

a revista do engenheiro civil

PINI

www.revistatechne.com.br

apoio
ipt

téchné

Edição 193 ano 21 abril de 2013 R\$ 25,00

OBRA

Shopping
RioMar Recife

TECNOLOGIA

Recuperação de
pisos de concreto

Controle de fumaça

Entenda como soluções de projeto podem ser combinadas com tecnologias de exaustão para facilitar a desocupação segura de edificações em situação de incêndio



Cobertura fluida

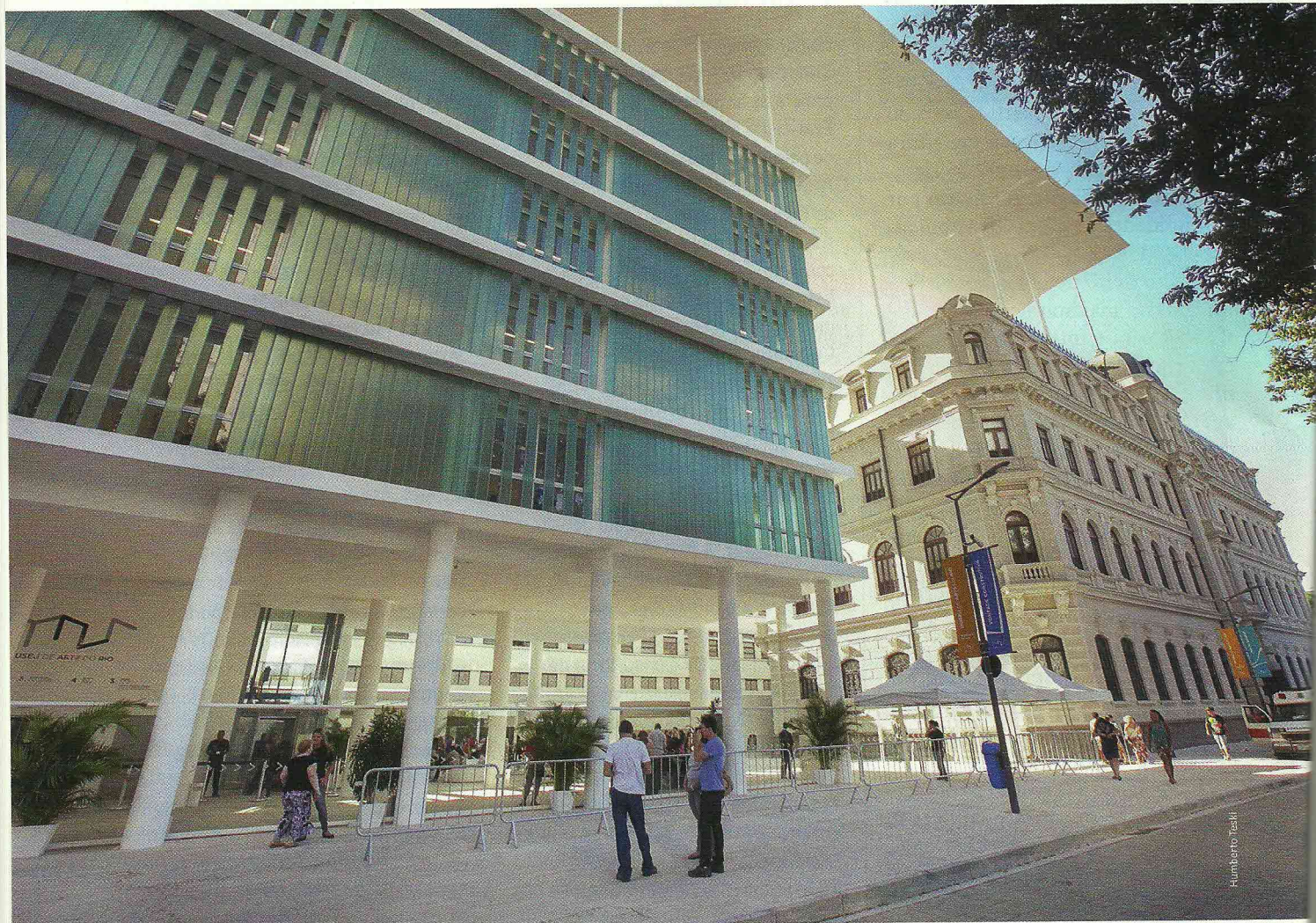
Estrutura ondulada de concreto que cobre os dois edifícios do novo Museu de Arte do Rio foi executada com fôrmas de isopor esculpidas artesanalmente

