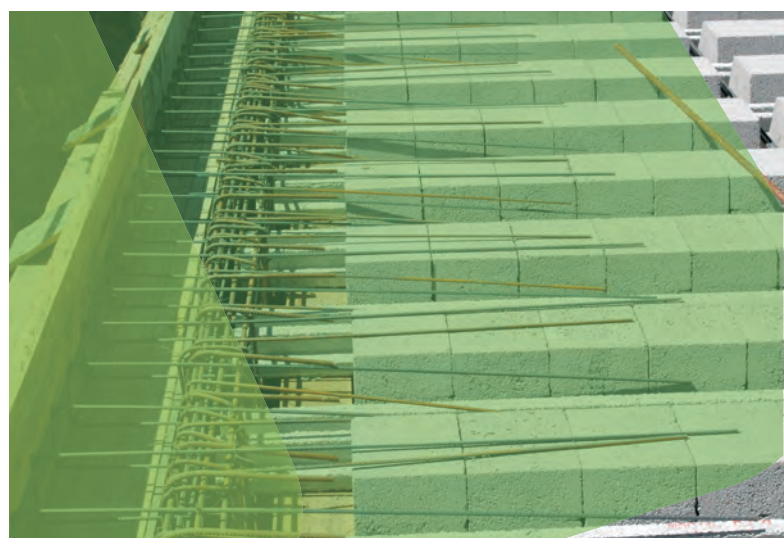
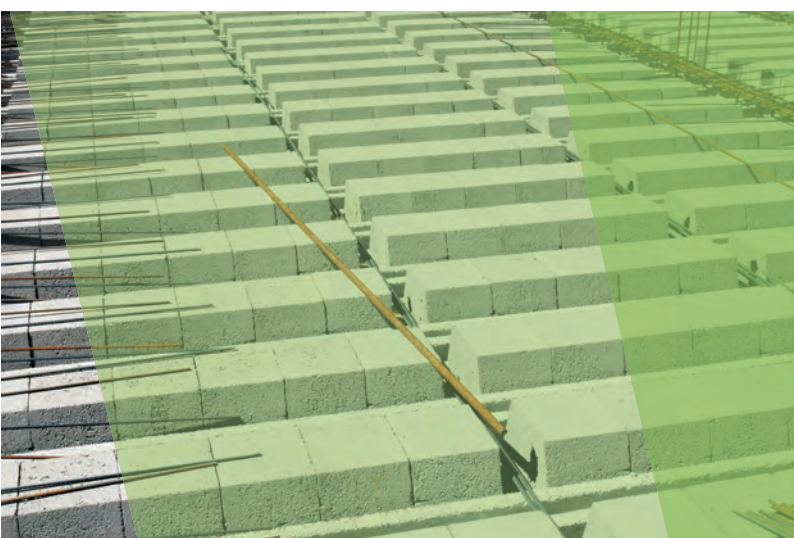
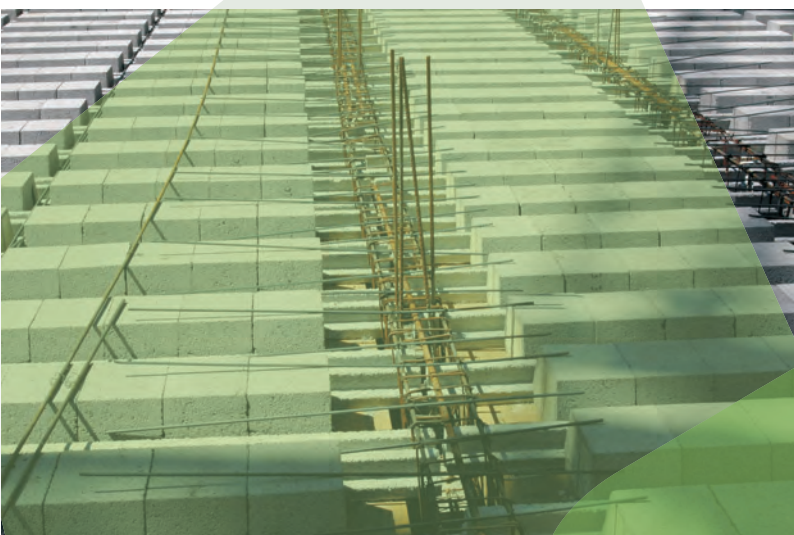
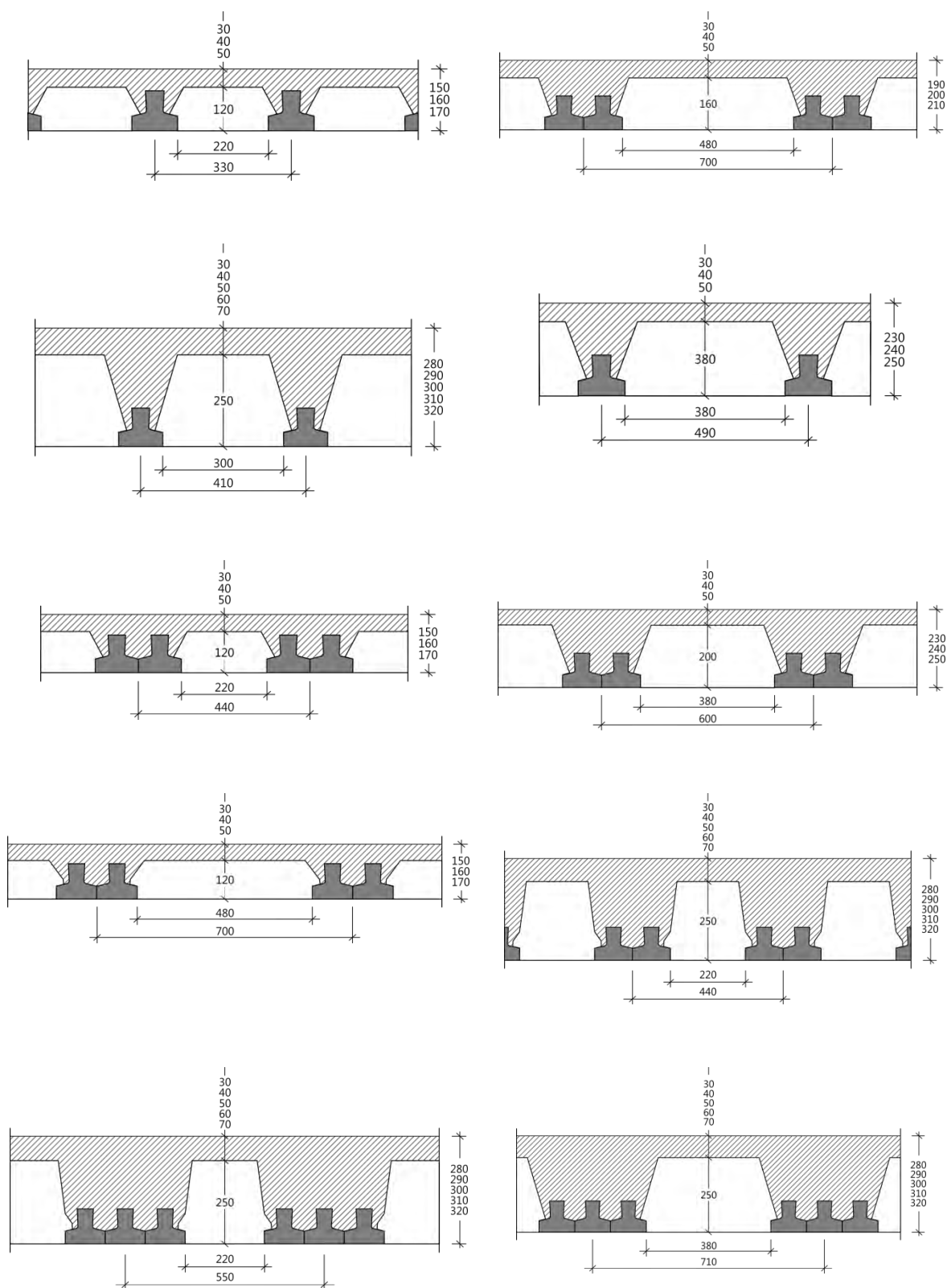




PAVIMENTOS ALIGEIRADOS DE VIGOTAS PREFABRICADAS DE BETÃO PRÉ-ESFORÇADO **TIPO P**

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



ÍNDICE

ÍNDICE	5
1.0 INTRODUÇÃO.....	7
1.1 Leiriviga	8
1.1.1 Prefabricados de betão uma solução competitiva e sustentável	9
1.1.2 Normalização Europeia aplicável ao sector da prefabricação	9
1.4 Simbologia	10
1.4.1 Letras latinas maiúsculas	10
1.4.1 Letras latinas minúsculas	12
1.4.3 Letras gregas	13
1.5 Bases de cálculo	15
1.5.1 Regulamentação	15
1.5.2 Estados Limites.....	15
1.5.3 Modelo de cálculo.....	16
1.5.4 Perdas de Pré-Esforço	19
2.0 VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA.....	23
2.1 Estados Limites Últimos	24
2.1.1 Estado Limite Último de Flexão	24
2.1.2 Estado Limite Último de Esforço Transverso	28
2.2. Estados Limites de Utilização	29
2.2.2 Estado Limite de Deformação	36
3.0 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	41
3.1 Vigotas.....	42
3.2 Blocos de cofragem	45
3.3 Betão complementar	46

3.4 Armadura de distribuição	47
3.5 Tabelas de Dimensionamento.....	47
3.5.1 Performance acústica.....	48
3.5.2 Isolamento Térmico	49
3.5.3 Resistência ao fogo	49
4.0 CONDIÇÕES GERAIS DE EXECUÇÃO DOS PAVIMENTOS	51
5.0 DISPOSIÇÕES CONSTRUTIVAS E CONDIÇÕES ESPECIAIS DE EXECUÇÃO DOS PAVIMENTOS...	53
6.0 CÁLCULO DOS PAVIMENTOS	57
6.1 Introdução.....	58
6.2 Dados para cálculo	58
6.3 Exemplo de cálculo	59
6.3.1 Segurança em relação aos estados limites últimos:	59
6.3.2 Segurança em relação aos estados limites de utilização:	60
6.3.3 Ferramenta cálculo automático	61
7.0 TABELAS DE CÁLCULO	71
7.1 Valores de Cálculo dos Pavimentos	72

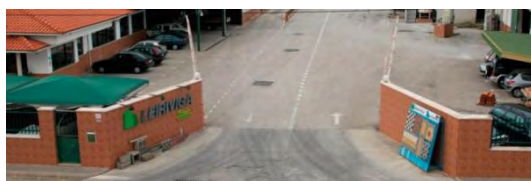
A high-angle, perspective view of numerous rows of rectangular concrete slabs (vigotas) stacked in a yard. The slabs are light gray and arranged in a grid-like pattern, receding into the distance. A dark, diagonal line, possibly a cable or a shadow, runs across the middle of the image.

1.0 INTRODUÇÃO

1.1. Leiriviga

A LEIRIVIGA fundada em 1990, é um bom 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.

Imagens das unidades produtivas do Grupo LEIRIVIGA/LITOPREL



As diferentes capacidades e valências produtivas das empresas do grupo 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.

1.1.1 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.

1.1.2 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 pré-fabricados 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.

1.4. Simbologia

1.4.1. 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_{Rd}^o - 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

1.4.1 Letras latinas minúsculas

B_{fc}	- Largura do banzo da laje de betão complementar (igual a L_i)
b_{fv}	- Largura do banzo da vigota
b_w	- Largura da alma
b_{wc}	- Largura da alma da laje de betão complementar
b_{wv}	- Largura da alma da vigota
d	- Altura útil da secção transversal, distância
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_{wv}	- 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_{wv}	- 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

1.4.3 Letras gregas

α	- Coeficiente de homogeneização aço-betão
ϵ_c	- Extensão no betão
$\epsilon_{cs}(t, t_o)$	- Extensão devido à retração livre do betão entre as idades t e t_o
$\epsilon_{M, b}$	- 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
$\phi_c(t, t_o)$	- Coeficiente de fluência na idade t correspondente à aplicação do pré-esforço na idade t_o
σ_c	- Tensão normal no betão
σ_{c, p_o}	- 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_{p0}	- Tensão na armadura de pré-esforço devido ao pré-esforço inicial
τ_1	- Tensão resistente definidas no Artigo 53º do REBAP [1]
τ_2	- Tensão resistente definidas no Artigo 53º do REBAP [1]
$\Delta\epsilon_{sp}$	- Extensão máxima admissível na armadura de pré-esforço
Δl_e	- Comprimento de escorregamento e reentrada da armadura de pré-esforço no dispositivo de amarração
ΔP_o	- Perdas de tensão instantâneas e diferidas na armadura de pré-esforço
$\Delta P_{o,d}$	- Perdas de tensão instantânea devido à deformação elástica do betão
$\Delta P_{o,dif}$	- Perdas de tensão diferidas
$\Delta P_{o,e}$	- Perdas de tensão instantânea devido ao escorregamento e reentrada da armadura de pré-esforço no dispositivo de amarração
$\Delta P_{o,inst}$	- Perdas de tensão instantâneas
$\Delta P_{o,r}(t, t_0)$	- 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

1.5 Bases de cálculo

1.5.1 Regulamentação

As propriedades mecânicas dos pavimentos aligeirados pré-fabricados de vigotas pré-esforçadas, apresentadas neste documento, foram determinadas de acordo com as especificações do Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado (REBAP), aprovado pelo Decreto-Lei nº 349-C/83 de 30 de Julho, e do Regulamento de Segurança e Ações para Estruturas de Edifícios e Pontes (RSAEEP), aprovado pelo Decreto-Lei nº 235/83 de 31 de Maio, e atualizadas com a entrada em vigor do Eurocódigo 2.

Dada a especificidade do elemento estrutural em análise, foram adotadas as recomendações da regulamentação em vigor com as devidas adaptações.

1.5.2 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 transverso resistente, designados por M_{Rd} e V_{Rd} , são iguais ou superiores aos correspondentes esforços atuantes, relativos às combinações de ações especificadas no artigo 9.º do Regulamento de Segurança e Ações para Estruturas de Edifícios e Pontes.

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 de acordo com o artigo 12.º do Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes. 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, definida de acordo com o artigo 72º do Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado, 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 no Anexo III. 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 $M_{Sg} + \sum \Psi_1 M_{Sq}$ 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.

1.5.3 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, Figura 1, Figura 2 e Figura 3.

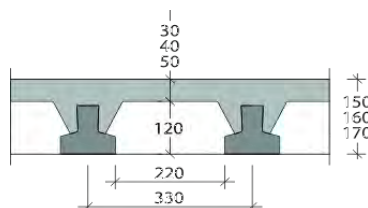


Figura 1 - Representação esquemática de um pavimento simples

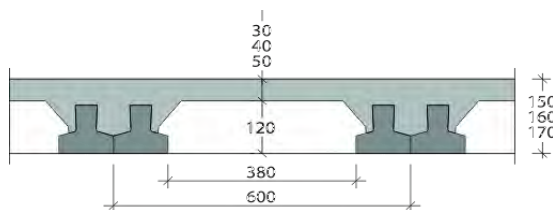


Figura 2 - Representação esquemática de um pavimento duplo

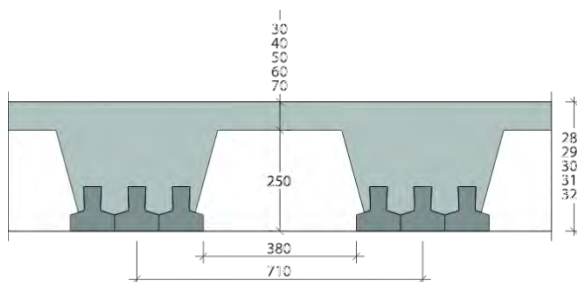


Figura 3 - Representação esquemática de um pavimento triplo

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.

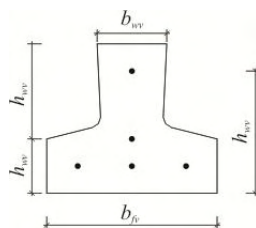


Figura 4 - Definição da geometria da vigota em T invertido

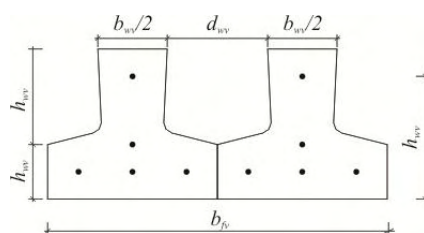


Figura 5 - Definição da geometria da vigota em TT invertido

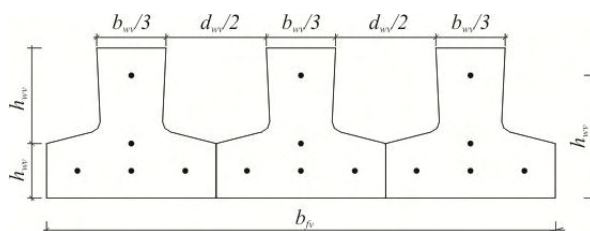


Figura 6 - Definição da geometria da vigota em TTT invertido

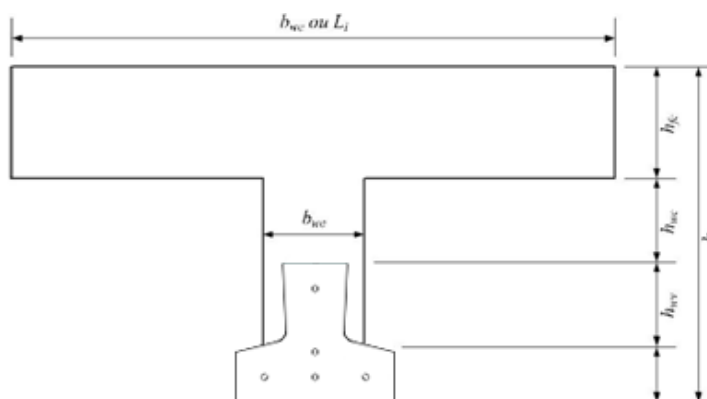
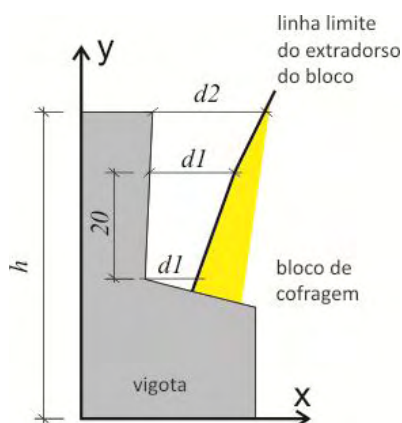


Figura 7 - Definição da geometria da laje de betão complementar no caso de vigota em T invertido

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 30 mm e 70 mm acima da abobadilha.

