



PARECER TÉCNICO DE TIRANTES EM ÁREAS URBANAS

Introdução

O Instituto de Engenharia, através do seu Departamento de Engenharia Civil e da Divisão Técnica de Geotecnia, vem sendo instado, por empresários da construção civil e por empresas e profissionais dedicados à Engenharia Geotécnica, a examinar a utilização de tirantes como elemento auxiliar provisório na execução de estruturas enterradas para edifícios de porte em nossa cidade. Isto porque a ocupação dos espaços vazios existentes na cidade de São Paulo vem sendo considerada uma meta permanente e uma decisão acertada quanto à plena utilização da infra-estrutura de serviços públicos urbanos.

A presente correspondência tem por objetivo a discussão da evolução dos sistemas de suporte de escavações verticais em áreas urbanas densamente ocupadas, principalmente nas grandes cidades de todo o mundo, nas quais a criação de espaço vertical vem sendo um objetivo constante.

O Instituto de Engenharia tem acompanhado o notável esforço da Prefeitura do Município de São Paulo para se adaptar à grande tendência urbana atual, que vem contemplando um dramático crescimento da integração vertical através de grandes edifícios dotados de vários níveis de garagens enterradas em todo o mundo. Assim é que, contrariamente às posturas do passado, hoje há um grande incentivo à construção de subsolos que permitam fazer face ao grande crescimento do número de veículos em nossa cidade.

Assim sendo é fundamental a implantação de infra-estruturas enterradas, cabendo aos poderes públicos constituídos a ordenação física e jurídica do espaço urbano sem frear a inovação tecnológica que é a base de todo o progresso humano e objetivo permanente de todas as sociedades modernas.

A evolução das edificações de grande porte

Com o crescimento exponencial da população mundial foram surgindo edifícios cada vez mais elevados com opções de serviços que privilegiam o conforto e o bem estar de seus ocupantes. Antigamente na cidade de São Paulo para cada unidade de ocupação de um edifício (apartamentos, escritórios, etc) previa-se apenas uma garagem, sendo que qualquer

necessidade adicional era uma opção a ser exercida pelo adquirente. Já a partir das décadas de 1980-1990, qualquer empreendimento deve contar com um grande número de garagens, sem o que o mesmo se torna manifestamente inviável.

Atualmente há a necessidade de, no mínimo, um nível de garagem para, digamos, cada cinco andares de um edifício comercial ou residencial. Embora as necessidades sejam também ditadas pela legislação de aproveitamento dos terrenos, o padrão em São Paulo é a construção de subsolos que se estendem até as divisas, sendo a parte aérea constituída por torres ou corpos de edifícios com arquitetura cada vez mais criativa e sofisticada.

Já vai longe a época em que os edifícios eram retangulares ou quadrados, com colunas alinhadas em ambas as direções, sem subsolo ou com umas poucas garagens acomodadas no espaço entre pilotis avantajados ao nível do andar térreo.

Toda uma nova realidade vem demandando a construção de subsolos com profundidades médias de dez a quinze metros encravados em áreas ocupadas por residências ou edifícios, não raro em mau estado de conservação e com apoio em fundações diretas superficiais.

Perante um tal quadro, a preservação da vizinhança e do entorno das edificações passou a ser uma busca permanente de investidores, incorporadores, construtores e projetistas em geral, como condição "sine qua non" para o sucesso de vendas de qualquer empreendimento.

Noções iniciais do que são paredes atirantadas

Do ponto de vista de subsolos de edifícios, um método seguro e que não afeta a vizinhança é a construção de paredes diafragma e que são suportadas lateralmente por tirantes protendidos, conforme a seguir descrito.

