

UNIEVANGÉLICA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ARETUSA ALVES RIBEIRO

EXECUÇÃO DE LAJES PRÉ-FABRICADAS COM
NERVURAS PRÉ-MOLDADAS TRELIÇADA

ANÁPOLIS-GO

2015

ARETUSA ALVES RIBEIRO

**EXECUÇÃO DE LAJES PRÉ-FABRICADAS COM
NERVURAS PRÉ-MOLDADAS TRELIÇADA**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA**

ORIENTADORA: ANA LÚCIA CARRIJO ADORNO

ANÁPOLIS / GO: 2015

ARETUSA ALVES RIBEIRO

**EXECUÇÃO DE LAJES PRÉ-FABRICADAS COM
NERVURAS PRÉ-MOLDADAS TRELIÇADA**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHARELADO**

APROVADO POR:

**ANA LÚCIA CARRIJO ADORNO, Doutora (UniEvangélica)
(ORIENTADORA)**

**ROGÉRIO SANTOS CARDOSO, Mestre (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)**

**WILLIAM PEREIRA DOS SANTOS JÚNIOR, Mestre (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)**

DATA: ANÁPOLIS/GO, 23 / 11 / 2015.

Dedico este trabalho aos meus pais e a minha filha. Essa vitória não é só minha, é nossa!

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que permitiu que tudo isso acontecesse, ao longo da minha vida, e não somente nestes anos como universitária, mas que em todos os momentos é o maior mestre que alguém pode conhecer.

Agradeço a todos os professores por me proporcionar o conhecimento não apenas racional, mas a manifestação do caráter e afetividade da educação no processo de formação profissional, por tanto que se dedicaram a mim, não somente por terem me ensinado, mas por terem me feito aprender.

Ao minha orientadora Ana Lúcia Carrijo Adorno, pelo suporte no pouco tempo que lhe coube, pelas suas correções e incentivos.

Aos meus pais e minha filha, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, muito obrigada.

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1- Tipos usuais de treliças..... | 18 |
| Tabela 2- Dimensões padronizadas dos elementos de enchimento..... | 19 |
| Tabela 3- Alturas totais das lajes pré- fabricadas em função das alturas padronizadas dos elementos de enchimento..... | 20 |
| Tabela 4- Designação da altura padronizada da laje..... | 21 |
| Tabela 5 - Capa mínima resistente para as alturas totais padronizadas..... | 27 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1- Vigota de concreto protendido..... | 11 |
| Figura2 - Vigota treliçada..... | 11 |
| Figura3 -Vigota convencional T..... | 12 |
| Figura4 -Componentes de laje formada por nervuras pré-moldadas..... | 16 |
| Figura5-Seção da vigota com armadura em forma de treliça e perspectiva da armadura..... | 17 |
| Figura6 - Dimensões dos blocos cerâmicos..... | 20 |
| Figura7- Lajotas de EPS..... | 20 |
| Figura8 - Blocos cerâmico..... | 21 |
| Figura9 - Blocos de EPS..... | 23 |
| Figura 10 - Armadura complementar..... | 24 |
| Figura11 – Escoras de madeira..... | 26 |
| Figura12 - Capa de concreto..... | 27 |
| Figura 13 - Concretagem..... | 29 |
| Figura 14 - Treliças..... | 32 |
| Figura15 - Máquina de corte da ferragem adicional..... | 32 |
| Figura 16 - Fôrmas..... | 33 |
| Figura 17 - Concreto colocado nas fôrmas..... | 33 |
| Figura 18 - Concretagem da treliça..... | 34 |
| Figura19-Adensamento das treliças..... | 34 |
| Figura 20 -Retirada da treliça da fôrma..... | 35 |
| Figura21 - Treliça pronta para entrega..... | 35 |
| Figura 22 - Mesa vibratória par vigota convencional..... | 36 |
| Figura 23 - Vigota convencional..... | 36 |
| Figura24 - Montagem das vigotas e EPS..... | 37 |
| Figura 25 - Escoramentos..... | 38 |
| Figura26 - Passagem da rede elétrica..... | 38 |
| Figura27 - Armadura de distribuição adicionada na obra..... | 39 |
| Figura28-Concretagem da laje..... | 39 |
| Figura 29 - Adensamento..... | 40 |
| Figura 30 - capa da laje concretada..... | 40 |

RESUMO

Neste trabalho é apresentada a metodologia de fabricação de vigotas de treliças e a execução de lajes pré-moldadas com nervuras unidirecionais, que são um dos elementos construtivos mais utilizados em edificações. Por isso é preciso lidar com questões como: custo, a escolha do concreto, técnicas de cura e adensamento, lançamento do concreto, montagem, desperdício, qualidade, durabilidade, versatilidade, vantagens e desvantagens. Objetivo desse trabalho é apresentar as diretrizes de execução desse tipo de laje para que o profissional possa se familiarizar com a solução. Apresenta as recomendações da NBR 6118 (ABNT, 2014) que entrou em vigor recentemente. Cada dia aparece novas técnicas e materiais, expandindo novos sistemas de uso destas lajes, com presença significativa no mercado, que está se tornando uma opção de grande competitividade nas construções. Que este trabalho possa ajudar a aproveitar esse potencial do sistema estrutural de lajes com nervuras pré-fabricadas usando as normas em vigor.

Palavra chave: Lajes pré-moldadas. Vigotas treliçadas. lajes de treliças.

ABSTRACT

This paper presents the joist manufacturing methodology trusses and execution of precast slabs with unidirectional ribs, which are one of the most constructive elements used in buildings. So we have to deal with issues such as cost, the choice of concrete, healing techniques and density, the casting, assembly, waste, quality, durability, versatility, advantages and disadvantages. Objective of this paper is to present the implementing guidelines of this type of slab to which the trader can become familiar with the solution. It presents the recommendations of NBR 6118 (ABNT, 2014) which entered into force recently. Each day brings new techniques and materials, expanding the use of these new slabs systems, with a significant presence in the market which is becoming a highly competitive option in construction. That this work can help you make this potential of the structural system of slabs with prefabricated ribs using the standards.

Keyword: precast slabs. lattice beams. trusses slabs.

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 10 |
| 1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS | 10 |
| 1.2 CONTEXTO HISTÓRICO | 12 |
| 1.3 JUSTIFICATIVAS | 13 |
| 1.4 OBJETIVOS | 14 |
| 1.5 METODOLOGIA | 14 |
| 2 LAJES PRÉ-FABRICADAS COM NERVURAS PRÉ-MOLDADAS | 15 |
| 2.1 INTRODUÇÃO | 15 |
| 2.2 ARMADURA TRELIÇADA ELETROSSOLDADA | 17 |
| 2.3 MATERIAIS EMPREGADOS | 18 |
| 2.3.1 Material de enchimento | 18 |
| 2.3.2 Blocos de EPS | 22 |
| 2.3.3 Armadura complementar ou adicional | 23 |
| 2.3.4 Escoramentos | 25 |
| 2.3.5 Concreto | 26 |
| 2.3.6 Capa | 26 |
| 2.3.6.2 A cura do concreto | 29 |
| 2.4 VANTAGENS DOS SISTEMAS DE LAJES PRÉ-FABRICADAS | 30 |
| 2.5 DESVANTAGENS DOS SISTEMAS DE LAJES PRÉ-FABRICADAS | 31 |
| 3 PROCESSO DE PRODUÇÃO DAS VIGOTAS PRÉ-FABRICADA | 32 |
| 4 ACOMPANHAMENTO DA MONTAGEM DAS LAJES | 37 |
| 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS | 41 |
| REFERÊNCIAS | 42 |

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Lajes nervuradas são as lajes moldadas no local ou com nervuras pré-moldadas, cuja zona de tração para momentos positivos esteja localizada nas nervuras entre as quais pode ser colocado material inerte. As lajes com nervuras pré-moldadas devem atender adicionalmente às prescrições das Normas NBR 6118(ABNT,2014).

