

Publicado em 25 de julho de 2023
REVISTA SOCIEDADE CIENTÍFICA, VOLUME 6, NÚMERO 1, ANO 2023

DESCRIÇÃO DO PROCESSO EXECUTIVO DE LAJE NERVURADA EM UM PRÉDIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS

Letícia Kethlen Almeida Martins¹; Kelly Gonçalves de Silva²; Erivelton Bastos Costa³; Maxuel de Sousa Valim⁴, Elen Mara de Deus Silva⁵, Cássio Rodrigues de Souza⁶.

^{1,2,3,4,5,6}Centro Universitário IESB, Brasília-DF, Brasil

¹eng.leticiaethlen@gmail.com

²kellygsilva140@gmail.com

³erivelton3356@gmail.com

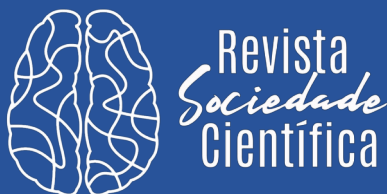
⁴maxuelsousa@gmail.com

⁵elenmards@gmail.com

⁶cassio1993@gmail.com

RESUMO

Devido ao crescimento da concorrência nos negócios da construção civil, se fez necessário aos projetistas de estruturas de concreto armado e as construtoras, buscas constantes por saídas que, além de simples e eficazes, acarretassem também uma diminuição de custos, (equipamento/serviço), agilidade e rapidez nas aplicações, ou que ainda proporcionem um acréscimo na relação custo-benefício em suas obras. Devemos salientar que nessa procura, ao contrário do que ocorreu no passado, a preocupação com a qualidade e durabilidade das edificações tem se elevado. Apesar das vantagens com a montagem no local, as lajes nervuradas de concreto armado fossem reconhecidas já há um bom tempo, a grande maioria dos engenheiros tradicionais ofereceram resistência ao seu uso e emprego, devido ao uso excessivo de formas na sua construção. Hoje este conceito está modificado com o desenvolvimento da tecnologia, surgiu a possibilidade da criação de novos métodos construtivos e uso de novos materiais (isopor – Eps e formas de polipropileno), tornando a aplicação de lajes nervuradas uma solução bastante viável financeiramente, portanto este é um dos motivos que vem cooperando para estarem cada vez mais presentes nas construções de múltiplos pavimentos. É



interessante que o uso de lajes nervuradas se torna cada vez mais empregada em virtude das suas inúmeras vantagens apresentadas, características, comportamento estrutural e alternativa construtivas a todos os potenciais interessados (construtores, proprietários e projetistas).

Palavras-chave: Laje nervurada, Processo executivo, Múltiplos pavimentos.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente o setor de construção civil vem passando por uma crise econômica onde foi publicado recentemente pelo boletim trimestral da Associação Paulista de Empresários de Obras Públicas (APEOP) em 2015 [17]. Reduzir o tempo e o prejuízo da obra é essencial, as empresas de construção vêm buscando e investindo no conhecimento de novas técnicas que permitam minimizar os desperdícios e o custo completo da obra.

Uma dessas técnicas é a diminuição do volume de matérias-primas para preenchimento das lajes, através da redução da espessura do concreto e do uso de novas peças mais leves e resistentes, sem perder a qualidade e segurança desejada em qualquer obra de engenharia, conforme abordaremos em detalhes na sequência deste trabalho.

Nessa esteira, a laje nervurada que compõe o sistema estrutural de concreto armado com emprego de vigotas de concreto protendido com materiais de enchimento como o EPS (isopor), lajotas, formas, entre outros, tem-se mostrado uma interessante oportunidade para redução de gastos e tempo pretendidos de uma construção. Assim, essa técnica vem sendo muito utilizada em grandes obras, com muitos andares, por apresentar solução de grandes benefícios, como fácil manuseio, montagem rápida, redução de escoramento e principalmente por vencer grandes vãos.

Sendo essas as considerações iniciais, apresentaremos as análises das lajes nervuradas, condições gerais obrigatórias e vistos a obtenção dos esforços solicitantes, tudo conforme prescreve as NBR 6118 e NBR 14860-1 para edifícios de um ou mais pavimentos [3].

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 SISTEMA ESTRUTURAL DE LAJE

As estruturas são evidenciadas por serem os seguimentos mais resistentes de uma construção. São elas que adquirem e transmitem os esforços, sendo essenciais para a solidez e manutenção da segurança de uma construção. Uma estrutura é composta por elementos estruturais, que combinados dão origem aos sistemas estruturais. A finalidade de uma estrutura é receber e transmitir os efeitos das ações sofridas para o solo. Dessa maneira, as edificações devem ser construídas com materiais que não são perfeitamente rígidos, chamados materiais estruturais [9].

A estrutura é composta de elementos lineares (vigas e pilares), bidimensionais (lajes) e tridimensionais (blocos de estacas das fundações). Na figura 1 são ilustrados os elementos que usualmente compõem as estruturas são as lajes, as vigas e os pilares. Os sistemas estruturais podem ser compostos apenas por um tipo de elemento estrutural, ou por um conjunto deles, como é mais comum de ocorrer nas construções [9].

