

Contenção monitorada

Obra de torre comercial na Avenida Paulista, em São Paulo, emprega paredes-diafragma e estações intercalados com colunas de solo-cimento. Proximidade do metrô exige rigoroso controle de recalques

Heloisa Medeiros

Téchne - Edição 186 - Junho/2012



Para abrigar os sete subsolos da Torre Matarazzo e do Shopping Cidade São Paulo, escavação de aproximadamente 9 mil m² e 25 m de profundidade movimentou cerca de 250 mil m³ de terra

As obras das fundações da Torre Matarazzo, localizada na Avenida Paulista, estão caminhando a passos largos no terreno que abrigava a antiga mansão da família. O empreendimento, idealizado pela Cyrela Commercial Properties e pela Camargo Corrêa Desenvolvimento Imobiliário, é composto pela torre de escritórios triple A, de 22 mil m² de área privativa total, e pelo Shopping Cidade São Paulo, com 17,5 mil m² de área bruta locável.

A fase de execução de fundações deve durar 15 meses, quase um terço do cronograma total da obra, planejado para 47 meses. O terreno de 12 mil m² localiza-se na confluência das Ruas São Carlos do Pinhal, Pamplona e Avenida Paulista. A escavação, com cerca de 25 m de profundidade, abrigará sete subsolos e tem exigido planejamento criterioso, além de cuidados redobrados devido à proximidade do túnel da Linha 2 - Verde do Metrô de São Paulo, e à preocupação com a segurança do intenso fluxo de pessoas na avenida. A logística abrangeu desde a mobilização dos equipamentos, que só podem chegar à obra à noite e entrar em funcionamento de dia, até o fornecimento de aço e concreto em horários especiais, de acordo com as exigências da Companhia de Engenharia de Tráfego (CET). Por isso, foi realizado um estudo profundo da execução desde 2009.



Resumo da obra

Torre Matarazzo e Shopping Cidade São Paulo

Realização: Cyrela Commercial Properties e Camargo Corrêa Desenvolvimento Imobiliário

Construção: Cyrela

Área privativa (Torre Matarazzo): 22 mil m²

Área bruta locável (Shopping Cidade de São Paulo): 17,5 mil m²

Área do terreno: 12 mil m²

Contenção junto à Rua Pamplona tem estações de 1,20 m de diâmetro intercalados com colunas executadas com injeção de calda de cimento a alta pressão sem ar comprimido, técnica conhecida como Chemical Churning Pile (CCP)

A primeira fase das obras de infraestrutura consistiu na execução de cerca de 10 mil m² de paredes-diafragma. Nas divisas com a Rua São Carlos do Pinhal e o prédio vizinho, as paredes moldadas in loco, com clam shell, formam lamelas de 3,20 m, com 40 cm de espessura. Na face da Avenida Paulista, as lamelas medem 2,5 m, com 50 cm de espessura. O clam shell escavou paredes entre 30 m e 35 m de profundidade, sempre posicionado na parte superior do terreno. Em seguida, teve início a escavação da caixa do subsolo com uma área de 9 mil m², cuja movimentação foi de cerca de 250 mil m³ de terra.

