

a revista do engenheiro civil

PINI

www.revistatechne.com.br

# téchné

apoio  
IPT

**COMO CONSTRUIR**  
Recuperação  
de superfícies  
de concreto

Edição 175 ano 19 outubro de 2011 R\$ 24,00

**ACÚSTICA**

Isolamento de  
salas comerciais

**ARTIGO**

Estruturas  
tensionadas



## Centro Empresarial Senado

Obra da WTorre para a Petrobras no Rio de Janeiro desafia dimensões do terreno com estrutura metálica enxuta. Para aumentar rigidez, pilares recebem uma capa de concreto. Conheça o método construtivo

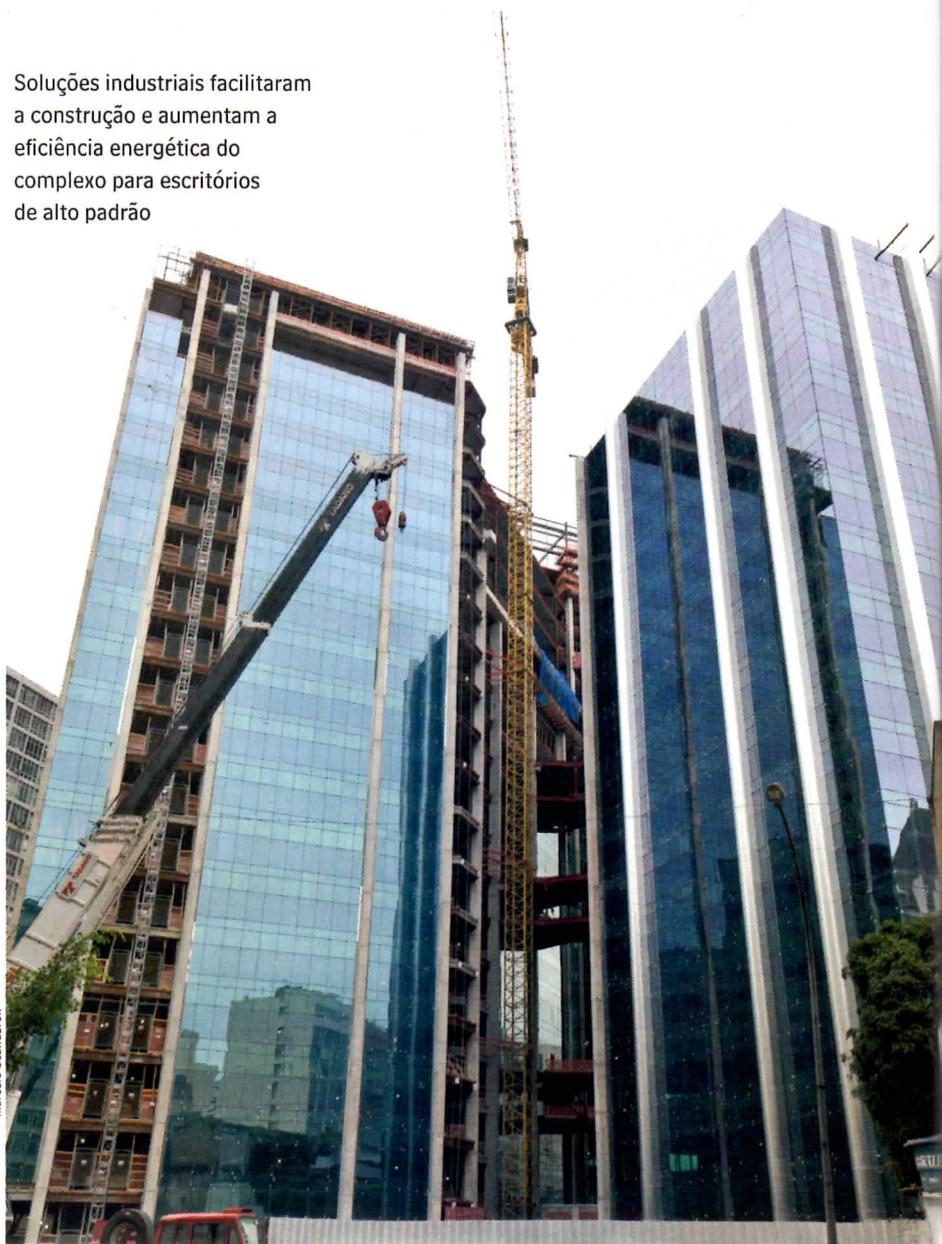
# Velocidade industrial

Estrutura metálica foi fundamental para reduzir o tempo de execução, o impacto na logística e a produção de entulho na obra de 187 mil m<sup>2</sup> do Centro Empresarial Senado, no Rio de Janeiro

