

## **APLICAÇÃO DE LAJES DE CONCRETO ARMADO NA CONSTRUÇÃO CIVIL – ESTUDO DE CASO EM MARINGÁ/PR**

**SILVA, Maria Carolina Rodrigues e<sup>(1)</sup>; ANGELIS NETO, Generoso de<sup>(2)</sup>; DONATONI, Juliana Barrionuevo<sup>(1)</sup>; VIEIRA, Jucélia Kushla<sup>(3)</sup>.**

- (1) Engenheiras Civis, [mariacarolina\\_rs@hotmail.com](mailto:mariacarolina_rs@hotmail.com), Rua São Pedro, 1665, Maringá, PR.
- (2) Professor Adjunto Doutor do Departamento de Engenharia Civil e do Programa de Pós Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Maringá
- (3) Engenheira Civil, aluna do mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento da Universidade Estadual de Londrina, Especialista em Perícias e Avaliações.

### **RESUMO**

Este estudo visa caracterizar as lajes de concreto armado maciça e nervurada, expondo as técnicas de execução e a aplicação mais indicada de cada uma, analisando-se o emprego de cada uma delas em obras da cidade de Maringá. Assim, estudou-se sobre cada tipo de laje em bibliografia variada. A seguir, procedeu-se à coleta de campo em canteiro de obras de edifícios de vários pavimentos. Nesta fase, foram observadas as técnicas de execução e recolhidos dados sobre os materiais utilizados.

### **1. INTRODUÇÃO**

Nos edifícios de vários pavimentos, as lajes respondem por elevada parcela do consumo de concreto. No caso de lajes maciças, esta parcela chega usualmente a quase dois terços do volume total da estrutura, segundo FRANCA (1999). Por esta razão, torna-se oportuno o estudo dos critérios de escolha dos tipos de laje a serem empregados nos edifícios, tendo em vista a obtenção de soluções técnica e economicamente eficientes.

Enquanto as lajes eram construídas com vãos relativamente pequenos e sujeitas apenas a cargas distribuídas, o emprego de laje maciça não trazia maiores problemas. À medida que os vãos aumentaram e as alvenarias foram sendo apoiadas diretamente sobre as lajes, o emprego de lajes maciça foi levando à espessuras anti-econômicas.

A solução espontânea para esta dificuldade foi o emprego de lajes com nervuras. A concepção estrutural das lajes com nervuras decorre da idéia de que uma parte significativa do concreto da zona tracionada por flexão pode ser simplesmente eliminada, ou então substituída por materiais leves que permitam tornar plana a face inferior das lajes.

Segundo FRANCA (1999), uma das primeiras tentativas feitas no mercado brasileiro, hoje já considerada como abandonada, consistiu no emprego das chamadas lajes mistas, que eram regulamentadas pela NB 4 e nas quais os elementos leves participavam da resistência da laje.

As incertezas a respeito do efetivo comportamento estrutural de arranjos construtivos desta natureza levaram ao descrédito de tal solução, servindo a sua análise tão somente para o entendimento dos caminhos percorridos para a evolução dos sistemas construtivos empregados nas lajes.

Assim, tem-se o surgimento e a aplicação da laje nervurada. Trata-se de um sistema estrutural altamente eficiente, constituído por um conjunto de nervuras dispostas em uma ou duas direções, com espaçamentos regulares entre si. Este sistema foi idealizado visando um alívio no peso próprio da estrutura e um aproveitamento mais eficiente do concreto e do aço.

Embora estas vantagens sejam reconhecidas há bastante tempo, na cidade de Maringá ainda existem muitas construtoras que resistem a inovação da laje nervurada em suas obras.

O objetivo deste trabalho é de caracterizar cada uma destas lajes, explanando sobre as técnicas de execução, as melhores aplicações de cada uma e a análise do emprego de todas elas em obras na cidade de Maringá.

