

a revista do engenheiro civil

PINI

www.revistatechne.com.br

téchné

apoio
ipt

Edição 189 ano 20 dezembro de 2012 R\$ 25,00



GESTÃO DE RESÍDUOS

Como utilizar
agregados
reciclados

ALVENARIA ESTRUTURAL

Soluções para
melhorar a
produtividade

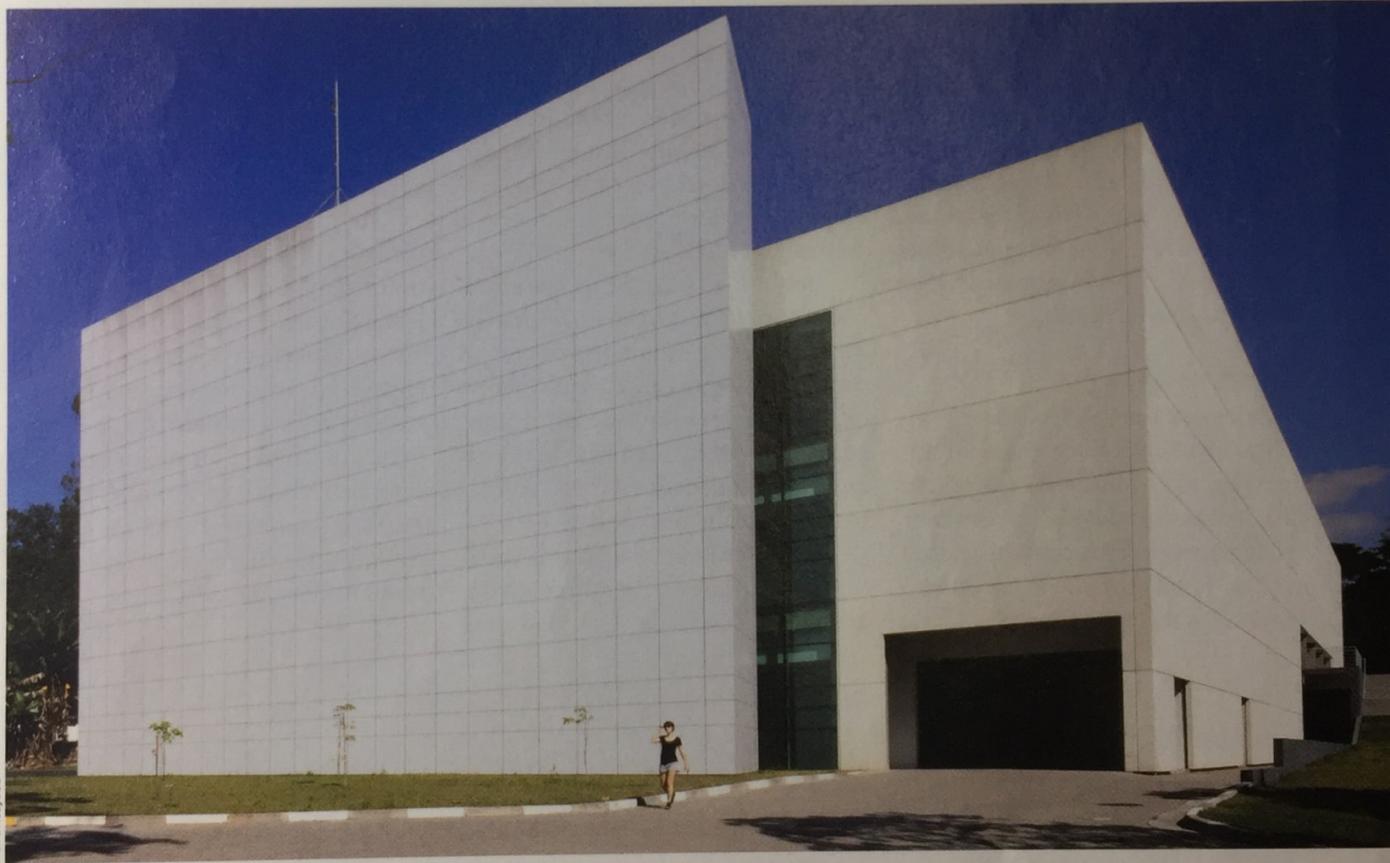
Laboratório de
Bionanomanufatura
do IPT, em São Paulo