- a) Parede diafragma: previamente à execução de um subsolo de um edifício, promove-se à implantação de uma parede enterrada que é construída no interior dos solos e que circunda a área a ser aproveitada, chamada de parede diafragma. Esta implantação é feita por um guindaste que opera uma peça denominada "clamshell" (em português concha). Esta peça funciona como uma mandíbula que, quando fechada no interior do terreno, "abocanha" uma porção de terra, a qual é a seguir içada à superfície do terreno. Através de repetições sucessivas é escavada uma vala profunda de paredes verticais e para evitar que esta vala desmorone utiliza-se uma lama especial que preenche o espaço vazio de solo recém escavado, assim promovendo a estabilização desta vala. A execução é em trechos que medem em planta entre 2,50 metros e 3,20 metros cada e que vão sendo solidarizados uns aos outros em seqüência planejada. Após a escavação de um trecho, a lama é substituída por concreto armado em uma operação conhecida como concretagem. O resultado é uma parede bem acabada de concreto armado que fica enterrada no solo depois de executada. Sucessivamente vão sendo executados os vários trechos até se completar todo o perímetro do terreno. Tipicamente as paredes diafragma apresentam espessura de 0,40 metro a 1,00 metro e a profundidade é praticamente ilimitada, o que faz com que possam atingir terrenos

profundos muito resistentes.

Terminada a parede diafragma enterrada inicia-se a escavação no espaço interno que é levada a efeito rapidamente por tratores que carregam caminhões-caçamba, os quais transportam o solo escavado para áreas desocupadas denominadas "bota-fora".

b) tirante protendido em solo: à medida que a escavação vai sendo aprofundada sobrevém a necessidade de se evitar que a parede concretada tombe lateralmente levando junto as edificações vizinhas. Para evitar que isto aconteça, antigamente utilizavam-se precariamente escoras quando as dimensões e formato regular da escavação permitiam. Quando tal não ocorria a obra tornava-se praticamente inviável. Por esta razão, nos idos de 1960, foi criado o tirante protendido em solo que é um elemento com formato tubular, com 10 a 15 cm de diâmetro da perfuração. As fases de execução são as seguintes:

1. perfuração pouco inclinada, revestida com tubulação de aço a qual evita que o furo desmorone à medida em que o solo vai sendo retirado internamente por sopro de ar ou fluxo de água. Esta perfuração acontece atrás da parede e tem comprimento típico entre 12 metros e 20 metros. O mais comum é que esta perfuração seja ligeiramente descendente, em geral com ângulo de 20° com a horizontal, o que faz com que a mesma se desvie dos alicerces das casas existentes;

· depois de atingido o comprimento de projeto, desce-se a armação de aço do tirante (também chamada de tendão) e a seguir injeta-se calda líquida de cimento à medida que se vai retirando a tubulação de aço do revestimento. Assim sendo, em nenhum momento "sai terra" do furo sem que a mesma seja substituída por nata de cimento. Como conseqüência, seguramente nunca ocorrem espaços vazios no maciço de terra. Através de um sistema especial, consegue-se repetir a injeção de cimento uma ou mais vezes, o que aumenta a capacidade de carga de cada tirante sem afetar as condições dos vizinhos, uma vez que esta injeção é localizada e ocorre junto ao tirante, em geral com um alcance inferior a um metro;

· a seguir espera-se o cimento secar e tensiona-se o tirante enterrado contra a parede em um processo chamado de protensão, a qual é propiciada por um macaco hidráulico que reage contra a parede diafragma acima descrita. O tirante consiste pois de um tendão protendido entre a parede e seu comprimento de ancoragem que se localiza no terreno atrás da parede. Parte desta protensão permanece durante toda a execução do subsolo, o que evita a tendência à defomabilidade lateral da parede, assim mantendo intactas as construções dos vizinhos. Portanto a tendência de a parede se deformar é contrabalançada pela protensão do tirante;

· a protensão permite também assegurar se cada tirante está apto a resistir à carga de tração de projeto, dando total segurança à parede atirantada. Normalmente uma parede é suportada por vários tirantes, cada um deles convenientemente testado;

· o tirante deve ser suficientemente longo para garantir a estabilidade do vizinho;

para assegurar que o tirante seja ancorado em terreno firme além desta cunha crítica, o tendão entre a ancoragem e a cabeça deve ser livre de atrito, o que é conseguido fazendo este tendão deslizar por dentro de uma mangueira que o isola do solo circundante;

É importante mencionar-se que a instalação dos tirantes é silenciosa e não é sequer percebida pela vizinhança.

Após o término da parede atirantada e da escavação interna, constrói-se de baixo para cima o subsolo e o corpo do edifício. À medida que são construídas as lajes da garagem, o suporte da parede diafragma passa a ser feito pelas próprias lajes e os tirantes perdem sua função e são desativados.