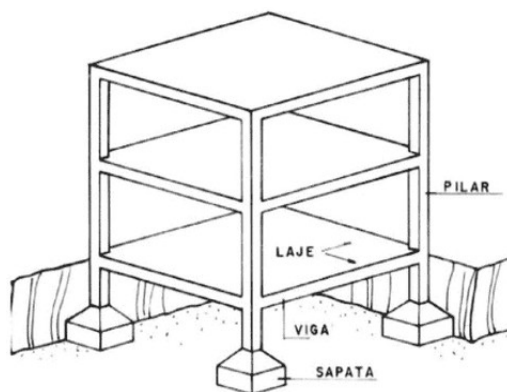
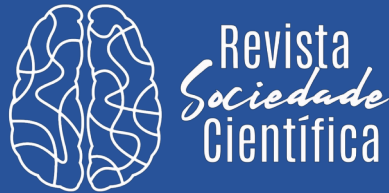


Figura 1 - Sistema estrutural convencional (Fonte: BASTOS, 2006)

2.1.1 LAJES

Segundo [9], as lajes são classificadas como elementos planos bidimensionais, que são aquelas onde duas dimensões, o comprimento e a largura, são da mesma ordem de grandeza e muito maiores que a terceira dimensão (espessura). As lajes são também chamadas elementos de superfície ou placas. Reservam-se a receber a maior parte das



Publicado em 25 de julho de 2023
REVISTA SOCIEDADE CIENTÍFICA, VOLUME 6, NÚMERO 1, ANO 2023

ações aplicadas numa construção. As ações são comumente perpendiculares ao plano da laje, podendo ser divididas em: distribuídas na área (peso próprio, revestimento de piso, entre outros), distribuídas linearmente (paredes) ou forças concentradas (pilar apoiado sobre a laje). As ações são transmitidas para as vigas de apoio nas bordas da laje, mas eventualmente também podem ser transmitidas diretamente aos pilares [9].

As lajes consistem em elementos pré-fabricados para sua construção e geralmente são fabricados industrialmente fora do canteiro de obras. Esses elementos pré-moldados podem ser de concreto armado ou de concreto protendido, sejam eles pré-fabricados ou moldados no local. As placas podem ser classificadas quanto à sua natureza ou tipo de suporte, com base em diversos fatores [9].

Segundo Castro e Nogueira [13], estes elementos encontram - se de concreto armado ou protendido, além disso, as lajes podem ser classificadas quanto a sua natureza e tipos de apoios, como sua natureza:

- lajes maciças: lajes de concreto armado ou protendido constituídas de uma placa maciça;
- lajes nervuradas: são as lajes em que a zona de tração é constituída de nervuras, onde são dispostas as armaduras, e de uma mesa comprimida. Entre as nervuras, pode-se ou não inserir um material inerte, sem função estrutural;
- lajes mistas: são lajes nervuradas com material cerâmico preenchendo o espaço entre as nervuras, participando na resistência mecânica da laje, contribuindo na região comprimida da peça sujeita a flexão;
- lajes em grelhas: são lajes nervuradas em que o espaçamento entre as nervuras é superior a um metro, sendo calculadas as nervuras como uma grelha de vigas e a mesa como uma laje independente;

- lajes duplas: podem ser consideradas como um caso particular de lajes nervuradas, onde as nervuras ficam situadas entre dois painéis de lajes.

Segundo Castro e Nogueira [13], o seu tipo de apoio, tem - se:

- (1) apoiadas sobre alvenaria ou sobre vigas;
- (2) apoiadas sobre o solo;
- (3) apoiadas sobre pilares: são estruturas apoiadas sobre apoios discretos. São conhecidas como lajes cogumelos, lajes lisas ou lajes planas.

Na Figura 2, é detalhado um esquema de lajes onde são apresentados pontos de montagem de duas lajes [9].

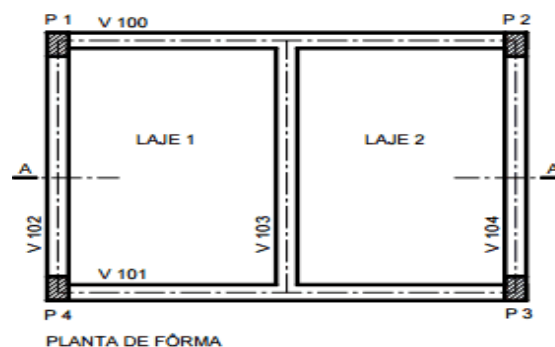


Figura 2 - Esquema de lajes (Fonte: BASTOS, 2006)

2.1.2 Vigas

Segundo a NBR 6118 [3], as vigas são classificadas como barras e são normalmente retas e horizontais, destinadas a receber ações das lajes, de outras vigas, de paredes de alvenaria, e eventualmente de pilares [9].

De acordo com Bastos [9], a finalidade das vigas é vencer vãos e transmitir as ações nelas atuantes para os apoios, geralmente os pilares. As ações são geralmente perpendicularmente ao seu eixo longitudinal, sendo elas concentradas ou distribuídas. Podem ainda receber forças normais de compressão ou de tração, na direção do eixo longitudinal. As vigas (Figura 3) assim como as lajes e os pilares também fazem parte da estrutura de contraventamento responsável por proporcionar a estabilidade global dos edifícios às ações verticais e horizontais [9].

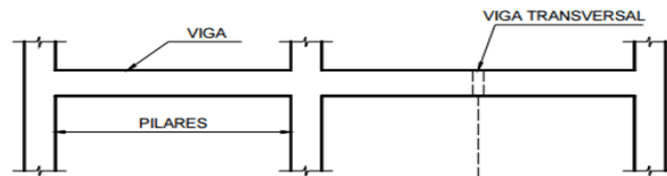


Figura 3 - Esquema de vigas [9].

2.1.3 PILARES

São elementos lineares de eixo reto, usualmente dispostos na vertical, em que as forças normais de compressão são preponderantes. São destinados a transmitir as ações às fundações, embora possam também transmitir para outros elementos de apoio. As ações são provenientes geralmente das vigas [9].

O sistema estrutural (Figura 4) formado deve proporcionar o equilíbrio e a resistência necessários, tanto para as ações verticais como para as ações horizontais atuando simultaneamente ou não. Para se obter a melhor solução estrutural é necessário conhecer todas as condições que a construção deve atender, como por exemplo: cargas atuantes, finalidade da obra, facilidade de construção, estética, economia, rapidez de construção, materiais disponíveis na região, existência de serviço especializado, entre outras. É necessário estabelecer a hierarquia ou a prioridade entre os vários requisitos que podem existir [9].

