



PAVIMENTOS ALIGEIRADOS DE VIGOTAS PREFABRICADAS DE
BETÃO PRÉ-ESFORÇADO TIPO P

DT PA2024

Pavimentos aligeirados de vigotas prefabricadas de betão pré-esforçado tipo P

DOCUMENTO TÉCNICO DT PA2024

LEIRIVIGA S.A.

Sede

Ponte das Mestras

2400-447 Leiria

GPS

N 39° 44' 50.4" W 008° 49' 25.6"

Filial

Zona Industrial Cova das Faias

Lote 19

2420-419 Leiria

T: 244 817 750, F: 244 817 751

leiriviga@leiriviga.pt

INDÍCE

1.1 ENQUADRAMENTO NORMATIVO	7
1.2 SIMBOLOGIA	10
1.3 BASES DE CÁLCULO.....	14
2.VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA.....	20
2.1 ESTADOS LIMITES ÚLTIMOS.....	20
Estado Limite Último de Flexão	20
Estado Limite Último de Esforço Transverso	22
2.2 ESTADOS LIMITES DE UTILIZAÇÃO.....	23
Estado Limite de Deformação.....	28
3. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	32
3.1 VIGOTAS	32
3.3 BETÃO COMPLEMENTAR	36
3.4 ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO	36
3.5 TABELAS DE DIMENSIONAMENTO	36
Performance acústica e Resistência ao fogo.....	37
Isolamento Térmico	38
Resistência ao fogo	38
4. CONDIÇÕES GERAIS DE EXECUÇÃO DOS PAVIMENTOS	40
5. DISPOSIÇÕES CONSTRUTIVAS E CONDIÇÕES ESPECIAIS DE EXECUÇÃO DOS PAVIMENTOS.....	41
6. CÁLCULO DOS PAVIMENTOS	46
6.1 INTRODUÇÃO.....	46
6.2 DADOS PARA CÁLCULO.....	46
6.3 EXEMPLO DE CÁLCULO	47
Segurança em relação aos estados limites últimos:	47
Segurança em relação aos estados limites de utilização:	48
Estado limite de fendilhação	48
Estado limite de deformação.....	48
7. TABELAS DE CÁLCULO DOS PAVIMENTOS.....	49
8.0 DECLARAÇÃO	

1.0 INTRODUÇÃO

A LEIRIVIGA fundada em 1990, é um exemplo do que pode ser um excelente e bem-sucedido aproveitamento de sinergias, em tecnologia, mercado, equipas de trabalho e sobretudo de um profundo conhecimento do setor da construção civil e obras públicas entre grupos de empresas de prefabricados em betão.



As diferentes capacidades e valências produtivas das empresas do grupo LEIRIVIGA/LITOPREL completam-se e fornecem ao mercado da construção civil um amplo conjunto de soluções, tecnicamente comprovadas, produzidas com as melhores matérias-primas e com elevados parâmetros de qualidade.

O mercado dos materiais pré-esforçados e prefabricados em betão é posto à prova todos os dias, não só pela competitividade do setor, mas sobretudo com a exigência cada vez mais apertada das normativas de eficiência energética, ambiental e também da sustentabilidade dos próprios projetos.

A política de qualidade que orienta diariamente todos os nossos procedimentos e processos de trabalho, garante produtos e desempenhos, confirmados pelo cumprimento da legislação aplicável aos vários produtos, nomeadamente no que diz respeito à aposição da marcação CE e pela Certificação do Sistema de Gestão de Qualidade ISO 9001.

Prefabricados de betão uma solução competitiva e sustentável

A prefabricação é uma excelente solução em alternativa a soluções betonadas “in situ”, essencialmente por ser uma opção economicamente mais atrativa, com elevados padrões de qualidade, mais segura e com menor impacto para o ambiente. Introduce de igual forma um papel determinante no que diz respeito a questões energéticas, possibilita a diminuição do consumo de energia através da otimização dos processos produtivos.

Não menos importante que as condições anteriormente referidas, promove também a reutilização e reciclagem, pois facilita a recuperação de materiais e componentes da construção.

Esta é uma indústria de produção com elevado potencial para redefinir os impactos negativos associados ao sector da construção.

Este tipo de solução, tem, portanto, uma significativa contribuição para o conceito de construção sustentável.

Normalização europeia aplicável ao sector da prefabricação

As exigências cada vez maiores, a nível de normalização, implicam uma melhoria contínua nos processos de avaliação e verificação da regularidade do desempenho dos produtos prefabricados e pré-esforçados em betão, bem como a adaptação à evolução dos processos construtivos do setor da construção. Internamente, através do sistema de controlo de produção em fábrica, são definidos, mantidos e monitorizados os critérios para obtenção de um produto acabado de acordo com os requisitos aplicáveis.

1.1 ENQUADRAMENTO NORMATIVO

Matriz normativa que enquadra este documento técnico:

EN 1990 Eurocódigo – Bases para o projeto de estruturas

EN 1991 Eurocódigo – Ações em estruturas

- Parte 1-1: Ações gerais – Pesos volúmicos, pesos próprios, sobrecargas em edifícios, NP EN 1991-1-1:2009
- Parte 1-2: Ações gerais – Ações em estruturas expostas ao fogo, NP EN 1991-1-2:2010/AC:2013
- Parte 1-3: Ações gerais – Ações da neve, NP EN 1991-1-3:2009/A1:2017
- Parte 1-5: Ações gerais – Ações térmicas, NP EN 1991-1-5:2009
- Parte 1-6: General actions – Actions during execution, NP EN 1991-1-6:2021

EN 1992 Eurocódigo – Projeto de estruturas de betão

- Parte 1-1: Regras gerais e regras para edifícios, NP EN 1992-1-1:2010/A1:2019
- Parte 1-2: Regras gerais – Verificação da resistência ao fogo, NP EN 1992-1-2:2010/A1:2019

EN 1998 Eurocódigo – Projeto de estruturas para resistência aos sismos

- Parte 1: Regras gerais, ações sísmicas e regras para edifícios, NP EN 1998-1:2010/A1:2013

Decreto-Lei 90/2021 e normas associadas

O presente documento apresenta as especificações para o dimensionamento e execução PAVIMENTOS ALIGEIRADOS DE VIGOTAS PREFABRICADAS DE BETÃO PRÉ-ESFORÇADO TIPO P. Está em acordo com a regulamentação e normalização vigente para o objeto do documento, inserindo-se no processo de melhoria contínua no âmbito do Sistema de Gestão da Qualidade e Sistema do Controlo de Produção em Fábrica, que visa fornecer **produtos competitivos**, satisfazer necessidades dos clientes, e, cumprir os requisitos legais e regulamentares aplicáveis a este sector de atividade da LEIRIVIGA.

Enquadram ainda este documento as normas de fabrico NP EN 15037-1 (Produtos prefabricados de betão. Pavimentos com vigotas e blocos de cofragem. Parte 1: Vigotas), NP EN 15037-2 (Produtos prefabricados de betão. Pavimentos com vigotas e blocos de cofragem. Parte 2: Abobadilhas de betão), NP EN 206 (Betão. Especificação, desempenho, produção e conformidade), NP EN 13670 (Execução de estruturas de betão).

As alterações introduzidas são fruto do conhecimento e da experiência adquiridos pela LEIRIVIGA ao longo de décadas a operar no sector dos pavimentos pré-esforçados aligeirados, e da procura constante de soluções mais eficazes do ponto de vista técnico e simultaneamente com maior rentabilidade económica.

Relativamente a documentos anteriores as alterações e novidades introduzidas são as seguintes:

i) Determinação das seguintes características a verificar pelo betão complementar de enchimento:

- Betão do tipo C20/25 com pelo menos 300 kg de cimento por m³ de betão;

- Espessura mínima da camada de betão acima do bloco (abobadilha) maior ou igual a 4 cm;

ii) Novos pavimentos com novas abobadilhas (BL58x30x23, BL58x25x23 e BL58x12x15), e novas espessuras de pavimento;

iii) Explicações técnicas mais completas e detalhadas acerca das disposições construtivas e condições especiais de execução dos pavimentos.

A utilização de pavimentos simples (apenas com 1 vigota) compostos por abobadilhas BL58x30x23 e por abobadilhas BL58x25x23, deve ser apenas considerada para situações especiais em termos de comprimento do vão e de sobrecargas.

As abobadilhas BL58x12x15 devem ser utilizadas na cofragem de tarugos nos pavimentos compostos por abobadilhas BL58x30x23 e BL58x25x23.

Importa referir que este documento reflete refinamentos e atualizações nas propriedades dos materiais, no tratamento e durabilidade das estruturas decorrentes das atualizações introduzidas no Eurocódigo.

Estados limites de fendilhação

No Eurocódigo 2 estabelecem-se regras práticas para o controlo da fendilhação em elementos de betão armado e pré-esforçado de forma a garantir a adequada durabilidade. E estipula-se a aplicação de aço em estruturas de armaduras nervuradas com uma resistência entre 400 a 600 MPa. Sendo os aços classificados em 3 tipos – A, B e C - conforme apresentado no Anexo C. Para armaduras ordinárias deverão adotar-se aços tipo C e em malhas electrossoldadas aços do tipo B ou C.

No que se refere aos aços de pré-esforço são apresentadas 3 classes de relaxação devendo utilizar-se aços de classe 2 (2.5% para 1000 horas para fios e cordões) e de classe 3 (4% para 1000 horas para barras).

Estados Limites Últimos

Para os estados limites últimos de flexão simples ou composta apenas há a referir a diferença que se obterá aplicando os valores do Eurocódigo 2 para a resistência máxima de cálculo do betão .

Estados Limites de Utilização

É introduzido o conceito de armaduras mínimas não só para peças sujeitas à flexão, mas para qualquer outra situação de zonas tracionadas em peças de betão armado. O Eurocódigo 2 determina que em todas as secções que possam ser sujeitas a uma tração significativa devida a deformações impostas combinadas ou não com forças aplicadas, seja colocada uma quantidade mínima de armadura que garanta que a sua plastificação não ocorrerá.

Essa armadura mínima pretende apenas garantir que quando ocorra a fendilhação a força que era suportada pelo betão à tração passa a ser absorvida por armaduras sem que estas entrem em cedência.

1.2 SIMBOLOGIA

Letras latinas maiúsculas

A	- Área
A_{fc}	- Área do banzo da laje de betão complementar
A_s	- Área da secção transversal da armadura ordinária
A_{sd}	- Área da secção transversal da armadura de distribuição
A_{sn}	- Área da secção transversal da armadura ordinária da nervura
A_{sp}	- Área da secção transversal da armadura de pré-esforço
A_v	- Área da secção transversal da vigota
A_{wc}	- Área da alma da laje de betão complementar
A_{wcv}	- Área da alma da laje de betão complementar paralela à alma da vigota
E	- Módulo de elasticidade longitudinal
E_c	- Módulo de elasticidade longitudinal do betão
E_{cl}	- Módulo de elasticidade longitudinal do betão da laje de betão complementar
E_{cv}	- Módulo de elasticidade longitudinal do betão da vigota
E_h	- Módulo de elasticidade longitudinal do material de homogeneização da secção
E_s	- Módulo de elasticidade longitudinal da armadura ordinária
E_{sd}	- Módulo de elasticidade longitudinal da armadura de distribuição
E_{sp}	- Módulo de elasticidade longitudinal da armadura de pré-esforço
EI	- Rigidez de flexão
EI_o	- Rigidez de flexão do pavimento correspondente à largura de influência da vigota
$(EI)_{fc}$	- Rigidez de flexão do banzo da laje de betão complementar relativamente à linha neutra
$(EI)_s$	- Rigidez de flexão da armadura ordinária relativamente à linha neutra
$(EI)_{sd}$	- Rigidez de flexão da armadura de distribuição relativamente à linha neutra
$(EI)_{sp}$	- Rigidez de flexão da armadura de pré-esforço relativamente à linha neutra
$(EI)_v$	- Rigidez de flexão da vigota relativamente à linha neutra
$(EI)_{wc}$	- Rigidez de flexão da alma da laje de betão complementar relativamente à linha neutra
$(EI)_{wcv}$	- Rigidez de flexão da alma da laje de betão complementar paralela à alma da vigota relativamente à linha neutra
F_c	- Resultante das tensões de compressão no betão
$F_{c,f}$	- Resultante das tensões de compressão no banzo da laje de betão complementar
$F_{c,w}$	- Resultante das tensões de compressão na alma da laje de betão complementar
F_s	- Resultante das tensões de tração na armadura ordinária
F_{sp}	- Resultante das tensões de tração na armadura de pré-esforço
$F_{t,v}$	- Resultante das tensões de tração na vigota

$I_{G,v}$	- Momento de inércia principal central da vigota
I_{fc}	- Momento de inércia do banzo da laje de betão complementar relativamente à linha neutra
I_s	- Momento de inércia da armadura ordinária relativamente à linha neutra
I_{sd}	- Momento de inércia da armadura de distribuição relativamente à linha neutra
I_{sp}	- Momento de inércia da armadura de pré-esforço relativamente à linha neutra
I_v	- Momento de inércia da vigota relativamente à linha neutra
I_{wc}	- Momento de inércia da alma da laje de betão complementar relativamente à linha neutra
I_{wcv}	- Momento de inércia da alma da laje de betão complementar paralela à alma da vigota relativamente à linha neutra
L_i	- Largura de influência da vigota
L_b	- Largura transversal do bloco de cofragem
L_p	- Comprimento da pista de betonagem da vigota
M	- Momento fletor
M_{comb}	- Valor de cálculo do momento fletor atuante resultante da combinação rara, frequente, ou quase permanente de ações
M_o	- Momento de descompressão (Momento que anula as tensões de compressão na secção)
M_{Rd}	- Valor de cálculo do momento fletor resistente
M^{o}_{Rd}	- Momento fletor resistente correspondente à largura de influência da vigota
$M_{Rd,c}$	- Momento fletor resistente devido à contribuição do betão
$M_{Rd,s}$	- Momento fletor resistente devido à contribuição da armadura ordinária
$M_{Rd,sp}$	- Momento fletor resistente devido à contribuição da armadura de pré-esforço
M_{sd}	- Valor de cálculo do momento fletor atuante
M_{fctk}	- Momento de fendilhação
N	- Esforço axial
N_b	- Número de blocos de aligeiramento por metro quadrado de pavimento
N_v	- Número de vigotas por metro quadrado de pavimento
P_f	- Tensão final na armadura de pré-esforço
P'_o	- Tensão na armadura de pré-esforço na origem
$P_{o,t}$	- Tensão na armadura de pré-esforço na idade t
V_c	- Volume de betão por metro quadrado de pavimento
V_{cd}	- Termo corretor da teoria de Mörsch
V_{sd}	- Valor de cálculo do esforço transversal atuante
V_{Rd}	- Valor de cálculo do esforço transversal resistente

Letras latinas minúsculas

d_c	- Braço da força de compressão no betão relativamente à linha neutra
$d_{c,f}$	- Braço da resultante das tensões de compressão no banzo da laje de betão complementar relativamente à linha neutra
$d_{c,w}$	- Braço da resultante das tensões de compressão na alma da laje de betão complementar relativamente à linha neutra
d_s	- Braço da força de tração na armadura ordinária relativamente à linha neutra
d_{sp}	- Braço da força de tração na armadura de pré-esforço relativamente à linha neutra
$d_{t,v}$	- Braço da resultante das tensões de tração na vigota pré-esforçada relativamente à linha neutra
d_{ww}	- Distância interna entre faces das almas da vigota em π invertido
f_{cd}	- Valor de cálculo da tensão de rotura do betão à compressão
f_{ck}	- Valor característico da tensão de rotura do betão à compressão
f_{cm}	- Valor médio da tensão de rotura do betão à compressão
f_{ctk}	- Valor característico da tensão de rotura do betão à tração
$f_{p,0.1k}$	- Tensão limite convencional a 0.1% da armadura de pré-esforço
f_{yd}	- Tensão de cedência da armadura
$f_{yd,As}$	- Tensão de cedência da armadura ordinária
$f_{yd,Asd}$	- Tensão de cedência da armadura de distribuição
h	- Altura total do pavimento
h_{fc}	- Altura do banzo da laje de betão complementar
h_s	- Posição da armadura ordinária relativamente à base do pavimento
h_{sp}	- Posição da armadura de pré-esforço relativamente à base do pavimento
h_v	- Altura da vigota
h_{wc}	- Altura da alma da laje de betão complementar localizada acima da vigota
h_{ww}	- Altura da alma da vigota
t	- Idade do betão
t_o	- Idade do betão em que é transmitido o pré-esforço à vigota
y_G	- Posição do centro geométrico da secção transversal da vigota relativamente à base do pavimento

Letras gregas

α - Coeficiente de homogeneização aço-betão

ϵ_c - Extensão no betão

$\epsilon_{cs}(t, t_0)$ - Extensão devido à retração livre do betão entre as idades t e t_0

$\epsilon_{M,b}$ - Extensão no betão ao nível da base do pavimento devido à atuação de um momento externo

$\epsilon_{M,s}$ - Extensão ao nível da armadura ordinária devido à atuação de um momento externo

$\epsilon_{M,t}$ - Extensão no betão ao nível do topo do pavimento devido à atuação de um momento externo

$\epsilon_{M,G}$ - Extensão ao nível do centro geométrico da vigota devido à atuação de um momento externo

ϵ_s - Extensão na armadura ordinária

ϵ_{spy} - Extensão admissível na armadura de pré-esforço

$\phi_c(t, t_0)$ - Coeficiente de fluência na idade t correspondente à aplicação do pré-esforço na idade t_0

σ_c - Tensão normal no betão

σ_{c, p_0} - Tensão no betão devido ao pré-esforço, calculada ao nível da armadura de pré-esforço

$\sigma_{M,b}$ - Tensão no betão ao nível da base do pavimento devido à atuação de um momento externo

$\sigma_{M,s}$ - Tensão ao nível da armadura ordinária devido à atuação de um momento externo

$\sigma_{M,t}$ - Tensão no betão ao nível do topo do pavimento devido à atuação de um momento externo

$\sigma_{M,G}$ - Tensão ao nível do centro geométrico da vigota devido à atuação de um momento externo

σ_p - Tensão inicial na armadura de pré-esforço para efeitos de cálculo das perdas diferidas por relaxação

σ_{p_0} - Tensão na armadura de pré-esforço devido ao pré-esforço inicial

τ_1 - Tensão resistente

τ_2 - Tensão resistente

Δ_{esp} - Extensão máxima admissível na armadura de pré-esforço

Δ_{le} - Comprimento de escorregamento e reentrada da armadura de pré-esforço no dispositivo de amarração

Δ_{p_0} - Perdas de tensão instantâneas e diferidas na armadura de pré-esforço

$\Delta_{p_0, d}$ - Perdas de tensão instantânea devido à deformação elástica do betão

$\Delta_{p_0, dif}$ - Perdas de tensão diferidas

$\Delta_{p_0, e}$ - Perdas de tensão instantânea devido ao escorregamento e reentrada da armadura de pré-esforço no dispositivo de amarração

$\Delta_{p_0, inst}$ - Perdas de tensão instantâneas

$\Delta_{p_0, r}(t, t_0)$ - Perda de tensão na armadura de pré-esforço devido à relaxação, entre as idades t_0 e t

δ_{comb} - Valor de cálculo do deslocamento máximo do pavimento resultante da combinação rara, frequente, ou quase permanente de ações

δ_{adm} - Valor de cálculo do deslocamento máximo admissível

$\delta_{0, max}$ - Valor de cálculo do deslocamento instantâneo máximo do pavimento resultante da combinação rara, frequente, ou quase permanente de ações

$\delta_{\infty, max}$ - Valor de cálculo do deslocamento máximo do pavimento a longo prazo resultante da combinação rara, frequente, ou quase permanente de ações

1.3 BASES DE CÁLCULO

Regulamentação

As propriedades mecânicas dos pavimentos aligeirados pré-fabricados de vigotas pré-esforçadas, apresentadas neste documento, foram determinadas e atualizadas com a entrada em vigor do Eurocódigo Parte 1 e Parte 2.

Dada a especificidade do elemento estrutural em análise, foram adotadas as recomendações da regulamentação europeia em vigor com as devidas adaptações constantes dos respetivos Anexos nacionais.

Estados limites

A verificação aos Estados Limites Últimos inclui a análise da Resistência à Flexão e ao Esforço Transverso. Admite-se um comportamento dúctil do pavimento aligeirado de vigotas pré-esforçadas, com rotura pelas armaduras sem existir esmagamento localizado do betão em compressão. Adotou-se o diagrama retangular de tensões para o betão em compressão e despreza-se a contribuição do betão sujeito a tensões normais de tração. A condição de segurança em relação aos estados **limites últimos de resistência**, exprime-se verificando que os valores de cálculo do momento fletor resistente e do esforço transversal resistente, designados por M_{Rd} e V_{Rd} , são iguais ou superiores aos correspondentes esforços atuantes, relativos às combinações de ações especificadas no Eurocódigo.