Fechando este tópico, importa mencionar-se que os tirantes não se confundem com a fundação que sustentará o corpo da edificação. Esta é definitiva e tem função permanente ao longo da vida da edificação. Não ocorre o mesmo com os tirantes protendidos. Estes, como visto acima, têm função temporária (provisória) quando utilizados nas condições acima descritas e perdem sua função de ancoragem tão logo são executadas as lajes dos subsolos.

A construção de subsolos com maior segurança da vizinhança; perspectiva histórica até 1970

A história da moderna construção de escavações em centros urbanos iniciou-se nos anos 1920 e 1930 e nesta época os escoramentos usuais de escavações em áreas densamente habitadas eram feitos através de peças de madeira que eram cortadas para se adaptarem ao uso na medida das necessidades. A engenharia de então tratava o assunto com grande empirismo e adotava o lema: quando em dúvida coloque mais madeira, seja na direção horizontal, quando recebiam a denominação de estroncas, seja na direção inclinada quando eram chamadas de escoras.

As estroncas atravessavam os terrenos e a reação era de uma parede contra a outra; as escoras eram apoiadas, sem critério objetivo de engenharia, aleatoriamente "onde dava", em geral reagindo contra valas improvisadas nos terrenos ou contra partes recém executadas da estrutura futura.

Durante este mesmo período, com inspiração européia, foram desenvolvidas técnicas de ancoragens em rocha para estruturas temporárias e depois para estruturas permanentes.

Andre Coyne, trabalhando com os primeiros tirantes protendidos de alta capacidade em rocha na barragem de Cheurfas na Argélia em 1932, é creditado como o pioneiro no desenvolvimento das ancoragens em rocha.

Apenas cerca de vinte e cinco anos após é que se desenvolveu o uso de tirantes protendidos em solo, pois só foi a partir dos anos 1960 que foi desenvolvida a técnica de injeção em solos.

Os desenvolvimentos mais importantes aconteceram desde o final da segunda guerra mundial até o final dos anos 1970 e este foi um período de aceleração no surgimento de técnicas para contenção de maciços de solo, desenvolvimentos estes estimulados pela reconstrução de cidades destruídas pela guerra na Europa Ocidental. Basicamente as evoluções mais significativas foram a injeção de calda de cimento em solo, a melhoria dos aços para concreto protendido e o surgimento dos macacos hidráulicos Freyssinet para a protensão de fios e cordoalhas de aço. A evolução do tirante protendido acompanhou a evolução do concreto protendido.

As inovações na Europa foram sendo absorvidas gradativamente nos Estados Unidos e mais rapidamente também no Brasil, após o que as aplicações proliferaram e cresceram de forma gigantesca.

Nos Estados Unidos a grande revolução do período pós-guerra foi a aplicação do tirante protendido para o suporte de escavações profundas.

Observando a experiência européia, a empresa Spencer, White e Prentiss usou tirantes em rocha e solo em quatro escavações de edifícios para suporte de paredes em 1960 e 1961, o primeiro em Milwaukee e dois na cidade de Nova York, implantando tirantes com procedimentos elementares de injeção sem aplicação de pressão elevada.

O edifício da telefônica de Nova York foi o primeiro trabalho com tirantes para escavações de edifícios desta firma nesta cidade.

Celebrando este grande avanço da Engenharia foi consignado um editorial da Engineering News Record (principal revista de engenharia americana) no seu volume de junho de 1961, como segue:

“A seqüência de obstáculos para os equipamentos de escavação formado pelas escoras inclinadas que suportavam os lados de uma escavação mostrava um quadro triste nesta era de maravilhas tecnológicas”. Com o seu desaparecimento, os construtores terão muito mais produtividade com seus equipamentos sem a irritação e riscos associados com as suas escoras internas infernais (em inglês o trocadilho é entre “internal” e “infernal”). Não somente os construtores mas também os supervisores, com toda a visão descongestionada dos canteiros tornada realidade, serão eternamente gratos.”