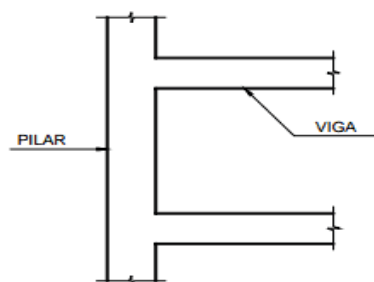
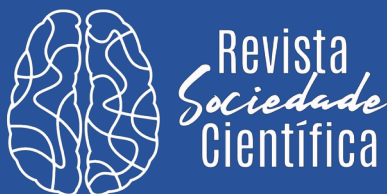


Figura 4 - Esquema de Pilar [9].

2.2 PROCESSO EXECUTIVO DA LAJE NERVURADA

2.2.1 DEFINIÇÃO

São as lajes em que a zona de tração é constituída de Nervuras, onde são empregadas as armaduras, e de uma mesa comprimida. Entre as nervuras, pode-se ou



não introduzir um material inerte, sem função Estrutural. Os pavimentos confeccionados de lajes maciças habitualmente possuem grandes espessuras. Movidos pela evolução das disposições arquitetônicas, os vãos dos pavimentos se tornam cada vez maiores, tornando o projeto ainda mais antieconômico. Desta forma, associados ao alto custo das fôrmas, levaram ao surgimento de novas ideias de construção de pavimentos: as lajes nervuradas [2].

O conhecimento das placas nervuradas surgiu devido à baixa resistência mecânica à tração do concreto. O concreto tem a função de proteger as armaduras em zonas de tração e conectá-las em zonas de compressão. Todo excesso de concreto é então retirado com a colocação de armaduras nas nervuras [2].

A redução do concreto se dá pelo espaço vazio entre as nervuras, ou pela substituição desse espaço por materiais mais leves como blocos de poliestireno ou blocos cerâmicos, ou seja, reduzindo o consumo de concreto e o peso próprio da laje sem perda de altura da seção resistente e conseqüentemente da rigidez. [2].

2.2.2 MATERIAIS

CONCRETO: No concreto as exposições patológicas atingem, na maior parte, a estrutura, uma vez que os materiais utilizados na mistura não estiverem segundo as normas técnicas, o traço perde a qualidade e a estrutura fica com a durabilidade comprometida. Torna – se importante especificar os aspectos de cada componente da mistura de acordo com o projeto elaborado. A Figura 5 retrata como é realizado o lançamento do concreto na laje. A característica mais importante é a resistência à compressão [2].



Figura 5 - Lançamento do concreto (Fonte: autoral)

De acordo com a seção 8.2.1 da NBR 6118/2003 [3], determina-se que o concreto com grau de resistência C20 ou superior e propriedade de resistência à compressão de 20 Mpa ou superior deve ser usado em projetos de construção de concreto armado [2].

AÇO: O aço é uma ligação metálica formada por fios de ferro e carbono. Essa ligação metálica forma as barras de aço que devem ser ligadas entre si, formando o conjunto de barras (armaduras); A figura 6 mostra uma armadura de aço que compõe o sistema estrutural. Essas armaduras são adicionadas ao concreto, constituindo as vigas de concreto armado, as quais fazem parte da estrutura da laje. Nos projetos de estruturas de concreto armado deve-se utilizar aço classificado pela ABNT NBR 7480/96 [4] com o valor característico de resistência de escoamento nas categorias CA-25, CA-50 E CA-60 [2].



Figura 6 – Armaduras de aço (Fonte: autoral)

ESPAÇADORES: Os espaçadores para lajes nervuradas podem ser de argamassa moldadas na obra ou plástico, caso a laje possua armadura transversal (estribos), para que essas não saiam da posição na hora da concretagem da laje [2].

PLACAS DE ISOPOR: O EPS (Isopor) tem como principais características a alta resistência mecânica e a baixa densidade, substituindo com vantagens os materiais, como lajotas de cerâmicas e de concreto. As figuras 7 e 8 são apresentados exemplos de um espaçador e placas de isopor, respectivamente [2].

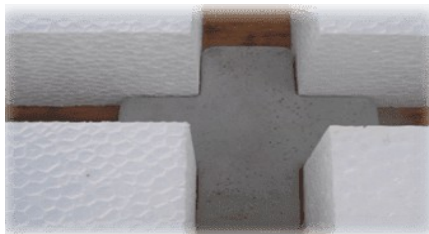


Figura 7 – Espaçador [9].



Figura 8 – Placas de isopor [9].

FÔRMAS: As fôrmas podem também se diversificar com os vários tipos de materiais como: madeira compensada, chapas de aço, chapas de fibra de vidro, blocos de concreto celular, cerâmicos, poliestireno expandido e de propileno. Nas figuras 9 e 10 são expostos os dois tipos de formas geralmente utilizadas em lajes nervuradas [2].



Figura 9 – Formas para laje nervurada [9].



Figura 10 – Formas para vigotas treliçadas [9].

2.2.3 VANTAGENS E DESVANTAGENS

Segundo Borowski [11], a principal vantagem da utilização de lajes nervuradas é a redução do peso próprio da estrutura, pois o volume de concreto é reduzido e a inércia

ainda aumenta devido ao aumento da altura da laje. As principais vantagens das costelas são as seguintes:

- a utilização de poucos painéis de lajes para cobrir um pavimento devido a sua grande autonomia, pois atinge facilmente painéis de 80m²;
- a facilidade de execução das fôrmas;
- a reduzida interferência na arquitetura pelo reduzido número de vigas.

Souza e Cunha [16] mostram que, dependendo da presença ou ausência de material de enchimento, as nervuras isolam melhor que o concreto. Juntamente com a eliminação do concreto abaixo da linha neutra, além do melhor aproveitamento do aço e do concreto, indicou também uma redução de peso de toda a estrutura. A resistência à tração está concentrada nas nervuras, sendo que a única função do material de preenchimento é substituir o concreto sem afetar a resistência, ou seja, o material inerte, que não tem função estrutural, e sua única ideia é preencher o espaço.

Essas reduções aumentam a viabilidade do sistema construtivo, economizando material, mão de obra e formas. Pensando nisso, a utilização de lajes de revestimento é de fácil execução, industrializável e simplifica a construção, limitando perdas e aumentando a produtividade [16].

