

Tecnologia

Escolha da técnica de protensão depende das solicitações sobre a estrutura e das características da obra

Conheça os fatores técnicos que determinam o tipo de protensão aplicada em uma laje

Juliana Nakamura

Edição 203 - Fevereiro/2014



Uma das vantagens associadas ao uso de lajes protendidas é a redução de deformações e fissuras nos elementos de concreto, aumentando a vida útil da estrutura

Utilizada na construção de edifícios comerciais, industriais e residenciais, a protensão de lajes costuma ser empregada em obras com necessidade de otimização de tempo de execução e redução no consumo de cimento e aço. Diversos fatores podem justificar a opção por essa tecnologia construtiva em detrimento do concreto armado, por exemplo. A possibilidade de se conseguir mais espaço para circulação e vagas na garagem, sem a necessidade de se fazer um andar de transição, é um deles.

Além disso, em obras com lajes protendidas, a ausência de vigas, tanto internas como eventualmente as de periferia, pode simplificar a construção das fôrmas (sem necessidade de contraflechas) e também seu manuseio andar por andar, com economia de mão de obra. Segundo dados do engenheiro e consultor em estruturas Eugênio Cauduro, a redução pode chegar a 40% no número de carpinteiros.

Laje plana e vãos amplos

Com inauguração prevista para abril deste ano, o shopping Vila Velha será o maior do Espírito Santo, com cerca de 64 mil m² de área locável (1ª fase), chegando a 108 mil m² após expansão. Como acontece em todo empreendimento desse tipo, a estrutura deveria atender à necessidade por

amplios vãos livres e pé-direito alto. "A execução da estrutura utilizou pilares pré-fabricados de concreto e mesas voadoras deslizantes (sem apoio nas lajes) proporcionando agilidade e redução de tempo na execução", conta o projetista de estruturas Carlos Augusto Gama, sócio-gerente da MCA.

Diferentemente de fôrmas tradicionais, a mesa dispensa a montagem e a desmontagem de torres a cada trecho, alcançando um ciclo de concretagem de seis dias, em média, em um pano de laje de 1.260 m².

O projeto estrutural previu modulação dos pilares de 10,5 m x 8 m, espessura de laje de 22 cm e balanços de até 4,40 m, além de vão especiais de até 18 m, com vigasfaixa de 60 cm de altura. Para a execução das lajes planas tensionadas foi utilizado concreto com fck de 35 MPa e tensionamento a partir de 56 horas com utilização de cimento CP-V, de alta resistência inicial. A protensão foi feita integralmente com cordoalhas engraxadas CP 190 RB de 12,7 mm de diâmetro. Telas soldadas CA 60 e armaduras CA 50 de diâmetros variáveis complementam a armação.



RESUMO DA OBRA

Shopping Vila Velha

Localização: Vila Velha (ES)

Início das obras: julho/2012

Inauguração: abril/2014

Área do terreno: 148.610 m²

Área construída: 103.308 m²

Projeto de estruturas: MCA Engenharia

Construção: Consórcio MLI (Metron, Incospal e Littig)

Mesas deslizantes: SH Fôrmas

Protensão: Impacto

Outra vantagem associada ao uso de lajes protendidas é a redução de deformações e fissuras nos elementos de concreto, aumentando a vida útil da estrutura. A concretagem, por sua vez, costuma ser mais rápida, com maior facilidade no adensamento, o que ajuda a compensar o maior tempo despendido no arranjo dos cabos sobre a laje. "As instalações hidráulicas, elétricas, de sprinklers e de ar-condicionado não precisam dar voltas em vigas que não existem", acrescenta Cauduro, que ressalta: "além da economia na estrutura, os mais sensíveis ganhos estão nos processos construtivos após a conclusão da estrutura, ou seja, em alvenarias, instalações e prumadas", diz ele.

De acordo com o projetista de estruturas, Carlos Augusto Gama, sócio-gerente da MCA Engenharia, a faixa econômica na utilização de lajes protendidas está em vãos de 7 m a 10 m entre pilares, sem utilização de vigas e com inclusão de núcleos de estabilidade. Algumas situações de projeto podem exigir soluções especiais de protensão. É o caso de determinadas vigas de transição (com pilares que arrancam do pavimento-tipo, por exemplo) ou de elementos que precisam vencer grandes vãos ainda maiores, de 12 m a 20 m. Tal situação costuma acontecer em obras de edifícios garagens e shoppings.

