

# COLETÂNEA HABITARE

**Jorge Bounassar Filho** é engenheiro civil pela Universidade Mackenzie e doutor em Engenharia Civil pelo Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa. Foi reitor da Universidade Estadual de Londrina e é professor associado do Departamento de Estruturas do Centro de Tecnologia e Urbanismo dessa instituição. Consultor *ad-hoc* na avaliação de projetos da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP). Presidente da Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Paraná.  
E-mail: [jbf@uel.br](mailto:jbf@uel.br)

# 6.

## Elaboração de normas: projeto, fabricação e execução de lajes mistas pré-moldadas

Jorge Bounassar Filho

### 1 Estado da arte

A indústria da Construção Civil representa uma das principais atividades da economia brasileira, tendo em vista o seu grande alcance social. É de se realçarem, no seu âmbito de atuação, as atividades voltadas para atendimento à habitação. Nesse campo, a engenharia nacional tem apresentado uma grande evolução no desenvolvimento de produtos e processos que visam a uma maior racionalização de recursos.

Nas soluções de sistemas estruturais tornou-se prática comum a utilização de lajes mistas para edificações, principalmente aquelas voltadas à habitação. Essa solução conduziu à fabricação de lajes mistas pré-moldadas, nas quais as nervuras de concreto armado (vigotas) ou os painéis são pré-fabricados e utilizam materiais de enchimento cerâmico ou outros. Esse processo, que torna a execução das lajes mais rápida e econômica, foi largamente difundido, e a sua utilização tornou-se uma prática comum. Tal situação induziu a criação de inúmeras empresas de fabricação dessas lajes. Entretanto, o desenvolvimento do setor não veio acompanhado de normatização específica que o ordenasse e lhe desse orientação de maneira sistemática.

As normas existentes de lajes mistas (NBR 6119) e de pré-moldados (NBR 9062) não satisfazem as peculiaridades do setor e nem disciplinam a sua produção. Assim sendo, tornou-se imperiosa a elaboração de um conjunto de normas que atendessem às especificidades de projeto, produção e montagem dessas lajes, de forma a garantir os requisitos necessários de segurança com um controle efetivo de qualidade.

## 2 Metodologia

Com o propósito de atender às necessidades regionais, a Universidade Estadual de Londrina desenvolveu um projeto de extensão do Programa de Controle de Qualidade de Lajes Pré-Moldadas. Este projeto serviu de base para o início dos estudos e possibilitou a realização de um diagnóstico da situação de um grupo de empresas do setor.

Concomitantemente ao desenvolvimento inicial do projeto, os colaboradores dessa coletânea foram convidados para compor a Comissão de Estudos criada pelo COBRACON/ABNT (CE 02.107.01), com o propósito de elaborar um conjunto de normas para o setor das lajes pré-fabricadas. Essa comissão foi constituída por representantes das indústrias do setor produtivo de lajes e materiais componentes, bem como de representantes de universidades e laboratórios de análise experimental. Assim, o projeto foi desenvolvido simultaneamente com os trabalhos da Comissão de Estudos, o que veio a enriquecer sobremaneira o trabalho.

Tais trabalhos foram sempre subsidiados por informações que tiveram origem nos variados setores industriais e de pesquisa envolvidos na problemática das lajes pré-fabricadas. As diversas associações representativas das empresas de fabricação de elementos pré-fabricados, de materiais de enchimento (cerâmico, EPS, etc.), as indústrias de fabricação de aço para concreto armado e protendido, alguns pesquisadores ligados a universidades e centros de pesquisa, laboratórios de controle de materiais e outros tiveram participação ativa no processo. Os subsídios apresentados e consolidados nos textos das normas supriram as necessidades do projeto, ao mesmo tempo que os recursos disponibilizados pela FINEP à UEL viabilizaram a compra de materiais e equipamentos para o laboratório de estruturas, dando condições de desenvolvimento de ensaios para os diversos elementos estruturais.

O resultado final dos textos das normas corresponde ao consenso entre os diversos setores envolvidos, tendo sido esses textos encaminhados para o processo de votação nacional pela ABNT.

### 3 Resultados

O projeto visou à produção de normas de especificações e requisitos para a regulamentação do setor produtivo de fabricação de lajes pré-fabricadas.

No desenvolvimento do projeto e dos trabalhos da Comissão de Estudos foram computadas as informações obtidas das diversas indústrias das lajes pré-fabricadas do sistema vigota-bloco (concreto armado, concreto protendido e treliçadas), do sistema de pré-laje (treliçadas e protendida), do sistema de painel alveolar de concreto protendido, assim como da indústria de materiais de enchimento (cerâmica, EPS e blocos de cimento), da indústria dos aços para concreto armado e protendido (fios, varões, treliças, etc.) e de outros setores. Nesse processo foram realizados diversos ensaios para orientar a definição de valores a serem assumidos como mínimos de normas e a padronização de valores da geometria dos diversos componentes dos sistemas.

As normas apresentam ainda exigências em relação aos projetos estrutural e de execução, bem como ao manual de colocação e montagem, a serem elaborados por profissionais habilitados, e também orientam no que se refere à inspeção de verificação de aceitação do material em obra, visando à qualidade do produto final.

Os resultados encontrados estão sistematizados nos textos apresentados para votação nacional.

### 4 Propostas para normalização

Os projetos-de-norma que resultaram dos trabalhos desenvolvidos estão apresentados a seguir. O projeto referente ao sistema vigota-bloco consta na sua íntegra na seqüência, e no tocante aos outros, apenas são apresentados o seu selo de identificação, o sumário e respectivo objetivo.

# Laje pré-fabricada

## Parte 1: Lajes unidirecionais - Especificação sistema vigota-bloco

Origem:

CB-02 Comitê Brasileiro da Construção

CE-02:107.01

NBR

Descriptors:

Válida a partir de

Palavras-chave: Laje pré-fabricada

19 páginas

### Sumário

#### Parte 1: lajes unidirecionais

Prefácio

1 Objetivo

2 Referências normativas

3 Definições

4 Condições gerais

5 Condições específicas

6 Inspeção

7 Aceitação e rejeição

## Prefácio

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o Fórum Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (CB) e dos Organismos de Normalização Setorial (ONS), são elaboradas por Comissões de Estudos (CE), formadas por representantes dos setores envolvidos, delas fazendo parte produtores, consumidores e neutros (universidades, laboratórios e outros).

