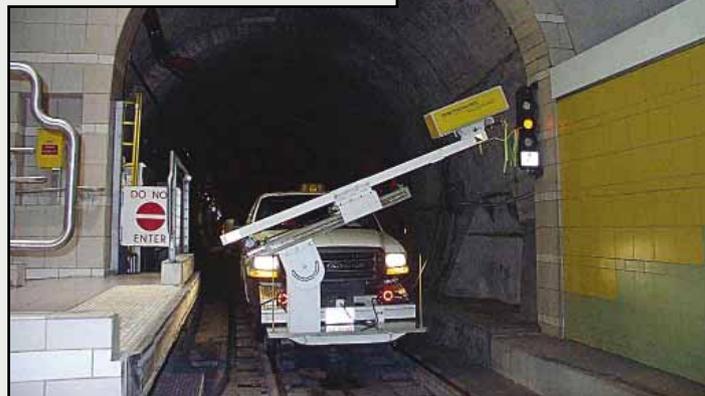
- PDA - Prova de Carga Dinâmica (NR-13208).
- PIT - Ensaio de Integridade.
- Prova de Carga Estática (sapatas e estacas).
- Controle de Recalques.
- Acompanhamento Técnico da Execução.
- Ensaios CPT-CPTU/PIEZOCONE (medida de pressão neutra).
- Ensaios DMT - “Dilatômetro de Marchetti”.
- Ensaios “Vane Test”.
- Sondagem SPT e SPPT.
- Ensaios DPL - Penetrômetro Dinâmico Leve.
- Ensaios de Perda D’água.
- Avaliação e Seleção de Áreas.
- Laudos Geológicos - Geotécnicos.
- Instalação de Poços de Monitoramento.
- Instalação de Inclinômetros e Piezômetros.



Levantamento com georadar (antena blindada de 800 MHz) para avaliação estrutural e estratigráfica em pavimento rígido e flexível.



Radargrama com apresentação dos resultados processados e interpretados (CG= camada geofísica).



GRP é um equipamento super eficiente para determinar a condição do revestimento de túneis, inclusive presença de vazios, fontes de umidade, deslocamentos etc.

## RESISTIVIDADE DO CONCRETO?

O novo medidor de resistividade RG-3000 é simples e revolucionário. Enquanto os tradicionais trabalham na superfície com 4 eletrodos, o RG-3000 utiliza apenas 2 eletrodos que são inseridos no concreto. Por quê? Porque processos de carbonatação e outras contaminações afetam seriamente a resistividade superficial o que, hoje, deve ser evitado. Os dois eletrodos do RG-3000 são espaçados de 5cm, bastando fazer os furos no concreto, preenchê-los com gel condutivo e inseri-los para obter a real resistividade do concreto. Simples e eficiente.



**RG-3000**  
Tele-atendimento  
(0XX21) 3154-3250  
produtos@recuperar.com.br  
Fax consulta nº 04

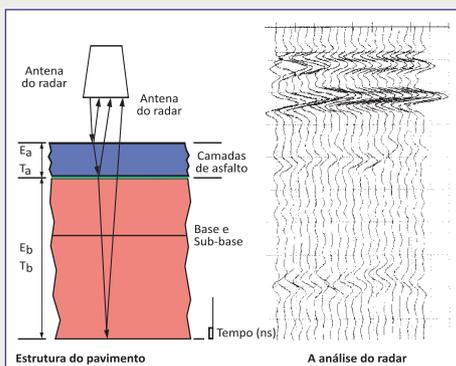
# MEDIDOR DE RESISTIVIDADE DO SOLO



## TR-SR2

Tele-atendimento  
(0XX21) 3154-3250  
fax (0XX21) 3154-3259  
produtos@recuperar.com.br  
Fax consulta nº 05

O medidor de resistividade do solo SR-2 é altamente preciso e muito fácil de usar. Projetado para uso com 2 ou 4 pinos (Wenner) para medir a resistência do solo. Com seu display digital nos fornece uma fácil leitura dos dados e é ajustado em escala ohm.



O radar na identificação da estrutura do pavimento.

Os resultados obtidos devem ser comparados e, naturalmente, analisados com o objetivo de se obter a real condição da região estudada.

### Trabalhando com o radar

No radar equipado com antena tipo transmissão/recepção de alta frequência, próprio para investigar superfícies de estruturas de concreto armado/protendido, poder-se-á incorporar uma roda odométrica, de modo a registrar o comprimento analisado, facilitando o serviço posterior de investigação. De outra forma, poder-se-á investigar as peças estruturais riscando-as de metro em metro, previamente, e escaneando-as a seguir, a fim de se poder interpretar os resultados de campo com a posterior análise no escritório.

Indiscutivelmente, qualquer outro equipamento não destrutivo utilizado na investigação, como ultrassom, eco-impacto, esclerômetro etc, só adicionará mais informações acerca das condições da estrutura, pois o cruzamento de resultados é surpreendente. Mas, quais são as informações que o radar poderá fornecer em estruturas de concreto armado/protendido? Uma vez bem calibrado, fornecerá:

- Espessura da camada de recobrimento;

- Espaçamento e posição de armaduras e cabos de protensão;
- Alterações na permissibilidade indicam variações relativas de impregnação de umidade ao longo da estrutura;
- Monoliticidade, ou seja, presença de trincas, ninhos de concretagem, vazios etc.
- Em circunstâncias favoráveis, poder-se-á identificar regiões da estrutura que estejam quimicamente contaminadas, principalmente estruturas industriais e marítimas.

No setor de solos, o radar tem inúmeras aplicações. As principais são: identificação de tubulações e estruturas enterradas, bolsões de solo contaminados, elementos de fundação como sapatas, estacas e outros, reconhecimento do solo consolidado em relação ao solo mole etc.

### As vantagens do radar

Trata-se de um equipamento que permite uma análise não invasiva, rápida, evidenciando resultados no instante da análise em sua tela. Poder-se-á trocar suas antenas, rapidamente, na própria obra, de modo a alterar a frequência e, portanto, seu alcance e resolução. Ou seja, poder-se-á investigar a estrutura de concreto armado-protendido e, depois, o solo de sua fundação. São equipamentos 100% portáteis e sua utilização necessita apenas a investigação por um único lado.

### Pesquisando o radar

De prático apenas existe a norma ASTM D4748-98, "Método padrão para determinar a espessura das camadas de pavimentos utilizando radar". Há guias técnicos muito bons como o Matthews S.L.. "Ap-

plication of subsurface radar as a investigative technique", London, CRC, BRE report BR 340, o The Concrete Society, "Guidance on radar testing of concrete structures", 1997, technical report 48, o Building Research Establishment, "Sub-surface radar as a tool for non-destructive testing and assessment in the construction and building industries" e, finalmente, o Daniels D.J., "Surface - Penetrating Radar".

fax consulta nº 06



**RECUPERAR**

Para ter mais informações sobre Análises.

www.recuperar.com.br

### REFERÊNCIAS

- Patricia Karina Tinoco é engenheira civil, especialista em química e física da construção.
- Brunson, L. K., Camacho, J. P., Doolan, W. M., Hinkle, R.L., Hurt, G. F., Murray, M. J., Najmy, F. A., Roosa Jr., P. C., and Sole, R. L., 2001, Assessment of compatibility between ultra-wideband devices and selected federal systems: NTIA Spec. Pub. 01-43, (<http://www.ntia.doc.gov>).
- NTIA, 2001, NTIA Manual of Regulations & Procedures for Federal Radio Frequency Management (January 2000 Edition with January/May/September 2001 Revisions), U. S. Gov. Printing Office S/N 903-008-00000-8, Washington, DC, and at <http://www.ntia.doc.gov>.
- RTCA Special Committee 159, 2001, Second interim report to the Department of Transportation, Ultra-wideband technology frequency interference effects to global positioning system receivers and interference encounter scenario development: RTCA Paper Mo. 086-01/PMC-139, 77p. + corrigendum (available in FCC comments).
- Olhoft, G. R., 2000, Maximizing the information return from ground penetrating radar: J. Appl. Geophys., v. 43/2-4, p. 175-187. (see appendix on cell phone interference).

**RENEW**  
Tele-atendimento  
(0XX21) 3154-3250  
produtos@recuperar.com.br  
Fax consulta nº 07

O assassino da Reatividade Alcali-Agregado (RAA)

RENEW  
TRATAMENTO DA REATIVIDADE ALCALI-SILICA

# SOLOS ARGILOSOS. O QUE PRECISAMOS SABER PARA CONSTRUIR SOBRE ELES? (II)

CADA VEZ MAIS SE INTENSIFICA A PRESENÇA DE SOLOS MOLES, DE POUCA OU NENHUMA CAPACIDADE DE CARGA, QUE ACABAM POR EXIGIR MAIS CONHECIMENTOS GEOTÉCNICOS DE ENGENHEIROS E TÉCNICOS.

SOLOS



Jorge Luiz  
F. Almeida

Serviços de Consolidação Profunda Radial (CPR), na fase de cravação dos geodrenos, na obra do Rodoanel (SP).



Li a respeito de um show do Gilberto Gil em que, depois de muito cantar, começou a discorrer sobre a vida, antes de encerrar a noite com o bis. Mas parece que a platéia não gostou muito. “Para de falar e canta!” Alguns gritaram lá de trás. Gil se irritou, lógico. Quem atura grosseria? Eu estranho é quando o artista não dá um pio. Entra no palco, canta, canta, canta, dá boa noite e vira as costas. Não que seja obrigatório falar. Isto é só para fazer uma comparação entre a informação de livros técnicos que chegam às nossas mãos e explicam apenas o essencial ou trivial, deixando de comentar nuances e detalhes acerca deste ou daquele assunto, o que muitas vezes deixam os leitores com mais dúvidas do que antes.