1.5.4 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 $P_{o,d}$.

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

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 ($f_{cm} = f_{ck} + 8$).

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:

$$\Delta P_{o,dif} = \frac{\varepsilon_{cs}(t, t_0) E_{sp} + \alpha \varphi_c(t, t_0) \sigma_{c, P_0} + \Delta P_{o,r}(t, t_0)}{1 - \alpha \frac{\sigma_{c, P_0}}{\sigma_{P_0}} \left[1 + \frac{\varphi_c(t, t_0)}{2} \right]} \quad (8)$$

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, $\varphi_c(t, t_0)$ o 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 $\Delta P_{o,r}(t, t_0)$ 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, $\Delta P_{o,r}(t, t_0)$ é calculada para uma tensão inicial σ_{P0} dada por:

$$\sigma_P = \sigma_{P0} - 0.3\Delta P_{o,dif} \quad (8)$$

sendo σ_{P0} a tensão na armadura de pré-esforço devido ao pré-esforço inicial e $\Delta P_{o,dif}$ 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 do Anexo I do REBAP. 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 disposto no Artigo 28º do REBAP, 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.



2.0 VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA

2.1 Estados Limites Últimos

2.1.1 Estado Limite Último de Flexão

A verificação ao Estado Limite Último de Flexão é realizada de acordo com as especificações do Artigo 52º do REBAP [1]. 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} .

$$M_{Sd} \text{ ou } M_{ed} \leq M_{Rd} \quad (10)$$

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.

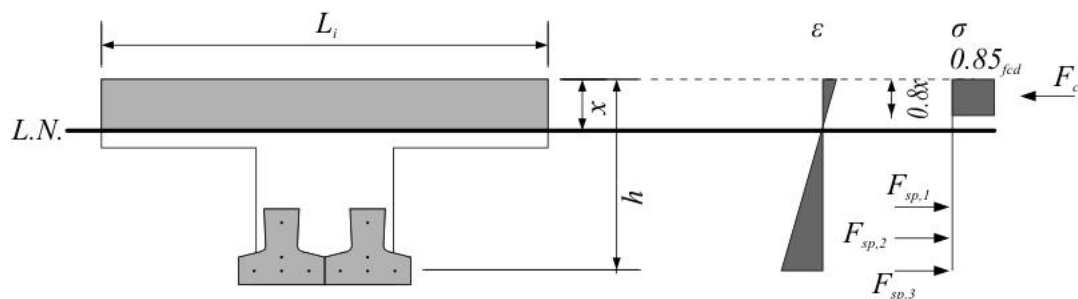


Figura 9 – Diagrama de extensões e tensões para linha neutra localizada dentro da lâmina de betão complementar.

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

$$F_c = \sum_{i=1}^3 F_{sp,i} \quad (11)$$

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:

$$f_{cd} = (0.85 f_{cd})(0.8x) L_i \quad (12)$$

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:

$$F_{sp,i} = \frac{f_{p0.1k,i}}{1.15} A_{sp,i} \quad (13)$$

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:

$$x = \frac{F_{sp,i} + \sum_{i=1}^3 \frac{f_{p0.1k,i}}{1.15} A_{sp,i}}{0.68 f_{cd} L_i} \quad (14)$$

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 30 mm e 50 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 das forças de compressão no betão d_c , e de tração na armadura de pré-esforço $d_{sp, i}$ são dados por:

$$d_c = x - \frac{0.8x}{2} \quad (15)$$

$$d_{sp,i} = h - x - h_{sp,i} \quad (16)$$

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}^o , resultante da soma das contribuições do betão, armadura ordinária e armaduras de pré-esforço, relativamente à linha neutra é dado por:

$$M_{Rd}^o = M_{Rd,c} + M_{Rd,s} + \sum_{i=1}^3 M_{Rd, sp,i} \quad (17)$$

$$M_{Rd,c} = F_c d_c \quad (18)$$

$$M_{Rd,sp,i} = F_{sp,i} d_{sp,i} \quad (19)$$

A extensão admissível na armadura de pré-esforço ε_{spy} , localizada ao nível i , é dada por:

$$\varepsilon_{spy,i} = \frac{f_{p0.1k,i}}{E_{sp,i}} \quad (20)$$

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

A extensão no betão ε_c é dada por:

$$\varepsilon_c = \frac{\Delta\varepsilon_{sp}}{(h-x-h_{sp,3})} \quad (21)$$

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:

$$\varepsilon_s = \left(\frac{h-x-h_s}{x} \right) \varepsilon_c \quad (22)$$

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:

$$\varepsilon_{sp,i} = \frac{P_{f,i}}{E_{sp,i}} + \Delta\varepsilon_{sp,i} \quad (23)$$

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 (17), dividindo o momento fletor resistente pela respetiva largura de influência da vigota.

$$M_{Rd} = \frac{M_{Rd}^o}{L_i} \quad (24)$$

2.1.2 Estado Limite Último de Esforço Transverso

A verificação ao Estado Limite Último de Esforço Transverso é realizada de acordo com as especificações do Artigo 53º do REBAP [1]. 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 (alínea d) do Artigo 53.2 do REBAP, e sem armadura específica de esforço transverso, o valor de cálculo do esforço transverso resistente é dado apenas pelo termo corretor da teoria de Mörsch V_{cd} , podendo ser multiplicado pelo fator:

$$1 + \frac{M_o}{M_{sd}} \quad (25)$$

sendo M_{sd} o valor de cálculo do momento flector actuante e M_o o momento que anularia 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 transverso máximo ocorre nos apoios e nessa mesma secção o momento fletor é nulo. Neste caso, o termo da expressão (25) tende para infinito, devendo adotar-se o valor limitativo proposto pelo REBAP, ou seja, 2.

O valor de cálculo do esforço transverso resistente é então dado pela equação (26) e limitado pela equação (27).

$$V_{Rd} = \left[1 + \frac{M_o}{M_{sd}} \right] [0.6\tau_1(1.6 - d)b_w d] = 2[0.6\tau_1(1.6 - d)b_w d] \quad (26)$$

$$V_{Rd} \leq \tau_2 b_w d \quad (27)$$

sendo τ_1 e τ_2 tensões resistentes definidas no Artigo 53º do REBAP [1], 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 o REBAP [1], 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:

$$M_{comb} \leq M_{fctk} \quad (28)$$

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:

- a) linha neutra localizada dentro da laje de betão complementar (no banzo);
- b) 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.

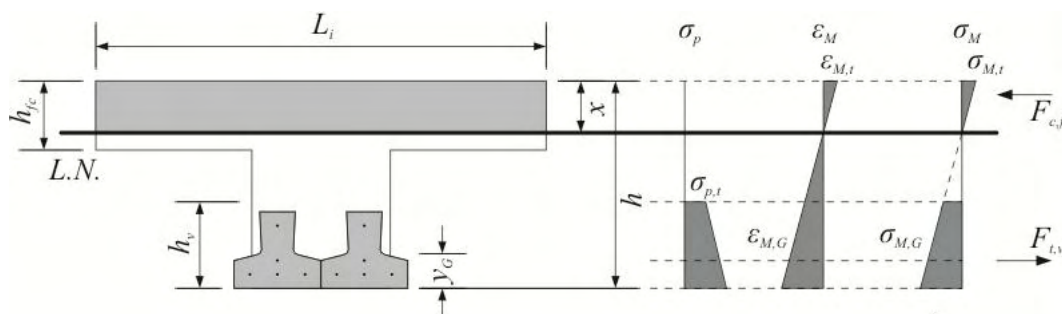


Figura 10 – Diagrama de extensões e tensões para linha neutra localizada dentro da laje de betão complementar

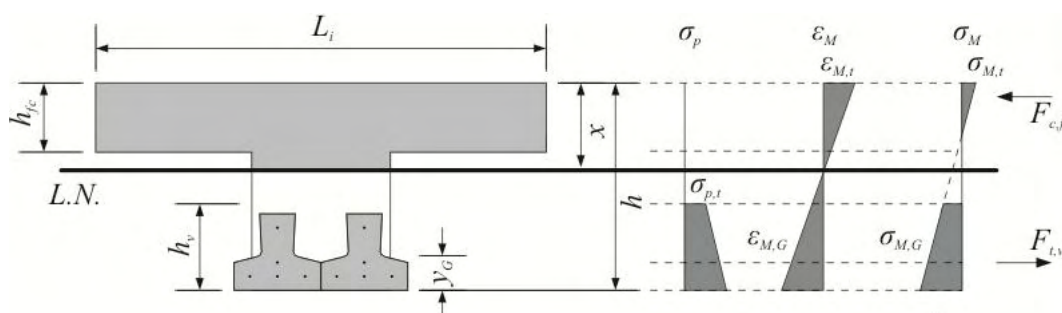


Figura 11 – Diagrama de extensões e tensões para linha neutra localizada fora da laje de betão complementar

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:

$$\sigma_{M,t} = E_{cl}\varepsilon_{M,t} \quad (30)$$

$$\sigma_{M,b} = E_{cv}\varepsilon_{M,b} \quad (31)$$

$$\sigma_{M,G} = E_{cv}\varepsilon_{M,G} \quad (32)$$

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:

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

$$\sigma_{M,b} = \left(\frac{h-x}{h-x-y_G}\right)\sigma_{M,G} \quad (35)$$

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

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:

$$\left(\frac{b_{wc}}{2} \right) x^2 + \left[A_v \left(\frac{E_{cv}}{E_{cl}} \right) + h_{fc} (L_i - b_{wc}) \right] x + \dots$$

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

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/cabo 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:

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

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

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

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

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 fletor na secção é dado por:

$$M = F_{c,f}d_{c,f} + F_{t,v}d_{t,v} \quad (51)$$

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

$$F_{t,v} = \sigma_{M,G} A_v \quad (53)$$

$$d_{c,f} = \frac{2}{3} x \quad (54)$$

$$d_{t,v} = h - x - y_G \quad (55)$$

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:

$$M = F_{c,f}d_{c,f} + F_{c,w}d_{c,w} + F_{t,v}d_{t,v} \quad (56)$$

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

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

$$d_{cf} = x - \frac{h_{fc}(3x - 2h_{fc})}{3(2x - h_{fc})} \quad (59)$$

$$d_{cw} = \frac{2}{3}(x - h_{fc}) \quad (60)$$

$$d_{tv} = h - x - y_G \quad (61)$$

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 no banzo da laje de betão complementar; $d_{c,v}$ 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:

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

2.2.2 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:

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

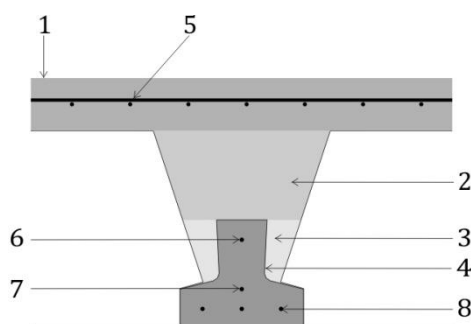
A verificação do Estado Limite de Deformação num pavimento aligeirado de vigotas pré-

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:



- 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;
- 8 - armadura de pré-esforço inferior.

Figura 12 – Zonas da secção transversal do pavimento

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:

$$\begin{aligned} & \left(\frac{E_{cl}}{E_h} \right) [A_{fc} d_{fc} + A_{wc} d_{wc} + A_{wcv} d_{wcv}] + \left(\frac{E_{cv}}{E_h} \right) A_v d_v + \dots \\ & \dots + \left(\frac{E_{sd}}{E_h} \right) A_{sd} d_{sd} + \dots \\ & \dots + \left(\frac{E_{sp,1}}{E_h} \right) A_{sp,1} d_{sp,1} + \left(\frac{E_{sp,2}}{E_h} \right) A_{sp,2} d_{sp,2} + \left(\frac{E_{sp,3}}{E_h} \right) A_{sp,3} d_{sp,3} = 0 \end{aligned} \quad (71)$$

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

$$\begin{aligned} & (b_{fc} h_{fc}) \left[x - \frac{h_{fc}}{2} \right] + (b_{wc} h_{wc}) \left[x - \left(h_{fc} + \frac{h_{wc}}{2} \right) \right] + \dots \\ & \dots + [(b_{wc} - b_{wv}) h_{wv}] \left[x - \left(h_{fc} + h_{wc} + \frac{h_{wv}}{2} \right) \right] + \dots \\ & \dots + A_v [x - (h - y_G)] + A_{sd} \left[x - \frac{h_{fc}}{2} \right] + \dots \\ & \dots + A_{sp,1} [x - (h - h_{sp,1})] + A_{sp,2} [x - (h - h_{sp,2})] + A_{sp,3} [x - (h - h_{sp,3})] = 0 \end{aligned} \quad (72)$$

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:

$$EI_0 = (EI)_{fc} + (EI)_{wc} + (EI)_{wcv} + (EI)_{wcv} + (EI)_v + \dots$$

$$\dots + (EI)_{sd} + (EI)_{sp,1} + (EI)_{sp,2} + (EI)_{sp,3} \quad (73)$$

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

$$(EI)_{fc} = E_{cl} I_{fc} \quad (74)$$

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

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

$$(EI)_{wc} = E_{cl} I_{wc} \quad (76)$$

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

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

$$(EI)_{wcv} = E_{cl} I_{wcv} \quad (78)$$

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

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

$$(EI)_v = E_{cv} I_v \quad (80)$$

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

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

$$(EI)_{sd} = E_{sd} I_{sd} \quad (82)$$

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

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

$$(EI)_{sp,i} = E_{sp,i} I_{sp,i} \quad (84)$$

$$I_{sp,i} = A_{sp,i} \left[x - (h - h_{sp,i}) \right]^2 \quad (85)$$

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:

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



3.0 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 semelhante ao de uma laje de betão armado, armada numa direção, desde que a aderência entre betão complementar, vigota e bloco de cofragem seja garantida.

Os pavimentos aligeirados de vigotas prefabricadas de betão pré-esforçado e blocos de cofragem recebendo em obra uma camada de betão armado complementar, destinam-se a ser utilizados como sistemas estruturais de pavimento (edifícios de habitação ou com ocupação e utilização semelhantes) e cobertura (não sujeitos a carga de fadiga).

Excluem-se da aplicação utilizações diferentes das anteriormente referidas, pavimentos com vãos superiores a oito metros, bem como a atuação de determinadas ações, tais como ações concentradas, ações dinâmicas e ações de choque e vibração deve ser cuidadosamente avaliada, não sendo aconselhável a utilização deste tipo de solução estrutural em tais situações.

A utilização destes pavimentos com vãos superiores a oito metros (8.0 m) fica fora do âmbito deste DT PA2015, devendo cada caso de aplicação ser objeto de estudo pormenorizado e adequado.

3.1. Vigotas

As vigotas prefabricadas, 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 206-1 e apresenta a seguinte designação:

C35/45; XC1(Pt); CI 0.20; D máx. 8.

Os fios de aço com as designações Y 1770 C 4,0 I e Y1770 C 5,0 I, certificados pela Associação para a Certificação de Produtos (CERTIF), satisfazem às características mecânicas estabelecidas na Especificação LNEC E 452-2011 – “Fios de aço para pré-esforço. Características e ensaios”, a que correspondem os valores apresentados no quadro seguinte:

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;

A área da secção transversal (valor nominal);

R_m tensão de rotura à tração (valor nominal);

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

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

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

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

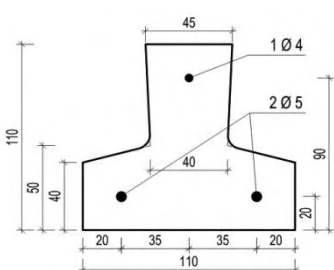
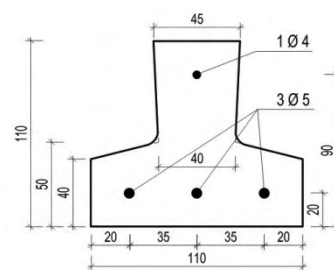
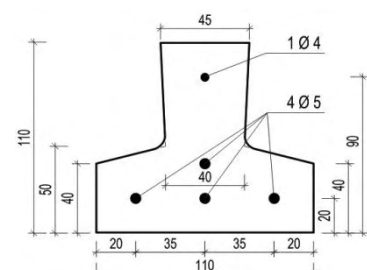
E módulo de elasticidade;

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.

No quadro seguinte são representados em corte transversal os diferentes tipos de vigotas com indicação dos valores relativos às suas dimensões, à posição dos fios de aço, as massas nominais e elementos de cálculo.

CARACTERÍSTICAS DAS VIGOTAS

P2	P3	P4
GEOMETRIA TRANSVERSAL	GEOMETRIA TRANSVERSAL	GEOMETRIA TRANSVERSAL
		

ELEMENTOS DE CÁLCULO

LEIRIVIGA

VIGOTA	MASSA <i>kg/m</i>	ESFORÇOS						
		ESTADOS LIMITES						
		ÚLTIMOS				DE UTILIZAÇÃO		
		$M_{Rd (+)}$ <i>kN.m</i>	$M_{Rd (-)}$ <i>kN.m</i>	$V_{Rd}^{(1)}$ <i>kN</i>	$V_{Rd}^{(2)}$ <i>kN</i>	M_{fctk} <i>kN.m</i>	$El_{t\infty}$ <i>kN.m²</i>	El_{inst} <i>kN.m²</i>
P2	19.1	2,83	0,74	3,01	3,06	1,22	90	257
P3	19.2	3,14	0,37	3,32	3,06	1,74	91	258
P4	19.3	3,07	0,53	3,57	3,06	1,97	91	258

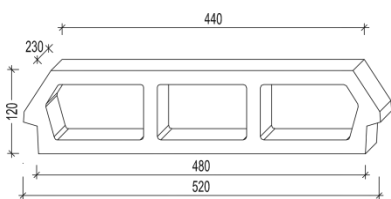
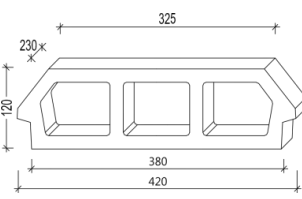
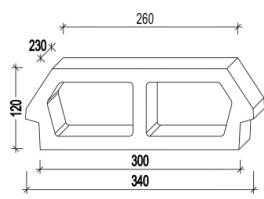
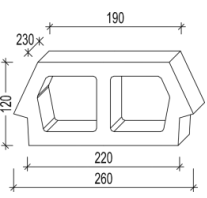
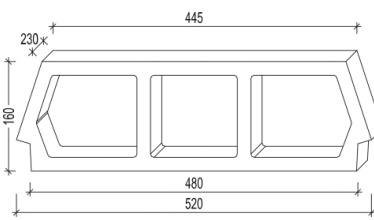
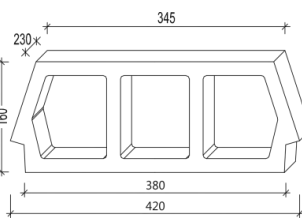
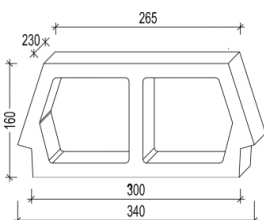
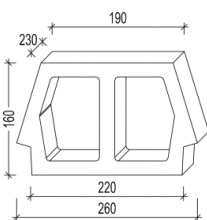
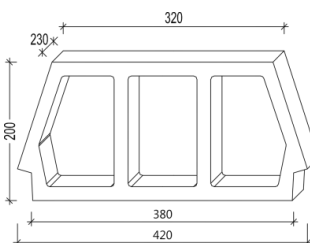
⁽¹⁾ V_{Rd} - valor determinado de acordo com metodologia de cálculo definida no EC2.