Primero projeto do Porto Maravilha a ficar pronto, o Museu de Arte do Rio (MAR), na Praça Mauá, na região central da cidade, se destaca por sua cobertura fluida de concreto. Inspirada nas

ondas do mar, a estrutura de 800 t tem uma projeção de 1,65 mil m² e espessura de 15 cm. Para sua construção, foram usados 70 t de aço e 320 m³ de concreto, moldado in loco em um processo que

durou 13 horas ininterruptas e mobilizou cerca de 90 profissionais.

O principal desafio, no entanto, não foi a concretagem da estrutura, e sim a preparação das fôrmas para a



Grande desafio da obra, cobertura ondulada tem aproximadamente 800 t e projeção de 1,65 mil m²

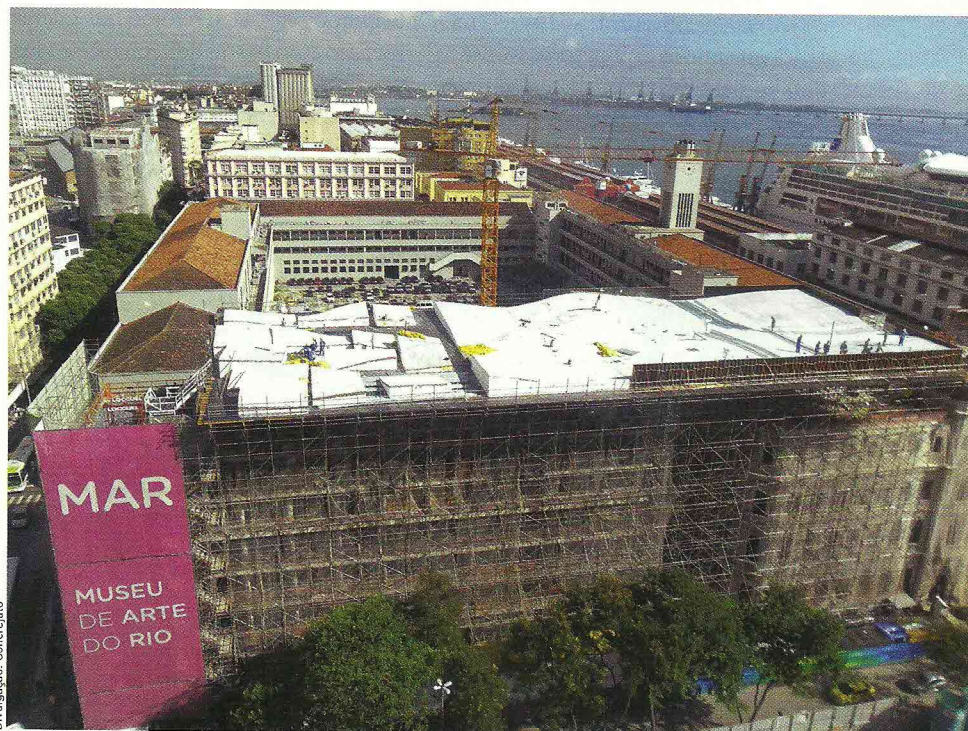
sua execução. Para trazer à realidade o desenho criado pelo escritório Bernardes + Jacobsen Arquitetura, foi necessário adotar um sistema de formas pouco convencional, com blocos de poliestireno expandido (EPS) especiais, resistentes a cargas de mais de 1t/m². A confecção ficou sob a responsabilidade do artista plástico e artesão Carlos Lopes, que coordenou uma equipe de 33 profissionais que trabalham em escolas de samba. Depois de utilizadas, as maiores peças de isopor foram doadas a agremiações do grupo especial e do grupo de acesso do Rio de Janeiro.