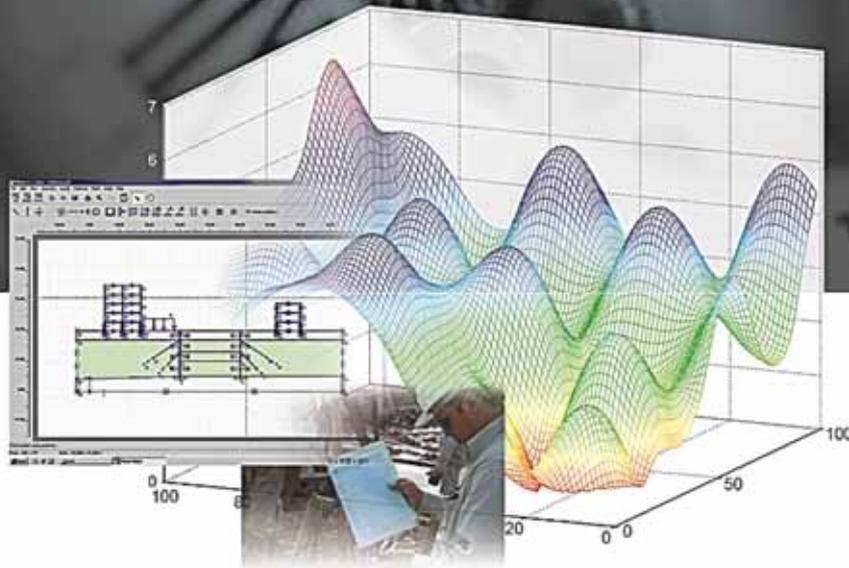


O CPR sendo analisado com sondagem CPT (Piezocone) numa obra em Salvador. Na foto menor um teste rápido, após a escavação do solo consolidado, testando-o através de penetração com barra. Este solo era o fundo de um lago. Repare que já não existe mais água no solo.

# CPR<sup>®</sup>

Tratar solos moles exige precisão e segurança

Todo solo de fundação exige condições geotécnicas estáveis e precisas, o que se traduz em um investimento sujeito a risco. A presença de solos moles, com valores de SPT inferiores a 5, implica em soluções que podem durar meses e até anos e, assim mesmo, apresentam algum risco, seja ambiental ou de recalques inesperados. A consolidação Profunda Radial (CPR) é a resposta para o melhoramento de solos moles, pois promove a segurança necessária à presença de deformações laterais e recalques imediatos, além de, principalmente, induzir um intenso e seguro processo de adensamento, muito superior ao exigido pelo futuro projeto, eliminando qualquer possibilidade de recalques imediatos, primários e secundários. Tudo isto, com o acompanhamento preciso de sondagens CPT, piezométricas e, principalmente, pressiométricas, com respostas antes, durante e depois dos serviços executados. Ou seja, com a precisão e a segurança de um bom relógio Suíço.



## Consolidação Profunda Radial

CPR. Nunca uma técnica de melhoramento de solo mole explorou tão extraordinariamente sua deformabilidade e compressibilidade, impondo alterações de tensões / recalques a cada metro de profundidade.

Tele-atendimento  
(0XX21) 3154-3250  
Fax consulta nº 09

É assim com solos argilosos saturados, particularmente os considerados moles. Poucos engenheiros civis sabem sobre seu comportamento, em especial sobre os três tipos de recalques manifestados por este solo tão especial, cada vez mais presente em nossas vidas. Na edição passada, abordamos, com bastante detalhes, o primeiro dos recalques que se manifesta nos elementos de fundação ou aterros posicionados sobre argilas compressíveis saturadas: o recalque imediato. Nesta edição abordaremos, também com muitos detalhes, o segundo tipo de recalque que se manifesta neste tipo de solo: o recalque primário ou

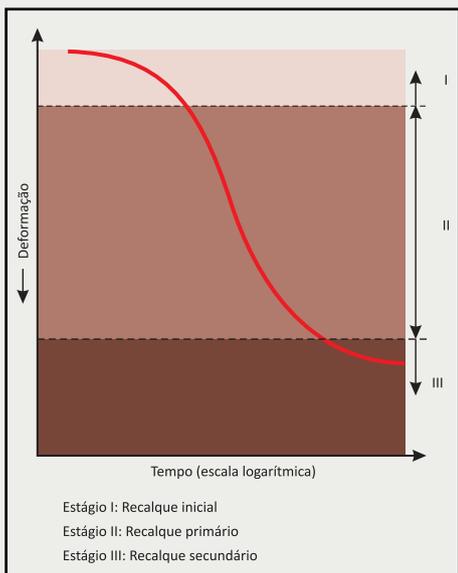


Gráfico tempo-deformação de um solo mole tensionado.

recalque de consolidação. Alguns autores também o chamam de consolidação primária. O termo *consolidação* pode e deve ser substituído por adensamento.

### O recalque primário

O peso da estrutura provoca tensão no solo mole argiloso saturado, seja orgânico ou não. Inicialmente, toda tensão imposta ao solo compressível é suportada pela pressão neutra ou intersticial que cresce, induzindo, na hora, o recalque imediato. Como a condutividade hidráulica da argila é extremamente pequena, ocorre o aumento da pressão neutra, fenômeno este conhecido como excesso de pressão neutra ( $u_e$ ) que tende a diminuir com o tempo, na medida em que, muito lentamente, a água flui pelo solo compressível. Este movimento d'água, dentro da massa do solo argiloso mole saturado, que possui



A colocação de aterros sobre solos moles provoca, de imediato, a formação do recalque imediato (apresentado na edição anterior). Repare o levantamento do solo à esquerda da foto.

baixíssima permeabilidade, o deforma, provocando recalques, alterando seu volume na medida em que dissipa lentamente o excesso de pressão neutra. Este fenômeno é conhecido como recalque primário ou de adensamento. Infelizmente, à medida

em que a água lentamente flui pela massa do solo argiloso saturado, elementos de fundação ou aterros submetem-se a recalques ou movimentos verticais para baixo. Isto, porque as cargas que tensionam o solo fazem-no adensar, transferindo-se

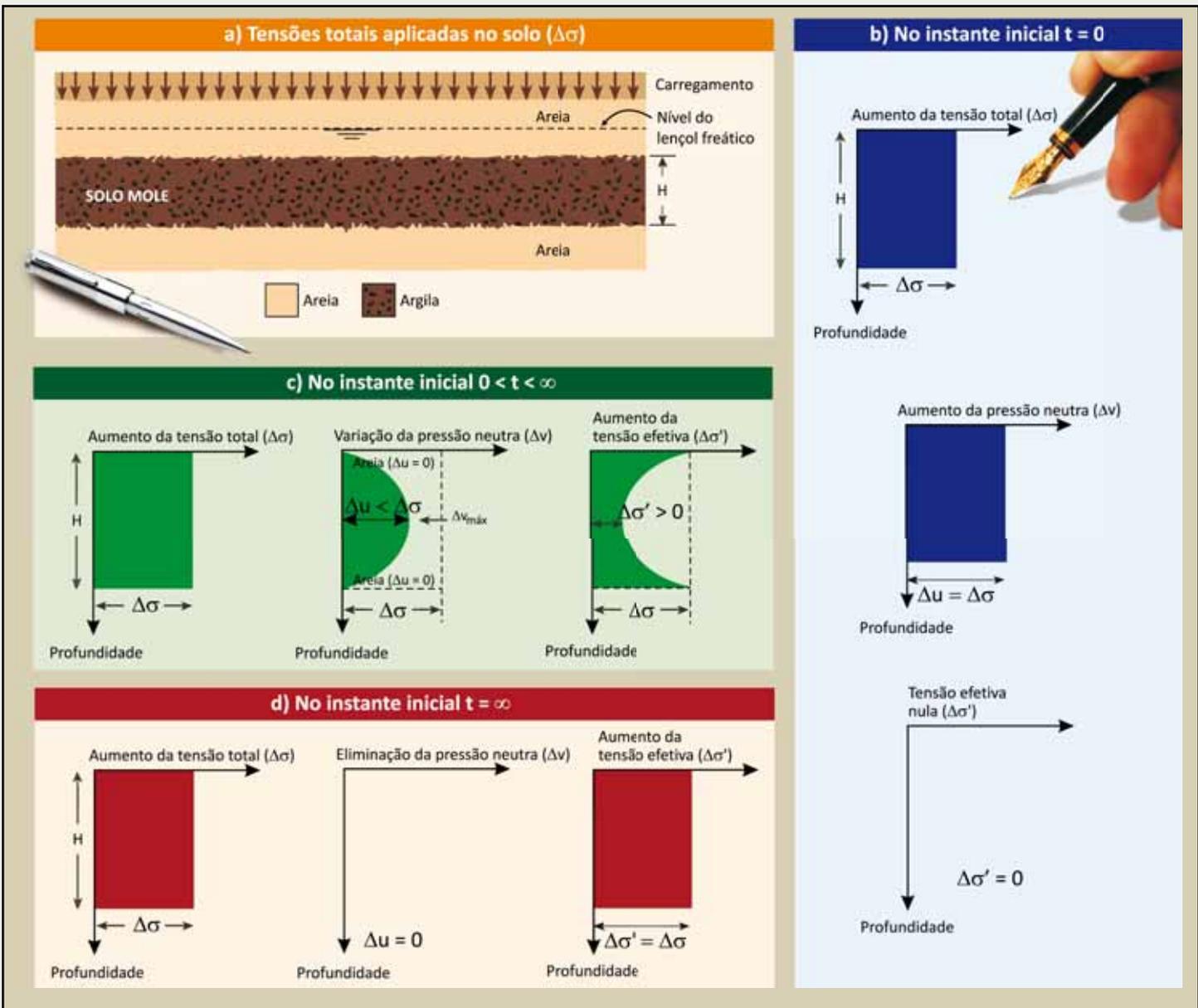


lentamente para o esqueleto formado pelas partículas do solo, aumentando ou fazendo com que ele ganhe, homeopaticamente, tensões realmente efetivas. Fica claro, portanto, que o processo de adensamento é totalmente dependente do tempo. E bota tempo nisso. Para entender melhor o fenômeno explicado anteriormente, suponha que uma camada de argila saturada de espessura  $H$ , confinada entre duas camadas