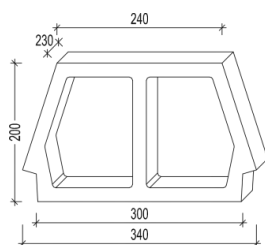
⁽²⁾ V_{Rd} - valor determinado de acordo com metodologia de cálculo definida no REBAP.

3.2. Blocos de cofragem

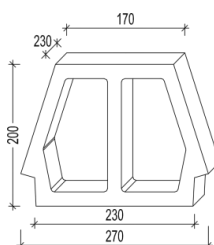
Os blocos de cofragem utilizados são de betão de agregados de argila expandida e são objeto de marcação CE, de acordo com a norma NP EN 15037-2. Todos os blocos são furados e têm formas de extradorso poligonais e ressaltos laterais para apoio nos banzos das vigotas.

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

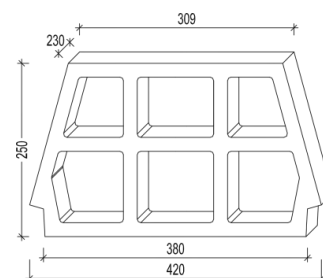
BL 48X12X23	BL 38X12X23	BL 30X12X23
 massa = 7,0 kg	 massa = 5,5 kg	 massa = 4,5 kg
BL 22X12X23	BL 48X16X23	BL 38X16X23
 massa=4,0 kg	 massa=7,5 kg	 massa=7,0 kg
BL 30X16X23	BL 22X16X23	BL 38X20X23
 massa=4,5 kg	 massa=4,5 kg	 massa=7,5 kg

BL 30X20X23


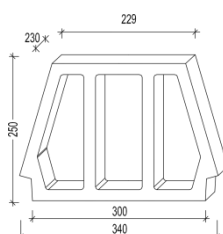
massa = 5,0 kg

BL 23X20X23


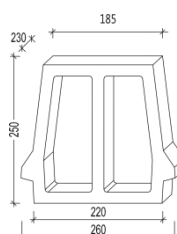
massa = 5,0 kg

BL 38X25X23


massa = 9,0 kg

BL 30X25X23


massa = 8,5 kg

BL 22X25X23


massa = 6,0 kg

3.3. Betão complementar

O betão complementar é aplicado no topo do pavimento, formando uma camada contínua de espessura variável, variando entre 30 mm e 70 mm, e incorpora uma armadura de distribuição. Este betão, de comportamento especificado, de massa volúmica normal, é conforme com a NP EN 206-1 e apresenta a seguinte designação: **C25/30; XC1(Pt); CI 0,40**.

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, Cap. 7) 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, Cap. 7.

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, Cap. 7, 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-BL30X12-15/17** 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 **150 mm** e **170 mm**.

A designação **2P2/2P4-BL30x12-15/17** 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 **150 mm** e **170 mm**.

- 2P2-BL30x12-15 – 2 vigotas P2, Bloco de cofragem BL30x12, espessura total de 150 mm;
- 2P3-BL30x12-16 – 2 vigotas P3, Bloco de cofragem BL30x12, espessura total de 160 mm;
- 2P4-BL30x12-17 – 2 vigotas P4, Bloco de cofragem BL30x12, espessura total de 170 mm;

A designação **3P3/3P4-BL30x25-28/32** 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 **280 mm e 320 mm**.

3.5.1 Performance acústica

No Anexo I quadros PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO, 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 homogéneos, 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:

$M_{ep} = M_R - M_r$ 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.

3.5.2 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.

3.5.3 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 pela

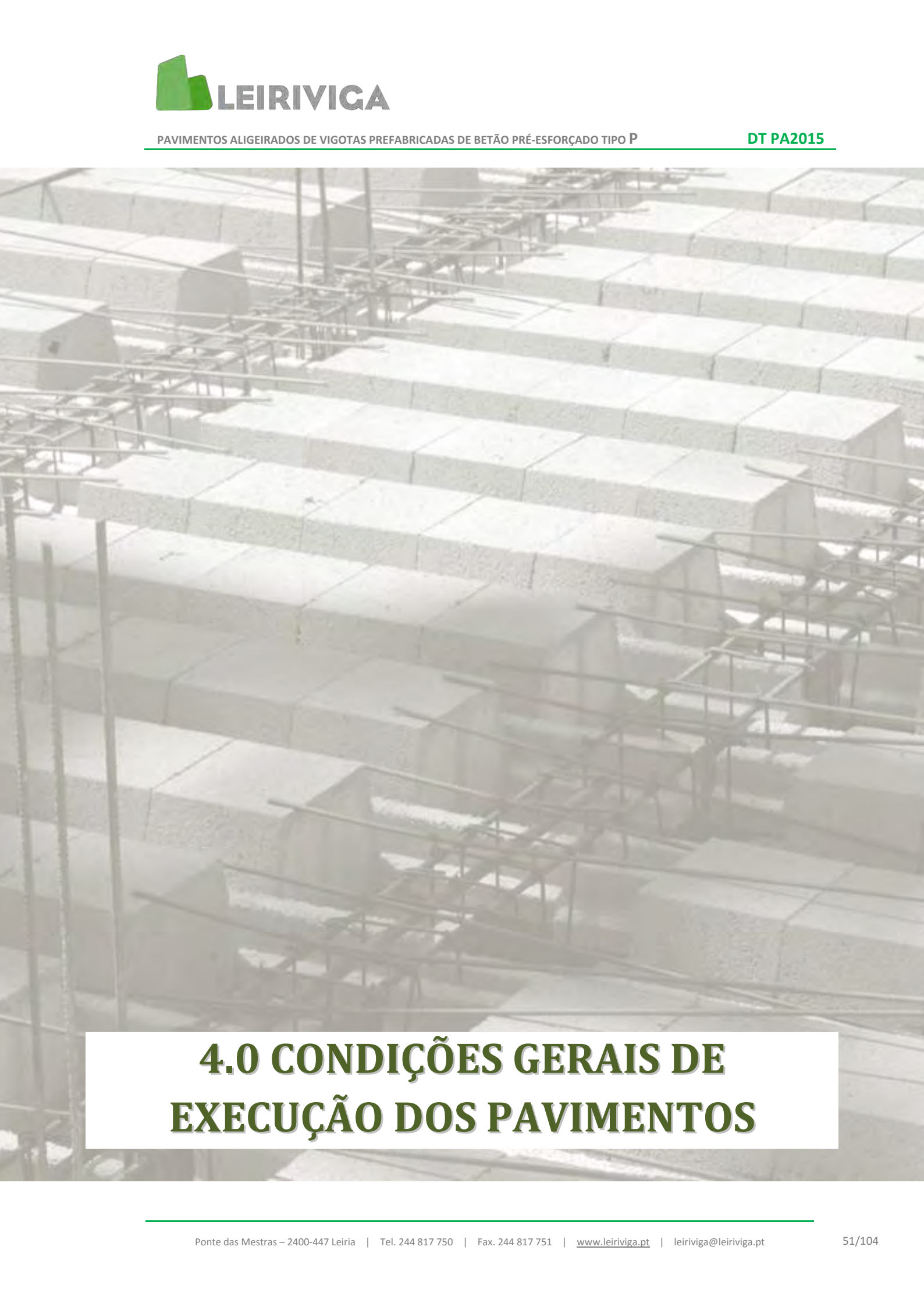
partes constituintes dos pavimentos não deverão estar na origem do fogo nem deverão contribuir para a sua propagação – classe de reação ao fogo A1 (não-combustível).

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.



4.0 CONDIÇÕES GERAIS DE EXECUÇÃO DOS PAVIMENTOS

Nos casos correntes, a execução dos pavimentos deve satisfazer à norma NP ENV 13670-1 – “Execução de estruturas em betão. Parte 1: Regras gerais”, em conformidade com o Decreto-Lei n.º 301/2007, de 23 de agosto, e realizar-se de acordo com:

- Nivelamento dos apoios para o assentamento das vigotas.
- 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, de modo a evitar esforços de flexão capazes de provocar fendilhação das vigotas não só na sua face inferior, nas zonas entre os apoios, como também na face superior, sobre os apoios.
- 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.
- Colocação das vigotas, dispostas paralelamente entre si, e acerto do seu afastamento por meio de cércea.
- Colocação dos blocos de cofragem entre vigotas, apoiados nos banzos destas, com eliminação das filas de blocos correspondentes às faixas maciças do pavimento.
- 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.
- Instalação de passadiços para trânsito de pessoal e de transporte do betão, a fim de evitar a circulação sobre os blocos de cofragem.
- Rega abundante das vigotas e dos blocos de cofragem, precedendo a betonagem, com vista a evitar a dessecação e melhorar a aderência do betão complementar.
- Lançamento, espalhamento, regularização e compactação do betão complementar, tendo o cuidado de assegurar a sua perfeita aderência às faces expostas das vigotas e a manutenção da espessura prevista da camada de betão acima dos blocos de cofragem. Deve notar-se que, por motivo da relativa e natural fragilidade da estrutura, quando em execução, estará restringido o uso de meios potentes de compactação, o que exige especial cuidado na condução da betonagem.
- Manutenção da humidade do betão em obra, durante os primeiros dias do endurecimento, por exemplo, por meio de rega ou de recobrimento, conservado humedecido, da superfície betonada. A extensão e duração destes cuidados dependerão das condições de temperatura e humidade ambientais.



5.0 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.

a) Armadura de distribuição

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, de 100 mm. A armadura deverá ser constituída, no mínimo, por dois varões colocados imediatamente acima das vigotas. A área da sua 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.

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.

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.

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.

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) 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 adoção destas disposições deve ser convenientemente justificada. 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 possam condicionar a capacidade resistente do pavimento.

e) 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.



6.0 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 os critérios definidos no REBAP.

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 o artigo 108º do REBAP.

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 volúnicos preconizados no artigo 14º do RSA, 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 do REBAP. 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 das 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, nomeadamente RSA e REBAP.

Pavimento a verificar: **P3-BL38x20-23**

Vão livre: **5.00 m** | Vão teórico: **5.20 m**

Dados:

Peso próprio Pavimento: 2.54 kN/m²

Revestimentos de piso e de teto: 1.20 kN/m²

Ação permanente (incluindo peso próprio): $G = 2.54 + 1.20 = 3.74 \text{ kN/m}^2$

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

6.3.1 Segurança em relação aos estados limites últimos:

Combinação de ações:

$$1.5(G + Q) = 1.5(3.74 + 2) = 8.61 \text{ kN/m}^2$$

Momento fletor atuante:

$$M_{Sd} = \frac{8.61 \times 5.20^2}{8} = 29.10 \text{ kN.m/m}$$

Esforço transversal atuante

$$V_{Sd} = \frac{8.61 \times 5.20}{2} = 22.38 \text{ kN/m}$$

Comparando M_{Sd} e V_{Sd} obtidos com os valores do quadro MRd e VRd do quadro da página 81, verifica-se estar satisfeita a segurança deste pavimento em relação a ambos estados limites de resistência:

$$M_{Sd} < M_{Rd} = 29.10 < 37.6$$

$$V_{Sd} < V_{Rd} = 22.38 < 24.7$$

6.3.2 Segurança em relação aos estados limites de utilização:

Estado limite de fendilhação

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

$$G + \psi_1 Q = 3.74 + 0.3 \times 2 = 4.34 \text{ kN/m}^2$$

ψ_1 é dado no quadro III do n.º 35 do RSA. Correspondendo o momento fletor atuante M_{Sd} seguinte:

$$M_{Sd} = \frac{4.34 \times 5.20^2}{8} = 14.67 \text{ kN.m/m}$$

comparando com M_{fctk} do quadro da página 81 verifica-se estar satisfeita a segurança deste pavimento em relação ao estado limite de fendilhação

$$M_{Sd} < M_{fctk} = 14.67 < 23.2$$

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:

$$EI = 12243 \text{ kN.m}^2/\text{m}$$

Flecha instantânea:

$$f = \frac{5 \times 4.34 \times 5.20^4}{384 \times 12243} \times 1000 = 3.37 \text{ mm}$$

Fator:

$$1 + \frac{G}{G + \psi_1 Q} \times \varphi = 1 + \frac{3.74}{3.74 + 0.3 \times 2} \times 2 = 2.72$$

Flecha a longo prazo:

$$f = 2.72 \times 4.68 = 11.82 \text{ mm}$$

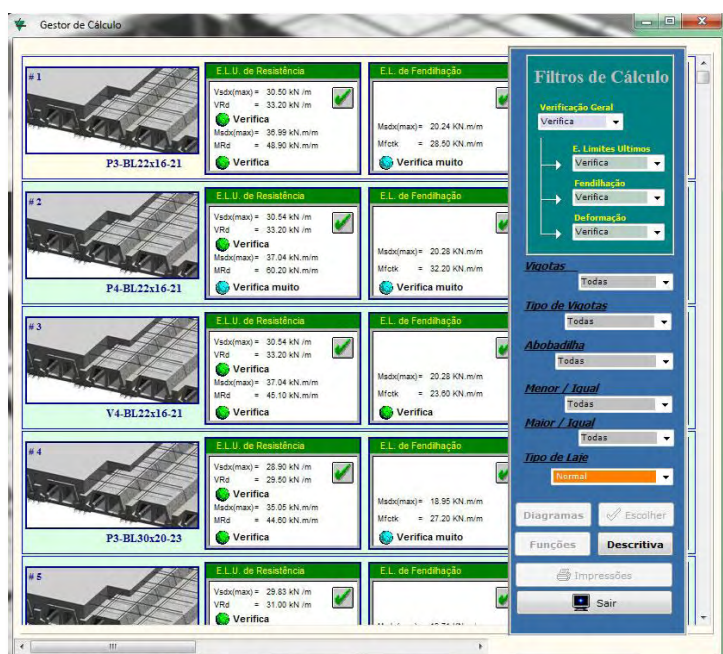
Valor máximo admissível para a flecha:

$$f_{max} = \frac{5200}{400} = 13 \text{ mm}$$

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

6.3.3 Ferramenta cálculo automático

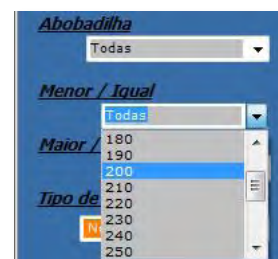
Com apoio do software de cálculo procede-se igualmente à escolha de um pavimento, no sentido literal da expressão. Ou seja introduzem-se os dados e o software apresenta uma lista de pavimentos que verificam, não verificam ou são indiferentes aos **FILTROS DE CÁLCULO**: E. LIMITES ÚLTIMOS, FENDILHAÇÃO e DEFORMAÇÃO. A escolha de determinada tipo de pavimento pode ainda ser agilizada utilizando os filtros de pesquisa: pelo número de **Vigotas** (simples, duplas ou triplas), pelo **Tipo de Vigota** (V2, V3, V4, P2, P3, P4), pelo **Tipo de abobadilha**, pela **Espessura do Pavimento Menor ou Igual** (a determinado valor), pela **Espessura do Pavimento Maior ou Igual** (a determinado valor), pelo **Tipo de Laje** (normal ou cobertura)