Imediatamente após, iniciou-se o uso de tirantes em escoramentos na cidade de Los Angeles com a iniciativa da empresa Leroy Crandall. O solo aluvionar de Los Angeles com o nível d'água abaixo da escavação na maioria dos casos ofereceu as condições ideais para o uso de cortinas atirantadas. Uma vantagem animadora do sistema era a sua condição de manter a integridade das estruturas adjacentes sem a necessidade de sub-fundações ou reforços de fundações dos vizinhos. Em outros termos “sem mexer” com o vizinho.

Enfim abriu-se toda uma nova era de evolução tecnológica, permitindo a construção de escavações de porte seguras e com notável aumento da produtividade e de facilitação executiva. No Brasil, o desenvolvimento da técnica de tirantes em solos será pormenorizada nos itens seguintes.

Os progressos a partir de 1970

As décadas a partir de 1970 foram um divisor de águas no que se refere a construções para tornarem o trânsito mais rápido e nos Estados Unidos os projetos com esta finalidade foram planejados e executados em Washington D. C., Atlanta, Baltimore, Boston, cidade de Nova York, Búfalo e Los Angeles. Na Europa Ocidental mais de vinte novos metrô ou foram iniciados ou foram expandidos, como parte de programas para a melhoria do tráfego urbano. Muitos arranha-céus com garagens profundas foram construídos, com escavações notáveis em cidades como Seattle, São Francisco, Chicago, Los Angeles, e Houston.

Um caso clássico de escavação que ilustra a complexidade e a escala que atingiram as escavações é a do sub-solo do "Columbia Seafirst Center" em Seattle. A escavação de formato quadrado atingiu uma profundidade de 37 metros.

A escavação foi feita em argilas duras entremeadas com areias e solos sedimentares glaciais com estacas metálicas pranchadas e tirantes com apenas seis a nove metros de comprimento e 1,0 a 2,4 metros de espaçamento vertical. Junto à borda da escavação existia um edifício de cinco andares. Um sistema intrincado de tirantes que se cruzavam estabilizaram este edifício chamado de "Columbia House" e reforçaram as fundações do mesmo.

O projeto utilizou técnicas numéricas avançadas, com análises por elementos finitos para avaliar os movimentos potenciais do terreno e otimizar a construção para controlar os deslocamentos laterais. Os movimentos foram surpreendentemente pequenos, muito menores que os previstos pelo método dos elementos finitos.

Em anos recentes uma ênfase crescente vem sendo dada na seleção de sistemas de suporte de escavações com o uso de tirantes protendidos, métodos de cálculo e procedimentos construtivos com o objetivo principal de limitar os movimentos dos terrenos dos vizinhos. As ferramentas de previsão foram divisadas principalmente como resultado de:

- a) Observações de campo para uma variedade de movimentações da parede e do solo, freqüentemente através de instrumentação sofisticada.
- b) modelagens numéricas, principalmente através do método dos elementos finitos.

A construção desta obra teria sido, no mínimo, imensamente problemática com o emprego de escoramento interno por estroncas, pela necessidade de se entrecruzarem estroncas em direções ortogonais para suporte das quatro paredes.

Como destacou o professor R. B. Peck da Universidade de Illinois, considerado o especialista de maior experiência no mundo, nos idos 1990: o aspecto das escavações foi sendo progressivamente transformado de múltiplos níveis de estroncas e escoras inclinadas que atravessavam os terrenos para um em que prevalecem os tirantes, o que propicia muito mais espaço e flexibilidade construtiva.

Para que se tenha uma idéia mais precisa da evolução do emprego dos tirantes em todo o mundo, apresentamos abaixo um levantamento dos dez edifícios mais altos do planeta:

ranking	Edifício / cidade	ano	Altura em Metros	Número de andares
1º	Taipei 101, Taipé, Taiwan	2004	509	101
2º	Petronas Tower 1, Kuala Lumpur, Malásia	1998	452	88
3º	Petronas Tower 2, Kuala Lumpur, Malásia	1998	452	88
4º	Sears Tower, Chicago	1974	442	110
5º	Jin Mao Building, Shanghai	1999	421	88
6º	Two International Finance Centre, Hong Kong	2003	415	88
7º	Citic Plaza - Guangzhou, China	1996	391	80
8º	Shun Hing Square, Shenzhen, China	1996	384	69
9º	Empire State Building, Nova York	1931	381	102
10º	Central Plaza, Hong Kong	1992	374	78

Fonte: www.google.com.br, entrada "anchored diaphragm slurry walls"

Dos edifícios acima apenas o "Empire State Building" de Nova York e o "Central Plaza" de Hong Kong não utilizaram paredes diafragma e tirantes. Aquele teve escavação em rocha e este utilizou o método invertido.