A verificação aos **Estados Limites de Utilização** inclui a análise do Estado Limite de Fendilhação e do Estado Limite de Deformação. A verificação do Estado Limite de Fendilhação é realizada através da determinação do momento fletor que conduz ao aparecimento de tensões normais de tração no betão.

A condição de segurança em relação ao **Estado Limite de Fendilhação** exprime-se verificando que o valor do momento resistente designado por M_{fctk} , correspondente à formação de fendas, é igual ou superior ao momento atuante devido às combinações de ações definidas na regulamentação aplicável. Estas combinações de ações poderão ser, conforme as condições do meio ambiente, combinações frequentes, em ambiente pouco ou moderadamente agressivo, e combinações raras, em ambiente muito agressivo.

A condição de segurança em relação ao **Estado Limite de Deformação** exprime-se verificando que o valor da flecha admissível é igual ou superior ao valor da flecha devida à combinação frequente de ações. No cálculo da flecha instantânea deverão ser utilizados os valores do fator de rigidez, fornecidos na regulamentação aplicável. A flecha a longo prazo, em que são tidos em conta os efeitos da fluência dos betões, poderá ser determinada multiplicando o valor da flecha Instantânea por um fator dado pela expressão:

$$1 + \frac{M_{Sg}}{M_{Sg} + \sum \Psi_1 M_{Sq}} \times \varphi \quad (1)$$

em que M_{Sg} e $M_{Sg} + \Sigma \psi_1 M_{Sg}$ são, respetivamente, os valores dos momentos fletores atuantes devido às ações permanentes e à combinação frequente de ações e ϕ é o coeficiente de fluência, a que se pode em geral atribuir o valor 2.

Modelo de cálculo

As propriedades mecânicas dos pavimentos aligeirados com vigotas pré-esforçadas foram determinadas utilizando um processo de cálculo automático.

A formulação desenvolvida para a determinação das propriedades mecânicas aplicável aos tradicionais pavimentos aligeirados de vigotas pré-esforçadas, utilizando uma vigota disposta em T invertido. Com as devidas adaptações, esta mesma formulação é válida para a situação de utilização de duas ou três vigotas pré-esforçadas dispostas em paralelo.

Devido à complexidade de formas da vigota e dos blocos de aligeiramento, e à existência de pormenores geométricos especificados nos critérios de compatibilidade torna-se necessário definir um modelo geométrico que seja regular devido à necessidade do cálculo de distâncias, áreas, momentos estáticos, momentos de inércia, etc.

O modelo geométrico adotado é conservativo, nas Figura 1, Figura 2 e Figura 3 respetivamente, as representações de pavimentos simples, duplos e triplos:

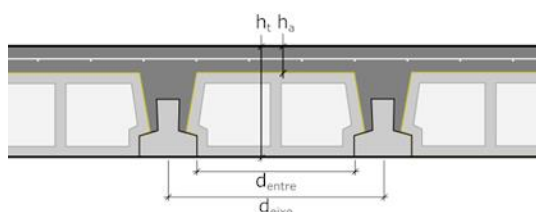


Figura 1 – Pavimento simples

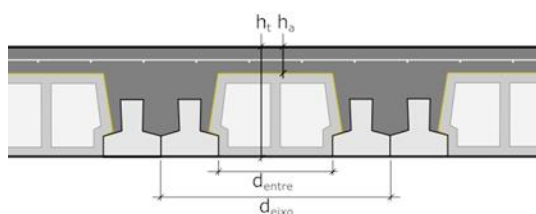


Figura 2 – Pavimento duplo

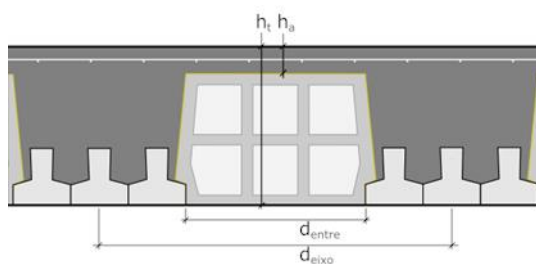


Figura 3 – Pavimento triplo

h_t – altura total do pavimento | h_a – altura acima do bloco | d_{eixo} – distância entre eixos de vigotas | d_{entre} – distância entre vigotas

Adota-se uma vigota com uma geometria simplificada em T invertido, como representado na Figura 4, Figura 5 e Figura 6 respetivamente. Admitem-se no máximo três níveis distintos de armadura de pré-esforço. A geometria da laje é igualmente simplificada, adotando-se a representada na Figura 7.

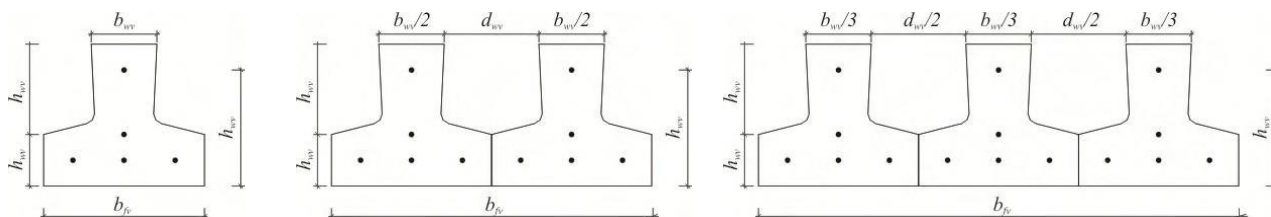


Figura 4, 5, 6 - Definição da geometria da vigota em T invertido, TT invertido e em TTT invertido

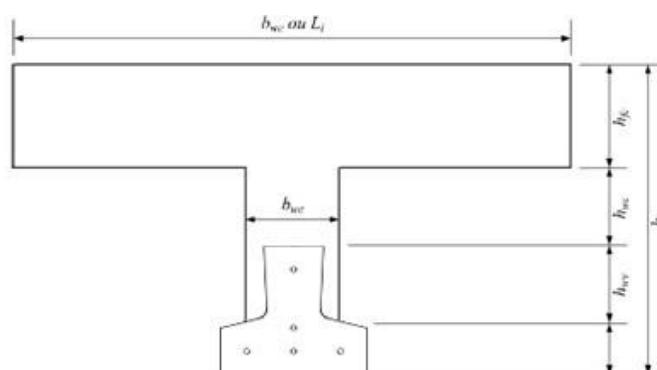
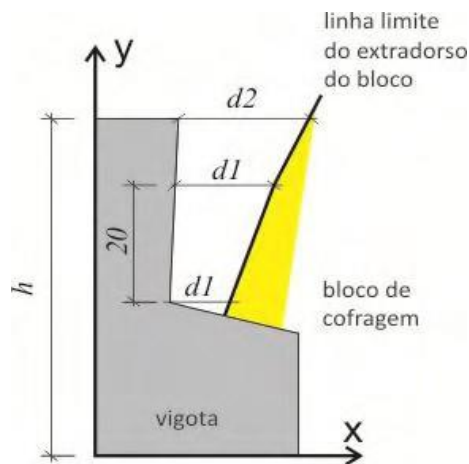


Figura 7 - Definição da geometria da laje de betão complementar no caso de vigota em T invertido

O posicionamento do bloco de cofragem na vigota pré-esforçada conduz à existência de um afastamento entre este mesmo bloco e a vigota, considerando-se para efeitos de cálculo um valor médio de 5.0 mm.

Ressalva-se, no entanto, o cumprimento dos requisitos do monolitismo de pavimentos compostos segundo a E435-2012 LNEC de todos os pavimentos LEIRIVIGA considerados neste documento.

Monolitismo de pavimentos compostos


d_1 - Distância da linha limite à vigota, numa altura de 20 mm na zona inferior da alma da vigota

$$d_1 \geq 15 \text{ mm}$$

d_2 - Distância da linha limite à vigota, no topo da vigota

$$d_2 \geq 25 \text{ mm (} 90 \text{ mm} < h \leq 100 \text{ mm)}$$

$$d_2 \geq 30 \text{ mm (} 100 \text{ mm} < h \leq 130 \text{ mm)}$$

$$d_2 \geq 35 \text{ mm (} h > 130 \text{ mm)}$$

Figura 8 - Critérios de compatibilidade [mm]. Especificação LNEC E435-2012

Na lâmina de betão de enchimento, sujeita predominantemente a tensões normais de compressão, deverá existir uma armadura de distribuição disposta nas duas direções. Para efeitos de cálculo, considera-se que o posicionamento desta armadura de distribuição se encontra na linha média da referida laje, o que é admissível uma vez que a lâmina de betão de enchimento deverá ter uma espessura entre **40 mm** e **70 mm** acima da abobadilha.

Perdas de pré-esforço

O valor do pré-esforço atuando na vigota à idade t , $P_{o,t}$, é obtido a partir do pré-esforço na origem após subtração das perdas totais instantâneas e diferidas, podendo escrever-se que:

$$P_{o,t} = P_o' - P_o \quad (2)$$

sendo P_o' o pré-esforço na origem e P_o as perdas totais instantâneas e diferidas. Designa-se por pré-esforço inicial, P_o , o pré-esforço obtido subtraindo ao pré-esforço na origem apenas as perdas totais instantâneas.

As perdas totais de tensão na armadura de pré-esforço, P_o são dadas pela soma das perdas totais instantâneas $P_{o,inst}$ e perdas totais diferidas $P_{o,dif}$.

$$P_o = \Delta P_{o,inst} + \Delta P_{o,dif} \quad (3)$$

As perdas instantâneas totais, $P_{o,inst}$ são dadas pela soma das perdas instantâneas devido ao escorregamento e reentrada da armadura de pré-esforço no dispositivo de amarração $P_{o,e}$ e deformação elástica do betão $P_{o,d}$.

$$P_{o,inst} = \Delta P_{o,e} + \Delta d \quad (4)$$

As perdas instantâneas, devido ao escorregamento e reentrada da armadura de pré-esforço no dispositivo de amarração, $\Delta P_{o,e}$, são obtidas admitindo que a pista de betonagem possui um comprimento de 110 m e que o comprimento de reentrada é de 5 mm. A redução de tensão na armadura de pré-esforço, devido ao escorregamento e reentrada dos cabos/fios no dispositivo de amarração, é dada por:

$$\Delta P_{o,e} = E_{sp} \frac{\Delta l_e}{L_p} \quad (5)$$

sendo E_{sp} o módulo de elasticidade longitudinal da armadura de pré-esforço, l_e o comprimento de escorregamento e reentrada da armadura de pré-esforço no dispositivo de amarração e L_p o comprimento da pista de betonagem das vigotas.

As perdas instantâneas, devido à deformação elástica do betão, $P_{o,d}$, ocorrem no momento em que a armadura de pré-esforço é libertada e transmite os esforços de compressão à vigota, são dadas por:

$$\Delta P_{o,d} = \frac{E_{sp}}{E_c} \sigma_c \quad (6)$$

sendo E_{sp} o módulo de elasticidade longitudinal da armadura de pré-esforço, E_c o módulo de elasticidade longitudinal do betão da vigota na idade em que é transmitido o pré-esforço e σ_c a tensão normal de compressão no betão da vigota, calculada ao nível da armadura de pré-esforço, devido à atuação do pré-esforço.

O módulo de elasticidade longitudinal do betão, E_c , é obtido através de:

$$E_c = 9.5 \sqrt[3]{f_{cm}} \quad (7)$$

sendo f_{cm} o valor médio da tensão de rotura do betão à compressão e que é obtido a partir do valor característico da tensão de rotura do betão à compressão

$$(f_{cm} = f_{ck} + 8) \quad (8)$$

Admitindo que o pré-esforço é transmitido à vigota quando o betão atinge os 7 dias de idade, o valor médio da tensão de rotura do betão à compressão deve ser multiplicado por um coeficiente de endurecimento que, no presente caso, assume o valor de 0.65.

As perdas diferidas na armadura de pré-esforço, $\Delta P_{o,dif}$, são obtidas considerando a influência da retração e fluência do betão e relaxação das armaduras de pré-esforço, podendo ser obtidas por:

$$\Delta P_{o,dif} = \frac{\varepsilon_{cs}(t, t_0) E_{sp} + \alpha \varphi_c(t, t_0) \sigma_{c,po} + \Delta P_{o,r}(t, t_0)}{1 - \alpha \frac{\sigma_{c,po}}{\sigma_{po}} \left[1 + \frac{\varphi_c(t, t_0)}{2} \right]} \quad (9)$$

sendo t_0 a idade do betão quando o pré-esforço é transmitido à vigota, t a idade em que se pretende determinar as perdas diferidas, $\varepsilon_{cs}(t, t_0)$ a extensão devida à retração livre do betão entre as idades t e t_0 , E_{sp} o módulo

de elasticidade longitudinal da armadura de pré-esforço, α o coeficiente de homogeneização aço betão, $\varphi_c(t, t_0)$ coeficiente de fluência na idade t correspondente à aplicação do pré-esforço na idade t_0 , σ_{c,P_0} , a tensão no betão devido ao pré-esforço (calculada ao nível da armadura de pré-esforço), σ_{P_0} a tensão na armadura de pré-esforço devido ao pré-esforço inicial e $\Delta P_{0,r}(t, t_0)$ a perda de tensão na armadura de pré-esforço devido à relaxação, entre as idades t_0 e t .

A perda diferida devido à relaxação da armadura de pré-esforço, $\Delta P_{0,r}(t, t_0)$ é calculada para uma tensão inicial σ_{P_0} dada por:

$$\sigma_P = \sigma_{P_0} - 0.3\Delta P_{0,dif} \quad (10)$$

sendo σ_{P_0} a tensão na armadura de pré-esforço devido ao pré-esforço inicial e $\Delta P_{0,dif}$ as perdas diferidas totais, incluindo a relaxação. A dependência do cálculo das perdas diferidas, devido à relaxação, relativamente às perdas diferidas totais torna a resolução do problema iterativa.

Para o cálculo da extensão de retração $\varepsilon_{cs}(t, t_0)$ e coeficiente de fluência $\varphi_c(t, t_0)$ adotam-se as especificações da regulamentação europeia vigente. Considera-se que o ambiente possui uma humidade relativa média com aproximadamente 70%. Para o cálculo das perdas diferidas de tensão por relaxação das armaduras, considera-se o, admitindo um aço de baixa relaxação e considerando que a relaxação é estimada de modo simplificado com uma variação linear que se anula para uma tensão inicial igual a 0.5 da tensão de rotura.

2. VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA

2.1 ESTADOS LIMITES ÚLTIMOS

Estado Limite Último de Flexão

A verificação ao Estado Limite Último de Flexão é realizada de acordo com as especificações regulamentares. O valor de cálculo do momento fletor atuante M_{Sd} ou M_{ed} deve ser igual ou inferior ao valor de cálculo do momento fletor resistente M_{Rd} .

$$M_{Sd} \text{ ou } M_{ed} \leq M_{Rd} \quad (11)$$

Para a determinação do valor de cálculo do momento fletor resistente, adota-se o diagrama retangular de tensões no betão sujeito a compressão, despreza-se a contribuição do betão sujeito a trações e considera-se que as armaduras se encontram plastificadas, o que corresponde a admitir uma rotura dúctil, Figura 9. Para garantir que o elemento estrutural apresentará uma rotura dúctil, deverá verificar-se que a extensão na armadura ordinária e na armadura de pré-esforço é superior à extensão admissível.

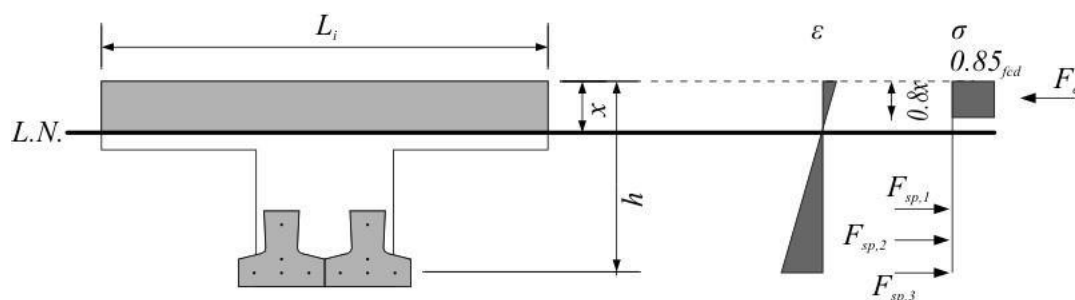


Figura 9 – Diagrama de extensões e tensões para linha neutra localizada dentro da lâmina de betão complementar.

A equação de equilíbrio de forças na secção transversal, sendo nulo o esforço axial, obriga a que:

$$F_c = \sum_{i=1}^3 F_{sp,i} \quad (12)$$

sendo F_c a resistência plástica do betão em compressão, e $\sum_{i=1}^3 F_{sp,i}$ o somatório da resistência plástica das armaduras de pré-esforço localizada aos diferentes níveis (superior, intermédio ou inferior).

A resultante das tensões no betão F_c , adotando o diagrama retangular de tensões, é dada por:

$$f_{cd} = (0.85f_{cd})(0.8x)L_i \quad (13)$$

sendo f_{cd} o valor de cálculo da tensão de rotura do betão à compressão, x a posição da linha neutra relativamente ao topo do pavimento e L_i a largura de influência da vigota.

A resistência plástica da armadura de pré-esforço $F_{sp,i}$, localizada ao nível i , é dada por:

$$F_{sp,i} = \frac{f_{p0.1k,i}}{1.15} A_{sp,i} \quad (14)$$

sendo $f_{p0.1k,i}$ a tensão limite convencional a 0.1% e $A_{sp,i}$ a área da secção transversal da armadura de pré-esforço.

Substituindo as equações (11), (12) e (13) na equação (10) obtém-se a posição da linha neutra:

$$x = \frac{F_{sp,i} + \sum_{i=1}^3 \frac{f_{p0.1k,i}}{1.15} A_{sp,i}}{0.68f_{cd}L_i} \quad (15)$$

Sendo a secção transversal do modelo de cálculo em forma de T, a linha neutra localiza-se na quase generalidade dos casos dentro da laje de betão complementar. Para espessuras correntes da laje de betão complementar, a variar habitualmente entre os 40 mm e 60 mm, constata-se que a análise da situação da linha neutra na alma da secção transversal é desnecessária para a verificação dos Estados Limites Últimos de Flexão. Caso esta se localize na alma da laje de compressão, pode ser utilizado na mesma o diagrama retangular equivalente de tensões mas a resultante das forças de compressão deve ser decomposta em duas parcelas, uma para o banzo e outra para a alma da laje de compressão.

Após o cálculo da posição da linha neutra, para os Estados Limites Últimos de Flexão, procede-se ao cálculo da resultante das tensões de compressão na laje de betão, por esta ser dependente da posição da linha neutra, braços das forças de compressão e tração em relação à linha neutra e respetivas contribuições para o momento resistente.

Os braços da forças de compressão no betão d_c , e de tração na armadura de pré-esforço $d_{sp,i}$ são dados por:

$$d_c = x - \frac{0.8x}{2} \quad (16) \quad d_{sp,i} = h - x - h_{sp,i} \quad (17)$$

sendo x a posição da linha neutra relativamente ao topo do pavimento, h a altura total do pavimento, $h_{sp,i}$ a posição da armadura de pré-esforço (superior, intermédia ou inferior) relativamente à base do pavimento.

O momento fletor resistente M_{Rd}^0 , resultante da soma das contribuições do betão, armadura ordinária e armaduras de pré-esforço, relativamente à linha neutra é dado por:

$$M_{Rd}^0 = M_{Rd,c} + M_{Rd,s} + \sum_{i=1}^3 M_{Rd,sp,i} \quad (18) \quad M_{Rd,c} = F_c d_c \quad (19) \quad M_{Rd,sp,i} = F_{sp,i} d_{sp,i} \quad (20)$$

A extensão admissível na armadura de pré-esforço $\varepsilon_{sp,y}$, localizada ao nível i , é dada por:

$$\varepsilon_{spp,i} = \frac{f_{p0.1k,i}}{\varepsilon_{sp,i}} \quad (21)$$

Sendo $f_{p0.1k,i}$ a tensão limite convencional a 0.1% e $\varepsilon_{sp,i}$ o módulo de elasticidade longitudinal da armadura de pré-esforço localizada ao nível i .

A extensão no betão ε_c é dada por:

$$\varepsilon_c = \frac{\Delta\varepsilon_{sp}}{(h-x-h_{sp,3})} \quad (22)$$

Sendo $\Delta\varepsilon_{sp}$ a extensão máxima admissível na armadura de pré-esforço (10‰), h a altura total do pavimento, x a posição da linha neutra relativamente ao topo do pavimento e $h_{sp,3}$ a posição da armadura de pré-esforço localizada ao nível inferior relativamente à base do pavimento (nível 3).

A extensão na armadura ordinária ε_s é dada por:

$$\varepsilon_s = \left(\frac{h-x-h_s}{x} \right) \quad (23)$$

sendo h a altura total do pavimento, x a posição da linha neutra relativamente ao topo do pavimento, h_s a posição da armadura ordinária relativamente à base do pavimento e ε_c a extensão no betão.

