As lajes e seus valores agregados

Por Heloisa Amorim de Medeiros

Junto com as mudanças na maneira de construir, influenciada principalmente pela industrialização e racionalização do processo construtivo, um dos elementos estruturais que mais evoluíram foram as lajes. Hoje, a velocidade e a busca de qualidade, além do desafio de vencer vãos cada vez maiores para obter espaços sem interferências de pilares e vigas, fizeram com que projetistas e construtores buscassem soluções adequadas às novas exigências.

Na laje tradicional, que também pode ser classificada como reticulada (conjunto laje/pilar/viga), os processos construtivos foram aperfeiçoados visando à diminuição do tempo de execução, melhor desempenho, maior resistência e menores deformações. As fôrmas e sistemas de escoramentos, as ferramentas de execução e o controle tecnológico do concreto também passaram por evoluções. A laje plana, que elimina ou diminui substancialmente a utilização das vigas, é outra solução que oferece racionalização e rapidez de execução em obras de edificações.

A laje nervurada, que por sua geometria incorpora vigas, ganhou novos tipos de fôrma, mais leves e práticas. Sem falar da evolução da laje pré-fabricada, cada vez mais utilizada em obras rápidas, como supermercados e grandes centros de distribuição. Empregada com pilares, vigas e painéis de fechamento pré-fabricados, transforma o canteiro numa linha de montagem industrial. Tudo isso se soma ao progresso na protensão, processo simplificado com a introdução da monocordoalha engraxada com cabo plástico, que dispensa a injeção de nata de cimento. Dessa maneira, seu uso em lajes se disseminou, tendo como resultado peças mais resistentes para suportar vãos e cargas maiores.

"O setor vem buscando sistemas construtivos para conseguir maior produtividade, com vãos livres maiores e layout mais flexível. Essa demanda se iniciou com os edifícios de escritório, há mais de uma década, mas vem se tornando uma tendência também nas edificações comerciais e residenciais", explica Bruno Szlak, engenheiro consultor da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP). Partindo de uma classificação geral, as lajes podem ser moldadas in loco, pré-fabricadas ou mistas (executadas in loco com utilização de elementos pré-fabricados).

Lajes tradicionais (reticuladas)

Foto: Cyrela

O sistema moldado in loco é o mais tradicional (laje, pilar, viga), mas nem por isso deixou de passar por evoluções nos últimos 10 anos. As vigas geralmente ficam embutidas em paredes. As construtoras que adotam a racionalização do sistema conseguem bons resultados.

- **Vantagens** - Quando existe a preocupação com a compatibilização dos diferentes projetos que fazem parte da obra e um estudo das interfaces com alvenaria, esquadrias, instalações, revestimentos, além do uso de equipamentos adequados, nota-se um aumento de produtividade na

execução da laje no canteiro. O sistema apresenta bom desempenho em relação a deformações e ao consumo de concreto e aço.

Segundo Ana Rocha Melhado, consultora da Associação Brasileira de Cimento Portland e autora do livro "Projeto e execução de lajes racionalizadas de concreto armado", lançado em setembro de 2002, hoje é possível obter mais produtividade, reduzir desperdícios e aumentar a competitividade das lajes reticuladas, desde que se adote um processo racionalizado. "Diversas etapas e equipamentos foram aperfeiçoados, permitindo essa evolução", explica Ana. Desde os sistemas de fôrmas, que hoje oferecem mais precisão em relação ao nivelamento e estanqueidade, até o melhor desempenho dos compensados plastificados, que possibilitam maior reaproveitamento. Mudou também o tipo de escoramento (hoje se utiliza o metálico) e a maneira de escorar. Com a introdução das "escoras permanentes" nas lajes já concretadas, que as sustentam durante um período enquanto as outras lajes "sobem", as deformações e fissuras diminuem.

Ana destaca ainda a racionalização trazida pelas telas soldadas e pelo aço com corte e dobra prontos, além do uso de equipamentos mais modernos, como nível a laser, desempenadeiras metálicas tipo bull float ou mecanizadas, tipo "helicóptero". Outro ponto importante, segundo ela, é o uso dos shafts verticais, geralmente posicionados junto a um núcleo central, que abriga escadas e elevadores, em vez do embutimento das instalações na laje, como era feito tradicionalmente. "O controle tecnológico do concreto também é mais eficiente e utiliza-se cada vez mais o concreto dosado em central. Ao mesmo tempo, há uma tendência de uso de concretos com maiores resistências e aditivos que melhoram suas características de acordo com as necessidades da obra", analisa.