Os mais famosos da lista acima, que são as duas torres Petronas, utilizaram paredes diafragma atirantadas com quatro linhas de tirantes para uma escavação de 20 metros de profundidade. As fundações foram executadas a partir desta profundidade, sendo constituídas por 210 estacas barrete, com 105 metros de profundidade cada.

O "World Trade Center", constituído por duas torres idênticas foi terminado em 1972 e desbancou o reinado do "Empire State Building" de quase trinta anos como o mais alto de Nova York, até que as torres foram destruídas em 11 de Setembro de 2001. A Altura era de 411 metros e o número de andares 110. As escavações para os cinco subsolos foram constituídas por paredes diafragma atirantadas, com 20 metros de profundidade, o que levou o subsolo a ser construído abaixo do nível do "Hudson River" que banha Nova York. Daí a razão deste subsolo ter sido chamado de banheira (em inglês "Bathtub").

As fundações dos pilares do WTC estão apoiadas em rocha.

É importante que se aprecie o fato de que os maiores empreendimentos usaram parede diafragma e tirantes protendidos em suas escavações e se multiplicaram a partir da década de 1990.

Dos duzentos edifícios mais altos em todo o mundo, sendo o primeiro com 509 metros de

altura e o ducentésimo com 225 metros, 79 estão situados nos Estado Unidos da América do Norte.

Para que se tenha idéia do grande emprego de paredes diafragma atirantadas, uma estatística compilada em 1990 pelos professores T. D. O'Rourke (Universidade de Cornell, Estados Unidos) e por C. J. F. P Jones (Universidade de Newcastle-upon-Tyne no Reino Unido), revelou o seguinte quadro emblemático:

"Atualmente as escavações atirantadas com paredes diafragma compreendem cerca de 85% das paredes moldadas" in loco nos Estados Unidos, com 5% a 10% de suporte através de solo grampeado e apenas o restante ainda emprega estroncas e escoras inclinadas.

Estava portanto decretado o fim das escavações escoradas por estroncas ou por escoras e firmemente encampado o emprego de tirantes protendidos para contenção de escavações para subsolos de edifícios nos Estados Unidos, como de resto em todo o mundo, inclusive no Brasil.

A alternativa do método de construção invertida

Excetuando-se a execução de escavações verticais por paredes diafragma ou estroncadas ou atirantadas, o único outro método considerado seguro de avançar uma escavação urbana, porém com enormes limitações, foi o método da construção invertida ("up/down construction").

O processo de construção invertida foi desenvolvido a partir do chamado método milanês para construção de metrô o qual pode ser descrito como "cubra primeiro e depois escave" ("cover and cut") em vez do processo mais usual que preconiza "primeiro escave e depois cubra" ("cut and cover"), ou seja:

- primeiro constrói-se a parede diafragma no entorno da escavação;
- a seguir constrói-se a laje superior próxima à superfície para travamento da parede diafragma;
- passo seguinte procede-se à escavação por baixo como se fosse uma mina;
- O procedimento vai sendo sucessivamente repetido tantas vezes quanto for o número dos demais subsolos inferiores, o que vai garantindo o suporte lateral da laje à medida que a escavação vai sendo aprofundada. Ou seja, a laje definitiva funciona como estroncamento.

Esta seqüência levou ao desenvolvimento da construção invertida, primeiramente na Europa e no Oriente e a seguir ocorreram os esforços iniciais nos Estados Unidos. O uso deste processo na construção do centro Olímpia em Chicago, no início dos anos 1980 foi um estímulo para outras iniciativas.

Este método ou processo construtivo não requer inovação radical nas técnicas usuais, mas demanda uma seqüência criativa desenvolvida a partir da construção de edifícios e da construção pesada. O processo pode ser mais bem compreendido pela divisão em quatro operações distintas mas altamente interconectadas.