À prova de vibrações

Novo edifício do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo adota fundações e estruturas especiais para isolar equipamentos de alta precisão dos laboratórios de nanotecnologia

Sem vibrações

Estrutura mista e soluções adotadas para minimizar transmissão de vibrações entre prédios são destaques de projeto de novo edifício de laboratórios do IPT



Maira Acayaba

Edificação de 8 mil m² de área construída abriga laboratórios que abrangem quatro áreas estratégicas de pesquisa – biotecnologia, tecnologia de partículas, nanomanufatura de equipamentos e metrologia de alta precisão –, além de espaços de pesquisa e reunião, salas administrativas e ambientes de encontro e interação

Inaugurado em agosto, o edifício do laboratório de bionanomanufatura do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) é um dos mais modernos centros de pesquisas da América Latina. Com

investimentos oriundos do governo do Estado de São Paulo da ordem de R\$ 45 milhões (R\$ 20 milhões para a construção e 25 milhões investidos na instalação e compra de equipamentos), a edificação de 8 mil m² de área

construída abriga laboratórios que abrangem quatro áreas estratégicas de pesquisa – biotecnologia, tecnologia de partículas, nanomanufatura de equipamentos e metrologia de alta precisão –, além de espaços de pes-



Estrutura de concreto pré-fabricada conforma edificação que abriga três grandes blocos no seu interior



Fotos: divulgação Pouguett Engenharia

Piso de laje alveolar, com altura de 20 cm e capa de 5 cm, para cargas acidentais de 500 kgf/m² a 1.000 kgf/m², foi usado nos laboratórios e na área técnica, respectivamente

quisa e reunião, salas administrativas e ambientes de encontro e interação.

Sua construção, a primeira dentro do campus do IPT em anos, faz parte do projeto de modernização da instituição e teve como principal desafio materializar o extenso programa, sem, contudo, deixar de atender ao alto grau de especificidades inerente a um edifício destinado para esse fim. Portanto, além de contemplar os princípios de racionalidade, conforto térmico e sustentabilidade, a necessidade de minimizar o impacto das vibrações

que vinham tanto de fora do prédio, com caminhões e veículos pesados que circulam nas ruas e avenidas próximas, quanto de dentro, causadas pelos maquinários e equipamentos que seriam instalados para garantir o bom funcionamento do edifício, era um problema a mais a ser resolvido por arquitetos, projetistas e engenheiros envolvidos no projeto. Essas interferências, segundo esses profissionais, seriam capazes de desregular os potentes e sensíveis nanomicroscópios eletrônicos do IPT, o que atrasaria em

RESUMO DA OBRA

Laboratório de
Bionanomanufatura do IPT
 Área de intervenção: 13.461 m²
 Área construída: 8.479 m²
 Projeto e execução: 2009–2011
 (inauguração: 2012)
 Projeto de arquitetura: Piratininga
 Arquitetos Associados e VD
 Arquitetura
 Construção: Squadro Engenharia
 Projeto de estrutura de concreto
 armado e metálica: Pouguett
 Engenharia
 Projeto de estrutura pré-
 fabricada: Pouguett Engenharia/
 Fernando Marcondes

semanas o desenvolvimento das pesquisas e dos produtos. “As áreas destinadas aos laboratórios deveriam possuir também uma grande capacidade de acomodação de máquinas como reatores, compressores, transformadores, condicionadores de salas limpas, entre vários outros que produzem vibrações e poluição sonora. Tudo o que um laboratorista de nanotecnologia menos deseja em suas pesquisas”, lembra o arquiteto Gustavo Partezani, do escritório Piratininga Associados.

