

Lajes pré-moldadas e protendidas

Escolha do melhor tipo depende da elaboração do projeto com as definições do vão, vinculação e carga; mas também é influenciada por questões econômicas e culturais

Por Aline Horvath

Edição 181 - Agosto/2016



A escolha da laje deve levar em consideração o tamanho do vão, a vinculação e as cargas. As lajes do tipo protendida são usualmente aplicadas em vãos acima de 6,5 m

O mercado de construção civil oferece uma variedade tão grande de sistemas estruturais de lajes que, para cada projeto, há duas ou três opções que podem atender à demanda. Entre os diferentes sistemas disponíveis, as lajes moldadas in loco e as pré-fabricadas ganham destaque. Ambas podem ou não ser protendidas e ter variações geométricas: nervurada ou plana, com vigotas, bidimensional, com painéis, entre outras. Como a tendência é de industrialização, já há fabricantes que oferecem pré-lajes bidirecionais com grande dimensão.

Na opinião do professor da Universidade Estadual Paulista (Unesp) e coordenador da Comissão de Estudo Especial de Laje Pré-fabricada (CEE-094) da ABNT, José Bento Ferreira, a laje é um elemento estrutural complicado porque possui pouca altura para o peso próprio. "Estamos tentando melhorar o momento de inércia da peça, e criando vazios estruturais. As pré-fabricadas quase sempre estão sendo trabalhadas com nervuras. Também há várias formas de transferência de tensão, usando armadura frouxa ou armadura protendida. Não fazemos lajes maciças, a não ser os painéis muito baixos", disse. Além disso, as lajes sempre terão um elemento de enchimento, com desempenho técnico importante.

O que muitas vezes pode causar confusão é a diferenciação entre lajes pré-fabricadas e pré-moldadas. De acordo com a NBR 9.062/2006 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), pré-moldado é todo material que não é executado in loco e, por isso, sofre um deslocamento. Pode ser fabricado em uma planta industrial ou no próprio canteiro, mas terá que ser carregado até o local da laje.

A partir da discussão da NBR 14.859/2016, iniciadas em 2008, foi preciso criar uma nova nomenclatura para o material porque não havia regulamentação do pré-moldado. Ficou definido que o produto que

segue as normas brasileiras, possui certificação e rastreabilidade é um pré-fabricado. "O material que não tem um controle técnico é considerado um pré-moldado", reforça Ferreira.

Parâmetros

Há vários fatores que podem influenciar a definição do melhor tipo de laje para cada construção, mas a primeira consideração é que, apesar de esses sistemas serem funcionais, eles têm que estar dentro de uma concepção estrutural. Neste sentido, não podem ser considerados apenas anexos, como acontece nas lajes protendidas de vigotas, treliçadas e convencionais.

Outra questão fundamental é a definição de como a laje irá se vincular. Neste sentido é importante avaliar o tamanho do vão, a vinculação e as cargas. As lajes do tipo protendida são usualmente aplicadas em vãos acima de 6,5 m, quando passam a mostrar maior competitividade em relação ao concreto armado convencional.

A definição do tipo de laje a ser aplicado deve ser feita ainda em fase de projeto para obter o máximo de vantagens do material. Orlando Lustosa, engenheiro civil da Impacto Protensão, explica que o tipo de laje escolhida pode condicionar até a forma de pensar a arquitetura do projeto e, por isso, a decisão não deve ser postergada para depois que ele estiver finalizado.

Possuir um equipamento adequado para a movimentação de peças na obra também pode ser determinante para a escolha do sistema. "Se você planeja usar uma laje alveolar é preciso ter o equipamento de movimentação vertical. Quando for usar os painéis, se forem os estreitos, eles podem ser monoportáveis, senão também será necessária a presença do equipamento", diz Ferreira.

Questões culturais

Além das questões técnicas que envolvem a escolha do tipo de laje, um País com dimensões continentais como o Brasil acaba incluindo aspectos culturais na definição do tipo mais adequado a ser usado.

"Quanto mais para o Norte, a laje nervurada protendida tem mais popularidade. No Sul e Sudeste há uma prioridade por laje plana, principalmente em torres. Nosso trabalho consiste em entender a dinâmica cultural da região e os parâmetros de decisão dos construtores para trazer a solução mais adequada, sempre utilizando a cordoalha engraxada como base", conta o engenheiro Lustosa.

