

PAVIMENTOS ALIGEIRADOS DE VIGOTAS PREFABRICADAS DE
BETÃO PRÉ-ESFORÇO TIPO V

DT VA2024

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

DOCUMENTO TÉCNICO DT VA2024

LEIRIVIGA S.A.

Sede

Ponte das Mestras

2400-447 Leiria

GPS

N 39º 44' 50.4" W 008º 49' 25.6"

Filial

Zona Industrial Cova das Faias

Lote 19

2420-419 Leiria

T: 244 817 750, F: 244 817 751

leiriviga@leiriviga.pt

INDÍCE

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

1.0 INTRODUÇÃO

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



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

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

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

Prefabricados de betão uma solução competitiva e sustentável

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

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

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

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

Normalização europeia aplicável ao sector da prefabricação

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

1.1 ENQUADRAMENTO NORMATIVO

Matriz normativa que enquadra este documento técnico:

EN 1990 Eurocódigo – Bases para o projeto de estruturas

EN 1991 Eurocódigo – Ações em estruturas

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

Eurocódigo 2 – Projeto de estruturas de betão

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

Eurocódigo 8 – Projeto de estruturas para resistência aos sismos

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

Decreto-Lei 90/2021 e normas associadas

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Estados limites de fendilhação

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

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

Estados Limites Últimos

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

Estados Limites de Utilização

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

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

1.2 SIMBOLOGIA

Letras latinas maiúsculas

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

$F_{t,v}$	- Resultante das tensões de tração na vigota
$I_{G,v}$	- Momento de inércia principal central da vigota
I_{fc}	- Momento de inércia do banzo da laje de betão complementar relativamente à linha neutra
I_s	- Momento de inércia da armadura ordinária relativamente à linha neutra
I_{sd}	- Momento de inércia da armadura de distribuição relativamente à linha neutra
I_{sp}	- Momento de inércia da armadura de pré-esforço relativamente à linha neutra
I_v	- Momento de inércia da vigota relativamente à linha neutra
I_{wc}	- Momento de inércia da alma da laje de betão complementar relativamente à linha neutra
I_{wcv}	- Momento de inércia da alma da laje de betão complementar paralela à alma da vigota relativamente à linha neutra
L_i	- Largura de influência da vigota
L_b	- Largura transversal do bloco de cofragem
L_p	- Comprimento da pista de betonagem da vigota
M	- Momento fletor
M_{comb}	- Valor de cálculo do momento fletor atuante resultante da combinação rara, frequente, ou quase permanente de ações
M_O	- Momento de descompressão (Momento que anula as tensões de compressão na secção)
M_{Rd}	- Valor de cálculo do momento fletor resistente
M^{oRd}	- 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 Morsch
V_{Sd}	- Valor de cálculo do esforço transversal atuante
V_{Rd}	- Valor de cálculo do esforço transversal resistente

Letras latinas minúsculas

d_c	- Braço da força de compressão no betão relativamente à linha neutra
$d_{c,f}$	- Braço da resultante das tensões de compressão no banzo da laje de betão complementar relativamente à linha neutra
$d_{c,w}$	- Braço da resultante das tensões de compressão na alma da laje de betão complementar relativamente à linha neutra
d_s	- Braço da força de tração na armadura ordinária relativamente à linha neutra
d_{sp}	- Braço da força de tração na armadura de pré-esforço relativamente à linha neutra
$d_{t,v}$	- Braço da resultante das tensões de tração na vigota pré-esforçada relativamente à linha neutra
d_{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