Lista de os pavimentos e Filtros de Cálculo e pesquisa

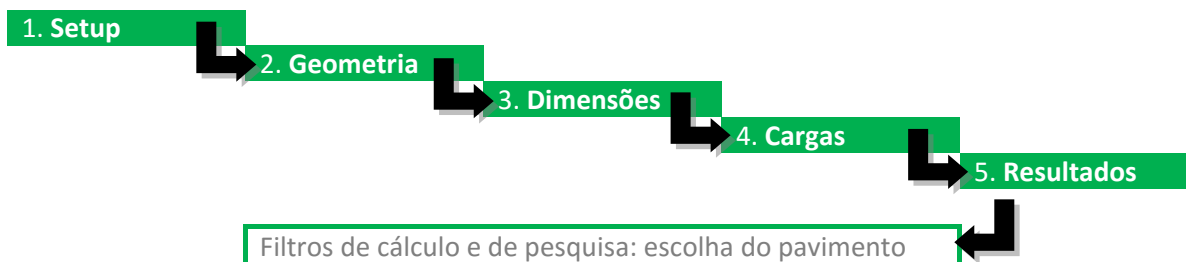


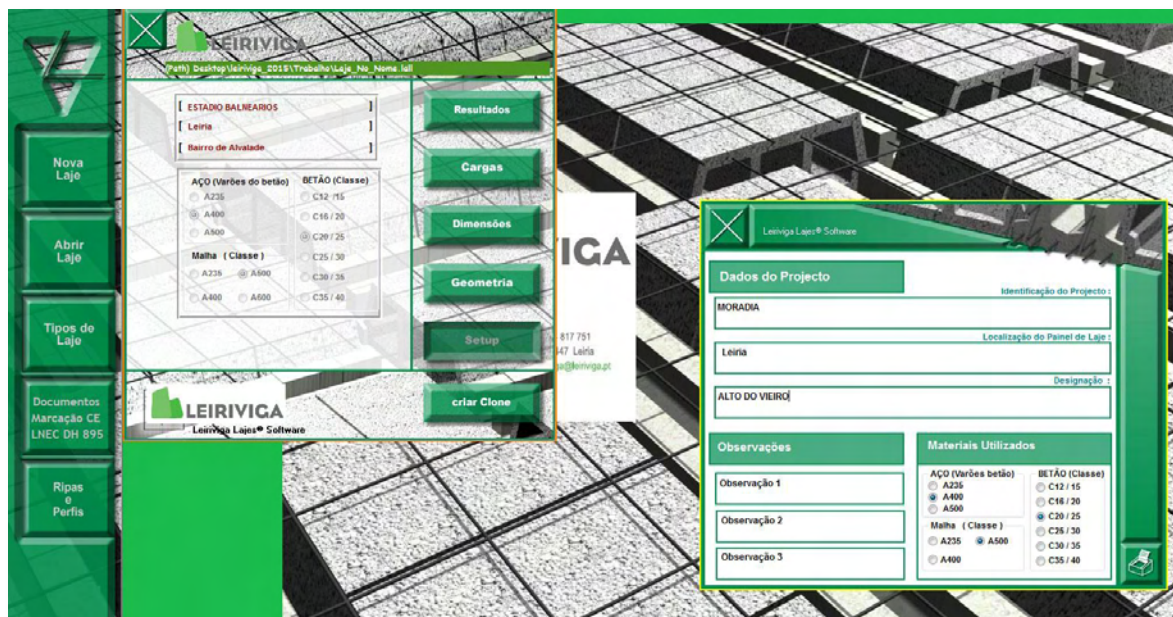
Filtros de cálculo



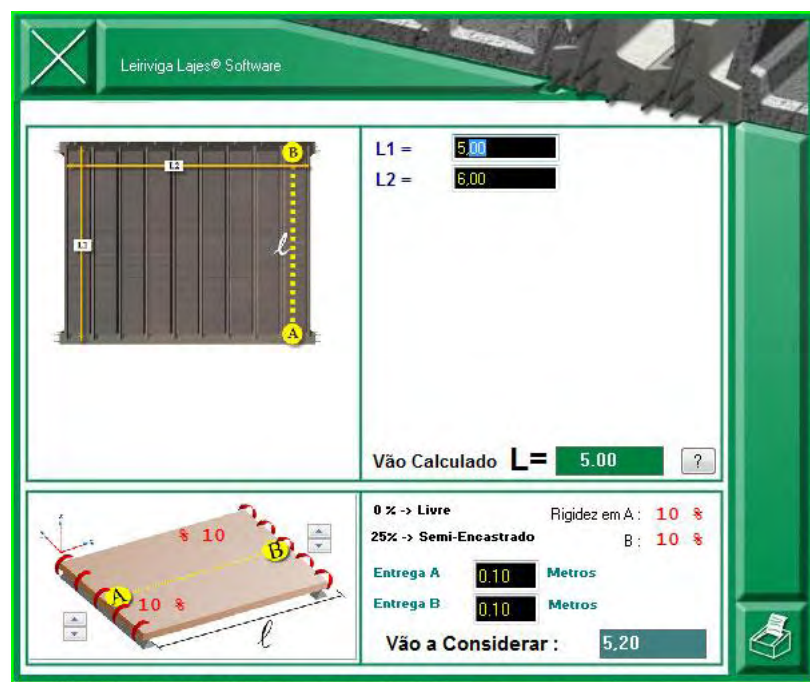
Filtros de pesquisa

O valor do Peso Próprio do pavimento é calculado automaticamente, tendo o utilizador apenas de seguir os passos indicados que são:





1. Setup: dados gerais referentes ao projeto/obra que serão referenciais em todas as peças impressas.



3. Dimensões: dados como vão, entregas nos apoios, rigidez nos apoios.



LEIRIVIGA

Peso próprio
Peso Próprio

Sobrecarga Regulamentar
Sobrecargas

PP [**A Calcular**] ?
Pr [**2,78 kN/m²**] ?
Pd [**0 kN/m²**] ?
Pt [**0.0 kN/m**] ?
X [**0.00 m**] ?

Q [**2.0 kN**]
Psi 1 [**0.3**]

Compartimentos : para uso Privado → Q = 2.0 kN, Psi1 = 0.3

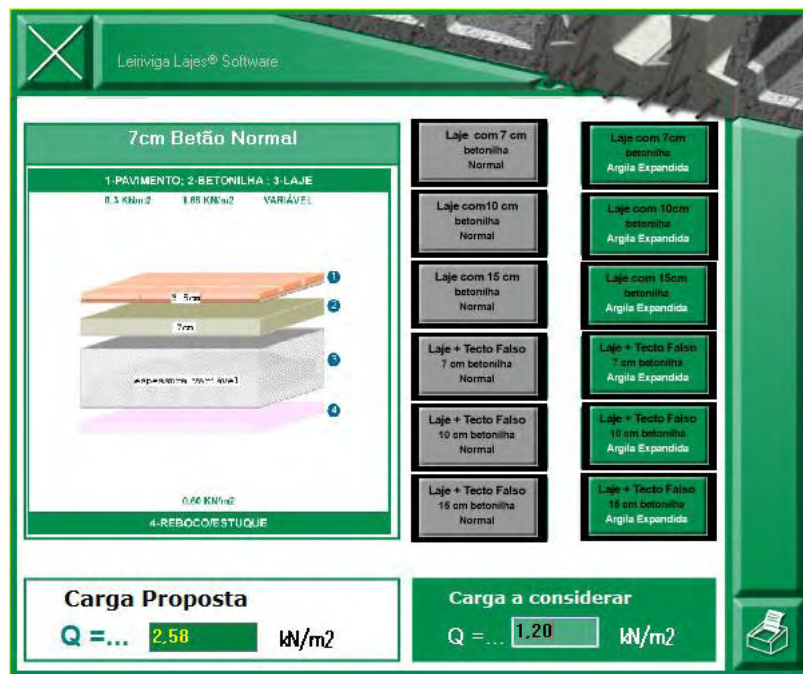


Pavimentos e revestimentos


Paredes divisórias
Peso Divisórias

Peso Transversais
Paredes transversais

4. Cargas: introdução de valores específicos do projeto. Como referido anteriormente o peso próprio é calculado automaticamente.



Leiriviga Lajes® Software

7cm Betão Normal

1-PAVIMENTO; 2-BETONILHA; 3-LAJE
0.3 kN/m² 1.85 kN/m² VARIÁVEL

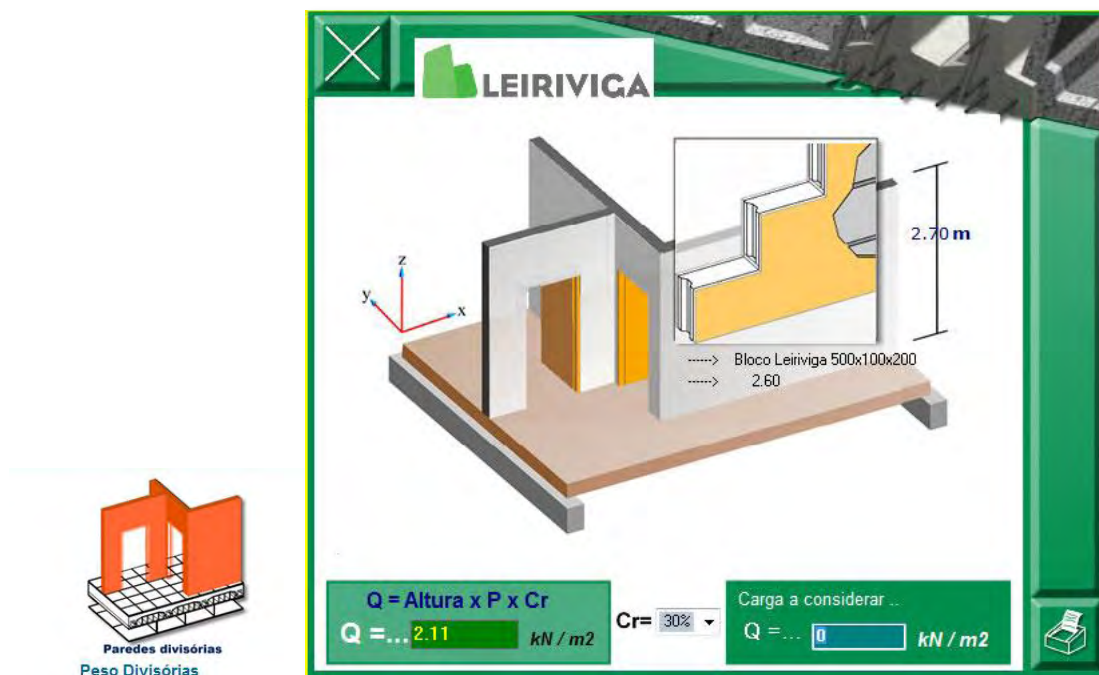
0.66 kN/m²
4-REBOCO/ESTUQUE

Carga Proposta
Q = ... **2.58** kN/m²

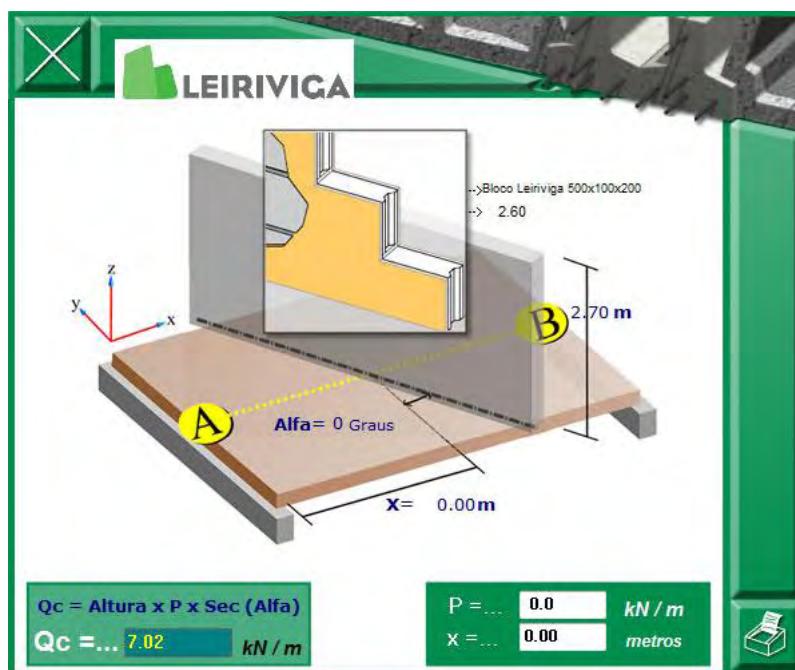
Carga a considerar
Q = ... **1.20** kN/m²

Laje com 7 cm betoniha Normal
 Laje com 10 cm betoniha Normal
 Laje com 15 cm betoniha Normal
 Laje + Tecto Falso 7 cm betoniha Normal
 Laje + Tecto Falso 10 cm betoniha Normal
 Laje + Tecto Falso 15 cm betoniha Normal
 Laje com 7cm betoniha Argila Expandida
 Laje com 10cm betoniha Argila Expandida
 Laje com 15cm betoniha Argila Expandida
 Laje + Tecto Falso 7 cm betoniha Argila Expandida
 Laje + Tecto Falso 10 cm betoniha Argila Expandida
 Laje + Tecto Falso 15 cm betoniha Argila Expandida

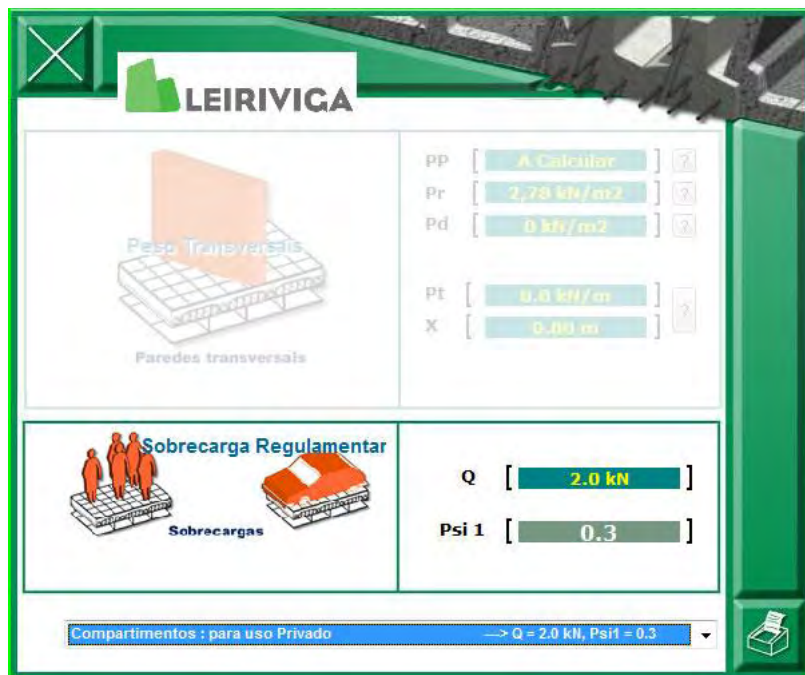
4. Cargas; i) **Peso Pavimentos e Revestimentos:** escolha da lista ou introduza valor concreto (1,20 kN/m²).



4. Cargas; ii) Carga de Paredes divisórias: não se considerou esta carga (0,0 kN/m²)



4. Cargas; iii) Carga de Paredes divisórias Transversais ao Vão: não se considerou esta carga (0,0 kN/m²)



LEIRIVIGA

Peso Transversal

Paredes transversais

PP [**A Calcular**]

Pr [**2,78 kN/m²**]

Pd [**0 kN/m²**]

Pt [**0,0 kN/m**]

X [**0,00 m**]

Sobrecarga Regulamentar

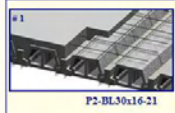
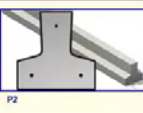
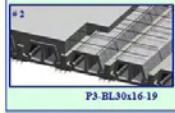
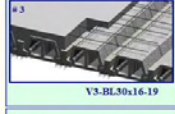
Sobrecargas

Q [**2.0 kN**]

Psi 1 [**0.3**]

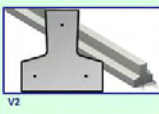
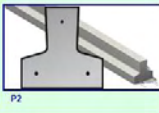
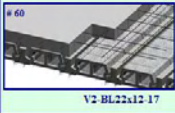
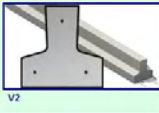
Compartimentos : para uso Privado → Q = 2.0 kN, Psi1 = 0.3

4. Cargas: iv) Sobrecarga Regulamentar: ação variável (sobrecarga de utilização), considerou-se 2,0 kN/m²

Gestor de Cálculo					
 P2-BL30x16-21	E.L.U. de Resistência V _{adm} (máx) = 23.05 kN/m V _{Rd} = 20.70 kN/m M _{adm} (máx) = 27.95 kN.m/m M _{Rd} = 25.50 kN.m/m Verifica	E.L. de Fendilhão M _{adm} (máx) = 14.22 kN.m/m M _{Rd} = 17.00 kN.m/m Verifica	E.L. de Deformação Δy = 9.78 mm L/400 = 13.00 mm Verifica	Dados Mecânicos : M _{Rd} = 26.5 (kN.m/m) V _{Rd} = 20.7 (kN/m) M _{flex} = 17.0 (kN.m/m) EI = 11083 (kN.m ² /m)	 P2
 P3-BL30x16-19	E.L.U. de Resistência V _{adm} (máx) = 21.22 kN/m V _{Rd} = 23.90 kN/m M _{adm} (máx) = 25.73 kN.m/m M _{Rd} = 35.10 kN.m/m Verifica	E.L. de Fendilhão M _{adm} (máx) = 12.74 kN.m/m M _{Rd} = 20.00 kN.m/m Verifica	E.L. de Deformação Δy = 11.83 mm L/400 = 13.00 mm Verifica	Dados Mecânicos : M _{Rd} = 35.1 (kN.m/m) V _{Rd} = 23.9 (kN/m) M _{flex} = 20.0 (kN.m/m) EI = 8015 (kN.m ² /m)	 P3
 V3-BL30x16-19	E.L.U. de Resistência V _{adm} (máx) = 21.22 kN/m V _{Rd} = 23.90 kN/m M _{adm} (máx) = 25.73 kN.m/m M _{Rd} = 35.10 kN.m/m Verifica	E.L. de Fendilhão M _{adm} (máx) = 12.74 kN.m/m M _{Rd} = 15.20 kN.m/m Verifica	E.L. de Deformação Δy = 12.03 mm L/400 = 13.00 mm Verifica	Dados Mecânicos : M _{Rd} = 26.3 (kN.m/m) V _{Rd} = 23.9 (kN/m) M _{flex} = 15.2 (kN.m/m) EI = 7940 (kN.m ² /m)	 V3
 P3-BL30x16-20	E.L.U. de Resistência V _{adm} (máx) = 22.15 kN/m V _{Rd} = 25.30 kN/m M _{adm} (máx) = 26.87 kN.m/m M _{Rd} = 37.00 kN.m/m Verifica	E.L. de Fendilhão M _{adm} (máx) = 13.50 kN.m/m M _{Rd} = 21.80 kN.m/m Verifica	E.L. de Deformação Δy = 10.86 mm L/400 = 13.00 mm Verifica	Dados Mecânicos : M _{Rd} = 37.5 (kN.m/m) V _{Rd} = 25.3 (kN/m) M _{flex} = 21.8 (kN.m/m) EI = 9581 (kN.m ² /m)	 P3
 V3-BL30x16-20	E.L.U. de Resistência V _{adm} (máx) = 22.15 kN/m V _{Rd} = 25.30 kN/m M _{adm} (máx) = 26.87 kN.m/m M _{Rd} = 26.10 kN.m/m Verifica	E.L. de Fendilhão M _{adm} (máx) = 13.50 kN.m/m M _{Rd} = 15.50 kN.m/m Verifica	E.L. de Deformação Δy = 10.78 mm L/400 = 13.00 mm Verifica	Dados Mecânicos : M _{Rd} = 26.1 (kN.m/m) V _{Rd} = 25.3 (kN/m) M _{flex} = 15.5 (kN.m/m) EI = 9479 (kN.m ² /m)	 V3
 P3-BL30x16-20	E.L.U. de Resistência V _{adm} (máx) = 23.09 kN/m V _{Rd} = 20.70 kN/m M _{adm} (máx) = 25.00 kN.m/m M _{Rd} = 39.50 kN.m/m Verifica	E.L. de Fendilhão M _{adm} (máx) = 14.25 kN.m/m M _{Rd} = 23.50 kN.m/m Verifica	E.L. de Deformação Δy = 9.69 mm L/400 = 13.00 mm Verifica	Dados Mecânicos : M _{Rd} = 39.9 (kN.m/m) V _{Rd} = 20.7 (kN/m) M _{flex} = 23.5 (kN.m/m)	 P3