Os projetistas também podem ser mais afeitos a determinado tipo de linguagem, como por exemplo, estruturas metálicas, concreto armado, concreto protendido etc., e sempre usarem o mesmo sistema em diversos tipos de construção. Na opinião de Ferreira, quando há facilidade na utilização do material e acesso à informação, o profissional aprende a utilizar melhor e cria-se essa cultura, que é importante para consolidar o sistema construtivo, mas também traz prejuízos. "Infelizmente na história da engenharia temos alguns sistemas ótimos que acabaram não sendo utilizados por falta de conhecimento", contou.

No Norte do País, destaca Lustosa, é mais comum que as empresas de engenharia tenham controle maior da produção de mão de obra ou da produtividade, enquanto outras regiões usam métodos diferentes de mensuração. Chama a atenção o caso da cidade de São Paulo. "A maioria dos construtores não tem noção da forma de precificação do empreiteiro. É cultural em São Paulo o empreiteiro precificar por metro cúbico de concreto, que é o elemento menos indicado para precificar a dificuldade de execução de uma laje", explica.

De acordo com Ferreira, da Unesp, o mercado imobiliário pujante da capital paulista fez com que os construtores relegassem para segundo plano a forma de precificação. "Os preços eram definidos por questões de mercado. O pensamento era: 'estou gastando mais dinheiro, mas vou ganhar na comercialização'", explica.

Em período de crise econômica, essa distorção do mercado paulistano pode ser corrigida. "Isso é péssimo em termos de controle tecnológico, econômico etc. É de se esperar, com essa retração no País, que as pessoas pensem mais em competitividade", acrescenta Ferreira.

Martin Paul Schwark, professor do Departamento de Estruturas e Geotécnica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (Poli-USP) destaca que o desmembramento da obra em itens e não no conjunto também é um problema e falta de visão sistêmica do empreendimento. "Isso faz com que em

nível nacional as comparações [de preços] não sejam realizadas olhando o todo", observa.

Mesa-redonda



José Bento Ferreira engenheiro civil, professor da Unesp e coordenador da Comissão de Estudo Especial 94 da ABNT (ABNT CEE-94)



Martin Paul Schwark professor do Departamento de Estruturas e Geotécnica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (Poli-USP)



Orlando Lustosa engenheiro civil e gerente regional da Impacto Protensão



Gunnar San Martin Bistene Cordeiro engenheiro civil e representante da Atex



Wallace Gallo gerente do departamento técnico e comercial da Fortywall

Como o vão pode influenciar na escolha da laje?

ORLANDO LUSTOSA - Para laje protendida costumamos trabalhar com vãos acima de 6,5 m, porque, a partir disso, ela começa a ficar mais competitiva do que a laje de concreto armado convencional. Esse é um parâmetro interessante, porque ele condiciona até a forma de pensar a arquitetura. Hoje trabalhamos muito com lajes de transição em empreendimentos em São Paulo. Elas são importantes porque é preciso trabalhar com a estrutura de pilares vindos do pavimento-tipo, e quando chega na garagem esses pilares vão repercutir em algumas vagas de garagem. Em alguns mercados maduros, nem se trabalha mais com conceito de laje de transição, se estabelece vãos padrões de 7,5 m que representam três vagas de garagem. A partir disso, sobe para os apartamentos ou prédios comerciais modulando o que você tem com base nesses vãos. São duas características: o vão e uma implicação cultural na forma de conceber a arquitetura.

MARTIN SCHWARK - É importante para quem vai conceber a estrutura ter uma noção clara das alternativas que existem no mercado e que se adaptam bem ao conceito dele, porque quando se começa pensando em uma laje nervurada, já é possível lançar toda a conceituação do vão, modulação etc. respeitando a forma. Com isso, vai conceber com mais competência. Infelizmente, nem sempre isso acontece.

JOSÉ BENTO FERREIRA - Basicamente o que encontramos hoje no mercado são os clientes chegando ao fabricante com uma planta em busca de uma laje para determinado vão. O engenheiro calculista algumas vezes não prédimensionou a laje, não estabeleceu a carga e a vinculação. Isso, infelizmente, é uma realidade de mercado, que deveria ser modificada. Porque se ele souber desde o início que tipo de

laje utilizará, vai tirar o máximo proveito daquele material. Se por outro lado, ele pensou que vai usar uma alveolar protendida e no meio do caminho alguém mudar para outra laje isso vai ser um problema sério, porque já existe uma solução específica.