Para isto, estudou-se sobre cada tipo de laje em bibliografia variada. A seguir, procedeu-se à coleta de dados de campo em canteiro de obras de edifícios de vários pavimentos. Nesta fase do trabalho, observou-se as técnicas de execução e recolheu-se dados sobre os materiais utilizados.

## **2. TIPOS DE LAJES DE CONCRETO ARMADO E SUAS APLICAÇÕES**

Uma edificação necessita de uma parte destinada a suportar o seu peso próprio (peso de todos os seus componentes), o peso dos móveis e pessoas que o ocupam, do vento, da chuva e até mesmo da neve que, em alguns países, podem nele incidir.

Segundo CHAVES (1996), a estrutura do prédio é um conjunto de peças destinadas a formar um quadro suficientemente rígido e resistente, que possa suportar todos os esforços decorrentes do peso dos elementos constituintes do prédio e mais o das cargas acidentais. A estrutura de um prédio é composta de diversas peças, entre elas os blocos de fundação, cintas de segurança, pilares, vigas e **lajes**. As lajes são placas que sob certos aspectos, como o de dimensionamento, nada mais são do que vigas muito largas e pouco espessas.

Denomina-se concreto o material formado pela mistura de cimento, água, agregado graúdo (brita ou cascalho) e agregado miúdo (areia), eventualmente acrescido de aditivos que potencializam alguma característica necessária, como por exemplo acelerar a pega. O concreto fresco tem resistência plástica, podendo ser moldado na forma e dimensões desejadas, colocando-se a massa no interior de fôrmas (de madeira ou material metálico). Tal material não pode ser empregado na execução de peças solicitadas a tração, pois só atinge valores expressivos de resistência trabalhando a compressão (valores da ordem de 20 a 50 MPA). Além disso, a resistência do concreto à tração é pouco estável, pois durante a sua secagem ocorre a retração volumétrica, que provoca o aparecimento de fissuras superficiais com maior ou menor penetração na massa do material.

O concreto armado surge como um complemento do concreto simples, e é obtido pela colocação de barras de aço no interior do concreto. As armaduras são posicionadas no interior da fôrma, antes do lançamento do concreto plástico, que envolverá as barras de aço. Com as armaduras na face inferior da peça, os esforços de tração já podem ser absorvidos, obtendo assim uma elevada capacidade de carga.

As lajes de concreto armado podem ser classificadas, quanto a forma que são projetadas e construídas, em três grandes grupos que são: as lajes maciças, as lajes mistas e as nervuradas. As lajes maciças são aquelas constituídas apenas com concreto armado (aço e concreto), sem nenhum elemento de preenchimento em toda a sua extensão. Já as lajes mista e nervurada são compostas de vigotas e elementos variados, sendo que nas lajes mistas tal elemento tem

função estrutural, e nas lajes nervuradas o elemento assume somente a função de preenchimento.

### **3. TÉCNICAS DE EXECUÇÃO DE LAJES DE CONCRETO ARMADO E SUAS PRINCIPAIS PATOLOGIAS**

#### **3.1 Lajes Maciças**

De acordo com BORGES (1979), o primeiro passo para a execução da laje maciça é a confecção das fôrmas. O assoalho na parte superior deve estar pregado sobre pontaletes horizontais e transversais, separados entre 0,90 m e 1,00 m. Estes apóiam-se sobre novos pontaletes horizontais no sentido longitudinal com o mesmo espaçamento. Todo conjunto é sustentado por pontaletes verticais que formam, portanto, um quadriculado de 0,9 m à 1,0 m. Quando concreta-se a primeira laje, o pontalete vertical deve apoiar-se sobre outro horizontal colocado deitado sobre o solo. Quando a distancia do piso à laje for maior do que 3 metros, é necessário um sistema de travessas e escoras para evitar a flambagem dos pontaletes, ao receber a carga de concretagem.

