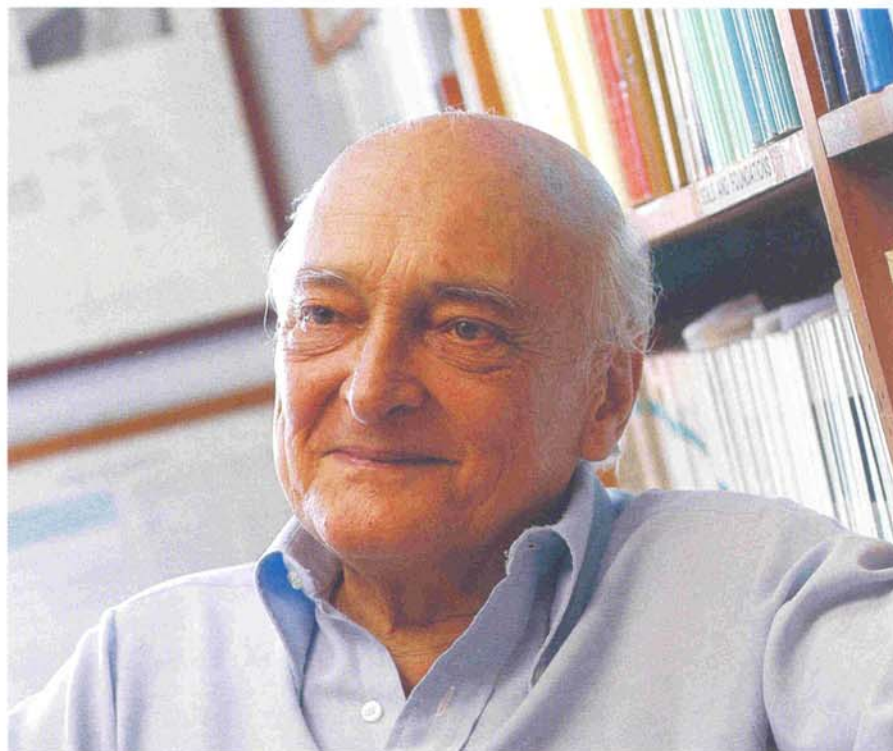


# ENTREVISTA

## Segredos do solo

### VICTOR FROILANO BACHMANN DE MELLO

Nascido em Goa, Índia, Victor Mello formou-se em engenharia civil no Massachusetts Institute of Technology, o MIT, em 1948. Doutorou-se em Geotecnia, Estruturas, Hidráulica e Hidrelétrica e um ano depois imigrou para o Brasil. Aqui, abriu e conduziu a divisão de Geotecnia da Canadian-Brazilian Light and Power e comandou a construção de projetos na Serra do Mar. Naturalizado, dedicou-se também ao magistério, com passagem pela Universidade de São Paulo, Faap e Mackenzie. Pioneiro, criou na Escola de Engenharia de São Carlos a disciplina "Mecânica das Rochas". De 1981 a 1985, presidiu a Associação Internacional de Mecânica dos Solos e Fundações. Hoje é consultor para projetos de barragens, túneis e obras subterrâneas nacionais e internacionais.



Marcos Lima

**N**ada substituí o trabalho de pegar o solo com a mão. A frase de Victor Froilano Bachmann de Mello revela a essência do trabalho de um dos mais experientes professores e projetistas de fundações em atividade no Brasil. Em entrevista a *Téchne*, Mello creditava ao ensino precário nas universidades a causa da má qualidade de muitas fundações. Ele, um engenheiro civil-geotécnico, critica os projetos serem feitos quase só pelos engenheiros estruturais. "São profissionais generalistas muito importantes a quem servimos, que aplicam fórmulas e não respeitam as especializações." Mello acha um exagero a opção indiscriminada, quase geral, por fundações profundas, que oneraram o empreendimento e empobre-

cem a sociedade. Não faltam críticas também às normas, especificamente as de sondagem, segundo ele, talvez a etapa mais importante da análise de projeto de fundações. Redigidas há mais de 50 anos para São Paulo, as normas desconsideram as características do solo de regiões como a de Santos, no litoral paulista, onde predominam argilas moles, escorregadias e plásticas. A vasta experiência do engenheiro na execução de barragens o faz criticar soluções como o rebaixamento da calha do rio Tietê, em São Paulo que, de acordo com ele, será ineficaz no futuro. A construção de túneis sob o rio seria mais eficiente, segundo o especialista, porque consideraria o aumento do volume de água nos próximos anos.