A extensão total na armadura de pré-esforço $\varepsilon_{sp,i}$, localizada ao nível i , é dada por:

$$\varepsilon_{sp,i} = \frac{P_{f,i}}{E_{sp,i}} + \Delta\varepsilon_{sp,i} \quad (24)$$

Sendo $P_{f,i}$ a tensão de pré-esforço final, $E_{sp,i}$ o módulo de elasticidade longitudinal e $\Delta\varepsilon_{sp,i}$ a extensão máxima admissível (10 ‰) da armadura de pré-esforço localizada ao nível i . O valor de cálculo do momento fletor resistente, por metro linear, é obtido a partir da equação (18), dividindo o momento fletor resistente pela respetiva largura de influência da vigota.

$$M_{Rd} = \frac{M_{Rd}^0}{L_i} \quad (25)$$

Estado Limite Último de Esforço Transverso

A verificação ao Estado Limite Último de Esforço Transverso é realizada de acordo com as especificações aplicáveis da regulamentação em vigor. O valor de cálculo do esforço transverso atuante V_{Sd} ou V_{ed} deve ser igual ou inferior ao valor de cálculo do esforço transverso resistente V_{Rd} .

$$V_{Sd} \text{ ou } V_{ed} \leq V_{Rd}$$

No caso de elementos sujeitos a flexão composta com compressão ou pré-esforço e sem armadura específica de esforço transverso, o valor de cálculo do esforço transverso resistente é dado apenas pelo termo corretor da teoria de Morsch V_{cd} , podendo ser multiplicado pelo fator:

$$(26) 1 + \frac{M_0}{M_{sd}}$$

sendo M_{sd} o valor de cálculo do momento fletor atuante e M_0 o momento que anulava as tensões de compressão na secção (momento de descompressão). Este termo não deve ser tomado superior a 2.

Sendo prática corrente a utilização do modelo de viga simplesmente apoiada para dimensionamento dos pavimentos aligeirados de vigotas pré-esforçadas, verifica-se que o esforço transversal máximo ocorre nos apoios e nessa mesma secção o momento fletor é nulo. Neste caso, o termo da expressão (26) tende para infinito, devendo adotar-se o valor limitativo proposto pela regulamentação aplicável, ou seja, 2.

O valor de cálculo do esforço transversal resistente é então dado pela equação (27) e limitado pela equação (28).

$$V_{Rd} = \left[1 + \frac{M_0}{M_{sd}} \right] [0.6\tau_1(1.6 - d)b_w d] \quad (27) \quad V_{Rd} \leq \tau_2 b_w d \quad (28)$$

sendo τ_1 e τ_2 tensões resistentes, d a altura útil da secção transversal e b_w a largura da alma. Considera-se como altura útil a distância desde o topo do pavimento até ao centro geométrico da armadura de pré-esforço inferior (nível 3).

2.2 ESTADOS LIMITES DE UTILIZAÇÃO

Para a verificação do Estado Limite de Fendilhação, num pavimento aligeirado de vigotas pré-esforçadas, é necessária a determinação do valor característico do momento de fendilhação.

Segundo a regulamentação em vigor aplicável considera-se satisfeita a verificação do Estado Limite de Fendilhação se o valor de cálculo do momento fletor atuante M_{comb} , resultante da combinação rara, frequente, ou quase permanente de ações, for igual ou inferior ao valor característico do momento fletor que dá início ao aparecimento de fendilhação no betão M_{fctk} , ou seja:

$$M_{comb} \leq M_{fctk}$$

Não sendo conhecida *à priori* a localização da linha neutra, a determinação do valor característico do momento de fendilhação terá de ser realizada para duas situações distintas:

- linha neutra localizada dentro da laje de betão complementar (no banzo);
- linha neutra localizada fora da laje de betão complementar (na alma).

A formulação apresentada para determinação do valor característico do momento de fendilhação é baseada no princípio da sobreposição de efeitos.

Estando a vigota pré-esforçada sujeita a tensões de compressão devido à ação do pré-esforço, colocando-a em geral num estado de flexão composta com compressão, são determinadas as tensões devidas a essa mesma flexão composta. De seguida determinam-se as tensões normais, provocadas pela atuação de um momento externo, devido às ações atuantes no pavimento aligeirado, que provocariam a anulação das tensões normais devidas ao pré-esforço na vigota e lhe introduziriam tensões normais de tração até estas atingirem o valor característico da resistência do betão da vigota à tração.

Despreza-se a contribuição do betão nas zonas tracionadas, com exceção do betão da vigota por estar sujeito a pré-esforço. Não é tida em consideração a contribuição da armadura ordinária, caso exista, por estar envolvida em betão que se encontra tracionado.

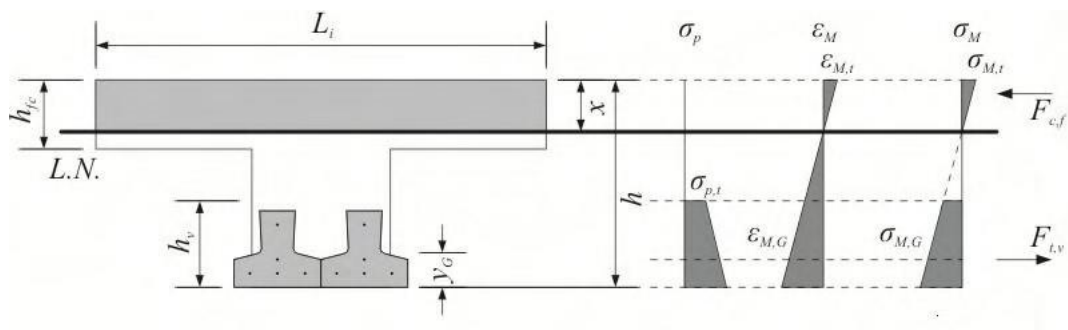


Figura 10 – Diagrama de extensões e tensões para linha neutra localizada dentro da laje de betão complementar

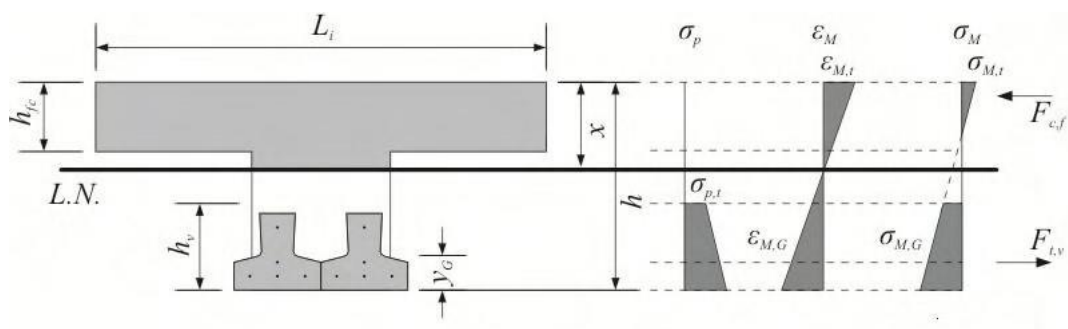


Figura 11 – Diagrama de extensões e tensões para linha neutra localizada fora da laje de betão complementar

A equação de compatibilidade de deformações, quer a linha neutra se localize dentro ou fora da laje de betão complementar, é dada por:

$$\frac{\varepsilon_{M,t}}{x} = \frac{\varepsilon_{M,G}}{(h-x-y_G)} = \frac{\varepsilon_{M,b}}{(h-x)} = \frac{\varepsilon_S}{(h-x)} \quad (29)$$

sendo: $\varepsilon_{M,t}$ a extensão ao nível do topo do pavimento devido à atuação de um momento externo; $\varepsilon_{M,G}$ a extensão ao nível do centro geométrico da vigota devido à atuação de um momento externo; $\varepsilon_{M,b}$ a extensão ao nível da base do pavimento devido à atuação de um momento externo; $\varepsilon_{M,s}$ a extensão ao nível da armadura ordinária devido à atuação de um momento externo; h a altura total do pavimento; x a posição da linha neutra relativamente ao topo do pavimento; y_G a posição do centro geométrico da vigota (secção homogeneizada) relativamente à base do pavimento.

As tensões correspondentes a cada extensão são dadas por:

$$\sigma_{M,t} = E_{cl}\varepsilon_{M,t} \quad (30) \quad \sigma_{M,b} = E_{cv}\varepsilon_{M,b} \quad (31) \quad \sigma_{M,G} = E_{cv}\varepsilon_{M,G} \quad (32)$$

sendo: $\sigma_{M,t}$ a tensão ao nível do topo do pavimento devido à atuação de um momento externo; $\sigma_{M,b}$ a tensão ao nível da base do pavimento devido à atuação de um momento externo; $\sigma_{M,G}$ a tensão ao nível do centro geométrico da vigota (secção homogeneizada) devido à atuação de elasticidade longitudinal do betão da laje de betão complementar; E_{cv} o módulo de elasticidade longitudinal do betão da vigota.

Substituindo as equações (30), (31) e (32) na equação (29) obtém-se:

$$\frac{\sigma_{M,t}}{E_{cl}x} = \frac{\sigma_{M,G}}{E_{cv}(h-x-y_G)} = \frac{\sigma_{M,b}}{E_{cv}(h-x)} \quad (33)$$

Da equação de compatibilidade (33) obtém-se:

$$\sigma_{M,G} = \left(\frac{E_{cv}}{E_{cl}}\right)\left(\frac{h-x-y_G}{x}\right)\sigma_{M,t} \quad (34) \quad \sigma_{M,b} = \left(\frac{h-x}{h-x-y_G}\right)\sigma_{M,G} \quad (35) \quad \sigma_{M,t} = \left(\frac{E_{cl}}{E_{cv}}\right)\left(\frac{x}{h-x-y_G}\right)\sigma_{M,G} \quad (36)$$

No caso da linha neutra se localizar dentro da laje de betão complementar, o equilíbrio de forças na secção transversal é dado por:

$$F_{c,f} = F_{t,v} \quad (37)$$

sendo $F_{c,f}$ a resultante das tensões no betão da laje de betão complementar (banzo) e $F_{t,v}$ a resultante das tensões de tração na vigota.

Desenvolvendo a equação de equilíbrio (37), recorrendo à Figura 10, obtém-se:

$$\sigma_{M,t} \frac{x}{2} L_i = \sigma_{M,G} A_v \quad (38)$$

sendo A_v a área da secção transversal homogeneizada da vigota.

Substituindo a equação (34) na equação (38), e com posterior desenvolvimento, obtém-se a seguinte equação de equilíbrio:

$$\left(\frac{L_i}{2}\right) x^2 + \left[A_v \left(\frac{E_{cv}}{E_{cl}}\right)\right] x + \left[A_v (y_G - h) \left(\frac{E_{cv}}{E_{cl}}\right)\right] = 0 \quad (39)$$

A linha neutra pode ser obtida resolvendo a equação quadrática (39), recorrendo à fórmula resolvente. Serão obtidas duas soluções, sendo apenas uma delas válida para o efeito e facilmente identificável porque se encontra dentro do domínio de análise.

No caso da linha neutra se localizar fora da laje de betão complementar, o equilíbrio de forças na secção transversal é dado por:

$$F_{c,f} + F_{c,w} = F_{t,v} \quad (40)$$

sendo $F_{c,f}$ e $F_{c,w}$ as resultantes das tensões de compressão no banzo e alma da laje de betão complementar, respetivamente, e $F_{t,v}$ a resultante das tensões de tração na vigota.

Desenvolvendo a equação de equilíbrio (40), recorrendo à Figura 11, obtém-se:

$$\left[\frac{\sigma_{M,t} + \sigma_{M,t} \left(\frac{x-h_{fc}}{x}\right)}{2}\right] h_{fc} L_i + \left[\sigma_{M,t} \left(\frac{x-h_{fc}}{x}\right)\right] \frac{(x-h_{fc})}{2} b_{wc} = \sigma_{M,G} A_v \quad (41)$$

Substituindo a equação (34) na equação (41), e com posterior desenvolvimento, obtém-se a seguinte equação de equilíbrio:

$$\left(\frac{b_{wc}}{2}\right) x^S + \left[A_v \left(\frac{E_{cv}}{E_{cl}}\right) + h_{fc} (L_i - b_{wc})\right] x + \dots \left[A_v (y_G - h) + \left(\frac{E_{cv}}{E_{cl}}\right) + \frac{h_{fc}^2}{S} (b_{wc} - L_i)\right] = 0 \quad (42)$$

A linha neutra pode ser obtida resolvendo a equação quadrática (42), recorrendo à fórmula resolvente. Serão obtidas duas soluções, sendo apenas uma delas válida para o efeito e facilmente identificável porque se encontra dentro do domínio de análise.

Conhecida a posição da linha neutra procede-se ao cálculo das forças na armadura de pré-esforço e respetivo esforço axial, momento fletor e tensões normais provocadas por estas mesmas forças na secção de betão da vigota pré-esforçada.

A força de tração para cada varão de pré-esforço F_{sp} é obtida através de:

$$F_{sp,i} = P_{f,i} A_{sp,i} \quad (43)$$

sendo $P_{f,i}$ a tensão de pré-esforço final na armadura de pré-esforço localizada ao nível i e $A_{sp,i}$ a área da secção transversal da armadura de pré-esforço localizada ao nível i .

O esforço axial na vigota N , devido à atuação do pré-esforço, é dado pela soma de todas as forças atuantes de pré-esforço:

$$N = \sum_{i=1}^3 F_{sp,i} \quad (44)$$

Os braços das forças de pré-esforço d_{sp} relativamente ao centro geométrico da secção homogeneizada em betão da vigota, são dados por:

$$d_{sp,i} = h_{sp,i} - y_G \quad (45)$$

sendo $h_{sp,i}$ a posição da armadura de pré-esforço localizada ao nível i relativamente à base do pavimento e y_G a posição do centro geométrico da secção homogeneizada da vigota em betão relativamente à base do pavimento.

O momento flector na vigota M , devido à atuação do pré-esforço, é dado pela soma dos momentos provocados por todas as forças de pré-esforço:

$$M = \sum_{i=1}^3 F_{sp,i} d_{sp,i} \quad (46)$$

As tensões normais $\sigma_{p,t}$ e $\sigma_{p,b}$ no topo e na base da secção transversal da vigota respetivamente, são dadas por:

$$\sigma_{p,t} = -\frac{N}{A_v} - \frac{M}{I_v} (h_v y_G) \quad (47) \quad \sigma_{p,b} = -\frac{N}{A_v} - \frac{M}{I_v} y_G \quad (48)$$

Para ocorrer fendilhação do betão tem que se verificar a seguinte condição limite:

$$\sigma_{p,b} + \sigma_{M,B} = f_{ctk} \quad (49)$$

Substituindo a equação (39) na equação (54) obtém-se

$$\sigma_{M,B} = (f_{ctk} - \sigma_{p,b}) \left(\frac{h-x-y_G}{h-x} \right) \quad (50)$$

Para determinar o momento externo que conduz ao início de fendilhação, correspondente à largura de influência da vigota, resta calcular as forças de compressão e tração na secção transversal.

No caso da linha neutra se localizar dentro da laje de betão complementar, o momento flector na secção é dado por:

$$M = F_{c,f} d_{c,f} + F_{t,v} d_{t,v} \quad (51) \quad F_{c,f} = \sigma_{M,t} \frac{x}{2} L_i \quad (52)$$

$$F_{t,v} = \sigma_{M,G} A_v \quad (53) \quad d_{c,f} = \frac{2}{3}x \quad (54) \quad d_{t,v} = h - x - y_G \quad (55)$$

sendo: $F_{c,f}$ a resultante das tensões no banzo da laje de betão complementar; $F_{t,v}$ a resultante das tensões de tração na vigota; $d_{c,f}$ o braço da resultante das tensões de compressão no banzo da laje de betão complementar; e $d_{t,v}$ o braço da resultante das tensões de tração na vigota pré-esforçada. Os braços são definidos relativamente à linha neutra.

No caso da linha neutra se localizar fora da laje de betão complementar, o momento fletor na secção é dado por:

$$M = F_{c,f}d_{c,f} + F_{c,w}d_{c,w} + F_{t,v}d_{t,v} \quad (56) \quad F_{c,f} = \left[\frac{\sigma_{M,t} + \sigma_{M,t} \left(\frac{x-h_{fc}}{x} \right)}{2} \right] h_{fc} L_i \quad (57)$$

$$F_{c,w} = \left[\sigma_{M,t} \left(\frac{x-h_{fc}}{x} \right) \right] \frac{(x-h_{fc})}{2} b_{wc} \quad (58) \quad d_{c,f} = x - \frac{h_{fc}(3x-2h_{fc})}{3(2x-h_{fc})} \quad (59)$$

$$d_{c,w} = \frac{2}{3}(x - h_{fc}) \quad (60) \quad d_{t,v} = h - x - y_G \quad (61)$$

sendo: $F_{c,f}$ a resultante das tensões no banzo da laje de betão complementar $F_{c,w}$ a resultante das tensões na alma da laje de betão complementar $F_{t,v}$ a resultante das tensões de tração na vigota; $d_{c,f}$ o braço da resultante das tensões de compressão no banzo vigota; $d_{c,w}$ o braço da resultante das tensões de compressão na alma da laje de betão complementar; e o braço da resultante das tensões de tração na vigota pré-esforçada. Os braços são definidos relativamente à linha neutra.

O valor característico do momento de fendilhação, por metro linear, é então calculado a partir da equação (56) ou (61) consoante a localização da linha neutra, sendo dado por:

$$M_{fctk} = \frac{M}{L_i} \quad (68)$$

Estado Limite de Deformação

Considera-se satisfeita a verificação do Estado Limite de Deformação se o valor de cálculo do deslocamento máximo do pavimento δ_{comb} , resultante das combinações rara, frequente ou quase permanente de ações, for inferior ou igual ao valor de cálculo do deslocamento máximo admissível δ_{adm} , ou seja:

$$\delta_{comb} \leq \delta_{adm} \quad (69)$$

A verificação do Estado Limite de Deformação num pavimento aligeirado de vigotas pré-esforçadas implica a determinação da sua rigidez de flexão. O processo de cálculo desta rigidez obriga à determinação da linha

neutra correspondente em fase não fendilhada, ou seja, admite-se um comportamento perfeitamente elástico dos materiais.

A secção transversal do pavimento é constituída, em geral, por dois tipos diferentes de betão (vigota e laje de betão complementar) e por dois tipos de armadura (armadura de pré-esforço e armadura de distribuição). Esta heterogeneidade obriga à homogeneização de todos os materiais constituintes da secção transversal utilizando um deles como referência, designado “material de homogeneização”.

Para a determinação da linha neutra é necessário proceder ao cálculo do momento estático da parte da secção transversal sujeita a compressão e a tração. Este processo pode ser realizado de forma analítica direta, definindo a equação de equilíbrio de momentos estáticos, resolvendo-a e determinando a sua solução. Em alternativa, pode-se adotar um processo iterativo, atribuindo valores consecutivos à posição da linha neutra, substituindo este valor na equação de equilíbrio de momentos estáticos e verificando quando esta se anula.

A determinação da equação de equilíbrio de momentos estáticos é efetuada considerando oito zonas distintas da secção transversal:

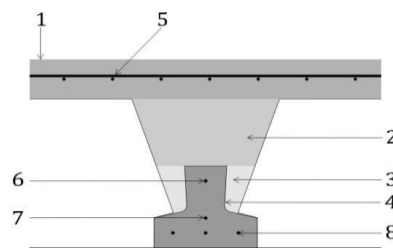


Figura 12 – Zonas da secção transversal do pavimento

1 - laje de betão complementar; 2 - alma da laje de betão complementar; 3 - alma da laje de betão complementar lateral à alma da vigota; 4 – vigota; 5 - armadura de distribuição; 6 - armadura de pré-esforço superior; 7 - armadura de pré-esforço intermédia;

A equação de equilíbrio de momentos estáticos, relativamente à linha neutra localizada à distância x do topo do pavimento, é dada por:

$$\sum_{i=1}^8 \left[\left(\frac{E_i}{E_h} \right) A_i d_i \right] = 0 \quad (70)$$

sendo: E_i o módulo de elasticidade longitudinal do material da zona i ; E_h o módulo de elasticidade longitudinal do material de homogeneização; A_i a área da secção transversal da zona i ; e d_i o braço do centro geométrico da zona i até à linha neutra.

Desenvolvendo a equação (70) obtém-se:

$$\left(\frac{E_{cl}}{E_h}\right)[A_{fc}d_{fc} + A_{wc}d_{wc} + A_{wcv}d_{wcv}] + \left(\frac{E_c}{E_h}\right)A_vd_v + \dots + \left(\frac{E_{sd}}{E_h}\right)A_{sd}d_{sd} + \dots + \left(\frac{E_{sp,1}}{E_h}\right)A_{sp,1}d_{sp,1} + \left(\frac{E_{sp,2}}{E_h}\right)A_{sp,2}d_{sp,2} + \left(\frac{E_{sp,3}}{E_h}\right)A_{sp,3}d_{sp,3} = 0 \quad (71)$$

Substituindo a área e braço de cada zona da secção transversal na equação (71) obtém-se:

$$(b_{fc}h_{fc})\left[x - \frac{h_{fc}}{2}\right] + (b_{wc}h_{wc})\left[x - \left(h_{fc} + \frac{h_{wc}}{2}\right)\right] + \dots + A_{sp,1}[x - (h - h_{sp,1})] + A_{sp,2}[x - (h - h_{sp,2})] + A_{sp,3}[x - (h - h_{sp,3})] = 0 \quad (72)$$

Utilizando um processo iterativo, pode-se determinar a posição da linha neutra, até o cálculo do momento estático correspondente a essa dada equação (72), ser nulo.