Destinam-se geralmente a receber as ações verticais aplicadas, como de pessoas, móveis, pisos, paredes e de outros mais variados tipos de carga que podem existir. As lajes existem em variados tipos, como maciças, nervuradas, lisas e pré-fabricadas.

As lajes maciças são aquelas com a espessura totalmente preenchida com concreto, sem vazios, contendo armaduras embutidas no concreto, e apoiadas ao longo de todo ou parte do perímetro.

Lajes-cogumelo são lajes apoiadas diretamente em pilares com capitéis, enquanto lajes lisas são apoiadas nos pilares sem capitéis (NBR 6118, ABNT, 2014). Capitel é o elemento resultante do aumento da espessura da laje na região adjacente ao pilar de apoio, com a finalidade de aumentar a capacidade resistente devido à alta concentração de tensões nessa região. Ambas as lajes são maciças, de concreto e aço sem vazios ou enchimentos, mas não se apoiam nas bordas, somente nos pilares.

Lajes nervuradas são as lajes moldadas no local ou com nervuras pré-moldadas, cuja zona de tração, para momentos positivos, está localizada nas nervuras, entre as quais pode ser colocado material inerte (NBR 6118,2014). As lajes com nervuras pré-moldadas são comumente chamadas pré-fabricadas, que são o objeto de estudo desse trabalho.

Existem também as lajes nervuradas moldadas no local, sem material de enchimento, construídas com moldes plásticos removíveis.

De acordo com a NBR 14859-1 (ABNT, 2002) as nervuras pré-moldadas das lajes pré-fabricadas são constituídas por concreto estrutural, executadas industrialmente fora do local de utilização definitivo da estrutura, ou mesmo em canteiros de obra, sob rigorosas condições de controle de qualidade. Englobam total ou parcialmente a armadura inferior de tração, integrando parcialmente a seção de concreto da nervura longitudinal. Podem ser dos tipos:

a) de concreto protendido (VP): com seção de concreto usualmente formando um “T” invertido(figura 1), com armadura ativa, pré-fabricadas com nervuras de concreto protendido (LP).

Figura 1- Vigotas de concreto protendido



Fonte: (www.ceramicakaspary.com.br)

b) treliçadas (VT): com seção de concreto formando uma placa, com armadura treliçada, parcialmente englobada pelo concreto da vigota. Quando necessário, deverá ser complementada com armadura passiva inferior de tração totalmente englobada pelo concreto da nervura; utilizadas para compor as lajes pré-fabricadas (LT).

Figura 2 - Vigotas treliçadas



Fonte: Próprio autor, 2015

c) de concreto armado (VC): com seção de concreto usualmente formando um T invertido, com armadura passiva totalmente englobada pelo concreto da vigota; utilizadas para compor as lajes pré-fabricadas (LC).

Figura 3 Vigota convencional “T”



Fonte: Próprio autor, 2015

1.2 CONTEXTO HISTÓRICO

Segundo Vasconcellos (2002), não se pode precisar a data em que começou a pré-moldagem. O próprio nascimento do concreto armado ocorreu com a pré-moldagem de elementos, fora do local de seu uso. Sendo assim, pode-se afirmar que a pré-moldagem começou com a invenção do concreto armado.

Conforme Ordonéz (1974), foi no período pós Segunda Guerra Mundial, principalmente na Europa, que começou, verdadeiramente, a história da pré-fabricação como “manifestação mais significativa da industrialização na construção”, e que a utilização intensiva do pré-fabricado em concreto deu-se em função da necessidade de se construir em grande escala.

Como o Brasil não sofreu devastações devido à Segunda Guerra Mundial, não sofreu as necessidades de construções em grande escala, como ocorrido na Europa. Desta forma, Vasconcelos (2002), afirma que a primeira grande obra onde se utilizou elementos pré-moldados no Brasil, refere-se ao hipódromo da Gávea, no Rio de Janeiro. A empresa construtora dinamarquesa Christiani-Nielsen, com sucursal no Brasil, executou em 1926 a obra completa do hipódromo, com diversas aplicações de elementos pré-moldados, dentre eles, pode-se citar as estacas nas fundações e as cercas no perímetro da área reservada ao hipódromo. Nesta obra o canteiro de pré-moldagem teve de ser minuciosamente planejado para não alongar demasiadamente o tempo de construção.

Segundo a Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Concretagem - ABESC, algumas empresas resolveram pesquisar tecnologias avançadas que trouxessem economia, velocidade e flexibilidade para a construção civil. Atualmente, verifica-se a introdução de diversos elementos pré-moldadas nas obras no Estado de São Paulo. É cada vez mais crescente a utilização em edifícios comerciais, residenciais, hotéis, flats e até em edifícios industriais. A diversidade das peças e a facilidade de montagem colaboram para que a produtividade, a segurança e a qualidade sejam as grandes qualidades deste sistema construtivo, (SERRA, FERREIRA, PIGOZZO,2005).

Com uma observação simples e objetiva pode-se comprovar a presença significativa das lajes pré-fabricadas nas construções. O seu uso tem aumentado e, em consequência disso, novas indústrias de treliças surgiram, como também muitas empresas informais. Entretanto, apareceram novas técnicas e materiais que constituem as lajes pré-fabricadas. Neste setor expandiram novos sistemas do uso destas lajes.

Atualmente as lajes pré-fabricadas está se tornando uma opção de grande competitividade nas construções. Com todo esse crescimento houve a necessidade de aumentar o conhecimento técnico sobre essas lajes, principalmente com relação às deformações, que podem atrapalhar as suas condições de serviço. Um dos maiores desafios é o de vencer vãos e suportar grandes cargas.

1.3 JUSTIFICATIVAS

Como as lajes são responsáveis por grande parcela do consumo de concreto, é conveniente o estudo dos critérios de escolha dos tipos de lajes a serem usadas, para ter as soluções corretas e mais econômicas. Cada vez mais as lajes pré-fabricadas estão sendo utilizadas nas construções.

Nesta monografia, é enfatizado as vantagens e o processo de execução das lajes pré-fabricadas de nervuras, que aliada as suas características geométricas, há grande redução significativa de fôrmas, redução do volume de concreto e armadura, economia de materiais e tempo de execução, menor consumo de aço e melhor produtividade, sendo cada vez mais utilizadas.

A opção por lajes planas pré-fabricadas com vigotas treliçadas, além de otimizar o projeto das estruturas, consiste numa eficiente proposta construtiva.

No capítulo 2 descreve todo material utilizado na composição da laje pré-fabricada.

No capítulo 3 foide destacado o processo de moldagem das vigotas de treliça na fábrica.

No capítulo 4 é mostrado a montagem da laje desde a nervuras até a cura desse tipo de laje.

1.4 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é trazer informações sobre a metodologia de execução de lajes pré-fabricadas, adquirindo conhecimentos do processo de execução da moldagem das vigotas na fábrica até a montagem da laje na obra, usando as normas em vigor e ferramentas disponíveis.

1.5 METODOLOGIA

Desenvolveu-se em pesquisas de monografias, artigos, normas e visitas em algumas fábricas de nervuras pré-moldadas bem como de obras que utilizaram estas nervuras para compor as lajes pré-fabricadas, para acompanhamento da montagem deste tipo de laje.