- a) sistema de paredes: consiste de um diafragma de concreto pelo método de trincheira estabilizada com fluido estabilizante com acima descrito;
- b) sistema de colunas e fundações: a instalação das colunas permanentes da infra-estrutura e respectivas fundações é feita antes da escavação e é a parte mais essencial no processo. As fundações ou devem ser diretas apoiadas em profundidade ou trabalharem de ponta. Usualmente são ou sapatas ou tubulões com arrasamento profundo ou estacas com uso de lama ou ainda trechos de parede diafragma denominados barretes. As colunas ou são moldadas "in loco" de concreto ou são metálicas. As dificuldades mais agudas são a colocação das colunas e sua solidarização/ ligação com as fundações em profundidade, o que demanda muita precisão. Um problema adicional é a garantia da estabilidade da coluna em toda a profundidade da infra-estrutura. Normalmente isto é conseguido com o reaterro do espaço anelar entre a coluna e a escavação para implantação da coluna, antes que se proceda à escavação propriamente dita.
- c) sistema de lajes dos pisos da infra-estrutura: são normalmente moldadas in loco. A dificuldade é a incorporação da laje ao diafragma e a retração do concreto que pode causar movimentação da laje. Estas lajes é que vão evitar que as paredes venham a "tombar".
- d) sistema de escavação: o sistema de escavação no processo de construção invertida é tipicamente um processo de mineração horizontal abaixo de cada laje completada e devidamente curada. Consideração especial deve ser dada às atividades de retirada vertical da terra escavada e o suprimento também vertical de materiais através de guias, o que dá baixíssima velocidade à execução da obra.

A locação e o número de aberturas nas lajes para usar este procedimento deve ser integrado com a logística dos equipamentos e sua escolha deve ser tal que possibilite o prosseguimento do trabalho nas lajes superiores àquela sendo executada. A dificuldade de ventilação da parte enterrada coloca problemas quase insanáveis de prejuízo da saúde dos operários, além de demandar um custo excessivo devido à diminuição das jornadas de trabalho. Antes da execução de cada lance de escavação deve-se aguardar a cura e a incorporação ao diafragma da laje recém executada.

Em virtude dos problemas acima, o processo de construção invertida quase nunca é hoje considerado, a não ser em situações em que os edifícios podem levar muito tempo para serem construídos.

É contra-indicado em áreas excessivamente exíguas ou muito espaçosas como são os grandes conjuntos comerciais e residenciais que vêm atualmente sendo construídos na cidade de São Paulo que abrangem, não raro, terrenos acima de 5.000 m². Como estroncar,

por exemplo, paredes que estão a cem metros de distância uma da outra?

Do ponto de vista de perturbação no entorno da construção as dificuldades suscitadas são quase insanáveis para uma cidade do porte de São Paulo, a saber:

- acúmulo de caminhões de escavação, de concretagem e de materiais nas ruas lindeiras;
- necessidade de processo de escavação lento e quase que artesanal, o que encarece várias vezes o empreendimento;
- necessidade de encadeamento de operações em seqüência, diminuindo o número de atividades simultâneas;
- enormes dificuldades no manejo do lençol freático elevado;
- geração de sujeira nas ruas pelo transporte da terra ou pouco consistente ou saturada;
- dificuldades na incorporação das lajes às colunas e às paredes diafragma à medida que a escavação prossegue;
- dificuldade na coordenação dos vários sub-empregados ou equipes de trabalho que passam parte do tempo sem frente de trabalho face às operações encadeadas, o que torna os custos praticamente inadmissíveis;
- atrasos inescapáveis na instalação e solidarização de partes de lajes terminam por trazer movimentações nas paredes diafragma verticais, vindo a prejudicar os vizinhos.

Em suma o processo de construção invertida torna a obra mais complexa, aumenta os custos econômicos, aumenta os impactos desta fase da obra para o entorno e traz menor segurança para os vizinhos. Por tudo isto este método raramente é considerado como alternativa às escavações com diafragmas atirantados e seu uso praticamente não é mais contemplado na cidade de São Paulo.