Solo removido

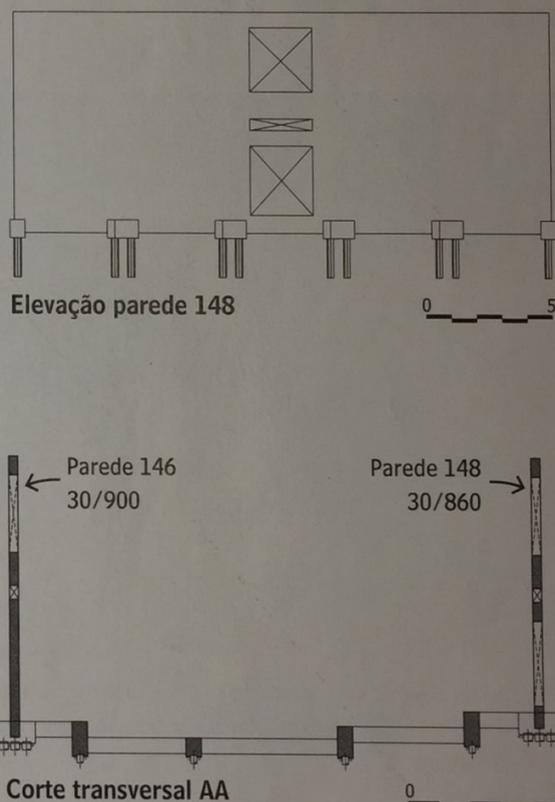
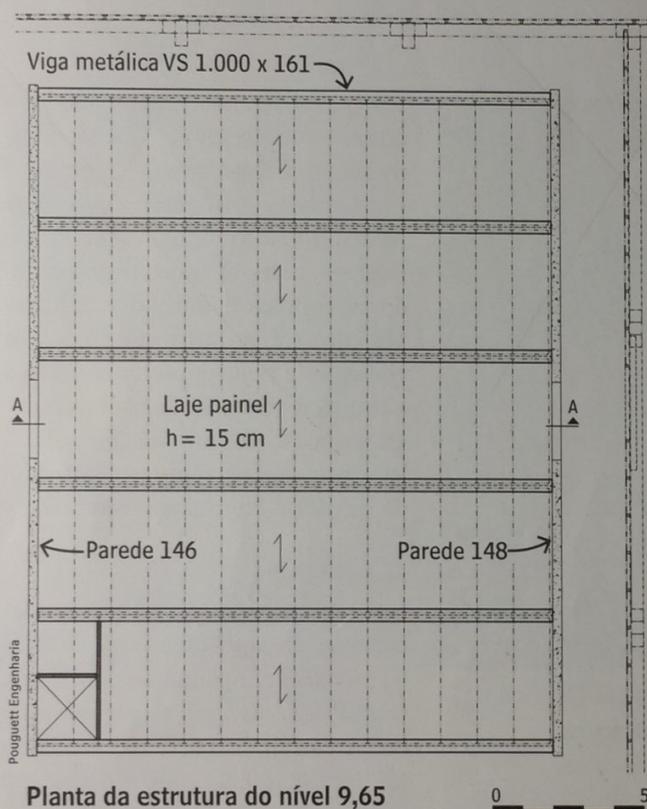
O primeiro passo para que o projeto saísse do papel foi adequar o local ao projeto de implantação do edifício, o que exigiu alteração no perfil natural do terreno. Todo o material removido foi depositado em aterro licenciado para esse fim, contemplando serviços de corte e aterro compactado, demolição de edificações existentes e execução de reforço de base de solo em rachão, devido à baixa qualidade do solo local. “O solo superficial existente era de argila orgânica de baixa resistência e teve de ser removido e substituído por um solo que permitisse maior capacidade de suporte e compactação”, explica o engenheiro Nelson Augusto Ribas Mancini, diretor da Squadro Engenharia, empresa responsável pela execução. Muros de contenção e paredes-diafragma também tiveram de ser »

Empenas gigantes

Um dos destaques do projeto é a construção de uma estrutura independente dentro do edifício principal. Esse bloco "solto", que abriga um auditório com formato de sala de aula para conferências e um espaço administrativo (localizado no pavimento superior ao auditório), foi projetado de modo separado, justamente com o intuito de isolar os ruídos e as vibrações produzidos no local da área de trabalho dos pesquisadores, permitindo maior flexibilidade de uso desses ambientes. Concebido a partir de duas grandes

empenas de concreto armado convencional aparente, com 30 cm de espessura por 9 m de altura e 21 m de comprimento, o bloco recebe ainda seis vigas metálicas capazes de vencer o vão livre de quase 17 m. "As vigas metálicas travam o conjunto, funcionando como pórtico junto com as duas grandes empenas de concreto", esclarece Ovidio Osvaldo Moyano Pouguett, responsável pelo projeto de estrutura. No pavimento superior (sobre o auditório), onde se localiza a área administrativa, o piso foi executado com laje alveolar de concreto