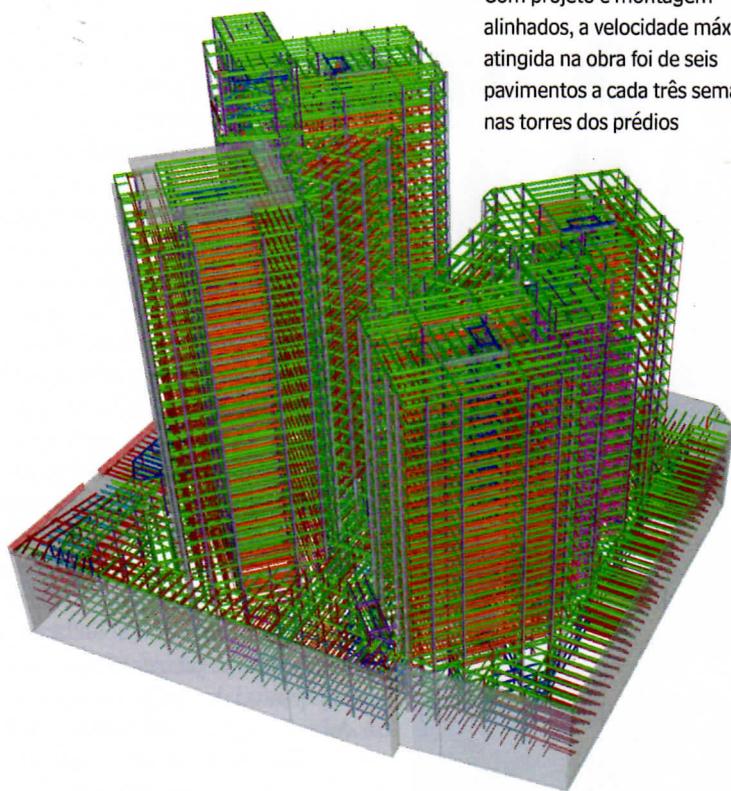
**A** grandiosidade e arquitetura imponente do Centro Empresarial Senado impressiona quem passa pelo até então esquecido bairro da Lapa, no Rio de Janeiro. Com quatro blocos divididos em dois edifícios, somando um total de 187 mil m<sup>2</sup> e pouco mais de 95 mil m<sup>2</sup> de área locável, o empreendimento contará com mais de 1.700 vagas de estacionamento, divididas em cinco subsolos. O projeto está localizado no quadrilátero composto pela avenida Henrique Valadares, rua dos Inválidos, rua do Senado e travessa Dídimo, no centro da cidade carioca, e será utilizado pela Petrobras.