A rigidez de flexão EI do pavimento é, então, dada pela soma da rigidez de cada zona da secção transversal, ou seja:

$$EI_0 = (EI)_{fc} + (EI)_{wc} + (EI)_{wcv} + (EI)_v + \dots + (EI)_{sd} + (EI)_{sp,1} + (EI)_{sp,2} + (EI)_{sp,3} \quad (73)$$

A rigidez de flexão da laje de betão complementar, em relação à linha neutra, é dada por:

$$(EI)_{fc} = E_d I_{fc} \quad (74) \quad I_{fc} = \frac{b_{fc}h_{fc}^3}{12} + (b_{fc}h_{fc})\left[x - \frac{h_{fc}}{2}\right]^2 \quad (75)$$

A rigidez de flexão da alma da laje de betão complementar, em relação à linha neutra, é dada por:

$$(EI)_{wc} = E_{cl} I_{wc} \quad (76) \quad I_{wc} = \frac{b_{wc}h_{wc}^3}{12} + (b_{wc}h_{wc})\left[x - \left(h_{fc} + \frac{h_{wc}}{2}\right)\right]^2 \quad (77)$$

A rigidez de flexão da alma da laje de betão complementar lateral à alma da vigota, em relação à linha neutra, é dada por:

$$(EI)_{wcv} = E_d I_{wcv} \quad (78) \quad I_{wcv} = \frac{(b_{wc} - b_{wv})h_{wv}^3}{12} + [(b_{wc} - b_{wv})h_{wv}]\left[x - \left(h_{fc} + h_{wc} + \frac{h_{wv}}{2}\right)\right]^2 \quad (79)$$

A rigidez de flexão da vigota, em relação à linha neutra, é dada por:

$$(EI)_v = E_{cv} I_v \quad (80) \quad I_v = I_{G,v} + A_v[x - (h - y_G)]^2 \quad (81)$$

A rigidez de flexão da armadura de distribuição, em relação à linha neutra, é dada por:

$$(EI)_{sd} = E_{sd} I_{sd} \quad (82) \quad I_{sd} = A_s\left[x - \frac{h_{fc}}{2}\right]^2 \quad (83)$$

A rigidez de flexão da armadura de pré-esforço localizada ao nível i , em relação à linha neutra, é dada por:

$$(EI)_{sp,i} = E_{sp,i} I_{sp,i} \quad (84) \quad I_{sp,i} = A_{sp,i}[x - (h - h_{sp,i})]^2 \quad (85)$$

A rigidez de flexão do pavimento, por metro linear, é determinada dividindo a rigidez de flexão obtida pela equação (73) pela largura de influência da vigota, sendo dada por:

$$EI = \frac{EI_0}{L_i} \quad (86)$$

3. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

Os pavimentos aligeirados de vigotas pré-esforçadas são constituídos por vigotas de betão pré-esforçado e blocos de cofragem, com colocação em obra de uma camada de betão armado, usualmente designada por betão complementar. Este betão complementar tem funções resistentes e de solidarização do conjunto vigota e bloco de cofragem.

O funcionamento estrutural deste tipo de pavimento é equivalente ao de uma laje em betão armado.

Excluem-se da aplicação utilizações diferentes das anteriormente referidas, e pavimentos com vãos superiores a oito (8.0) metros, ficando esses pavimentos fora do âmbito deste DT PA2024, devendo cada caso de aplicação ser objeto de estudo pormenorizado e adequado.

3.1 VIGOTAS

As vigotas prefabricadas pré-esforçadas constituintes dos pavimentos LEIRIVIGA são objeto de marcação CE, de acordo com a norma NP EN 15037-1.

As vigotas pré-esforçadas por pré-tensionamento do aço caracterizam-se por superfícies laterais inclinadas relativamente á parte superior com um ressalto mínimo de 4 mm e um ângulo de pelo menos 6%. A superfície superior é rugosa e os fios de aço da armadura são aderentes.

O betão, de comportamento especificado, de massa volúmica normal e consistência terra húmida, é conforme com a NP EN 206 e apresenta a seguinte designação: **C35/45.XC1(P).CL0,20.D_{inf}6 e D_{sup}12**

Vigotas tipo P							
d (mm)	A (mm ²)	R _m (MPa)	F _m (kN)	F _{m, máx.} (kN)	F _{p0,1} (kN)	A _{gt} (%)	E (GPa)
4,0	12,6	1770	22,3	25,6	19,6	3,5	205 ± 10
5,0	19,6		34,7	39,9	30,5		

d - diâmetro (valor nominal) da tensão de rotura à tração

R_m - tensão de rotura à tração (valor nominal);

F_{m máx.} - força de rotura à tração máxima (valor nominal);

A_{gt} - extensão total na força máxima (valor mínimo);

A - área da secção transversal (valor nominal);

F_m - força de rotura à tração (valor característico mínimo referente ao quantilho de 95%);

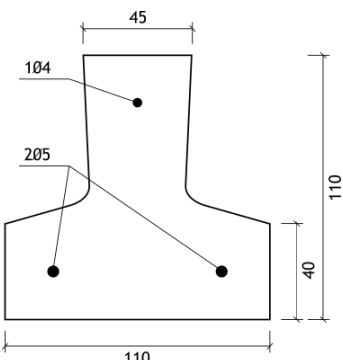
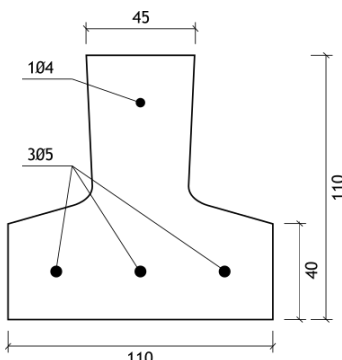
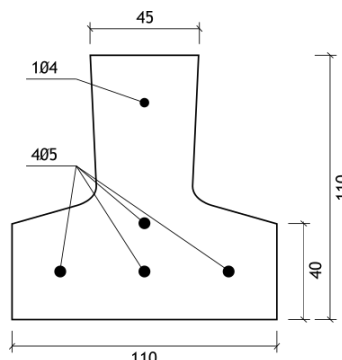
F_{p0,1} - força limite convencional a 0,1% (valor característico mínimo referente ao quantilho de 95%) de rotura à tração

E - Módulo de elasticidade

A relaxação dos fios de aço, às 1000 horas, não deverá exceder 2,5%.

Os valores da força de pré-esforço na origem são de 15.60 kN e de 24.50 kN, a que corresponde uma tensão de pré-esforço inicial de 1250 MPa, respetivamente nos aços com diâmetros de 4 mm e com diâmetros de 5 mm.

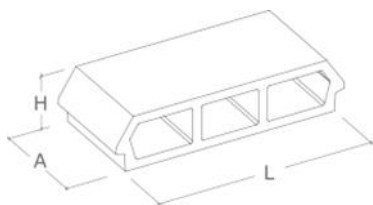
Os fios de aço com as designações Y 1770 C 4,0 I e Y1770 C 5,0 I, certificados pela CERTIF, satisfazem às características mecânicas estabelecidas na Especificação **LNEC E 452-2020** – “Fios de aço para pré-esforço. Características e ensaios”, a que correspondem os valores apresentados no quadro seguinte:”

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DAS VIGOTAS TIPO P							
P2		P3			P4		
							
CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DAS VIGOTAS TIPO P							
Vigota	Massa	ESFORÇOS					
		ESTADOS LIMITES					
		ÚLTIMOS			DE UTILIZAÇÃO		
		$M_{RD (+)}$	$M_{RD (-)}$	V_{RD}	M_{fctk}	EI_{inst}	$EI_{t\infty}$
		kN.m	kN.m	kN	kN.m	kN.m ²	kN.m ²
P2	19,1	2,83	0,74	3,01	1,22	257	90
P3	19,2	3,14	0,37	3,32	1,74	258	91
P4	19,3	3,07	0,53	3,57	1,97	258	91

3.2 BLOCOS DE COFRAGEM

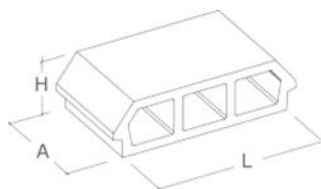
Os blocos de cofragem utilizados são de betão de agregados de argila expandida e são objeto de marcação CE, de acordo com a norma NP EN 15037-2. Todos os blocos são furados e têm formas de extradorso poligonais e ressaltos laterais para apoio nos banzos das vigotas.

A geometria e as massas nominais dos blocos são apresentadas quadro seguinte.

BL48x12x23


Massa = 7.0 kg

480(L)x120(H)x230(A) mm

BL38x12x23


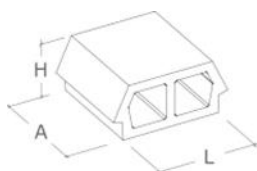
Massa = 5.5 kg

380(L)x120(H)x230(A) mm

BL30x12x23

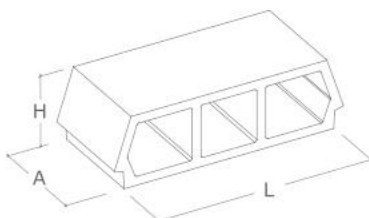

Massa = 4.5 kg

300(L)x120(H)x230(A) mm

BL22x12x23


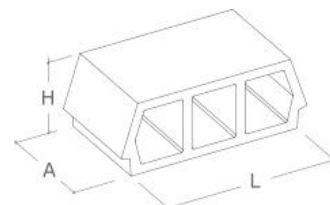
Massa = 4.0 kg

220(L)x120(H)x230(A) mm

BL48x16x23


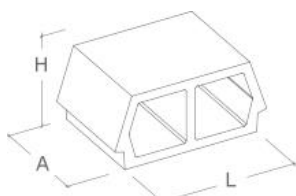
Massa = 7.5 kg

480(L)x160(H)x230(A) mm

BL38x16x23


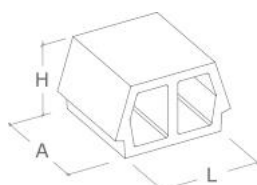
Massa = 7.0 kg

380(L)x160(H)x230(A) mm

BL30x16x23


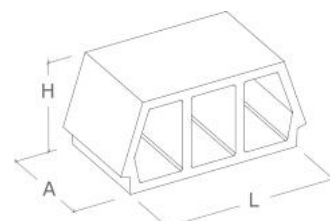
Massa = 4.5 kg

300(L)x160(H)x230(A) mm

BL22x16x23


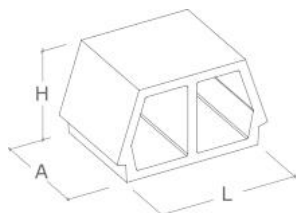
Massa = 4.5 kg

220(L)x160(H)x230(A) mm

BL38x20x23


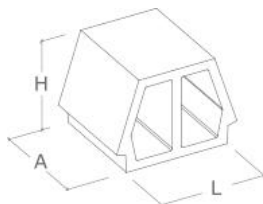
Massa = 7.5 kg

380(L)x200(H)x230(A) mm

BL30x20x23


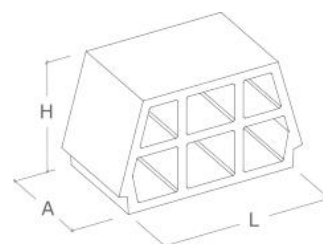
Massa = 5.0 kg

300(L)x200(H)x230(A) mm

BL23x20x23


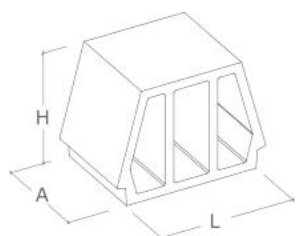
Massa = 5.0 kg

230(L)x200(H)x230(A) mm

BL38x25x23


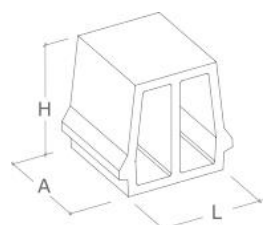
Massa = 9.5 kg

380(L)x250(H)x230(A) mm

BL30x25x23


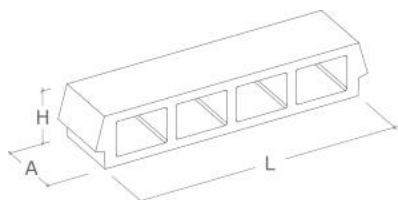
Massa = 8.5 kg

300(L)x250(H)x230(A) mm

BL22x25x23


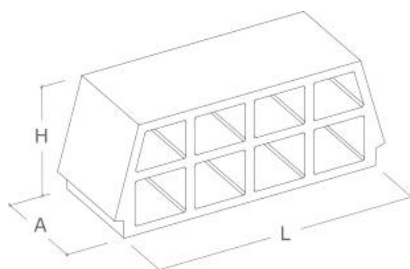
Massa = 6.0 kg

220(L)x250(H)x230(A) mm

BL58x12x15^{(1) (2)}


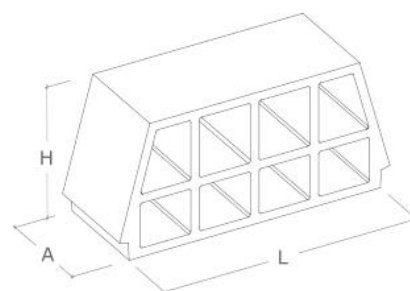
Massa = 8.5 kg

580(L)x120(H)x150(A) mm

BL58x25x23^{(1) (2)}


Massa = 11.0 kg

580(L)x250(H)x230(A) mm

BL58x30x23^{(1) (2)}


Massa = 12.0 kg

580(L)x300(H)x230(A) mm

⁽¹⁾ As abobadilhas 58x12x15 destinam-se a ser utilizadas como cofragem inferior na zona dos tarugos. Este documento apresenta as tabelas com valores para os pavimentos compostos por estas abobadilhas. ⁽²⁾ Os valores da massa das abobadilhas são estimados por extrapolação do volume determinado.

3.3 BETÃO COMPLEMENTAR

O betão complementar é aplicado no topo do pavimento, formando uma camada contínua de espessura variável, variando entre 40 mm e 70 mm, e incorpora uma armadura de distribuição. Este betão, de comportamento especificado, de massa volúmica normal, deve ser conforme com a NP EN 201 e apresentar a designação: **C25/30; XC1(Pt)**.

A consistência do betão fresco e a dimensão dos agregados deve ser tal que permita o preenchimento total do espaço entre vigota, blocos de cofragem e armadura ordinária de distribuição e da nervura.

3.4 ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO

Os pavimentos devem comportar sempre uma armadura de distribuição constituída por varões dispostos nas duas direções e integrada na camada contínua do betão complementar. As secções mínimas desta armadura de distribuição, na direção perpendicular à das vigotas e para o caso de emprego de varões de aço A235, A400 ou A500, são as que se indicam nos quadros de Armadura de Distribuição (Tabelas de Cálculo) e deverão ser satisfeitas por varões com espaçamento máximo de 250 mm. Os varões a dispor na direção das vigotas, formando malha ortogonal com os varões da direção normal, poderão ter secções inferiores às destes últimos, por metro de largura de pavimento, mas o seu espaçamento não deve exceder 350 mm.

São fornecidos os valores da secção de armadura a colocar na camada de betão complementar na direção normal às vigotas, em função da classe do aço utilizado, e para cada tipo de pavimento. Ver Tabelas de Cálculo. As referidas secções deverão ser satisfeitas mediante a colocação de, no mínimo, quatro varões por metro de largura de pavimento.

3.5 TABELAS DE DIMENSIONAMENTO

Apresentam-se, neste ponto, tabelas de dimensionamento de pavimentos aligeirados de vigotas pré-esforçadas, Tabelas de Cálculo, para diversas combinações de vigota, bloco de cofragem e espessura da laje de betão complementar, bem como as quantidades m² de pavimento de vigotas (ml), de blocos de cofragem (un) e de betão (l) para cada tipo de pavimento.

A designação adotada para os pavimentos permite identificar e descrever todos os seus elementos constituintes, incluindo o tipo e número de vigotas, bloco de cofragem, espessura do betão complementar de enchimento e espessura total do pavimento.

Exemplos:

A designação **P2/P4-BL30X12-16/18** corresponde a um conjunto de pavimentos que utilizam blocos de cofragem **BL30X12**, com uma vigota **P2** ou **P3** ou **P4**, com espessuras totais de pavimentos entre **160 mm** e **180 mm**.

A designação **2P2/2P4-BL30x12-16/18** engloba um conjunto de pavimentos que utilizam blocos de cofragem **BL30x12**, com duas vigotas **P2** ou **P3** ou **P4** dispostas em paralelo, com espessuras totais de pavimentos entre **160 mm** e **180 mm**.

- **2P2-BL30x12-16** – 2 vigotas P2, Bloco de cofragem BL30x12, espessura total de 160 mm;
- **2P3-BL30x12-17** – 2 vigotas P3, Bloco de cofragem BL30x12, espessura total de 170 mm;
- **2P4-BL30x12-18** – 2 vigotas P4, Bloco de cofragem BL30x12, espessura total de 180 mm;

A designação **3P3/3P4-BL30x25-29/33** corresponde a um conjunto de pavimentos que utilizam blocos de cofragem **BL30X25**, com **três vigotas P3** (3 P3) ou **três vigotas P4** (3 P4) dispostas **em paralelo**, com espessuras totais de pavimentos entre **290 mm** e **330 mm**.

Performance acústica e Resistência ao fogo

No quadro PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO, nas tabelas com valores de cálculo dos pavimentos, apresentam-se igualmente valores relativos á performance acústica e resistência a incêndios de cada tipo de pavimento, abaixo algumas considerações técnicas.

Isolamento acústico ao ruído aéreo

O valor do índice de isolamento acústico ao ruído aéreo (R_w) dos pavimentos acabados, incluindo os revestimentos de piso e de teto, rigidamente ligados à laje, depende da sua massa o que permite que os valores do R_w possam, de um modo aproximado, ser estimados através da lei da massa embora esta lei se aplique a elementos homogêneos, de acordo com o Anexo L da NP EN 15037-1.

Como uma alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento ao ruído aéreo poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área, como se segue (dB):

$$R_w = 40 \log(M_R) - 56 + \frac{3}{8} \left(\frac{M_R}{h_t} \right)$$

Onde:

M_R - é a massa do pavimento, em kg/m²

h_t - é a espessura do pavimento, em cm (sem ter em conta o revestimento de acabamento ou da laje flutuante).

Isolamento acústico ao ruído de impacto

Como alternativa aos resultados de ensaio, o valor do índice de isolamento acústico ao ruído de impacto na ausência de transmissões marginais ($L_{n,w}$) poderá ser estimado a partir da massa por unidade de área com se seguem (dB) para pavimentos com blocos de cofragem alveolados em betão:

$$L_{n,w} = 170 - 35 \log(M_{ep})$$

Onde:

$$M_{ep} = M_R - M_r \text{ com } M_r = 80 (h/H)$$

h = é a espessura do bloco de cofragem alveolado em cm H = é a espessura total do pavimento, em cm.

Nota técnica:

Cálculos de acordo com ANEXO L da NP EN 15037-1, considerando uma massa adicional ao pavimento de 60 kg/m (betonilhas e argamassas) correspondente a um acréscimo na espessura total (H) do pavimento de 5 cm. Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído aéreo poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área (em dB):

$$R_W = 40 \log(M_R) - 56 + \frac{3}{8} \left(\frac{M_R}{h_t} \right)$$

onde M_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; h_t é a espessura do pavimento, em cm (sem ter em conta o revestimento de acabamento ou da laje flutuante).

Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído de impacto poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área (em dB):

$$L_{n,w} = 170 - 35 \log(M_{ep})$$

onde M_{ep} é a massa equivalente do pavimento, em Kg/m²; $M_{ep} = M_R - M_r$ com $M_r = 80 \left(\frac{h}{H} \right)$ para os blocos de cofragem em betão; onde M_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; h é a espessura do bloco de cofragem alveolado, em cm; H é a espessura total do pavimento, em cm;

Isolamento Térmico

As propriedades de isolamento térmico de um produto devem ser expressas em termos de um dos seguintes conjuntos de valores:

- a) a condutividade térmica do material, juntamente com a geometria do produto;
- b) a resistência térmica do produto inteiro.

Resistência ao fogo

De acordo com ANEXO K da NP EN 15037-1 o **Grau de resistência ao fogo** de pavimentos compostos para habitações com vigotas comuns, não considera qualquer tipo de revestimento na face inferior do pavimento.

