

FUNDAÇÕES – REALIDADE ATUAL

Antônio Sérgio Damasco Penna
Damasco Penna Engenharia Geotécnica - Diretor
E-mail: penna@damascopenna.com.br

RESUMO

A condição da economia no Brasil nos últimos anos proporcionou grande avanço na importação de equipamentos modernos, nos situando junto às melhores técnicas internacionais, atuais, de fundações.

A revisão da Norma Brasileira de Fundações da ABNT – NBR 6122, em vigor desde outubro de 2010, determinou algumas mudanças interessantes nos critérios de controle de qualidade de fundações, que estão colaborando para a melhoria da qualidade técnica dos trabalhos nessa área.

A valorização dos terrenos nos grandes centros urbanos vem determinando a conveniência da construção de edifícios com maior número de pisos em subsolos, promovendo escavações mais profundas, localizadas sempre em áreas fortemente adensadas por construções.

Essa condição vem tornando frequentemente o uso de sofisticada instrumentação geotécnica em obras de grandes escavações urbanas prediais, o que anteriormente era prática restrita às obras especiais, principalmente as metroviárias e de barragens.

As técnicas de consolidação de solos moles evoluíram e se equiparam, também, aos melhores recursos internacionais disponíveis.

Na área de investigação geotécnica, infelizmente, quase nada mudou nos hábitos do cotidiano em nosso país e nesse aspecto continuamos muito atrasados em relação aos países mais desenvolvidos.

Essa é a realidade atual das fundações.

ABSTRACT

The growth of Brazilian economy in recent years resulted in a considerable progress on the possibility of importing modern equipments. This condition positioned Brazil close to the same level of international foundation techniques.

The revision of Brazilian Standard ABNT – NBR 6122 published in october 2010 determined interesting changes on the foundations quality control criteria and is collaborating to improvements on the technical qualities of our foundations.

The increasing land prices on great urban centers are determining the convenience of buildings with larger number of underground floors, promoting deeper excavations on densely constructed areas.

This condition is making frequent the use of sophisticated geotechnical instrumentation in great excavations in urban area for buildings, before restricted to large special sites such as subways and dams.

The techniques on soft soil consolidation also developed and can be compared to the state of the art methods in the world.

In the area of geotechnical investigation, unfortunately, almost nothing has changed in the habits of everyday life in our country and we remain far behind the more developed countries.

This is the actual scenario in foundations engineering.

INTRODUÇÃO

A descrição da realidade atual da engenharia de fundações, a nosso ver, passa por alguns condicionantes fortes, ocorridos nos últimos anos, melhorando de forma geral o exercício de nossa profissão de engenheiro geotécnico.

A base mais forte desses determinantes, a nosso ver, é a condição da economia brasileira nos últimos oito anos, aproximadamente.

Com a estabilidade de nossa moeda, conquistada há 18 anos e mais recentemente com as condições de contorno internacionais, altamente favoráveis ao crescimento do Brasil, nosso mercado de construção civil cresceu muito e as empresas de nossa área de fundações, cresceram também.

Muito equipamento moderno foi importado e muito se desenvolveram as empresas nacionais, produtoras de equipamentos para a área de fundações.

As máquinas de execução de estacas do tipo hélice contínua passaram a ser disponíveis em todo o território nacional, com grande fartura de equipamentos.

Os martelos hidráulicos para a cravação de estacas pré-moldadas de aço ou de concreto, hoje disponíveis no Brasil, representam o que há de mais moderno no mundo e já são encontrados em diversas capitais brasileiras.

A chegada da “hidrofresa”, recentemente incorporada às técnicas de contenções e de fundações, em maciços de alteração de rocha e mesmo em maciços de rocha de mediana resistência, introduziu uma alternativa para as contenções profundas, em parede diafragma e para fundações em rochas, com estacas tipo barrete.

Desde outubro de 2010 passou a vigorar a revisão da Norma Brasileira de Fundações da ABNT – NBR 6122, contribuindo com a obrigatoriedade de prova de carga em estacas, dependendo de determinadas condições de quantidades e com a obrigatoriedade da leituras de recalques das edificações com altura superior a 60 metros.

Nos últimos anos, o uso de instrumentação geotécnica passou a ser mais frequente, principalmente em escavações profundas, em edifícios que hoje atingem até sete subsolos.