A cobertura une os dois prédios do MAR: o Palacete Dom João VI – construído em 1916 e tombado em 2000 pelo Conselho Municipal de Proteção ao Patrimônio Cultural – abriga o pavilhão de exposições; o edifício de estilo modernista ao lado, onde funcionavam o Hospital da Polícia Civil e o terminal rodoviário, acomoda as instalações da Escola do Olhar. Os edifícios também são ligados por uma passarela, que conecta o quinto andar da escola ao terceiro andar do palacete.

A construção do MAR, uma iniciativa da Prefeitura do Rio em parceria com a Fundação Roberto Marinho, recebeu R\$ 79,5 milhões de investimentos, sendo R\$ 65,5 milhões dentro do Projeto Porto Maravilha e o restante por meio do Programa Nacional de Apoio à Cultura (Pro-nac). A gestão do espaço é feita pelo Instituto Odeon.

Desafio estrutural

A cobertura do museu tem 25 m de largura por 66 m de comprimento e é apoiada em 37 pilares metálicos de seção circular, sendo 27 na Escola do Olhar e dez no palacete. Com alturas que chegam a até 8,30 m, os pilares do



Foram cerca de três meses para a confecção, montagem no local e união dos blocos da fôrma de EPS

palacete têm diâmetro de 273 mm e os da Escola do Olhar, de 168 mm (exceto dois que estão na borda, que também têm 273 mm). Na interface com a laje ondulada, a união e o travamento com cada pilar se dão por meio de uma chapa circular de 16 mm de espessura e 268 mm de diâmetro externo, cravada com oito stud bolts de 20 mm de diâmetro. Nas zonas baixas da cobertura, os pilares são vazados (com paredes variando de 7,1 mm a 19,2 mm) para fazer a captação da água da chuva.

O carregamento adicional da nova laje de cobertura demandou reforço estrutural no prédio do palacete, onde foram instalados pilares metálicos próximos aos pilares da periferia do prédio. “Entendeu-se que as alvenarias não suportariam os »

RESUMO DA OBRA

Museu de Arte do Rio (MAR)

Localização: Praça Mauá, 5 – Rio de Janeiro

Iniciativa: Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro

Criação e realização: Fundação Roberto Marinho

Projeto de arquitetura: Bernardes + Jacobsen Arquitetura

Área construída: 15 mil m²

Área plana da cobertura: 1,65 mil m²

Volume de concreto na cobertura: 320 m³

Peso da armadura da cobertura: 70 t

Fôrma: EPS de alta densidade

esforços e foram criados novos pilares metálicos, internamente ao prédio, junto às paredes existentes, com fundações em estaca raiz”, explica Geraldo Filizola, projetista estrutural da Cerne Engenharia e Projetos. O edifício da Escola do Olhar não precisou ser reforçado.

Além da cobertura, a passarela metálica que une os dois prédios foi outro desafio para os projetistas estruturais. A estrutura se projeta em balanço a partir das fachadas oeste com um

comprimento total de 48 m. No trecho de 7 m engastado no prédio da Escola do Olhar, a estrutura apresentava significativos esforços de tração no banzo superior e de compressão no banzo inferior. Isso exigiu o reforço dos pilares alinhados à passarela, assim como o das duas linhas de pilares vizinhos. Segundo Filizola, o reforço nos pilares foi feito com barras adicionais, e a viga tracionada foi protendida. Já no prédio do Palacete, que também precisou ser reforçado, foi criada uma laje, que