2 LAJES PRÉ-FABRICADAS COM NERVURAS PRÉ-MOLDADAS

2.1 INTRODUÇÃO

As lajes maciças apresentam um melhor comportamento estrutural, pois além de trabalhar nas duas direções distribuindo melhor os carregamentos nas vigas de contorno, tem menores deslocamentos. Entretanto, a utilização em grandes vãos leva à adoção de espessuras elevadas, o que aumenta o peso próprio e a torna antieconômica, pois grande parte de sua capacidade resistente é consumida para resistir aos esforços devido ao peso próprio (MAGALHÃES, 2001; BUIATE, 2004).

Para aumentar a produtividade e reduzir custos passou-se a utilizar nervuras pré-moldadas, compostas geralmente por trilhos ou treliças, nas edificações de pequeno e médio porte, ao invés de outras tipologias como a laje maciça (CARVALHO & FIGUEIREDO FILHO, 2004).

O termo pré-fabricação no campo da construção civil possui o seguinte significado: “fabricação de certo elemento antes do seu posicionamento final na obra” (REVEL, 1973).

Segundo REVEL (1973), a pré-fabricação em seu sentido mais geral se aplica a toda fabricação de elementos de construção civil em indústrias, a partir de matérias primas e semi-produtos cuidadosamente escolhidos e utilizados, sendo em seguida estes elementos transportados à obra onde ocorre a montagem da edificação.

As lajes pré-fabricadas são compostas por vigas ou vigotas de concreto e blocos conhecidos como lajotas. Lajotas e vigotas são montadas intercaladas formando a laje, que é unido por uma camada de concreto colocada sobre as peças, cuja função é garantir a distribuição dos esforços atuantes e aumentar sua resistência à flexão.

Segundo a NBR 14862 (ABNT, 2002), outro tipo conhecido é a vigota treliçada, que utiliza ferros soldados entre si formando uma treliça. Esse tipo de laje pode vencer vãos de até 12 metros entre apoios. A vigota de treliças é composta por uma camada de concreto que contorna parcial ou total a armadura treliçada.

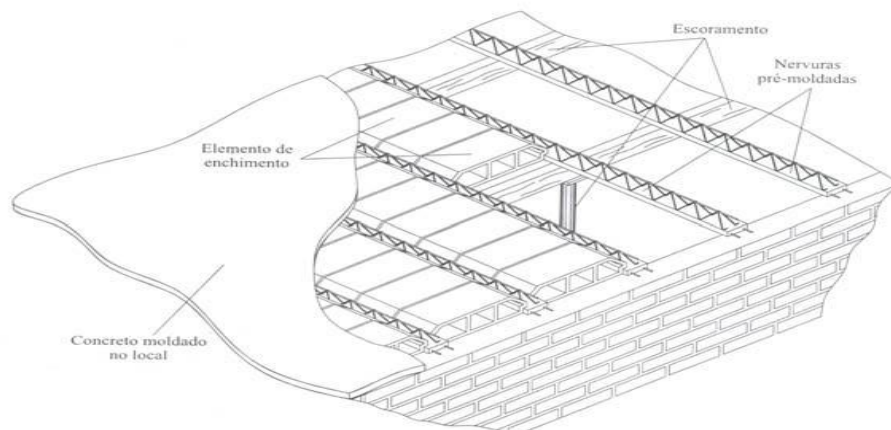
A execução das lajes pré-fabricadas é muito rápida e fácil, mas o fabricante deve fornecer o projeto completo da laje, instruções de montagem, espessura da capa de concreto e os demais cuidados que devem ser seguidos. Esse tipo de laje é indicado tanto para obras residenciais como comerciais.

De acordo com a NBR 14859-1 (ABNT 2002), sistema treliçado são vigotas de concreto armado com base nominal de 3 cm x 12 cm em concreto que sustenta uma treliça metálica formada por barras no banzo inferior, uma barra no banzo superior e duas transversais.

O que vai determinar todas as possibilidades de carregamentos e aplicações deste tipo de laje é: bitolas e dimensões desta armadura, enchimento e armadura adicional, espaçamento das vigotas. Por isso, é preciso lidar com questões como: custo, retorno do capital investido, escolha de produtos e serviços, desperdícios, qualidade e durabilidade das estruturas, versatilidade, flexibilidade de utilização entre outras, (Revista técnica n.68 novembro de 2002).

Todas estas questões, levam a analisar e questionar os modelos para um melhor resultado. A princípio a laje de treliça tem o mesmo funcionamento estrutural de uma laje convencional, por isso, vem se tornando viável cada vez mais em grandes edificações (figura 4).

Figura 4 – Componentes de laje formada por nervuras pré-moldadas



Fonte: Carvalho, 2005

Com o aumento de pesquisas sobre o tema, ainda não se tem uma sistematização capaz de proporcionar aos projetistas sem experiência, desenvolver todo potencial dessa estrutura como: dificuldades no cálculo de flechas no estado limite de deformação excessiva.

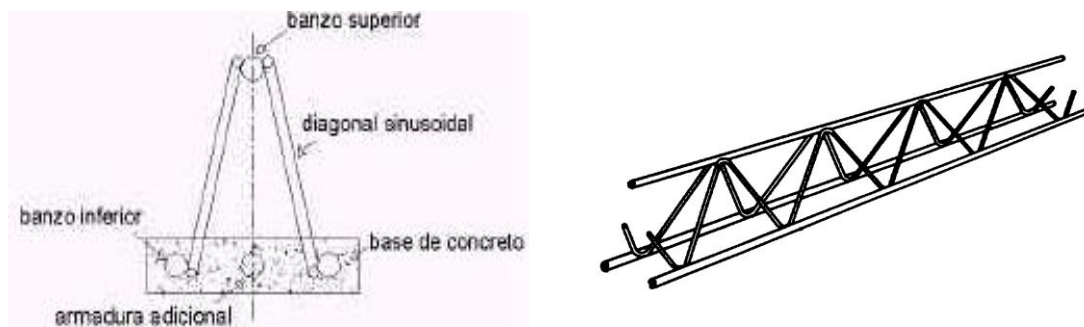
Assim, mostrando que para situações simples e pequenos vãos e alturas de lajes o cálculo pode ser feito simples e com ferramentas usuais (até cálculo manual).

2.2 ARMADURA TRELIÇADA ELETROSSOLDADA

O objetivo da NBR 14862 (ABNT 2002) é fixar os requisitos para especificação, fabricação, fornecimento e recebimento das armaduras treliçadaseletrossoldadas.

Na norma, a definição para armadura treliçada é a armadura de aço pronta, pré-fabricada, em forma de estrutura espacial prismática, constituída por dois fios paralelos na base (banzo inferior) e um fio de aço no topo (banzo superior), interligados por eletrofusão aos dois fios de aço diagonais (sinusóides), com espaçamento regular.

Figura 5 Seção da vigota com armadura em forma de treliça e perspectiva da armadura treliçada



Fonte: Droppa Júnior, 1999

Como requisitos da norma o aço utilizado deve respeitar a NBR 7480 (ABNT, 1996), sendo permitida a utilização dos diâmetros nela especificados, podendo ser liso, talhado ou nervurado.

De acordo com a NBR 7480 (ABNT, 1996) só é permitido solda por eletrofusão, não são permitidos outros tipos de soldas ou junções, executadas na obra ou fora dela. A resistência da solda deverá ser controlada por ensaios específicos. Os comprimentos são padronizados de 8, 10 e 12m, com altura variando de 80 à 250mm. A armação da treliça (TR) pode ser classificada mediante um código, correspondendo a bitola da armadura do banzo superior (BS), das diagonais (D) e do banzo inferior (BI), (tabela 1).