“O empreendimento possui quatro torres de diferentes alturas implantadas em diagonal, em 45°, unidas na frente por lajes. No lado oposto, que fica em frente a um edifício de pequenos apartamentos, estão as torres dos elevadores”, explica Sergio Ficher, coordenador do projeto no escritório Edo Rocha Arquitetura e Planejamento. Entre os quatro prédios, existe um grande átrio central, que dá vista para três passarelas que ligam os prédios. Essas estruturas serão ocupadas na parte de baixo por salas de reuniões. Hoje todos os pavimentos do Centro Empresarial Senado foram projetados para serem do tipo lands-

Soluções industriais facilitaram a construção e aumentam a eficiência energética do complexo para escritórios de alto padrão



Marcelo Scandaroli



Com projeto e montagem alinhados, a velocidade máxima atingida na obra foi de seis pavimentos a cada três semanas nas torres dos prédios

## RESUMO

### Centro Empresarial Senado

**Localização:** Rua Henrique Valadares, nº 28, Centro – Rio de Janeiro

**Construtora:** WTorre Engenharia e Construção

**Área do terreno:** 18.322,65 m<sup>2</sup>

**Área construída:** 187.392,70 m<sup>2</sup>

**Torres:** quatro, sendo duas de 68 m, uma de 84 m e uma de 96 m de altura

**Circulação vertical:** 38 elevadores e 12 escadas rolantes

**Volume de concreto:** 52.000 m<sup>3</sup>

**Volume de aço:** 3.000 t

**Volume de estrutura metálica:** 7.440 t

**Início da obra:** agosto/2009

**Término de obra:** fevereiro/2012

cape. Porém, o projeto permite que futuramente, caso a WTorre não queira continuar com uma única locatária e decida ir para o mercado como multiusuário, cada pavimento seja dividido em até quatro partes com lobbies e acessos diferentes.

Além da sua arquitetura, a edificação também se destaca pela tecnologia empregada. Devido às restrições de logística, falta de espaço de armazenamento no terreno e velocidade necessária à obra, a construção foi realizada com sistema misto de estrutura metálica e concreto. “Com a estrutura metálica reduzimos em pelo menos 40% o volume de concreto aplicado na obra, o que foi importante em função

da logística e de toda a dificuldade de acesso. Acredito que não conseguiríamos construir com estrutura convencional de concreto porque só para se ter uma ideia, nessa obra produzimos cerca de 50 mil m<sup>3</sup> de concreto. Com a convencional, chegaríamos a uma ordem de 80 mil m<sup>3</sup>”, afirma Jader Araújo, gerente de projeto da WTorre.

Em processo de certificação pelo Leadership in Energy and Environmental Design (LEED), o Centro Empresarial Senado é equipado com tecnologias como sistema de ar-condicionado pelo piso, reaproveitamento de água, programas de eficiência energética e elevadores capazes de gerar energia durante a descida. “Graças ao sistema misto, tivemos pouco assoalho de laje nessa obra porque as escadas eram pré-moldadas em estrutura metálica e as lajes steel deck não tinham cimbramento ou fôrma. Então, o único entulho gerado mesmo foi para a confecção das fôrmas dos pilares”, avalia Araújo. No canteiro, especificamente, há tanques de decantação e cuidados com a contaminação de galerias de rede pública e com a segregação dos materiais.

O projeto do Centro Empresarial Senado ainda inclui uma série de contrapartidas no entorno, como a renovação da galeria de águas pluviais nessa região e a restauração da fachada de prédios como a Sociedade Brasileira de Belas Artes, do antigo Departamento de Ordem Política e Social (Dops), da igreja de Santo Antônio dos Pobres, da Garagem Poula, entre outros imóveis do entorno. Além disso, será construído um piscinão na rua dos Inválidos com capacidade de captação de 7,8 milhões de litros para evitar enchentes. O »



Fotos: Marcelo Scandaroli

Passarelas na projeção entre prédios abrigarão salas de escritórios embaixo

investimento faz parte de um acordo assinado entre o incorporador e a Prefeitura Municipal.

A construção do empreendimento foi iniciada efetivamente em agosto de 2009 e deverá ser entregue em fevereiro de 2012, junto com todas as contrapartidas. Hoje a obra se encontra, segundo a WTorre, com quase toda a parte de estrutura e fachada prontas, já na fase de acabamento fino.