Filtros de Cálculo
 Verificação Global: **Verifica**
 E. Limites Últimos: **Verifica**
 Fendilhão: **Verifica**
 Deformação: **Verifica**
 Vigotas: **Todas**
 Tipo de Vigotas: **Todas**
 Abobadilha: **Todas**
 Menor / Igual: **Todas**
 Maior / Igual: **Todas**
 Tipo de Laje: **Normal**
 Diagramas: **Escolher**
 Funções: **Descritiva**
 Impressões: **Sair**

5. Resultados: Lista de Pavimentos

 V2-BL22x12-16	E.L.U. de Resistência Vsd _x (max) = 21.90 kN/m VR _d = 24.50 kN/m Verifica Msd _x (max) = 26.63 kN.m/m MR _d = 13.00 kN.m/m Não V/ por muito	E.L. de Fendilhação Msd _x (max) = 13.34 kN.m/m Mfot _k = 7.50 kN.m/m Não V/ por muito	E.L. de Deformação D _y = 17.66 mm L/400 = 13.00 mm Não verifica	Dados Mecânicos: MR _d = 13.0 (kN.m/m) VR _d = 24.5 (kN/m) Mfot _k = 7.5 (kN.m/m) EI = 5805 (kN.m ² /m)	 V2	Filtros de Cálculo Verificação Civil Indiferente E. Limites Últimos Indiferente Fendilhação Indiferente Deformação Indiferente Vigotas: Todas Tipo de Vigotas: Todas Abobadilha: Todas Menor / Igual: Todas Maior / Igual: Todas Tipo de Laje: Normal
 P2-BL22x12-17	E.L.U. de Resistência Vsd _x (max) = 22.89 kN/m VR _d = 26.20 kN/m Verifica Msd _x (max) = 27.76 kN.m/m MR _d = 15.30 kN.m/m Não V/ por pouco	E.L. de Fendilhação Msd _x (max) = 14.10 kN.m/m Mfot _k = 14.40 kN.m/m Verifica	E.L. de Deformação D _y = 15.42 mm L/400 = 13.00 mm Não V/ por pouco	Dados Mecânicos: MR _d = 20.0 (kN.m/m) VR _d = 26.2 (kN/m) Mfot _k = 14.4 (kN.m/m) EI = 5931 (kN.m ² /m)	 P2	
 V2-BL22x12-17	E.L.U. de Resistência Vsd _x (max) = 22.89 kN/m VR _d = 26.20 kN/m Verifica Msd _x (max) = 27.76 kN.m/m MR _d = 15.30 kN.m/m Não V/ por muito	E.L. de Fendilhação Msd _x (max) = 14.10 kN.m/m Mfot _k = 8.40 kN.m/m Não V/ por muito	E.L. de Deformação D _y = 15.60 mm L/400 = 13.00 mm Não V/ por pouco	Dados Mecânicos: MR _d = 15.3 (kN.m/m) VR _d = 26.2 (kN/m) Mfot _k = 8.4 (kN.m/m) EI = 5850 (kN.m ² /m)	 V2	
 P3-BL22x12-15	E.L.U. de Resistência Vsd _x (max) = 21.06 kN/m VR _d = 22.70 kN/m Verifica Msd _x (max) = 25.54 kN.m/m MR _d = 31.10 kN.m/m Verifica	E.L. de Fendilhação Msd _x (max) = 12.81 kN.m/m Mfot _k = 16.10 kN.m/m Verifica	E.L. de Deformação D _y = 19.95 mm L/400 = 13.00 mm Não V/ por muito	Dados Mecânicos: MR _d = 31.1 (kN.m/m) VR _d = 22.7 (kN/m) Mfot _k = 16.1 (kN.m/m) EI = 4738 (kN.m ² /m)	 P3	

Filtro **INDIFERENTE**: são mostrados todos os pavimentos com opção indiferente ativa.

 P2-BL22x12-17	E.L.U. de Resistência Vsd _x (max) = 22.89 kN/m VR _d = 26.20 kN/m Verifica Msd _x (max) = 27.76 kN.m/m MR _d = 26.60 kN.m/m Não V/ por pouco	E.L. de Fendilhação Msd _x (max) = 14.10 kN.m/m Mfot _k = 14.40 kN.m/m Verifica	E.L. de Deformação D _y = 15.42 mm L/400 = 13.00 mm Não V/ por pouco
 P3-BL22x12-15	E.L.U. de Resistência Vsd _x (max) = 21.06 kN/m VR _d = 22.70 kN/m Verifica Msd _x (max) = 25.54 kN.m/m MR _d = 31.10 kN.m/m Verifica	E.L. de Fendilhação Msd _x (max) = 12.81 kN.m/m Mfot _k = 16.10 kN.m/m Verifica	E.L. de Deformação D _y = 19.95 mm L/400 = 13.00 mm Não V/ por muito

Não Verifica, Não Verifica por muito, Não Verifica por pouco, Verifica e Verifica muito são critérios que poderão ser considerados na escolha do tipo de pavimento.

Sendo o cálculo tradicional para escolha de pavimentos aligeirados de vigotas prefabricadas de betão pré-esforçado um processo iterativo a utilização destes critérios de seleção, é na nossa opinião, determinante na opção de escolha do tipo de pavimento. Do ponto de vista da racionalidade económica da escolha. Estes critérios são apresentados no manual de utilização do software.

A escolha de qualquer pavimento a sua pode ser feita da seguinte forma:

P4-BL30x20-24

Vigota tipo

P4

|

Simples

Abobadilha:

BL 30x20

Espessura total:

240 mm

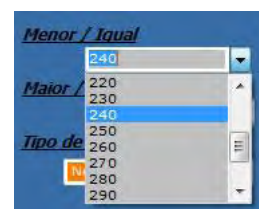
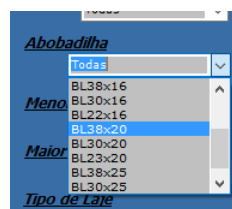
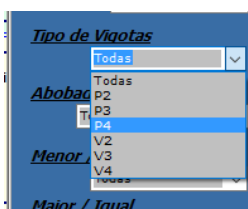
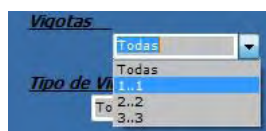
Filtros de seleção para escolher o pavimento **P4-BL38x20-24**:

Vigotas

Tipo Vigotas

Abobadilha

Espessura



E são apresentados apenas pavimentos correspondentes aos filtros de seleção:

Vigotas	Tipo de Vigotas	Abobadilha	Espessura
P4-BL25x16-21	P4	BL25x16	210
P4-BL30x20-23	P4	BL30x20	230
P4-BL30x20-24	P4	BL30x20	240
P4-BL30x20-25	P4	BL30x20	250
P4-BL25x20-23	P4	BL25x20	230
P4-BL30x20-24	P4	BL30x20	240
P4-BL30x20-25	P4	BL30x20	250
P4-BL30x20-26	P4	BL30x20	260
P4-BL30x20-27	P4	BL30x20	270
P4-BL30x20-28	P4	BL30x20	280
P4-BL30x20-29	P4	BL30x20	290

Vigotas	Tipo de Vigotas	Abobadilha	Espessura
P4-BL30x20-23	P4	BL30x20	230
P4-BL30x20-24	P4	BL30x20	240
P4-BL30x20-25	P4	BL30x20	250
P4-BL30x20-26	P4	BL30x20	260
P4-BL30x20-27	P4	BL30x20	270
P4-BL30x20-28	P4	BL30x20	280
P4-BL30x20-29	P4	BL30x20	290

Clicando no pavimento e seguidamente no botão Diagramas é possível aceder aos diagramas respetivos:

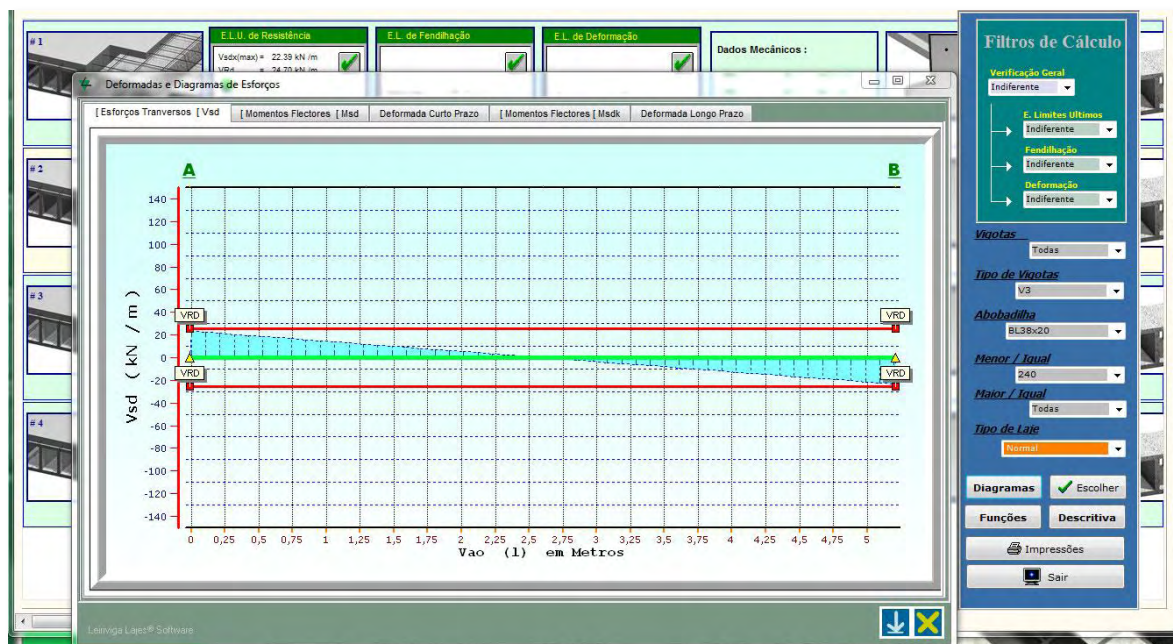


Diagrama de Esforços Transversos (V_{sd})

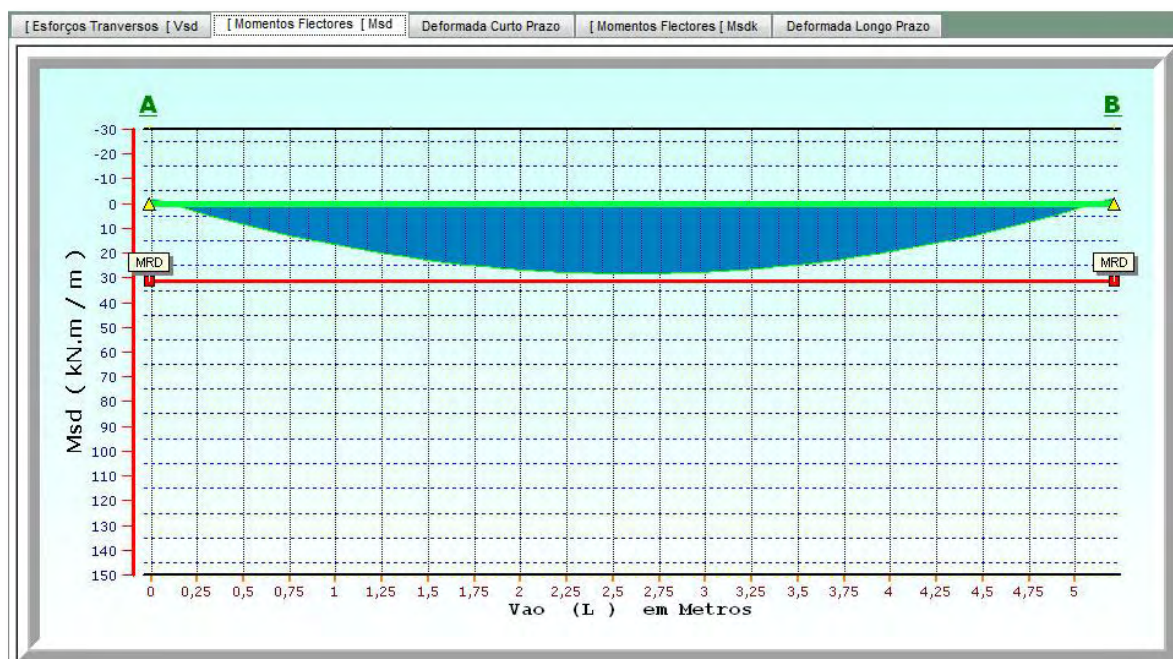
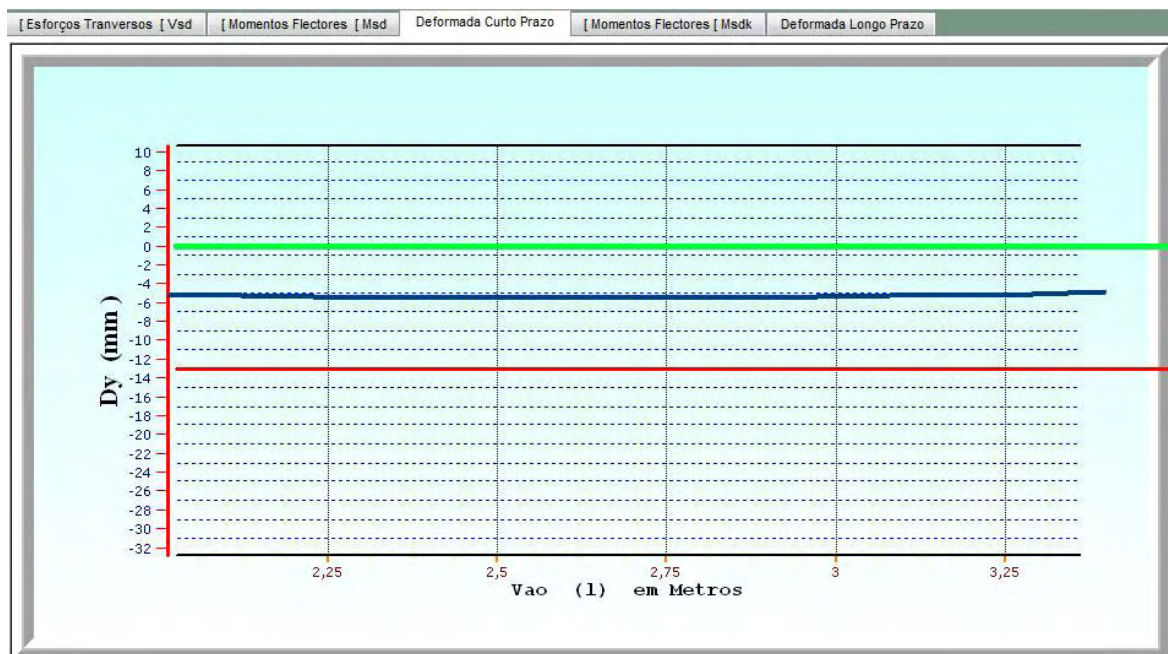


Diagrama de Momentos Flectores (M_{sd})



Deformada a curto prazo (para ver maior, clicar na zona ampliar com o botão esquerdo do rato premido e arrastar definindo a zona a ampliar)



Resultado da ampliação da zona

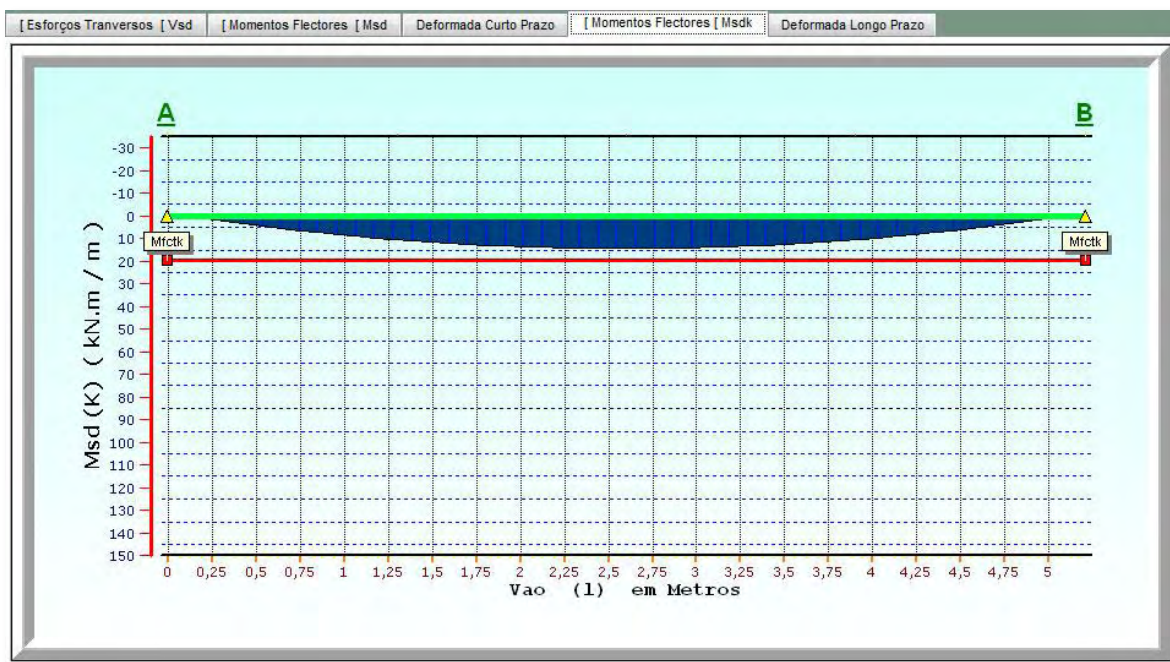
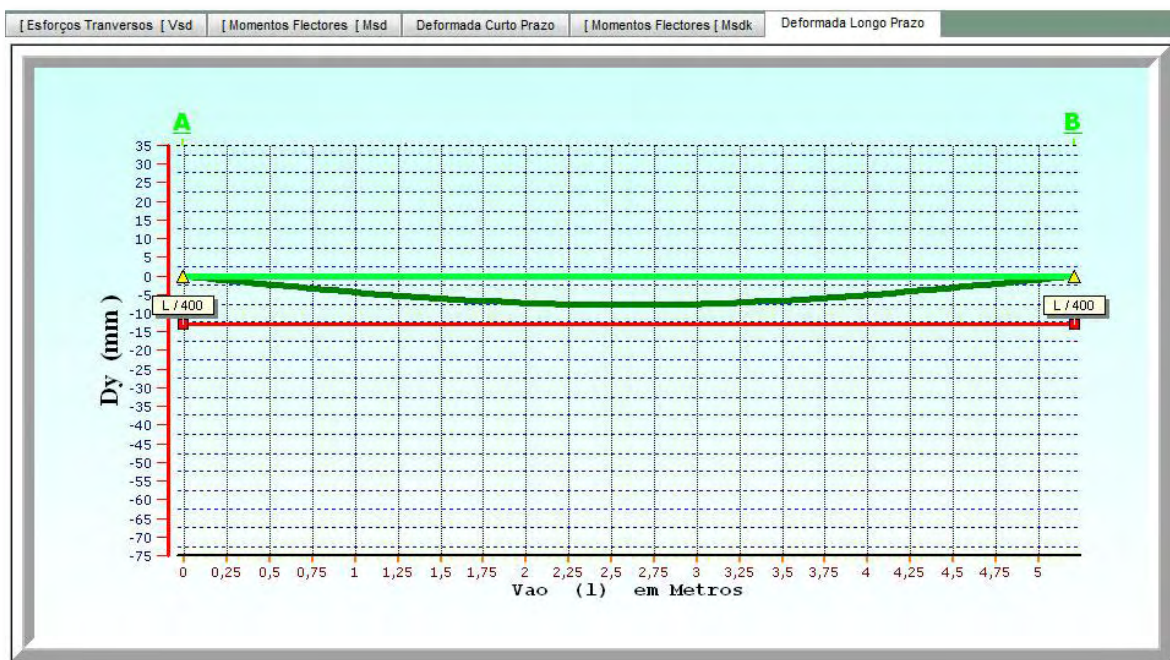