pré-fabricada com 15 cm de espessura, em virtude da leveza e da agilidade de execução proporcionadas pela solução. A estrutura recebe cobertura própria – em fechamento metálico com painel wall para suporte de atividades diversas. "Apesar de ser isolado, esse bloco funciona como piso de comunicação, conectando-se aos blocos de laboratórios e ao de salas de reuniões por meio de aberturas de passagem de 2,5 m x 2,5 m nas empenas. O piso de estrutura metálica acaba simulando uma passarela que faz a conexão entre essas áreas", explica o projetista.



executados a fim de conter o terreno nos desníveis de projeto na área próxima ao anfiteatro e nas escadarias externas de acesso ao prédio.

Após realizar sondagens, a equipe responsável pelo projeto optou por usar fundações do tipo profundas em estacas escavadas hélice contínua, com diâmetros de 25 cm, 30 cm, 35 cm e 40 cm (para capacidade de 20 tf até 50 tf) e profundidade média de 12 m. Ao todo, foram utilizadas 402 estacas, sendo al-

guas de reforço. As armações, em aço CA-50 e CA-60, foram executadas no próprio canteiro de obra. De acordo com a construtora Squadro, a execução das fundações foi acompanhada por um consultor de solos para a determinação das cotas de apoio dos blocos e cálices. "Executamos algumas sondagens complementares no terreno e requisitamos consultoria de solos para acompanhamento da obra. Nosso objetivo foi evitar métodos ina-

dequados de construção e nos certificar do suporte de cargas do terreno necessário ao atendimento dos requisitos de projeto, a fim de não prejudicar o desempenho da edificação", completa Mancini.

A mesma solução de fundação foi usada em toda a estrutura do prédio, mas o dimensionamento e a capacidade dos blocos de fundação variaram em função das cargas nas lajes de cada bloco do edifício (1.000 kgf/m²

na área de equipamentos e piso térreo inferior, e 500 kgf/m² nas áreas de biotecnologia, passarelas, áreas de circulação e piso térreo superior). Concebido em parte com estrutura moldada in loco, em parte com pré-fabricados de concreto, outro diferencial é o uso de blocos de fundação com cálices para receber os pilares pré-fabricados, fixados com graute. Nas áreas dos dois blocos de serviços, circulação, elevadores, sanitários e também no auditório, utilizaram-se blocos estruturais em concreto armado. Para a construção do auditório e do prédio de escritórios, o desnível existente do platô obrigou a execução de uma fundação escalonada, complementada por cortinas em concreto armado, respeitando as cotas de projeto e servindo como contenção entre desníveis da implantação. Já no bloco de utilidades, foi necessário um acréscimo de fundações em estacas – evitando, dessa forma, a transferência de vibração para os equipamentos – além da execução de um piso estabilizado com planicidade e elasticidade, também com o objetivo de eliminar a vibração estrutural.

Estrutura mista

Por razões técnicas, o projeto de arquitetura previa a divisão do corpo principal do edifício em dois grandes blocos. O primeiro destinado a abrigar os laboratórios de biotecnologia industrial, microfluídica, nanomanufatura e de processos químicos, e o segundo a salas de pesquisadores, reuniões, espaços de convivência e de apoio. A construção de um auditório destinado a conferências e simpósios e uma ala administrativa entre os dois blocos também fazia parte do programa original, exigindo uma solução técnica para isolamento da estrutura (veja o quadro). Essa estrutura portante de grandes vãos (36 módulos de 7,50 m x 9,60 m) foi executada em pré-fabricados de concreto, com pilares nas dimensões de 40 cm x 40 cm x 16,95 m e vigas nas dimensões de 40 cm x 80 cm x 7,08 m, as quais recebem revestimento termoacústico em celulose, projetado no anfiteatro. De-»



Divulgação: Pougnett Engenharia

Blocos de fundação menores foram executados para receber a estrutura do auditório. Nos blocos maiores, pilares concretados estruturam o prédio principal, tornando as estruturas independentes e impedindo assim a transmissão de vibrações entre elas