2.2.3.1 VANTAGENS

Segundo Bocchi Jr. e Giongo [10], as lajes nervuradas de concreto armado apresentam vantagens:

1. possibilidade de vencer grandes vãos, ganhando espaços, uma vantagem para locais como garagens (Figura 11);
2. versatilidade de aplicação, utilizadas em construções como: residências, garagens, hospitais e edifícios comerciais (Figura 12);

3. são fabricadas com métodos similares aos outros tipos de lajes (Figura 13);
4. os pilares são essenciais apenas em locais de grandes esforços (Figura 14).



Figura 11 – Vencer vãos [8].



Figura 12 – Versatilidade [8]



Figura 13 – Métodos similares [8]



Figura 14 – Locais de esforços [8]

2.2.3.2 DESVANTAGENS

Segundo Bocchi Jr. e Giongo [10] as lajes nervuradas de concreto armado apresentam na devida ordem, as seguintes desvantagens:

- geralmente aumentam a altura do empreendimento (Figura 15);
- numerosas operações de montagens (Figura 16);
- complexidade de projetar uma única modulação para um pavimento inteiro (Figura 17);

- resistente seção transversal, diferentes momentos fletores positivos e negativos, dessa forma, é necessária a realização de cálculos mais elaborados (Figura 18);
- atenção na fixação dos elementos do enchimento (Figura 19).

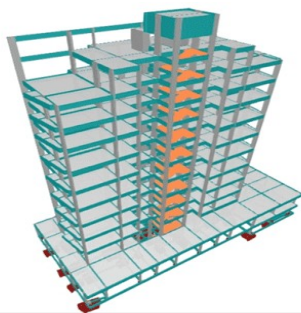


Figura 15 – Aumento de altura [15].



Figura 16 – Operações de montagem [8].



Figura 17 – Complexidade de montagem [8].

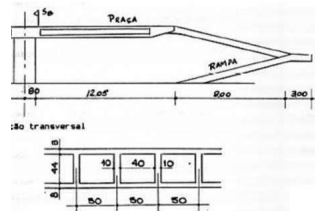


Figura 18 – Cálculos mais elaborados [14].



Figura 19 – Fixação dos elementos de enchimento (Fonte: autoral)

2.3 TIPOS MAIS UTILIZADOS DE LAJES NERVURADAS

Dentre vários tipos de lajes nervuradas encontradas no mercado. Neste trabalho iremos considerando dois grandes grupos: lajes nervuradas executadas com nervuras pré-moldadas e lajes nervuradas moldadas no local, sendo utilizado o EPS (poliestireno expandido), vigotas treliçadas ou ainda por meio de fôrmas plásticas [1].

2.3.1 MONTADA NO LOCAL

Todas as fases da execução são efetuadas "*in loco*". Portanto, além dos materiais de enchimento, também é necessário o uso de fôrmas e escoramentos. Podem-se utilizar fôrmas para substituir os materiais inertes. Essas formas já foram encontradas em polipropileno ou metal em algumas dimensões e requerem o uso de desmoldantes equivalentes a lajes maciças [1].

É verificado o processo de laje nervurada "*in loco*" nas figuras 20 até a figura 24, é mostrado o passo a passo de como é realizado a execução desse tipo de laje nervurada. Na figura 25 mostra a retirada dos caixotes.



Figura 20 – Verificação dos enchimentos (Fonte: autoral)



Figura 21 – Verificação das armaduras (Fonte: autoral)



Figura 22 – Verificação das armaduras (Fonte: autoral)



Figura 23 – Verificação das armaduras (Fonte: autoral)



Figura 24 – Concretagem (Fonte: autoral)



Figura 25 – Retirada dos caixotes [1].

2.3.2 PRÉ MOLDADA

Nessa modalidade, as nervuras são construídas a partir de vigas pré-formadas, eliminando a necessidade de usar uma plataforma de conformação convencional. Essas vigotas são eficazes em suportar seu próprio peso e as ações de construção, utilizando apenas de cimbramentos intermediários. Além das vigas, estas lajes são compostas por concreto moldado e elementos de preenchimento colocados sobre os elementos pré-moldados [1].

É mostrado na figura 26 é mostrado o tipo de vigotas em concreto e na figura 27 é mostrado o tipo de vigota treliçada. Na figura 28 é apresentado o modelo de execução desse tipo de laje. Na figura 29 é mostrado que se usa menos cimbramento do que em lajes maciças.



Figura 26 – Vigotas em concreto [8].



Figura 27 – Vigotas treliçadas [8].



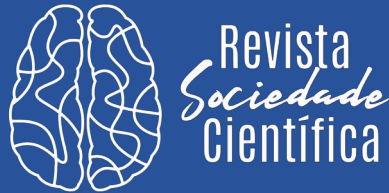
Figura 28 – Execução de lajes treliçadas [1].



Figura 29 – Tipo de Cimbramento [1].

3 METODOLOGIA

A metodologia empregada neste projeto apresenta três etapas. Na primeira foram reunidas, ordenadas e processadas as informações com propósito de obter informações



Publicado em 25 de julho de 2023
REVISTA SOCIEDADE CIENTÍFICA, VOLUME 6, NÚMERO 1, ANO 2023

características do tipo de laje estudada. Na segunda foram realizadas visitas técnicas à fábrica e à obra, em seguida aplicados questionários e realização de relatórios. Na terceira etapa, foram apresentados os resultados dos levantamentos e as análises críticas e conclusões do estudo desse tipo de laje.

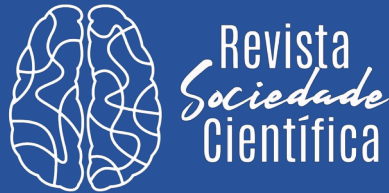
A abordagem de caráter descritivo foi escolhida para trabalhar com as informações obtidas nas visitas técnicas por meio de questionários e verificações segundo profissionais que atuam neste segmento de mercado.