Diagrama de Momentos Flectores (M_{sd})

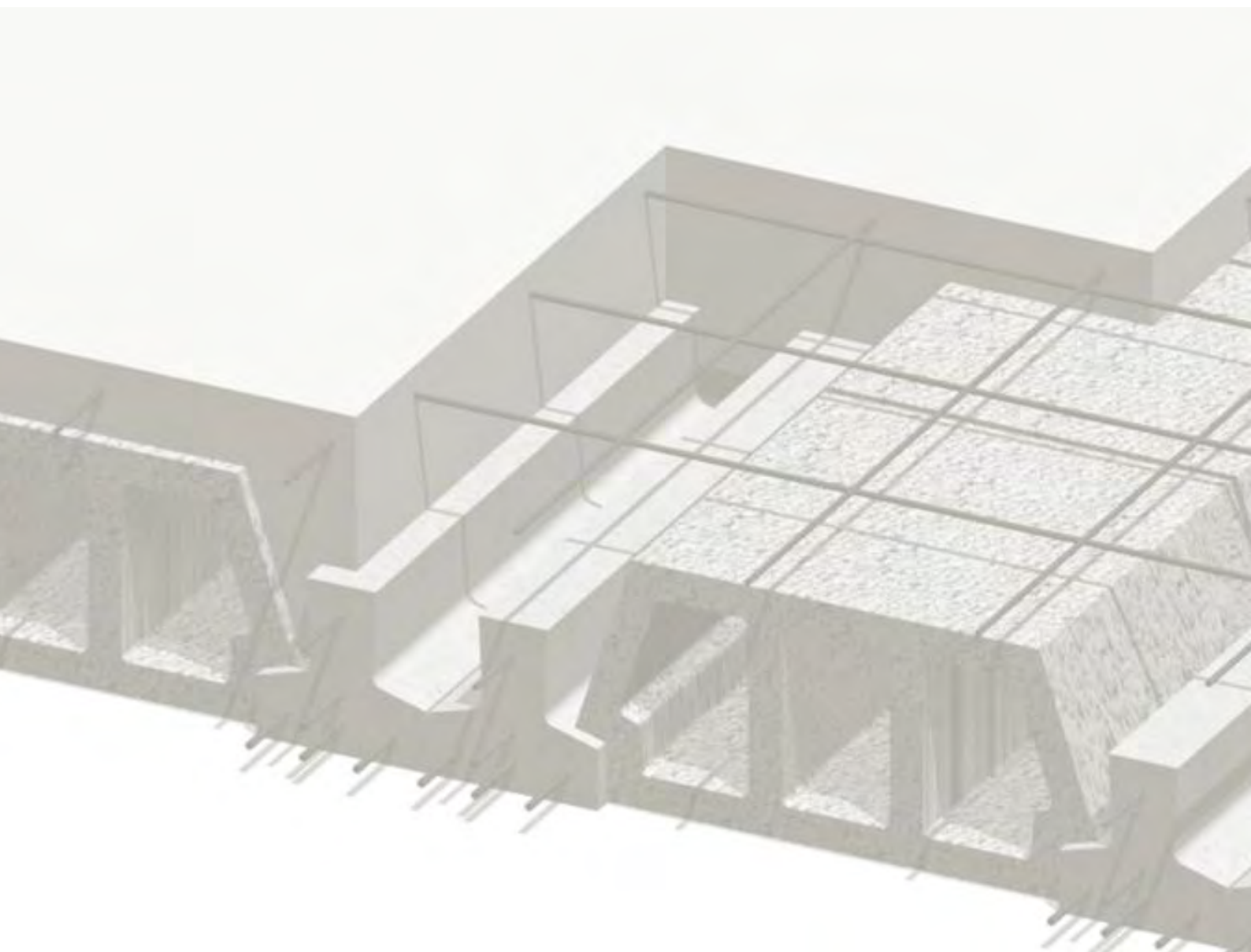


Deformada a longo prazo



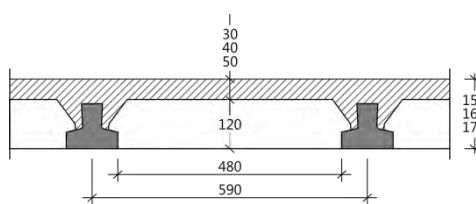
7.0 TABELAS DE CÁLCULO

7.1. Valores de Cálculo dos Pavimentos



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>

P2/P4-BL48X12-15/17 	150	30	P2	1,74	12,9	12,7	7,0	3218
	160	40	P2	1,98	14,1	13,7	7,8	3924
	170	50	P2	2,22	15,3	14,7	8,6	4692
	150	30	P3	1,75	18,3	12,7	9,7	3255
	160	40	P3	1,99	19,9	13,7	10,8	3969
	170	50	P3	2,23	21,6	14,7	12,0	4745
	150	30	P4	1,75	22,5	12,7	11,0	3276
	160	40	P4	1,99	24,6	13,7	12,2	3996
	170	50	P4	2,23	26,7	14,7	13,5	4779

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
150	1,69	7,37	38,2	P2	118	69	55 - AR30
160			48,2	P3	162	95	76 - AR34
170			58,2	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⁾
150	P2, P3, P4	45	90	30	A1
160	P2, P3, P4	47	88	30	A1
170	P2, P3, P4	49	87, 86, 86	30	A1

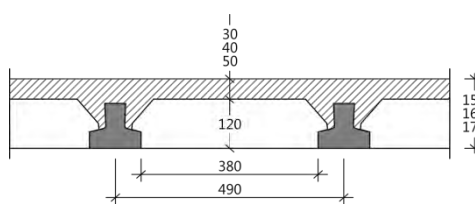
⁽¹⁾⁽²⁾ Cálculos de acordo com ANEXO L da NP EN 15037-1, considerando uma massa adicional ao pavimento de 60 kg/m² (betonilhas e argamassas) correspondente a um acréscimo na espessura total (H) do pavimento de 5 cm. Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído aéreo poderá 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_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; 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; 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			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-BL38X12-15/17 	150	30	P2	1,87	15,4	15,3	8,3	3645
	160	40	P2	2,11	16,8	16,5	9,2	4456
	170	50	P2	2,35	18,3	17,7	10,2	5338
	150	30	P3	1,88	21,8	15,3	11,5	3686
	160	40	P3	2,12	23,7	16,5	12,8	4506
	170	50	P3	2,36	25,7	17,7	14,1	5397
	150	30	P4	1,89	26,7	15,3	12,9	3708
	160	40	P4	2,13	29,2	16,5	14,4	4535
	170	50	P4	2,37	31,7	17,7	15,9	5434

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
150	2,04	8,87	40,8	P2	142	83	67 - AR30
160			50,8	P3	196	115	92 - AR34
170			60,8	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⁾
150	P2, P3, P4	46	89	30	A1
160	P2, P3, P4	48	87	30	A1
170	P2, P3, P4	50	86	30	A1

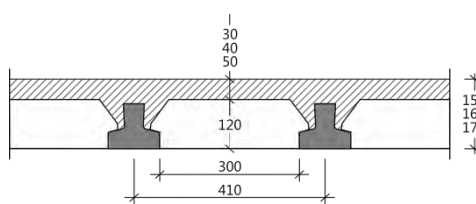
⁽¹⁾⁽²⁾ Cálculos de acordo com ANEXO L da NP EN 15037-1, considerando uma massa adicional ao pavimento de 60 kg/m² (betonilhas e argamassas) correspondente a um acréscimo na espessura total (H) do pavimento de 5 cm. Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído aéreo poderá 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_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; 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; 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			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- BL30x12-15/17 	150	30	P2	1,93	18,2	18,3	9,7	4082
	160	40	P2	2,17	20,0	19,7	10,8	5002
	170	50	P2	2,41	21,7	21,1	11,9	5998
	150	30	P3	1,93	25,6	18,3	13,4	4128
	160	40	P3	2,17	28,0	19,7	14,9	5057
	170	50	P3	2,41	30,4	21,1	16,5	6064
	150	30	P4	1,94	31,2	18,3	15,1	4151
	160	40	P4	2,18	34,3	19,7	16,8	5089
	170	50	P4	2,42	37,3	21,1	18,6	6104

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
150	2,44	10,60	41,9	P2	170	100	80 - AR34
160			51,9	P3	234	137	110 - AR38
170			61,9	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⁾
150	P2, P3, P4	47	89	30	A1
160	P2, P3, P4	49	87	30	A1
170	P2, P3, P4	50	85	30	A1

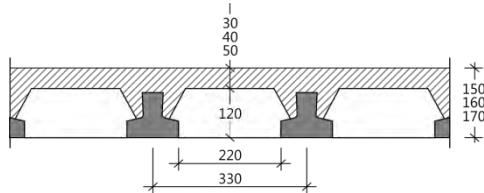
⁽¹⁾⁽²⁾ Cálculos de acordo com ANEXO L da NP EN 15037-1, considerando uma massa adicional ao pavimento de 60 kg/m² (betonilhas e argamassas) correspondente a um acréscimo na espessura total (H) do pavimento de 5 cm. Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído aéreo poderá 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_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; 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; 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			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- BL22x12-15/17	150	30	P2	2,19	22,3	22,7	11,6	4688
	160	40	P2	2,43	24,4	24,5	13,0	5763
	170	50	P2	2,67	26,6	26,2	14,4	6931
	150	30	P3	2,20	31,1	22,7	16,1	4738
	160	40	P3	2,44	34,1	24,5	18,0	5824
	170	50	P3	2,68	37,0	26,2	19,9	7004
	150	30	P4	2,21	36,8	22,7	18,2	4763
	160	40	P4	2,45	41,0	24,5	20,3	5857
	170	50	P4	2,69	45,0	26,2	22,5	7046



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
150	3,03	13,18	45,2	P2	211	124	99 - AR38
160			55,2	P3	290	171	136 - AR42
170			65,2	P4	370	217	174 - AR50

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

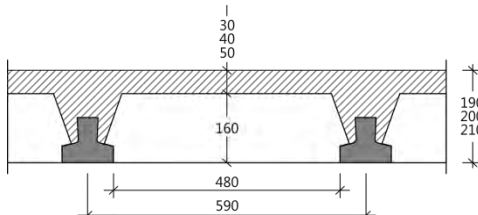
ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
150	P2, P3, P4	48	86	30	A1
160	P2, P3, P4	49	85	30	A1
170	P2, P3, P4	51	84, 83,83	30	A1

⁽¹⁾⁽²⁾ Cálculos de acordo com ANEXO L da NP EN 15037-1, considerando uma massa adicional ao pavimento de 60 kg/m² (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_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; 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; 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			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>
	190	30	P2	1,99	17,7	16,6	10,5	6278
	200	40	P2	2,23	18,9	17,6	11,4	7463
	210	50	P2	2,47	20,1	18,6	12,2	8688
	190	30	P3	2,00	24,9	16,6	14,5	6342
	200	40	P3	2,24	26,5	17,6	15,7	7539
	210	50	P3	2,48	28,1	18,6	16,9	8775
	190	30	P4	2,00	30,9	16,6	16,4	6383
	200	40	P4	2,24	33,0	17,6	17,8	7590
	210	50	P4	2,48	35,1	18,6	19,1	8835

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
190	1,69	7,37	46,2	P2	118	69	55 - AR30
200			56,2	P3	162	95	76 - AR34
210			66,2	P4	207	122	97 - AR38

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

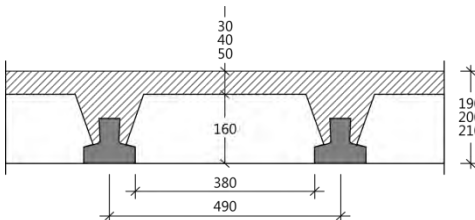
ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
190	P2, P3, P4	46	89	30	A1
200	P2, P3, P4	48	87	30	A1
210	P2, P3, P4	49	85	30	A1

⁽¹⁾⁽²⁾ Cálculos de acordo com ANEXO L da NP EN 15037-1, considerando uma massa adicional ao pavimento de 60 kg/m² (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_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; 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; 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			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>
	190	30	P2	2,18	21,2	20,0	12,4	7085
	200	40	P2	2,42	22,6	21,2	13,5	8442
	210	50	P2	2,66	24,0	22,4	14,5	9848
	190	30	P3	2,19	29,7	20,0	17,1	7155
	200	40	P3	2,43	31,7	21,2	18,6	8526
	210	50	P3	2,67	33,6	22,4	20,0	9944
	190	30	P4	2,20	36,8	20,0	19,4	7200
	200	40	P4	2,44	39,3	21,2	21,0	8582
	210	50	P4	2,68	41,9	22,4	22,7	10011

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
190	2,04	8,87	49,5	P2	142	83	67 - AR30
200			59,5	P3	196	115	92 - AR34
210			69,5	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⁾
190	P2, P3, P4	48	87	30	A1
200	P2, P3, P4	49	86	30	A1
210	P2, P3, P4	51	84	30	A1

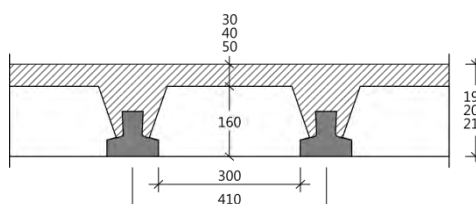
⁽¹⁾⁽²⁾ Cálculos de acordo com ANEXO L da NP EN 15037-1, considerando uma massa adicional ao pavimento de 60 kg/m² (betonilhas e argamassas) correspondente a um acréscimo na espessura total (H) do pavimento de 5 cm. Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído aéreo poderá 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_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; 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; 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			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-BL30x16-19/21 	190	30	P2	2,23	25,1	23,9	14,5	7938
	200	40	P2	2,47	26,8	25,3	15,8	9469
	210	50	P2	2,71	28,5	26,7	17,0	11063
	190	30	P3	2,24	35,1	23,9	20,0	8015
	200	40	P3	2,48	37,5	25,3	21,8	9561
	210	50	P3	2,72	39,9	26,7	23,5	11170
	190	30	P4	2,25	43,4	23,9	22,6	8064
	200	40	P4	2,49	46,4	25,3	24,6	9622
	210	50	P4	2,73	49,4	26,7	26,6	11242

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
190	2,44	10,60	53,3	P2	170	100	80 - AR34
200			63,3	P3	234	137	110 - AR38
210			73,3	P4	298	175	140 - AR42

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

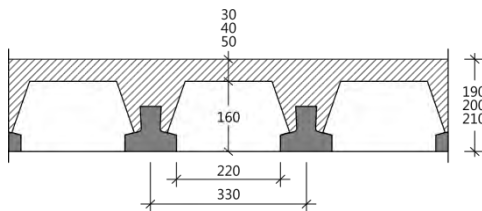
ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REACÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
190	P2, P3, P4	48	87	30	A1
200	P2, P3, P4	50	85	30	A1
210	P2, P3, P4	49, 51, 51	86, 84, 84	30	A1

⁽¹⁾⁽²⁾ Cálculos de acordo com ANEXO L da NP EN 15037-1, considerando uma massa adicional ao pavimento de 60 kg/m² (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_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; 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; 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			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- BL22x16-19/21 	190	30	P2	2,55	30,9	29,7	17,4	9073
	200	40	P2	2,79	33,0	31,5	19,1	10827
	210	50	P2	3,03	35,1	33,2	20,6	12664
	190	30	P3	2,56	43,0	29,7	24,1	9160
	200	40	P3	2,80	45,9	31,5	26,3	10930
	210	50	P3	3,04	48,9	33,2	28,5	12784
	190	30	P4	2,57	52,4	29,7	27,2	9213
	200	40	P4	2,81	56,5	31,5	29,8	10996
	210	50	P4	3,05	60,2	33,2	32,2	12864

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
190	3,03	13,18	57,9	P2	211	124	99 - AR38
200			67,9	P3	290	171	136 - AR42
210			77,9	P4	370	217	174 - AR50

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

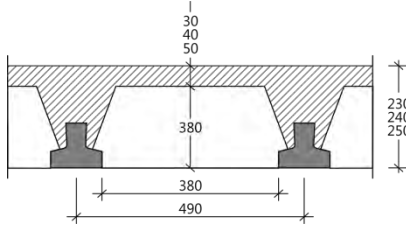
ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
190	P2, P3, P4	51	85	30	A1
200	P2, P3, P4	52	84	30	A1
210	P2, P3, P4	53	82	30	A1