Instalações especiais

Por se tratar de um edifício que abriga ambientes que exigem controles de filtragem do ar, temperatura e umidade, a instalação do sistema de aquecimento, ventilação e ar-condicionado também representou um desafio extra à execução do edifício. “Era preciso compatibilizar os projetos de instalações especiais, próprios para uma edificação destinada a estudos e pesquisas nas áreas de bionanomanufatura, microfluídica, biotecnologia e nanotecnologia, com as demais instalações, evitando que houvesse conflitos entre elas, como sobreposição de tubulações, altura de forros, iluminação e insuflamento de ar”, explica o engenheiro Nelson Augusto Ribas Mancini, diretor da Squadro Engenharia.

O projeto previu a construção de duas

salas limpas classe 100, nas quais o controle de particulados em suspensão do ar deveria ser muito baixo, de apenas 3.520 partículas/m³. Nesses ambientes, foram usados forros filtrantes, tubulações e redes de utilidades em aço inox, piso epoxídico e aparelhos de ar-condicionado com filtragem de micropartículas. Todos os equipamentos do sistema foram alocados no prédio de utilidades, evitando transmissão de vibração para os laboratórios. Ao final da montagem eletromecânica dos equipamentos, testes, ajustes e balanceamentos do sistema foram realizados para assegurar que as áreas estivessem qualificadas dentro das normas estabelecidas (FED-STD-209) e dos parâmetros de projetos (classificação dos ambientes).

vido às dimensões em planta, irregulares e variáveis, os dois blocos de circulação, que abrigam os elevadores, as escadas e os banheiros, foram moldados in loco, consumindo um total de 1,1 mil m³ de concreto $f_{ck} = 25$ MPa. Suas lajes maciças de concreto foram projetadas para uma sobrecarga de 500 kgf/m².

De acordo com Ovidio Osvaldo Moyano Pouguett, diretor da Pouguett Engenharia, empresa responsável pelo cálculo estrutural, o projeto originalmente previa o uso de vigas em concreto armado convencional. “Durante a execução, porém, por uma questão de custos, a empreiteira executora dos elementos pré-fabricados optou por usar vigas protendidas com dimensões menores”, conta. Conectores também foram previstos para fazer a ligação das vigas pré-fabricadas aos pilares e lajes. “Essa solução nos permitiu obter um engaste parcial dos apoios, minimizando, assim, as dimensões das peças”, completa.

A comunicação entre os diferentes blocos é feita por meio de passarelas metálicas, apoiadas às estruturas de concreto com cantoneiras metálicas, permitindo a movimentação horizontal e, com isso, evitando a transmissão de eventuais vibrações – preocupação constante do projeto – entre blocos de comportamento estrutural diferente.

Menos vibração

A solução para eliminar a transmissão de vibração interna foi implantar, paralelamente ao edifício principal, um bloco técnico de instalações e utilidades, onde também é feita a carga e descarga de suprimentos. Essa estrutura, com grande capacidade de carga e vãos menores (12 módulos de 7,50 m x 5,40 m), também foi executada em pré-fabricados de concreto – com lajes que suportam entre 500 kgf/m² e 1.000 kgf/m² para abrigar máquinas de ar-condicionado e caldeiras. No entanto, uma série de cuidados foi tomada na sua construção. A começar pela necessidade de separação da fundação e do rastreamento, e eliminação de qualquer objeto sólido que houvesse no espaço de 1,45 m que o separa do bloco principal. “Tivemos o



Grande empena fechada com painéis pré-fabricados de concreto foi uma das soluções para minimizar entrada de calor no edifício



Ligação entre blocos é feita por passarelas metálicas, que também têm a função de evitar transmissão de eventuais vibrações aos equipamentos dos laboratórios

cuidado de alertar a equipe técnica a não deixar nenhum material, como entulho e pedras, nesse espaço, pois também poderia transmitir as vibrações produzidas pelos maquinários aos equipamentos dos laboratórios”, conta Pouguett. Essa tarefa exigiu que toda a terra existente ali fosse peneirada para só então recolocá-la no local.