Questão de aderência

Uma vez que se defina a opção por utilizar o concreto protendido, resta escolher a metodologia mais adequada para criar a tensão adequada na estrutura. Os sistemas de protensão se distinguem em relação à aderência ou não entre o concreto e a armadura ativa. Quando bem executadas, as duas soluções (aderente e não aderente) são tecnicamente viáveis.

No Brasil, a protensão aderente com injeção de pasta de cimento e água nas bainhas após o tensionamento dos cabos começou a ser utilizada na construção de edifícios nos anos 1970. "Até 1996, muitos prédios foram construídos com essa técnica, mas quase sempre eram edifícios comerciais que precisavam oferecer grandes vãos livres, com poucos pilares e possibilidade de mudanças de layout", recorda Eugênio Cauduro. No segmento residencial, poucos empreendimentos foram erguidos com essa técnica. Isso porque "esse tipo de protensão não se ajusta muito bem à dinâmica da construção de edifícios, exigindo cuidados relacionados à integridade das bainhas e trabalhos posteriores", comenta Cauduro.

O sistema não aderente com cordoalhas engraxadas e plastificadas surgiu justamente como uma alternativa de simplificação do processo. Nesse método, não há injeção de pasta de cimento e o tensionamento dos cabos é simplificado com uma só leitura de alongamento. Os cabos chegam à laje cortados e com uma ancoragem presa em uma de suas extremidades. Apoiadores plásticos ou metálicos são utilizados para manter os cabos em suas corretas cotas de projeto. Também compõem esse sistema as ancoragens fundidas, com cunhas bipartidas. "Hoje a execução de lajes com protensão não aderente passou a ser uma alternativa à construção de concreto armado. Só no último ano usaram-se mais de 1.500 t mensais de cordoalhas engraxadas e plastificadas na construção de edifícios", revela o engenheiro Eugênio Cauduro.

De acordo com o projetista da estrutura Helder Martins, da Hepta Engenharia, os dois métodos de protensão são muito semelhantes e geram o mesmo resultado físico. "A vantagem da protensão aderente é que depois de realizar a injeção de cimento, a bainha passa a funcionar como um aço normal. Com isso é possível reduzir armaduras no Estado Limite Último e as armaduras mínimas das vigas", compara o engenheiro. "Mas tal vantagem só vai causar impacto em projetos com grandes vãos submetidos a cargas elevadas, como ocorre com as pontes. Em edifícios residenciais o sistema não aderente é sempre mais competitivo porque a sobrecarga, nesses casos, é pequena", garante o projetista da Hepta.

Transição tensionada

O esquema estrutural utilizado no Centro de Eventos do Ceará, em Fortaleza (leia mais em *Téchne* 185), apropriou-se das vantagens da pré-fabricação em combinação com o sistema moldado no canteiro loco. O complexo é formado por dois pavilhões idênticos, cada um com 300 m x 100 m erguidos com pré-fabricados de concreto. Unindo os dois blocos há uma área de convivência de 6 mil m² moldada in loco.

Nesse setor, em especial, o projeto precisou lidar com solicitações diferentes em cada pavimento. No nível inferior, nas docas, há uma primeira laje maciça com modulação de 25 m x 25 m, que recebe uma carga elevada por causa de tráfego de caminhões. No pavimento acima, há uma segunda laje, que funciona como o piso de uma praça de alimentação. Nessa área, os vãos precisavam ser maiores e os pilares não podiam subir normalmente porque, no meio da praça, há um atrium.

"A solução foi subir com os pilares de periferia. Os pilares centrais foram transitados para servir de apoio para a cúpula", conta o engenheiro projetista da estrutura, Helder Martins, diretor da Hepta Engenharia. Nesse pavimento, as vigas de transição vencem 25 m de vão. Para viabilizar esse esquema estrutural com varias exigências distintas, tanto as lajes, quanto as super vigas foram protendidas com cordoalhas engraxadas, cada qual com uma carga específica.