Para o estudo da descrição do processo executivo do tipo de laje nervurada em um edifício de múltiplos pavimentos, realizou - se uma revisão bibliográfica para levantar informações a respeito do sistema estrutural, do processo executivo, dos tipos de materiais utilizados e das vantagens e desvantagens.

Com base na revisão bibliográfica foram elaborados os questionários para dirigir as visitas à fábrica e à obra. Foi executado por meio de uma visita técnica à empresa, a qual desempenha atividades de montagem de vigas para a execução de lajes, localizada no Distrito Federal, especificamente em Vicente Pires. Foi verificado o processo executivo e aplicado um questionário junto ao responsável pela parte técnica de realização das vigotas treliçadas.

Em seguida, foi realizada outra visita técnica em um canteiro de obras onde foi erguido um prédio de 12 (doze) pavimentos, localizado em Santa Maria – Distrito Federal. Sendo aplicado um questionário juntamente com a engenheira responsável.

Na apresentação de resultados foi feita a comparação entre as boas práticas, serão apresentadas as variáveis que compreendem as boas práticas executivas desse processo construtivo retratado, se está de acordo com as normas técnicas, com finalidade de certificar pontos importantes na rotina do engenheiro civil, que desempenha atividades no canteiro de obras. Por fim, expor as conclusões a respeito do acompanhamento técnico de execução do tipo de laje estudada e a sua maneira correta de execução.



Publicado em 25 de julho de 2023
REVISTA SOCIEDADE CIENTÍFICA, VOLUME 6, NÚMERO 1, ANO 2023

4 DESENVOLVIMENTO E DISCUSSÃO

4.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DOS DADOS COLETADOS

4.1.1 VISITA TÉCNICA NA EMPRESA DE PRÉ-MOLDADOS

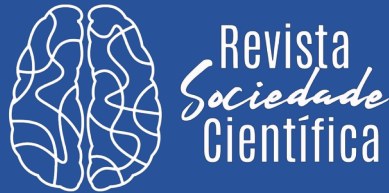
Visitou – se a empresa de fabricação de pré-moldados, localizada em Vicente Pires, Brasília - DF. A empresa fabrica os seguintes itens: vigota treliçada, bloquete, pisos de concreto, comungol, manilha, estacas de concreto, pingadeiras, caixa de passagem de esgoto e energia.

O processo construtivo é feito da seguinte forma: corte das treliças de acordo com as dimensões do projeto, execução do concreto em betoneira, preparo da forma com óleo diesel queimado para facilitar a retirada da peça, sem danificá-la, coloca – se as treliças nas formas e cobre de concreto, após dois dias de cura na forma é retirada as peças e colocada em cima de apoios para finalizar a cura, esse processo é realizado em média por 8 dias.

Utilizou – se um questionário que foi aplicado durante a visita técnica, conforme mostra os resultados no Quadro 1.

Quadro 1 – Questionário aplicado na empresa de pré-moldados

VISITA TÉCNICA NA EMPRESA DE PRÉ-MOLDADOS
A visita técnica foi realizada com apoio de questionário e fotos para melhor entretenimento do processo de execução de uma laje nervurada
QUESTIONÁRIO
1. ADOTA UM MÉTODO DIFERENCIADO JÁ EXISTENTE NO MERCADO? R.: Não, o método é o mesmo
2. QUAL O TEMPO DE FABRICAÇÃO DE UMA VIGOTA TRELIÇADA DE 10m? R.: Em média uma hora.
3. A CONSTRUÇÃO DAS VIGOTAS TRELIÇADAS DIVIDIDAS EM QUANTAS ETAPAS E QUAIS SÃO? R.: Em 3 etapas: <ul style="list-style-type: none">• Primeiro, corta-se as treliças nas medidas solicitadas;• Segundo elas são colocadas nas formas e encher de concreto;• E por fim, após dois dias de cura, são desenformadas, depois mais oito dias de cura fora das formas. Após esses processos, as vigotas treliçadas estão prontas para utilizá-las nas montagens das lajes.
4. QUAL PERÍODO DE CURA DA LAJE NERVURADA? R.: Quinze dias para retirar os escoramentos.
5. QUAL A LOGÍSTICA REALIZADA NO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DAS VIGOTAS TRELIÇADAS? R.: Em 3 etapas: <ol style="list-style-type: none">1. Primeiro, realiza-se a compra dos seguintes materiais: treliça, cimento, agregados e isopor, para as empresas específicas de cada material utilizado na fabricação das vigotas e montagem das lajes.2. Segundo, faz-se a fabricação do concreto, o corte das treliças e a montagem das vigotas; Terceiro, faz-se o processo de cura;3. E por fim, entrega-se ao cliente, que pode ser das seguintes formas: - O cliente paga o frete para a entrega do material de obra; dependendo do tamanho da laje, o cliente prefere levar o material no momento da compra.



Publicado em 25 de julho de 2023
REVISTA SOCIEDADE CIENTÍFICA, VOLUME 6, NÚMERO 1, ANO 2023

6. QUAL É A MAIOR DIFICULDADE ENCONTRADA NO MÉTODO ADOTADO PARA LAJES NERVURADAS? R.: Nenhuma, pois o método e equipamentos utilizados são conhecidos e de fácil acesso ao mercado.
7. POR QUE AS LAJES NÃO TÊM UM MODELO PADRONIZADO? R.: Porque depende muito do preço da carga.

4.1.2 VISITA TÉCNICA NA EMPRESA CONSTRUTORA

Foi feita uma visita técnica na obra do tipo multifamiliar localizada na Avenida Alagados em Santa Maria, da empresa Construtora acompanhada da engenheira Responsável. Visitou – se a obra um dia anterior à concretagem, foi utilizado um questionário respondido pela engenheira responsável, conforme mostra o Quadro 2, e, por fim fotografou – se a obra para melhor entendimento do processo de execução, verificação dos materiais de enchimento, verificação de armaduras e concretagem de uma laje nervurada em um prédio de múltiplos pavimentos.