Tabela 1- Tipos usuais de treliças

| Código TR(H)(BS) (D)(BI) | Altura H(cm) | Diâmetro (mm) | | |
|--------------------------------|-----------------|---------------|-----|-----|
| | | BS | D | BI |
| TR08634 | 8 | 6 | 3,4 | 4,2 |
| TR12645 | 12 | 6 | 4,2 | 5,0 |
| TR16746 | 16 | 7 | 4,2 | 6,0 |
| TR20756 | 20 | 7 | 5,0 | 6,0 |
| TR25856 | 25 | 8 | 5,0 | 6,0 |

Fonte: NBR14862 (ABNT, 2002)

As condições de fornecimento das armaduras podem ser entregues em peças, amarrados ou em feixes.

Cada fabricante deve fornecer, quando solicitado, tabelas para as armaduras treliçadas padronizadas de sua fabricação normal, obedecendo a NBR 14862 (ABNT, 2002), que deve conter as seguintes indicações: nome do fabricante, tipo de aço, designação da armadura treliçada, área e diâmetros das seções dos fios dos banzos superior e inferior, altura e comprimento da treliça, espaçamento entre os nós, massa nominal por unidade de comprimento em kg/m. As armaduras não padronizadas devem ser objeto de acordo prévio e expresso entre fornecedor e comprador.

2.3 MATERIAIS EMPREGADOS

Os elementos que fazem parte de uma laje pré-fabricada são os seguintes:

- a) a peça pré-moldada (já descrito anteriormente);
- b) concreto lançado in-loco, para aderência com as nervuras e confecção da capa;
- c) material de enchimento inerte;
- d) armadura complementar.

Serão descritas as características desses materiais utilizados na confecção dessas lajes.

2.3.1 Material de enchimento

De acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014) elementos de enchimento são componentes pré-fabricados com materiais inertes diversos, sendo maciços ou vazados,

intercalados entre as vigotas em geral, com a função de reduzir o volume de concreto, peso próprio da laje e servir como fôrma para o concreto complementar.

O material de enchimento deve ter a resistência característica à carga mínima de ruptura de 1,0 kN, ou seja, o suficiente para suportar esforços de trabalho durante a montagem e concretagem da laje. Para enchimento com 7,0 cm e 8,0 cm de altura, a resistência característica para suportar a carga mínima de ruptura de 0,7 KN NBR 6118 (ABNT, 2014).

A face inferior deve ser plana e nas laterais apresentar abas de encaixe para apoio nas vigotas e isentas de quebras e trincas, para que não comprometa o seu desempenho ou fuga do concreto complementar (capas e nervuras).

São considerados como colaborantes nos cálculos de resistência e rigidez da laje. Devem ter dimensões padronizadas, descritas na Tabela 2.

Tabela 2 Dimensões padronizadas dos elementos de enchimento

| | | |
|-----------------------------|--|----------|
| Altura (h) nominal (cm) | 7,0(mínima); 8,0; 9,5; 11,5; 15,5; 19,5; 23,5; 28,5(cm) | |
| Largura(b) nominal (cm) | 25,0(mínima); 30,0; 32,0; 37,0; 39,0; 40,0; 47,0; 50, (cm) | |
| Comprimento(c) nominal (cm) | 20,0(mínimo); 25 (cm) | |
| Abas de encaixe | a | 3,0 (cm) |
| | ah | 1,5 (cm) |

Fonte: NBR14859-1(ABNT, 2002)

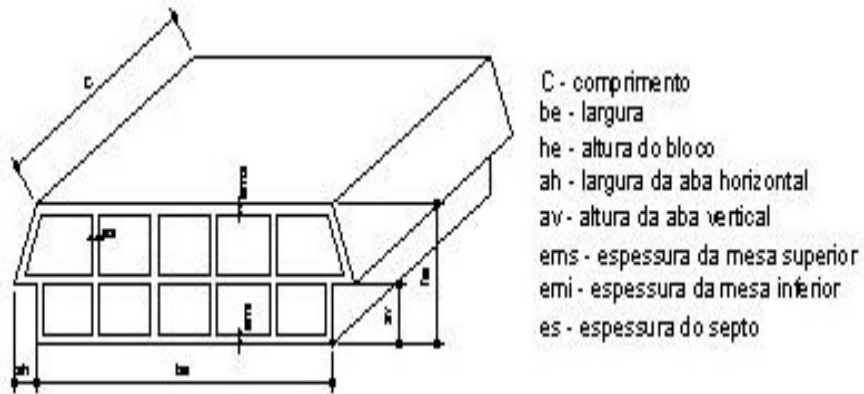
Outro detalhe a observar é em relação a segurança: os blocos cerâmicos são materiais de ruptura frágil, já o EPS são materiais que apresentam ruptura dúctil.

O material de enchimento não é considerado um material estrutural no concreto da laje. A princípio, qualquer produto inerte pode ser utilizado para essa função. Apesar de não ser necessário para a resistência da laje, uma boa qualidade deste material é importante para a segurança durante a fase de montagem e moldagem da laje, pois os blocos de enchimento são responsáveis por transferir o peso do concreto ainda fresco, às vigotas que se apoiam sobre as linhas de escora,(FLÓRIO,2004).

Por muito tempo o material de enchimento mais utilizado foi a lajota cerâmica, Figura 6, já hoje em dia o uso do EPS, Figura 7, está se popularizando devido ao baixo peso e a facilidade de recorte.

Em função das alturas padronizadas dos elementos de enchimento as alturas totais das lajes pré-fabricadas estão prescritas na Tabela 3.

Figura 6- Dimensões dos blocos cerâmicos



Fonte: NBR 14859-1 (ABNT, 2002)

Figura 7- Lajotas de EPS



Fonte: <http://www.sao-paulo.all.biz/lajotas-de-isoporeps.com.br>

Tabela 3- Alturas totais das lajes pré-fabricadas em função das alturas padronizadas do elemento de enchimento

| Altura do elemento de enchimento (h) cm | Altura total da laje cm |
|---|-------------------------|
| 7,0 | 10,0; 11,0; 12,0 |
| 8,0 | 11,0; 12,0; 13,0 |
| 10,0 | 14,0; 15,0 |
| 12,0 | 16,0; 17,0 |
| 16,0 | 20,0; 21,0 |
| 20,0 | 24,0; 25,0 |
| 24,0 | 29,0; 30,0 |
| 29,0 | 34,0; 35,0 |

Fonte: NBR14859-1 (ABNT, 2002)

Na NBR 14859-1(ABNT, 2002) no item 4.1.3, a designação da altura padronizada da laje deve ser composta por sua sigla (LC, LP, LT), seguida da altura total (h), da altura do elemento de enchimento (he), seguida do símbolo “+” e da altura da capa (hc), sendo que todos os valores são expressos em centímetros, conforme tabela 4.

Tabela 4 – Designação da altura padronizada da laje

| Genérico | Exemplos |
|--------------|--------------|
| LC (he + hc) | LC 11 (7+4) |
| LP (he +hc) | LP 12 (8+4) |
| LT (he +hc) | LT 30 (24+6) |

Fonte: NBR 14859-1 (ABNT, 2002)

2.3.1.1 Blocos cerâmicos

Os blocos de cerâmica podem ser utilizados como material de enchimento na construção tanto de lajes nervuradas armadas em uma, quanto em duas direções (figura 8). Porém, neste segundo caso, a fim de diminuir o consumo de concreto, se faz necessário tapar os furos dos tijolos para impedir sua penetração durante a concretagem da laje, (SILVA VIEIRA; SILVA TAVARES,2010) .