de solo rígido, seja submetida a uma carga  $q$  aplicada na superfície superior. A tensão  $q$  é inicialmente suportada inteiramente pela água intersticial, que se encontra em excesso de pressão neutra. Com o tempo, a água flui para as camadas rígidas, dissipando o excesso de pressão neutra e permitindo que a carga  $q$  seja suportada progressivamente pelo esqueleto de partículas do solo.



Sequência de fotos de cima para baixo: CPR em andamento. O nível de tensões totais média é de 8kg/cm². A execução do CPR com monitoramento do excesso e dissipação da pressão neutra, através de piezômetro de cordas vibrantes.



Variação da tensão total, da pressão neutra e da tensão efetiva em uma camada de argila drenada (no topo e na base), como resultado de uma tensão aplicada  $\Delta\sigma$ .

de areia, está sendo submetida a uma tensão total  $\Delta\delta$ . Isto significa, como vimos, que a tensão total reparte-se, em alguma proporção, entre tensão efetiva  $\Delta\delta'$  e pressão neutra  $\Delta u$ :

$$\Delta\delta = \Delta\delta' + \Delta u$$

Como sua condutividade hidráulica é extremamente baixa e a água é incompressível, no instante  $t=0$  da aplicação da carga, o incremento  $\Delta\delta$  é totalmente suportado pela água, ou seja,  $\Delta\delta = \Delta u$  em toda a profundidade do solo saturado, tornando a tensão efetiva  $\Delta\delta' = 0$ . Com o decorrer do tempo, a água dos vazios do solo é espremida, fluindo e drenando para cima e para baixo em busca das camadas de areia.

Com isto, o excesso de pressão neutra, a qualquer profundidade da argila, diminui gradualmente, fazendo com que a tensão efetiva,  $\Delta\delta'$ , comece a aparecer. Logicamente, os valores de  $\Delta u$  e  $\Delta\delta'$  variam com a profundidade, sendo totalmente dependentes do caminho da drenagem, tanto para cima quanto para baixo. Ao final de certo tempo, todo o excesso de pressão neutra será dissipado, devido à drenagem, tornando o  $\Delta u = 0$  e a tensão total imposta,  $\Delta\delta$ , totalmente efetiva, ou seja,  $\Delta\delta = \Delta\delta'$ . Este processo gradual de drenagem, provocado

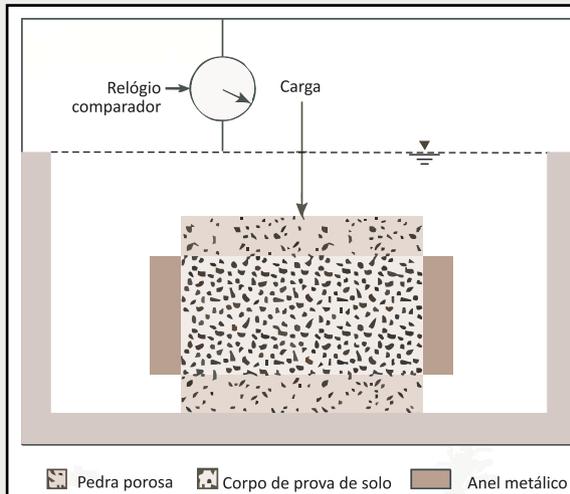
por carga, com ocorrência de transferência do excesso de pressão neutra para tensão efetiva infelizmente costuma exigir um tempo considerável, ao custo de recalques (por adensamento) significativos.



A velha técnica da substituição de solo é onerosa e não costuma dar resultados.

## Conhecendo o recalque primário (adensamento)

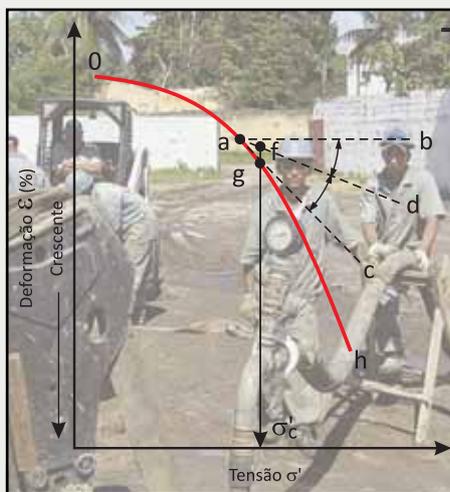
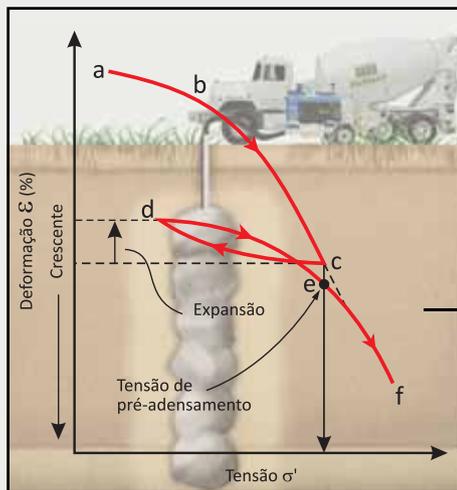
Para se conhecer as propriedades de adensamento de um solo mole, deve-se conhecer seu histórico de tensões, pois, por incrível que pareça, sua estrutura possui uma memória muito bem preservada, com todas as alterações de tensões por ele sofridas. Para conhecê-la, precisamos fazer um ensaio, chamado teste de adensamento, coletando amostras do solo a várias profundidades, utilizando um tubo Shelby. O diâmetro do corpo de prova, dividido pela altura, deverá ser igual ou maior que 2,5. Dever-se-á seguir os procedimentos da norma brasileira ou da ASTM D2435-03 (2004, "Método padrão para obtenção das propriedades de adensamento unidimensional do solo, utilizando-se incrementos de carga". O corpo de prova (CP) é colocado dentro de um anel metálico com duas pedras



(a) Diagrama esquemático de um teste de consolidação.



b) Equipamento para teste de consolidação.



Curva teórica para informar o histórico do adensamento do solo: o trecho a, b, c informa a situação original do solo antes da extração dos corpos de prova Shelby. O trecho c, d informa a porcentagem de expansão que o solo sofreu ao ser removido. O trecho d, e, f mostra o comportamento do solo ao ser carregado. Note que o ponto e representa a tensão de pré-adensamento.

Curva de adensamento obtida de uma amostra de solo mole. Repare a semelhança com o trecho d, e, f da curva teórica anterior. Nesta curva, o trecho 0a é a curva de recompressão do solo em laboratório, após a extração do CP na obra, com o recarregamento do solo em direção à sua situação original. O trecho g, h representa a chamada reta de adensamento "virgem", pois ultrapassa a tensão de pré-adensamento do solo. A razão de tamanha inclinação para o trecho "virgem" da curva, em relação ao anterior é que o solo nunca tinha experimentado tamanho nível de tensões e, portanto, com rápida tendência à ruptura, já que ultrapassou sua tensão de pré-adensamento. As retas tracejadas mostram o cálculo para a determinação da tensão de pré-adensamento: toma-se o ponto de maior curvatura da curva de adensamento. Por ele traça-se uma horizontal b, uma tangente c e a bissetriz do ângulo formado pelas duas. A interseção da bissetriz com o prolongamento do trecho "virgem" dá a tensão de pré-adensamento, com suas coordenadas de tensão e deformação correspondentes.

porosas, uma superior e outra inferior medindo, cada, 6,4mm de diâmetro e 25mm de espessura. A carga é aplicada por meio de um braço de alavanca e a compressão é

# ESTACA METÁLICA COM CORROSÃO?

Só existe uma solução efetiva e específica: **PROTEÇÃO CATÓDICA COM JAQUETA AG**. É a mais completa solução para estacas metálicas ou "tubadas", pois reúne o melhor custo-benefício em matéria de proteção catódica, associado ao mais efetivo revestimento protetor. Oferecemos planos de garantia superiores a 20 anos.

Corrosão não para.  
Interrompa este processo com segurança.