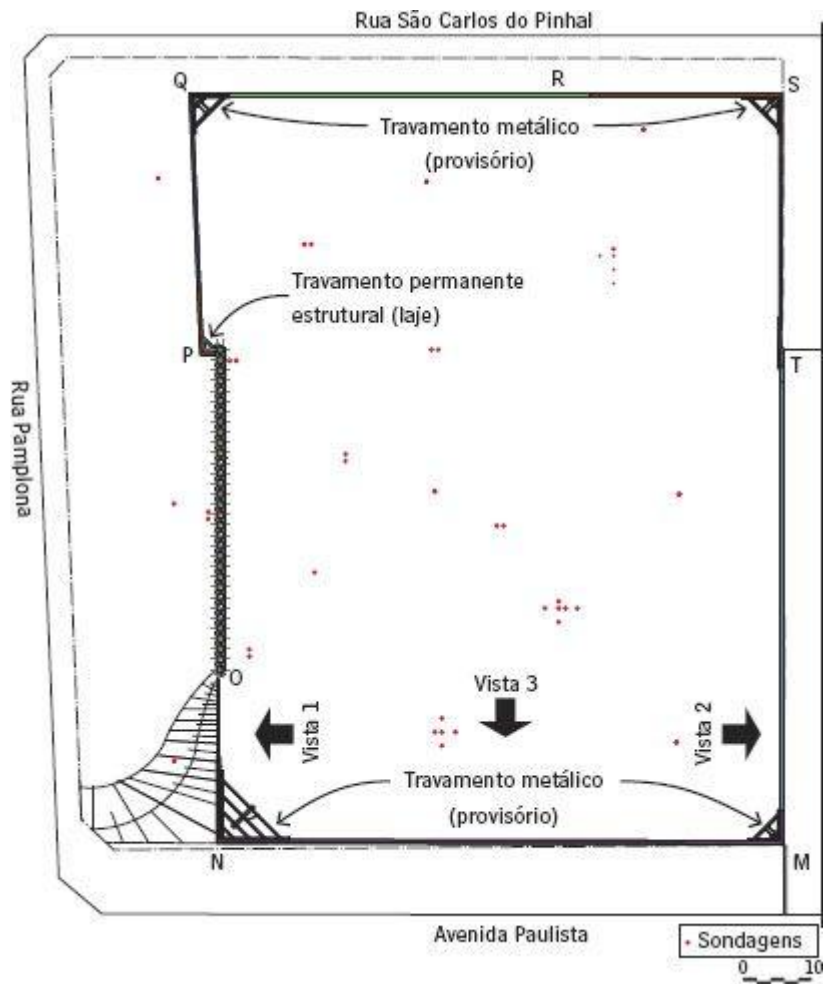
CCP e estações

No entanto, na divisa da lateral com a Rua Pamplona, inicialmente foi projetada uma parede-diafragma com 1 m de espessura, em função das cargas concentradas nos pilares resultantes dos grandes vãos das lajes exigidos nesse tipo de empreendimento corporativo. Porém, o elevado volume de concreto fez com que fosse adotada uma outra técnica. A solução foi executar estações, ou estacas escavadas justapostas, com 1,20 m de diâmetro, para formar a parede de contenção, cujos espaços vazios foram preenchidos com colunas de Chemical Churning Pile (CCP) de 80 cm de diâmetro.

A técnica consiste em utilizar perfuratrizes com bomba para injeções de calda de cimento a alta pressão (400 bar a 900 bar) por meio de jatos horizontais a uma velocidade de cerca de 250 m/s. Em função do movimento de rotação do equipamento, mesmo sem escavação prévia, o solo se desagrega e se mistura com a calda de cimento, criando um composto de solo-cimento na forma de colunas com seção circular, com alta resistência e estanqueidade, impermeabilizando o solo. Essa nata é injetada com bicos de 2 mm a 3 mm de diâmetro na terra. A técnica de CCP permite a execução de colunas de diâmetro médio entre 40 cm e 80 cm sem a utilização de ar comprimido (característica do jet grouting, indicado para colunas de diâmetro médio entre 90 cm e 180 cm).



Travamentos metálicos provisórios executados nas extremidades das paredes de contenção da Avenida Paulista



Implantação do terreno

"Durante a execução das colunas, o jato funciona como destruidor do terreno, criando uma 'sopa'. O equipamento perfura o solo na descida e, quando sobe, libera a nata de cimento. O excedente que extravasa é recolhido para ser destinado a um bota-fora ou para outra utilização", explica Milton Golombek, diretor da Consultrix, empresa responsável pelo projeto de fundações da Torre Matarazzo.

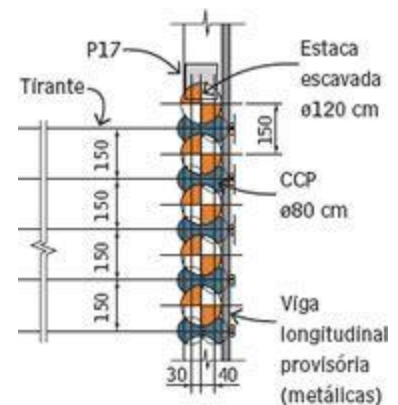
Segundo Golombek, essa solução foi concebida para suportar as cargas concentradas dos pilares da torre, que estarão posicionados sobre essa cortina, com valores da ordem de 3 mil a 4 mil toneladas cada. O coroamento dessa parede foi realizado com uma viga de grandes proporções. "Podemos dizer que as estacas são quase justapostas, pois há uma distância pequena entre elas. Tivemos ainda uma forte preocupação em garantir o prumo desses estacões, que, no final, ficaram com a verticalidade perfeita", destaca ele.