Qual a papel da sondagem para a execução de um bom projeto de fundações?

A sondagem é fundamental, porque dá uma idéia aproximada das complicações geológicas que podem ocorrer. Todas as informações sobre sondagens feitas em São Paulo deveriam ser armazenadas num arquivo para beneficiar a cidade. Todas as incógnitas de um terreno são ditadas pela geologia e não pela geometria. Vamos supor que, em um terreno, escolhermos dois pontos com diâmetro de 2,5" para fazer sondagem e que esses pontos estejam distantes 20 m entre si. Nesse caso, o volume do solo extraído desses dois pontos nada mais é do que uma amostra, uma hipótese. E o resto? Em um terreno, devemos procurar aquilo que é diferente e não aquilo que representa a homogeneidade. Trabalhar por hipótese às vezes pode ser fácil, às vezes não.

As sondagens do tipo SPT podem ser substituídas por métodos "radiográficos"? Isso não é suficiente, já que os métodos radiográficos apenas dão uma média entre os dois pontos de captação. Nada substituí, com eficácia, o trabalho de pegar o solo com a mão, tocá-lo. E isso é coisa que ninguém quer fazer por razões sociológicas, eu diria, porque acha que é serviço de capataz ou bóia-fria.

Como a sondagem deve ser executada?

De acordo com o problema a ser resolvido, devemos prever como o solo se comporta com a aplicação ou o alívio de uma carga. O terreno é um agente passivo que deverá suportar os efeitos de um edifício, barragem ou estrada, que são os agentes provocadores. Esse é um aspecto das sondagens. O outro se refere às normas. Lamentavelmente, estamos falando de normas redigidas há 50 anos. Defendendo as normas, mas acho que deveriam servir de referência para as sondagens, que devem evoluir. Além disso, as leis foram desenvolvidas e baseadas em São Paulo, uma cidade cujo solo tem características e comportamento bem diferentes de solos de outras regiões. Santos é um exemplo.

Por que há tantos casos de recalque de edifícios na orla santista?

Santos é a segunda cidade mais difícil do mundo para se fazer fundações, só perdendo para a cidade do México. Na orla santista, os recalques ocorrem devido à compressibilidade de camadas de argilas muito moles, escorregadias e plásticas. Constituídas basicamente por ilita, um dos piores materiais para fundação, esses depósitos foram formados há cerca de 10 mil anos, quando o derretimento das calotas polares elevou o nível dos oceanos em 90 m. As ilhas que existem na frente da região a protegeram da correnteza e, por conseqüência, a água parada fez com que esse material se depositasse na baía, em camadas de grãos muito finos, inicialmente fluidos.

Não havia tecnologias na época para prever e evitar isso?

Havia conhecimentos para se adotar soluções melhores do que foram adotadas, mas algumas dificuldades não permitiram isso. Não existia nenhum equipamento ou meio construtivo para rebaixar lençol freático. A profundidade das fundações ficava limitada. A primeira vez que se rebaixou o lençol freático para executar fundações no Brasil foi na obra do Othon Palace, construída em 1954. Dessa forma, foi possível escavar abaixo do nível da água. Enquanto isso, no México, um arquiteto chamado Jose Luis Cuevas inventava a fundação flutuante. Ele pensou: se um navio pesado consegue flutuar em água, por que não posso fazer os edifícios "flutuarem" no solo?

Os prédios da avenida Engenheiro Luís Carlos Berrini e Marginal Pinheiros, em São Paulo, podem ter problemas semelhantes no futuro por serem edifícios altos construídos em uma região de vale de rio?