⁽¹⁾⁽²⁾ Cálculos de acordo com ANEXO L da NP EN 15037-1, considerando uma massa adicional ao pavimento de 60 kg/m² (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_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; 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; 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			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>
	230	30	P2	2,54	26,9	24,7	16,8	12136
	240	40	P2	2,78	28,4	25,9	18,0	14189
	250	50	P2	3,02	29,8	27,1	19,0	16279
	230	30	P3	2,54	37,6	24,7	23,2	12243
	240	40	P3	2,78	39,6	25,9	24,8	14314
	250	50	P3	3,02	41,6	27,1	26,3	16421
	230	30	P4	2,55	46,9	24,7	26,2	12319
	240	40	P4	2,79	49,4	25,9	28,1	14404
	250	50	P4	3,03	52,0	27,1	29,8	16525

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
230	2,04	8,87	62,1	P2	142	83	67 - AR30
240			72,1	P3	196	115	92 - AR34
250			82,1	P4	249	146	117 - AR38

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

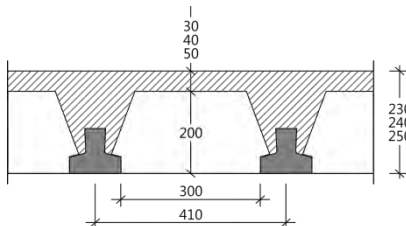
ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
230	P2, P3, P4	49	85	30	A1
240	P2, P3, P4	51	84	30	A1
250	P2, P3, P4	52	83	30	A1

⁽¹⁾⁽²⁾ Cálculos de acordo com ANEXO L da NP EN 15037-1, considerando uma massa adicional ao pavimento de 60 kg/m² (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_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; 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; 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			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-BL30x20-23/25 	230	30	P2	2,62	32,0	29,5	19,7	13627
	240	40	P2	2,86	33,7	31,0	21,1	15917
	250	50	P2	3,10	35,4	32,4	22,4	18267
	230	30	P3	2,63	44,6	29,5	27,2	13747
	240	40	P3	2,87	47,0	31,0	29,1	16055
	250	50	P3	3,11	49,3	32,4	31,0	18424
	230	30	P4	2,64	55,6	29,5	30,7	13829
	240	40	P4	2,88	58,5	31,0	32,9	16154
	250	50	P4	3,12	61,5	32,4	35,0	18538

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
230	2,44	10,60	68,4	P2	170	100	80 - AR34
240			78,4	P3	234	137	110 - AR38
250			88,4	P4	298	175	140 - AR42

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

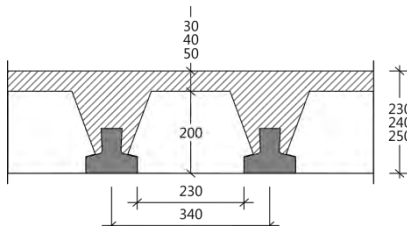
ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
230	P2, P3, P4	50	85	30	A1
240	P2, P3, P4	51	83	30	A1
250	P2, P3, P4	53	82	30	A1

⁽¹⁾⁽²⁾ Cálculos de acordo com ANEXO L da NP EN 15037-1, considerando uma massa adicional ao pavimento de 60 kg/m² (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_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; 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; 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			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- BL23x20-23/25 	230	30	P2	3,00	38,3	35,6	23,2	15392
	240	40	P2	3,24	40,4	37,3	24,9	17930
	250	50	P2	3,48	42,4	39,0	26,5	20562
	230	30	P3	3,02	53,3	35,6	32,0	15526
	240	40	P3	3,26	56,1	37,3	34,4	18085
	250	50	P3	3,50	59,0	39,0	36,6	20737
	230	30	P4	3,03	66,0	35,6	36,2	15617
	240	40	P4	3,27	69,6	37,3	38,9	18193
	250	50	P4	3,51	73,3	39,0	41,4	20862

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
230	2,94	12,79	76,3	P2	204	120	96 - AR34
240			86,3	P3	282	166	132 - AR42
250			96,3	P4	359	211	169 - AR46

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

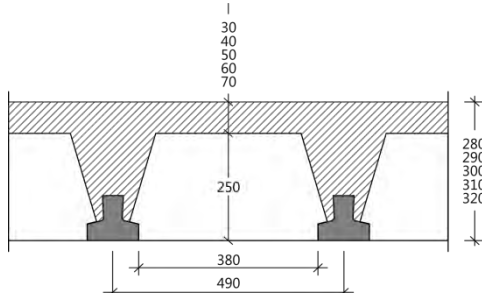
ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
230	P2, P3, P4	54	83	30	A1
240	P2, P3, P4	55	82	30	A1
250	P2, P3, P4	56	81	30	A1

⁽¹⁾⁽²⁾ Cálculos de acordo com ANEXO L da NP EN 15037-1, considerando uma massa adicional ao pavimento de 60 kg/m² (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_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; 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; 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			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>
	280	30	P2	3,03	34,1	30,6	22,5	21020
	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
	280	30	P3	3,04	47,5	30,6	31,1	21185
	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
	280	30	P4	3,05	59,6	30,6	35,2	21309
	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

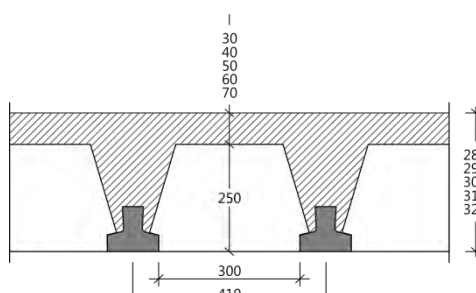
ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
280	2,04	8,87	76,8	P2	142	83	67 - AR30
290			86,8	P3	196	115	92 - AR34
300			96,8	P4	249	146	117 - AR38
310			106,8				
320			116,8				

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⁾
280	P2, P3, P4	52	83	30	A1
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

⁽¹⁾⁽²⁾ Cálculos de acordo com ANEXO L da NP EN 15037-1, considerando uma massa adicional ao pavimento de 60 kg/m² (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_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; 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; h é a espessura do bloco de cofragem alveolado, em cm; H é a espessura total do pavimento, em cm; ⁽³⁾ Grau 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			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-BL30x25-28/32 	280	30	P2	3,42	40,6	36,6	26,5	23682
	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
	280	30	P3	3,43	56,5	36,6	36,6	23867
	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
	280	30	P4	3,44	70,8	36,6	41,3	24005
	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

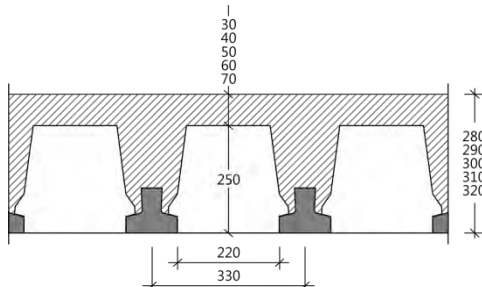
ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
280	2,44	10,60	86,0	P2	170	100	80 - AR34
290			96,0	P3	234	137	110 - AR38
300			106,0	P4	298	175	140 - AR42
310			116,0				
320			126,0				

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⁾
280	P2, P3, P4	54	81	30	A1
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

⁽¹⁾⁽²⁾ Cálculos de acordo com ANEXO L da NP EN 15037-1, considerando uma massa adicional ao pavimento de 60 kg/m² (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_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; 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; h é a espessura do bloco de cofragem alveolado, em cm; H é a espessura total do pavimento, em cm; ⁽³⁾ Grau 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			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-BL22x25-28/32 	280	30	P2	3,65	50,1	45,4	32,1	26907
	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
	280	30	P3	3,66	69,7	45,4	44,4	27113
	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
	280	30	P4	3,68	86,8	45,4	50,2	27264
	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

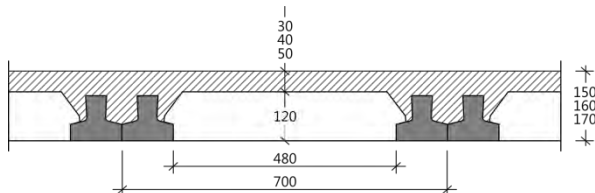
ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
280	3,03	13,18	94,2	P2	211	124	99 - AR38
290			104,2	P3	290	171	136 - AR42
300			114,2	P4	370	217	174 - AR50
310			124,2				
320			134,2				

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⁾
280	P2, P3, P4	55	80	30	A1
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

⁽¹⁾⁽²⁾ Cálculos de acordo com ANEXO L da NP EN 15037-1, considerando uma massa adicional ao pavimento de 60 kg/m² (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_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; 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; 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			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- BL48x12-15/17 	150	30	P2	2,05	21,1	25,7	11,1	4555
	160	40	P2	2,29	23,1	27,7	12,4	5611
	170	50	P2	2,53	25,2	29,7	13,7	6755
	150	30	P3	2,06	29,5	25,7	15,3	4602
	160	40	P3	2,30	32,3	27,7	17,1	5670
	170	50	P3	2,54	35,1	29,7	18,9	6825
	150	30	P4	2,07	35,2	25,7	17,3	4626
	160	40	P4	2,31	39,2	27,7	19,3	5702
	170	50	P4	2,55	42,9	29,7	21,4	6865

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
150	2,86	6,21	44,8	P2	199	117	93 - AR34
160			54,8	P3	274	161	129 - AR42
170			64,8	P4	349	205	164 - AR46

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

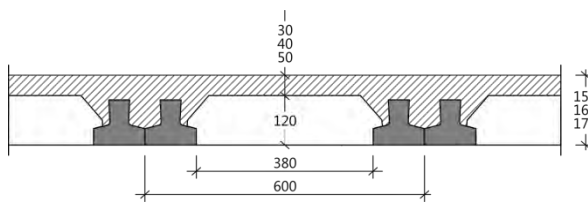
ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
150	P2, P3, P4	48	88	30	A1
160	P2, P3, P4	50	86	30	A1
170	P2, P3, P4	51	85	30	A1

⁽¹⁾⁽²⁾ Cálculos de acordo com ANEXO L da NP EN 15037-1, considerando uma massa adicional ao pavimento de 60 kg/m² (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_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; 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; 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			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>
	150	30	P2	2,21	24,3	30,0	12,6	5007
	160	40	P2	2,45	26,7	32,3	14,1	6167
	170	50	P2	2,69	29,0	34,6	15,6	7430
	150	30	P3	2,22	33,6	30,0	17,4	5058
	160	40	P3	2,46	37,1	32,3	19,5	6230
	170	50	P3	2,70	40,3	34,6	21,6	7506
	150	30	P4	2,23	39,4	30,0	19,7	5083
	160	40	P4	2,47	44,2	32,3	22,0	6263
	170	50	P4	2,71	48,5	34,6	24,4	7548

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
150	3,33	7,25	48,0	P2	232	136	109 - AR38
160			58,0	P3	319	188	150 - AR46
170			68,0	P4	407	239	191 - AR50

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

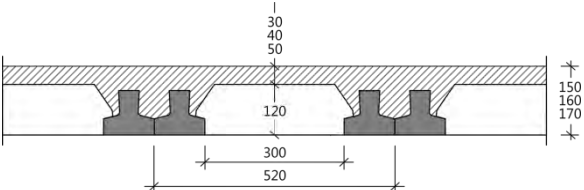
ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
150	P2, P3, P4	49, 49, 50	87	30	A1
160	P2, P3, P4	51	85	30	A1
170	P2, P3, P4	52	84	30	A1

⁽¹⁾⁽²⁾ Cálculos de acordo com ANEXO L da NP EN 15037-1, considerando uma massa adicional ao pavimento de 60 kg/m² (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_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; 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; 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			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>
	150	30	P2	2,30	27,6	34,6	14,2	5445
	160	40	P2	2,54	30,4	37,3	15,9	6709
	170	50	P2	2,78	33,1	40,0	17,6	8089
	150	30	P3	2,31	37,4	34,6	19,6	5500
	160	40	P3	2,55	41,6	37,3	22,0	6776
	170	50	P3	2,79	45,5	40,0	24,4	8169
	150	30	P4	2,33	43,6	34,6	22,2	5525
	160	40	P4	2,57	49,1	37,3	24,9	6811
	170	50	P4	2,81	54,2	40,0	27,6	8214

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
150	3,85	8,36	50,0	P2	267	157	126 – AR42
160			60,0	P3	369	216	173 – AR50
170			70,0	P4	470	276	221 – AR55

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

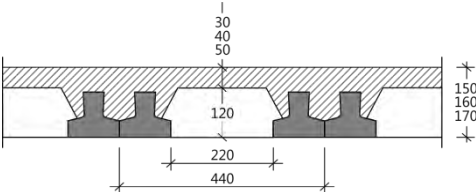
ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
150	P2, P3, P4	50	86	30	A1
160	P2, P3, P4	52	85	30	A1
170	P2, P3, P4	53	83	30	A1

⁽¹⁾⁽²⁾ Cálculos de acordo com ANEXO L da NP EN 15037-1, considerando uma massa adicional ao pavimento de 60 kg/m² (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_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; 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; 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			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-BL22x12-15/17 	150	30	P2	2,56	31,9	40,9	16,3	6009
	160	40	P2	2,80	35,2	44,1	18,3	7400
	170	50	P2	3,04	38,4	47,2	20,3	8928
	150	30	P3	2,58	42,3	40,9	22,5	6068
	160	40	P3	2,82	47,3	44,1	25,3	7471
	170	50	P3	3,06	52,0	47,2	28,1	9014
	150	30	P4	2,60	48,7	40,9	25,4	6094
	160	40	P4	2,84	55,2	44,1	28,5	7507
	170	50	P4	3,08	61,2	47,2	31,7	9060

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
150	4,55	9,88	53,9	P2	316	186	148 – AR42
160			63,9	P3	436	256	205 – AR55
170			73,9	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⁾
150	P2, P3, P4	49, 49, 50	87	30	A1
160	P2, P3, P4	51	85	30	A1
170	P2, P3, P4	52	84	30	A1

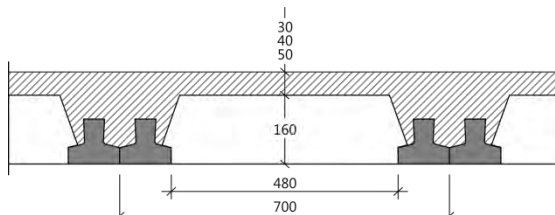
⁽¹⁾⁽²⁾ Cálculos de acordo com ANEXO L da NP EN 15037-1, considerando uma massa adicional ao pavimento de 60 kg/m² (betonilhas e argamassas) correspondente a um acréscimo na espessura total (H) do pavimento de 5 cm. Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído aéreo poderá 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_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; 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; 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			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{ftck} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>

	190	30	P2	2,41	29,2	32,6	16,6	8873
	200	40	P2	2,65	31,2	34,6	18,1	10631
	210	50	P2	2,89	33,2	36,5	19,6	12465
	190	30	P3	2,42	40,7	32,6	22,9	8955
	200	40	P3	2,66	43,5	34,6	25,0	10728
	210	50	P3	2,90	46,2	36,5	27,1	12579
	190	30	P4	2,43	50,1	32,6	25,9	9004
	200	40	P4	2,67	53,6	34,6	28,3	10791
	210	50	P4	2,91	57,1	36,5	30,6	12654

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
190	2,86	6,21	57,8	P2	199	117	93 - AR34
200			67,8	P3	274	161	129 - AR42
210			77,8	P4	349	205	164 - AR46

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

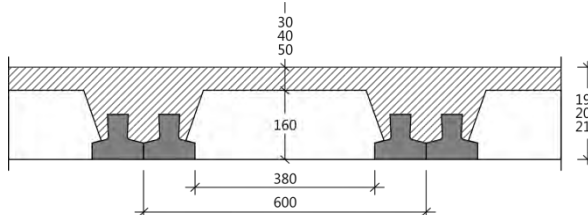
ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
190	P2, P3, P4	49, 48, 48	86, 87, 87	30	A1
200	P2, P3, P4	51, 49, 49	84, 86, 86	30	A1
210	P2, P3, P4	52, 51, 51	83, 84, 84	30	A1

⁽¹⁾⁽²⁾ Cálculos de acordo com ANEXO L da NP EN 15037-1, considerando uma massa adicional ao pavimento de 60 kg/m² (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_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; 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; h é a espessura do bloco de cofragem alveolado, em cm; H é a espessura total do pavimento, em cm;

⁽³⁾ Grau 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			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{ftk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
2P2/2P4- BL38x16-19/21 	190	30	P2	2,63	33,7	38,1	18,9	9749
	200	40	P2	2,87	36,1	40,3	20,7	11670
	210	50	P2	3,11	38,5	42,6	22,4	13690
	190	30	P3	2,65	46,9	38,1	26,1	9837
	200	40	P3	2,89	50,1	40,3	28,6	11776
	210	50	P3	3,13	53,3	42,6	31,0	13813
	190	30	P4	2,66	56,3	38,1	29,5	9890
	200	40	P4	2,90	61,5	40,3	32,3	11842
	210	50	P4	3,14	65,6	42,6	35,0	13892

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
190	3,33	7,25	62,5	P2	232	136	109 - AR38
200			72,5	P3	319	188	150 - AR46
210			82,5	P4	407	239	191 - AR50

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

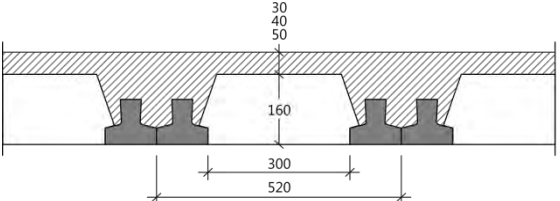
ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
190	P2, P3, P4	51	85, 85, 84	30	A1
200	P2, P3, P4	53	83	30	A1
210	P2, P3, P4	54	82	30	A1

⁽¹⁾⁽²⁾ Cálculos de acordo com ANEXO L da NP EN 15037-1, considerando uma massa adicional ao pavimento de 60 kg/m² (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_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; 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; 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 mm		VIGOTA	PESO PRÓPRIO kN/m ²	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M _{Rd} kNm/m	V _{Rd} kN/m	M _{fctk} kNm/m	EI kNm ² /m
 2P2/2P4-BL30x16-19/21	190	30	P2	2,74	38,6	43,9	21,3	10637
	200	40	P2	2,98	41,3	46,5	23,4	12710
	210	50	P2	3,22	44,0	49,1	25,4	14905
	190	30	P3	2,76	53,1	43,9	29,5	10732
	200	40	P3	3,00	57,0	46,5	32,3	12823
	210	50	P3	3,24	60,8	49,1	35,1	15037
	190	30	P4	2,77	62,5	43,9	33,3	10788
	200	40	P4	3,01	68,8	46,5	36,5	12893
	210	50	P4	3,25	74,1	49,1	39,6	15121