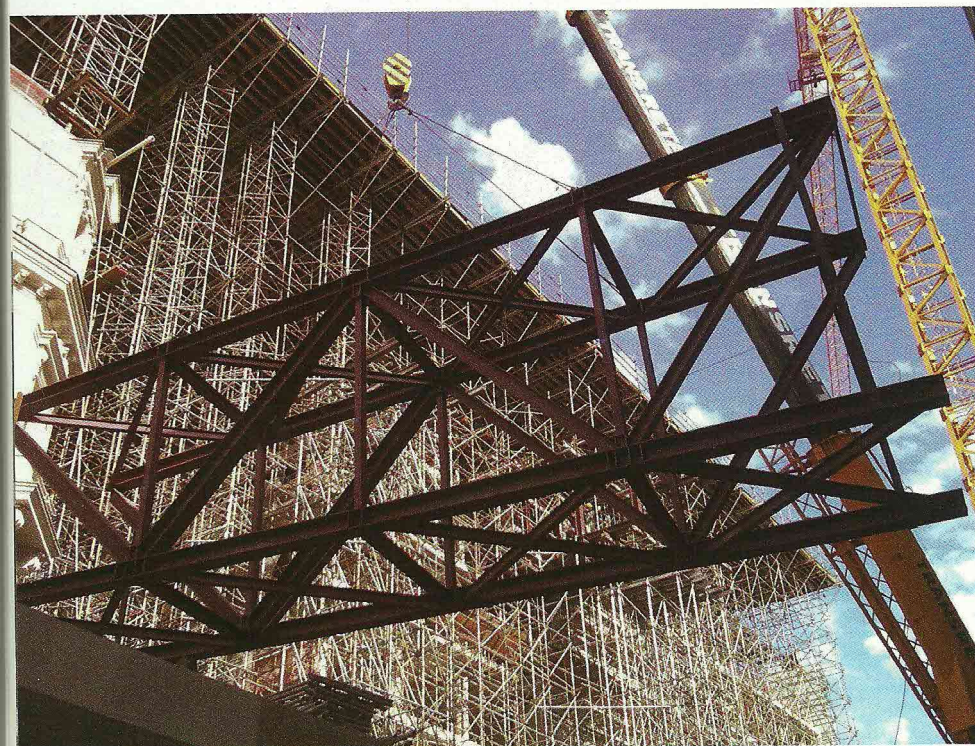
se projetava em balanço para fora do prédio para apoiar a passarela. Essa laje era um prolongamento da estrutura de uma escada de concreto, que foi construída nessa obra com fundações independentes do palacete.

Devido ao formato da cobertura e dos reforços no prédio, segundo Geraldo Filizola, o projeto do MAR foi analisado em quatro programas de análise estrutural e revisado por outros três profissionais: Julio Timmerman, da Engeti, e Gilberto do Valle e Marcelo do Valle, da Projest.

Execução da cobertura

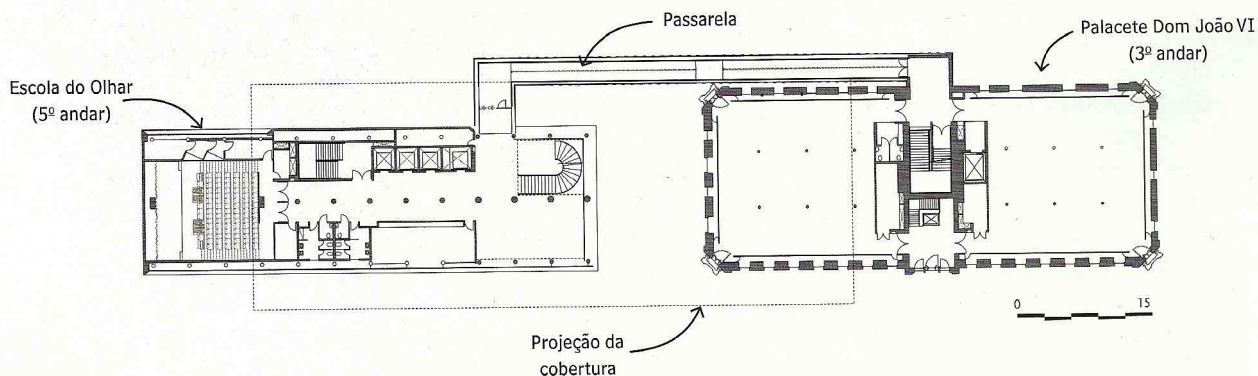
Após a finalização do projeto estrutural, foi iniciada a fase de testes da fôrma da laje da cobertura ondulada para saber se o EPS suportaria a pressão do concreto sem grandes deformações, como ele se comportaria na desenforma e como os espaçadores da armadura funcionariam. Ao todo, foram três protótipos. No primeiro, avaliaram-se os tipos de EPS, de fibra e de resina que seriam utilizados, além da espessura de concreto que a fôrma suportaria. Na segunda etapa, foi feita uma concretagem no próprio local da cobertura, analisando o comportamento com o pilar e outras características do processo de execução. No terceiro protótipo, por fim, foram testados novos acabamentos da fôrma e tipos de espaçadores, concluindo a análise do material.