Por que essa conceituação não tem sido detalhada pelo engenheiro?

FERREIRA - Há muito tempo existe essa ideia de que a fábrica é quem faz a especificação da laje pré-fabricada. Na verdade, a fábrica tem um engenheiro responsável pela produção. No passado muitas vezes para colocar o produto no mercado, os fabricantes ofereciam uma definição básica de cálculo, então se criou essa cultura.

WALLACE GALLO - No nosso caso, sempre solicitamos um projeto estrutural, e o arquitetonico é um complemento. Ele vem especificado: se é uma laje maciça, moldada in loco, se é pré-moldada etc. Isso nos preocupa porque se tiver uma laje armada em duas direções já não podemos atender, a menos que o cliente faça uma revisão no projeto. Houve casos em que analisamos, o cliente viu a economia que teria o escoramento e modificou o projeto.

SCHWARK - A decisão muitas vezes nasce da concepção inclusive arquitetônica. O vão para três vagas, por exemplo, só se faz mediante algumas decisões anteriores.

GUNNAR SAN MARTIN BISTENE CORDEIRO - O nosso estudo todo passa como padrão durante o processo de arquitetura. Sempre nos baseamos na arquitetura. Por isso o grande número de tamanhos de fôrmas que disponibilizamos é justamente para poder variar de 6 m até 12 m, 15 m e 20 m.

Como avaliar a questão do custo de cada tipo de sistema estrutural de laje?

SCHWARK - Custo é algo relativo, principalmente quando se pensa em um empreendimento. Por exemplo, o uso de uma laje que é de rápida montagem em comparação com a estrutura in loco, pode trazer um ganho de tempo na obra que vale muito mais do que o custo com o aluguel da fôrma. São muitos fatores, e na questão do custo deve-se tomar cuidado para não realizar uma comparação direta dos produtos. É preciso pensar no produto inserido naquele desafio.

FERREIRA - Eu sempre acho que o melhor custo é obtido quando o projeto é benfeito. Por exemplo, em uma habitação residencial normalmente não existe a pressa porque você tem o volume de desembolso previsto. Não adianta você construir uma casa em três meses, apesar de ser possível, mas vai ser feito esse desembolso? Porque a casa não dá um retorno financeiro pela utilização direta. Mas para construir um empreendimento comercial é preciso que ele comece a funcionar para dar retorno. Neste caso, a questão de tempo passa a ser um fator relevante. No caso da residência, se a pessoa não tem financiamento para a construção, ela terá um programa de desembolso lento e por esse motivo pode utilizar os sistemas mais convencionais e baratos possíveis. Um bom projeto é o mais econômico, porque considera o tempo em que essa obra é necessária, capacidade de desembolso etc.

CORDEIRO - Na construção de um shopping, por exemplo, com pé-direito de 12 m ou 13 m, montar todo o escoramento é uma coisa absurda de volume de material, de pessoas etc. Ao ponto que o pré-moldado necessita de uma simples grua. Para um residencial padrão, com 3 m de pé-direito, a laje nervurada chega a ser imbatível. Se for protendida chega a ser um absurdo de econômico, com agilidade e menor quantidade de pessoas trabalhando na obra.

No caso de lajes pré-fabricadas há alguma limitação de distância para o transporte não influenciar no custo?

GALLO - Nós conseguimos atender a distância de 1 mil km, porque temos um processo industrializado e o custo de produção é baixo, sendo possível compatibilizar com o frete. Agora se o fabricante não tiver um custo reduzido já não consegue mandar o material nessa distância.

SCHWARK - Isso porque é uma pré-laje, que terá uma complementação na obra. O pré-fabricado tradicional, que é quase todo industrializado, acaba sendo enviado até 400 km de distância.

FERREIRA - O fabricante só leva o elemento estrutural, isso acontece com a vigota protendida, treliçada, tradicional, e no local [região onde a obra está sendo realizada] é possível adquirir o material de enchimento que corresponde ao grande volume. Em relação ao material de enchimento, na prática ainda dominam no mercado o EPS e a cerâmica. Em alguns lugares existem as fábricas de EPS ou recortadoras de EPS. É um material muito leve de ser transportado. Além disso, tem muitas empresas cerâmicas ainda distribuídas pelo País inteiro.

Qual a densidade desses materiais?