- **Desvantagens -** Se a construtora não adotar a racionalização, em geral, as lajes tradicionais não apresentam boa produtividade. Além disso, se o processo de execução não for bem controlado, o sistema torna-se suscetível ao aparecimento de patologias. É necessário trabalhar muito bem o projeto para compatibilizar o fechamento em alvenaria com a espessura da viga. Há limitação nos tamanhos dos vãos livres.

Lajes pré-fabricadas

Podem ser divididas em dois grandes blocos: as que vencem pequenos vãos (usadas em residências e pequenas obras) e as produzidas para edificações de grande porte com vãos maiores. As primeiras utilizam elementos pré-fabricados (vigotas, nervuras treliçadas pré-fabricadas), mas têm parte da execução moldada in loco. Poderiam ser classificadas como lajes mistas.

Lajes para pequenos vãos

Lajes nervuradas
Composta de vigas ou vigotas pré-fabricadas de concreto armado, intercaladas com blocos de concreto ou de cerâmica. As vigotas possuem formato de um "T" invertido. Depois da montagem, é lançada uma camada de concreto, a capa de solidarização, que faz com que a laje transforme-se num conjunto único.

Laje nervurada (foto: prof. Vitor Faustino Pereira)

Nervurada protendida
As lajes nervuradas podem ser executadas com vigas ou vigotas protendidas de fábrica, quando é necessário resistir a vãos maiores.

Laje protendida (foto: Tatu)

Nervurada treliçada
As lajes treliçadas pré-moldadas têm como vantagem a redução da quantidade de fôrmas. Hoje, utiliza-se o sistema treliçado com nervuras pré-moldadas, executadas com armaduras treliçadas.

Observação: Os dois sistemas de nervurada (protendida e treliçada) devem ser caracterizados como laje executada com elementos pré-moldados, já que parte dela é moldada in-loco.

- **Vantagens** - O mercado oferece uma série de alternativas para execução de lajes pré-moldadas com nervuras. Os elementos pré-moldados empregados na laje nervurada apresentam boa capacidade portante no momento da moldagem do restante da laje, reduzindo assim a quantidade de fôrmas e escoramentos em relação ao sistema convencional. Quando as lajes treliçadas são executadas de forma nervurada, apresentam redução do volume de concreto e armaduras.

- **Desvantagens -** A execução da laje nervurada deve ser cuidadosa, pois pode apresentar trincas depois de pronta em razão da falta de aderência da capa de concreto. Quando executada sem os elementos pré-fabricados, a laje treliçada tem como desvantagem a baixa produtividade e a utilização intensiva de mão-de-obra. O trabalho de armação é demorado e há dificuldade de concretagem.

Lajes para edificações de grande porte
Já as lajes pré-fabricadas de concreto de grande porte podem servir de pré-lajes (leia box) ou de lajes acabadas. As lajes pré-fabricadas são empregadas em edificações em que pilares e vigas são moldados in loco, recebendo depois capa de solidarização de concreto armado com tela soldada, que varia de 5 cm a 10 cm. Em outro tipo de aplicação, tais como plantas industriais, grandes supermercados, mezaninos de áreas comerciais etc., são utilizadas como laje acabada, junto com vigas, pilares e até fechamentos pré-moldados.

Lajes alveolares do hipermercado Candia,
em Piracicaba-SP (foto: divulgação)

- **Vantagens** - As peças chegam prontas na obra e são içadas até os pavimentos. Esse processo de montagem industrial aumenta a rapidez de execução da obra, libera espaço no canteiro, pois dispensa estocagem de material, elimina desperdícios e oferece boa produtividade. As lajes pré-fabricadas contam com controle de qualidade no processo industrial. Durante a produção, são controladas a umidade, cura, temperatura, adições ou tensão das cordoalhas, o que resulta em peças sem deformações e com textura e coloração uniformes. Atualmente, as lajes pré-fabricadas mais usadas são alveolares (mais leves) e já vêm protendidas de fábrica.