O concreto utilizado na execução



Divulgação: Concreto

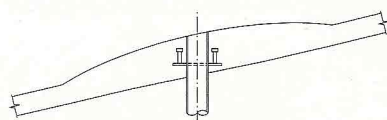
A passarela metálica com 48 m de vão que liga os dois edifícios foi montada em partes, com apoio de andaimes



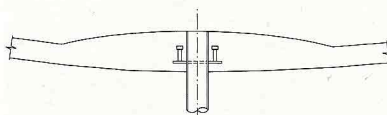
da cobertura do MAR também exigiu análises prévias, já que não poderia ser muito fluido – sob o risco de acumular nas zonas baixas da fôrma – nem muito consistente – devido à densidade da malha de armaduras. Uma empresa foi contratada para realizar o estudo tecnológico do material, incluindo a seleção de traço, as especificações de concretagem e o projeto de controle tecnológico com rastreamento de lançamento e avaliação de resultados de ensaios.

A etapa de estudos e testes de fôrma, concreto e outros componentes levou aproximadamente nove meses para ser concluída. “Cada protótipo demorava cerca de 45 dias para ser montado. Em seguida, era feita a concretagem e 28 dias depois a desenforma. Somente nesse momento se fazia a verificação do concreto, do acabamento, correção de traço, entre outras características”, afirma Felipe Menezes, engenheiro responsável pela obra.

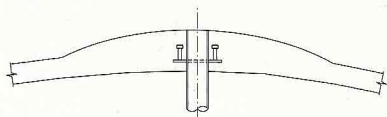
A execução da cobertura começou com a instalação dos pilares metálicos e, posteriormente, dos andaimes para a sustentação das fôrmas de EPS. A fabricação dos blocos de isopor foi feita em um galpão na região portuária. Com a ajuda de uma planta em tamanho real, o artesão Carlos Lopes dividiu a área da cobertura em aproximadamente 40 blocos. A partir daí, passou a criar os traços na superfície de acordo com as curvas de nível do projeto. O trabalho contou com o acompanhamento de um topógrafo.



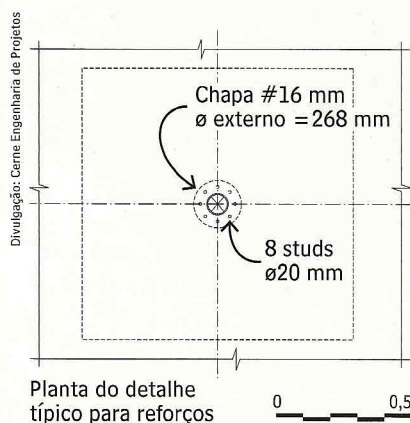
Detalhe típico para reforço em regiões de declínio