**Jaqueta AG**  
The Right Jacket.



**JAQUETA AG**  
Tele-atendimento  
(0XX21) 3154-3250  
fax (0XX21) 3154-3259  
produtos@recuperar.com.br  
Fax consulta n° 10

## A matéria orgânica presente nos solos moles

É formada pela mistura de produtos animais e plantas, em vários estágios de decomposição e/ou de substâncias formadas química ou biologicamente pela decomposição daqueles produtos e de microorganismos. Este complexo sistema que compõe a maioria de nossos solos moles pode ser dividido nos grupos dos húmicos e não húmicos. A maioria da matéria orgânica presente neste tipo de solo é do tipo húmica, formada por substâncias ácidas, polidispersas, hidrófilas e amorfas. Um exemplo claro é a matéria orgânica lá presente, num estágio extremamente avançado de decomposição, que torna-se impossível de ser identificada. Suas características principais talvez sejam suas elevadas resistências à deterioração microbiológica e sua elevada disposição para formar substâncias estáveis. A matéria

orgânica do tipo não húmica inclui numerosas substâncias como os carboidratos, as proteínas e gorduras, facilmente atacadas por microorganismos presentes no solo mole coesivo e, naturalmente, com pouco tempo de vida.

O técnico ou engenheiro civil poderá identificar a presença da matéria orgânica pela cor preta ou marrom, pelo forte odor presente na amostra do solo, por sua característica plástica, como se fosse uma esponja e, em alguns casos, pela presença de textura fibrosa. Utiliza-se o teste de ignição para determinar o percentual da matéria orgânica que promove o desenvolvimento de vazios e, conseqüentemente, recalques. A velocidade com que o recalque se manifestará dependerá da velocidade de decomposição da substância não húmica, além da compressibilidade da matéria orgânica.

### GLOSSÁRIO

**Compressibilidade** – suscetibilidade de um solo ao diminuir de volume sob o efeito de uma tensão imposta.

**Húmico** – substâncias que se apresentam, no solo, como a fração orgânica mais estabilizada e, como consequência desta estabilidade vêm constituir a reserva orgânica do solo. Sua origem está ligada à atividade de enzimas e microorganismos do solo sobre o material orgânico incorporado, cuja principal fonte é constituída pelos resíduos vegetais.

**Carboidratos** – são as biomoléculas mais abundantes na natureza. Apresentam como fórmula geral:  $[C(H_2O)]_n$ , daí o nome “carboidrato” e são moléculas que desempenham uma ampla variedade de funções, entre elas: fonte de energia - reserva de energia - estrutural - matéria-prima para a biossíntese de outras biomoléculas.

**Proteínas** – compostos orgânicos de alto peso molecular, são formadas pelo encadeamento de aminoácidos. Representam cerca de 50 a 80% do peso seco da célula sendo, portanto, o composto orgânico mais abundante de matéria viva.

**Gorduras** – compostos orgânicos formados por carbono, hidrogênio e oxigênio. Constituem-se na fonte mais concentrada de energia nos alimentos. As gorduras pertencem a um grupo de substâncias chamadas lipídios e podem ter a fórmula líquida ou sólida. Todas são combinações de ácidos graxos saturados e insaturados. Podem ser classificadas como muito saturadas ou muito insaturadas, dependendo de suas proporções.

medida com um relógio ou extensômetro micrométrico. O CP é mantido sob a água durante o ensaio. Cada aplicação de carga é mantida por 24 horas. Após cada intervalo, a carga é dobrada, intensificando-se a tensão no CP, ao mesmo tempo em que mede-se a deformação imposta. Ao final do ensaio de adensamento, todo o excesso de pressão neutra foi zerado e a tensão total aplicada,  $\delta$ , transforma-se em tensão efetiva,  $\delta'$ .

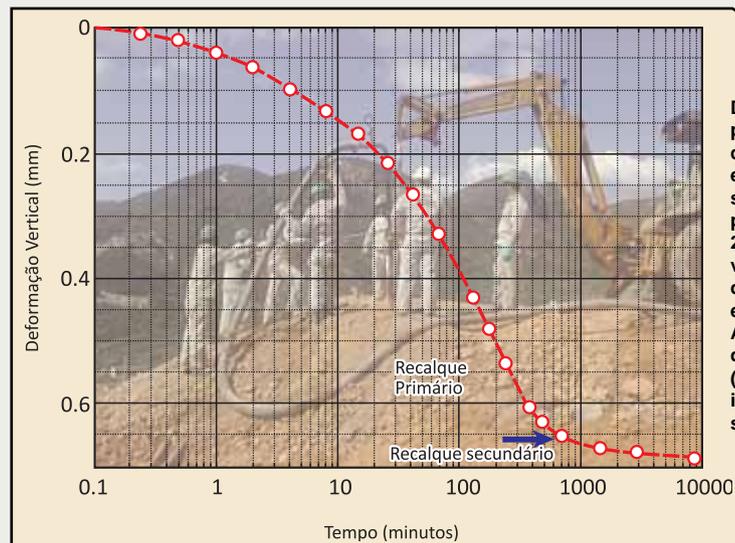
O teste de adensamento gera uma curva porcentagem de deformação, E, no eixo vertical e tensão efetiva  $\delta'$ , no eixo horizontal. Com este gráfico, conheceremos a carga máxima ou a tensão máxima imposta ao solo, em toda sua vida, que chamaremos de “tensão de pré-adensamento”.

Duas informações preciosas são obtidas do solo mole, com o conhecimento do seu histórico de tensões ou de sua tensão de pré-adensamento:

- 1 – Se a tensão a ser empregada na obra for a tensão de pré-adensamento, este solo será taxado de normalmente adensado.
- 2 – Se a tensão a ser empregada na obra for inferior a tensão de pré-adensamento, este solo é definido como pré-adensa-

do, sobreadensado ou superadensado, como queiram.

Quando um solo mole, coesivo saturado orgânico ou não, é carregado, haverá um aumento na pressão neutra, conhecido como excesso de pressão neutra  $\Delta u$ . À medida que a água sai do solo, este excesso se dissipa. Uma equação de Terzaghi, deformação (recalque) versus tempo consegue estimar a velocidade do recalque primário.



Dados analisados a partir de um teste de consolidação feito em uma amostra de solo mole. Para uma pressão vertical de 200KPa, a deformação vertical, é função do tempo, e está em escala logarítmica. A seta indica o final do recalque primário (adensamento), e o início do recalque secundário.

Continua na pág. 19

# Concrete and Soil Solutions...

...to Repair & Protect Structures.



- Recuperação/Reforço Estrutural
- Recuperação em Áreas Industriais
- Refundações
- Consolidação de Solo Mole
- Proteção Catódica em Estruturas de concreto armado/protendido.

  
**ENEGRAUT**  
**25 ANOS**

*Concrete and Soil Repair Solution for  
Making Your Project a Success*

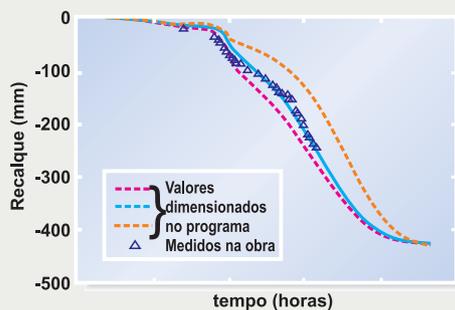
[www.engegraut.com.br](http://www.engegraut.com.br)  
[engegraut@engegraut.com.br](mailto:engegraut@engegraut.com.br)  
tel: 21 - 3154-3253 • fax: 21 3154-3259

**RECUPERAR**  
GROUP

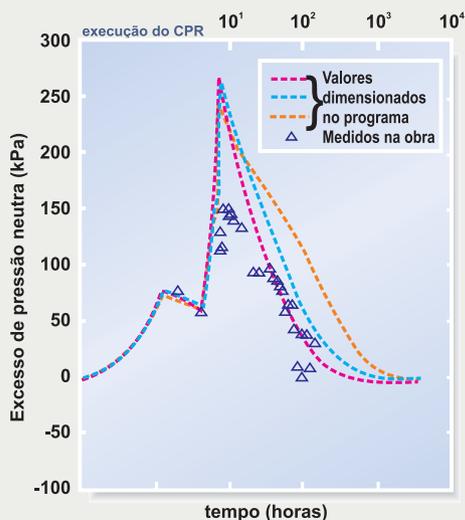
parte da deformação vertical acima da seta deve-se ao recalque primário (adensamento do solo mole), enquanto a outra parte da deformação vertical abaixo da seta deve-se ao recalque secundário. Dados fornecidos de testes feitos em laboratórios, como o apresentado na figura, deixam claro que o recalque secundário é apenas uma porção pequena do recalque total sofrido por solos moles e, geralmente, ignorado. No entanto, muita atenção: para solos orgânicos ou argilosos plásticos moles, o recalque secundário poderá constituir uma porção significativa do recalque total, devendo ser analisado.

### Como impedir o recalque primário e secundário

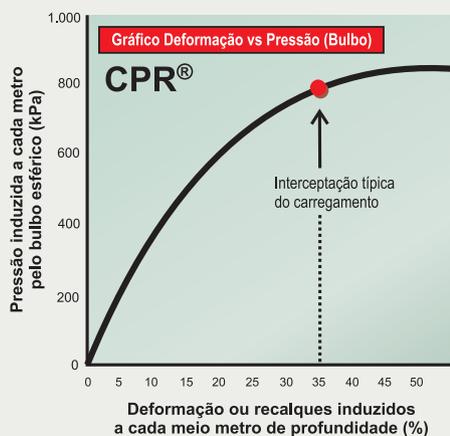
A presença de solo mole inibe, naturalmente, projetos com fundações diretas. A opção por fundação profunda, utilizando-se estacas, exige substratos resistentes, geralmente distantes da superfície. A presença



Evolução das deformações (recalques) durante a execução de um bulbo de CPR. A expansão do bulbo é controlada pelo critério de pressão máxima e/ou volume máximo bombeado, ambas pré-estabelecidas por programa.