Esta norma brasileira consiste de duas partes sob o nome genérico de Laje Pré-Fabricada, a saber. Parte 1: Lajes Unidirecionais e Parte 2: Lajes Bidirecionais. Os Anexos A, B, C e D são de caráter normativo.

Os Projetos de Norma Brasileira, elaborados no âmbito dos CB e ONS, circulam para Votação Nacional entre os associados da ABNT e demais interessados.

## 1 Objetivo

Esta norma fixa as condições exigíveis para recebimento e utilização de componentes de lajes pré-fabricadas (vigotas, elementos de enchimento e demais complementos adicionados à obra) a serem empregados na execução de estruturas laminares nervuradas unidirecionais (Parte 1) e bidirecionais (Parte 2), para qualquer tipo de edificação, de acordo com a NBR 6118 e a NBR 7197.

## 2 Referências normativas

As normas relacionadas a seguir contêm disposições que, através de referência neste texto, constituem prescrições válidas para a presente norma.

Na data de publicação desta norma, as edições indicadas eram válidas. Como todas as normas estão sujeitas a revisões, as partes envolvidas em acordos baseados nesta norma devem investigar a possibilidade de utilização de edições mais recentes das normas indicadas. A ABNT mantém registros das normas válidas atualmente.

Na aplicação desta norma é necessário consultar:

**NBR 5672** – Diretrizes para o controle tecnológico de materiais destinados a estruturas de concreto - Especificação

**NBR 6118:1978** – Projeto e execução de obras de concreto simples, armado e protendido – Procedimento

**NBR 6120:1978** – Cargas para o cálculo de estruturas e edificações - Procedimento

**NBR 7197:1989** – Projeto de estruturas de concreto protendido - Procedimento

**NBR 7211:1982** – Agregados para concreto - Especificação

**NBR 7480:1985** – Barras e fios de aço destinados a armadura de concreto – Especificação

**NBR 7481:1989** – Telas de aço soldadas para armadura de concreto - Especificação

**NBR 7482:1990** – Fios de aço para concreto protendido – Especificação

**NBR 7483:1990** – Cordoalhas de aço para concreto protendido – Especificação

**NBR 8953:1992** – Concreto para fins estruturais – Classificação por grupos de resistência – Classificação

**NBR 9062:1985** – Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldados – Procedimento

**NBR 9607:1986** – Prova de carga em estruturas de concreto armado e protendido - Método de ensaio

**NBR 12654:1992** – Controle tecnológico de materiais componentes do concreto – Procedimento

**NBR 12655:1992** – Concreto – Preparo, controle e recebimento – Especificação

**02:107.01-004** – Requisitos para armações treliçadas – Especificação

### 3 Definições

Para os efeitos da Parte 1 desta norma são adotadas as definições dos itens 3.1 a 3.8.

#### 3.1 Laje pré-fabricada unidirecional

São lajes nervuradas constituídas por nervuras principais longitudinais (NL), dispostas em uma única direção. Poderão ser empregadas algumas nervuras transversais (NT) perpendiculares às nervuras principais.

##### 3.1.1 Vigotas pré-fabricadas

Componentes constituídos por concreto estrutural, executados 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 de três tipos:

- a) de concreto armado (VC): com seção de concreto usualmente formando um “I” invertido, com armadura passiva totalmente englobada pelo concreto da vigota; utilizadas para compor as lajes de concreto armado (LC) (Ver Figura 1.a);
- b) de concreto protendido (VP): com seção de concreto usualmente formando um “I” invertido, com armadura ativa pré-tensionada totalmente englobada pelo concreto da vigota; utilizadas para compor as lajes de concreto protendido (LP) (Ver Figura 1.b); e
- c) treliçadas (VT): com seção de concreto formando uma placa, com armadura treliçada (Projeto 02:107.01-004), parcialmente englobada pelo concreto da vigota. Quando necessário, deverá ser complementada com armadura passiva inferior de tração ( $f_{at}$ ) totalmente englobada pelo concreto da nervura; utilizadas para compor as lajes treliçadas (LT) (Ver Figura 1.c).

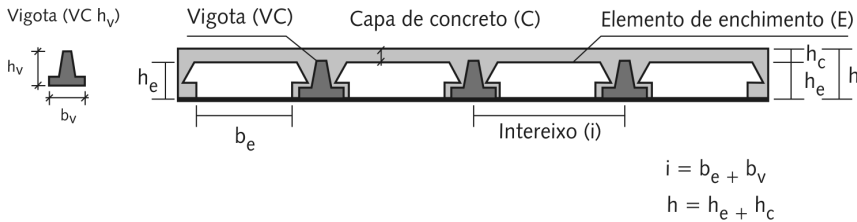


Figura 1a – Lajes com vigotas de concreto armado (LCh)

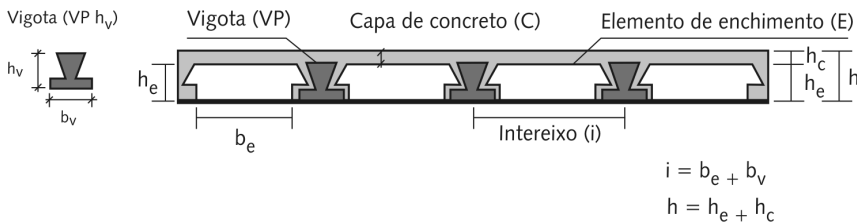


Figura 1b – Lajes com vigotas de concreto protendido (LPh)

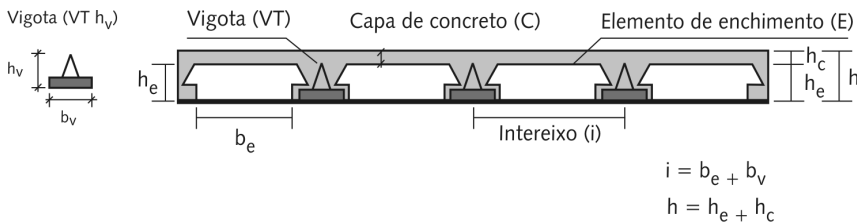


Figura 1c – Lajes com vigotas treliçadas (LTh)



### 3.1.2 Complementos de enchimento (E)

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 e o peso próprio da laje, e servir como forma para o concreto complementar. Nota: são desconsiderados como colaboradores nos cálculos de resistência e rigidez da laje.