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
190	3,85	8,36	67,5	P2	267	157	126 – AR42
200			77,5	P3	369	216	173 – AR50
210			87,5	P4	470	276	221 – AR55

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

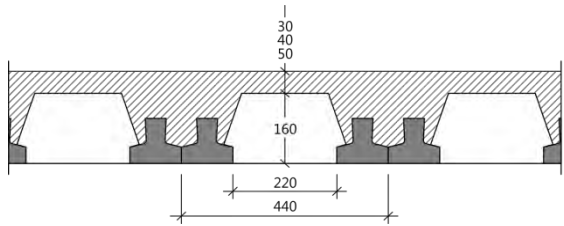
ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
190	P2, P3, P4	52	84	30	A1
200	P2, P3, P4	53	83	30	A1
210	P2, P3, P4	55	81	30	A1

⁽¹⁾⁽²⁾ Cálculos de acordo com ANEXO L da NP EN 15037-1, considerando uma massa adicional ao pavimento de 60 kg/m² (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_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; 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; 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			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>
	190	30	P2	3,07	44,9	50,9	24,5	11758
	200	40	P2	3,31	48,1	53,9	26,9	14010
	210	50	P2	3,55	51,3	56,9	29,2	16413
	190	30	P3	3,09	60,4	50,9	33,9	11862
	200	40	P3	3,33	65,8	53,9	37,2	14133
	210	50	P3	3,57	70,5	56,9	40,4	16556
	190	30	P4	3,11	70,3	50,9	38,3	11921
	200	40	P4	3,35	78,0	53,9	42,0	14207
	210	50	P4	3,59	84,5	56,9	45,7	16645

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
190	4,55	9,88	73,5	P2	316	186	148 – AR46
200			83,5	P3	436	256	205 – AR55
210			93,5	P4	555	326	261 – AR60

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

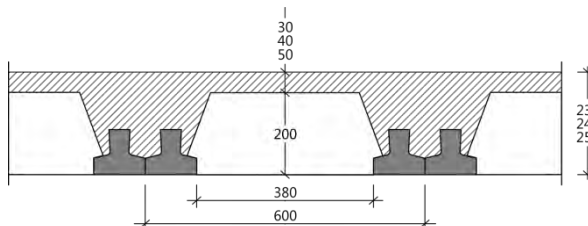
ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
190	P2, P3, P4	54, 54, 57	82	30	A1
200	P2, P3, P4	55, 56, 56	81	30	A1
210	P2, P3, P4	57	80	30	A1

⁽¹⁾⁽²⁾ Cálculos de acordo com ANEXO L da NP EN 15037-1, considerando uma massa adicional ao pavimento de 60 kg/m² (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_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; 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; 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			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>
	230	30	P2	3,10	43,2	46,6	25,8	16782
	240	40	P2	3,34	45,5	48,8	27,8	19634
	250	50	P2	3,58	47,9	51,0	29,6	22588
	230	30	P3	3,11	60,0	46,6	35,7	16919
	240	40	P3	3,35	63,1	48,8	38,4	19793
	250	50	P3	3,59	66,3	51,0	40,9	22769
	230	30	P4	3,13	73,7	46,6	40,3	17011
	240	40	P4	3,37	78,1	48,8	43,4	19903
	250	50	P4	3,61	82,2	51,0	46,3	22897

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
230	3,33	7,25	80,1	P2	232	136	109 - AR38
240			90,1	P3	319	188	150 - AR46
250			100,1	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⁾
230	P2, P3, P4	53, 53, 54	82, 82, 81	30	A1
240	P2, P3, P4	54	81	30	A1
250	P2, P3, P4	56	80	30	A1

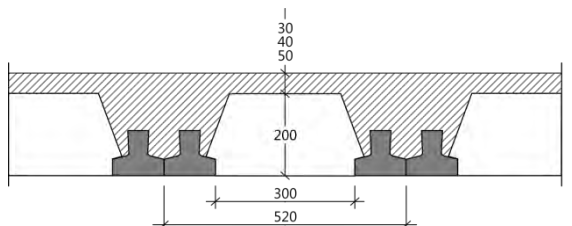
⁽¹⁾⁽²⁾ Cálculos de acordo com ANEXO L da NP EN 15037-1, considerando uma massa adicional ao pavimento de 60 kg/m² (betonilhas e argamassas) correspondente a um acréscimo na espessura total (H) do pavimento de 5 cm. Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído aéreo poderá 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_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; 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; 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			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>

	230	30	P2	3,26	49,5	53,8	29,2	18385
	240	40	P2	3,50	52,1	56,3	31,5	21436
	250	50	P2	3,74	54,9	58,9	33,6	24622
	230	30	P3	3,27	68,3	53,8	40,4	18535
	240	40	P3	3,51	72,1	56,3	43,5	21609
	250	50	P3	3,75	75,8	58,9	46,4	24818
	230	30	P4	3,29	82,4	53,8	45,6	18634
	240	40	P4	3,53	88,8	56,3	49,1	21726
	250	50	P4	3,77	93,6	58,9	52,5	24955

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
230	3,85	8,36	87,8	P2	267	157	126 – AR42
240			97,8	P3	369	216	173 – AR50
250			107,8	P4	470	276	221 – AR55

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

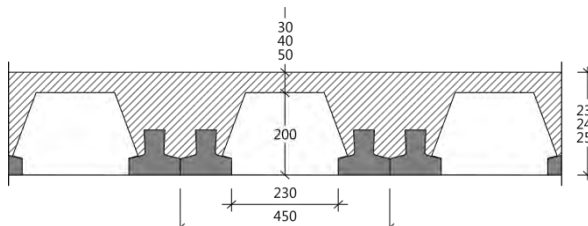
ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
230	P2, P3, P4	53, 53, 54	82, 82, 81	30	A1
240	P2, P3, P4	54, 54, 55	81	30	A1
250	P2, P3, P4	56	80	30	A1

⁽¹⁾⁽²⁾ Cálculos de acordo com ANEXO L da NP EN 15037-1, considerando uma massa adicional ao pavimento de 60 kg/m² (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_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; 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; h é a espessura do bloco de cofragem alveolado, em cm; H é a espessura total do pavimento, em cm;

⁽³⁾ Grau 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			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>
	230	30	P2	3,64	56,6	62,1	33,0	20185
	240	40	P2	3,88	59,7	65,1	35,6	23430
	250	50	P2	4,12	62,9	68,0	38,1	26848
	230	30	P3	3,66	77,7	62,1	45,7	20349
	240	40	P3	3,90	82,2	65,1	49,2	23618
	250	50	P3	4,14	86,5	68,0	52,6	27060
	230	30	P4	3,68	92,4	62,1	51,6	20456
	240	40	P4	3,92	99,6	65,1	55,6	23744
	250	50	P4	4,16	106,1	68,0	59,4	27206

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
230	4,44	9,66	96,8	P2	309	181	145 - AR 46
240			106,8	P3	426	250	200 - AR 55
250			116,8	P4	543	319	255 - AR 60

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

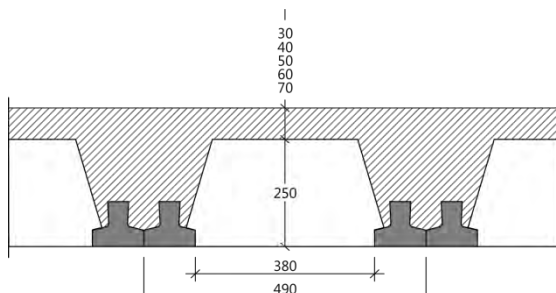
ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
230	P2, P3, P4	56, 57, 57	80	30	A1
240	P2, P3, P4	57, 58, 58	79	30	A1
250	P2, P3, P4	58, 59, 59	78	30	A1

⁽¹⁾⁽²⁾ Cálculos de acordo com ANEXO L da NP EN 15037-1, considerando uma massa adicional ao pavimento de 60 kg/m² (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_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; 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; 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			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>
	280	30	P2	3,72	55,0	56,0	34,9	29281
	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
	280	30	P3	3,74	76,2	56,0	48,2	29495
	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
	280	30	P4	3,75	94,6	56,0	54,6	29651
	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

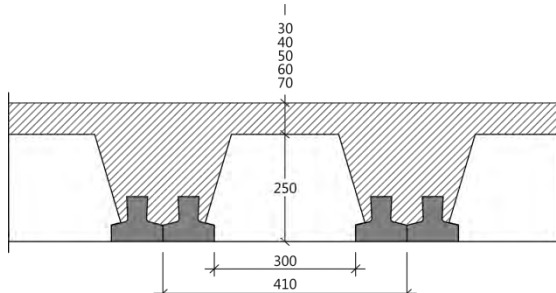
ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
280	3,33	7,25	101,3	P2	232	136	109 - AR 38
290			111,3	P3	319	188	150 - AR 46
300			121,3	P4	407	239	191 - AR 50
310			131,3				
320			141,3				

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⁾
280	P2, P3, P4	56	80	30	A1
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

⁽¹⁾⁽²⁾ Cálculos de acordo com ANEXO L da NP EN 15037-1, considerando uma massa adicional ao pavimento de 60 kg/m² (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_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; 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; h é a espessura do bloco de cofragem alveolado, em cm; H é a espessura total do pavimento, em cm; ⁽³⁾ Grau 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 mm		VIGOTA	PESO PRÓPRIO kN/m ²	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M _{Rd} kNm/m	V _{Rd} kN/m	M _{fctk} kNm/m	EI kNm ² /m
	280	30	P2	4,14	63,1	64,6	39,6	32225
	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
	280	30	P3	4,15	87,2	64,6	54,7	32460
	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
	280	30	P4	4,17	107,5	64,6	61,9	32629
	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

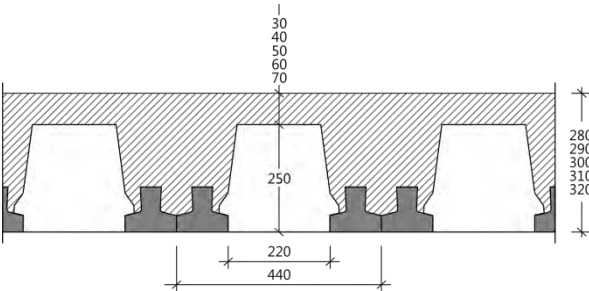
ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
280	3,85	8,36	112,2	P2	267	157	126 - AR 42
290			122,2	P3	369	216	173 - AR 50
300			132,2	P4	470	276	221 - AR 55
310			142,2				
320			152,2				

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 REACÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
280	P2, P3, P4	58	78	30	A1
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

⁽¹⁾⁽²⁾ Cálculos de acordo com ANEXO L da NP EN 15037-1, considerando uma massa adicional ao pavimento de 60 kg/m² (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_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; M_{ep} é a massa equivalente do pavimento, em Kg/m²; $M_{ep} = M_R - M_r$, com $M_r = 80 \left(\frac{h}{h_t} \right)^2$ para os blocos de cofragem em betão; h é a espessura do bloco de cofragem alveolado, em cm; H é a espessura total do pavimento, em cm; ⁽³⁾ Grau 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 mm		VIGOTA	PESO PRÓPRIO kNm ² /m	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M _{Rd} kNm/m	V _{Rd} kN/m	M _{fctk} kN/m	EI kNm ² /m
	280	30	P2	4,44	74,0	81,0	45,8	35521
	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
	280	30	P3	4,46	101,5	81,0	63,2	35778
	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
	280	30	P4	4,48	122,7	81,0	71,5	35960
	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

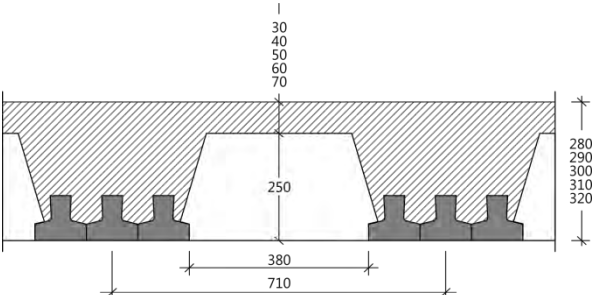
ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
280	4,55	9,88	123,1	P2	316	186	148 - AR 46
290			133,1	P3	436	256	205 - AR 55
300			143,1	P4	555	326	261 - AR 60
310			153,1				
320			163,1				

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⁾
280	P2, P3, P4	59	77	30	A1
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

⁽¹⁾⁽²⁾ Cálculos de acordo com ANEXO L da NP EN 15037-1, considerando uma massa adicional ao pavimento de 60 kg/m² (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_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; M_{ep} é a massa equivalente do pavimento, em Kg/m²; $M_{ep} = M_R - M_r$ com $M_r = 80 \left(\frac{h}{h_r} \right)$ para os blocos de cofragem em betão; 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 mm		VIGOTA	PESO PRÓPRIO kNm ² /m	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M _{Rd} kNm/m	V _{Rd} kN/m	M _{fctk} kN/m	EI kNm ² /m
	280	30	P3	4,22	95,0	71,9	59,4	34464
	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
	280	30	P4	4,24	115,8	71,9	67,1	34639
	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

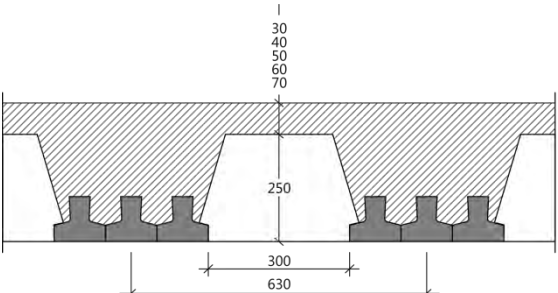
ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
280	4,23	6,12	118,1	P3	405	238	190 - AR 50
290			128,1	P4	516	303	243 - AR 60
300			138,1				
310			148,1				
320			158,1				

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⁾
280	P3, P4	58	78	30	A1
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

⁽¹⁾⁽²⁾ Cálculos de acordo com ANEXO L da NP EN 15037-1, considerando uma massa adicional ao pavimento de 60 kg/m² (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_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; 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; 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			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>
	280	30	P3	4,62	105,8	81,1	65,9	37380
	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
	280	30	P4	4,64	127,8	81,1	74,5	37568
	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

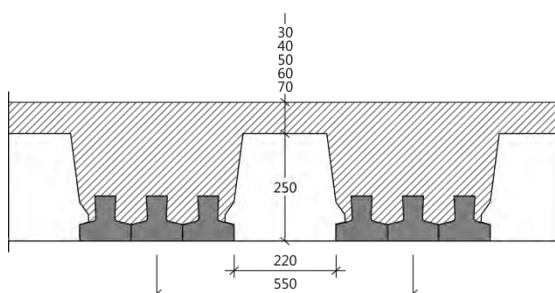
ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
280	4,76	6,90	129,3	P3	456	268	214 - AR 55
290			139,3	P4	582	342	273 - AR 60
300			149,3				
310			159,3				
320			169,3				

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⁾
280	P3, P4	60	76	30	A1
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

⁽¹⁾⁽²⁾ Cálculos de acordo com ANEXO L da NP EN 15037-1, considerando uma massa adicional ao pavimento de 60 kg/m² (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_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; 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; h é a espessura do bloco de cofragem alveolado, em cm; H é a espessura total do pavimento, em cm; ⁽³⁾ Grau 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 mm		VIGOTA	PESO PRÓPRIO kN/m ²	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M _{Rd} kNm/m	V _{Rd} kN/m	M _{fctk} kNm/m	EI kNm ² /m
	280	30	P3	4,94	119,0	96,5	74,1	40511
	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
	280	30	P4	4,96	142,1	96,5	83,7	40712
	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 mm	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO mm ² /m		
	VIGOTAS m	BLOCOS un	BETÃO l		A235	A400	A500
280	5,45	7,91	140,5	P3	523	307	246 - AR 60
290			150,5	P4	666	391	313 - AR 65
300			160,5				
310			170,5				
320			180,5				

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO mm	VIGOTA	R _w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ dB	L _{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ dB	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ Duração em minuto	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
280	P3, P4	62	75	30	A1
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

⁽¹⁾⁽²⁾ Cálculos de acordo com ANEXO L da NP EN 15037-1, considerando uma massa adicional ao pavimento de 60 kg/m² (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_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; 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; 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.

Declaração

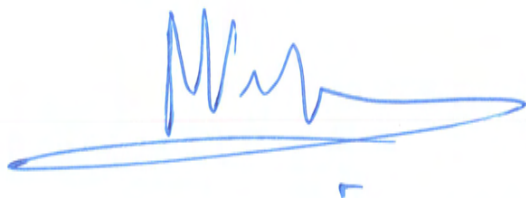
Este Documento Técnico DT PA2015, emitido pela Leiriviga, estabelece as condições de execução e utilização do sistema de construção de pavimentos aligeirados, constituído por vigotas prefabricadas de betão pré-esforçado, blocos de cofragem em betão de agregados de argila expandida e betão complementar moldado em obra.

A Leiriviga assume a responsabilidade técnica na utilização dos seus pavimentos bem como na sua aplicação, exigindo a satisfação integral das características especificadas bem como dos valores de cálculo constantes no mesmo.

Esta declaração mantém-se válida, enquanto as condições definidas nas normas harmonizadas NP EN 15037-1 e NP EN 15037-2, ou as condições de fabrico ou do controlo de produção em fábrica não se alterarem significativamente.

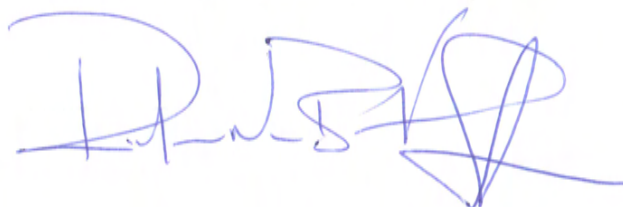
Colaboraram na realização do presente trabalho e tomaram conhecimento da redação final do mesmo:

VISTOS



Virgílio Lopes
Dept. Técnico Leiriviga S.A.

AUTORIA



Rui Belchior Santos
Engº Civil, O.E. 25110



Miguel Caetano
Administração Leiriviga, S.A