#### Estrutura metálica

A velocidade de montagem é o grande cartão de visitas da estrutura metálica, mas depende de variáveis internas e externas, segundo Jose Carlos Neuenschwander, gerente de montagem da Codeme Engenharia. Entre elas, estão soluções de engenharia compatíveis, velocidade de fabricação e transporte adequado ao planejamento micro de montagem, condi-

ções de acesso à obra, posicionamento, velocidade de trabalho e disponibilidade dos equipamentos de içamento e andamento das obras complementares em concreto, entre outras.

Por isso, não só o projeto, como a montagem tiveram que ser bem pensados para facilitar o andamento da construção. No Centro Empresarial Senado foram utilizados pilares mistos, utilizando o pilar metálico incorporado ao concreto, para proporcionar rapidez na montagem da estrutura, e resistindo aos esforços de algumas lajes concretadas. O vigaamento foi composto de vigas mistas, onde o concreto e aço participaram da resistência final de cada viga, unidos por conectores de cisalhamento, tipo stud bolt. Para estabilização, foram utilizados núcleos de concreto, também com pilares metálicos incorporados, resistentes na fase de montagem à concretagem de algumas lajes. À medida que o núcleo foi sendo concretado, a estrutura foi adquirindo rigidez, permitindo a subida de mais pisos metálicos.

Em cada uma das quatro torres subiam em torno de 22 pilares por torre. Os demais eram pilares de embasamento. “Os pilares de fachada da torre tiveram na base a dimensão de 1,20 m x 0,60 m (retangular). Por solicitação da arquitetura esses pilares só tiveram redução no nível da rua, mantendo a partir daí a seção constante. Internamente, tivemos também pilares retangulares com 1,50 m x 0,75 m, circulares de 1,10 m de diâmetro e pilares em T de até 3,15 m comprimento”, afirma Janaina Soraia S. Machado, gerente de Engenharia da Codeme.

Para lajes dos edifícios, a solução adotada foi a laje mista, utilizando o steel deck como fôrma e armação. Nos subsolos, a laje também foi o elemento de distribuição dos esforços horizontais devidos ao empuxo do solo, funcionando como um grande diafragma. Para que os tirantes da cortina pudessem ser provisórios, a laje teve que permitir a distribuição dos esforços provenientes de empuxo do solo de uma parede diafragma para as paredes adjacentes, transferindo-os, por cisalhamento, para um plano em que a parede diafragma tivesse gran-

de rigidez. “O projeto estrutural das lajes dos subsolos foi bem complexo, pois o nível de empuxos de terra atuando na estrutura foi bem alto, com aproximadamente 16 m de profundidade enterrados. A cortina foi estabilizada pelas lajes, e dependeu da ligação com a laje para apoio horizontal”, conta Vanessa Pires, engenheira calculista da Codeme. As lajes das torres têm espessura total de 14,5 cm para atender aos critérios de dimensionamento em situação de incêndio. Já as lajes dos pisos de subsolos, por funcionarem como grande diafragma horizontal, exigiram uma espessura mais alta: total de até 18,5 cm.

Segundo a Codeme, o esquema de montagem da estrutura metálica foi concebido em função das torres. Foram utilizados três guindastes e cinco gruas, sendo quatro localizadas em cada torre nas proximidades do núcleo e uma abrangendo quase toda a área do empreendimento. Um guindaste foi posicionado no quinto subsolo montando a região central entre prédios A e B, e outros dois guindastes dando apoio às gruas dos prédios A, pois não alcançavam as ruas para descarga das carretas com a estrutura metálica.

### Projeto de fundação

A fundação dos quatro prédios inicialmente seria composta por fundações diretas, em sapatas. Porém, na torre chamada de B1 foram encontradas, durante a execução, variações no solo do terreno que ocasionaram a troca de solução. Segundo o projetista da fundação, Ivan Joppert Júnior, diretor técnico da Infraestrutura Engenharia, a esquina da rua dos Inválidos com a do Senado, onde está localizada a torre B1, é o pior ponto em termos de solo. Do lado oposto, por sua vez, é o melhor ponto em termos de sondagem. “O solo é formado por um silte arenoso, na decomposição é um solo residual (composição de guinaxe), porém quanto mais se caminha para a esquina da Henrique Valadares com a Dídimo, mais esse embasamento aflora”, explica Joppert.