Características do empreendimento: prédio multifamiliar; área de forno de 5.784 m²; 12 (doze) lajes; 1 (um) subsolo; 2 (duas) lojas; 9 (nove) pavimentos típicos; 9 (nove) unidades por andar; total de 81(oitenta e uma) unidades; entrega de obra: 2 (dois) anos.

Quadro 2 – Questionário aplicado na empresa construtora

VISITA TÉCNICA NA EMPRESA CONSTRUTORA
A visita técnica foi realizada com apoio de questionário e fotos para melhor entretenimento do processo de execução de uma laje nervurada
QUESTIONÁRIO
1. ADOTA UM MÉTODO DIFERENCIADO JÁ EXISTENTE NO MERCADO? R.: Não, o método é o mesmo
2. DE QUE FORMA DEVE SER O SLAMP DO CONCRETO PARA ESSE TIPO DE ESTRUTURA? R.: Para este tipo de estrutura, não utilize concreto muito fluido, que pode gerar fissuras na capa superior da laje, exigindo tratamentos posteriores
3. COMO SE CONCRETAR UMA LAJE NERVURADA? TEM ALGUMA TÉCNICA? R.: A concretagem tem que ser feita por trechos e por camadas, preenchendo primeiro as nervuras. Com isso, você pode visualizar os espaços onde deverá ser feita a vibração
4. QUAL PERÍODO DE CURA DA LAJE NERVURADA? R.: O concreto demora aproximadamente quatro dias para secar, em condições de pouca umidade. Após esse período, as formas podem ser retiradas e reutilizadas, e o escoramento é reduzido, apoiando a laje enquanto a cura se completa, em processo que leva aproximadamente quatro semanas até a retirada total do escoramento.
5. É DADO ALGUM TRATAMENTO APÓS O DESFORMAS? R.: Sim, pois ficam algumas rebarbas na laje que podem ser retiradas com lixadeiras ou talhadeiras finas, leves e bem-amoladas. Rebaixos podem ser preenchidos com argamassa de rejunte ou de assentamento de cerâmica.
6. POR QUE ADOTARAM O SISTEMA DE LAJE MISTA? R.: Como o térreo será lojas, foi interessante adotar a laje nervurada para poder eliminar o uso de muitas vigas e obter vãos maiores.

4.2 COMPARAÇÃO

4.2.1 EMPRESA DE PRÉ-MOLDADOS

Faz – se as críticas das informações obtidas ao longo da visita em relação ao processo de fabricação de laje nervurada pré-moldada. Ao visitar a Empresa de Pré – Moldados verificou – se que existem falhas no processo executivo das vigotas treliçadas, quando são comparadas com as normas NBR 6118/2003 [3] e NBR 9062/2001 [5].

Verificou – se que na execução de elementos pré-fabricados, o processo ocorre sem controle de qualidade que apresenta as especificações e procedimentos do processo executivo, armazenamento e transporte, de forma clara e precisa. As armaduras da fábrica que fazem parte do processo de fabricação são deixadas de maneira desordenada em qualquer local, umas em cima das outras, sendo que segundo a norma NBR 9062, para evitar a formação de pilhas que danifica a conformação das armaduras pré-montadas. É visto nas figuras 30 e 31 que as fôrmas ficam jogadas no chão da fábrica.



Figura 30 – Vigotas treliçadas prontas (Fonte: autoral)



Figura 31 – Formas para vigotas treliçadas de concretos (Fonte: autoral)

Foi verificado, que durante o processo de montagem, a armadura é alocada no interior da forma sem o uso de nenhum espaçador, o qual tem por objetivo manter a posição indicada do projeto, conservando – se inalteradas as distâncias das barras entre si e as faces internas das formas, durante o lançamento do concreto. Além disso, não é realizado adensamento, algo que enfraquece a resistência da vigota. A figura 32 mostra que não é utilizado nenhum tipo de espaçador nas fôrmas para a fabricação de lajes pré-moldadas.



Figura 32 – Vigotas em processo de cura (Fonte: autoral)

Segundo o responsável, o processo de desmoldagem é realizado de forma fácil, pois se aplica óleo diesel queimado antes de começar a montagem da vigota. O dono da empresa informou que dificilmente alguma peça acaba danificada. Após a desmoldagem não é realizado nenhum procedimento de limpeza das formas, o que é importante, conforme a norma NBR 9062 [5], a limpeza é necessária antes de cada utilização para que as substâncias não venham aderir à superfície dos elementos de concreto. Não existe nenhum equipamento de manuseio das peças pré-fabricadas; esse é realizado pelos próprios funcionários da fábrica.

Observou – se que o armazenamento é efetivado sobre o dispositivo de apoio, em seguida é alocado sobre pedaços de vigota para finalizar a cura, e por fim, entregue para o cliente. Foi informado que as vigotas são feitas por encomendas, e por esse motivo não é realizado nenhum tipo de armazenamento no pátio da fábrica.

Segundo a norma NBR 9062 [5], as vigotas devem ser manejadas e conduzidas com meios e dispositivos que garantam a sua integridade. O que não acontece na fábrica visitada, transporte é efetuado em veículos não apropriados e de maneira incorreta, pois não atendem as dimensões e a cargas dos elementos. A figura 33 mostra como é realizado o transporte das lajes nervuradas do tipo pré-moldada.

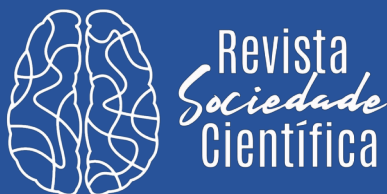


Figura 33 – Material para entrega na obra (Fonte: autoral)

Averiguou - se todas as etapas do processo de execução da vigota treliçada, desde o corte da armação, montagem, desmontagem, armazenamento e transporte. O fabricante não tem valor preciso em relação à quantos m² se faz com 1 traço de concreto.

4.2.2 EMPRESA CONSTRUTORA

Faz – se as críticas das informações obtidas ao longo da visita em relação ao processo de fabricação de laje



Publicado em 25 de julho de 2023
REVISTA SOCIEDADE CIENTÍFICA, VOLUME 6, NÚMERO 1, ANO 2023

Faz - se as análises críticas das informações adquiridas por meio da Engenheira responsável em relação ao processo de execução de lajes nervuradas.