Figura 8 - Blocos cerâmicos



Fonte: Próprio Autor, 2015

Outro cuidado que se deve tomar é que os blocos cerâmicos apresentem o mínimo de resistência necessária para que não quebrem durante o transporte até o local em que serão utilizados para que suporte o peso das pessoas e equipamentos que irão trafegar sobre os mesmos durante as etapas da sua colocação e durante a concretagem da laje, (SILVA, 2005).

Suas principais vantagens são:

- Apresentam facilidade de aquisição, com um baixo custo;

- Facilidade de execução;
- Melhores isolantes térmicos que a laje convencional;

Apresentam também algumas desvantagens, como:

- Apresentam peso específico elevado para um simples material de enchimento;
- Absorvem água com facilidade, por isso devem ser molhados bastante e constantemente durante a concretagem da laje, a fim de que não absorvam a água de amassamento do concreto;
 - São produzidos com poucas opções de dimensões e não permitem que sejam cortados, pois se quebrariam;
 - É um material pesado no transporte vertical e horizontal comparado com outros materiais de enchimento;
 - Precisa de um local apropriado para o armazenamento dos blocos cerâmicos.

2.3.2 Blocos de EPS

EPS é a sigla internacional do Poliestireno Expandido, de acordo com a definição da norma DIN ISO-1043/78. O material foi descoberto em 1949 pelos químicos Fritz Stastny e Karl Buchholz, quando trabalhavam nos laboratórios da Basf, na Alemanha. No Brasil, é mais conhecido como “Isopor ®”, marca registrada da Knauf que designa, comercialmente, os produtos de poliestireno expandido vendidos por esta empresa, (HOSHINO,PEREIRA,CARDOSO,2013).

O EPS é um plástico celular rígido, derivado do petróleo, não é biodegradável, mas é reciclável, podendo ser facilmente reutilizado. O EPS , geralmente, utilizado na fabricação de lajes. Por ser um ótimo isolante térmico e ser leve, esse emprego, é cada vez mais utilizado pelas construtoras (figura 9).

Figura 9- Blocos de EPS



Fonte: próprio autor, 2015

Ao longo dos anos, tem se estabelecido uma maior frequência no uso de EPS na construção civil, são várias as vantagens apresentadas por ele, como por exemplo; baixa condutividade térmica, leveza, resistência mecânica, baixa absorção de água, facilidade de manuseio, resistência ao envelhecimento, absorção de choque (SANTOS,2005).

2.3.3 Armadura complementar ou adicional

Um dos pontos mais importantes de um projeto de um elemento estrutural de concreto armado é o detalhamento das armaduras necessárias, e para que seja efetuado corretamente deve-se atender uma série de recomendações prescritas pelas normas vigentes.

De acordo com a NBR 14859-1 (ABNT, 2002), armadura complementar é a armadura adicionada na obra, quando dimensionada e disposta de acordo com o projeto da laje. Que pode ser:

- Longitudinal: armadura admissível apenas em lajes treliçadas, quando da impossibilidade de integrar na vigota treliçada toda a armadura passiva inferior de tração necessária;
- Transversal: armadura que compõe as armaduras das nervuras transversais;
- Distribuição: armadura posicionada na capa nas direções transversal e longitudinal, quando necessárias, para as distribuições das tensões oriundas de cargas concentradas e para o controle de fissuração;
- Superior de tração: armadura dispostas, sobre os apoios nas extremidades das vigotas, no mesmo alinhamento das nervuras longitudinais e posicionada na capa. Proporciona a continuidade das nervuras longitudinais com o restante da estrutura, o combate à fissuração e a resistência ao momento fletor negativo.

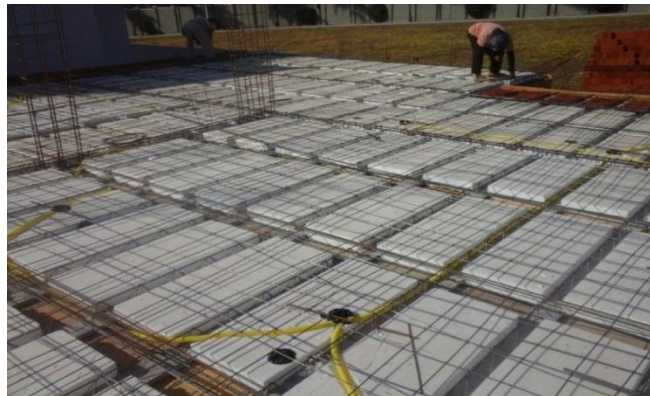
- Outras: armaduras especificadas caso a caso, utilizadas para atender as necessidades particulares de cada projeto.

A NBR 6118 (ABNT, 1980) recomendava, para lajes nervuradas moldadas in loco, a colocação de uma nervura de travamento para vãos de 4,0 m, e para vãos de 6,0 m a colocação de duas nervuras de travamento. A atual versão da norma não faz qualquer menção sobre a utilização de nervuras de travamento.

Com a utilização das nervuras de travamento há um aumento na rigidez do sistema, como resalta Droppa Jr. (1999), e no caso de cargas concentradas (parede de alvenaria), geralmente próximas do meio do vão, elas desempenham um papel fundamental na redução dos deslocamentos relativos entre nervuras vizinhas (figura 10).

Na capa de concreto da laje pré-moldada, é colocada uma armadura denominada armadura de distribuição. Ela tem por objetivo promover um comportamento conjunto mais efetivo da laje com a estrutura; reduzir os efeitos da retração diferencial entre o concreto moldado no local e o concreto pré-moldado; reduzir a abertura de fissuras, devida à retração e aos efeitos térmicos; propiciar melhor distribuição transversal de cargas localizadas e propiciar um comportamento mais efetivo de diafragma, na transferência de ações horizontais. (DROPPA JÚNIOR, 1999).

Figura 10- Armadura complementar



Fonte: o próprio autor, 2015

Quando a utilização de vigotas pré-fabricadas do tipo treliça, a armadura de distribuição deve ser amarrada no banzo superior da treliça, para impedir que ela saia da posição durante a concretagem. A armadura negativa, dispostas transversalmente as vigotas, deve ser colocadas após a armadura de distribuição apoiada e amarrada na mesma por meio de arame (SILVA, 2005).

2.3.4 Escoramentos

De acordo com a NBR 14859-1 (ABNT, 2002), escoramento (cimbramento), é uma estrutura provisória, destinada a auxiliar as vigotas pré-fabricadas a suportar a carga de trabalho durante a montagem da laje e durante o período de cura do concreto complementar lançado na obra ver figura 11.

Antes do lançamento do concreto devem ser devidamente conferidas às posições e condições estruturais do escoramento, a fim de assegurar que as dimensões e posições das fôrmas sejam mantidas de acordo com o projeto e permitir o tráfego de pessoal e equipamento necessários à operação de concretagem com segurança (NBR 14931, ABNT, 2004).

As escoras, também chamadas pontaletes, devem ser capazes de resistir aos esforços verticais devidos ao peso próprio da laje concentrada, além da carga adicional devido às movimentações durante a concretagem. Devem também ser contraventadas nas duas direções, de modo que possam resistir aos esforços horizontais introduzidos durante a concretagem (AVILLA JUNIOR, 2009).

Deve ser feito o nivelamento e o acerto do piso (base) que serve de apoio para as escoras. O escoramento pode ser em estrutura de madeira ou metálica, sendo madeira o de uso mais frequente, atualmente na construção de edificações de médio e pequeno porte (SILVA, 2005).

A NBR 14859-1(ABNT, 2002) diz que o espaçamento entre linhas de escoramento deve ser determinado no projeto de execução da laje, considerando o tipo de vigota e as cargas na fase de montagem e concretagem.