São valores deduzidos de resultados de ensaios realizados sobre pavimentos com blocos de cofragem alveolados em betão, acabados sob cargas para edifícios habitacionais.

As partes constituintes dos pavimentos com vigotas e blocos de cofragem deverão ser tais que a resistência ao fogo do pavimento acabado esteja em conformidade com o tempo exigido pelas partes constituintes dos pavimentos não deverão estar na origem do fogo nem deverão contribuir para a sua propagação – classe de reação ao fogo A1 (não-combustível).

Os pavimentos compostos para habitação, com vigotas comuns, apresentam as seguintes classes de resistência mínima:

REI 30 – pavimentos com um revestimento na face inferior com uma espessura mínima de 15mm de argamassa de cimento e areia ou de cimento, cal e areia.

REI 60 – pavimentos com um revestimento na face inferior com uma espessura mínima de 15mm de argamassa de cimento e agregados leves (vermiculite, perlite e fibras minerais).

A classe de resistência ao fogo do pavimento depende da solução adotada para o revestimento do teto.

Notas técnicas:

i) Graus de resistência ao fogo de pavimentos compostos para habitações com vigotas comuns, de acordo com ANEXO K da NP EN 15037-1, não considerando qualquer tipo de revestimento na face inferior do pavimento.

ii) Norma europeia de classificação EN 13501-1, realização de ensaios segundo normas EN ISO 1182 e EN ISO 1716.

4. CONDIÇÕES GERAIS DE EXECUÇÃO DOS PAVIMENTOS

Nos casos correntes, a execução dos pavimentos deve satisfazer à norma NP EN 13670 – “Execução de estruturas em betão”, e em conformidade com o Decreto-Lei n.º 90/2021, de 5 de novembro, e verificar os 10 pontos seguintes:

- 1) Nivelamento dos apoios para o assentamento das vigotas.
- 2) Montagem de escoramento provisório, para apoio intermédio das vigotas. O escoramento tem de ser criteriosamente disposto, com afastamento máximo de 2.0 m entre elementos.
- 3) Montagem das cofragens junto dos apoios dos pavimentos, para moldagem de zonas maciças nas condições recomendadas no capítulo 5, e ao longo das nervuras transversais que, no referido parágrafo, são preconizadas.
- 4) Colocação das vigotas, dispostas paralelamente entre si, e acerto do seu afastamento.
- 5) Colocação dos blocos de cofragem entre vigotas, apoiados nos banzos destas, com eliminação das filas de blocos correspondentes às faixas maciças do pavimento.
- 6) Disposição, nas condições recomendadas no capítulo 5, da armadura de distribuição, na camada de betão complementar, das armaduras das nervuras transversais e das armaduras nos apoios, quando previstas – afastamento máximo de nervuras transversais (tarugos) de 2.0 m.
- 7) Instalação de passadiços para trânsito de pessoal e de transporte do betão, a fim de evitar a circulação sobre os blocos de cofragem.
- 8) Rega abundante das vigotas e dos blocos de cofragem, precedendo a betonagem.
- 9) Lançamento, espalhamento, regularização e compactação do betão complementar.
- 10) Manutenção da humidade do betão em obra, durante os primeiros dias do endurecimento.

5. DISPOSIÇÕES CONSTRUTIVAS E CONDIÇÕES ESPECIAIS DE EXECUÇÃO DOS PAVIMENTOS

Definem-se seguidamente as principais disposições construtivas a adotar na execução dos vários tipos de pavimentos, nos casos abrangidos pelo campo de aplicação. Na figura abaixo ilustram-se essas mesmas situações.

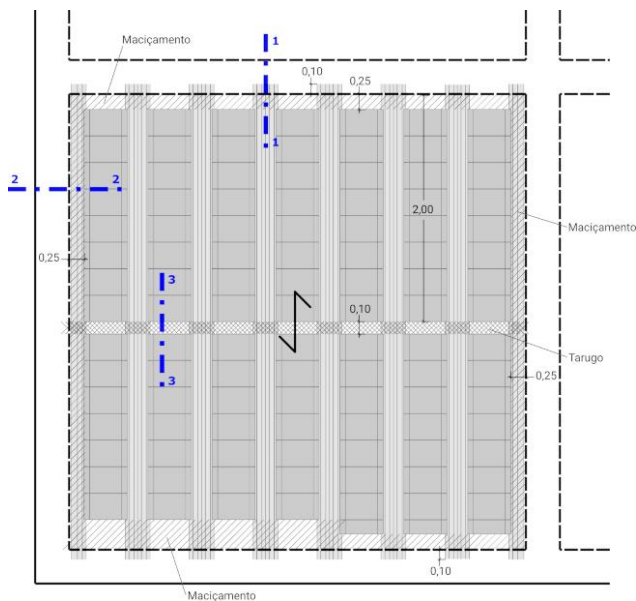


Fig.14 – situações em análise

a) Armadura de distribuição e Tarugos

Nos pavimentos com vão igual ou superior a quatro metros deverão ser dispostas, além da armadura de distribuição, nervuras transversais contínuas de betão armado espaçadas cerca de 2 metros. A largura destas nervuras deverá ser, no mínimo entre 100 a 150 mm.

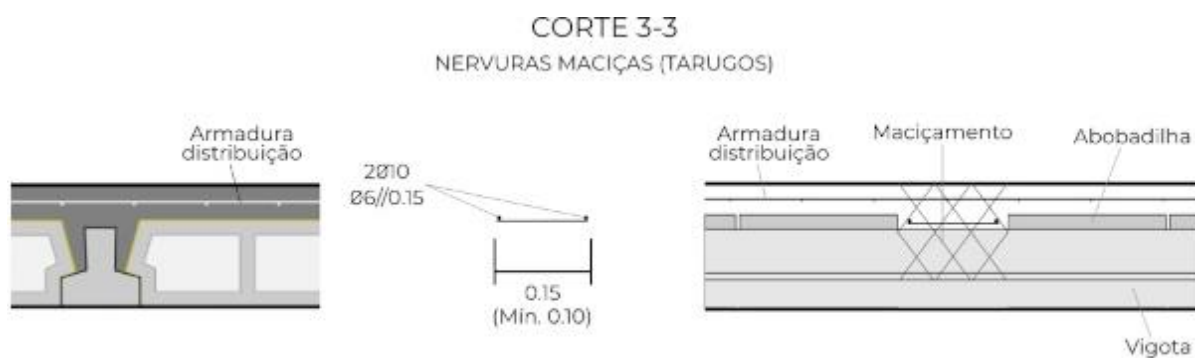


Fig.15a – Nervuras transversais (Tarugos) em pavimentos com espessura total até 200 mm

A armadura deverá ser constituída, no mínimo, por dois varões colocados imediatamente acima das vigotas nos pavimentos. Na situação de pavimentos com altura total acima dos 200 mm, sempre que possível a armadura deverá ser constituída em conformidade com o esquema abaixo.

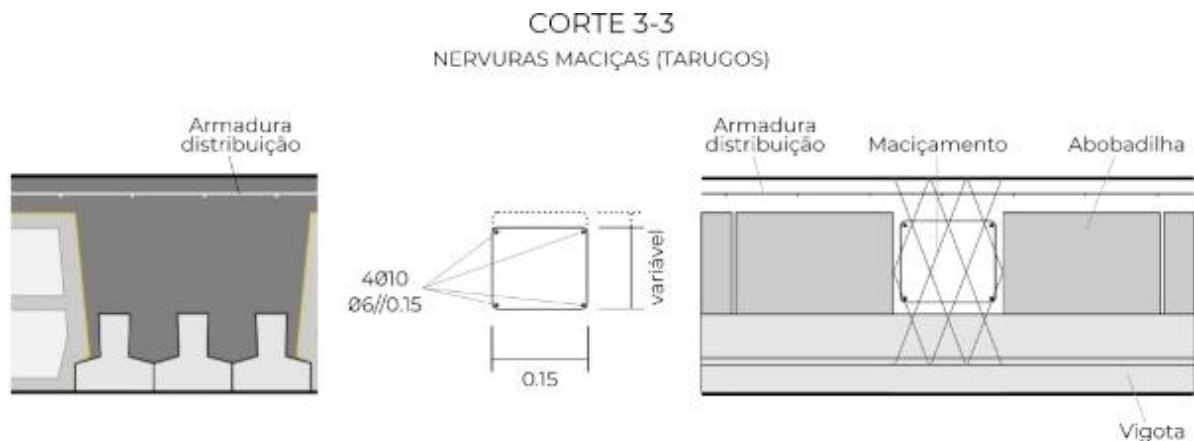


Fig.15b – Nervuras transversais (Tarugos) em pavimentos com espessura total até 200 mm

Estas nervuras (Tarugos) melhoram a rigidez do pavimento na direção perpendicular às vigotas.

A área da secção deverá ser obtida multiplicando metade da área da armadura de distribuição do pavimento, indicada nas Tabelas Cálculo, pela distância entre nervuras transversais ou, no caso de existir apenas uma nervura, pela distância entre esta e o apoio.

b) Ações provenientes de paredes divisórias

Estes pavimentos poderão ser considerados com condições estruturais que permitam ter em conta as ações resultantes de paredes divisórias desde que essas ações sejam consideradas atuando nas suas condições reais, o que implica, na zona das divisórias, um reforço da armadura de distribuição, referida anteriormente. Porém, no caso de as paredes divisórias se encontrarem na direção das vigotas dos pavimentos, deverá o reforço da armadura de distribuição ser complementado com a colocação de vigotas suplementares dispostas a par das previstas para o pavimento.

c) Apoio das vigotas e solidarização

As vigotas deverão ter, em geral, a entrega mínima de 100 mm, nos apoios, a menos que razões especiais imponham menor entrega e sem prejuízo da segurança que, neste caso, deverá ser convenientemente comprovada. Os extremos das vigotas, nos apoios dos pavimentos, devem ser solidarizados através de cintas ou de vigas betonadas em conjunto com a camada de betão complementar dos pavimentos.

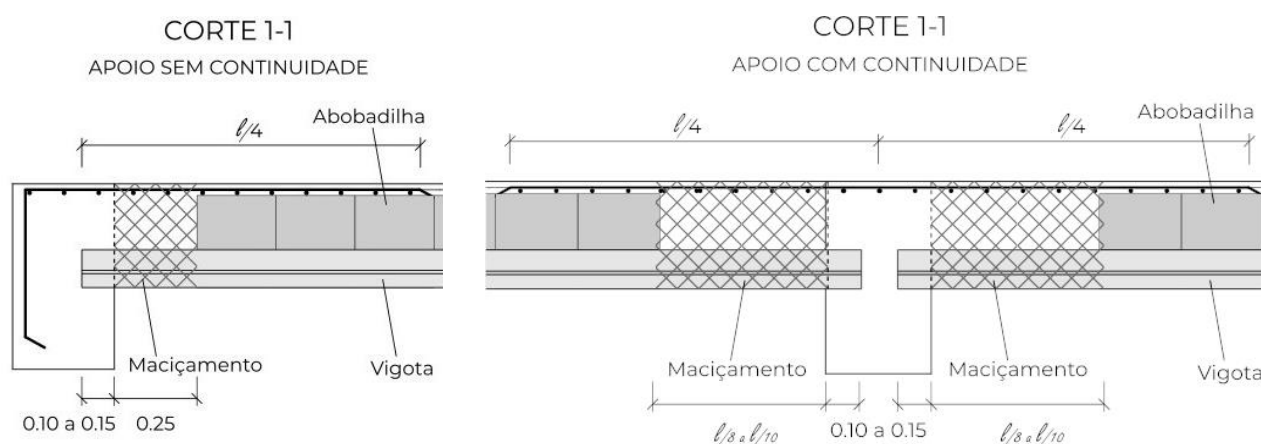


Fig.16 – Entrega das vigotas nos apoios e solidarização (maciçamento) nas extremidades junto aos apoios

Quando se trate de pavimentos com apoios de encastramento ou continuidade, devem prever-se faixas maciças de betão armado para resistência aos momentos negativos. A betonagem destas faixas faz-se nos intervalos entre vigotas deixados livres pela não colocação de fiadas de blocos de cofragem, convindo que, nos sucessivos intervalos, o número de blocos seja alternado para evitar que a ligação da faixa maciça à zona aligeirada do pavimento se faça em alinhamento reto, mais propício ao aparecimento de fendas ao longo dessa ligação. Os painéis dos pavimentos devem ser limitados lateralmente, segundo a direção longitudinal das vigotas, por cintas ou por vigas também betonadas em conjunto com a camada de betão complementar dos pavimentos.

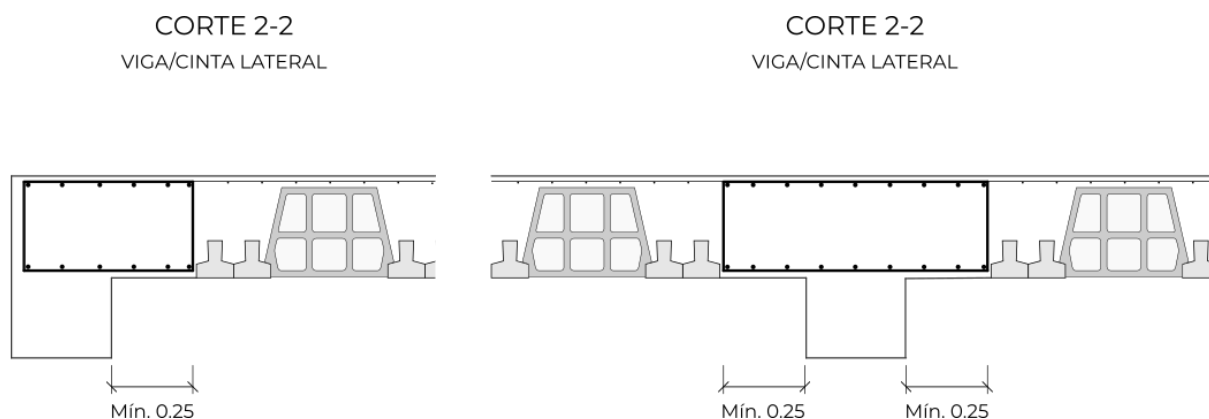


Fig.17 – Viga/cinta lateral (longitudinal)

As cintas devem ter uma largura igual à largura da parede que encimam e uma altura não inferior a 0,20 m, devendo este valor mínimo da altura ser aumentado no caso de paredes muito espessas, com largura superior a 0,50 m. As cintas devem ser armadas longitudinalmente com, pelo menos, 4 varões de 12 mm de diâmetro quando se utilize aço A235, ou 4 varões de 10 mm de diâmetro quando se utilizem aços A400 ou A500, e transversalmente com estribos de 6 mm de diâmetro espaçados no máximo de 0,20 m. Nas regiões do País de

maior sismicidade, recomenda-se a redução deste espaçamento máximo dos estribos para 0,10 a 0,15 m, nas zonas das cintas próximas dos montantes, num comprimento de 0,75 a 1,00 m.

A largura das faixas maciças assim como a armadura a utilizar para a resistência aos momentos negativos atuantes deverão ser convenientemente dimensionadas.

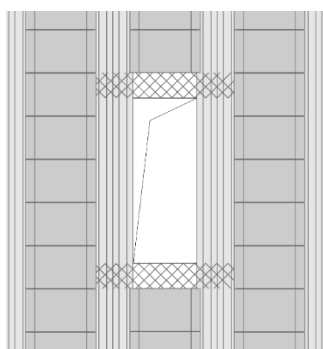
Quando se trate de pavimentos dimensionados considerando a existência de apoios simples é recomendável que nos apoios exista uma armadura capaz de absorver os esforços de tração na face superior dos pavimentos resultantes da restrição da rotação dos apoios, que sempre se verificam em condições normais de serviço. A referida armadura deverá ser constituída por varões dispostos na direção das vigotas, com comprimento mínimo, a partir da face de apoio, igual a 1/10 de vão livre do pavimento, de secção, por metro de largura, não inferior à da armadura de distribuição recomendada e cujos varões integrados na camada de betão complementar deverão ser convenientemente amarrados nas cintas ou nas vigas em que as vigotas se apoiam.

d) Ações provenientes de cargas suspensas

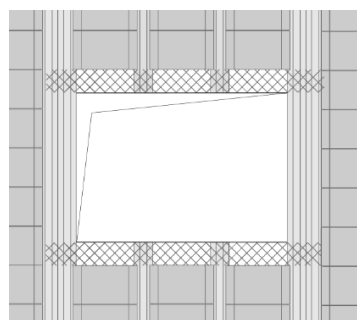
Não possuindo os blocos de cofragem resistência suficiente para suportar eventuais ações resultantes de equipamentos ou de instalações a suspender dos tetos, esta suspensão tem de ser assegurada por peças apropriadas, incluídas no pavimento durante a sua execução. Para tal, poderão ser usadas pequenas lajetas de betão armado apoiadas em duas vigotas contíguas e substituindo blocos de cofragem, às quais se encontram ligados ganchos de suspensão dos equipamentos a fixar na parte inferior dos pavimentos.

e) Aberturas

A execução de aberturas com a interrupção de vigotas é possível desde que se adotem disposições construtivas especiais como, por exemplo, nervuras transversais devidamente dimensionadas onde as vigotas interrompidas possam ser devidamente apoiadas. A execução de aberturas conseguidas pela eliminação de um ou mais blocos de cofragem entre duas vigotas contíguas não necessita, em geral, de verificação de segurança complementar, a menos que essas aberturas condicionem a capacidade resistente do pavimento.



a) Remoção de apenas uma fila de abobadilhas



b) Remoção de várias filas de abobadilhas

Fig.18(a, b) – Esquema para execução de maciçamentos de apoio nos extremos das vigotas

f) Consolas

A execução de consolas de pavimento e a sua ligação a pavimentos aligeirados é possível adotando disposições construtivas adequadas. Nomeadamente criando maciços nas zonas onde ocorrem os momentos negativos.

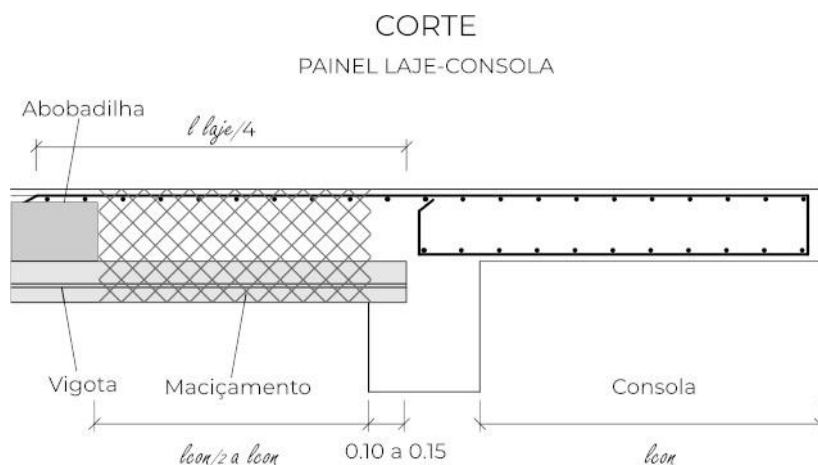


Fig.19 – Esquema da ligação da laje de pavimento à consola

O esquema da fig. 19 representa duas situações que devem ser adotadas que são:

- i) a armadura superior (da consola) a prolongar-se para o interior do pavimento num comprimento até equivalente a $\frac{1}{4}$ do vão da laje, e/ou no mínimo igual ao vão da consola;
- ii) a faixa de maciçamento (contrabalanço) junto ao apoio deverá ter um comprimento equivalente ao vão da consola, podendo no limite mínimo ter metade desse valor;

6. CÁLCULO DOS PAVIMENTOS

6.1 INTRODUÇÃO

O cálculo dos pavimentos tem por objetivo a determinação dos seguintes valores:

- Pré-esforço instalado nos fios das vigotas ao fim de determinados intervalos de tempo após a sua moldagem;
- Quantidades unitárias dos elementos constituintes dos pavimentos (vigotas, abobadilhas, betão complementar e armadura distribuição);
- Características mecânicas dos pavimentos a utilizar na verificação da segurança em relação aos diferentes estados limites.

Os Valores referidos do pré-esforço são obtidos deduzindo ao valor do pré-esforço na origem os valores das perdas instantâneas e diferidas calculadas de acordo com a regulamentação europeia aplicável.

Os valores relativos às quantidades por unidade de superfície de pavimento das vigotas, dos blocos de cofragem e do betão complementar são obtidos a partir das características geométricas das vigotas e dos blocos de cofragem. A área da armadura de distribuição é determinada de acordo com as especificações da regulamentação europeia vigente.

Os valores relativos ao peso próprio dos pavimentos foram determinados a partir das referidas quantidades, adotando-se para o betão e para o aço os valores dos pesos volúmicos preconizados na regulamentação aplicável, respetivamente 24 kN/m^3 e 77 kN/m^3 , e para os blocos de cofragem os valores dos pesos unitários nominais obtidos por pesagens.