Detalhe típico para reforço em regiões côncavas



Detalhe típico para reforço em regiões convexas



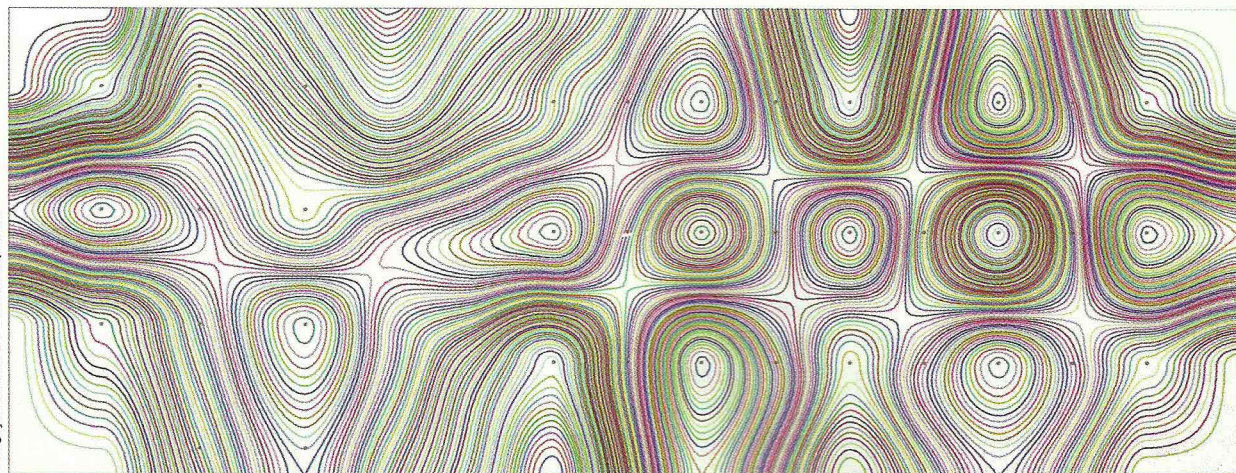
Detalhe técnico do encontro de pilares com a laje da cobertura

As fôrmas de EPS eram numeradas e transportadas à noite para o local da obra. “Essas peças tinham em torno de 1.000 kg, com 6 m por 8 m em média. Para facilitar o transporte, produzimos um cesto metálico para que os blocos pudessem ser carregados do galpão para a carreta, e da carreta para o local da obra”, conta Menezes.

Após serem posicionadas na cobertura, as peças foram unidas por uma fibra, formando o tabuleiro ondulado. Essa superfície recebeu um desmoldante e uma resina líquida com talco industrial, que deu o acabamento liso aos blocos. Também foram instaladas fôrmas laterais para contenção do concreto. A partir daí, iniciou-se a montagem da armadura, formada por barras de aço CA-50 12 mm, e realizada a concretagem. “Para concretar os 320 m³ em 13 horas, a 30 m de altura, a gente tinha uma lança em cada ponta da cobertura”, descreve Menezes.

Já a desenforma estava prevista para ser realizada após 28 dias, mas no final desse período foram iniciadas as detonações para abertura do Túnel do Binário, próximo à obra do MAR. Como a caixa de elevador e escada, que daria travamento horizontal à cobertura, ainda não estava pronta, a desenforma foi realizada posteriormente.

Outro imprevisto aconteceu cerca de três dias depois do alívio do escoramento, quando foram observadas deformações maiores do que o espe- >>



Curvas de nível da planta usada na confecção das fôrmas da cobertura ondulada

Análise do concreto

De acordo com a W.G. Corrêa, empresa responsável pelo estudo tecnológico do concreto, as ondulações da laje de cobertura exigiam um concreto de trabalhabilidade intermediária, porque se fosse muito seco não poderia ser bombeado a 30 m de altura nem permearia pela malha dupla de armadura, e se fosse muito fluido não conseguiria vencer os desníveis de até 1,75 m das fôrmas, que foram concretadas de baixo para cima sem fôrma superior. Também precisaria garantir a durabilidade da estrutura em um ambiente marinho agressivo. Especificou-se então um concreto com slump de 10 cm \pm 2 cm e f_{ck} 40 MPa, com adição de fibras sintéticas, sílica ativa e agente cristalizante para garantir a proteção da armadura contra corrosão. O concreto foi testado inicialmente na própria concreteira e posteriormente em três protótipos confeccionados em escala real para verificar o comportamento durante a aplicação sobre as fôrmas onduladas. A