De acordo com Silva (2005), a retirada do escoramento deve seguir o funcionamento estrutural do painel da laje. Assim, nos painéis em que as vigotas pré-fabricadas trabalham simplesmente apoiadas deve-se retirar as escoras do centro para as extremidades das vigotas, e nas lajes em balanço da extremidade das vigotas para os seus apoios.

Nos edifícios de múltiplos pavimentos o mesmo autor, recomenda retirar o escoramento da laje depois e terminada a montagem da cobertura (telhado), não ocorrendo antes de pelo menos quatorze dias contados após a concretagem da laje.

Figura 11- Escoras de madeiras



Fonte: próprio autor, 2015

2.3.5 Concreto

Segundo Flório (2004), o concreto por muito tempo tinha como único parâmetro sua resistência característica. Atualmente, devido a preocupação maior com a durabilidade e funcionalidade da estrutura, passou-se a se preocupar com outros parâmetros do concreto como o seu módulo de elasticidade, E_c ; seu índice de vazios e outros, pois na realidade o f_{ck} pode ser apenas um indicativo. Segundo a norma NBR 14859-1 (ABNT, 2002), o concreto que compõe as vigotas pré- moldadas e o concreto complementar devem atender as especificações das NBR 6118 (ABNT, 2014), NBR 8953 (ABNT, 1992), NBR 12654 (ABNT, 1992), NBR 12655 (ABNT, 1996). A resistência característica a compressão será a especificada pelo projeto estrutural, sendo exigida no mínimo classe C20 (20MPa), aos 28 dias.

2.3.6 Capa

Conforme prescrito na NBR 14859-1(ABNT, 2002), a capa deve ser considerada como parte resistente se sua espessura for no mínimo igual a 3,0 cm ver figura 12. No caso da existência de tubulações, a espessura mínima da capa de compressão, acima destas, deve ser

de no mínimo 2,0cm, complementada quando necessária com armadura adequada à perda da seção resistente, observados os limites estabelecidos na tabela 5.

Tabela 5 - Capa mínima resistente para as alturas totais padronizadas (cm)

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Altura total da laje | 10,0 | 11,0 | 12,0 | 13,0 | 14,0 | 16,0 | 17,0 | 20,0 | 21,0 | 24,0 | 25,0 | 29,0 | 30,0 | 34,0 |
| Espessura mínima da capa resistente | 3,0 | 3,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 |

Fonte: NBR 14859-1(ABNT, 2002)

Figura 12 - Capa de concreto



Fonte: Próprio Autor, 2015

2.3.6.1 Concretagem

Esta fase de execução da laje é de suma importância, dela dependerá em grande parte a qualidade da laje acabada. O concreto colocado na obra, além do acabamento final terá importância fundamental na sustentação da estrutura.

É preciso lembrar que para ser considerada parte resistente da capa de concreto não pode ser inferior a 3 cm, NBR 14859-1(ABNT, 2002).

Antes da concretagem da laje é importante fazer a limpeza, removendo todo material, como pedaços de EPS, lajotas e outros. Imediatamente antes da concretagem cujo material de enchimento da laje seja a cerâmica deve ser umedecida todas as peças. (AVILLA JÚNIOR, 2009).

A capa de concreto deve ser feita tomando alguns cuidados que podem ser agrupados em três aspectos fundamentais: em tratamento da interface, adensamento e cura. O processo de adensamento de uma peça de concreto consiste principalmente na eliminação do ar aprisionado nessa peça. Nos métodos mais modernos usa-se a vibração, onde as partículas são momentaneamente separadas, possibilitando seu agrupamento em uma massa compacta(FLÓRIO, 2004).

De acordo com Flório (2004), a vibração do concreto, dependendo da consistência e tipo de peça, pode ser: superficial, interna, externa e mesas vibratórias.

A modalidade mais utilizada na construção civil, segundo Flório (2004), é a vibração interna, podendo ser utilizada na maior parte das peças de concreto. Na vibração interna o aparelho vibrador trabalha mergulhado no concreto (também chamado de vibrador de imersão), cabendo ao operador mudar sua posição, retirando e introduzindo a agulha com a devida atenção (figura 13).

De acordo com a NBR 14931(ABNT, 2004) devem ser tomados os seguintes cuidados durante o adensamento com vibradores de imersão:

- preferencialmente aplicar o vibrador na posição vertical;
- vibrar o maior número possível de pontos ao longo do elemento estrutural;
- retirar o vibrador lentamente, mantendo-o sempre ligado, a fim de que a cavidade formada pela agulha se feche novamente;
- não permitir que o vibrador entre em contato com a parede da fôrma, para evitar a formação de bolhas de ar na superfície da peça, mas promover um adensamento uniforme e adequado de toda a massa de concreto, observando cantos e arestas, de maneira que não se formem vazios;
- mudar o vibrador de posição quando a superfície apresentar-se brilhante.

Peixoto (2002) mostra que a prática de vibração por imersão em lajes pré-fabricadas, além de mostrar viável, melhorou as características de rigidez de protótipos quando comparados a de vibração manual.

Figura 13 – Concretagem



Fonte: Próprio autor, 2015

São inúmeras as vantagens de compactar o concreto fresco por vibração: redução da quantidade de cimento, utilizando-se misturas mais secas; melhor aderência entre juntas de construção; melhor aderência com as ferragens e armaduras, principalmente quando os espaços forem reduzidos; melhor densidade, homogeneidade e impermeabilidade; maior resistência à compressão; qualidade superior nas superfícies de concreto aparente; maior durabilidade.(FLÓRIO, 2004).

2.3.6.2A cura do concreto

A cura é uma série de procedimentos adotados para controlar a hidratação do cimento, para que o concreto endureça corretamente e as estruturas apresentem, após o processo completo, o desempenho esperado. Uma das principais funções da cura é evitar que o concreto perca água para o ambiente e retraia abruptamente, o que acarreta o surgimento de fissuras (SZEREMETA, SILVA,2013).

Enquanto não atingir endurecimento satisfatório, o concreto deve ser curado e protegido contra agentes prejudiciais para: evitar a perda de água pela superfície exposta; assegurar uma superfície com resistência adequada; assegurar a formação de uma capa superficial durável (NBR14931, ABNT, 2004).

Mehta e Monteiro (2008) definem a cura do concreto como o procedimento destinado a promover a hidratação do cimento, consistindo no controle do tempo, temperatura e condições de umidade, logo após o lançamento do concreto.ConformeFlório (2004) a cura

do concreto se inicia tão logo seja adensado, porém sua intensidade e duração dependem fundamentalmente das condições ambientais e tipo de cimento.

Para a cura, deve-se molhar continuamente a superfície do concreto logo após o endurecimento do mesmo, durante pelo menos os primeiros 7 dias. A laje deve ser molhada levemente com auxílio de regador ou mangueira, promovendo uma ação que garanta água suficiente para que todo processo de reação química do cimento se complete, para evitar que fissuras apareçam e perca resistência em até 30%.

2.4 VANTAGENS DOS SISTEMAS DE LAJES PRÉ-FABRICADAS

É importante cada vez mais divulgar a potencialidade do uso atual dos pré-fabricados de concreto armado. Eles fornecem diversas oportunidades arquitetônicas e inúmeras outras vantagens, que fazem dos pré-fabricados um sistema construtivo extremamente competitivo e muito utilizado no exterior (SERRA, FERREIRA, PIGOZZO, 2005).