Os valores dos esforços de cálculo, que correspondem ao momento fletor e ao esforço transversal resistentes condicionados pela rotura (M_{Rd} e V_{Rd} , respetivamente), e momento fletor resistente condicionado pela formação de fendas (M_{fctk}), foram determinados de harmonia com as disposições regulamentares aplicáveis da regulamentação europeia vigente (Eurocódigo). No entanto, no que se refere ao V_{Rd} e ao M_{fctk} foram adotados critérios específicos anteriormente referidos tendo em conta o facto de estes pavimentos serem executados a partir de elementos prefabricados.

6.2 DADOS PARA CÁLCULO

O cálculo dos valores referidos atrás teve por base as características indicadas nas Especificações Técnicas (Cap. 3) para as vigotas e para os blocos de cofragem respetivamente.

Relativamente aos restantes materiais empregados nos pavimentos consideraram-se as seguintes características mecânicas:

- Betão da vigotas e betão complementar classes C35/45 e C25/30 respetivamente;
- Aço dos fios de pré-esforço tensão de rotura (R_m) 1770 MPa;

6.3 EXEMPLO DE CÁLCULO

Como exemplo de verificação da segurança dos pavimentos, resumem-se seguidamente os procedimentos de cálculo baseados nos valores fornecidos e regulamentação aplicável.

Pavimento a verificar: **2P3-BL38x25-29**

Vão livre: **6.00 m**

| Vão teórico: **6.20 m**

Dados:

Peso próprio Pavimento: **3.98 kN/m²**

Revestimentos de piso e de teto + Paredes Divisórias: **2.20 kN/m²**

Ação permanente (incluindo peso próprio): **$G = 3.98 + 2.20 = 6.18 \text{ kN/m}^2$**

Ação variável (sobrecarga de utilização): **$Q = 2.00 \text{ kN/m}^2$**

Segurança em relação aos estados limites últimos:

Combinação de ações:

$$1.5(G + Q) = 1.5(6.18 + 2) = \mathbf{12.27 \text{ kN/m}^2}$$

Momento fletor atuante:

$$M_{ed} = \frac{12.27 \times 6.20^2}{8} = \mathbf{58.95 \text{ kN.m/m}}$$

Esforço transversal atuante

$$V_{ed} = \frac{12.27 \times 6.20}{2} = \mathbf{38.04 \text{ kN/m}}$$

Comparando M_{ed} e V_{ed} obtidos com os valores do quadro $M_{Rd} = \mathbf{79.3}$ e $V_{Rd} = \mathbf{58.1}$ do quadro da página 10, verifica-se **estar satisfeita** a segurança deste pavimento em relação a ambos estados limites de resistência:

$$M_{ed} < M_{Rd} = 58.95 \text{ kN.m/m} < 79.3 \text{ kN.m/m} \quad \mathbf{\text{Verifica}}$$

$$V_{ed} < V_{Rd} = 38.04 \text{ kN/m} < 58.1 \text{ kN/m} \quad \mathbf{\text{Verifica}}$$

Segurança em relação aos estados limites de utilização:

Estado limite de fendilhação

Ambiente pouco ou moderadamente agressivo, considerando-se a seguinte combinação de ações:

$$G + \psi_2 Q = 6.18 + 0.3 \times 2 = 6.78 \text{ kN/m}^2$$

ψ_2 é dado no EN 1991-1-1. Correspondendo o momento fletor atuante M_{ed} seguinte:

$$M_{edf} = \frac{6.78 \times 6.20^2}{8} = 32.58 \text{ kN.m/m}$$

comparando com $M_{fctk} = 51.2 \text{ kN.m/m}$ do quadro da página 10 verifica-se estar satisfeita a segurança deste pavimento em relação ao estado limite de fendilhação

$$M_{edfctk} < M_{fctk} = 32.58 < 51.2 \text{ kN.m/m} \text{ **verifica**}$$

Estado limite de deformação

Admitindo que estado limite de deformação se define por flecha 1/400 do vão com máximo de 15 mm

Fator de rigidez:

$$EI = 33805 \text{ kN.m}^2/\text{m}$$

Flecha instantânea:

$$f = \frac{5 \times 6.78 \times 6.20^4}{384 \times 33805} \times 1000 = 3.86 \text{ mm}$$

Fator:

$$1 + Q / (Q + \psi_2 \times Q_c) \times 2 = 1 + 6.78 / (6.78 + 0.3 \times 2) \times 2 = 2.84$$

Flecha a longo prazo:

$$F = 2.84 \times 3.86 = 10.96 \text{ mm}$$

Valor máximo admissível para a flecha:

$$F_{\max} = 6200/400 = 15.5 \text{ mm}$$

Verifica-se a segurança relativamente ao estado limite de deformação estabelecido. O Pavimento satisfaz os critérios de segurança definidos.

Pavimento **P3-BL38x25-29** **Verifica.**

7. TABELAS DE CÁLCULO DOS PAVIMENTOS

TABELAS COM ELEMENTOS DE CÁLCULO DOS PAVIMENTOS TIPO P

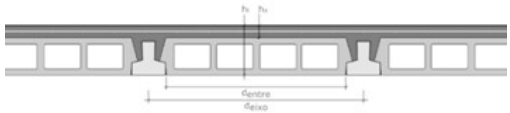
NOTAS:

^{(1) (2)} Cálculos de acordo com ANEXO L da NP EN 15037-1, considerando uma massa adicional ao pavimento de 60 kg/m (betonilhas e argamassas) correspondente a um acréscimo na espessura total (H) do pavimento de 5 cm. Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído aéreo poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área (em dB): $R_W = 40 \log(M_R) - 56 + \frac{3}{8} \left(\frac{M_R}{h_t} \right)$, onde M_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; h_t é a espessura do pavimento, em cm (sem ter em conta o revestimento de acabamento ou da laje flutuante). Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído de impacto poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área (em dB): $L_{n,w} = 170 - 35 \log(M_{ep})$, onde M_{ep} é a massa equivalente do pavimento, em Kg/m²; $M_{ep} = M_R - M_r$ com $M_r = 80 \left(\frac{h}{H} \right)$ para os blocos de cofragem em betão; onde M_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; h é a espessura do bloco de cofragem alveolado, em cm; H é a espessura total do pavimento, em cm;

⁽³⁾ Graus de resistência ao fogo de pavimentos compostos para habitações com vigotas comuns, de acordo com ANEXO K da NP EN 15037-1, não considerando qualquer tipo de revestimento na face inferior do pavimento.

⁽⁴⁾ Norma europeia de classificação EN 13501-1, realização de ensaios segundo normas EN ISO 1182 e EN ISO 1716.

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO <i>h_a</i>			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
	<i>h_t</i>				M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{fctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
P2/P4-BL58X12-16/18  d _{entre} = 580 mm; d _{deixo} = 690 mm	160	40	P2	1,88	12,4	12,1	6,9	3453
	170	50	P2	2,11	13,5	12,9	7,6	4129
	180	60	P2	2,34	14,5	13,8	8,3	4778
	160	40	P3	1,89	17,5	12,1	9,5	3493
	170	50	P3	2,12	19,0	12,9	10,6	4176
	180	60	P3	2,35	20,5	13,8	11,6	4831
	160	40	P4	1,89	21,6	12,1	10,7	3516
	170	50	P4	2,12	23,5	12,9	11,9	4206
	180	60	P4	2,35	25,3	13,8	12,9	4866

ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

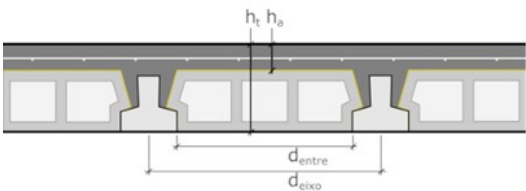
ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
160	1,45	6.25	42,4	P2	104	61	48- AR30
170			52,4	P3	143	84	67- AR30
180			62,4	P4	182	107	85- AR34

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
160	P2, P3, P4	n.a.	n.a.	30	A1
170	P2, P3, P4	n.a.	n.a.	30	A1
180	P2, P3, P4	n.a.	n.a.	30	A1

n.a. – não aplicável

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL <i>h_t</i>	ACIMA DO BLOCO <i>h_a</i>			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					<i>M_{Rd}</i> <i>kNm/m</i>	<i>V_{Rd}</i> <i>kN/m</i>	<i>M_{fctk}</i> <i>kNm/m</i>	<i>EI</i> <i>kNm²/m</i>
P2/P4-BL38X12-16/18  <i>d_{entre}</i> = 380 mm; <i>d_{eixo}</i> = 490 mm	160	40	P2	2,11	16,8	16,5	9,2	4456
	170	50	P2	2,35	18,3	17,7	10,2	5338
	180	60	P2	2,59	19,7	18,9	11,1	6184
	160	40	P3	2,12	23,7	16,5	12,8	4506
	170	50	P3	2,36	25,7	17,7	14,1	5397
	180	60	P3	2,60	27,7	18,9	15,4	6255
	160	40	P4	2,13	29,2	16,5	14,4	4535
	170	50	P4	2,37	31,7	17,7	15,9	5434
	180	60	P4	2,61	34,2	18,9	17,4	6297

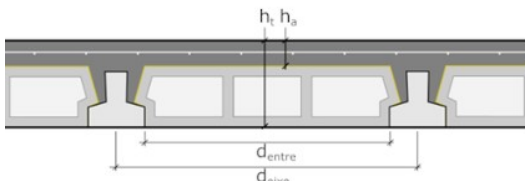
ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
160	2,04	8,87	50,8	P2	142	83	67 - AR30
170			60,8	P3	196	115	92 - AR34
180			70,8	P4	249	146	177 - AR38

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
160	P2, P3, P4	48	87	30	A1
170	P2, P3, P4	50	86	30	A1
180	P2, P3, P4	51	85	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
	<i>h_t</i>	<i>h_a</i>			M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{ftk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
P2/P4-BL48X12-16/18  d _{entre} = 480 mm; d _{eixo} = 590 mm	160	40	P2	1,98	14,1	13,7	7,8	3924
	170	50	P2	2,22	15,3	14,7	8,6	4692
	180	60	P2	2,46	16,5	15,7	9,4	5429
	160	40	P3	1,99	19,9	13,7	10,8	3969
	170	50	P3	2,23	21,6	14,7	12,0	4745
	180	60	P3	2,47	23,3	15,7	13,1	5490
	160	40	P4	1,99	24,6	13,7	12,2	3996
	170	50	P4	2,23	26,7	14,7	13,5	4779
	180	60	P4	2,47	28,8	15,7	14,7	5530

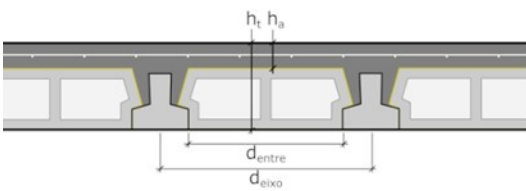
ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
160	1,69	7,37	48,2	P2	118	69	55 - AR30
170			58,2	P3	162	95	76 - AR34
180			68,2	P4	207	122	97 - AR38

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
160	P2, P3, P4	47	88	30	A1
170	P2, P3, P4	49	87, 86, 86	30	A1
180	P2, P3, P4	50	85	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL <i>h_t</i>	ACIMA DO BLOCO <i>h_a</i>			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					<i>M_{Rd}</i> <i>kNm/m</i>	<i>V_{Rd}</i> <i>kN/m</i>	<i>M_{fctk}</i> <i>kNm/m</i>	<i>EI</i> <i>kNm²/m</i>
P2/P4-BL30X12-16/18  d _{entre} = 300 mm; d _{eixo} = 410 mm	160	40	P2	2,17	20,0	19,7	10,8	5002
	170	50	P2	2,41	21,7	21,1	11,9	5998
	180	60	P2	2,65	23,4	22,5	13,0	6956
	160	40	P3	2,17	28,0	19,7	14,9	5057
	170	50	P3	2,41	30,4	21,1	16,5	6064
	180	60	P3	2,65	32,8	22,5	18,0	7032
	160	40	P4	2,18	34,3	19,7	16,8	5089
	170	50	P4	2,42	37,3	21,1	18,6	6104
	180	60	P4	2,66	40,3	22,5	20,3	7080

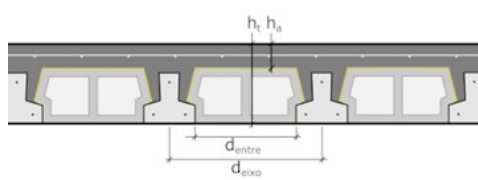
ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
160	2,44	10,60	51,9	P2	170	100	80 - AR34
170			61,9	P3	234	137	110 - AR38
180			71,9	P4	298	175	140 - AR42

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
160	P2, P3, P4	49	87	30	A1
170	P2, P3, P4	50	85	30	A1
180	P2, P3, P4	51	84	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
	<i>h_t</i>	<i>h_a</i>			M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{fctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
P2/P4-BL22X12-16/18  d _{entre} = 220 mm; d _{eixo} = 330 mm	160	40	P2	2,43	24,4	24,5	13,0	5763
	170	50	P2	2,67	26,6	26,2	14,4	6931
	180	60	P2	2,91	28,7	27,9	15,8	8052
	160	40	P3	2,44	34,1	24,5	18,0	5824
	170	50	P3	2,68	37,0	26,2	19,9	7004
	180	60	P3	2,92	39,9	27,9	21,8	8137
	160	40	P4	2,45	41,0	24,5	20,3	5857
	170	50	P4	2,69	45,0	26,2	22,5	7046
	180	60	P4	2,93	49,1	27,9	24,6	8187

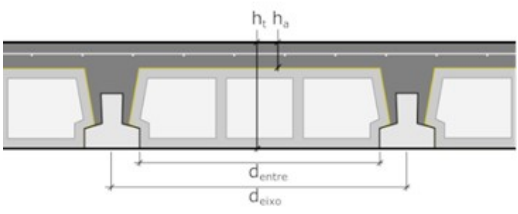
ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
160	3,03	13,18	55,2	P2	211	124	99 – AR38
170			65,2	P3	290	171	136 – AR42
180			75,2	P4	370	217	174 – AR50

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
160	P2, P3, P4	49	85	30	A1
170	P2, P3, P4	51	84, 83, 83	30	A1
180	P2, P3, P4	51	82	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
	<i>h_t</i>	<i>h_a</i>			M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{fctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
P2/P4-BL48X16-20/22  <i>d_{entre} = 480 mm; d_{eixo} = 590 mm</i>	200	40	P2	2,23	18,9	17,6	11,4	7463
	210	50	P2	2,47	20,1	18,6	12,2	8688
	220	60	P2	2,71	21,3	19,6	13,0	9893
	200	40	P3	2,24	26,5	17,6	15,7	7539
	210	50	P3	2,48	28,1	18,6	16,9	8775
	220	60	P3	2,72	29,7	19,6	18,1	9991
	200	40	P4	2,24	33,0	17,6	17,8	7590
	210	50	P4	2,48	35,1	18,6	19,1	8835
	220	60	P4	2,72	37,2	19,6	20,4	10061

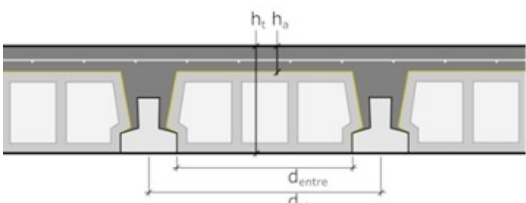
ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
200	1,69	7,37	56,2	P2	118	69	55 - AR30
210			66,2	P3	162	95	76 - AR34
220			76,2	P4	207	122	97 - AR38

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
200	P2, P3, P4	48	87	30	A1
210	P2, P3, P4	49	85	30	A1
220	P2, P3, P4	50	84	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL <i>h_t</i>	ACIMA DO BLOCO <i>h_a</i>			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					<i>M_{Rd}</i> <i>kNm/m</i>	<i>V_{Rd}</i> <i>kN/m</i>	<i>M_{fctk}</i> <i>kNm/m</i>	<i>EI</i> <i>kNm²/m</i>
P2/P4-BL38X16-20/22  d _{entre} = 380 mm; d _{exo} = 490 mm	200	40	P2	2,42	22,6	21,2	13,5	8442
	210	50	P2	2,66	24,0	22,4	14,5	9848
	220	60	P2	2,90	25,4	23,6	15,5	11229
	200	40	P3	2,43	31,7	21,2	18,6	8526
	210	50	P3	2,67	33,6	22,4	20,0	9944
	220	60	P3	2,91	35,5	23,6	21,4	11338
	200	40	P4	2,44	39,3	21,2	21,0	8582
	210	50	P4	2,68	41,9	22,4	22,7	10011
	220	60	P4	2,92	44,4	23,6	24,3	11416

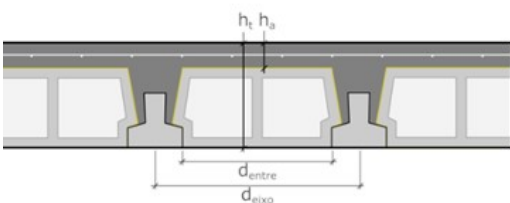
ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
200	2,04	8,87	59,5	P2	142	83	67 - AR30
210			69,5	P3	196	115	92 - AR34
220			79,5	P4	249	146	117 - AR38

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
200	P2, P3, P4	49	86	30	A1
210	P2, P3, P4	51	84	30	A1
220	P2, P3, P4	51	83	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO <i>h_a</i>			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
	<i>h_t</i>				M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{fctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
P2/P4-BL30X16-20/22  d _{entre} = 300 mm; d _{eixo} = 410 mm	200	40	P2	2,47	26,8	25,3	15,8	9469
	210	50	P2	2,71	28,5	26,7	17,0	11063
	220	60	P2	2,95	30,2	28,1	18,25	12625
	200	40	P3	2,48	37,5	25,3	21,8	9561
	210	50	P3	2,72	39,9	26,7	23,5	11170
	220	60	P3	2,96	42,3	28,1	25,2	12747
	200	40	P4	2,49	46,4	25,3	24,6	9622
	210	50	P4	2,73	49,4	26,7	26,6	11242
	220	60	P4	2,97	52,4	28,1	28,6	12831

ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
200	2,44	10,60	63,3	P2	170	100	80 - AR34
210			73,3	P3	234	137	110 - AR38
220			83,3	P4	298	175	140 - AR42

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
200	P2, P3, P4	50	85	30	A1
210	P2, P3, P4	49, 51, 51	84, 84, 84	30	A1
220	P2, P3, P4	51	83	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL <i>h_t</i>	ACIMA DO BLOCO <i>h_a</i>			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{fctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
P2/P4-BL22X16-20/22 	200	40	P2	2,79	33,0	31,5	19,1	10827
	210	50	P2	3,03	35,1	33,2	20,6	12664
	220	60	P2	3,27	37,2	34,9	22,2	14459
	200	40	P3	2,80	45,9	31,5	26,3	10930
	210	50	P3	3,04	48,9	33,2	28,5	12784
	220	60	P3	3,28	51,9	34,9	30,7	14596
	200	40	P4	2,81	56,5	31,5	29,8	10996
	210	50	P4	3,05	60,2	33,2	32,2	12864
	220	60	P4	3,29	64,1	34,9	34,7	14689

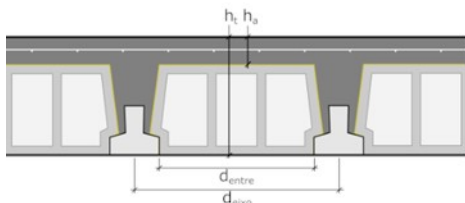
ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
200	3,03	13,18	67,9	P2	211	124	99 - AR38
210			77,9	P3	290	171	136 - AR42
220			87,9	P4	370	217	174 - AR50

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
200	P2, P3, P4	52	84	30	A1
210	P2, P3, P4	53	82	30	A1
220	P2, P3, P4	54	81	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
	<i>h_t</i>	<i>h_a</i>			M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{fctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
P2/P4-BL38X20-24/26  d _{entre} = 380 mm; d _{exo} = 490 mm	240	40	P2	2,78	28,4	25,9	18,0	14189
	250	50	P2	3,02	29,8	27,1	19,0	16279
	260	60	P2	3,26	31,2	28,3	20,1	18350
	240	40	P3	2,78	39,6	25,9	24,8	14314
	250	50	P3	3,02	41,6	27,1	26,3	16421
	260	60	P3	3,26	43,6	28,3	27,8	18510
	240	40	P4	2,79	49,4	25,9	28,1	14404
	250	50	P4	3,03	52,0	27,1	29,8	16525
	260	60	P4	3,27	54,5	28,3	31,6	18628

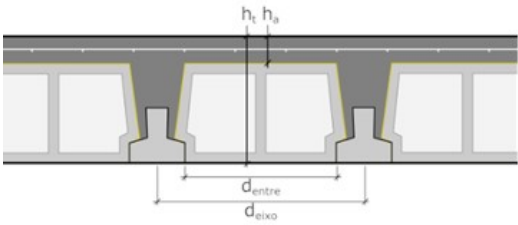
ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
240	2,04	8,87	72,1	P2	142	83	67 - AR30
250			82,1	P3	196	115	92 - AR34
260			92,1	P4	249	146	117 - AR38