Atualmente, o material aplicado com abundância para a execução de formas de concreto é o maderite, produto industrial constituído de chapas compensadas revestidas com plástico, cuja aderência é conseguida com cola e base de resina sintética. Resistentes à água (não há descolagem), lisas e práticas, transmitem ao concreto a qualidade da superfície lisa. Assim, seu emprego é inevitável para o concreto aparente e mesmo que se pretenda revestir o concreto, pode-se dispensar o emboço aplicando-se a massa fina sobre um leve chapiscado prévio. As chapas tem as dimensões de 1,10 m x 2,20 m e as espessuras mais empregadas para a execução de lajes são as de 12 mm e 14 mm.

Os ferros necessários já devem ter sido adquiridos com antecedência, para que não haja atraso, segundo HANAI (1985). O ferro é recebido em feixes de barras de 12 metros. O número de barras em cada feixe varia com sua bitola e o feixe tem o peso variando em aproximadamente 90 kg. As barras vem dobradas ao meio, medindo cada feixe cerca de 6 metros de comprimento. O trabalho com o ferro para o concreto pode ser dividido em duas fases.

A primeira fase, ou corte e preparo, pode ser executada em qualquer local da obra previamente reservado para tal serviço, onde será colocada a bancada de trabalho com os alicates de corte. A barra deve ser estendida antes de ser cortada. A seguir serão feitos os dobramentos. Este trabalho deve ser feito em série para melhor rendimento, isto é, quando o ferreiro está manuseando um feixe de  $\frac{1}{4}$ '', já deve cortar todos os ferros desta bitola e a seguir dobrá-los, antes de iniciar trabalho com outra bitola. Nesta fase, torna-se importante um bom aproveitamento dos comprimentos, para que reste menor quantidade possível de retalhos (preferencialmente, entre 5% e 10% do peso total do ferro, determinando um bom trabalho do armador).

A segunda fase, ou armação, é executada sobre as próprias fôrmas. A fixação entre as diferentes barras deve ser feita com arame recozido número 18, que pelo fato de ser recozido é mais maleável e mais fácil de ser trabalhado. A armação pode ser abundante pois o arame custa relativamente pouco. É preciso lembrar que antes e durante a concretagem, os ferros serão pisados por operários e se não estiverem bem armados, perderão a sua forma prevista

em cálculo, sendo amassados e deslocados. Ao fim da armação, deverá o engenheiro ou seu preposto comparar a armação com as plantas de cálculo, para examinar a perfeita obediência a elas com relação a quantidade de barras, bitolas, espaçamentos, posições dos cavaletes e estribos.

Ainda antes do enchimento das fôrmas, deverá ser feita a colocação de conduítes e caixas para pontos de luz. O electricista obedecerá as plantas de distribuição de circuito, tomando cuidado de não prejudicar a armação de ferro. Todas as aberturas de tubos e as caixas devem ser hermeticamente fechadas com tufos de panos ou de papel, para que durante o enchimento da fôrmas, não penetre concreto em seu interior, o que inutilizaria o conduto.

Antes do lançamento do concreto é necessário molhar as fôrmas, a fim de eliminar frestas por onde escorre o cimento, empobrecendo a sua dosagem e impedindo que elas (as fôrmas) sofram qualquer tipo de contaminação, eliminando os principais focos, como barro dos pés dos operários.

Pode-se subdividir o transporte do concreto durante a concretagem em vertical e horizontal. O transporte vertical será feito por intermédio do guincho quando a obra tiver vários pavimentos. Para obras de apenas dois pavimentos, pode-se utilizar corda e roldana ou ainda construir um plano inclinado com tábuas de andaimes, por onde subirão os operários.

O transporte horizontal é feito por carrinhos de mão que trafegam sobre estrados previamente preparados, para evitar que a ferragem seja amassada e prejudicada. Estes estrados serão feitos com retalhos de tábuas. Os elementos que podem executar o transporte do concreto são os guinchos e as gericas, a grua, o caminhão-lança e até mesmo por bombeamento.