Divulgação: W.G. Corrêa

execução da laje foi feita em um dia, com uma concretagem ininterrupta de 13 horas. Na composição dos 320 m³ de concreto, a água foi parcialmente substituída por gelo, garantindo a trabalhabilidade necessária e retardando a pega. A laje ainda teve cura química e cura úmida, para evitar ao máximo a fissuração.

rado em alguns pilares. Decidiu-se então fazer o reforço por meio de um encamisamento com uma coluna de aço com diâmetro maior que o utilizado. Em função das deformações ocorridas e da necessidade de se manter o eixo no apoio da base, a coluna utilizada foi de 273 mm, com parede de 15 mm. “A necessidade estrutural era de reforçar quatro colunas no palacete e duas na Escola do Olhar. Por questões estéticas, foram encamisadas todas as colunas do palacete”, conta Filizola.

Retrofits dos edifícios

Além da cobertura e da passarela, a Concrejato também foi a responsável pela revitalização do Palacete Dom João VI e do edifício que hoje abriga a Escola do Olhar. No primeiro, a fachada já havia sido restaurada pela Ópera Prima Arquitetura e Restauro, de acordo com projeto da Velatura Restaurações, e a construtora somente executou as adaptações internas para o

MAR. O edifício possui quatro andares, oito galerias e 5,2 mil m² de área construída.

Já a obra da Escola do Olhar ficou totalmente a cargo da Concrejato. Com sete pavimentos (incluindo o térreo), o prédio tem 7,2 mil m² de área construída e abriga área educativa, auditório, biblioteca, restaurante-mirante, café, loja, áreas administrativas e de reserva técnica.

Além do sistema de reúso de água pluviais, o projeto do MAR prevê o uso de lâmpadas econômicas, sensores de luminosidade e um bicicletário com 54 vagas. Além disso, o revestimento do prédio da escola adotou perfil de vidros conformados em forma de U, que aumentam a eficiência energética e potencializam a iluminação natural dos ambientes, segundo a construtora. O edifício está buscando certificação Leadership in Energy and Environmental Design (Leed). <<

Ana Paula Rocha

FICHA TÉCNICA

Iniciativa: **Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro**; criação e realização: **Fundação Roberto Marinho**; projeto de arquitetura: **Bernardes Jacobsen Arquitetura**; projeto museográfico: **LSR Arquitetura**; projeto de restauro: **Velatura Restaurações**; gestão: **Instituto Odeon**; gerenciamento de obras e projetos: **Engineering**; obras civis: **Concrejato**; projeto acústico: **Audium Engenharia**; paisagismo: **Burle Marx & Cia**; projeto estrutural: **Cerne Engenharia**; projeto de instalações: **Bosco e Associados e Instal Engenharia**; consultoria em sustentabilidade: **Casa do Futuro e Centro de Tecnologia de Edificações (CTE)**; projeto de iluminação: **Franco e Fortes**; projeto de climatização: **Clima Engenharia**; projeto ambiental: **Ecosense Saúde Ambiental**; projeto de proteção catódica e corrosão: **IEC Engenharia**; projeto contra incêndio: **ML Proteção Contra Incêndio**; projeto de ancoragem: **PB Soluções em Sistemas de Ancoragem**; projeto de impermeabilização: **Proassp**; projeto de esquadrias: **QMD Serviços**; tecnologia do concreto: **WG Corrêa Consultoria de Engenharia**; esquadrias: **Atelier Histórica**; torreão: **N.Didini Engenharia e Construção**; andaimes: **Andaimes Jirau e Rohr**; ar-condicionado e exaustão mecânica: **Airmix**; elevadores: **Otis**; instalações especiais: **Expernet Telemática**; instalações prediais: **Engemav Engenharia**; concreto: **Supermix**; aço estrutural: **Votorantim**; galvanização: **B. Bosch Galvanização do Brasil**; blocos de EPS: **BRX Polímeros**; montagem da fôrma de isopor: **Inovare Assessoria, Produções e Serviços Artísticos**; tubos metálicos: **Dagan**; impermeabilização: **Mei Engenharia**; ferramentas: **Prolight Locação de Ferramentas Elétricas**.