### 3.1.3 Armadura complementar

Complemento adicionado à obra, dimensionado e disposto de acordo com o projeto da laje, conforme item 5.1. Poderá ser:

- a) longitudinal ( $f_{cl}$ ): admissível apenas em lajes treliçadas quando não for possível integrar na vigota treliçada toda a armadura passiva inferior de tração ( $f_{at}$ ) necessária;
- b) transversal ( $f_{pt}$ ): compõe a armadura das nervuras transversais (NT);
- c) de distribuição ( $f_d$ ): posicionada na capa nas direções transversal e longitudinal, quando necessária, para a distribuição das tensões oriundas de cargas concentradas e para o controle da fissuração, observando o disposto no item 5.6;
- d) superior de tração ( $f_{st}$ ): disposta sobre os apoios nas extremidades das vigotas, no mesmo alinhamento das nervuras longitudinais (NL) e posicionada na capa. Proporcionam a continuidade das nervuras longitudinais (NL) com o restante da estrutura, o combate à fissuração e a resistência ao momento fletor negativo, de acordo com o projeto da laje, conforme o item 5.1;
- e) outras: especificadas caso a caso, utilizadas para atender a necessidades particulares de cada projeto, conforme o item 5.1.

O aço que compõe o banzo superior das armações treliçadas eletrossoldadas, de acordo com o Projeto de Norma 02:107.01-004, pode ser considerado como de armadura de distribuição, superior de tração, desde que posicionado como descrito em 3.1.3.c e 3.1.3.d. e atendida a NBR 6118.

### 3.1.4 Capa (C)

Placa superior da laje cuja espessura é medida a partir da face superior do elemento de enchimento, formada por concreto complementar.

### 3.1.5 Concreto complementar

Componente preparado de acordo com a NBR 12655, adicionado à obra, com resistência, trabalhabilidade e espessuras especificadas de acordo com os projetos estrutural e de execução da laje, conforme o item 5.1. Deve ser aplicado em:

- a) complementação das vigotas pré-fabricadas para a formação das nervuras longitudinais (NL) e das nervuras transversais (NT), no caso das lajes treliçadas;

b) formação da capa (C).

### **3.2 Intereixo (i)**

Distância entre eixos de vigotas pré-fabricadas, entre as quais serão montados os elementos de enchimento (E).

### **3.3 Flecha (a)**

Maior deslocamento perpendicular ao plano da laje. Esse valor deverá respeitar os limites prescritos pela NBR 6118.

### **3.4 Contraflecha (a<sub>c</sub>)**

Deslocamento vertical intencional aplicado às vigotas pré-fabricadas durante a montagem destas, por meio do escoramento contrário ao sentido da flecha (a).

### **3.5 Escoramento (cimbramento)**

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.

### **3.6 Cargas (Ações)**

Ações especificadas por sua intensidade, natureza e localização sobre a laje.

#### **3.6.1 Carga permanente de peso próprio**

Somatória do peso dos componentes pré-fabricados (vigotas e elementos de enchimento) e dos materiais complementares (armaduras adicionais e concreto complementar).

#### **3.6.2 Cargas permanentes adicionais**

São as decorrentes de alvenarias, revestimentos, contrapisos e outras que serão parte integrante da carga da laje.

#### **3.6.3 Carga acidental**

Carga distribuída ou concentrada sobre a laje, conforme definido na NBR 6120, ou outras normas específicas, aplicáveis à utilização da estrutura.

#### **3.6.4 Carga adicional total**

É a somatória das cargas acidentais e permanentes adicionais. Não se inclui nesse valor, para efeitos de especificação, o peso próprio da laje.

#### **3.6.5 Carga de trabalho**

Cargas incidentes sobre a laje durante a fase de montagem, até que o concreto complementar alcance a resistência definida pelo projeto estrutural.

### 3.7 Altura total da laje (h)

Distância entre o plano inferior e o plano superior da laje, já com o concreto complementar lançado, adensado e regularizado (nervuras e capa).

#### 3.7.1 Altura da vigota ( $h_v$ )

Distância entre o plano inferior e o plano superior da vigota. No caso de vigota treliçada, o topo do banzo superior determina o plano superior.

#### 3.7.2 Altura do elemento de enchimento( $h_e$ )

Distância entre o plano inferior e o plano superior do elemento de enchimento.

### 3.8 Vãos

#### 3.8.1 Vão livre

Distância interna entre as faces dos apoios.

#### 3.8.2 Vão teórico

Distância utilizada para efeitos de cálculo e dimensionamento da laje, obtida a partir do vão livre, de acordo com o disposto na NBR 6118.

## 4 Condições gerais

### 4.1 Campo de aplicação

As especificações descritas na Parte 1 desta norma são aplicáveis a lajes unidirecionais para qualquer tipo de edificação.

### 4.2 Alturas padronizadas

Em função das alturas padronizadas dos elementos de enchimento, as alturas totais das lajes pré-fabricadas são as seguintes, conforme a Tabela 1:

| Altura do elemento de enchimento ( $h_e$ ) | Altura total da laje (h) (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 0- 25,0                  |
| 24,0                                       | 29,0 - 30,0                   |
| 29,0                                       | 34,0 - 35,0                   |

Tabela 1 – Altura total (h)

4.2.1 Outras alturas poderão ser utilizadas, mediante acordo prévio e expresso entre fornecedor e comprador, desde que sejam atendidas todas as demais disposições desta norma.

4.2.2 A designação da laje deve ser composta de sua sigla (LC, LP ou LT), seguida da altura total (h), da altura do elemento de enchimento ( $h_e$ ), do símbolo “+” e da altura da capa ( $h_c$ ), devendo ser todos os valores expressos em “cm”.

| Genérico             | Exemplos     |
|----------------------|--------------|
| LC h ( $h_e + h_c$ ) | LC 11 (7+4)  |
| LP h ( $h_e + h_c$ ) | LP 12 (8+4)  |
| LT h ( $h_e + h_c$ ) | LT 30 (24+6) |

Tabela 2 – Descrição

### 4.3 Intereixo (i)

Os intereixos mínimos variam em função do tipo da vigota e das dimensões do elemento de enchimento, de acordo com o item 4.4.3, sendo os mínimos padronizados os estabelecidos na Tabela 3.

| Tipo de vigota | Intereixos mínimos padronizados (cm) |
|----------------|--------------------------------------|
| VC             | 33,0                                 |
| VP             | 40,0                                 |
| VT             | 42,0                                 |

Tabela 3 – Intereixos mínimos padronizados

4.3.1 No caso da utilização de vigotas treliçadas e  $h_f$  13,0 cm, permite-se adotar intereixo mínimo de 40,0 cm.

## 4.4 Materiais

### 4.4.1 Concreto

O concreto que compõe as vigotas pré-fabricadas e o concreto complementar devem atender às especificações das seguintes normas: NBR 6118, NBR 8953, NBR 12654 e NBR 12655. A resistência característica à compressão será a especificada pelo projeto estrutural, sendo exigida no mínimo a classe C20. No caso da execução concomitante do concreto complementar e do concreto da estrutura, prevalece o de classe mais alta especificado no projeto.