Inicia-se a concretagem, segundo PFEIL(1985), pelo ponto mais afastado do local de entrada de carrinhos, e a medida que o trabalho vai sendo executado, vão sendo retirados os estrados mais afastados até chegar-se ao ponto de acesso. Quando se utiliza guincho para a elevação de carrinhos, naturalmente o ponto de acesso será o local do guincho.

Deve-se cuidar para que o concreto encha integralmente a fôrmas, sendo necessário o uso de vibradores que, além de uniformizar o concreto, aumentam a sua resistência. Deve-se lembrar que o uso excessivo do vibrador pode ocasionar a separação do agregado com pasta. O ponto exato para parar de vibrar o concreto é quando a sobe uma fina camada de água. Quando se torna necessária a interrupção da concretagem no fim de um dia de trabalho para a continuação no dia seguinte, esta deve ser feita sobre uma viga de pequena seção, de preferência sobre pilares. A superfície de interrupção não deve ser um plano vertical e sim inclinado a 45° aproximadamente. Esta superfície deve ser deixada bastante rústica e irregular, para maior aderência da camada posterior.

Os trabalhos sobre a laje concretada podem ser iniciados no dia seguinte, pois o concreto adquire consistência em doze horas, porém tomando-se o cuidado de não aplicar impactos ou cargas violentas. Salvo quando se aplicarem apressadores de pega ou cura a vapor, a Norma NB 4 recomenda 28 dias para se fazer o decimbramento. Quando se tratar de prédios de diversos pavimentos, deve-se cuidar para não fazer qualquer retirada de formas em pavimentos inferiores logo após a concretagem de uma laje, quando o concreto ainda não atingiu o fim da

pega. Deve-se aguardar pelo menos sete dias, pois o decimbramento implica em vibração que prejudica o concreto ainda recente.

A retirada das fôrmas deve ser feita por carpinteiros e seus ajudantes, com uso de pés de cabra e martelo. A madeira pode representar cerca de 20% no custo do concreto, justificando-se, assim, maior cuidado no seu manuseio.

Outro cuidado que deve ser tomado é o da cobertura e lavagem diária da laje, principalmente nos três primeiros dias, pois a pega do cimento em ambiente úmido dará maior resistência ao concreto e evitará o aparecimento de rachaduras, como acontece quando a pega se dá a seco. A cobertura poderá ser feita com chapas de papelão.

### 3.2 Lajes Mistas

O primeiro tipo empregado na construção civil foi a laje mista. Com a execução regulada pela NB 4, é um tipo de laje em que os elementos leves participam da sua resistência.

Define-se como laje mista aquelas que entre as nervuras de concreto armado, se colocam elementos intermediários, pré-fabricados, de concreto normal ou leve, simples, armados, cerâmicos ou silico-calcareos, solidários com as nervuras e capazes de resistir aos esforços de compressão oriundos da flexão.

As lajes mistas não são lajes pré-moldadas, mas lajes integralmente moldadas *in-loco* (sem vigotas). Por isso, utiliza-se na sua execução grande quantidade de formas e cimbramento. Para o seu funcionamento, os elementos cerâmicos devem ter uma resistência média de 1,2 KN/cm<sup>2</sup> referido à seção transversal bruta (ou seja, sem descontar os vazios) a fim de evitar problemas operacionais na obra.

No item 5.6 da Norma NB 4 existe a preocupação em fazer com que o concreto da capa se ligue efetivamente ao concreto da nervura, fazendo com que as partes do concreto sejam todas solidárias no seu trabalho.

Os elementos intermediários devem ter forma e dimensões geometricamente determinadas, podendo ser maciços ou vazados. A face inferior deve ser plana para poder repousar firmemente sobre o tablado do escoramento. Os topos devem ser de forma a deixar espaços vazios nas juntas entre dois elementos vizinhos, a serem preenchidos com argamassa, de modo a garantir a continuidade da resistência aos esforços de compressão na direção longitudinal das nervuras.