Em comparação com os sistemas de lajes maciças e lajes nervuradas, as pré-moldadas apresentam principalmente para edificações de pequeno porte, diversas vantagens, que segundo Flório (2004) são as seguintes:

- Facilidade de execução: as lajes pré-moldadas são de fácil manuseio e montagem, permitindo serem executadas mesmo por operários pouco preparados, e se bem dimensionadas e executadas, comportam-se adequadamente e com segurança;
- Versatilidade: possibilitam uma variedade de aplicações, como edifícios de apartamentos, edifícios comerciais e escolares, galpões, residências;
- Diminuição de escoramentos e eliminação de fôrmas: a quantidade de escoras necessária para sua execução é menor do que seria em lajes maciças similares. Os blocos de enchimento com dimensões apropriadas se apoiam sobre as nervuras, dispensando o uso das tradicionais fôrmas de madeira;
- Redução de custos da estrutura: nesse sistema acarreta uma pequena perda de materiais. O sistema pode apresentar menor volume de concreto e armaduras, o que representa uma significativa redução do peso próprio da laje, de modo que as suas vigas de sustentação podem ter dimensões menores, bem como os pilares e mesmo as fundações.

2.5 DESVANTAGENS DOS SISTEMAS DE LAJES PRÉ-FABRICADAS

O processo de produção dos sistemas de lajes nervuradas, embora conserve as características principais do sistema original, tornou-se industrializado. Trata-se da industrialização do sistema de lajes lisas nervuradas moldadas no local com utilização de elementos de enchimento inertes, que elimina quase todas as desvantagens (ÁVILA JÚNIOR, 2009).

Para Flório (2004), como principais desvantagens apresentadas pelos sistemas de lajes com vigotas pré-moldadas, podem ser destacadas a dificuldade na execução das instalações prediais nas lajes com nervuras tipo trilho, os valores dos deslocamentos transversais, que são bem maiores que os apresentados pelas lajes maciças e o carregamento apenas em uma direção, no caso de unidirecional, nas vigas de contorno.

3 PROCESSO DE PRODUÇÃO DAS VIGOTAS PRÉ-FABRICADA

Visita técnica a fábrica de Lajes R. no ano de 2015, situada na Av. Pedro Ludovico, Anápolis-Go. Já está no mercado de fabricação de lajes convencionais e treliçadas desde o ano 1994. Com uma área de 1500 m², com 10 funcionários distribuídos na produção das vigotas pré-fabricadas

A treliça é fabricada na indústria da Belgo Mineira ver figura 14, onde chega pronta para ser moldada, com 12 ou 15 metros de comprimento, a altura pode variar entre 8 e 25 cm de acordo com a NBR 14859-1 (ABNT, 2014).

Figura 14 – Treliças



Fonte: Próprio autor, 2015

As treliças antes de ser moldadas são cortadas de acordo com o comprimento especificado no projeto, como também toda ferragem adicionada na concretagem complementar das vigotas pré-fabricadas para a formação das nervuras longitudinal, com a bitola do aço descrita no projeto (figura 15).

Figura 15 – Máquina de corte da ferragem adicional



Fonte: Próprio Autor, 2015

Na figura 16 a ferragem é colocada na fôrma que tem uma largura 12 cm e altura de 3 cm, chapa de espessura de 0,3 cm e comprimento de 12 a 15 metros. As fôrmas são untadas com óleo para facilitar a retirada da vigota.

Figura 16 – Fôrmas



Fonte: Próprio Autor, 2015

Concreto rodado na betoneira com o traço de 50 kg de cimento, 105 litros areia (pedrisco), 105 litros de brita 0. Colocado nas fôrmas é sarrafeado nas fôrmas com a ferragem para tirar o excesso (figura 17).

Figura 17 – Concreto colocado nas fôrmas



Fonte: Próprio autor, 2015

Depois do concreto na fôrma coloca-se a treliça pressionando-a contra o concreto, com atenção para ficar centralizada (figura 18).

Figura 18 – Concretagem da treliça



Fonte: Próprio autor, 2015

Na figura 19 depois de colocada a treliça na fôrma é feito a adensamento manual.

Figura 19 – Adensamento das treliças



Fonte: Próprio autor, 2015

Na figura 20 depois de 24 horas, a treliça é retirada da fôrma, que é feita por dois funcionários, tomando todo cuidado na retirada para não ocorrer trincas e levada para o pátio onde é feita a cura.

Figura 20 – Retirada da treliça da fôrma



Fonte: Próprio autor, 2015

Treliça no pátio pronta para ser entregue ao cliente, o transporte é feito por caminhão ver figura 21.

Figura 21 – Treliça pronta para entrega



Fonte: Próprio autor, 2015

Na figura 22 está sendo moldada a vigota convencional na mesa vibratória que serve para fazer o adensamento, mesmo traço de concreto utilizado nas treliças.

Figura 22 – Mesa vibratória para vigota convencional



Fonte: Próprio autor, 2015

Vigota convencional já retirada da fôrma, pronta para cura ver figura 23.

Figura 23 – Vigota convencional



Fonte: Próprio autor, 2015

4 ACOMPANHAMENTO DA MONTAGEM DAS LAJES

Obra situada na cidade de Anápolis, no condomínio Vale dos Pássaros, área do terreno 420m², área construída 270,06 m², sendo acompanhada a montagem da laje com vigota de treliça.

Na figura 24 depois de todas as vigas já estarem prontas para concretar, coloca-se a vigota de treliça encaixando a armadura adicionada na vigota na armação da viga. A extremidade da laje foi preenchida com o EPS . A vigota que foi utilizada na laje de piso foi a TR12642 e na laje de forro a TR08642.

Figura 24 – Montagem das vigotas e EPS



Fonte: Próprio autor, 2015

Na figura 25 depois da laje já montada é feito o escoramento para suportar a carga de trabalho durante a montagem da laje e o período de cura do concreto. Foi feito o nivelamento do piso, as escoras utilizadas foram de madeira, o espaçamento entre a linha das escoras foi de 1,0 metro.

Figura 25 – Escoramento



Fonte: Próprio autor, 2015

Depois de colocada todas as vigotas, material de enchimento (EPS), escoramentos é feito toda parte elétrica com os conduítes e caixas de passagens, ver figura 26.

Figura 26 – Passagem da rede elétrica



Fonte: Próprio autor, 2015

A armadura de distribuição é colocada na capa de concreto nas duas direções transversal e longitudinal, que serve para distribuições de tensões de cargas concentradas e controle de fissuração. Toda armadura foi amarrada no banzo superior da treliça, para que ela não saia do lugar durante a concretagem (figura 27).

Figura 27 – Armadura de distribuição adicionada na obra



Fonte: Próprio autor, 2015

Na figura28 o concreto especificado em projeto com 20 Mpa, foi lançado com cuidado com a altura do jato para não ocorrer a quebra do material de enchimento (EPS). O sentido da concretagem foi feito no sentido das vigotas. O concreto da capa é lançado sobre todos os componentes (vigotas, material de enchimento, armaduras e vigas), tornando uma só peça. Na concretagem foi necessário cuidado especial devido à aplicação de contra flecha nas lajes para ter a altura de 5 cm.

Figura 28 – Concretagem da laje



Fonte: Próprio autor, 2015

Na figura 29 foi feito o adensamento com vibrador de imersão tipo agulha que trabalha mergulhado no concreto, para ficar mais uniforme, tomando devidas precauções na sua utilização como aplicar o vibrador na posição vertical, vibrar o maior número possível de pontos ao longo da estrutura, não permitir que o vibrador entre em contato com a fôrma e a armação.