O concreto da classe C20 corresponde à resistência característica à compressão aos 28 dias, de 20 MPa.

### 4.4.2 Aço

O aço para fins de utilização em lajes pré-fabricadas deve atender ao disposto na Tabela 4.

| Produto                          | Norma Brasileira          | Diâmetro nominal mínimo (mm)  | Diâmetro nominal máximo (mm)  |
|----------------------------------|---------------------------|---|---|
| Barras/fios de aço CA 50/CA 60   | NBR 7480                  | 6,3 (CA 50)<br>4,2 (CA 60)  | 20,0 (CA 50)<br>10,0 (CA 60)  |
| Tela de aço eletrossoldada       | NBR 7481                  | 3,4   | –   |
| Fios de aço para protensão       | NBR 7482                  | 3,0   | –   |
| Cordoalhas de aço para protensão | NBR 7483                  | 3 x 3,0   | –   |
| Armação treliçada eletrossoldada | Projeto 02:<br>107.01.004 | Diagonal (sinusóide): 3,4<br>Banzo superior: 6,0<br>Banzo inferior: 4,2 | Diagonal (sinusóide): 7,0<br>Banzo superior: 12,5<br>Banzo inferior: 12,5 |

Tabela 4 – Aço para utilização em lajes pré-fabricadas

4.4.2.1 Outras dimensões, desde que superiores à mínima padronizada, poderão ser utilizadas mediante acordo entre fornecedor e comprador.

#### 4.4.3 Vigotas

4.4.3.1 Para todos os tipos de vigotas, adota-se como tolerância dimensional  $b_v$  e  $h_v \pm(5,0)$  mm.

4.4.3.2 Nas vigotas de concreto armado (VC) exige-se a colocação de espaçadores distanciados de no máximo 50,0 cm, com a finalidade de garantir o posicionamento das armaduras durante a concretagem.

#### 4.4.4 Elementos de enchimento

4.4.4.1 Devem ter as dimensões padronizadas estabelecidas na Tabela 5 e na Figura 2, podendo ser maciços ou vazados e compostos de materiais leves, suficientemente rígidos, que não produzam danos ao concreto e às armaduras.

4.4.4.2 Devem ainda ter resistência característica à carga mínima de ruptura de 1,0 kN, suficiente para suportar esforços de trabalho durante a montagem e concretagem da laje. Para os elementos de enchimento com 7,0 e 8,0 cm de altura, admite-se resistência característica para suportar a carga mínima de ruptura de 0,7 kN.

4.4.4.3 A determinação da carga de ruptura deve ser feita conforme os Anexos B e C desta norma.

4.4.4.4 A face inferior deve ser plana, e as laterais devem apresentar abas de encaixe para apoio nas vigotas. Devem manter íntegras as suas características durante a sua utilização bem como devem estar isentos de partes quebradas e de trincas que comprometam o seu desempenho ou que permitam a fuga do concreto complementar (capa e nervuras).

|                                   |  |     |
|-----------------------------------|--|-----|
| Altura (h <sub>0</sub> ) nominal  | 7,0 (mínima), 8,0, 9,5, 11,5, 15,5, 19,5, 23,5, 28,5 |     |
| Largura (b <sub>0</sub> ) nominal | 25,0 (mínima), 30,0 32,0 - 37,0 39,0 40,0 47,0 50,0  |     |
| Comprimento (c) nominal           | 20,0 (mínimo), 25,0                                  |     |
| Abas de encaixe                   | (a <sub>1</sub> )                                    | 3,0 |
|                                   | (a <sub>2</sub> )                                    | 1,5 |

**Tabela 5 – Dimensões padronizadas dos elementos de enchimento (cm)**

| Altura           |           |            |
|------------------|-----------|------------|
| Nominal (cm)     | Real (cm) | Tolerância |
| H7               | 7,0       | + (2,0) mm |
| H8               | 8,0       | ± (2,0) mm |
| H10              | 9,5       | ± (3,0) mm |
| H12              | 11,5      | ± (3,0) mm |
| H16              | 15,5      | ± (3,0) mm |
| H20              | 19,5      | ± (4,0) mm |
| H24              | 23,5      | ± (4,0) mm |
| H29              | 28,5      | ± (4,0) mm |
| Largura          |           |            |
| Nominal (cm)     | Real (cm) | Tolerância |
| 25               | 25        | + (3,0) mm |
| 30               | 30        | ± (3,0) mm |
| 32               | 32        | ± (3,0) mm |
| 37               | 37        | ± (4,0) mm |
| 39               | 39        | ± (4,0) mm |
| 40               | 40        | ± (4,0) mm |
| 47               | 47        | ± (5,0) mm |
| 50               | 50        | ± (5,0) mm |
| Comprimento      |           |            |
| Nominal (cm)     | Real (cm) | Tolerância |
| 20               | 20        | ± (3,0) mm |
| 25               | 25        | ± (3,0) mm |
| Altura do Apoio  |           |            |
| Nominal (cm)     | Real (cm) | Tolerância |
| 3,0              | 3,0       | ± (1,0) mm |
| Largura do Apoio |           |            |
| Nominal (cm)     | Real (cm) | Tolerância |
| 1,5              | 1,5       | ± (1,0) mm |

**Tabela 6 – Tolerâncias dimensionais para os elementos de enchimento**

Tabela 7 – Tolerâncias dimensionais para os elementos de enchimento de ruptura dúctil (mm)

Devem obedecer ao disposto no projeto da laje, conforme item 5.1, quanto às dimensões e às tolerâncias de fabricação. Para a definição dos parâmetros de inspeção e recepção no tocante a aparência, cantos, cor, rebarbas, textura, ausência de agentes desmoldantes na superfície e assemelhados, o fabricante deve apresentar amostras representativas do material para termo de comparação da qualidade do produto entregue.