Não acredito. O material de embasamento daquela região é muito duro, o taguá, uma argila difícil até de escavar. Sobre esta camada, formada há 30 milhões de anos, há outra mais mole, depositada pelos rios ao longo dos anos. Sua profundidade varia de

8 a 12 m. Apesar de não ter participado de nenhum projeto naquela região, é óbvio que as fundações feitas lá atravessam a camada mole e atingem o embasamento.

É possível prever com segurança o comportamento de um solo em função da carga que atuará sobre ele? Que instrumentos existem para isso?

Claro que é. Dos milhares de edifícios construídos no País, quantos desabaram? Quando cheguei no Brasil, em 1949, a população brasileira era de 42 milhões de habitantes. Hoje, são 170 milhões de habitantes, ou seja, 128 milhões a mais em 50 anos. Cerca de 60% dessas pessoas vivem em cidades, o que significa que o volume de construção urbana neste período aumentou espantosamente. Hoje em dia há instrumentos para tudo, só que eles são pouco difundidos. Santos, por exemplo, poderia funcionar como um laboratório desde que houvesse verba para pesquisa.

O que é mais difícil para o projetista enfrentar: solos muito plásticos ou solos com muitos matacões?

São problemas bem diferentes. Bater em um matacão é um problema estatístico. Não podemos adivinhar onde encontraremos um. No entanto, é possível desenvolver um projeto e uma execução que mostrem o que fazer caso isso aconteça. Podemos deixar ou não a estaca em cima dele ou até deslocá-la. Solos muito plásticos, por sua vez, apresentam problemas de média. Esses solos têm comportamento de um material em geral homogêneo. Um representa um problema médio e outro um problema extremo. Ambos podem ser solucionados.

Podemos dizer que as principais causas de desabamento de edifícios são falhas em fundações? Há uma relação direta entre esses acidentes e erros em fundações, como em Guaratuba-PR, São José do Rio Preto-SP e Rio de Janeiro? O levantamento de hipóteses incorretas sobre um problema ou até mesmo erro de digitação podem ser as causas de um desabamento. A probabilidade >>>



de eu controlar e conhecer bem um material que eu construo é enorme. Em contrapartida, o mesmo não acontece com um terreno que, dependendo da variabilidade, pode apresentar condições recônditas. Fora isso, os terrenos, tais quais os seres da natureza, são muito menos resistentes do que uma estrutura de concreto ou aço. Não quero mencionar casos específicos, mas houve um famoso em que a ruptura catastrófica aconteceu por erro de digitação. Havia dois pilares, um do lado do outro. Um deveria ter uma fundação para pilar de carga de 470 t e o outro de 170 t. Mas, por um erro de digitação, os dados foram trocados. A fé absoluta nos programas de computação fez com que esse tipo de problema tenha se tornado cada vez mais freqüente.

**A fundação é o elemento mais vulnerável de uma construção?**

Seria, se não fossem usados, quase que sistematicamente, estacas e tubulões. O emprego de fundações profundas, apesar de garantir a segurança, é quase sempre um exagero. O custo de uma fundação corresponde de 5 a 25% do valor da obra. Por causa do medo de que aconteça algo nas fundações que comprometa o edifício, peca-se pelo excesso. Esse sobrecusto acarreta um preço social, porque encarece as construções.

**Hoje podemos dizer que o projeto de fundações limita-se à escolha entre estacas pré-moldadas e estacas moldadas *in loco*?**

Não, mas há um predomínio de diferentes tipos de fundações profundas, o que inclui as estacas. Há diferenças significativas entre as estacas pré-moldadas e as moldadas *in loco*. As cravadas são limitadas em função do tamanho e do comprimento. As moldadas *in loco* podem ter diâmetro maior e atingir grandes profundidades. A variedade dos sistemas de fundação é enorme. Um mesmo tipo de estaca moldada *in loco* pode ter diversas variações.

**Os projetistas costumam dizer que são pressionados a escolher um sistema**

**menos adequado e mais econômico. Isso é verdade?**

“Casa que não tem pão, todo mundo briga e ninguém tem razão.” Todos, sem exceção, estão apertados, trabalhando em regime falimentar. As empresas não sabem quais são os sistemas adequados para cada caso e pressionam por aquele que é mais barato. Os projetistas deveriam confiar no profissional que contratam, para ele optar por aquilo que é mais adequado, nem que isso tenha um custo adicional de 10 a 20%. Por corrupção, eliminaram a nota técnica nas concorrências, que são ditadas pelo preço mínimo.