Solução competitiva

Segundo Clovis Saloni, presidente da Associação Brasileira de Empresas de Engenharia de Fundações e Geotecnia (Abef) e diretor-superintendente da Geosonda, empresa responsável pela execução das fundações, as técnicas de estacas escavadas com CCP ou jet grouting já são soluções bem conhecidas no Brasil e no mundo. "Porém, é pouco usual em empreendimentos imobiliários. Essa técnica geralmente é empregada em obras de grande porte, como metrô. Mas revelou-se uma solução competitiva em termos de custos e prazo". A opção pelas estacas escavadas com CCP também se deve ao solo do terreno, composto de sessões de limonita (minério de ferro), que formam lâminas bem duras, com camadas de 20 cm até 80 cm de espessura.

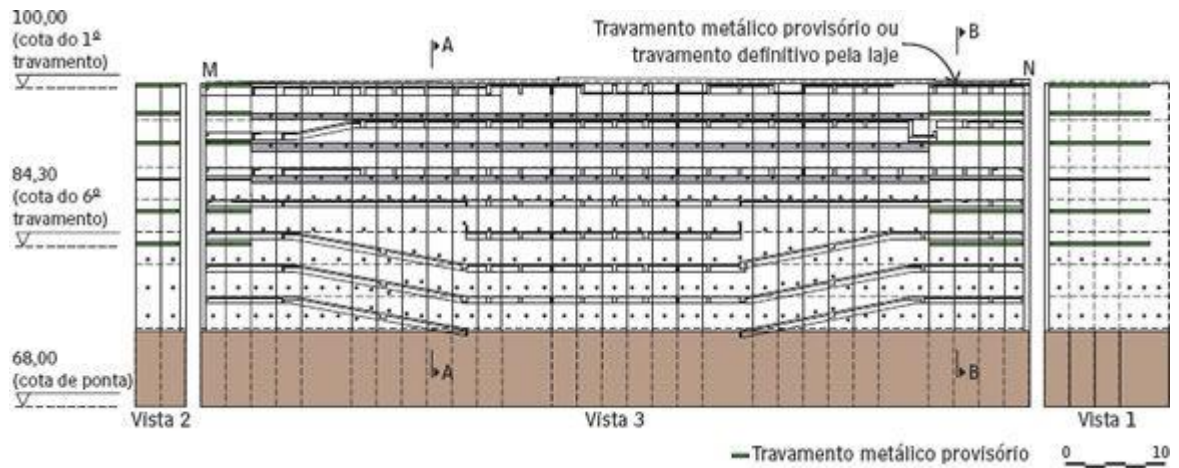


Tirantes da parede de contenção na divisa com a Avenida Paulista foram executados em ângulos diferentes, com cuidado para não interferirem no túnel do metrô



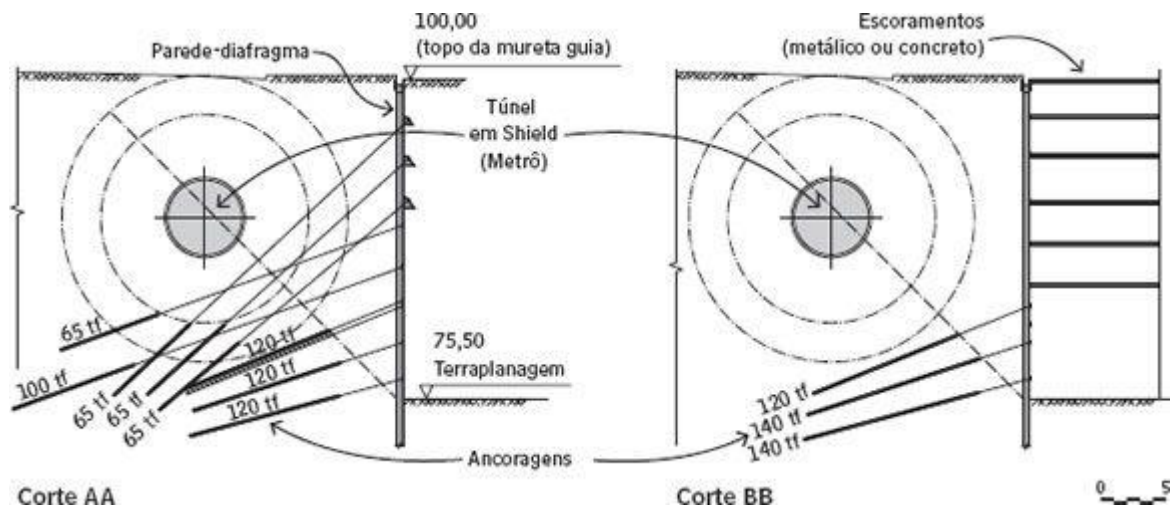
[Clique na imagem para ampliar](#)

Detalhe - estacas escavadas e CCP



[Clique na imagem para ampliar](#)