Evolução do excesso de pressão neutra durante a execução de cada bulbo do CPR.



de camadas de solo mole, invariavelmente acompanhadas da execução de aterros, submete as estacas ao perigoso fenômeno do atrito negativo e a deslocamentos laterais, estabelecendo-se recalques diferenciais perigosos. O emprego da técnica de aterros provisórios é cara, demorada e não elimina os recalques. Estacas de material granular e troca de solo produzem bota fora, não elimina os recalques e é proibido por leis ambientais.

A presença cada vez mais constante de terrenos com solos moles é uma realidade, devido a expansão, tanto das cidades quanto da infraestrutura urbana. Consolidar solos moles, hoje, é uma medida necessária e a escolha do método de melhoramento, invariavelmente, cai no CPR®.

**fax consulta nº 11**

**RECUPERAR**  
CONSULTA

Para ter mais informações sobre Solos.

[www.recuperar.com.br](http://www.recuperar.com.br)

**REFERÊNCIAS**

- Jorge L. F. de Almeida é professor e engenheiro de fundações.
- Alonso, E.E., Krizek, R.J., 1974. Randomness of settlement rate under stochastic load. Journal of Geotechnical Engineering Division, ASCE, 100(EM6):1211-1226.
- Baligh, M.M., Levadoux, J.N., 1978. Consolidation theory of cyclic loading. Journal of Geotechnical Engineering Division, ASCE, 104(GT4):415-431.
- Chen, J.Z., Zhu, X.R., Xie, K.H., Zeng, G.X., 1996. One Dimensional Consolidation of Soft Clay under Trapezoidal Cyclic Loading. Proc. of the second International Conference on Soft Soil Engineering, Nanjing, p.211-216.
- Favaretti, M., Soranzo, M., 1995. A Simplified Consolidation Theory in Cyclic Loading Conditions. Proc. of Int.
- Guan, S.H., Xie, K.H., Hu, A.F., 2003. An analysis on one dimensional consolidation behavior of soils under cyclic loading. Rock & Soil Mechanics, 24(5):849-853 (in Chinese).
- Symposium on Compression and Consolidation of Clayey Soils, Japan, p.405-409.
- Lee, P.K.K., Xie, K.H., Cheung, Y.K., 1992. A study on one dimensional consolidation of layered systems. International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics, 16:815-831.

## ESTE

- Alluvial anchor
- Serviços especiais
- Fundações pesadas
- Concreto projetado
- Congelamento de solo
- Tecnologia de vanguarda

- Túneis
- Vibropac
- Geodreno

- Barragens
- Contenções
- Jet grouting

**Fone: 55 (11) 5524-5155 / 5687-9155**  
 Trav. José Maria Chacon, nº 20 - CEP: 04657-020  
 São Paulo-SP - email: [engenharia@este.com.br](mailto:engenharia@este.com.br)

# MONITORAMENTO DA ATIVIDADE ESTRUTURAL (M.A.E.)

CONHEÇA AS ÚLTIMAS NOVIDADES E CASOS DE OBRAS DE MONITORAMENTO ESTRUTURAL.



SOLOS

Thomas Kim

Instalações industriais de todo tipo cada vez mais utilizam MAE para análise de risco e para economizar em trabalhos de manutenção.

No país que esbanja riquezas de todos os tipos mas bate recordes de insensatez, os números sobre desperdícios são grandiosos. Basta dizer que 40% da produção brasileira de alimentos são perdidos por problemas de transporte e manuseio, 35% da soja brasileira vai para o lixo por falta de tecnologia adequada e os congestionamentos em São Paulo custam US\$ 18 bilhões por ano. Esses e outros dados, que caracterizam o famoso Custo Brasil, foram coletados em diversas fontes confiáveis pela IBM. Na contramão deste desperdício está

Instalação de cabo de fibra ótica para o MAE.

o Monitoramento da Atividade Estrutural, MAE, uma extraordinária realidade.

A antiga análise visual e a experiência de consultores perdem campo para o MAE. Cada vez mais, obras de arte são monito-



Sirene de alarme.

# MONITORAMENTO EM ÁREAS MAIS REMOTAS 24 HORAS POR DIA EM SEU LAPTOP?



(F1) Zoom (F2) Defaults (F3) Hardcopy (F4) Menu



## MAE

- Disponibiliza o conhecimento estático e dinâmico.
- Permite a compreensão real das suposições existentes no projeto.
- Analisa os diversos comportamentos pertinentes às diferentes técnicas de construção pelas quais passou a estrutura, inclusive reforços estruturais.
- Desenvolve e sintoniza-se com o modelo numérico correspondente.
- Avalia, instantaneamente, impactos e outros problemas inerentes às obras de arte.
- Determina a capacidade de carga verdadeira da estrutura, além de monitorar todas as deformações inerentes ao carregamento imposto.
- Monitora todo o processo de deterioração físico e químico próprio do ambiente circundante e do envelhecimento da estrutura.
- Fornece dados instantâneos da saúde da estrutura, permitindo um gerenciamento preciso e econômico.
- Por fim, prolonga a vida da estrutura, tornando-a lucrativa.



radas com a utilização de programas que identificam eventos críticos ou importantes tais como: alterações na frequência de utilização e seu alcance dinâmico, deformações excessivas, analisando, adicionalmente, dados importantes e deletando os pouco significativos. Tudo isto tradu-

zido em gráficos facilmente interpretados por técnicos e engenheiros. O reforço de estruturas antigas ou novas com base em diagnósticos precisos, por exemplo, com a tecnologia da fibra de carbono aumenta seu fator de segurança e, com ou sem surpresa, neutraliza futuros efeitos perniciosos, sem nenhum histórico de comportamento, como são nossas obras públicas, por exemplo.

Detectar e identificar danos tem a ver com a determinação de sua gravidade que, por

- O tempo em que o alerta foi alcançado
- O tipo de limite monitorado, seja dinâmico ou estático
- Nome abreviado do site
- O tipo de limite alcançado
- Designação do sensor
- Valor do limite alcançado



sua vez, depende da medição de parâmetros como deslocamento, distorção, deformação, rotação, temperatura, umidade, potenciais de corrosão, resistividade etc. O MAE é tecnologia com solução para todas estas questões.

## A novidade

Um novo sistema de sensores distingue, automaticamente, o que seja um aviso/advertência, um alarme ou a iminência de ruptura, levando em consideração os limites dinâmicos da estrutura.

Caso um pré-alerta ou mesmo um alerta seja alcançado, a informação é enviada automaticamente, de acordo com o desejo do usuário, seja por fax, e-mail,





## Lápis medidor de PH para Superfícies de Concreto

**LÁPIS MEDIDOR DE PH**  
Tele-atendimento (0XX21) 3154-3250  
fax (0XX21) 3154-3259  
produtos@recuperar.com.br  
Fax consulta nº 13

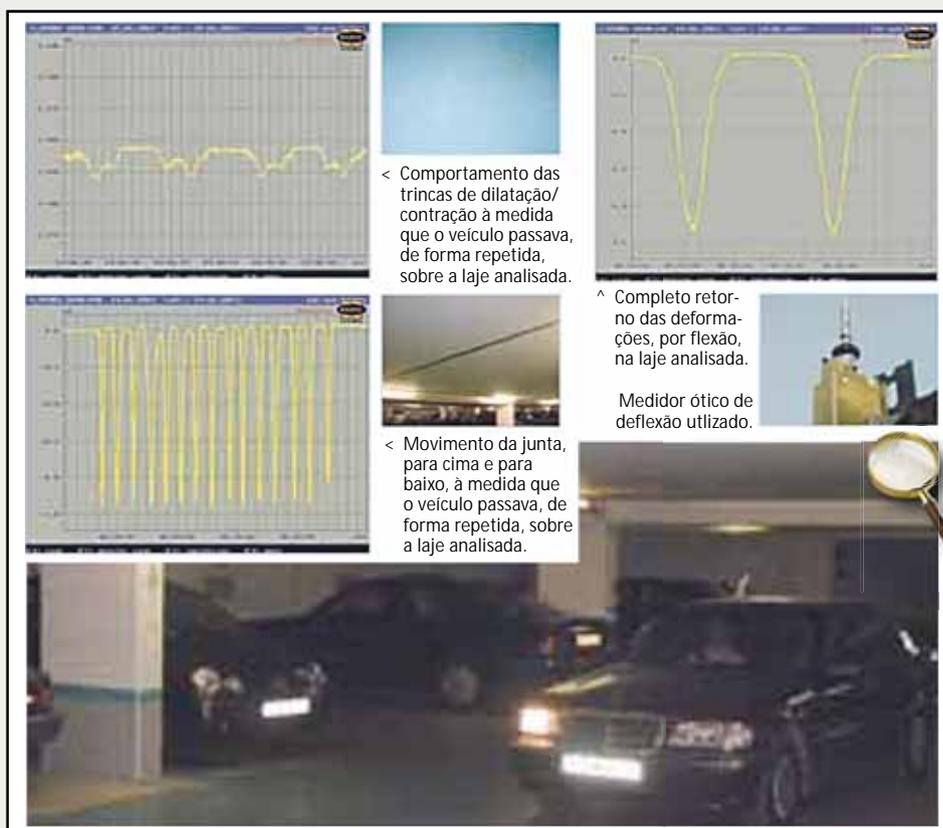
SNMP-trap ou SMS. A informação é enviada pela estação de monitoramento e não pelo servidor internet, com os elementos da região monitorada, ou seja, o gerenciamento da região da estrutura que está sendo monitorada pode ser enviado via SMS, em tempo real, estando os interessados no Brasil ou no exterior, 24 horas por dia, 365 dias por ano. Mais interessante ainda, permite ajustar os limites, de acordo com o interesse do usuário.