As respostas apresentadas pela engenheira responsável:

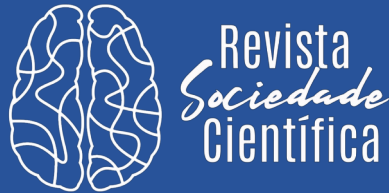
- Conforme a resposta da questão 1, verificou – se por meio de pesquisas que em relação a outros tipos de tecnologia a laje nervurada é a mais utilizada por ser economicamente viável, reduzindo também mão de obra, tempo e outros materiais empregados.
- Em relação à resposta à questão 2, a consistência do concreto está relacionada com suas próprias características, com a mobilidade da massa e a coesão entre seus componentes. Modificando a proporção de água adicionada ou empregando aditivos, sua plasticidade é alterada, variando a deformação do concreto perante esforços.

Ambas são executadas em combinação com a norma NBR 14931 [6].

A consistência é um dos principais fatores que influenciam na funcionalidade do concreto, sendo que esta última depende também de características da obra e dos métodos adotados para o transporte, lançamento e adensamento do concreto. A trabalhabilidade é uma propriedade do concreto recém-misturado que determina a facilidade e a homogeneidade com a qual o material pode ser utilizado.

O ensaio do abatimento do concreto, também conhecido como Slump Test, é realizado para verificar a funcionalidade do concreto em seu estado plástico, buscando medir sua consistência e avaliar se está adequado para o uso a que se destina. Segundo o responsável, o ensaio é realizado pela empresa conforme a norma NBR NM: 1998, as etapas adotadas são:

- coletar a amostra de concreto; colocar a fôrma tronco-cônica sobre uma placa metálica bem nivelada e apoiar os pés sobre as abas inferiores do cone;



Publicado em 25 de julho de 2023
REVISTA SOCIEDADE CIENTÍFICA, VOLUME 6, NÚMERO 1, ANO 2023

- preencher o cone com a primeira camada de concreto e aplicar 25 golpes com a haste de socamento, atingindo a parte inferior do cone;
- preencher com mais duas camadas, cada uma golpeada 25 vezes e sem penetrar a camada inferior;
- após a compactação da última camada, retirar o excesso de concreto, alisar a superfície com uma régua metálica e em seguida retirar o cone;
- colocar a haste sobre o cone invertido e medir o abatimento (a distância entre o topo do molde e o ponto médio da altura do tronco de concreto moldado).

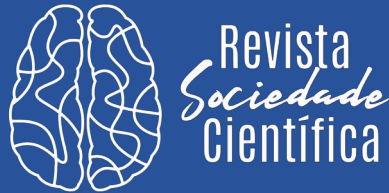
Essa etapa apresentou o resultado realmente de acordo com as boas práticas estabelecidas pela norma NBR NM:1998.

A medida máxima e mínima do abatimento é definida pelo calculista, em função das propriedades desejadas de trabalhabilidade. Após o concreto ser aceito através do ensaio de abatimento, deve-se coletar amostras para realizar o ensaio de resistência, via moldagem de corpos de prova. A responsável apresentou convergência com a norma NBR 14931 [6].

- A resposta à terceira questão da NBR 14931:2004, ponto 9.5 afirma que a concretagem de cada elemento estrutural deve ser realizada conforme projeto previamente estabelecido. Um plano de concretagem bem elaborado deve assegurar o fornecimento da quantidade adequada de concreto com as características necessárias à estrutura.

Executa-se a obra sem um plano de concretagem prévio estabelecido. O que entra em conflito com a norma NBR 14931:2004.

O concreto deve ser lançado e adensado de forma que todas as conexões estejam devidamente conectadas à massa de concreto, além das partes embutidas previstas no projeto. O concreto deve ser lançado o mais próximo possível de sua posição definitiva, evitando-se incrustação de argamassa nas paredes das fôrmas e nas armaduras.



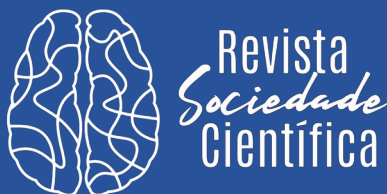
Publicado em 25 de julho de 2023
REVISTA SOCIEDADE CIENTÍFICA, VOLUME 6, NÚMERO 1, ANO 2023

As fôrmas devem ser preenchidas em camadas de altura compatível com o modelo de adensamento previsto (ou seja, em camadas de altura inferior à altura da agulha do vibrador mecânico) para se obter um adensamento adequado, o que não foi realizado no canteiro de obras, segundo a responsável. Em peças verticais e esbeltas, tipo paredes e pilares, pode ser conveniente utilizar concretos de diferentes consistências, de modo a reduzir o risco de exsudação e segregação.

- Conforme a resposta da questão 4, é executado na obra: Compreendido na nova norma de "Execução de Estruturas de Concreto" NBR 14931/2003, e recomenda que a cura deva se estender por um período até que o concreto atinja resistência de 15,0 MPa. Recomenda-se na prática manter a cura por no mínimo cinco dias. Quanto melhor a cura maior a durabilidade do concreto. Uma laje recém concretada, exposta ao sol e seca, nunca deve receber um jato de água. O choque térmico é pior que não fazer cura.
- Segundo com a resposta da questão 5, a NBR 14931 [6], as fôrmas e escoramentos devem ser removidos de acordo com o plano de reforma previamente estabelecido e de maneira a não comprometer a segurança e o desempenho em serviço da estrutura. O que não é concretizado na obra, conforme a engenheira responsável.

É importante que a retirada de fôrmas e fixadores dos elementos de concreto pretendido seja realizada de acordo com o cronograma previsto no projeto de construção. Sob nenhuma circunstância os elementos de fixação e formas devem ser removidos até que o concreto tenha adquirido resistência suficiente para:

- suportar a carga imposta ao elemento estrutural nesse estágio;
- evitar deformações que excedam as tolerâncias especificadas;



Publicado em 25 de julho de 2023
REVISTA SOCIEDADE CIENTÍFICA, VOLUME 6, NÚMERO 1, ANO 2023

- resistir a danos para a superfície durante a remoção.