Contenção com parede-diafragma - Avenida Paulista



[Clique na imagem para ampliar](#)

Tirantes de contenção e túnel do metrô

O CCP gerou colunas com 22 m de profundidade, impedindo o fluxo de água do terreno, além da função de contenção. Segundo Salioni, o solo local é bom e o lençol freático fica a 12 m de profundidade. O túnel do metrô está na lateral da obra e passa no leito da Avenida Paulista. Porém, as fundações do prédio são bem mais profundas (até 49 m) que os túneis, que estão a 20 m de profundidade. Por esse motivo, foi necessário contratar instrumentação remota durante as obras de infraestrutura para monitoramento de toda a região. "Foi realizado um mapeamento detalhado do subsolo, com farta documentação do trecho, para impedir qualquer surpresa", explica Salioni.

Para a execução das estações, a Geosonda está utilizando equipamentos como a perfuratriz de 90 toneladas equipada com haste telescópica. O primeiro passo é a escavação com um fluido à base de polímeros que promove a sustentação e a impermeabilização do solo, em substituição à lama bentonítica. Depois, é colocada a madeira e feita a concretagem por bombeamento de baixo para cima, ao mesmo tempo em que o fluido é bombeado. Esse fluido não polui o solo como a bentonita, que promove a sua impermeabilização permanente. Quando a terra é retirada e levada para o bota-fora, acaba prejudicando a drenagem. A nova solução, biodegradável, é formulada com cadeias de carbono que se desfazem em pouco tempo, mantendo as mesmas características da bentonita. O empreendimento tem ao todo 289 estacas escavadas.

De acordo com Salioni, o ritmo da obra é a execução de até dois estações por dia. "Há o cuidado com o controle de ruídos dos equipamentos, dotados de câmara de isolamento acústico. Os guindastes dão apoio ao trabalho. A distância entre os estações varia de acordo com o trecho. É um mar de estacas, com blocos de fundação de até 66 mil toneladas. Há blocos tão grandes que parecem até radiers", descreve Salioni.



Central de produção de calda de cimento

Tirantes monitorados

Devido à proximidade com túneis do metrô, a obra está passando por monitoramento constante de recalques do pavimento asfáltico da Avenida Paulista. Também estão sendo registrados os deslocamentos provocados pela escavação da obra e a convergência com o túnel do metrô. Tanto que para evitar qualquer risco desse tipo, nos dois "cantos" da parede-diafragma na divisa com a Avenida Paulista foi utilizado escoramento metálico robusto para substituir os tirantes.

Próximo à Rua Pamplona e também abaixo do túnel, estão locados tirantes inclinados, que evitam proximidade com essas estruturas. O comprimento dos tirantes chega a 40 m.

A instalação seguiu uma sequência que se inicia com a perfuração baseada no comprimento total do tirante, executando os furos com uma perfuratriz de 10 t a 15 t. Depois, são instalados os tubos de revestimento em PVC, que abrigam de 12 a 14 cabos de aço cada. Esses tubos são preenchidos, em parte, com calda de cimento, sob pressão. São deixados trechos livres de cimento para que cada tirante possa trabalhar de acordo com as determinações do projeto. A ancoragem dos tirantes é feita com protensão normal. No total, a obra conta com mais de 21 mil m de tirantes com capacidade entre 35 tf a 140 tf.

Salioni ressalta que tanto do ponto de vista técnico, quanto do cronograma, a obra está adiantada e atende às especificações. "O plano de ataque foi bom. Essa obra mostra que a engenharia de fundações no Brasil é altamente capacitada não só por parte do cliente, mas também por parte dos projetistas e executores", destaca Salioni.

Ficha técnica

Desenvolvimento do projeto: **Cyrela Commercial Properties/Camargo Corrêa Desenvolvimento Imobiliário**;

arquitetura: **Aflalo & Gasperini**;

projeto de fundações: **Consultrix**;

sondagens: **Geocel**; fundações e infraestrutura: **Geosonda**

[Confira outras imagens da obra](#)



Na face do terreno voltado para a Rua Pamplona, contenção foi feita com estações intercalados com colunas de solo-cimento do tipo Chemical Churning Pile (CCP). Tirantes alinhados foram dispostos a 1,50 m de distância entre si



Detalhe de uma coluna de solo-cimento do tipo Chemical Churning Pile (CCP)



Solo do terreno apresenta ocorrências de limonita (minério de ferro), que formam lâminas bem duras, com camadas de 20 cm até 80 cm de espessura



Ângulo dos tirantes executados na parede diafragma junto à avenida Paulista foi cuidadosamente estudado para não interferir no túnel do metrô