A Cia do Metropolitano de São Paulo, que é a empresa com maior experiência em escavações no Brasil, destaca seu emprego apenas em dois casos em que o tráfego deveria ser prontamente re-estabelecido: no traçado da Linha 2-Verde sob as avenidas 23 de Maio e sob a avenida Heitor Penteado. Porém foram de porte muito reduzido.

Além disto o processo somente é viável para escavações pouco profundas, tendo em vista os fatores acima mencionados.

A utilização do tirante protendido no Brasil

O início da utilização do tirante protendido no Brasil é quase que simultânea com a introdução do concreto protendido na construção de pontes de concreto. De fato a primeira ponte em concreto protendido foi a do Galeão no Rio de Janeiro em 1949, ao passo que os

primeiros tirantes protendidos em solo foram executados nas rodovias Rio- Teresópolis e Grajaú-Jacarepaguá por volta de 1957.

Pode-se afirmar que esta técnica foi introduzida no Brasil quase que concomitantemente com o seu desenvolvimento na Europa, principalmente na França, Alemanha e Itália, tendo sido consequência direta do seu uso anterior em rocha, conforme mencionado no histórico dos itens anteriores.

Todavia, contrariamente aos Estados Unidos e outros países, o Brasil se adaptou rapidamente ao tirante protendido, uma vez que se desenvolveram aqui, quase que no nascedouro, as técnicas de injeção e protensão, como abaixo descrito.

A necessidade do emprego de tirantes protendidos foi pautada pelo aumento das profundidades de escavação em áreas urbanas, particularmente na cidade de São Paulo, o que obrigou a engenharia geotécnica a aprimorar os métodos de cálculo e de construção de cortinas atirantadas seguras em nosso país.

O grande impulso inicial ocorreu no início da década de 1970, com a construção do Metrô de São Paulo. Em seus primórdios os engenheiros geotécnicos brasileiros se beneficiaram da tecnologia européia, trazida pelo consórcio HMD - Hochtief, Montreal, De Consult inicialmente encarregado do projeto da então denominada Linha Norte-Sul. É desta época a introdução do tirante reinjetável e protendido, com capacidade de transmitir aos solos esforços de até 150 tf.

Como resultado de todo um empenho dos engenheiros brasileiros que trabalhavam na Cia do Metrô e aqueles ligados a empresas que executavam projetos para a Cia do Metrô de São Paulo, foi publicada em 1975 a primeira norma de tirantes injetados e protendidos, número 565, a qual apresentava contornos muito próximos da norma atual NBR-5629.

O uso de tirantes para contenção de paredes de concreto no metrô ocorre principalmente nas estações e escavações irregulares mais largas com vários níveis ou patamares, o que dificulta sobremaneira o emprego de estroncas e escoras metálicas.

Seguramente a Cia do Metropolitano de São Paulo é o grande usuário das técnicas de tirantes protendidos principalmente em situação de vizinhança em condições precárias.

Ainda é emblemático o emprego de tirantes na construção da Estação Praça da República sob o edifício da E. E. Caetano de Campos, inaugurado em 1874, e também sob o edifício Esther construído de 1938, ambos tombados pelo patrimônio histórico e extremamente sensível a movimentações sob suas fundações.

Atualmente estas edificações são parte do Plano de Reconstrução do Centro da Prefeitura do Município de São Paulo, face à sua importância para nossa cidade como marcos de história e de arquitetura

As paredes diafragma atirantadas foram suportadas horizontalmente por tirantes protendidos que foram perfurados sob estes edifícios e não se observou o aparecimento de

uma só fissura, sendo que a escavação tinha vinte e cinco metros de profundidade.

Além deste caso a CMSP empregou tirantes provisórios nas estações Santa Cecília, Marechal Deodoro e Ana Rosa.

Há dezenas de outros casos de emprego de tirantes pela Cia do Metropolitano de São Paulo, em pontos localizados ou restritos ou mesmo em trechos de trincheira com sucesso absoluto, face à competência desta Companhia e das firmas executoras de paredes e de tirantes.