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
240	P2, P3, P4	51	84	30	A1
250	P2, P3, P4	52	83	30	A1
260	P2, P3, P4	53	82	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO <i>h_a</i>			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
	<i>h_t</i>				M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{fctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
P2/P4-BL30X20-24/26  d _{entre} = 300 mm; d _{eixo} = 410 mm	240	40	P2	2,86	33,7	31,0	21,1	15917
	250	50	P2	3,10	35,4	32,4	22,4	18267
	260	60	P2	3,34	37,1	33,8	23,7	20587
	240	40	P3	2,87	47,0	31,0	29,1	16055
	250	50	P3	3,11	49,3	32,4	31,0	18424
	260	60	P3	3,35	51,6	33,8	32,9	20762
	240	40	P4	2,88	58,5	31,0	32,9	16154
	250	50	P4	3,12	61,5	32,4	35,0	18538
	260	60	P4	3,36	64,4	33,8	37,1	20892

ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
240	2,44	10,60	78,4	P2	170	100	80 - AR34
250			88,4	P3	234	137	110 - AR38
260			98,4	P4	298	175	140 - AR42

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
240	P2, P3, P4	51	83	30	A1
250	P2, P3, P4	53	82	30	A1
260	P2, P3, P4	53	81	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
	<i>h_t</i>	<i>h_a</i>			M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{fctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
P2/P4-BL23X20-24/26  d _{entre} = 230 mm; d _{eixo} = 340 mm	240	40	P2	3,24	40,4	37,3	24,9	17930
	250	50	P2	3,48	42,4	39,0	26,5	20562
	260	60	P2	3,72	44,4	40,7	28,1	23147
	240	40	P3	3,26	56,1	37,3	34,4	18085
	250	50	P3	3,50	59,0	39,0	36,6	20737
	260	60	P3	3,74	61,9	40,7	38,9	23342
	240	40	P4	3,27	69,6	37,3	38,9	18193
	250	50	P4	3,51	73,3	39,0	41,4	20862
	260	60	P4	3,75	76,9	40,7	44,0	23484

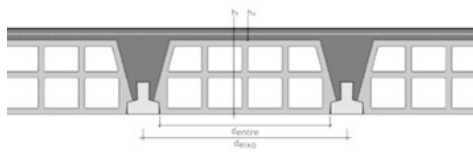
ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
240	2,94	12,79	86,3	P2	204	120	96 - AR34
250			96,3	P3	282	166	132 - AR42
260			106,3	P4	359	211	169 - AR46

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
240	P2, P3, P4	55	82	30	A1
250	P2, P3, P4	56	81	30	A1
260	P2, P3, P4	57	80	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES				
	TOTAL <i>h_t</i>	ACIMA DO BLOCO <i>h_a</i>			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO		
					M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{fctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>	
 <p>dentre= 580 mm; deixo= 690 mm</p>	P3/P4-B58X25-29/32	290	40	P3	4,42	36,1	25,4	27,3	21846
		300	50	P3	4,67	37,8	26,2	28,6	23603
		310	60	P3	4,92	39,3	27,0	25,5	25361
		320	70	P3	5,17	40,7	27,8	26,5	27123
		290	40	P4	4,42	44,3	25,4	28,8	21986
		300	50	P4	4,67	45,8	26,2	29,8	23735
		310	60	P4	4,92	47,4	27,0	30,8	25513
		320	70	P4	5,17	48,9	27,8	31,8	27282

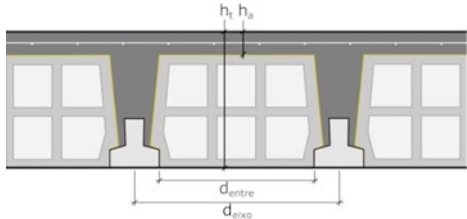
ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
290	1,50	6,31	85,8	P3	139	82	66 - AR30
300			95,8	P4	175	105	83 - AR34
310			105,3				
320			115,8				

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
290	P3, P4	50	84	30	A1
300	P3, P4	57	78	30	A1
310	P3, P4	58	77	30	A1
320	P3, P4	59	76	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
	<i>h_t</i>	<i>h_a</i>			M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{fctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
P2/P4-BL38X25-29/32  d _{entre} = 380 mm; d _{eixo} = 490 mm	290	40	P2	3,27	35,6	31,8	23,8	24160
	300	50	P2	3,51	37,0	33,0	24,9	27309
	310	60	P2	3,75	38,4	34,1	26,1	30517
	320	70	P2	3,99	39,9	35,3	27,2	33822
	290	40	P3	3,28	49,5	31,8	32,9	24347
	300	50	P3	3,52	51,5	33,0	34,5	27518
	310	60	P3	3,76	53,5	34,1	36,0	30748
	320	70	P3	4,00	55,4	35,3	37,5	34074
	290	40	P4	3,29	62,0	31,8	37,2	24491
	300	50	P4	3,53	64,6	33,0	39,0	27682
	310	60	P4	3,77	67,1	34,1	40,7	30930
	320	70	P4	4,01	69,6	35,3	42,5	34275

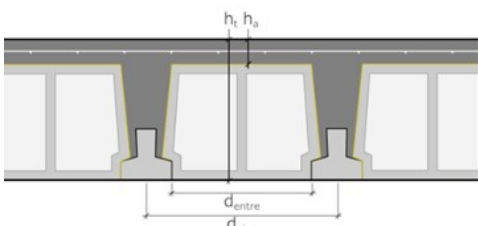
ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
290	2,04	8,87	86,8	P2	142	83	67 - AR30
300			96,8	P3	196	115	92 - AR34
310			106,3	P4	249	146	117 - AR38
320			116,8				

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
290	P2, P3, P4	53	82	30	A1
300	P2, P3, P4	54	80	30	A1
310	P2, P3, P4	55	79	30	A1
320	P2, P3, P4	56	78	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO <i>h_a</i>			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
	<i>h_t</i>				M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{fctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
P2/P4-BL30X25-29/32  d _{entre} = 300 mm; d _{eixo} = 410 mm	290	40	P2	3,66	42,3	38,0	28,0	27141
	300	50	P2	3,90	44,0	39,4	29,4	30649
	310	60	P2	4,14	45,8	40,8	30,7	34247
	320	70	P2	4,38	47,5	42,2	32,1	37969
	290	40	P3	3,67	58,8	38,0	38,6	27350
	300	50	P3	3,91	61,2	39,4	40,6	30882
	310	60	P3	4,15	63,5	40,8	42,4	34504
	320	70	P3	4,39	65,9	42,2	44,3	38249
	290	40	P4	3,68	73,6	38,0	43,7	27509
	300	50	P4	3,92	76,6	39,4	45,9	31062
	310	60	P4	4,16	79,6	40,8	48,0	34705
	320	70	P4	4,40	82,6	42,2	50,1	38471

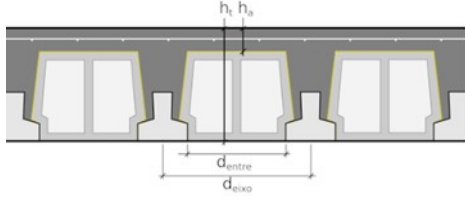
ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
290	2,44	10,60	96,0	P2	170	100	80 – AR34
300			106,0	P3	234	137	110 – AR38
310			116,0	P4	298	175	140 – AR42
320			126,0				

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
290	P2, P3, P4	55	80	30	A1
300	P2, P3, P4	56	79	30	A1
310	P2, P3, P4	57	78	30	A1
320	P2, P3, P4	58	77	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO <i>h_a</i>			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
	<i>h_t</i>				M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{fctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
P2/P4-BL22X25-29/32  d _{entre} = 220 mm; d _{eixo} = 330 mm	290	40	P2	3,89	52,2	47,2	34,0	30903
	300	50	P2	4,13	54,4	48,9	35,8	34974
	310	60	P2	4,37	56,5	50,7	37,5	39158
	320	70	P2	4,61	58,6	52,4	39,2	43486
	290	40	P3	3,90	72,4	47,2	47,0	31136
	300	50	P3	4,14	75,4	48,9	49,5	35234
	310	60	P3	4,38	78,3	50,7	51,8	39445
	320	70	P3	4,62	81,3	52,4	54,1	43801
	290	40	P4	3,92	90,5	47,2	53,2	31311
	300	50	P4	4,16	94,1	48,9	56,0	35433
	310	60	P4	4,40	97,9	50,7	58,6	39668
	320	70	P4	4,64	101,7	52,4	61,2	44047

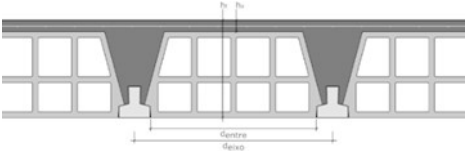
ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
290	3,03	13,18	104,2	P2	211	124	99 – AR38
300			114,2	P3	290	171	136 – AR42
310			124,2	P4	370	217	174 – AR50
320			134,2				

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
290	P2, P3, P4	56	79	30	A1
300	P2, P3, P4	57	78	30	A1
310	P2, P3, P4	58	77	30	A1
320	P2, P3, P4	59	76	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL <i>h_t</i>	ACIMA DO BLOCO <i>h_a</i>			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{fctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
P3/P4-BL58X30-34/37  dentre= 580 mm; deixo= 690 mm	340	40	P3	3,85	42,0	29,7	27,4	25701
	350	50	P3	4,10	44,0	30,5	29,0	27769
	360	60	P3	4,35	45,7	31,4	30,1	29836
	370	70	P3	4,50	47,3	32,3	31,3	31909
	340	40	P4	3,85	51,5	29,7	33,8	25867
	350	50	P4	4,10	53,3	30,5	35,0	27923
	360	60	P4	4,35	55,1	31,4	36,3	30015
	370	70	P4	4,50	56,9	32,3	37,3	32096

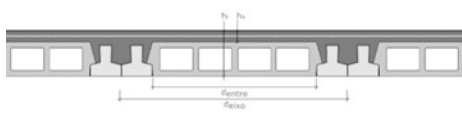
ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
340	1,45	6,31	102,3	P3	139	82	66 – AR30
350			112,3	P4	175	105	83 – AR34
360			122,3				
370			132,3				

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
340	P3, P4	55	82	30	A1
350	P3, P4	56	80	30	A1
360	P3, P4	57	79	30	A1
370	P3, P4	58	79	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES				
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO		
	<i>h_t</i>	<i>h_a</i>			M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{fctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>	
 d _{entre} = 580 mm; d _{deixo} = 800 mm	2P2/2P4-BL58X12-16/18	160	40	P2	2,18	20,3	24,4	10,9	4938
		170	50	P2	2,40	22,2	26,1	12,1	5944
		180	60	P2	2,63	24,0	27,9	13,2	6912
		160	40	P3	2,19	28,4	24,4	15,0	4990
		170	50	P3	2,41	30,9	26,1	16,6	6006
		180	60	P3	2,64	33,4	27,9	18,2	6984
		160	40	P4	2,19	34,5	24,4	17,0	5018
		170	50	P4	2,42	37,8	26,1	18,8	6041
		180	60	P4	2,65	41,0	27,9	20,6	7026

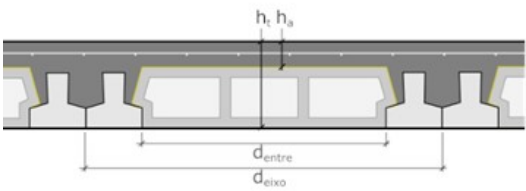
ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
160	2,50	8,33	48,2	P2	175	103	82 – AR34
170			58,2	P3	241	142	114 - AR38
180			68,2	P4	307	180	144 – AR46

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
160	P2, P3, P4	50	86	30	A1
170	P2, P3, P4	51	85	30	A1
180	P2, P3, P4	52	84	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO <i>h_a</i>			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
	<i>h_t</i>				<i>M_{Rd}</i> <i>kNm/m</i>	<i>V_{Rd}</i> <i>kN/m</i>	<i>M_{fctk}</i> <i>kNm/m</i>	<i>EI</i> <i>kNm²/m</i>
2P2/2P4-BL48X12-16/18  <i>d_{entre}</i> = 480 mm; <i>d_{eixo}</i> = 700 mm	160	40	P2	2,29	23,1	27,7	12,4	5611
	170	50	P2	2,53	25,2	29,7	13,7	6755
	180	60	P2	2,77	27,3	31,7	15,0	7855
	160	40	P3	2,30	32,3	27,7	17,1	5670
	170	50	P3	2,54	35,1	29,7	18,9	6825
	180	60	P3	2,78	37,9	31,7	20,7	7936
	160	40	P4	2,31	39,2	27,7	19,3	5702
	170	50	P4	2,55	42,9	29,7	21,4	6865
	180	60	P4	2,79	46,6	31,7	23,4	7984

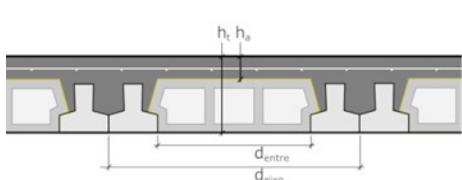
ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
160	2,86	6,21	54,8	P2	199	117	93 – AR34
170			64,8	P3	274	161	129 – AR42
180			74,8	P4	349	205	164 – AR46

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
160	P2, P3, P4	50	86	30	A1
170	P2, P3, P4	51	85	30	A1
180	P2, P3, P4	52	84	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES				
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO		
	<i>h_t</i>	<i>h_a</i>			M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{fctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>	
 <p><i>d_{entre}</i> = 380 mm; <i>d_{eixo}</i> = 600 mm</p>	2P2/2P4-BL38X12-16/18	160	40	P2	2,45	26,7	32,3	14,1	6167
	170	50	P2	2,69	29,0	34,6	15,6	7430	
	180	60	P2	2,93	31,3	36,9	17,1	8641	
	160	40	P3	2,46	37,1	32,3	19,5	6230	
	170	50	P3	2,70	40,3	34,6	21,6	7506	
	180	60	P3	2,94	43,5	36,9	23,7	8730	
	160	40	P4	2,47	44,2	32,3	22,0	6263	
	170	50	P4	2,71	48,5	34,6	24,4	7548	
	180	60	P4	2,95	52,8	36,9	26,7	8780	

ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
160	3,33	7,25	58,0	P2	232	136	109 – AR38
170			68,0	P3	319	188	150 – AR46
180			78,0	P4	407	239	191 – AR50

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
160	P2, P3, P4	51	85	30	A1
170	P2, P3, P4	52	84	30	A1
180	P2, P3, P4	53	83	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
	<i>h_t</i>	<i>h_a</i>			M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{fctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
2P2/2P4-BL30X12-16/18  d _{entre} = 300 mm; d _{exco} = 520 mm	160	40	P2	2,54	30,4	37,3	15,9	6709
	170	50	P2	2,78	33,1	40,0	17,6	8089
	180	60	P2	3,02	35,8	42,7	19,3	9411
	160	40	P3	2,55	41,6	37,3	22,0	6776
	170	50	P3	2,79	45,5	40,0	24,4	8169
	180	60	P3	3,03	49,4	42,7	26,8	9503
	160	40	P4	2,57	49,1	37,3	24,9	6811
	170	50	P4	2,81	54,2	40,0	27,6	8214
	180	60	P4	3,05	59,5	42,7	30,3	9558

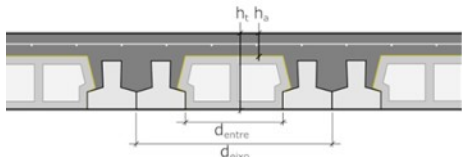
ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
160	3,85	8,36	60,0	P2	267	157	126 – AR42
170			70,0	P3	369	216	173 – AR50
180			80,0	P4	470	276	221 – AR55

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
160	P2, P3, P4	52	85	30	A1
170	P2, P3, P4	53	83	30	A1
180	P2, P3, P4	54	82	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
	<i>h_t</i>	<i>h_a</i>			M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{fctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
2P2/2P4-BL22X12-16/18  d _{entre} = 220 mm; d _{deixo} = 440 mm	160	40	P2	2,80	35,2	44,1	18,3	7400
	170	50	P2	3,04	38,4	47,2	20,3	8928
	180	60	P2	3,28	41,6	50,3	22,3	10387
	160	40	P3	2,82	47,3	44,1	25,3	7471
	170	50	P3	3,06	52,0	47,2	28,1	9014
	180	60	P3	3,30	56,7	50,3	30,9	10487
	160	40	P4	2,84	55,2	44,1	28,5	7507
	170	50	P4	3,08	61,2	47,2	31,7	9060
	180	60	P4	3,32	67,4	50,3	34,8	10543

ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
160	4,55	9,88	63,9	P2	316	186	148 – AR42
170			73,9	P3	436	256	205 – AR55
180			83,9	P4	555	326	261 – AR60

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
160	P2, P3, P4	51	85	30	A1
170	P2, P3, P4	52	84	30	A1
180	P2, P3, P4	53	83	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{fctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
2P2/2P4-BL48X16-20/22  d _{entre} = 480 mm; d _{eixo} = 700 mm	200	40	P2	2,65	31,2	34,6	18,1	10631
	210	50	P2	2,89	33,2	36,5	19,6	12465
	220	60	P2	3,13	35,2	38,4	21,1	14261
	200	40	P3	2,66	43,5	34,6	25,0	10728
	210	50	P3	2,90	46,2	36,5	27,1	12579
	220	60	P3	3,14	48,9	38,4	29,2	14391
	200	40	P4	2,67	53,6	34,6	28,3	10791
	210	50	P4	2,91	57,1	36,5	30,6	12654
	220	60	P4	3,15	60,6	38,4	32,9	14479

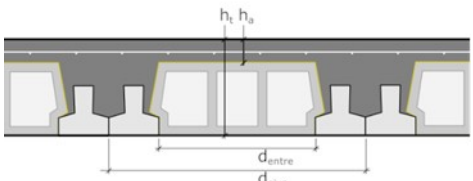
ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
200	2,86	6,21	67,8	P2	199	117	93 - AR34
210			77,8	P3	274	161	129 - AR42
220			87,8	P4	349	205	164 - AR46

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
200	P2, P3, P4	51, 49, 49	84, 86, 86	30	A1
210	P2, P3, P4	52, 51, 51	83, 84, 84	30	A1
220	P2, P3, P4	52, 51, 51	82, 82, 82	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
	<i>h_t</i>	<i>h_a</i>			M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{fctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
2P2/2P4-BL38X16-20/22  d _{entre} = 380 mm; deixo= 600 mm	200	40	P2	2,87	36,1	40,3	20,7	11670
	210	50	P2	3,11	38,5	42,6	22,4	13690
	220	60	P2	3,35	40,9	44,9	24,1	15660
	200	40	P3	2,89	50,1	40,3	28,6	11776
	210	50	P3	3,13	53,3	42,6	31,0	13813
	220	60	P3	3,37	56,5	44,9	33,4	15801
	200	40	P4	2,90	61,5	40,3	32,3	11842
	210	50	P4	3,14	65,6	42,6	35,0	13892
	220	60	P4	3,38	70,2	44,9	37,7	15893

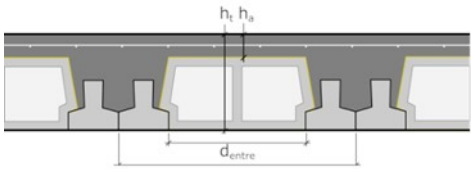
ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
200	3,33	7,25	72,5	P2	232	136	109 - AR38
210			82,5	P3	319	188	150 - AR46
220			92,5	P4	407	239	191 - AR50

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
200	P2, P3, P4	53	83	30	A1
210	P2, P3, P4	54	82	30	A1
220	P2, P3, P4	55	81	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO <i>h_a</i>			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
	<i>h_t</i>				M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{fctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
2P2/2P4-BL30X16-20/22  d _{entre} = 300 mm; deixo= 520 mm	200	40	P2	2,98	41,3	46,5	23,4	12710
	210	50	P2	3,22	44,0	49,1	25,4	14905
	220	60	P2	3,46	46,7	51,7	27,4	17039
	200	40	P3	3,00	57,0	46,5	32,3	12823
	210	50	P3	3,24	60,8	49,1	35,1	15037
	220	60	P3	3,48	64,6	51,7	37,9	17189
	200	40	P4	3,01	68,8	46,5	36,5	12893
	210	50	P4	3,25	74,1	49,1	39,6	15121
	220	60	P4	3,49	79,9	51,7	42,7	17287

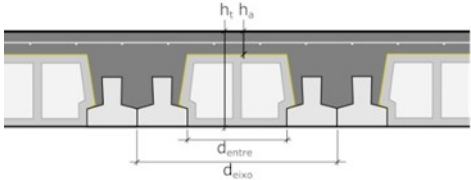
ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
200	3,85	8,36	77,5	P2	267	157	126 – AR42
210			87,5	P3	369	216	173 – AR50
220			97,5	P4	470	276	221 – AR55