Inicialmente, é feita a montagem das fôrmas, da mesma maneira que se procederia se a laje fosse maciça. Assim, pode-se perceber que a laje mista não oferece vantagens quanto à economia de madeira em relação a laje maciça.

A seguir, procede a armação das nervuras, previamente calculadas. Nesta etapa, os cuidados com o ferro são os mesmos tomados na execução da laje maciça. A diferença notável é que a quantidade de aço a ser trabalhada é menor, o que gera uma certa economia no tempo.

Finalmente, os espaços vazios entre as nervuras são preenchidos com o elemento previamente definido. A fim de estabelecer a ligação entre todos os elementos construtivos, faz-se a

concretagem da laje (esta capa de concreto irá sedimentar a nervura com o elemento de preenchimento).

### 3.3 Laje Nervurada

A NB 4 define lajes nervuradas da seguinte maneira Ó

“Lajes nervuradas são as lajes moldadas no local ou com nervuras pré-moldadas, cuja zona de tração é constituída por nervuras entre as quais pode ser colocado material inerte”

Dentro de certas limitações, as lajes nervuradas podem ser tratadas como elementos estruturais singulares de concreto armado, em que as peças intermediárias de preenchimento tem como única função substituir parte do concreto da zona tracionada da laje, não colaborando com a sua resistência.

As lajes nervuradas subdividem-se, basicamente, em seis tipos Ó pré-moldada comum, treliçada, fôrma atex, painel TT ou ð, pré-laje e laje com tijolos.

Devido ao fato das lajes mais utilizadas atualmente na cidade de Maringá, dentro desta classificação, serem a laje pré-moldada comum e a laje treliçada, e da evidência que a laje nervurada com forma atex está tendo no cenário nacional da construção, trataremos de descrever estes tipos no presente trabalho.

#### *Laje pré-moldada comum*

Também chamadas de laje de concreto pré-fabricadas, segundo PFEIL (1985), são utilizadas principalmente nos grandes centros, com o objetivo de reduzir o emprego de madeiras para fôrmas na sua execução, o que reduz o trabalho do carpinteiro e torna mais barato o custo total da laje. Elas são montadas e completadas na obra.

Constituem-se em vigas de concreto pré-moldado, com secção em T, sobre as quais apóiam-se tijolos de barro vazados de forma especial. Montada a laje com as vigas e tijolos, aplica-se uma camada de concreto cobrindo-os completamente, os quais ficam unidos uns aos outros e às paredes ou vigas sob as quais se apoiam.

A figura a seguir mostra uma laje pré-moldada comum montada, pronta para a concretagem final.



**Figura 01:** Laje pré-moldada comum

### *Laje treliçada*

A laje treliçada é formada por treliças e lajotas bidirecionais de EPS (Poliestireno Expandido) ou lajotas cerâmicas. É um sistema construtivo mais inovador do que a laje pré-moldada comum, diferenciando-se dela basicamente pelo fato de utilizar treliças ou vigotas treliçadas ao invés de vigotas, o que a torna capaz de vencer vãos significativamente maiores com espessuras econômicas, segundo FRANCA (1996).

Os componentes básicos do sistema construtivo são as treliças e as lajotas de EPS ou cerâmicas. Existem porém componentes variáveis complementares

- Armadura de base dos capitéis, disposta em forma de malha no concreto, que constitui o maciço definido em projeto junto aos pilares.
- Armadura inferior de tração, adicionada no interior da base de concreto que constitui a vigota treliçada.
- Armadura longitudinal inferior de tração, adicionada sob a base de concreto da vigota treliçada pré-moldada quando é impossível adicioná-la no interior da base de concreto da vigota treliçada.
- Armadura transversal inferior de tração, adicionada no canteiro, no interior da treliça e sobre a base de concreto da vigota treliçada, transversalmente no sentido do posicionamento das vigotas treliçadas.
- Armadura de distribuição em malha, adicionada na obra no interior da capa de concreto e posicionada sobre as treliças que constituem as vigotas treliçadas.
- Armadura superior de tração, adicionada na capa de concreto e disposta sobre os apoios, respeitando o cobrimento que protege a armadura superior especificada em projeto.