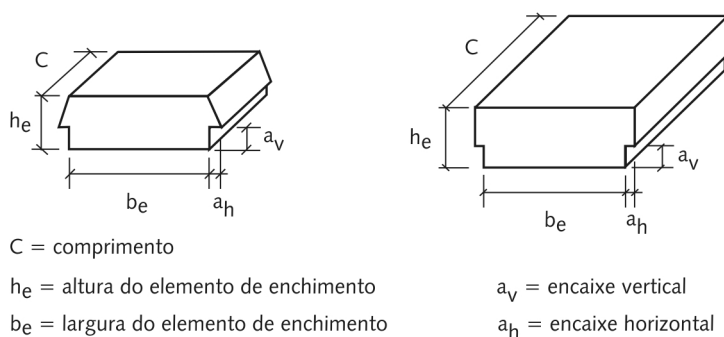


Figura 2 – Elementos de enchimento

4.4.4.6 Elementos de enchimento constituídos por material de ruptura frágil, tais como concreto, cerâmica e concreto celular autoclavado (CCA), devem ter sua carga de ruptura à flexão determinada pelo método de ensaio disposto no Anexo B.

Elementos de enchimento constituídos por material de ruptura dúctil, tais como EPS e outros, devem ter sua carga de ruptura à flexão determinada pelo método de ensaio disposto no Anexo C.

4.4.4.7 Outras dimensões dos elementos de enchimento, se superiores à mínima padronizada, poderão ser utilizadas, mediante acordo prévio e expresso entre fornecedor e comprador, desde que atendidas todas as demais disposições desta norma.

4.4.4.8 O lote de elementos de enchimento fornecido deverá estar acompanhado por especificação emitida pelo fabricante, na qual estarão identificadas as suas dimensões nesta ordem: altura, largura e comprimento.

#### 4.4.5 Montagem

A montagem dos elementos pré-fabricados deve obedecer ao disposto no Projeto de execução da laje e no Manual de colocação e montagem da laje quanto ao arranjo físico e às especificações das vigotas pré-fabricadas e dos elementos de enchimento. Devem ser executados:

- a) o nivelamento dos apoios, dentro das tolerâncias de montagem especificadas;
- b) a colocação das armaduras previstas no projeto;
- c) a instalação de passadiços quando necessários para o trânsito de pessoal e transporte de concreto; e
- d) o lançamento, o adensamento e a cura do concreto complementar.

### 5 Condições específicas

#### 5.1 Projeto da laje

O projeto da laje, elaborado por profissionais habilitados é composto de três partes distintas, a saber:

- a) Projeto estrutural da laje;
- b) Projeto de execução da laje; e
- c) Manual de colocação e montagem.

##### 5.1.1 Projeto estrutural da laje

O cálculo e o dimensionamento das lajes (vãos, cargas, dimensões, armaduras e materiais complementares) devem ser elaborados de acordo com as NBRs 6118, 9062, 7197 e com os projetos da obra.

Especial atenção deve ser dispensada à verificação de flechas, levando-se em conta os efeitos de deformação lenta e outros efeitos dependentes do tempo.

O cálculo e o dimensionamento das lajes, apresentados sob a forma de memorial de cálculo, considerando-se as premissas de projeto e os resultados, devem conter:

- a) direção das vigotas;
- b) vinculação de apoios;
- c) vãos;
- d) cargas consideradas conforme 3.6;
- e) dimensões e posicionamento das armaduras complementares;
- f) classe de resistência do concreto complementar;
- g) altura total da laje;
- h) dimensões e materiais constituintes dos elementos de enchimento;



- i) intereixos; e
- j) análise e detalhamento das aberturas de qualquer amplitude na laje, quando couber.

### 5.1.2 Projeto de execução da laje

Documento que deve acompanhar a entrega dos produtos e contemplando o seguinte:

- a) altura total da laje e da capa de concreto complementar;
- b) distanciamento entre escoras e quantidade de linhas de escoramento;
- c) quantidade, comprimento, localização e direção das vigotas pré-fabricadas;
- d) especificação e posicionamento dos elementos de enchimentos;
- e) contraflechas;
- f) disposição e especificação das nervuras de travamento (NT);
- g) quantidade, especificação e disposição das armaduras complementares;
- h) classe de resistência do concreto complementar;
- i) previsão de consumo de concreto e aço complementar por m<sup>2</sup> da laje;
- j) altura total da vigota pré-fabricada;
- k) cargas consideradas, conforme 3.6;
- l) peso próprio;
- m) detalhamento de apoios e ancoragem das vigotas; e
- n) prazo e forma de retirada do escoramento.

### 5.1.3 Manual de colocação e montagem

Documento que deve conter as informações que orientem a execução do projeto da laje na obra, complementado pelo documento especificado no item 5.1.2.

Recomendações especiais devem ser feitas quanto às interferências das instalações hidráulicas, elétricas e de utilidades em geral com a estrutura da laje.

94

## 5.2 Espaçamento entre linhas de escoramento

O espaçamento entre linhas de escoramento deve ser determinado no projeto de execução da laje, considerando-se o tipo de vigota e as cargas na fase de montagem e concretagem.

## 5.3 Capa

Será considerada como parte resistente se sua espessura for no mínimo igual a 3,0 cm. No caso da existência de tubulações, a espessura mínima da capa de com-

pressão acima destas será de no mínimo 2,0 cm, complementada quando necessário, com armadura adequada à perda da seção resistente, observados os limites estabelecidos na Tabela 8.

|                                     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 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  | 4,0  | 4,0  | 4,0  | 4,0  | 4,0  | 4,0  | 4,0  | 4,0  | 4,0  | 5,0  | 4,0  | 5,0  | 5,0  |

Tabela 8 – Capa mínima resistente para as alturas totais padronizadas (cm)

#### 5.4 Vigotas e nervuras

As vigotas devem ter uma largura mínima tal que permita, quando montadas em conjunto com os elementos de enchimento, a execução das nervuras de concreto complementar com largura mínima **equivalente** a 4,0 cm e atendendo ao disposto na NBR 6118.

#### 5.5 Armadura longitudinal

A armadura longitudinal deve ser distribuída uniformemente pelas vigotas, e pelo menos 50% da seção da armadura deve ser mantida até os apoios, obedecendo ao disposto na NBR 6118.