FERREIRA - Apesar de o EPS corresponder a mais de 50% do volume da laje, a densidade é de boa qualidade, 12 kg por metro cúbico. A cerâmica pesa um pouco mais, acima de 1.000 kg por metro cúbico, e o concreto maciço 2.400 kg e o armado 2.500 kg. Os materiais de enchimento não contribuem estruturalmente. Chamo isso de vazio estrutural.

Qual tipo de laje pode gerar mais patologias?

SCHWARK - Grande parte das patologias e deformações é decorrente das lajes, e a protensão de uma forma geral contribui de forma favorável. Os efeitos lentos da protensão e da gravidade, de certa forma se anulam. Analisamos na Universidade de São Paulo um conjunto de prédios próximos da região e verificamos um nível de deformação extremamente mais favorável. Em laje protendida pode-se dizer que o nível de patologia pode ser reduzido pelo uso de protensão.

FERREIRA - Geralmente a protensão sempre apresenta uma fissuração bem mais controlada. Nas treliçadas temos ocorrência de acidente durante a concretagem. A discussão de hoje na norma é devido às cargas de trabalho. Essas lajes não estão completas estruturalmente. Se elas não tiverem um escoramento adequado ou se o vão for maior que o previsto, elas ainda não têm capacidade de trabalho enquanto o concreto não endurecer. Por isso há uma grande ocorrência de acidentes no momento da concretagem. Quanto às patologias posteriores, não são significativas em si nas lajes, como elemento estrutural. No entanto, a laje como conjunto estrutural, temos as patologias justamente por causa das vinculações de carregamentos inadequados.

LUSTOSA - Tem outra causa de patologia que observamos bastante que é a falta de cuidado com a retirada dos escoramentos. Principalmente trabalhando com concreto armado no interior do Estado de São Paulo, às vezes não tem o engenheiro para acompanhar a obra. Após a concretagem, no terceiro dia os operários querem desenformar e tira os escoramentos e escorar novamente. O correto é tirar o escoramento parcialmente a partir do 14º dia.

SCHWARK - As patologias têm duas categorias, uma de projeto, de conceituação, quando não se define direito o detalhe do apoio. Mas a de execução é muito comum.

FERREIRA - Ocorre muito pela ausência do engenheiro. A equipe reflete quem está supervisionando. Qualquer execução dessas exige o acompanhamento do engenheiro, na disposição dos elementos, na concretagem etc.

Qual é a tendência no mercado de lajes?

LUSTOSA - Um movimento no mercado, que é coerente, é no sentido de buscar alternativas construtivas mais rápidas e que utilizem mais industrialização. Isso vai ao encontro das lajes pré-fabricadas e pré-moldadas. O conceito da laje nervurada e protendida brigam pela industrialização. Tem um estudo da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) que mostra que, pela primeira vez no Brasil, o custo de mão de obra em relação a materiais inverteu. Hoje é caro ter uma equipe de 30 homens na obra. Se puder trabalhar com 15 homens está ganhando muito mais do que se economizar em concreto. O movimento que o mercado precisa para o bem da indústria é buscar alternativas mais produtivas e levar em conta todos esses fatores: logística, disponibilidade de materiais, de mão de obra etc. A lógica boa é tentar encontrar alternativas produtivamente mais interessantes.

SCHWARK - A tendência é de ser cada vez mais racional, isso não quer dizer obrigatoriamente mais industrial. Segundo o Construction Industry Institute (CII), a obra corresponde a 20% do custo do ciclo de vida de uma edificação. No Brasil o projeto representa 4%, no máximo, desses 20%. Você está investindo em inteligência de projeto apenas 1% do ciclo de vida. Olhar o ciclo de vida e não só a obra é um desafio.

FERREIRA - Temos que mudar a cultura de que investir em qualidade é gasto. O controle tecnológico dentro do gasto geral de uma obra é nada, é não mensurável, mas é ele que vai afetar esse ciclo de vida. Fazer bom ou ruim custa praticamente a mesma coisa. [Se não for bem executada] a obra ao longo da sua vida útil vai dar tanto problema, tantas patologias que você vai descobrir que ela custou 10% e os outros 90% foi para mantê-la funcionando. Mudar a cultura para criar normas que sejam executáveis. A norma existe para garantir essa qualidade. Quando incorpora o conceito de qualidade, o dinheiro investido terá um retorno muito melhor.