A solução então foi adotar, em vez de fundação direta apoiada direta-



A geometria do prédio misturou a ligação de dois sistemas cartesianos, girados entre si a 45°, às vezes com chegada de vigas em várias direções no mesmo pilar



Insuflamento do ar-condicionado é feito pelo piso elevado porque assim o ar gelado é mantido até 1,70 m, o necessário para o conforto humano em um pé-direito de 2,50 m

mente no terreno, estacas hélice contínua e estacas escavadas com lama bentonítica na torre B1. Da cota do subsolo para baixo, essas estacas tinham aproximadamente 20 m de profundidade. As estacas hélice contínua, usadas nos pilares menos carregados, tinham 60 cm de diâmetro, enquanto nas outras estacas os diâmetros variaram de 90 cm, 1,10 m, 1,30 m e 1,40 m. Na fundação direta, por sua vez, em alguns pilares foram feitas sapatas únicas e em outras associações de vários pilares em uma única sapata.

No caso da fundação direta, a fundação é a sapata e os arranques da

estrutura metálica saem direto dela. No caso das estacas, existe um bloco de coroamento, de onde saem os arranques e a armação para distribuir as cargas que vêm concentradas dos pilares e vão para as estacas. Os blocos de coroamento têm em torno de 1,5 m de altura, de acordo com o projetista de fundações.

Vale lembrar que a obra também adotou contenção, feita em tirante provisório, em função das edificações adjacentes, mais frágeis. “Esses tirantes causam menos agressão na protensão e na própria execução, o que foi fundamental porque a obra tem vizinhos muito »

próximos e imóveis muito antigos, todos com fundação direta. Por conta dessa situação, inclusive, criamos um monitoramento constante tanto da obra, quanto das edificações vizinhas, ao longo de todos esses anos”, acrescenta o gerente de projeto da WTorre.

**Concretagem uniforme**

Foram projetadas diferentes resistências de concreto para a obra. Nas lajes dos pisos de subsolos, com transmissão de grandes esforços horizontais, tiveram especificação de  $f_{ck}$  até 40 MPa. Já nas lajes das torres, tiveram concreto especificado em projeto de 20 MPa. Para os pilares, o  $f_{ck}$  utilizado foi de 40 MPa, e para os núcleos, 30 MPa.

Apesar de coerente do ponto de vista de projeto, os diferentes tipos de concreto se tornaram um problema para a velocidade da obra. De acordo com Jader Araújo, não era possível ter um ciclo de concretagem que conseguisse acompanhar a montagem da estrutura metálica, que levava em torno de uma semana por laje para ser executada, por prédio, porque com vários tipos de concreto era preciso ou concretar as lajes e deixar os pilares sem concretar, ou concretar os pilares e depois a laje, sempre correndo-se o risco de um  $f_{ck}$  menor contaminar um  $f_{ck}$  maior. “Nesse momento, quando estávamos fazendo a segunda ou a terceira laje, e buscando uma alternativa de concreto autoadensável, fizemos um teste aqui na obra com a concretei-

ra e definimos com o gerente de produção que a gente simplesmente utilizaria um  $f_{ck}$  40 de slump alto em todo o prédio”, explica Araújo.

Segundo ele, a solução foi um sucesso porque não houve falhas na concretagem, os pilares se moldaram bem,

assim como as lajes, e o ciclo de execução passou para cinco dias, seguindo o mesmo ritmo da estrutura metálica. Com isso, apesar do concreto ser financeiramente mais caro, os ganhos com agilidade na obra foram bem maiores.