#### 5.6 Armadura de distribuição

Deve haver uma armadura de distribuição descrita em 3.1.3.c, colocada na capa de concreto complementar, com seção de no mínimo 0,9 cm<sup>2</sup>/m para aços CA 25 e de 0,6 cm<sup>2</sup>/m para os aços CA 50 e CA 60, contendo pelo menos três barras por metro, conforme o descrito na Tabela 9.

| Aço          | Área mínima            | Nº de barras/m |          |
|--------------|------------------------|----------------|----------|
|              |                        | Ø 5,0 mm       | Ø 6,3 mm |
| CA 25        | 0,9 cm <sup>2</sup> /m | 5              | 3        |
| CA 50, CA 60 | 0,6 cm <sup>2</sup> /m | 3              | 3        |

Tabela 9 – Área mínima e quantidade de armadura de distribuição

## 5.7 Marcação

Todas as vigotas deverão ter marcação que identifique o fabricante e sua correlação com o projeto.

## 6 Inspeção

### 6.1 Inspeção geral

Considera-se como lote de fornecimento todo o conjunto de componentes para lajes pré-fabricadas entregues na obra, correspondentes a até 200 m<sup>2</sup>, para cada produto.

Em todas as obras, os componentes da laje pré-fabricada deverão ser submetidos à inspeção geral pelo comprador ou por seu representante, para verificação de suas características, observando-se o disposto nesta norma, além de se verificar a compatibilidade geométrica entre as vigotas e os elementos de enchimento para utilização conjunta e a compatibilidade das características dos componentes entregues com o que foi especificado no projeto da laje.

### 6.2 Inspeção por ensaios

Para obras que apresentem pelo menos uma das seguintes características: a) mais que 200 m<sup>2</sup>; b) vão superior a 6,0 m; c) carga accidental superior a 5,0 kN/m<sup>2</sup> em laje pré-fabricada, submeter um conjunto apoiado de 2 (duas) vigotas e seus correspondentes elementos de enchimento na combinação de vão entre linhas de escoramento, altura total e intereixo mais desfavorável da obra, a fim de verificar se o conjunto suporta a sobrecarga de trabalho sem apresentar fissuras e deformações inadmissíveis, definidas pelo projeto. Esse ensaio se repetirá sempre que mude o fabricante ou o aspecto dos componentes fornecidos. Os ônus dos ensaios ficam às expensas do comprador (ver Anexo A).

Todos os materiais complementares (concreto e aço) deverão atender às respectivas normas técnicas.

Mediante acordo expresso entre comprador e fornecedor, qualquer fornecimento diferente, sem as características anteriormente estabelecidas, deverá ser submetido aos respectivos ensaios previstos em norma.

É facultada ao comprador a dispensa de executar o ensaio dos componentes.

### **6.2.1 Elementos de enchimento**

Do lote de elementos de enchimento correspondente ao estabelecido no item 6 desta norma, deve-se retirar aleatoriamente uma peça para ensaio, conforme item 4.4.3.2. Após submetida a ensaio e tendo a peça atingido o limite mínimo para resistência característica à carga de ruptura estabelecido por esta norma, considerar-se-á o lote aprovado. No caso de a peça submetida a ensaio romper-se antes de atingir o limite mínimo de ruptura estabelecido, serão retiradas aleatoriamente mais peças para novo ensaio. Nesse segundo ensaio, as três peças deverão atingir o limite mínimo de ruptura estabelecido para que o lote seja aprovado.

## **7 Aceitação e rejeição**

Os componentes que não atenderem ao item 6.1 serão retirados do lote e substituídos.

Se, quando submetido ao disposto no item 6.2.a, o conjunto de componentes não atender às condições mínimas exigidas, o lote deverá ser submetido à contraprova nas mesmas condições. No caso de novo não atendimento às condições mínimas, o lote será rejeitado.

Se, quando submetido ao disposto no item 6.2.b, a laje acabada não atender às condições mínimas estabelecidas em projeto, ela será rejeitada, sendo a responsabilidade do fornecedor limitada aos componentes e às especificações por ele fornecidos.

## **ANEXO A (normativo)**

### **ANEXO A - Verificação da resistência à carga de trabalho – Método de ensaio**

#### **A.1 Objetivo**

Este anexo estabelece o método de ensaio para verificação na obra da resistência do conjunto vigotas, elementos de enchimento e materiais complementares à carga de trabalho prevista.

## A.2 Procedimento

Submeter um conjunto apoiado de duas vigotas e seus correspondentes elementos de enchimento na combinação de vão entre linhas de escoramento, altura total e intereixo mais desfavorável da obra, a fim de verificar se o conjunto suporta a carga de trabalho sem apresentar fissuras e deformações inadmissíveis, definidas pelo projeto. Este ensaio se repetirá sempre que se mudem o fabricante ou o aspecto dos componentes fornecidos.

Mediante acordo expresso entre comprador e fornecedor, qualquer fornecimento diferente das características anteriormente estabelecidas poderá ser submetido a essa inspeção por ensaio.

## ANEXO B (normativo)

### ANEXO B – Determinação da carga de ruptura à flexão para elemento de enchimento de ruptura frágil – Método de ensaio

#### B.1 Objetivo

Este anexo prescreve o método para determinação da carga de ruptura à flexão de elementos de enchimento de ruptura frágil, tais como:

- cerâmica;
- concreto; e
- CCA (concreto celular autoclavado).

#### B.2 Aparelhagem

B.2.1 Prensa para ensaio de flexão ou outro dispositivo que possibilite a aplicação de carga de modo progressivo e sem golpes, devendo possuir dinamômetro com resolução igual ou inferior a 10 N para leitura da carga de ruptura e para controle da velocidade de aplicação da carga.

B.2.2 Dois apoios cilíndricos de aço, com diâmetro de  $(10 \pm 1)$  mm e comprimento nivelados e revestidos com tira de feltro ou papelão nas geratrizes em contato com o bloco.

B.2.3 Os apoios devem ser articulados, permitindo rotação na direção do comprimento do corpo-de-prova, sendo a distância entre eles regulável. O eixo de cada apoio deve coincidir com o eixo de cada aba lateral do bloco cerâmico.

**B.2.4** Um cutelo superior de aço, prismático, com largura de 70 mm e comprimento igual ou superior ao comprimento do bloco a ser submetido a ensaio, com rigidez necessária para transmitir a carga por toda a extensão do corpo-de-prova.