A produção de estacas metálicas cresceu, principalmente em perfis laminados de aço, disponíveis em secções “I” e “H” de grande variedade, permitindo acessar camadas muito profundas e conquistando altas produtividades de cravações com os atuais martelos hidráulicos.

O uso dos antigos tubulões, nas versões a céu aberto, sem nenhum revestimento ou ar comprimido, com revestimentos de aço ou de concreto armado, ainda encontram abrigo em nossa norma técnica de fundações de acordo com a Norma Brasileira de Fundações da ABNT – NBR 6122, o que, na opinião do autor, é lamentável, mas são de fato de uso cada vez menos frequente, principalmente a técnica de ar comprimido, de uso muito raro.

No campo das investigações geotécnicas para o reconhecimento do terreno de fundação nada mudou. Prossegue ainda o hábito de uso quase exclusivo da sondagem a percussão “SPT”, que por força da norma da ABNT (Solo – Sondagens de simples reconhecimento com SPT – método de ensaio – NBR 6484 de fevereiro de 2001), ainda é de execução exclusivamente manual, o que nos coloca em condição de muito atraso tecnológico se comparado aos países desenvolvidos.

CONDIÇÃO ECONÔMICA FAVORÁVEL

Os últimos oito anos proporcionaram ambiente econômico favorável para a indústria da construção civil no Brasil, permitindo que as empresas investissem em novos equipamentos e novas tecnologias.

A condição de câmbio para a importação desses equipamentos vem colaborando nesse sentido.

As perspectivas de trabalhos vinculados à Copa do Mundo de Futebol e à realização de Olimpíadas, no Brasil, contribuem para o crescimento do mercado.

A valorização dos terrenos nos grandes centros urbanos está estabelecendo a conveniência da construção de edifícios com maior número de pisos em subsolos, criando condições que exigem muito mais da área de fundações e contenções, contribuindo para o desenvolvimento da técnica.

As aberturas dos capitais das empresas imobiliárias proporcionaram, recentemente, grande movimento na construção civil predial.

Os planos governamentais de financiamento de imóveis populares também contribuíram para o crescimento da indústria da construção civil predial.

A necessidade de ampliação do setor de logística exigiu a construção de inúmeros galpões de armazenamento de mercadorias, até mesmo em locais com terrenos altamente impróprios para este fim, exigindo pesados investimentos em fundações e consolidações.

NOVA NORMA DE FUNDAÇÕES

A publicação em outubro de 2010, da revisão da NBR-6122 – Projeto e Execução de Fundações, contribuiu em dois aspectos fortes, para a melhoria da técnica.

O primeiro determinante forte foi a obrigatoriedade da verificação de desempenho das fundações (item 9 da NBR-6122) com medidas de recalques da estrutura, nos seguintes casos:

- a) Estruturas nas quais a carga variável é significativa em relação à carga total, tais como silos e reservatórios;
- b) Estruturas com mais de 60 m de altura do terreno até a laje de cobertura do último piso habitável;
- c) Relação altura/largura (menor dimensão) superior a quatro;
- d) Fundações ou estruturas não convencionais.

O segundo determinante forte foi a obrigatoriedade de realizar provas de carga estáticas em estacas, para verificação de desempenho, dependendo da quantidade de estacas na obra e da tensão admissível de dimensionamento da estaca (item 9.2.2.1 da NBR-6122).

Quanto à tensão admissível de dimensionamento da estaca, os limites acima dos quais a prova de carga estática passou a ser obrigatória são os da tabela adiante:

OBRIGATORIEDADE DE PROVA DE CARGA ESTÁTICA PARA VERIFICAÇÃO DE DESEMPENHO	
CRITÉRIO DE TENSÃO ADMISSÍVEL	
Tensão admissível (MPa)	Tipo de estaca
4,0	Strauss, Trado mecânico $d < 70$ cm
5,0	Trado segmentado, Escavada com ou sem fluído ($d \geq 70$ cm) e Hélice
7,0	Franki, Pré-moldada de concreto
15,5	Raiz e Micro estaca
0,5 f_{yk} (172,5 Mpa no caso de $f_{yk} = 345$ MPa)	Aço

Quanto à quantidade de estacas na obra, os limites acima dos quais a prova de carga estática passou a ser obrigatória, são os da tabela adiante:

OBRIGATORIEDADE DE PROVA DE CARGA ESTÁTICA PARA VERIFICAÇÃO DE DESEMPENHO	
CRITÉRIO DE QUANTIDADES	
Quantidade	Tipo de estaca
50	Trado segmentado
75	Raiz, Micro estaca, Escavada com ou sem fluído ($d \geq 70$ cm)
100	Pré moldada de concreto ou aço, Hélice, Franki, Strauss e Escavada sem fluído ($d < 70$ cm)

Os ensaios de carregamentos dinâmicos (ABNT - NBR – 13.208 de julho de 2007 – Estacas – Ensaio de carregamento dinâmico) estão incluídos na obrigatoriedade das provas de carga para verificação de desempenho das fundações em estacas e podem substituir as provas estáticas na proporção de cinco ensaios dinâmicos no lugar de cada prova estática, para obras cujas quantidades sejam de até o dobro das indicadas na tabela anterior.

Para obras com quantidades superiores ao dobro das indicadas na tabela, a substituição é parcial, com pelo menos uma prova estática.

INSTRUMENTAÇÃO GEOTÉCNICA

Os processos de instrumentação evoluíram e se tornaram mais acessíveis.

Estão disponíveis, atualmente, diversas empresas especializadas e a tendência é que a utilização dessas técnicas se torne cada vez mais freqüente em obras de fundações e contenções.

A norma brasileira de fundações determina como obrigatório apenas o controle de recalques verticais e apenas nos casos específicos descritos na norma.

Na opinião do autor, deve-se utilizar das técnicas de monitoração em todas as escavações de subsolos em áreas urbanas, que envolvam profundidade superior a 10 m.

A norma brasileira da ABNT – Segurança de Escavação a Céu Aberto – NBR-9061 de setembro de 1985, recomenda a instrumentação de escavações, mas não estabelece critérios mínimos como agora estão incorporados na norma de fundações, para provas de carga e para o controle de recalque do prédio objeto da obra, e não de qualquer edificação vizinha.

As monitorações das escavações devem envolver inclinômetros instalados no terreno ou no interior da lamela da parede diafragma, marcos superficiais externos à escavação, para controle de recalque do piso vizinho, pinos de recalques em edificações vizinhas, referencial de nível profundo, medidores de nível d'água, piezômetros, marcos tri-ortogonais para controle de deslocamentos nas três direções e células de carga em tirantes.

EQUIPAMENTOS MODERNOS

Chegaram ao Brasil e estão em utilização, equipamentos de fundações dos mais modernos do mundo.

É muito recente a introdução do uso do sistema “Hidrofresa” no Brasil.

Esse sistema permite executar lamelas de estacas tipo barrete ou parede diafragma, com penetração em rocha fraturada de mediana resistência.

O processo de escavação do horizonte rochoso é baseado na ação de duas rodas dentadas que desagregam a rocha e o uso de circulação reversa que permite a remoção dos detritos da perfuração.

O fluido estabilizante é a lama bentonítica ou polimérica.

Os detritos são removidos por sucção do fluido que passa por uma estação de remoção de sólidos, para retornar à perfuração.

Recentemente os martelos hidráulicos para a cravação de estacas pré-moldadas de concreto ou de aço, passaram a ser utilizados com frequência, no Brasil,,.

Esses martelos apresentam produtividade muito superior aos equipamentos de queda livre ou diesel e permitem maior controle de energia aplicada à estaca no processo de cravação.

Alguns equipamentos são dotados de torres altas que reduzem a necessidade de emendas com a interrupção da cravação e em outras montagens, com o auxílio de guindaste, o martelo hidráulico é posicionado diretamente sobre a estaca.

AS ESTACAS TIPO HÉLICE CONTÍNUA

Essa técnica de execução de estacas, introduzida no Brasil em 1995 se fixou de forma marcante e atualmente representa a solução mais freqüente em fundações profundas no Brasil.

As empresas nacionais de fundações adquiriram muitos equipamentos importados e outros produzidos em empresa fabricante nacionais, abastecendo todo o Brasil com a disponibilidade dessa técnica.

A rapidez da execução, a possibilidade de registros automáticos do processo de perfuração e de concretagem, são os responsáveis por tornarem solução de uso muito freqüente.

As empresas construtoras manifestam sua preferência por um processo rápido sem vibrações, sem incômodos para os vizinhos e sem perdas por quebras.