Também a execução de subsolos para edifícios com emprego de tirantes, recebeu um incremento notável a partir da década de 1980. Apenas para que se tenha conhecimento da importância desta atividade na construção de edifícios com subsolo, consultamos os maiores escritórios de projeto de fundações sediados na cidade de São Paulo, que comprovaram a construção de mais de mil edifícios com emprego de paredes atirantadas em subsolos.

A atividade de execução de tirantes floresceu em nossa cidade mercê do grande esforço da engenharia geotécnica e também pelo grande número de construções enterradas quando em comparação com outras metrópoles do restante do mundo. Isto porque São Paulo apresenta um número incomparável de edifícios de porte.

Atualmente é uma tecnologia de domínio de dezenas de empresas na cidade de São Paulo, com garantia de emprego para milhares de operários altamente especializados.

Considerações sobre o emprego de tirantes em São Paulo

O Instituto de Engenharia tem por justa razão a defesa de tecnologia avançada a qual, no caso da engenharia civil, é inteiramente autóctone. De fato, o nosso país é talvez o único do planeta em que não foi necessário o recurso a empresas construtoras estrangeiras para a construção de todo o seu formidável patrimônio de infraestrutura, em um país de dimensões continentais.

O que motiva o Instituto de Engenharia a se manifestar sobre o emprego de tirantes em nossa cidade são as seguintes indagações:

- O edifício Copan (1951-projeto de Oscar Niemeyer) tem a maior área total construída de lajes com 115.000 m² e é ou foi recorde na América Latina (registrado no livro Guinness de recordes) ao passo que as torres Petronas possuem 1.000.000 m² de área de lajes. Haveria alguma dúvida sobre a tendência de construção de edifícios progressivamente maiores em São Paulo?

- Em São Paulo o edifício Itália (1956) tem 150 metros de altura a partir da calçada e o edifício e-Tower, na rua Funchal (1995), tem 148 metros de altura e são os mais altos da cidade. O edifício Itália tem apenas um subsolo e o e-Tower tem quatro subsolos que foram construídos com auxílio de paredes diafragma atirantadas. Cabe indagar, o que seria mais interessante para a cidade do ponto de vista de adensamento de espaços e também para conforto de seus usuários. Haveria viabilidade em se

construir o edifício e-Tower hoje com apenas um subsolo? Seria razoável que os poderes públicos aprovassem a sua construção com apenas um subsolo sobrecarregando para sempre o espaço do entorno?

- Se a construção dos dois edifícios Itália e Copan na década de 1950 não foi ótima para São Paulo e uma referência para a cidade, por que são os mesmos hoje considerados marcos históricos e tombados ou em vias de tombamento?
- Haveria como se conceber Nova York sem o Empire State Building ou Kuala Lumpur sem as torres Petronas?
- Subsistiria alguma dúvida sobre a construção de outras torres ainda maiores no terreno do World Trade Center? Restaria dúvida sobre o emprego de parede diafragma atirantada para os novos edifícios que surgirão, principalmente após o excelente desempenho da parede atirantada que lá ainda existe?
- Seria possível conceber a execução dos formidáveis arranha-céus e edifícios inteligentes da Marginal do Rio Pinheiros, sem subsolos ou sem o concurso das paredes diafragma atirantadas construídas em condições geológico-geotécnicas as mais difíceis possíveis?

O desenvolvimento tecnológico que acompanhou a parede diafragma atirantada com o uso de tirantes provisórios seguramente decorreu da necessidade de aproveitamento cada vez mais intenso do subsolo, sem o que a integração vertical através de grandes edifícios torna-se impraticável.

Não há hoje alternativa minimamente viável a esta solução que surgiu para resolver problemas e está meridianamente claro, no Brasil e em todo o mundo, que outras soluções produzem perturbações intoleráveis na vida dos grandes centros urbanos. Esta é a realidade e é em razão deste cenário que o Instituto de Engenharia entende como de suma importância a formulação de decisões, orientações criativas e efetiva cooperação do poder público que facilitem o emprego desta ferramenta fundamental para a Engenharia Civil brasileira.

Eng. Eduardo Ferreira Lafraia
Presidente do Instituto de Engenharia

Eng. Edegar de Souza Amorim
Vice Presidente de Atividades Técnicas

Eng. Roberto Kochen
Diretor do Departamento de Engenharia Civil