**B.2.5** O prato superior da prensa deve ser articulado de forma a permitir rotação na direção do comprimento do corpo-de-prova, e o cutelo deve ser revestido com feltro ou papelão na face em contato com o corpo-de-prova.

### **B.3 Corpos-de-prova**

**B.3.1** Cada corpo-de-prova é constituído por um bloco cerâmico inteiro e isento de defeitos.

**B.3.2** Tomar as dimensões do bloco na umidade ambiente.

**B.3.3** Imergir o corpo-de-prova em água potável durante 24 horas; após este intervalo de tempo apoiá-lo sobre os apoios cilíndricos de aço, nas condições já descritas.

**B.3.4** Posicionar o cutelo prismático superior a meia distância entre os apoios.

**B.3.5** Aplicar a carga progressivamente sem golpes, com velocidade de carregamento da ordem de 50 N/s, até a ruptura do corpo-de-prova. Adicionar à carga de ruptura registrada o peso próprio do cutelo superior.

**B.3.6** Após a ruptura, medir a espessura das paredes do bloco cerâmico na seção fraturada (parede horizontal superior, parede horizontal inferior e paredes internas quando atingidas pela ruptura).

**B.3.6.1** As espessuras devem ser determinadas com paquímetro com resolução de 0,01 mm. Como espessura de cada parede deve-se considerar a média aritmética de três determinações, com arredondamento para décimo de milímetro.

### **B.4 Relatório do ensaio**

**B.4.1** O documento técnico contendo os resultados dos ensaios deve consignar:

- a) a identificação do solicitante;
- b) a identificação do fabricante;
- c) a identificação do responsável pelo ensaio;
- d) a identificação do lote;
- e) a data do ensaio;

- f) a referência a esta norma;
- g) o tipo e classificação do bloco cerâmico para laje pré-fabricada; e
- h) o desenho esquemático da seção transversal dos blocos, identificando suas respectivas dimensões lineares (largura, espessura, etc.).

**B.4.2** Para cada corpo-de-prova individual devem ser registradas:

- a) as dimensões lineares (comprimento, espessura das paredes, etc.);
- b) a distância entre os eixos dos cutelos de apoio;
- c) a carga de ruptura expressa em kgf (arredondado para número inteiro); e
- d) a espessura média das paredes externas e internas do bloco na seção fraturada (espessura arredondada para décimo de milímetro).

## **ANEXO C (normativo)**

### **ANEXO C - Determinação da carga de ruptura a flexão para elemento de enchimento de ruptura dúctil - Método de ensaio**

#### **C.1 Objetivo**

Este anexo estabelece o método de ensaio para determinação da resistência característica dos elementos de enchimento de ruptura dúctil, tais como EPS.

#### **C.2 Aparelhagem**

**C.2.1** O dispositivo deve simular a montagem de lajes, com dois apoios reguláveis horizontalmente, para permitir a colocação de corpos-de-prova com as dimensões máximas de comprimento e largura igual a 500 mm, e altura igual a 300 mm. A resistência dos apoios deve ser igual ou superior a das vigotas ou vigas treliçadas normalmente utilizadas nas lajes.

**C.2.2** O dispositivo ser provido de uma base rígida de 200 mm x 75 mm, simulando um calçado, e deverá ter movimento vertical, exercendo uma carga sobre o corpo-de-prova.

**C.2.3** A carga exercida pela sapata sobre o corpo-de-prova deve ser lida durante o ensaio, com aplicação controlada.

C.2.4 O curso do movimento deve ter regulagem para permitir a colocação de corpos-de-prova cujas alturas são definidas nos projetos das lajes.

### C.3 Corpos-de-prova

Qualquer peça em EPS, conforme especificado nos itens: (vide texto do projeto da norma), porém com o comprimento de 500 mm.

### C.4 Procedimentos para execução do ensaio

C.4.1 De um lote de fornecimento, correspondente a no máximo 200 m<sup>2</sup> de laje, retirar aleatoriamente uma peça identificando-a e numerando-a.

C.4.2 Posicionar o corpo-de-prova sobre os apoios reguláveis, de tal forma que o centro da sapata fique afastado  $150 \pm 5$  mm de duas faces verticais não paralelas, observando que o sentido do comprimento desta deve ficar paralelo ao sentido do comprimento do corpo-de-prova.

C.4.3 Aplicar a carga progressivamente até que ocorra a ruptura do corpo-de-prova, anotando o valor em kN.

C.4.4 Os valores das cargas de ruptura são definidos como:

C.4.4.1 mínimo de 0,7 kN para elementos com altura até 79 mm;

C.4.4.2 mínimo de 1,0 kN para elementos com altura acima de 80 mm.

C.4.5 O lote será considerado aprovado se o valor da carga de ruptura for igual ou superior ao mínimo.

C.4.6 Se o valor da carga de ruptura for inferior ao mínimo, o ensaio deve ser repetido em outras três peças retiradas aleatoriamente do lote.

C.4.7 O lote será considerado aprovado se os três valores forem iguais ou superiores ao valor mínimo.

C.4.8 Se um dos três valores for menor que o valor mínimo, o lote será considerado rejeitado.



## C.5 Relatório de ensaio

No relatório de ensaio deverão constar expressamente as seguintes informações:

- a) nome do fornecedor;
- b) identificação comercial do produto;
- c) documento de identificação e quantidade do lote;
- d) valor das cargas de ruptura do ensaio;
- e) resultado (lote aprovado ou rejeitado);
- f) identificação do solicitante do ensaio;
- g) identificação do responsável pelo ensaio;
- h) data do ensaio; e
- i) referência a esta norma.

## ANEXO D (normativo)

### ANEXO D – Medição de desníveis localizados na face inferior de lajes pré-fabricadas – Método de ensaio

#### D.1 Objetivo

Este anexo estabelece o método de ensaio para a medição de desníveis localizados, ocorrentes na face inferior da laje pré-fabricada, após a sua concretagem, visando à verificação da sua condição prévia para aplicação de revestimento.

#### D.2 Aparelhagem

D.2.1 Uma régua de alumínio de seção retangular 50 mm x 100 mm, com comprimento igual ao intereixo da laje.

D.2.2 Um calibrador afilado, com capacidade de medida até 15 mm e precisão de 0,1 mm.