Existem ainda acessórios construtivos que podem ser necessários durante a fase de execução

- Fôrmas, dispostas nas áreas dos capitéis.
- Cimbramento, constituído geralmente de escoras metálicas ou de madeira, contraventadas e cunhadas, quando necessário, conforme o projeto.

No momento em que se for embutir as instalações na laje, deve-se tomar cuidado especial a fim de evitar que a flexibilidade do conjunto provoque danos ao sistema.

Quanto à treliça, essas são produzidas em dois diferentes tipos, com e sem sapata de concreto. As treliças simples, sem a sapata inferior de concreto, são destinadas essencialmente à armadura de lajes concretada inteiramente no local. O emprego de treliça simples exige a utilização de fôrmas completas para o lançamento do concreto fluido. Tais fôrmas podem ser do tipo tradicional, feitas em madeira, ou então industrializadas.

As treliças com sapata inferior de concreto, usualmente chamadas de vigotas treliçadas, constituem-se na maneira mais econômica de se empregar este tipo de armadura. A sapata inferior de concreto é moldada em fôrma metálica, de preferência em instalação industrial para garantir a qualidade do concreto moldado em espessuras de 2 a 3 cm. Tal concreto deve ser elaborado com agregado miúdo e rico em pasta de cimento, para minimizar a operação de

vibração. As armaduras em treliças são usualmente fabricadas com alturas variando de 8 à 30 centímetros, com possível variação de centímetro em centímetro.

As plaquetas constituem-se em elementos estruturais leves, resistentes e inovadores. Trata-se de um elemento misto, formado por uma delgada placa de concreto armado que dispõe de garras de aço, formadas por prolongamentos da armadura da placa de concreto, que permitem a sua fácil montagem.

A plaqueta permite a transformação da laje nervurada em laje maciça, nos trechos em que isso possa ser necessário, como em regiões de apoio ou em outras regiões localizadas.

A figura 02 mostra uma laje nervurada treliçada com sapata inferior de concreto, utilizando-se a lajota cerâmica como elemento de preenchimento, antes da concretagem final.



Figura 02: Laje nervurada treliçada com sapata inferior de concreto

#### *Laje atex*

Este tipo de laje nervurada conta com um sistema de fôrmas atuando como elemento de preenchimento. Em polipropileno, com variadas dimensões e alturas, atendem aos mais diversos tipos de projetos, do vão mais modesto ao de maior envergadura. A figura seguinte ilustra a aplicação das fôrmas atex :



Figura - Laje Atex - (Engenharia e Construção – novembro/2002)

A idéia é simples, pois ao invés de utilizar-se fôrmas de madeira ou metálicas, utiliza-se a forma atex, mantendo-se a aplicação da nervura e a posterior concretagem. Posteriormente,

estas formas, que atuam na laje assim como o isopor e a lajota (simplesmente como elemento de preenchimento) são retiradas e reutilizadas.

Esta nova tecnologia elimina os inertes tradicionalmente usados em lajes nervuradas, como concreto celular, blocos de concreto, tijolos cerâmicos e poliestireno expandido, trazendo como vantagem o fato de não incorporar peso à laje.

As fôrmas são apoiadas diretamente sobre o escoramento, dispensando o tabuado (fôrmas de madeira) para a execução da laje e facilitando a desforma.

Elas são reforçadas internamente e por isso garantem deformações mínimas na concretagem. Devido ao seu reduzido peso, é fácil o seu manuseio na obra. No cálculo de custos, os moldes apresentados em oito tamanhos, contribuem para a redução dos vãos com maior envergadura e para a redução da despesa final da obra, uma vez que são comercializados por meio de locação.