### Casos recentes de MAE

A seguir, recentes casos de obras onde foi aplicado o Monitoramento da Atividade Estrutural (MAE).

#### Garagem de um grande shopping

As lajes e vigas de um pavimento da garagem de um shopping, após os serviços de fresagem do piso para, a seguir, receber um epóxi autonivelante, deixam transparecer extensa quantidade de trincas, com abertura igual ou superior a 1mm, alarmando o engenheiro de manutenção. Buscando uma resposta para este comportamento, o proprietário contratou os serviços do MAE durante dois dias para, com teste de carga



com veículo de 1.500kg e extensômetros óticos dispostos nas trincas mais estratégicas, analisar as deflexões dinâmicas do pavimento. O resultado, felizmente, evi-

denciou que a estrutura encontrava-se plenamente segura. As trincas e fissuras foram então monolitizadas com Metacrilato e o piso pintado.

Continua na pág. 25

## A MELHOR PENETRAÇÃO



Com viscosidade igual a da água, o **METACRILATO** preenche e monolitiza qualquer trinca ou fissura existente em pisos e pavimentos com até 0,05mm de abertura. Basta verter o produto. O **METACRILATO** também monolitiza trincas e fissuras em vigas e pilares, de maneira fácil e rápida. É só fazer um pequeno furo na parte superior da peça e verter o produto com a ajuda de um pequeno funil. Não fique perdido no tempo das injeções.

#### METACRILATO

Tele-atendimento  
(0XX21) 3154-3250  
fax (0XX21) 3154-3259  
produtos@recuperar.com.br  
Fax consulta nº 14

# Reforço Estrutural...

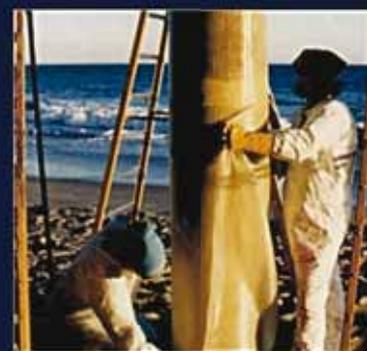
...só com sistemas MFC.



Manta de Fibra de Aço.



Manta de Fibra de Carbono



Manta de Fibra de Kevlar

## PRODUTOS MFC:

- Manta de Fibra de Carbono.
- Manta de Fibra de Kevlar.
- Mantas de Fibra de Aço.
- Manta de Fibra de Vidro Estrutural.
- Fita de Fibra de Carbono.
- Barras de Fibra de Carbono.
- Tecnologia a toda prova.
- Incorporação dos sensores do MAE nos produtos MFC.

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

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



Lider em Reforços Inteligentes

## REFORÇO ESTRUTURAL

Tele-atendimento  
(0XX21) 3154-3250  
fax (0XX21) 3154-3259  
produtos@recuperar.com.br  
Fax consulta n° 15

## Prédio industrial

Uma indústria alimentícia possui um prédio de cinco andares com 17 anos de vida, especialmente projetado para o estoque de seus produtos. De um ano para cá, começaram a surgir fissuras nas vigas e deformações excessivas nas lajes de dois dos seus

pavimentos. Um calculista consultado pelo departamento de engenharia da indústria executou o cálculo teórico da capacidade de carga dos pavimentos e determinou a necessidade do reforço estrutural em toda a edificação. Os engenheiros da indústria, no entanto, decidiram checar a estrutura com Monitoramento da Atividade Estrutural,



Região inferior da estrutura monitorada...



... e a instalação de cabos óticos no piso, antes do teste de carga.



Instalação de cabo ótico durante o teste de carga nas lajes.

MAE. Todos os pavimentos foram levados à máxima carga operacional. Os resultados, em todos os pavimentos, deram uma margem confortável de segurança, comparada ao limite máximo permitido, não havendo, portanto, a necessidade de qualquer tipo de reforço estrutural. A pesquisa da análise da causa do problema deu como resultado a alteração do tipo de carga utilizada, devido à inclusão de novos produtos manufaturados que eram mais pesados do que os projetados. A indústria economizou cerca de R\$ 1.000.000,00.

fax consulta nº 16



**RECUPERAR**

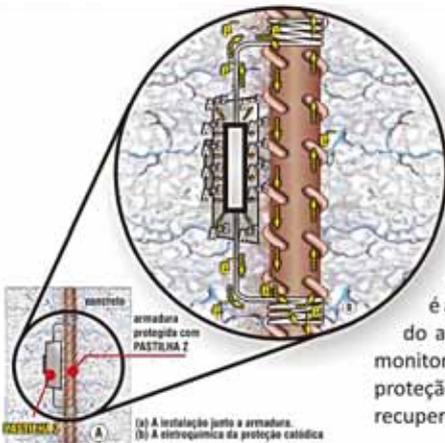
Para ter mais informações sobre Análise.

[www.recuperar.com.br](http://www.recuperar.com.br)

### REFERÊNCIAS

- **Thomas Kim** é engenheiro civil e trabalha no repairbusiness.

## Concreto armado-protendido sem corrosão?



O aço da construção é reativo e corrói fácil. Armaduras e cordoalhas de protensão são de aço. O concreto é um falso sólido. A proteção do aço pelo concreto é apenas mecânica. Com esta situação, a defesa natural e efetiva do aço é a proteção catódica. Sua atuação é facilmente checada e monitorada com uma semi-pilha. Concreto armado-protendido sem proteção catódica é uma fria. Use PASTILHA Z preventivamente ou na recuperação e tenha 20 anos de garantia.

# PASTILHA Z

Tele-atendimento  
(0XX21) 3154-3250  
fax (0XX21) 3154-3259  
produtos@recuperar.com.br  
Fax consulta nº 17

# A VERDADEIRA IDADE DO CONCRETO

NOVOS ACHADOS ARQUEOLÓGICOS DESCOBREM QUE MUITO ANTES DA CERÂMICA JÁ EXISTIA O CONCRETO.



CORROSÃO

Joaquim Rodrigues

Figura 1 – Na foto aparecem 6 pisos de concreto de uma antiquíssima construção caracterizada como “pré-cerâmica neolítica – parte B” com data confirmada de 9.800 anos. Os exames laboratoriais, que serão realizados, poderão revelar muitos detalhes sobre a “tecnologia de concretagem” empregada naquela época.

**S**ustentabilidade é palavra de ordem nos dias de hoje. Infelizmente, o concreto faz parte dos produtos que impactam o ambiente, devido à quantidade de energia utilizada em sua produção, associada às emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Contudo, as indústrias de cimento e concreto, em todo o mundo, possuem programas que reduzem seu impacto no ambiente. Não tem jeito, todo remédio tem algum efeito colateral. Seus benefícios para a humanidade, no entanto, são imensos e começam na mesa do projetista, seja na construção, particularmente de obras de arte, na recuperação e estabilização de solos, na utilização de sua massa térmica, na constru-

ção de casas etc. Indiscutivelmente, a palavra chave para descrever o papel do concreto de cimento portland em nossas vidas é a sua

durabilidade. Mas qual a estimativa de tempo de vida que, realmente, poderíamos dar para o concreto? Que tal 9.800 anos?