#### D.3 Amostragem

São consideradas as seguintes condições:

- a) áreas de até 10 m<sup>2</sup>: são consideradas como lote no qual são executadas duas medidas de desnível;

b) áreas entre 10 m<sup>2</sup> e 100 m<sup>2</sup>: são consideradas como lote no qual são executadas quatro medidas de desnível; e

c) áreas superiores a 100 m<sup>2</sup>: cada lote é considerado como tendo no máximo 500 m<sup>2</sup>, e em cada um são executadas oito medidas de desnível.

#### **D.4 Procedimentos para execução do ensaio**

**D.4.1** Procede-se à divisão das áreas a serem verificadas, conforme a amostragem definida no item C.4, determinando-se visualmente os pontos a serem medidos. Não será considerada válida mais de uma medida executada no mesmo intereixo. No caso dessa ocorrência, será considerada a mais alta delas.

**D.4.2** Aplica-se a régua sob a superfície inferior da laje, com as suas extremidades sobre o eixo de duas vigotas contíguas, em posição ortogonal a elas.

**D.4.3** Introduce-se o calibrador afilado no maior vão existente entre a vigota e o plano inferior da laje, procedendo-se à sua leitura.

#### **D.4.4 Aceitação**

O lote terá aceitação automática quando 25% ou menos das leituras efetuadas no lote apresentarem medidas superiores às preconizadas na norma 02:107.01-001 “Laje Pré-fabricada”, e estas não podem exceder o valor absoluto de duas vezes o admitido por norma.

No caso de não-aceitação, serão permitidos serviços complementares na superfície inferior, após os quais serão efetuadas novas medidas do lote.

#### **D.4.5 Tolerâncias de acabamento da face inferior**

São consideradas duas condições de acabamento da face inferior da laje pré-fabricada:

Acabamento com gesso: são admitidos desníveis localizados de até 3 mm, sendo tolerados desníveis de 6 mm em 25% das medidas tomadas, conforme o anexo normativo.

Acabamento com argamassa de cimento Portland: são admitidos desníveis localizados de até 6 mm, sendo tolerados desníveis de até 12 mm em 25% das medidas tomadas, conforme o anexo normativo.

## D.5 Relatório de ensaio

No relatório de ensaio deverão constar expressamente as informações:

- a) nome do fornecedor;
- b) identificação comercial do produto;
- c) documento de identificação e quantidade do lote;
- d) valor dos desníveis medidos;
- e) resultado (lote aprovado ou rejeitado);
- f) identificação do solicitante do ensaio;
- g) identificação do responsável pelo ensaio;
- h) data do ensaio; e
- i) referência a esta norma.

# Laje pré-fabricada

## Parte 2: Lajes bidirecionais - Especificação sistema vigota-bloco

Origem:

CB-02 Comitê Brasileiro da Construção

CE-02:107.01

NBR

Descriptors:

Válida a partir de

Palavras-chave: Laje pré-fabricada

11 páginas

### Sumário

#### Parte 2: Lajes bidirecionais

Prefácio

1 Objetivo

2 Referências normativas

3 Definições

4 Condições gerais

### Objetivo

Esta norma fixa as condições exigíveis para o recebimento e para a utilização de componentes de lajes pré-fabricadas (vigotas, elementos de enchimento e demais complementos adicionados à obra) a serem empregados na execução de estruturas laminares nervuradas unidirecionais (Parte 1) e bidirecionais (Parte 2), para qualquer tipo de edificação, de acordo com a NBR 6118 e a NBR 7197.

# Laje pré-fabricada

## Pré-laje

### Parte 1: Lajes unidirecionais - Especificação

Origem:

CB-02 Comitê Brasileiro da Construção

CE-02:107.01

NBR

Descriptors:

Válida a partir de

Palavras-chave: Pré-laje

13 páginas

## Sumário

Prefácio

1 Objetivo

2 Referência normativa

3 Definições

4 Condições gerais

5 Condições específicas

6 Inspeção

7 Aceitação e rejeição

## Objetivo

Esta norma fixa as condições exigíveis para o recebimento e para a utilização de componentes de pré-lajes (pré-lajes, elementos de enchimento e demais complementos adicionados à obra) a serem empregados na execução de estruturas laminares maciças e nervuradas unidirecionais (Parte 1) e bidirecionais (Parte 2), para qualquer tipo de edificação, de acordo com as NBR 6118 e a NBR 7197.

## Laje pré-fabricada

### Pré-laje

## Parte 2: Lajes bidirecionais - Especificação

Origem:

CB-02 Comitê Brasileiro da Construção

CE-02:107.01

NBR

Descriptors:

Válida a partir de

Palavras-chave: Pré-laje

11 páginas

### Sumário

Prefácio

1 Objetivo

2 Referências normativas

3 Definições

4 Condições gerais

5 Condições específicas

6 Inspeção

7 Aceitação e rejeição

107

### Objetivo

Esta norma fixa as condições exigíveis para recebimento e utilização de componentes de pré-lajes (pré-lajes, elementos de enchimento e demais complementos adicionados à obra) a serem empregados na execução de estruturas laminares maciças e nervuradas unidirecionais (Parte 1) e bidirecionais (Parte 2), para qualquer tipo de edificação, de acordo com a NBR 6118 e a NBR 7197.

# Laje pré-fabricada

## Laje tipo painel alveolar de concreto protendido - Especificação

Origem:

CB-02 Comitê Brasileiro da Construção

CE-02:107.01

NBR

Descriptors:

Válida a partir de

Palavras-chave: Laje pré-fabricada

6 páginas

### Sumário

Prefácio

1 Objetivo

2 Referências normativas

3 Definições

4 Condições gerais

5 Condições específicas

6 Inspeção

7 Aceitação e rejeição

### Objetivo

Esta norma fixa as condições exigíveis para recebimento e utilização de lajes tipo painel alveolar de concreto protendido e demais complementos adicionados à obra a serem empregados na execução de estruturas laminares nervuradas unidirecionais para qualquer tipo de edificação, de acordo com a NBR 6118 e a NBR 7197.

# Requisitos para armações treliçadas

Origem:

CB-02 Comitê Brasileiro da Construção

CE-02:107.01

NBR

Descriptors:

Válida a partir de

Palavras-chave: Treliça. Armação

10 páginas

## Sumário

Prefácio

1 Objetivo

2 Referências normativas

3 Definições

4 Condições gerais

5 Condições específicas

6 Inspeção e ensaios

7 Aceitação e rejeição

109

## Objetivo

Esta norma fixa os requisitos mínimos para especificação, fabricação, fornecimento e recebimento de armações treliçadas eletrossoldadas.