Existem empresas desenvolvendo sistema de escoramento para todos os tipos de fôrmas, facilitando a montagem das mesmas, uma vez que elimina totalmente a utilização de madeira, serrotes, pregos e parafusos. O sistema reduz também as despesas com mão de obra especializada, pois os auxiliares também são capazes de montá-lo. Além disso, quando as fôrmas são reutilizadas em outro estágio da obra, as fôrmas e as vigas de apoio são removidas sem que a escora saia do lugar. E também não ocorrem deformações na laje, podendo-se aplicar a desempenadeira para dar o acabamento em nível zero.

#### **4. APLICAÇÃO DE LAJES DE CONCRETO ARMADO EM MARINGÁ Ó ESTUDO DE CASO**

Na cidade de Maringá, para efeito da realização deste trabalho, foram analisados cinco construções térreas, seis sobrados e sete edifícios de vários pavimentos, totalizando dezoito edifícios.

Dos edifícios com vários pavimentos, três estavam sendo executados em laje maciça e os outros quatro em laje nervurada. Os edifícios construídos em laje maciça eram projetados e construídos pelo mesmo grupo de engenheiros. Esta equipe levava em consideração os seguintes fatores para optar pela laje maciça Ó

- A forma de trabalho é a mais segura, reduzindo o risco de queda, uma vez que o operário pisa sobre o tabuado das fôrmas o tempo todo. Diferente da execução da laje nervurada, em que ele deve pisar somente sobre as nervuras, que são elementos estreitos.
- Trabalhando sob a forma de condomínio, com poucos recursos e poucos operários, seria desnecessário a obra andar em ritmo mais acelerado. Uma vez que os investidores não podem aplicar mensalmente uma quantidade maior de capital, trabalhar em ritmo mais acelerado pode fazer a mão-de-obra ficar ociosa em alguns dias por mês, pois o material não poderia ser adquirido em maior quantidade para dar continuidade aos trabalhos. Sabe-se que no final da obra, este sistema é mais caro, porém as parcelas são em maior número e menor valor, o que torna este sistema o ideal para o grupo.
- Tanto os engenheiros quanto a mão de obra estão adaptados a este sistema, portanto, estão fechados para mudanças neste sentido.

Os quatro outros edifícios, que estavam sendo executados em laje nervurada treliçada eram projetados e construídos por grupos diferentes de engenheiros. A finalidade de três deles era residencial, de alto padrão e de um deles era comercial. Os motivos pelos quais foi adotada esta modalidade construtiva seguem Ó

- Sendo dois edifícios residenciais de alto padrão e o edifício comercial um flat, a laje treliçada elimina a modulação (paredes), o que facilita a reorganização do espaço conforme as necessidades do proprietário.
- Como os edifícios em questão tem altura considerável, adotou-se a laje treliçada a fim de obter uma laje menos espessa.
- O trabalho segue mais rapidamente, o que era uma necessidade de todos os grupos.
- O preenchimento da laje é feito com EPS, o que dá melhores respostas com relação à conforto térmico e acústico para o edifício.

O outro edifício residencial executado em laje nervurada treliçada apresenta o diferencial da forma atex, e é também de alto padrão. As vantagens expostas pelo construtor e pelo projetista seguem Ó

- As fôrmas são locáveis e reutilizáveis, então, apresentam vantagens em relação a fôrmas de madeira, inclusive em termos ecológicos.
- A sua adoção torna a laje mais leve, tornando a estrutura mais econômica.
- É um método mais moderno, que elimina as deformações na laje, o que permite a aplicação da desempenadeira para obter nível zero na própria laje.