- **Desvantagens** - A modulação das peças pré-fabricadas ainda não foi adotada pelo mercado como um todo. Por isso, é importante o construtor administrar os elementos a serem utilizados em cada tipo de obra. A estrutura pré-fabricada também tem movimentação diferente da tradicional entre os seus vários componentes. Se os elementos não forem utilizados de modo compatível, podem gerar patologias inesperadas. Os custos iniciais dos pré-fabricados também são mais altos, e a escolha depende das necessidades específicas de cada obra ou da conjuntura econômica.

Lajes nervuradas

Foto: prof. Vitor Faustino Pereira

As lajes nervuradas são moldadas in loco. A conformação das nervuras é obtida com a utilização de elementos inertes, que podem ser blocos cerâmicos, blocos de concreto celular e poliestireno expandido (EPS), ou por meio de fôrmas. Algumas empresas oferecem sistemas de fôrmas prontas para esta conformação, fabricadas com materiais à base de polímeros. As nervuras obtidas com a conformação são armadas e o concreto é disposto convencionalmente. Com a utilização de sistemas de protensão não aderentes (monocordoalhas engraxadas), pode-se também protender a armação das nervuras, possibilitando vencer maiores vãos.

- **Vantagens** - Uma das vantagens da laje nervurada é o custo, já que o consumo de concreto e de armação é baixo. O sistema propicia ainda a redução da quantidade de fôrmas convencionais. Isto acontece porque, por meio da utilização dos elementos inertes, ou de fôrmas industrializadas, basta executar um tablado em nível ou sob as nervuras, com escoramento bastante simples.

- **Desvantagens** - Dadas as pequenas espessuras das nervuras e eventualmente alta densidade de armação, podem surgir problemas de concretagem. Para Bruno Szlak, há ainda uma questão importante a respeito das lajes nervuradas. "É necessário o uso de forro, pois do contrário não há como passar instalações elétricas, hidráulicas e de ar-condicionado", lembra. Segundo ele, por causa disso, e pela própria espessura do composto laje, a nervurada faz subir o gabarito da edificação. A solução laje nervurada mais o forro aumenta a medida entre pisos dos pavimentos de 2,70 m (aproximadamente para laje convencional) para 3,30 m, com perda de 60 cm. No cômputo total, quando há limitação da legislação urbana para gabaritos das edificações, pode ocorrer a perda de um pavimento em função dessa diferença.

Lajes planas

Foto: Tarjab

Com o desenvolvimento dos métodos de cálculo estrutural e processos executivos, nas últimas décadas, torna-se mais cada vez mais comum a utilização das lajes planas, sem vigas. Antes utilizadas com protensão aderente, eram mais comuns em edifícios comerciais de grandes vãos. Mas a introdução da protensão não aderente, com monocordoalhas engraxadas, facilitou o processo. Hoje, a laje plana protendida, antes restrita a edifícios de escritório, começa a ser empregada em prédios residenciais sem vigas, ou com algumas vigas de borda, em diversos pontos do país.

- **Vantagens** - O sistema tem alta produtividade e induz à qualidade e à racionalização devido ao processo de execução. Exige cálculo estrutural refinado, emprego de concretos mais resistentes e, portanto, mais impermeáveis, controle tecnológico rigoroso, equipamentos de precisão (nível a laser, desempenadeiras bull float etc.) e outros recursos de ponta. Em termos de uso de fôrmas e emprego de mão-de-obra, a produtividade também é alta. Cada vez mais utilizadas, as lajes planas proporcionam grande flexibilidade de layout e maior rapidez na execução da estrutura, diminuição no número e na seção dos pilares, proporcionando ganhos de área útil.

- **Desvantagens** - O consumo de concreto e aço é grande, portanto, de custo inicial mais alto que o dos outros sistemas. Há ainda necessidade de utilizar protensão para vencer grandes vãos. Do ponto de vista estrutural, segundo Bruno Szlak, é preciso atenção com a cabeça dos pilares (encontro pilar/laje), um ponto de alta concentração de esforços. Para evitar isso, utilizam-se capitéis, para dispersar as tensões. É necessário conseguir uma boa estabilidade do conjunto, de modo a obter o travamento da estrutura para que as movimentações não afetem os subsistemas (alvenaria, revestimento etc.).