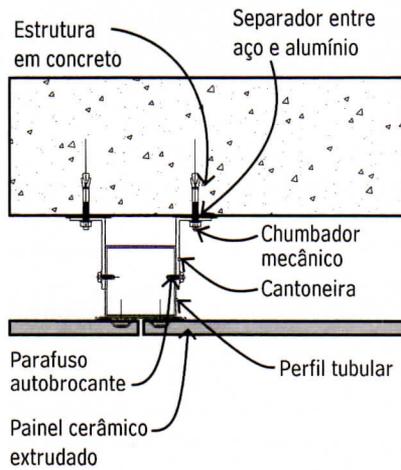
É importante ressaltar que o concreto é utilizado nas vigas e pilares, mas não para o fechamento da estrutura nas torres dos elevadores. Nesse caso, foram utilizados blocos cerâmicos de alvenaria convencionais, também usados para a divisão de salas de TI, geradores e sanitários.

**Fachadas diferenciadas**

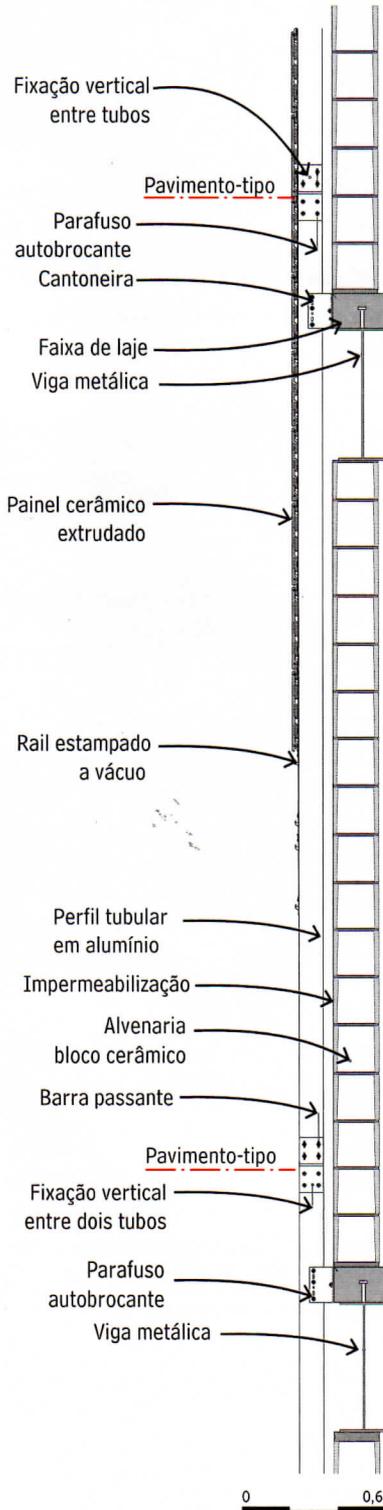
A fachada é composta por duas soluções, uma de vidro unitizada na maior parte dos prédios e ventiladas nas torres dos elevadores. A unitizada foi projetada entre vãos, facilitando o prumo e a montagem. A execução começou com a fixação dos insertes nas bordas da laje, depois já se encaixou o caixilho pronto, fabricado no próprio canteiro de obras. Cada caixilho tem cerca de 1,25 m x 4,08 m de altura, com algum ajuste eventual em algum pé-direito diferente. O vidro foi importado da Alemanha e possui um tratamento ionizado, que permite a passagem de luz, mas impede a transmissão de calor.

Já a fachada ventilada foi escolhida pela velocidade de execução. “Tínhamos uma parede enorme que precisava ser revestida. As opções eram alumínio, granito e a fachada ventilada. O granito foi descartado pela dificuldade de montagem e o alumínio por não envelhecer da forma como queríamos para esse projeto”, detalha o arquiteto Sergio Ficher.