Além das fundações, outro desafio era viabilizar a disposição dos pilares de ambos os edifícios, que se encontravam muito próximos e poderiam propagar vibrações. “Havia duas linhas de pilares que separavam as estruturas e que não podiam compartilhar o mesmo bloco de fundação”, conta Osvaldo Moyano Marin, da Pouguett Engenharia. A solução, segundo o engenheiro, foi alavancá-los e apoiá-los em blocos de fundação excêntricos. “Os pilares não se posicionam no centro de gravidade do bloco de fundação. Para compensar os momentos gerados, foi preciso travá-los com vigas entre si, solução necessária e que gerou um pequeno aumento do consumo de concreto”, explica o projetista.

Conforto térmico

As estruturas separadas receberam sistemas de vedação diferentes. O bloco de utilidades foi fechado por uma pele em concreto, com painéis pré-fabricados que estruturam a grande empena cega que se apreende a partir da via de acesso. A ideia, segundo a equipe de arquitetura responsável pelo projeto, era que a empena também resolvesse a necessidade de conforto térmico, reduzindo considera-

velmente a carga térmica produzida pela insolação incidente da face norte, não desejável às pesquisas que ocorrem dentro do edifício. Nesse trecho, a cobertura – apta a receber condensadores e compressores – foi executada em laje de concreto impermeabilizada com grande capacidade de carga (1.000 kgf/m²).

Já o corpo principal do edifício foi “envelopado” por um caixilho de vidro especial, cuja função é filtrar a radiação solar, inclusive luminosa. Com vista predominante para o sul, transmite transparência e acesso à paisa-

gem para os laboratórios. A cobertura foi projetada em um único vão de treliças metálicas de 28,80 m, recobertas por telhas termoacústicas, o que propiciou ao último pavimento dos blocos de laboratório uma ocupação em grande vão (45,00 m x 28,80 m), sem um único pilar.

Tanto os laboratórios, localizados na ala leste, quanto as salas de trabalho e reunião, na ala oeste, beneficiaram-se do bosque de árvores de grande porte lindeiro a essas áreas, o que proporcionou sombreamento natural à fachada e, conseqüentemente, maior

conforto térmico à edificação. No centro e no acesso principal ao edifício, onde se localizam o foyer, o espaço expositivo e o auditório, o grande pé-direito de 9 m de altura é inundado por uma iluminação zenital controlada, proveniente de uma claraboia envideada. “A claraboia funciona como filtro entre a paisagem externa e a quase clausura que é o trabalho em um laboratório, e ainda integra o espaço interno ao externo”, explica Gustavo Partezani, um dos autores do projeto de arquitetura. <<

Gisele Cichinelli



Solução de cobertura em um único vão de treliças metálicas permitiu ocupação do último pavimento do bloco de laboratório sem nenhum pilar



Guarda-corpo de proteção para o fosso (de 60 cm) separa edifício de “utilidades” do corpo principal dos laboratórios. O bloco abriga equipamentos, como a casa de máquinas de ar-condicionado (fancoil) e dutos de insuflamento

FICHA TÉCNICA

Projeto de arquitetura: **Piratininga Arquitetos Associados/VD Arquitetura**; construção: **Squadro Engenharia**; projeto de estrutura de concreto armado e metálica: **Pouguett Engenharia**; projeto de estrutura pré-fabricada: **Pouguett Engenharia/Fernando Marcondes**; consultoria de fundações: **MG&A Consultores de Solos**; projeto de instalações prediais, instalações especiais e climatização: **Enprel Engenharia**; projeto de paisagismo: **VD Arquitetura**; projeto de ocupação laboratorial: **Piratininga Arquitetos Associados**; consultoria para impermeabilização: **Proassp**; consultoria para condicionamento acústico: **Acústica Engenharia**; consultoria para esquadrias de alumínio: **Brantec**.

FORNECEDORES

Estrutura pré-fabricada em concreto: **Cassol**; painéis de fachada pré-fabricados em concreto: **Stamp**; estrutura metálica: **Semar**; instalações prediais, instalações especiais e climatização: **TEP**; esquadrias de alumínio e claraboia: **BIS**; vidros de controle solar: **Cebrace**; forros minerais: **Owa**; forros metálicos: **Refax**; elevadores: **Atlas Schindler**; fôrmas metálicas para concreto: **Pashal**; telhas metálicas: **Perfilor**; piso em concreto pigmentado: **Farkuh**; piso vinílico: **Ace**.