A retirada do escoramento e das formas deve ser efetuada sem choques e obedecer ao plano de desforma elaborado de acordo com o tipo da estrutura.

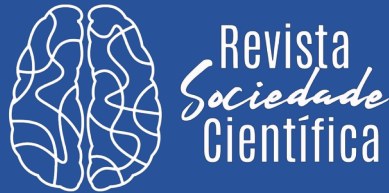
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Analizou – se materiais utilizados na concepção de lajes nervuradas, os tipos mais utilizados na construção civil, os processos de execução e fabricação de lajes nervuradas de edifício de múltiplos pavimentos de acordo com as normas brasileiras. Notou - se que esse tipo de laje tem vantagens e desvantagens e a sua utilização depende das especificações do projeto a ser realizado.

Ao realizar as visitas técnicas, tanto na fábrica de pré-moldados como em uma obra de um prédio de múltiplos pavimentos, verificou – se vários erros ao longo do processo de fabricação, em relação à fábrica, e execução em relação à obra de lajes nervuradas.

Comparando – se os dados obtidos com os responsáveis durante a visitas com as normas brasileiras é claramente evidenciado as falhas tanto na fabricação, quanto na execução da laje nervurada. Nos dois casos que foram relatados no trabalho, observou – se que algumas etapas são executadas por experiência própria, o que é incorreto. Pois deveriam seguir manuais que ensinam de maneiras corretas (NBR's).

Percebeu – se que na fábrica ocorrem demais falhas, notou – se também, muitos materiais no chão e armazenados de forma incorreta, o que pode ocasionar acidentes. Em relação à obra, observou – se que a responsável não executa a obra concordar com as boas práticas, a engenheira apresentou relatos que são realizados de maneira correta e assim como de acordo com as normas NBR NM:1998 e NBR 14931/2003. Mas expôs etapas que não são atendidas conforme a norma NBR 14931 [6], e demonstraram-se dificuldades em responder algumas questões do questionário, necessitando de ajuda, dessa forma, provando a sua falta de conhecimento das boas práticas em relação ao processo de execução de lajes nervuradas.



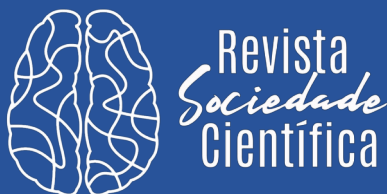
Publicado em 25 de julho de 2023
REVISTA SOCIEDADE CIENTÍFICA, VOLUME 6, NÚMERO 1, ANO 2023

Conclui – se que para ter uma laje nervurada mais eficiente e que atenda as especificações é necessário sempre verificar as normas NBR NM:1998 e NBR 14931/2003 para produzir e executar o tipo de laje dentro dos padrões técnicos.

Por fim, o trabalho foi realizado, pois averiguou – se com êxito o processo executivo em relação às boas práticas da laje nervurada, bem como sua aplicação, execução e montagem no canteiro de obras de um edifício de múltiplos pavimentos.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ALBUQUERQUE, A. T. Análise de alternativas estruturais para edifícios em concreto armado. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, 1999.
- [2] ALLEN, EDWARD (2013). Fundamentos da engenharia de edificações – Materiais e Métodos – 5ª Edição.
- [3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto de estruturas de concreto – Procedimento, NBR 6118. Rio de Janeiro, ABNT, 2003.
- [4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado. NBR 7480. Rio de Janeiro, ABNT, 1996.
- [5] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado. NBR 9062. Rio de Janeiro, ABNT, 2001.
- [6] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Execução de estruturas de concreto - Procedimento. NBR 14931. Rio de Janeiro, ABNT, 2004.
- [7] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. NBR NM 67. Rio de Janeiro, ABNT, 1998.



Publicado em 25 de julho de 2023
REVISTA SOCIEDADE CIENTÍFICA, VOLUME 6, NÚMERO 1, ANO 2023

- [8] BARBOSA, M. B. Concepção e análise de estruturas de edifícios em concreto armado. Relatório final de iniciação científica – Faculdade de Engenharia, UNESP- Campus de Bauru/SP, 2008.
- [9] BASTOS, P. S. Fundamentos do concreto armado. Universidade Estadual Paulista, Departamento de Engenharia Civil, Bauru/SP, 2006.
- [10] BOCCHI JR., C. F.; GIONGO, J. S. Concreto armado: projeto e construção de lajes nervuradas. Universidade de São Carlos, São Carlos, 2010.
- [11] BOROWSKI, G. da C. Cálculo de deslocamentos em lajes nervuradas. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2005.
- [12] BUENO, L. O. Cálculo e dimensionamento de lajes e comparação entre as ferramentas disponíveis. Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2008.
- [13] CASTRO, S. F; NOGUEIRA, L. J. D. Sistemas estruturais de lajes – Parâmetros de escolhas da solução estrutural de lajes. Belém, Pará. 2010.
- [14] FUSCO, P.B. Estruturas de Concreto - Fundamentos do Projeto Estrutural. São Paulo, Ed. USP e McGraw-Hill, 1976.
- [15] LOPES, ANDRÉ FELIPE DE OLIVEIRA. (2012). Estudo técnico comparativo entre lajes maciças e nervuradas com diferentes tipos de materiais de enchimento. CARUARU/PE.
- [16] SOUZA, V. C. M. & CUNHA, A. J. P. “Lajes em Concreto Armado e Protendido”, Ed. UERJ, 2a Edição, Rio de Janeiro, 1998.
- [17] VEJA - Sem obras, PIB da construção civil deve cair 8,6% em 2015. Disponível em: <<http://veja.abril.com.br/noticia/economia/sem-obras-pib-da-construcao-deve-cair-86-02>> Acesso em: 09/12/15 às 18:37.