Ao todo o sistema ventilado ocupa cerca de 8 mil m<sup>2</sup> e a montagem em um prédio de 16 andares, por exemplo, foi feita em apenas dois meses. A instalação começou de baixo para cima nos prédios. Primeiro são parafusadas cantoneiras, depois os tubos metálicos, então é feito o encaixe das placas de alumínio e, por fim, das peças de cerâmica extrudada, com largura de 30 cm. A distância adotada entre a alvenaria e a fachada ventilada foi de 17 cm. “A fixação das placas de alumínio com tubos foi praticamente uma exigência por causa da carga, afinal é um >>



Fachada ventilada – planta



Fachada ventilada – corte

## Etapas de montagem

Fotos: divulgação WTorre



A fundação foi iniciada em quatro frentes diferentes, partindo pela torre B1, onde, no entanto, se detectou a necessidade de mudança da solução, partindo para a B2, A1 e A2. Enquanto a empresa realizava o serviço nas três torres, foi feita a demolição da fundação parcial do B1 para a execução da nova solução em estacas.



A montagem da estrutura se inicia na conferência dos chumbadores nos blocos de fundação, verificando-se a direção, a posição e o seu nível na concretagem. Após a execução do arranque, esses chumbadores recebem uma camada de grauteamento.



Então, parte-se para a montagem do núcleo, que é a região de maior rigidez das torres, facilitando o alinhamento e prumo. A montagem seguiu ao redor do núcleo em sentido horário.



À medida que se completava a montagem da metade do arranque de uma torre, a estrutura era apumada e os parafusos apertados. A montagem do steel deck vinha na sequência, ao redor do núcleo, liberando as lajes para serem concretadas.



Era permitido que até dois arranques (cerca de seis pavimentos) da estrutura fossem montados sem que se concretasse a região do núcleo e os pilares.



Quando a estrutura metálica alcançava o nono pavimento e o concreto no quinto, a empresa começou a soltar caixilho com painéis da ordem de 1,25 m x 4,20 m de altura



Em paralelo, foram iniciados os fechamentos internos com a execução da alvenaria na escada e nos poços de elevadores. Assim que as paredes foram concluídas, teve início a montagem da fachada ventilada.

Marcelo Scandaroli



Por fim, foram feitos os acabamentos, a colocação do piso elevado e do forro. No Centro Empresarial Senado, os pavimentos são do tipo landscape (aberto).

prédio de grande altura, com grande incidência de vento. A gente até poderia usar só a cantoneira, mas as ações de vento nesse caso eram muito fortes e a peça não aguentaria, a inércia do tubo é maior”, analisa a responsável pelo projeto executivo da fachada ventilada, Carolina Chaves Barbosa, da Inovatec Consultores Associados.

### Logística

A estrutura metálica demandou um planejamento rígido no que diz respeito à logística. O fornecimento da estrutura projeto foi dividido em duas fábricas, localizadas em Taubaté e Betim. Os prédios “A” eram produzidos em Taubaté e os “B” em Betim. Por falta de espaço no canteiro no centro do Rio de Janeiro, foi montado um canteiro auxiliar em Nova Iguaçu, região metropolitana da cidade, que acumulava materiais equivalentes a sete dias de trabalho.

A estrutura vinha das fábricas em carretas com maior grau de liberdade sobre as prioridades de montagem, eram acumuladas no pulmão e liberadas para a obra dentro da necessidade de montagem, evitando o acúmulo de materiais em uma obra sem condição de estocagem.

A programação de descarga de materiais também tinha que ser condizente com o horário mínimo que a empresa de montagem precisava de guas e guindastes, pois a montagem da estrutura metálica teve prioridade sobre as outras atividades na utilização dos equipamentos de içamento.