RESUMO DA OBRA

Centro de Eventos do Ceará

Localização: Fortaleza

Início das obras: 2012

Área do terreno: 170 mil m²

Área construída: 172 mil m²

Construção: Consórcio Galvão Andrade Mendonça

Projeto de arquitetura: Joaquim Cartaxo (concepção), Architectus/ Nasser Hissa Arquitetos Associados (executivo)

Projeto executivo estrutural em concreto pré-fabricado e convencional: Hepta Engenheiros Associados

Protensão: Impacto

Uma terceira solução para a execução de lajes de concreto protendido surgiu mais recentemente e é uma variação dos sistemas anteriores. Ainda tratado como inovação tecnológica, o sistema de lajes planas tensionadas também utiliza cordoalhas engraxadas sem aderência com o concreto e dispensa o uso de vigas, sendo apoiadas em paredes e em pilares. Contudo, utiliza um método de cálculo diferente do sistema protendido convencional. "Existe uma diferença conceitual de funcionamento entre as técnicas. Como exemplo, cito a não consideração das cordoalhas para resistir aos esforço de punção (atrito por compressão do concreto), e ao desprezo das cordoalhas

para resistir aos esforços mínimos de tração (armaduras mínimas positivas)", explica o engenheiro Carlos Augusto Gama.

A NBR 6.118:2007 - Projeto de Estruturas de Concreto - Procedimento define, ainda, três categorias de protensão com relação aos estados-limite de utilização referentes à fissuração. A protensão completa, também chamada de total, é utilizada em casos de estruturas expostas a ambientes agressivos porque proporciona melhores condições de proteção das armaduras contra a corrosão. Nesses casos a protensão é de tanta intensidade que elimina completamente as tensões de tração no concreto. Isso significa que as peças não vão ter fissuras.

Já a protensão limitada submete as peças de concreto a tensões menores do que aquelas que seriam produzidas em uma protensão completa. Isso agrega algumas vantagens, como melhor comportamento no que diz respeito às deformações. Também induz ao consumo menor de armadura. Nesse tipo de protensão, há tensões de tração que devem ser suportadas pelo concreto.

Na protensão parcial, mais utilizada, o concreto pode fissurar porque a tensão de tração é maior do que a que o concreto suporta. "Nesses casos, a estratégia é combater a abertura de fissuras, assim como ocorre com o concreto armado", finaliza Helder Martins.

Painel de tecnologias

Veja alguns produtos e serviços para sua obra



FÔRMA NERVURADA

O formato tronco piramidal da fôrma plástica Astra é projetado para facilitar a desenforma e seu empilhamento. Confeccionada em polipropileno pelo processo de injeção, com aditivos que aumentam a proteção contra raios UV, as peças têm nervuras estruturais internas que atribuem à fôrma rigidez e estabilidade dimensional. Disponível para venda ou locação.

Astra
0800 165 051
www.astra-sa.com.br



CORDOALHAS PRONTAS

As cordoalhas Bilden são oferecidas engraxadas ou nuas, de acordo com o projeto da obra, prontas para a utilização em pisos, lajes, vigas, contenções, viadutos etc. O produto é fornecido etiquetado e, segundo o fornecedor, agrega vantagens como a redução de perdas e a ganho de espaço no canteiro.

Bilden
(11) 2171-8500
www.bilden.com.br



ESPAÇADOR TRELIÇADO

O espaçador treliçado ABTC para apoio de ferragem negativa em lajes é indicado para apoiar e manter o correto posicionamento da ferragem negativa, evitando improvisações que comprometam o resultado.

Fameth

(11) 4544-1324

www.fameth.com.br



APOIO PARA CORDOALHA

Indicado para apoiar cabos de protensão e armaduras negativas, o apoiador APC é um substituto para o caranguejo. Fixado na fôrma com pregos ou grampos de pressão, pode apoiar cordoalhas de até 32 mm.

Coplas

0800-709-1216

www.coplas.com.br



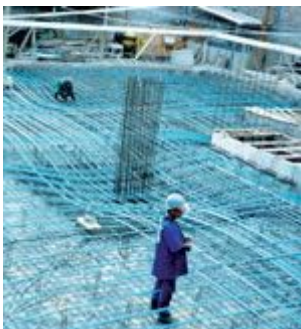
ANCORAGEM

A ancoragem Alga é composta de um bloco circular de aço com furos cônicos paralelos entre si, um conjunto de cunhas e uma placa de distribuição. A placa de distribuição pode ser fabricada por uma unidade em ferro fundido ou em aço laminado, com várias coroas circulares, que garantem boa distribuição de tensões no concreto.

Alga

(11) 3714.6535

www.algabrazil.com.br



RADIER PROTENDIDO

A Impacto Protensão executa técnicas como o radier protendido, fundação rasa utilizada em edifícios, residências e galpões. Com cordoalhas engraxadas nas duas direções, as lajes podem ter 80 m x 80 m com espessura a partir de 0,10 m. O sistema não utiliza injeção de pasta de cimento, o que contribui para a facilidade de execução.

Impacto Protensão

(85) 3273-7676

www.impactoprotensao.com.br