Figura 29 – Adensamento



Fonte: Próprio autor, 2015

Na figura 30 capa da laje concretada e adensada , pronto para cura logo após endurecimento, durante 7 dias, molhando de três a quatro vezes ao dia.

Figura 30 – Capa da laje concretada



Fonte: Próprio autor, 2015

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o uso de grandes vãos livres é tendência nas construções atuais o uso de lajes de treliças, solicita-se do projetista estrutural soluções com elementos estruturais que tenha bom desempenho, rápida execução, vantagens econômicas, redução do peso próprio, pouco escoramento e fácil transporte.

No aspecto de execução das lajes pré-fabricada é ressaltado neste trabalho a montagem dos trilhos, escoramento, adensamento do concreto, cura do concreto, cobrimento. Em virtude de apresentarem uma série de vantagens como facilidade, a laje nervurada tem sido cada vez mais utilizada e têm se firmado como excelente solução para a construção de pavimentos de edificações.

Além disso, o emprego de lajes nervuradas simplifica a execução e permite a industrialização, com redução de perdas e aumento da produtividade, racionalizando a construção.

Observa-se nos dias atuais, o surgimento de diversas novas tecnologias e a criação de sistemas flexibilizados de pré-fabricação que possui alto grau de especificação e que podem ser combinados com outros sistemas construtivos.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), **Laje pré-fabricada – Requisitos. Parte 1 : Lajes unidirecionais (NBR 14859-1)**. Rio de Janeiro, JR, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), **Armaduras treliçadas e letrossoldadas (NBR 14862)**. Rio de Janeiro, JR, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), **Projetos de estruturas de concreto (NBR 6118)**. Rio de Janeiro, JR, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), **Barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado -Especificação (NBR 7480)**. Rio de Janeiro, JR, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), **Concreto para fins estruturais-Classificação por grupos de resistência (NBR 8953)**. Rio de Janeiro, JR, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), **Controle tecnológico de materiais componentes do concreto-Procedimento (NBR 12654)**. Rio de Janeiro, JR, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), **Concreto-Preparo, controle e recebimento (NBR 12655)**. Rio de Janeiro, JR, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), **Execução de Estruturas de Concreto-Procedimento (NBR 14931)**. Rio de Janeiro, JR, 2004.

AVILLA JUNIOR, Jovair. **Contribuição ao Projeto e Execução de Lajes Lisas Nervuradas Pré-Fabricadas com Vigotas Treliçadas**. São Carlos, 2009. Apresentada como dissertação de mestrado, Universidade de São Carlos, UFSCar.

BUIATE, Marcelo. **Estudo do comportamento de lajes nervuradas formadas por vigotas de concreto com armação tipo treliçada e vigas de borda**. Uberlândia, 2004. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Uberlândia, UFU.

CARVALHO, Roberto Chust; DE FIGUEIREDO FILHO, Jasson Rodrigues. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado: segundo a NBR 6118: 2003**. São Carlos, 2004. Citação. Editora da Universidade Federal de São Carlos, EdUFSCar.

DROPPA JÚNIOR, Alonso. **Análise Estrutural de Lajes Formadas Por Elementos Pré-Moldados Tipo Vigota Com Armação Treliçada**. São Carlos, 1999. Apresentada como dissertação de mestrado, Universidade de São Carlos, UFSCar.

ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA – PROJETO – **PRODUÇÃO EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO**, 1, 2005, São Carlos, SP. Disponível em:

<http://www.ecivilnet.com/artigos/produtividade_na_construcao_civil.htm>. Acesso em 11 de maio 2015.

FIGUEREDO, Clovis de. **Lajes Pré-moldadas**. Disponível em<<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAA9xwAK/lajes-pre-moldadas>> Acesso em: 10 março 2015, 15:00.

FLÓRIO, Márcio Cardozo. **Projeto e Execução de Lajes Unidirecionais com Vigotas em Concreto Armado**. São Carlos, 2004. Apresentada como dissertação de mestrado Universidade Federal de São Carlos, UFSCar.

HOSHINO, Hellen Tiemi; PEREIRA, Isabela Martins; CARDOSO, Mariana Aline Rodrigues. **A conscientização do uso de EPS: Uma alternativa para o aproveitamento desse material na construção civil**. Foz do Iguaçu-PR, 2013. Apresentado como Trabalho de Pesquisa apresentado a Fundação Parque Tecnológico Itaipu para a Feira de Inovação das Ciências e Engenharias, Universidade Estadual de Maringá, UEM.

MAGALHÃES, Fábio Lopes. **Estudo dos momentos fletores negativos nos apoios de lajes formadas por elementos pré-moldados tipo nervuras com armação treliçada**. São Paulo, 2001. Apresentada como Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo, USP.

MEHTA, P.K.; MONTEIRO, P.J.M..**Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais**. 3 ed.. São Paulo, 2008.

ORDONÉZ, J.A.F. Pré-fabricacion: **Teoria e prática**. Barcelona 1974: Editores Técnicos Asociados. V.1.

PEIXOTO, E.M..**Os efeitos da vibração mecânica e cura controlada do concreto no comportamento a flexão de lajes com vigotas pré-moldadas**. Relatório final de iniciação científica-01/06803-0, Fapesp. São Carlos, SP. 2002.

REVEL, Maurice; **La préfabricación en la construcción**, 1 ed. Bilbao: Urmo, SA de Ediciones, 457 pg.

REVISTA TÉCNICA. nº 68, 2002. **Como construir**. Laje plana de concreto armado com vigotas pré-moldadas treliçadas.

SANTOS, Reginaldo Dias dos. **Estudo Térmico e de Materiais de um Composto a Base de Gesso e EPS para Construção de Casas Populares**. Rio Grande do Norte, 2008. Apresentada como Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, UFRN

SERRA, S. M. B.; FERREIRA, M. de A.; PIGOZZO, B. N. **Evolução dos pré-fabricados de Concreto. São Carlos 2005. Núcleo de Estudos e Tecnologia em Pré-moldados (NET-PRÉ)**, Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos, 2005.

SILVA, Marcos Alberto Ferreira da. **Projeto e Construção de Lajes Nervuradas de Concreto**. São Carlos, 2005. Apresentada como dissertação de mestrado, Universidade Federal de São Carlos, UFSCar.

SILVA, Henrique Vieira da; SILVA, Sandro Tavares. **Soluções Alternativas para Blocos de Enchimento em Lajes Nervuradas. Belém-Pa, 2010.** Apresentada como Trabalho de conclusão de curso, Universidade da Amazônia, Unama.

SZEREMETA, André; SILVA, Nery Carlos Loureiro da. **Estudo da Variação na Resistência a Compressão de Concreto Convencionais Devido aos Diferentes Tipos de Cura.** Curitiba-PR 2013. Monografia apresentada ao curso de tecnologia em concreto, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR.

VASCONCELOS, Augusto Carlos de. **O Concreto no Brasil: pré-fabricação, monumentos, fundações.** São Paulo, 2002. Volume III. Studio Nobel.

FICHA CATALOGRÁFICA

RIBEIRO, ARETUSA ALVES .

Execução de Lajes Pré-fabricadas com Nervuras Pré-moldadas Treliçadas(48P , 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2015).

TCC - UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

1.Vigota

2.Pré-fabricada3. Treliças

4.Execução

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

RIBEIRO, A. A. R. Execução de Lajes Pré-fabricadas com Nervuras Pré-moldadas Treliçadas. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 44p. 2015.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Aretusa Alves Ribeiro

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Execução de Lajes Pré-fabricadas com Nervuras Pré-moldadas Treliçadas.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2015

É concedida à UniEvangélica a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Aretusa Alves Ribeiro

E-mail: aretusa_2012@hotmail.com