A técnica permite atravessar camadas de alguma resistência, que poderiam impedir o avanço de estacas pré-moldadas de concreto.

Esse aspecto de permitir atravessar camadas resistentes, que eventualmente poderiam servir de apoio para outros sistemas de fundações em parte compensa a modéstia das técnicas de investigação do subsolo (sondagens) usadas no Brasil.

AS ESTACAS METÁLICAS

A produção de perfis laminados de aço, no Brasil, atualmente, proporciona uma condição muito interessante para o uso em fundações profundas.

A variedade de secções em formatos de letras “I” e “H” permitiu que seu uso clássico como sistema de contenção, viesse a crescer como sistema de fundação.

Em condições geológicas típicas do litoral Brasileiro, se tornou frequente o uso de perfis “telescopados”, unindo por solda, peças de secção muito semelhante, com alguma diferença de peso, proporcionando economia nos trechos de menor solicitação estrutural da estaca.

Os martelos hidráulicos vieram colaborar no avanço da técnica de uso dos perfis metálicos em fundações, permitindo maior velocidade de cravação e maiores profundidades atingidas.

TUBULÕES

Ainda são usados como solução de fundação no Brasil, apesar de que, atualmente, outras técnicas, baseadas no uso de equipamentos mecanizados, poderiam eliminar de nosso mercado, essa prática.

Na visão do autor é inconcebível, que nas condições atuais do Brasil ainda se mantenha em uso um sistema que expõe o trabalhador a um risco absolutamente desnecessário.

É claro que representa ainda uma alternativa de conveniência econômica, principalmente na versão a “céu aberto”.

De qualquer forma, se observa, felizmente, uma tendência de se reduzir o uso.

Na versão a “ar comprimido” o uso é muito pouco frequente e os riscos associados à saúde do trabalhador, são ainda maiores.

A esperança é que em alguma revisão futura da norma de fundações, se elimine as duas técnicas, a “céu aberto” e a “ar comprimido”.

INVESTIGAÇÃO GEOTÉCNICA

Nessa área, fundamental para a concepção, dimensionamento e execução de fundações, estamos muito atrasados.

Nenhum avanço ocorreu nos últimos anos.

Prossegue o hábito de se utilizar apenas a sondagem a percussão.

Poucas são as obras em que se utiliza algum ensaio especial de campo, como o “CPTU”, o “DMT”, o “PMT” ou o “VST”, e também raros são os casos de coletas de amostras indeformadas, para ensaios especiais em laboratório.

A norma brasileira de sondagem NBR-6484 – Solo - Sondagens de simples reconhecimento com SPT– Método de ensaio é de fevereiro de 2001 e precisa ser revisada, para que possa ser introduzido o martelo automático, o uso de perfuração mecanizada, com “hollow-auger”, sem a necessidade de “lavagem” do terreno e com a medida de energia, para tornar o ensaio melhor.

O uso de equipamento manual nas sondagens nos coloca entre os países mais atrasados do mundo na investigação geotécnica.

A norma Brasileira NBR-8036 – Programação de sondagens de simples reconhecimento dos solos para fundações de edifícios de junho de 1983 precisa ser revisada de forma a ampliar as especificações de quantidade mínimas de sondagens, hoje limitada a 2.400 m² de área de projeção em planta, correspondendo ao mínimo de 9 sondagens.

São freqüentes obras com áreas de projeção em planta de 20.000 m², 50.000 m², 100.000 m² e até maiores, onde o estabelecimento dos mínimos fica sem orientação normativa.

Na revisão dessa norma é preciso criar, também, tabela que defina exigências mínimas de investigações, em função do porte de obra (número de pavimentos elevados e número de pavimentos subterrâneos).

A disponibilidade de equipamentos de ensaios especiais de campo (CPTU, DMT, PMT e VST), apesar da pequena utilização, cresceu no Brasil nos últimos anos, o que demonstra o início da mudança de hábito.

Nesse ano de 2012, no mês de setembro, o Brasil será sede do ISC'4 – “4th International Conference on Geotechnical and Geophysical Site Characterization” (ISC'4), simpósio internacional onde serão discutidas as técnicas de investigação do subsolo.

Com certeza, nessa ocasião, muitos profissionais da área terão conhecimento das melhores técnicas de reconhecimento dos terrenos, utilizadas, atualmente, em todo o mundo.