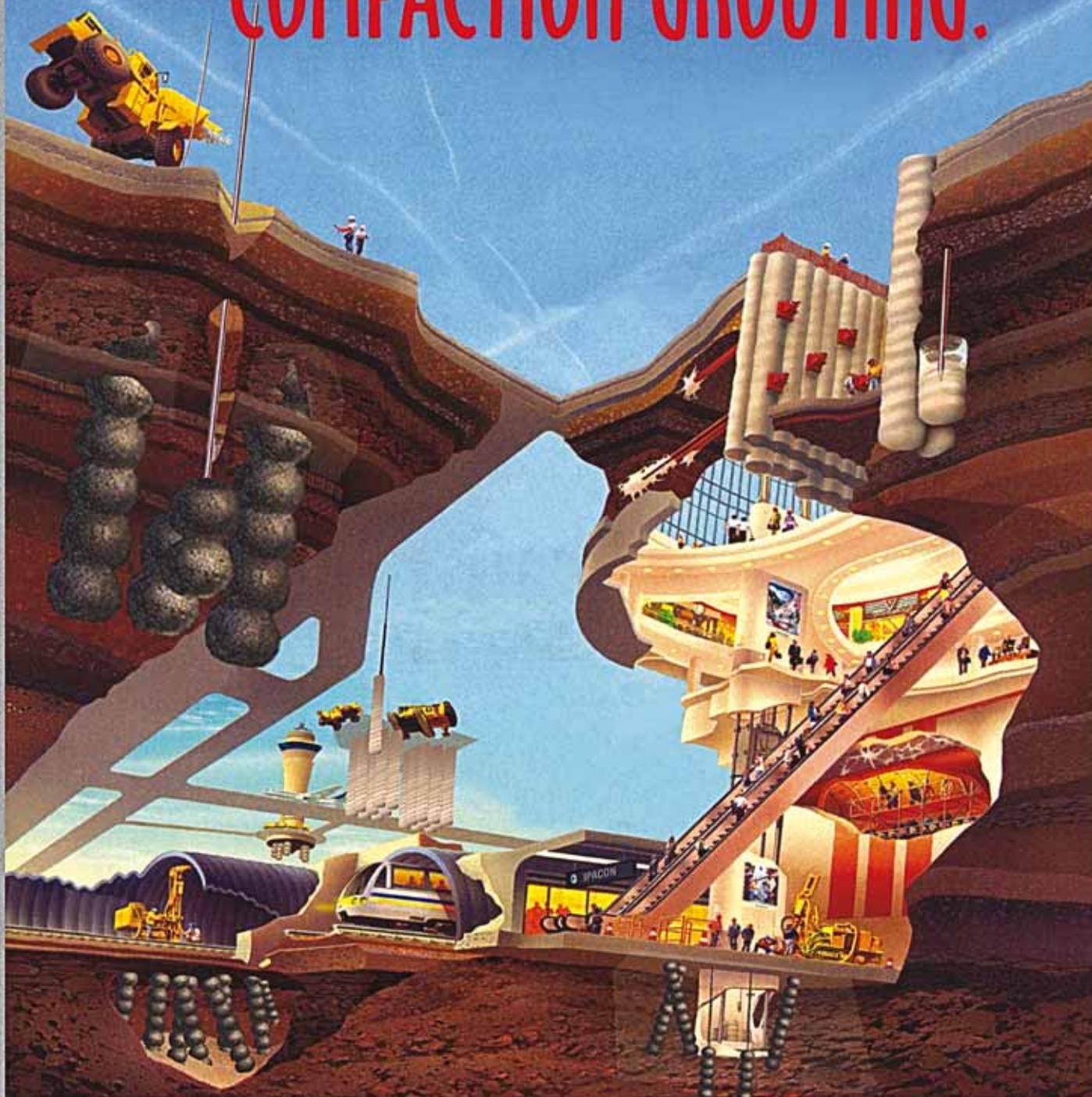


Figura 2 – Esta amostra de concreto evidencia, claramente, ingredientes típicos utilizados em qualquer concreto: agregados miúdos, graúdos, pasta de cimento e, reparem, vazios que induzem à existência de bolhas de ar.

Continua na pág. 30

RECUPERAR • Julho / Agosto 2009

# CONSOLIDAÇÃO DE SOLOS E INTERRUÇÃO DE RECALQUES? **COMPACTION GROUTING.**



Solos moles, recalques e desnivelamentos de edificações é coisa do passado. Compaction Grouting consolida, interrompe recalques e restabelece o nível original da edificação. Consulte-nos.

  
**ENEGRAUT**  
www.engegraut.com.br  
tel.: (21) 3154-3250

## Redescobrimdo o concreto

Descobertas recentes estão dando nova dimensão à experiência humana com o concreto. Sua origem, como material de construção que é, acredite, antecede a invenção da cerâmica, feita com argila e a descoberta dos metais para fazer ferramentas e armas. Sua idade de utilização, pelos humanos, confunde-se com a madeira e a rocha.

## Os primórdios do concreto

A cidade de Yiftahel, em Israel, recentemente nos deu provas de uma descoberta impressionante. Uma construtora, durante os trabalhos de corte do terreno para a construção de uma rodovia, deu de cara com um formidável sítio arqueológico. Centenas de metros, ao longo da futura rodovia, foi palco da descoberta de enorme quantidade de artefatos que nos remetem à uma antiquíssima indústria da construção... com concreto.

## O local

Yiftahel está localizada no nordeste de Israel, a poucos quilômetros das cidades

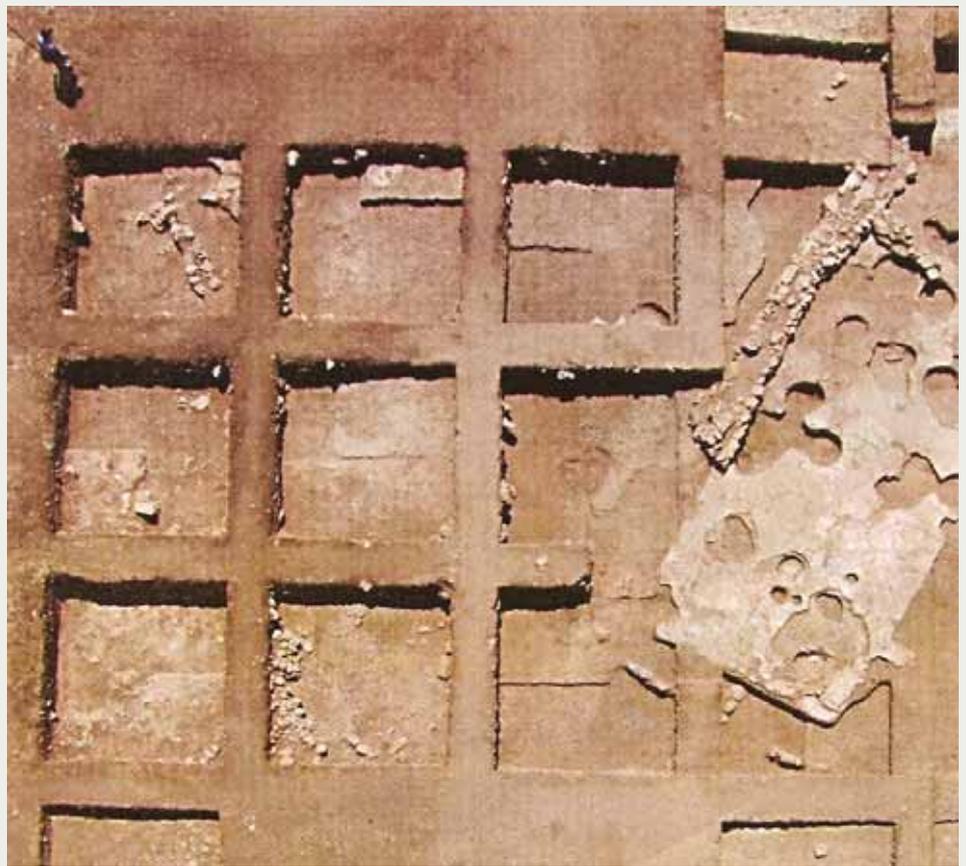


Figura 3 – Esta foto aérea mostra parte do sítio arqueológico do local, evidenciando áreas construídas padronizadas de 5m x 5m e 6m x 12m. Cada construção tem em média cerca de 90m<sup>2</sup>.

**TOP COAT CARBO FC**  
ANTI-CARBONATAÇÃO  
POLIURETANO A+B  
SISTEMA DE PROTEÇÃO ANTI-CARBO  
CONCRETO ARMADO P7017

**Designed for the urban wild.**

Com **TOP COAT CARBO FC** você está acessando o nano-age world. Ele é superior a tudo que você aplicou como película de proteção. **TOP COAT CARBO FC** é o mais perfeito coating para enfrentar a carbonatação do concreto em estruturas urbanas.

**TOP COAT CARBO FC**  
Tele-atendimento  
(0XX21) 3154-3250  
fax (0XX21) 3154-3259  
produtos@recuperar.com.br  
Fax consulta nº 27

de Haifa e Nazaré. O sítio arqueológico, encontrado no vale desta cidade, representa a aldeia mais antiga e mais bem conservada em toda a região de Israel. Este nível de conservação está associado a sua quantidade de pisos de concreto. A abundância de informações arqueológicas ali presente fez com que o governo israelense desviasse a rota da nova rodovia, permitindo a oportunidade de exploração da verdadeira história dos primórdios do concreto.

#### GLOSSÁRIO

**Massa térmica** – capacidade do concreto absorver, estocar e liberar calor, regulando a temperatura dentro de uma edificação. Materiais pesados, como o concreto, produzem altos níveis de massa térmica, algo como cerca de sete vezes mais do que, por exemplo, uma parede leve. Não confundir com isolamento e valores do U, totalmente independentes da massa térmica.

**Sustentabilidade** – a definição mais utilizada é a da “World Commission on Environment and Development”. É o desenvolvimento que objetiva as necessidades do presente sem comprometer os meios ou a capacidade das futuras gerações se desenvolverem. Há inúmeros trabalhos que associam a sustentabilidade ao concreto, um deles é o “How sustainable is concrete?” de Leslie Struble e Jonathan Godfrey.

**Cimento portland moderno** – é feito com o aquecimento de uma mistura de calcário e argila a altas temperaturas, adicionando-se aluminatos e ferro, à medida que necessita-se uniformizar o produto. O concreto descrito na descoberta em questão foi feito com calcário calcinado, misturado com agregados comuns como areia e seixos rolados para a elaboração de pisos.

**Neolítico** – período mais recente da pré-história, posterior ao mesolítico, caracterizado pelo uso de artefatos de pedra polida.



Figura 4 - O que restou deste piso evidencia a qualidade do acabamento utilizado.

#### Mais informações

Análises nos pisos encontrados evidenciam que pertenciam a construções com áreas retangulares, alinhadas em direção ao norte verdadeiro, indicando que os habitantes do local tinham conhecimento de como trabalhar de forma planejada. Muitos dos pisos são formados por seis camadas sobrepostas, sendo a última bem polida na superfície, provavelmente com a utilização de grandes

pedras. Não há indícios de ferramentas utilizadas naquelas construções. No entanto, a técnica do forno alimentado a lenha é considerada bem mais antiga, obtendo-se temperaturas de até 1.000°C, suficiente para calcinar calcário de modo a se fazer cal, mas insuficiente para produzir cimentos hidráulicos. O piso final encontrado, na maioria das construções, tem espessura que varia de 3 a 6cm e apresenta relativa dureza na superfície.