**É possível escolher um sistema de fundação em detrimento de outro em função da viabilidade econômica? As fundações podem inviabilizar um empreendimento?**

Existem situações em que é melhor desistir, e outras que requerem mudanças como, por exemplo, diminuir o número de andares do edifício. A viabilidade econômica depende do prazo em que um investimento fica ou não parado.

**Há hoje um grande número de profissionais especializados em reforço de fundações. Podemos atribuir isso à má qualidade dos projetos?**

Não tenho dúvidas. Temos vários Leonardos da Vinci que usam receiti-



Estacas pré-fabricadas prevalecem hoje nas fundações

*errado: trocado,  
e' o inverso*

nhas e dizem saber tudo. Quase todos os projetos de fundação são feitos por engenheiros estruturais. Sabe por quê? Porque eles conhecem as tais formulazinhas. Tudo bem se as pessoas querem ser generalistas, desde que não deixem de respeitar, promover ou favorecer as especializações.

**A Petrobras detém a tecnologia mais avançada do mundo em prospecção de petróleo em águas profundas. Como a Petrobras, grandes empresas nacionais executam obras que demandam projetos de fundação arrojados, às vezes com o uso de tubulões e métodos avançados. Esse *know-how* é repassado ao setor privado?**

A Petrobras não só detém a tecnologia mais avançada do mundo em prospecção como também em produção de petróleo. A Petrobras teve a idéia genial de fazer as plataformas flutuantes que não descem até o fundo. As empresas nacionais só repassam o *know-how* para empresas do setor privado quando querem criar mercado para si próprias. A informação que passam é mercadológica, mas não didática.

**Qual foi a maior obra de fundações executada no Brasil em todos os tempos pelas dificuldades e tecnologias adotadas?**

Um dos fatos mais marcantes na história de fundações foi o conserto do edifício da Companhia Paulista de Seguros, também conhecido como "Cai- Cai", na rua Libero Badaró, em São Paulo. O edifício estava adernado 1,20 m para frente. A solução foi inovadora. Primeiro, o terreno foi congelado para perfuração de tubulões. Depois, macacos hidráulicos de 500 t levantaram o edifício para transferência das cargas das colunas para as novas fundações.

**Qual foi a causa do problema?**

Sondagem malfeita. O prédio foi construído em um terreno onde havia duas casas geminadas. Em vez de a construtora fazer sondagens nos dois terrenos para determinar a fundação, fez apenas em um, não detectando uma mudança brusca da camada de argila num pequeno intervalo de área.



Qual a medida de desaprumo considerada aceitável num edifício em virtude de recalque de solo?

Depende de quem aceita e dos equipamentos disponíveis. A Torre de Pisa até tem sua inclinação convidativa para turismo. Em 1960, raciocínamos em função do elevador, que não permitia mais do que 1% de inclinação. Já em Santos essa é uma questão jurídica. Qual a responsabilidade de quem constrói um prédio que prejudica o prédio vizinho? O recalque afeta e põe em risco outras edificações.

As estacas de hélice contínua revolucionaram as técnicas de fundações como dizem?

É uma solução inovadora por permitir, como nenhum outro tipo de fundação, um maior controle das quantidades perfuradas e substituídas por concreto. Aliás, todas as tecnologias dependem muito de inovações criativas.

O leque de sistemas de fundação é suficientemente amplo e bem utilizado?

Nada que é suficiente hoje será daqui a cinco anos. O nível de exigência por novas soluções aumenta rapidamente. Se repararmos em edifícios antigos como o Bloomindeales ou o Central Station, em Nova York, veremos que eles têm recalques de 20, 30 ou até 40 cm. Hoje, se um prédio possui mais de 2 ou 3 cm de recalque e apresenta algumas fissuras já é motivo de reclamação. O nível de exigência é levado ao exagero quando procuramos imitar os países ricos. Isso, além de tudo, nos empobrece. Por que não posso aceitar um recalque de 25 cm se o edifício é rígido e não racha? Quando o Othon Palace, que era um edifício de escritórios, foi convertido em um hotel, em 1954, o aumento de carga gerado pelo acréscimo de banheiros o fez recalcar cerca de 18 cm até 1966. Mesmo assim ele está magnífico.