Para a construtora, o grande desafio dessa obra foi realmente o seu tamanho, o prazo reduzido (prazo inicial de 26 e 28 meses), a localização no centro do Rio de Janeiro e a execução no momento de pico na construção civil, com muita dificuldade de mão de obra e demanda de materiais. “Então a logística dessa obra teve um planejamento muito vivo, que era reorganizado e replanejado de acordo com os eventuais problemas que acontecem no dia a dia de uma obra de grande porte num lugar tão apertadinho como esse”, finaliza o gerente de projetos da WTorre. <<

Ana Paula Rocha



Divulgação: WTorre

Torres ocupam quase todo o terreno, impossibilitando o uso de sistemas que dependessem de espaço de armazenamento na obra

## FICHA TÉCNICA

construção: **WTorre Engenharia e Construção**; incorporação: **WTorre Petro Empreendimentos Imobiliários**; projeto de arquitetura: **Edo Rocha Arquitetura e Planejamento**; projeto de fundações: **Kurkdjian Fruchtagarten Engenheiros Associados e Infraestrutura Engenharia**; projeto de estrutura de concreto: **Engserj**; projeto e fornecimento de estrutura metálica: **Codeme Engenharia**; projeto de instalações, telefonia e segurança: **Enit Projetos e Consultoria**; projeto de automação: **SI2 Consultoria**; projeto de ar-condicionado: **Teknika Projetos e Consultoria**; projeto de fachadas ventiladas: **Inovatec Consultores Associados**; projeto de esquadrias: **Crescêncio Petrucci Consultoria e Engenharia**; projeto de impermeabilização: **Proassp Assessoria e Projetos**; paisagismo: **Burle Marx**; terraplenagem: **Pôr-do-sol**; sondagem: **Soloteste Engenharia**; mão de obra: **Transete Construtora e DJ Construções**; estaca hélice, escavada e parede diafragma: **Fundesp Fundações Especiais**; estaca injetada e tirantes: **Anson Fundações e Geotécnica**; estaca raiz, estaca secante e tirantes: **Fidenter**; fôrmas de concreto: **Eka Andaimos e Fôrmas**; armação: **Zenco Engenharia**; alvenaria: **Tecno Logys**; forros acartonado e mineral: **Gip Wall, Jota Wall e Owa Brasil**; instalações elétrico-hidráulicas:

**Ces, Temon e Eletro Rio**; segurança: **SAT Service**; emboço e chapisco: **Construtora Oliveira e Gontijo**; fachada unitizada: **Consórcio Italux Senado Rio (Itefal, Algrad e Luxalum)**; fachada ventilada: **KeraGail e R. Caram Engenharia de Obras**; montagem eletromecânica ar-condicionado: **Star Center e Isolev Instalações**; estrutura metálica do ático: **Construmet Engenharia**; divisória sanitária: **Neocom**; ETE: **Wharton Tecnologia Ambiental**; impermeabilização: **Base Brasil**; laminado melamínico: **Formiline**; sistema de limpeza de fachada: **Gondomatic**; revestimento acústico: **Trata Soluções Acústicas**; guas: **Grumont, Pingon e Wtorre Engenharia**; cremalheira: **Fast e Wtorre Engenharia**; drenagem do entorno: **Engetécnica**; piso elevado: **Giroflex e Giroservices**; topografia: **Tec Consultoria**; restauros: **Compacta**; pintura: **Triângulo**; concreto: **Engemix e Polimix**; aço: **Votorantim Siderurgia**; blocos cerâmicos: **CPV**; cimento: **Votorantim Cimentos e Mizu**; argamassa: **Riobrita**; cerâmica: **Cecrisa**; granito e mármore: **Elieuda Pereira da Mota Mármore e Granitos, Venturini & Cia e Itaoby Mármore**; drywall: **Gip Wall e EPP**; portas: **Metalika**; janelas e esquadrias de madeira: **JLK Marcenaria**; janelas e esquadrias de ferro: **Esquadrias Metálicas Zanaga**; vidro: **Glasseco Vidros**; ferragens: **Yale La Fonte**; tintas e vernizes: **Akzo Nobel**; escadas rolantes e elevadores: **Elevadores Otis**.