## Junta Evazote

A JUNTA EVAZOTE é resistente à ação mecânica e química. Ideal para ser aplicada em todo tipo de juntas de dilatação, tanto de pontes como de edificações. Borracha extremamente resistente ao tempo e ao desgaste abrasivo, totalmente impermeável, formada com copolímeros de polietileno de baixa densidade e acetato de etileno vinílico. Colada com epóxi, EVAPÓXI, é superior a todas as juntas do mercado e **NÃO PRECISA INJETAR AR.**



100% atóxica, pode ser usada em contato com água potável.

**JUNTA EVAZOTE**  
Tele-atendimento  
(0XX21) 3154-3250  
fax (0XX21) 3154-3259  
produtos@recuperar.com.br  
Fax consulta nº 28



Figura 5 - Um dos sítios arqueológicos em análise.

Os detalhes construtivos retirados destas construções evidenciam a seguinte idéia de planejamento que pairava há 9.800 anos atrás, naquele local:

- Planejamento da quantidade de material a ser gasto.
- Construção de fornos.
- Extração de calcário de afloramentos locais.
- Transporte até a região dos fornos.
- Alimentação dos fornos com lenha e calcário.
- Britagem.
- Queima (calcinação) do calcário para fazer cal.
- Seleção na fabricação da cal.
- Planejamento e arquitetura.
- Transporte do cimento de cal e agregados para os locais das obras.
- Mistura, lançamento e acabamento.



**Existe uma forma mais inteligente de detonar uma estrutura ou rocha.**



## DEMOX CIMENTO EXPANSIVO

DEMOX é um revolucionário cimento extremamente expansivo, ideal para corte de rochas e concreto. Age em função da dilatação de seu volume, exercendo nas paredes do furo força superior a 8.000kg/m<sup>2</sup>, provocando fraturas no material. DEMOX é um produto altamente ecológico, pois além de não ser explosivo, não produz gases e resíduos nocivos. Seu campo de ação é, praticamente, ilimitado. Serve para romper, cortar ou demolir rochas, concreto, concreto armado e situações onde, por razões de segurança ou preservação do meio ambiente, o uso de explosivos não seja possível.

Pode ser usado para a execução dos seguintes trabalhos:

- Escavação e demolição de fundações.
- Correção de rochas para construção de estradas.

- Escavações subterrâneas.
- Eliminação de blocos de pedra.
- Escavações marítimas, mesmo submarinas.
- Escavações de valas para posicionamento de dutos.
- Demolição de pilares, torres e paredes (de concreto armado ou não).
- Pré-fissuramento de formações rochosas com a criação de blocos isolados.

Qualquer pessoa pode usar. Não é perigoso, não provoca lançamento de detritos, não forma gases nem produz qualquer tipo de vibração. Para utilizá-lo não é necessária nenhuma permissão ou licença de qualquer órgão governamental ou de meio-ambiente como acontece com os explosivos.

**Use tecnologia. Use DEMOX.**

Tele-atendimento  
(0XX21) 3154-3250  
fax (0XX21) 3154-3259  
produtos@recuperar.com.br  
Fax consulta nº 29

**As melhores estruturas pedem...**

## **SILANO-CORR**

É concreto armado e protendido com repelência à água e com agente secreto protetor da corrosão. Não aparecem, mas estão lá dentro, garantindo impermeabilidade natural e proteção para as armaduras e cabos de protensão.

**SILANO-CORR é a proteção natural  
do concreto aparente.**

**SILANO-CORR**  
Tele-atendimento  
(0XX21) 3154-3250  
fax (0XX21) 3154-3259  
produtos@recuperar.com.br  
Fax consulta nº 30

Amostras do “concreto magro” que serviu de base para os pisos tinham os mesmos 5cm de espessura hoje utilizados e cerca de 350kg/cm<sup>2</sup> de resistência à compressão, enquanto que as camadas superiores de acabamento apresentaram incríveis 460kg/cm<sup>2</sup> de resistência à compressão. As primeiras análises químicas do piso mostraram tratar-se de carbonato de cálcio quase puro (cal carbonatado) com pequena quantidade de sílica, atribuído à areia. A grande porosidade apresentada nas amostras sugere a precariedade no processo de compactação do concreto ao mesmo tempo em que a camada superficial apresenta-se densa e com cristais finos, perfeitamente cortados, sugerindo que o piso tenha sido fartamente molhado e polido com algum tipo de pedra resistente. Alguns pisos apresentam um revestimento superficial branco arenoso e em outras, uma pintura vermelha. Em diversas áreas foram encontrados grandes buracos no concreto. Em alguns havia esqueletos intactos e em outros apenas o formato de crânios. Na cultura neolítica, os povos enterravam seus mortos dentro da área de suas casas, concretando o piso em seguida.

### Próximas pesquisas

Foram coletadas amostras do subleito e da sub-base, assim como do calcário calcinado do que restou dos fornos, hoje completamente carbonatados. À medida que as análises avançam, o time de pesquisadores retiram mais informações sobre este importantíssimo achado cuja data foi confirmada pelos restos de madeira car-

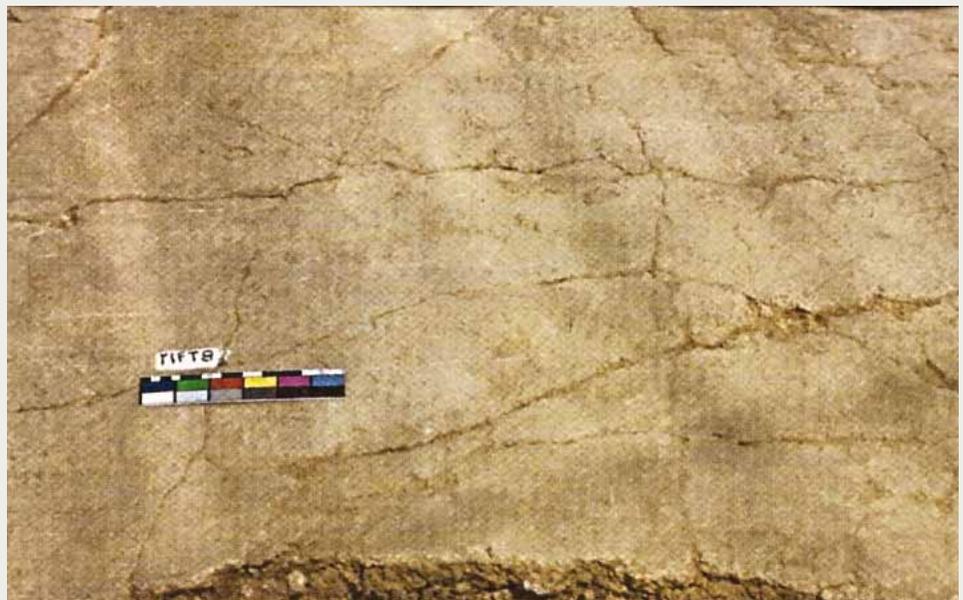


Figura 6 – Esta grande amostra de um piso evidencia trincas, “super padronizadas”, na superfície do concreto. O subleito, sob o concreto, apresenta-se perfeitamente liso, facilitando a ocorrência do processo de retração da massa e suas trincas, durante os últimos 10.000 anos.

bonizada e sementes presentes nas regiões dos fornos. A grande pergunta que todos se fazem é por que a cidade foi abandonada? Inúmeros pesquisadores ligados à indústria do concreto participam da pesquisa, a fim de entenderem todos os materiais envolvidos e as técnicas de construção utilizadas.

**fax consulta nº 31**



**RECUPERAR**

Para ter mais informações sobre Solos.

[www.recuperar.com.br](http://www.recuperar.com.br)

### REFERÊNCIAS

- **Joaquim Rodrigues** é engenheiro civil. M.Se. membro de diversos institutos nos EUA em assuntos de patologias da construção. É editor e diretor da RECUPERAR, além de consultor de diversas empresas.

**Não percam  
na próxima edição  
“Patologia das fundações.  
Como analisar o projeto e  
o solo de fundação.”**

## Qualidade Presente Garantindo o Futuro



**Grupo Falcão Bauer**

Laboratório Credenciado pelo INMETRO

Tel.: 11 3611-0833

[www.falcaobauer.com.br](http://www.falcaobauer.com.br)

[bauer@falcaobauer.com.br](mailto:bauer@falcaobauer.com.br)

Com mais de 50 anos de atividades, as empresas do Grupo Falcão Bauer prestam serviços de calibração de equipamentos, controle de qualidade e ensaios para uma grande variedade de materiais e produtos da indústria em geral, da construção civil, automotiva, de bens de consumo, brinquedos, dentre outros segmentos. Prestamos também serviços de consultoria nas áreas de engenharia civil, recuperação de estruturas, qualidade, meio ambiente e para a indústria petroquímica e de petróleo.

- Inspeções, recuperação e reforço estrutural convencional e com fibra de carbono.
- Gerenciamento e fiscalização de obras.
- Provas de carga e controle de recalque.
- Controle global da qualidade na construção civil, controle tecnológico de concreto, solos, pavimentação e estruturas metálicas.
- Análises químicas, físicas e metalográficas.
- Meio ambiente.