Qual o recorde de profundidade de fundação que se tem notícia no Brasil?

Eu suponho que o recorde seja da ordem de 50 a 60 m, em Santos.

Podemos dizer que as estacas metálicas são um "improviso"?

De forma alguma. Apesar de as estacas metálicas não serem muito usadas no Brasil, no primeiro mundo quase sempre é a primeira solução. Faz pouco tempo que as estacas moldadas *in loco* passaram a superar as de aço. O uso de estacas metálicas como alternativa de fundação depende muito de fatores como transporte e o custo do aço. As pré-moldadas, por sua vez, dependem muito de instalação, enquanto que as moldadas *in loco* não tanto.

Como os softwares podem ajudar na execução de um projeto de fundações? É aconselhável esse tipo de recurso em todas as etapas de projeto?

Software é apenas um meio. Felizmente e Oxalá, o último deles. Qualquer pessoa que começar um projeto diretamente pelo software está cometendo um engano. O primeiro cálculo deve ser feito à mão para que a pessoa possa sentir o problema. O primeiro passo que deve ser tomado é calcular os pilares máximo, médio e mínimo à mão, para que se possa sentir a ordem de grandeza com que se está lidando. Nesse sentido, a régua de cálculo é um instrumento que dá uma precisão mais do que necessária para a engenharia civil. A partir daí, o software deve ser usado para tornar o processo mais rápido e direto. E só.

Costuma-se dizer que no Brasil não há terremotos ou fenômenos geofísicos que justifiquem executar fundações especiais. O senhor concorda com isso?

Não há mesmo. Criou-se uma indústria sobre isso. Quando os prédios eram mais baixos, as vibrações não eram sentidas. Agora, se estamos num edifício de 30 andares na avenida Paulista, em São Paulo, é claro que as vibrações serão sentidas. Já estive no Japão, Chile e Lisboa, e é curioso como a reação das pessoas é diferente com relação a isso. Nesses países, as pessoas não se alteram quando sistemas derrubam coisas de cima das mesas, por exemplo. Elas continuam almoçando e conversando como se

nada estivesse acontecendo. Todo esse alarde não justifica o grau de vibração que temos.

Quais as obras mais "ousadas" de fundações em execução no mundo?

Eu não saberia dizer, já que existem muitas coisas fantásticas em execução no mundo. Em 1970, os EUA investiram bilhões para estudar o sistema de auto-estradas e viadutos, a fim de que pudessem atender adequadamente às cidades até 2020. Há quatro ou cinco anos concluíram que tudo estava errado. Por isso, estão demolindo tudo e só na cidade de Boston, por exemplo, já investiram cerca de 23 bilhões em túneis. As coisas não são estáticas. Vamos tomar a calha do rio Tietê como exemplo. Essa solução é equivocada, porque essa intervenção será insuficiente em breve.

Qual seria a solução mais adequada?

A solução mais eficiente seria a construção de túneis ou tubos sob o rio que levassem parte da água excedente. Poderiam ser construídos quantos túneis fossem necessários. O sistema seria controlado de maneira semelhante às barragens, que também possuem túneis. Além de não atrapalhar ninguém sobre o solo, essa solução consideraria o possível aumento do volume de água que o rio sofrerá nos próximos anos em virtude do crescimento da cidade. <<

Valentina Figuerola

## LEIA MAIS

**The underpinning of the 26-storey Companhia Paulista de Seguros building in São Paulo.** A. D. Villares, Geotechnique, 1956, March.

**Proceedings 1<sup>st</sup> ICSMFE - The floating foundation of the new building of the National Lottery of Mexico.** J. L. Cuevas, Cambridge, 1936.

**Foundation Engineering for Difficult Subsoil conditions.**

L. Zeevaert, Van Nostrand Reinhold Co., N.Y., 1973.