Entre as residências térreas e assobradadas, 100 % das execuções se deram em laje nervurada pré-moldada comum. Os motivos citados pelos construtores são Ó

- Proporciona maior economia com a eliminação da caixaria
- É um método menos trabalhoso do que a laje maciça, principalmente na fase de armação desta, e mais rápido de executar.

Entretanto, estas lajes diferenciavam-se quanto aos elementos de preenchimento nelas utilizados. Em quatro sobrados e uma casa, utilizou-se o EPS. Não por acaso, eram as construções de padrão mais elevado. As justificativas dos construtores são Ó

- O EPS incorpora menor peso próprio a laje, tornando a estrutura mais econômica
- Trata-se de uma solução mais econômica a longo prazo, uma vez que mesmo sendo o EPS um pouco mais caro do que a lajota cerâmica, ele proporcionara redução nos gastos com energia (graças ao seu excelente desempenho térmico)
- O EPS tem melhor desempenho acústico

Os outros dois sobrados e as quatro casas analisadas utilizavam como elemento de preenchimento a lajota cerâmica. Segundo os construtores, tal escolha levava em consideração o menor preço da lajota cerâmica em relação ao EPS.

## 5. RECOMENDAÇÕES E SUGESTÕES

A laje maciça caracteriza-se por ser um processo mais lento de se executar do que a laje nervurada. Muitas das construtoras que optam por este método construtivo têm receio de inovar, pois isso implicaria em treinamento ou renovação da mão de obra. Além disso, não oferece grandes riscos de queda de operários das lajes, posto que as fôrmas estão dispostas em toda a extensão. São dimensionadas para vãos ideais que variam de 5 à 8 metros.

A laje nervurada pré-moldada comum trabalha com vãos semelhantes aos da laje maciça. Em edifícios de até dois pavimentos, caracteriza-se em uma boa opção, uma vez que é um processo rápido de ser executado, e oferece sensível economia com as caixarias (se comparada com a laje maciça). É uma boa opção quando se trabalha com projetos simples (não muito arrojados), com vãos modestos e disposição bem definida de paredes.

A variação que pode-se observar diz respeito aos elementos de preenchimento. Em geral, utiliza-se lajotas cerâmicas ou blocos de EPS. As lajotas cerâmicas incorporam maior peso a laje, apesar de possuírem, na nossa região, o menor preço em relação aos blocos de EPS. Entretanto, os blocos de EPS têm desempenho superior quanto ao conforto térmico e acústico, o que torna esta opção mais inteligente e econômica, se levarmos em consideração a vida útil da edificação.

A laje nervurada treliçada trabalha com vãos superiores e com menores espessuras. Essa é a sua grande vantagem, além de eliminar as vigas e possibilitar a flexibilização do projeto. É uma excelente opção para edifícios de vários pavimentos, *lofts* e garagens.

A laje treliçada com forma atex é uma novidade na nossa região, sendo vantajosa por incorporar o mínimo de peso próprio a laje e proporcionar economia com caixaria uma vez que sua aplicação dispensa completamente o uso de fôrmas de madeira. Além disso elas são reutilizáveis e locáveis.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BORGES, Alberto de Campos. Prática das Pequenas Construções. 7<sup>a</sup> ed. São Paulo Ó Editora Edgard Blucher, 1979.

CHAVES, Roberto. Manual do Construtor. 17<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro Ó Ediouro, 1996.

FRANCA, Argemiro, et al., As Lajes Nervuradas Na Moderna Construção de Edifícios. 4<sup>a</sup> ed. São Paulo Ó Afala e Abrapex.

HANAI, João Bento de. Construções de Argamassa Armada Ó Fundamentos Tecnológicos Para Projeto e Execução. 5<sup>a</sup> ed. São Paulo Ó Pini editora.

PFEIL, Walter. Concreto Armado 1. 4<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro Ó Livros Técnicos e Científicos Editora, 1985.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, N 4. Cálculo e execução de lajes mistas. ABNT, Rio de Janeiro: 1993.