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
200	P2, P3, P4	53	83	30	A1
210	P2, P3, P4	55	81	30	A1
220	P2, P3, P4	56	80	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
	<i>h_t</i>	<i>h_a</i>			M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{fctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
2P2/2P4-BL22X16-20/22  d _{entre} = 220 mm; d _{eixo} = 440 mm	200	40	P2	3,31	48,1	53,9	26,9	14010
	210	50	P2	3,55	51,3	56,9	29,2	16413
	220	60	P2	3,79	54,5	59,9	31,5	18740
	200	40	P3	3,33	65,8	53,9	37,2	14133
	210	50	P3	3,57	70,5	56,9	40,4	16556
	220	60	P3	3,81	75,2	59,9	43,6	18903
	200	40	P4	3,35	78,0	53,9	42,0	14207
	210	50	P4	3,59	84,5	56,9	45,7	16645
	220	60	P4	3,83	91,6	59,9	49,4	19007

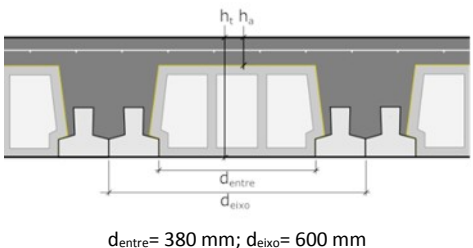
ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
200	4,55	9,88	83,5	P2	316	186	148 – AR46
210			93,5	P3	436	256	205 – AR55
220			103,5	P4	555	326	261 – AR60

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
200	P2, P3, P4	55, 56, 56	81	30	A1
210	P2, P3, P4	57	80	30	A1
220	P2, P3, P4	58	79	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO <i>h_a</i>			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
	<i>h_t</i>				M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{fctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
2P2/2P4-BL38X20-24/26 	240	40	P2	3,34	45,5	48,8	27,8	19634
	250	50	P2	3,58	47,9	51,0	29,6	22588
	260	60	P2	3,82	50,2	53,2	31,5	25491
	240	40	P3	3,35	63,1	48,8	38,4	19793
	250	50	P3	3,59	66,3	51,0	40,9	22769
	260	60	P3	3,83	69,5	53,2	43,5	25694
	240	40	P4	3,37	78,1	48,8	43,4	19903
	250	50	P4	3,61	82,2	51,0	46,3	22897
	260	60	P4	3,85	86,4	53,2	49,3	25840

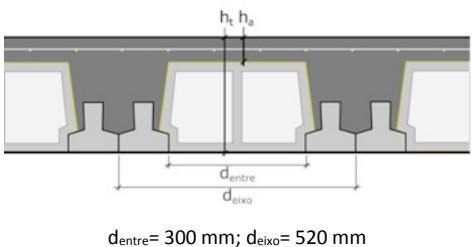
ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
240	3,33	7,25	90,1	P2	232	136	109 – AR38
250			100,1	P3	319	188	150 – AR46
260			110,1	P4	407	239	191 – AR50

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
240	P2, P3, P4	54	81	30	A1
250	P2, P3, P4	56	80	30	A1
260	P2, P3, P4	57	79	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
	<i>h_t</i>	<i>h_a</i>			M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{fctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
2P2/2P4-BL30X20-24/26 	240	40	P2	3,50	52,1	56,3	31,5	21436
	250	50	P2	3,74	54,9	58,9	33,6	24622
	260	60	P2	3,98	57,6	61,4	35,8	27740
	240	40	P3	3,51	72,1	56,3	43,5	21609
	250	50	P3	3,75	75,8	58,9	46,4	24818
	260	60	P3	3,99	79,5	61,4	49,4	27959
	240	40	P4	3,53	88,8	56,3	49,1	21726
	250	50	P4	3,77	93,6	58,9	52,5	24955
	260	60	P4	4,01	99,2	61,4	55,9	28115

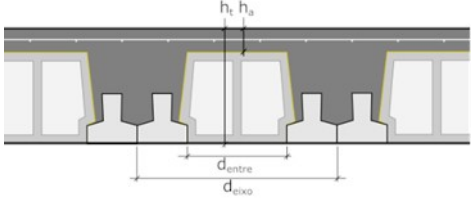
ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
240	3,85	8,36	97,8	P2	267	157	126 – AR42
250			107,8	P3	369	216	173 – AR50
260			117,8	P4	470	276	221 – AR55

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
240	P2, P3, P4	54, 54, 55	81	30	A1
250	P2, P3, P4	56	80	30	A1
260	P2, P3, P4	57	79	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
	<i>h_t</i>	<i>h_a</i>			M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{fctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
2P2/2P4-BL23X20-24/26 	240	40	P2	3,88	59,7	65,1	35,6	23430
	250	50	P2	4,12	62,9	68,0	38,1	26848
	260	60	P2	4,36	66,0	70,9	40,6	30179
	240	40	P3	3,90	82,2	65,1	49,2	23618
	250	50	P3	4,14	86,5	68,0	52,6	27060
	260	60	P3	4,38	90,8	70,9	56,0	30415
	240	40	P4	3,92	99,6	65,1	55,6	23744
	250	50	P4	4,16	106,1	68,0	59,4	27206
	260	60	P4	4,40	112,9	70,9	63,3	30581

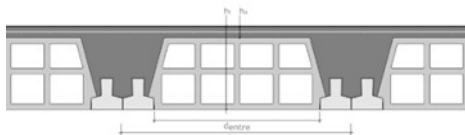
ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
240	4,44	9,66	106,8	P2	309	181	145 – AR46
250			116,8	P3	426	250	200 – AR55
260			126,8	P4	543	319	255 – AR60

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
240	P2, P3, P4	57, 58, 58	79	30	A1
250	P2, P3, P4	58, 59, 59	78	30	A1
260	P2, P3, P4	60	77	30	A1

LEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO <i>h_a</i>			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{fctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
2P3/2P4-BL58X25-29/32  d _{entre} = 580 mm; d _{deixo} = 800 mm	290	40	P3	4,10	62,7	44,1	47,5	37993
	300	50	P3	4,35	65,8	45,5	49,8	41050
	310	60	P3	4,60	68,3	46,9	44,4	44107
	320	70	P3	4,85	70,8	48,3	46,0	47171
	290	40	P4	4,10	77,0	44,1	50,1	38238
	300	50	P4	4,35	79,7	45,5	51,8	41279
	310	60	P4	4,60	82,4	46,9	53,6	44371
	320	70	P4	4,85	85,1	48,3	55,3	47447

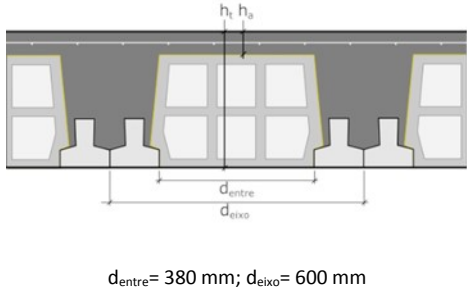
ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
290	2,50	5,45	120,1	P3	152	89	72 – AR34
300			130,1	P4	193	114	92 – AR38
310			140,1				
320			150,1				

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
290	P3, P4	54	80	30	A1
300	P3, P4	55	79	30	A1
310	P3, P4	56	78	30	A1
320	P3, P4	57	77	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO <i>h_a</i>			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{fctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
2P2/2P4-BL38X25-29/32 	290	40	P2	3,96	57,3	58,1	37,0	33563
	300	50	P2	4,20	59,6	60,3	39,0	37947
	310	60	P2	4,44	62,0	62,5	40,9	42464
	320	70	P2	4,68	64,3	64,6	42,7	47146
	290	40	P3	3,98	79,3	58,1	51,2	33805
	300	50	P3	4,22	82,6	60,3	53,9	38217
	310	60	P3	4,46	85,8	62,5	56,5	42763
	320	70	P3	4,70	89,0	64,6	59,0	47473
	290	40	P4	3,99	98,9	58,1	57,9	33985
	300	50	P4	4,23	102,9	60,3	61,0	38421
	310	60	P4	4,47	107,1	62,5	63,9	42992
	320	70	P4	4,71	111,2	64,6	66,8	47727

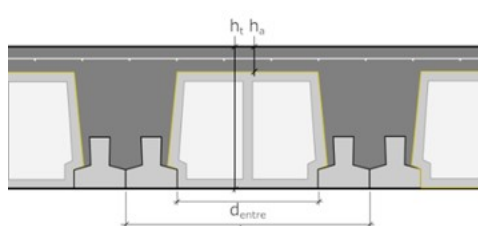
ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
290	3,33	7,25	111,3	P2	232	136	109 – AR38
300			121,3	P3	319	188	150 – AR46
310			131,3	P4	407	239	191 – AR50
320			141,3				

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
290	P2, P3, P4	57	79	30	A1
300	P2, P3, P4	58	78	30	A1
310	P2, P3, P4	59	77	30	A1
320	P2, P3, P4	60	76	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA A	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL <i>L</i> <i>h_t</i>	ACIMA DO BLOCO <i>h_a</i>			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					<i>M_{Rd}</i> <i>kNm/m</i>	<i>V_{Rd}</i> <i>kN/m</i>	<i>M_{fctk}</i> <i>kNm/m</i>	<i>EI</i> <i>kNm²/m</i>
2P2/2P4-BL30X25-29/32  d _{entre} = 300 mm; d _{eixo} = 520 mm	290	40	P2	4,38	65,7	67,1	42,0	36767
	300	50	P2	4,62	68,4	69,6	44,3	41458
	310	60	P2	4,86	71,1	72,1	46,5	46325
	320	70	P2	5,10	73,8	74,6	48,6	51394
	290	40	P3	4,39	90,9	67,1	58,0	37032
	300	50	P3	4,63	94,5	69,6	61,2	41752
	310	60	P3	4,87	98,3	72,1	64,2	46649
	320	70	P3	5,11	102,0	74,6	67,2	51748
	290	40	P4	4,41	112,8	67,1	65,6	37226
	300	50	P4	4,65	117,6	69,6	69,2	41972
	310	60	P4	4,89	122,3	72,1	72,6	46895
	320	70	P4	5,13	127,1	74,6	76,0	52021

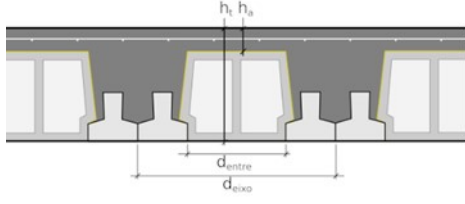
ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
290	3,85	8,36	122,2	P2	267	157	126 – AR42
300			132,2	P3	369	216	173 – AR50
310			142,2	P4	470	276	221 – AR55
320			152,2				

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
290	P2, P3, P4	59	77	30	A1
300	P2, P3, P4	60	76	30	A1
310	P2, P3, P4	61	76, 76, 75	30	A1
320	P2, P3, P4	61	75	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO <i>h_a</i>			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
	<i>h_t</i>				M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{fctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
2P2/2P4-BL22X25-29/32  d _{entre} = 220 mm; d _{eixo} = 440 mm	290	40	P2	4,68	77,1	84,1	48,6	40475
	300	50	P2	4,92	80,3	87,2	51,4	45620
	310	60	P2	5,16	83,5	90,3	54,0	50979
	320	70	P2	5,40	86,7	93,4	56,5	56576
	290	40	P3	4,70	106,2	84,1	67,2	40763
	300	50	P3	4,94	110,5	87,2	70,9	45939
	310	60	P3	5,18	115,0	90,3	74,5	51331
	320	70	P3	5,42	119,4	93,4	78,0	56960
	290	40	P4	4,72	130,7	84,1	76,0	40972
	300	50	P4	4,96	136,9	87,2	80,2	46175
	310	60	P4	5,20	142,5	90,3	84,3	51594
	320	70	P4	5,44	148,1	93,4	88,3	57252

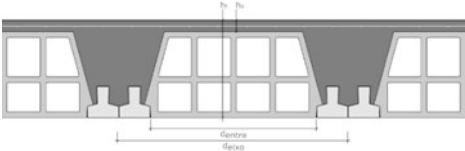
ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
290	4,55	9,88	133,1	P2	316	186	148 – AR46
300			143,1	P3	436	256	205 – AR55
310			153,1	P4	555	326	261 – AR60
320			163,1				

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
290	P2, P3, P4	60	76	30	A1
300	P2, P3, P4	61	75	30	A1
310	P2, P3, P4	62	75	30	A1
320	P2, P3, P4	63	74	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL <i>h_t</i>	ACIMA DO BLOCO <i>h_a</i>			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{fctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
2P3/2P4-BL58X30-34/37  d _{entre} = 580 mm; d _{eixo} = 800 mm	340	40	P3	4,60	73,0	51,7	47,7	44698
	350	50	P3	4,85	76,5	53,1	50,4	48295
	360	60	P3	5,10	79,4	54,6	52,3	51890
	370	70	P3	5,35	82,3	56,1	54,5	55495
	340	40	P4	4,60	89,6	51,7	58,8	44986
	350	50	P4	4,85	92,7	53,1	60,9	48563
	360	60	P4	5,10	95,8	54,6	63,1	52201
	370	70	P4	5,35	98,9	56,1	64,9	55820

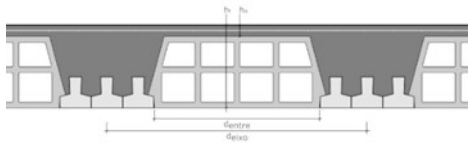
ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
340	2,50	5,40	143,0	P3	241	142	114 – AR38
350			153,0	P4	303	181	144 – AR46
360			163,0				
370			173,0				

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
340	P3, P4	56	78	30	A1
350	P3, P4	57	77	30	A1
360	P3, P4	58	77	30	A1
370	P3, P4	59	76	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO <i>h_a</i>			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{fctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
3P3/3P4-BL58X25-29/32  dentre= 580 mm; deixo= 910 mm	290	40	P3	4,24	84,8	57,6	54,3	51528
	300	50	P3	4,49	88,3	59,6	57,4	55674
	310	60	P3	4,74	92,2	61,5	59,9	59818
	320	70	P3	4,99	95,7	63,5	62,2	63974
	290	40	P4	4,24	104,1	57,6	67,7	51802
	300	50	P4	4,49	107,7	59,6	70,0	55935
	310	60	P4	4,74	111,3	61,5	72,3	60065
	320	70	P4	4,99	114,9	63,5	74,7	64239

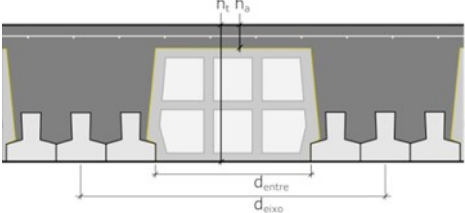
ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
290	3,30	4,80	128,3	P3	311	183	146 – AR46
300			138,3	P4	397	234	187 – AR50
310			148,3				
320			158,3				

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
290	P3, P4	55	69	30	A1
300	P3, P4	56	67	30	A1
310	P3, P4	57	65	30	A1
320	P3, P4	58	63	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL <i>h_t</i>	ACIMA DO BLOCO <i>h_a</i>			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{fctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
3P3/3P4-BL38X25-29/32  <i>d_{entre} = 380 mm; d_{eixo} = 710 mm</i>	290	40	P3	4,46	99,3	74,7	63,0	39320
	300	50	P3	4,70	103,3	77,5	66,5	44346
	310	60	P3	4,94	107,4	80,2	69,9	49567
	320	70	P3	5,18	111,5	83,0	73,1	55008
	290	40	P4	4,48	122,8	74,7	71,3	39521
	300	50	P4	4,72	128,2	77,5	75,2	44573
	310	60	P4	4,96	133,3	80,2	79,0	49821
	320	70	P4	5,20	138,6	83,0	82,7	55289

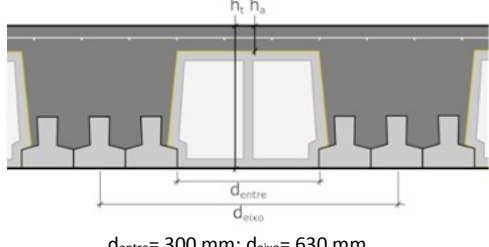
ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
290	4,23	6,12	128,1	P3	405	238	190 – AR50
300			138,1	P4	516	303	243 – AR60
310			148,1				
320			158,1				

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
290	P3, P4	59	77	30	A1
300	P3, P4	60	76	30	A1
310	P3, P4	61	75	30	A1
320	P3, P4	62	75, 74	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO <i>h_a</i>			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
	<i>h_t</i>				M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{fctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
3P3/3P4-BL30X25-29/32 	290	40	P3	4,86	110,8	84,2	70,0	42445
	300	50	P3	5,10	115,4	87,3	73,8	47724
	310	60	P3	5,34	120,0	90,4	77,6	53239
	320	70	P3	5,58	124,7	93,5	81,3	59011
	290	40	P4	4,88	135,9	84,2	79,1	42660
	300	50	P4	5,12	142,7	87,3	83,5	47966
	310	60	P4	5,36	148,6	90,4	87,8	53509
	320	70	P4	5,60	154,5	93,5	91,9	59309

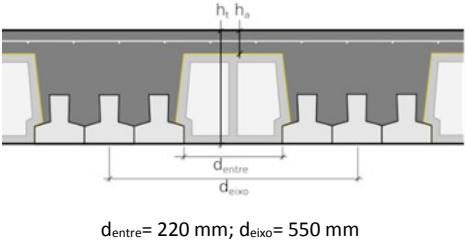
ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
290	4,76	6,90	139,3	P3	456	268	214 – AR55
300			149,3	P4	582	342	273 – AR60
310			159,3				
320			169,3				

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
290	P3, P4	61	76	30	A1
300	P3, P4	62	75	30	A1
310	P3, P4	63	74	30	A1
320	P3, P4	63	73	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO <i>h_a</i>			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
	<i>h_t</i>				M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{fctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
3P3/3P4-BL22X25-29/32 	290	40	P3	5,18	125,3	100,3	78,7	45899
	300	50	P3	5,42	130,8	104,0	83,1	51540
	310	60	P3	5,66	136,0	107,7	87,4	57456
	320	70	P3	5,90	141,3	111,4	91,7	63664
	290	40	P4	5,20	151,1	100,3	88,9	46126
	300	50	P4	5,44	159,6	104,0	94,0	51796
	310	60	P4	5,68	167,5	107,7	98,9	57740
	320	70	P4	5,92	174,5	111,4	103,7	63979

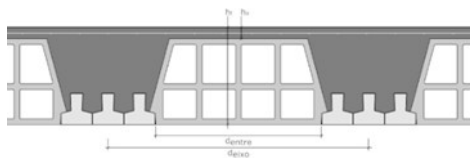
ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
290	5,45	7,91	150,5	P3	523	307	246 – AR60
300			160,5	P4	666	391	313 – AR65
310			170,5				
320			180,5				

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
290	P3, P4	62	75	30	A1
300	P3, P4	63	74	30	A1
310	P3, P4	64	73	30	A1
320	P3, P4	65	73	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
	<i>h_t</i>	<i>h_a</i>			M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{fctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
3P3/3P4-BL58X30-34/37  d _{entre} = 580 mm; d _{eixo} = 910 mm	340	40	P3	5,01	96,4	67,8	62,0	58554
	350	50	P3	5,26	100,3	69,6	65,5	63266
	360	60	P3	5,51	104,8	71,4	68,0	67975
	370	70	P3	5,76	108,7	73,5	70,1	72698
	340	40	P4	5,01	118,3	67,8	76,5	58866
	350	50	P4	5,26	122,4	69,6	60,9	63563
	360	60	P4	5,51	126,5	71,4	79,0	68256
	370	70	P4	5,76	130,6	73,5	84,3	72999

ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
340	3,30	4,80	160,2	P3	311	183	146 – AR46
350			170,2	P4	397	234	187 – AR50
360			180,2				
370			190,2				

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
340	P3, P4	<u>52</u>	<u>77</u>	30	A1
350	P3, P4	<u>53</u>	<u>76</u>	30	A1
360	P3, P4	<u>54</u>	<u>75</u>	30	A1
370	P3, P4	<u>55</u>	<u>74</u>	30	A1

DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

DOCUMENTO TÉCNICO DT PA2024

O Documento Técnico DT PA2024, emitido pela Leiriviga SA, estabelece as condições técnicas de execução e de utilização dos pavimentos aligeirados, constituído por vigotas pré-fabricadas de betão pré-esforçado, blocos de cofragem em betão de agregados de argila expandida e betão complementar aplicado em obra.

A Leiriviga SA, declara que os valores apresentados no documento quer da resistência mecânica quer das características técnicas foram calculados respeitando na íntegra o Eurocódigo EN 1990, EN 1991, EN 1992, EN 1998, NP EN 206, NP EN 13670, as Normas de fabrico NP EN 15037-1 e NP EN 15037-2.

Colaboraram na realização do presente trabalho e tomaram conhecimento da redação final do mesmo:

Vistos



Virgilio Lopes

Dept. Técnico Leiriviga S.A.

Autor



Rui Manuel N. Belchior Faia dos Santos

Engenheiro Civil, OE : 25 110

FCT – Universidade de Coimbra.



Miguel Caetano

Administração Leiriviga S.A.

Leiria, março 2024