Letras gregas

α - Coeficiente de homogeneização aço-betão

ϵ_c - Extensão no betão

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

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

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

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

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

ϵ_s - Extensão na armadura ordinária

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

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

σ_c - Tensão normal no betão

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

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

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

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

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

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

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

τ_1 - Tensão resistente

τ_2 - Tensão resistente

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

1.3 BASES DE CÁLCULO

Regulamentação

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

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

Estados limites

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

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

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

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

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

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

Modelo de cálculo

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

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

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

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

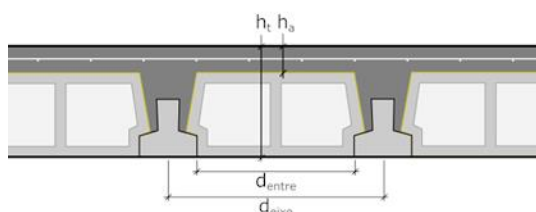


Figura 1 – Pavimento simples

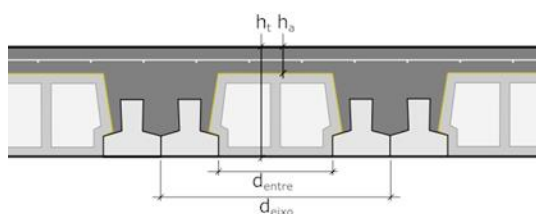


Figura 2 – Pavimento duplo

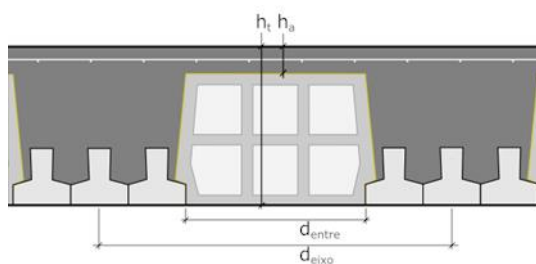


Figura 3 – Pavimento triplo

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

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

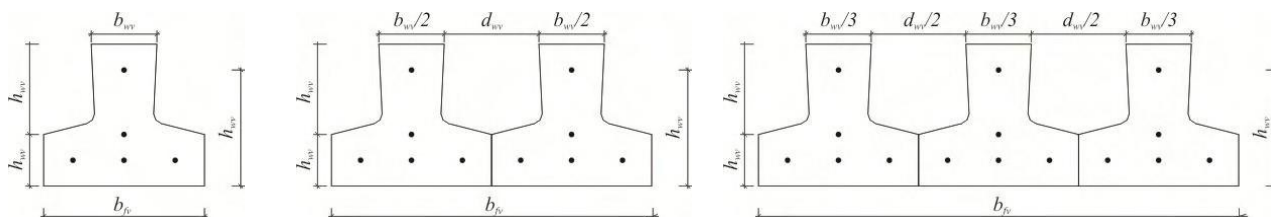


Figura 4, 5, 6 - Definição da geometria da vigota em T invertido, TT invertido e em TTT invertido

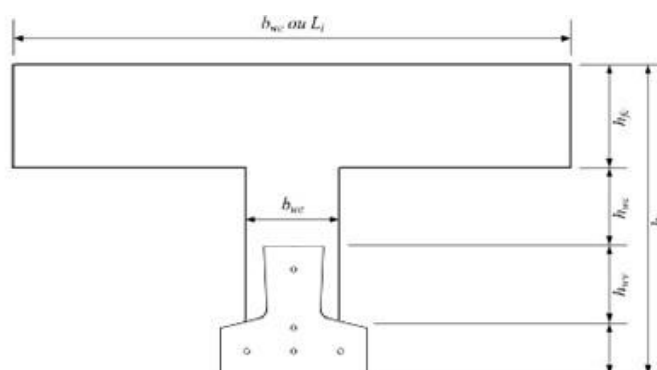
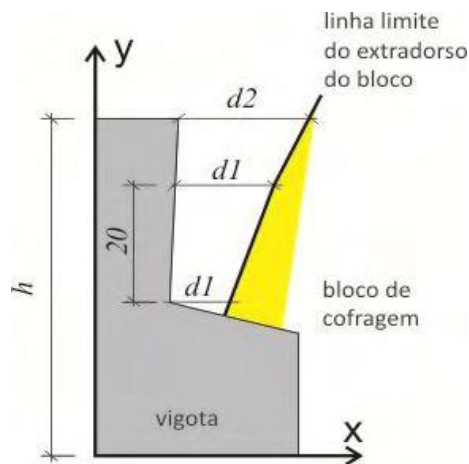


Figura 7 - Definição da geometria da laje de betão complementar no caso de vigota em T invertido

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

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

Monolitismo de pavimentos compostos


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

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

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

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

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

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

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

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

Perdas de pré-esforço

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

2. VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA

2.1 ESTADOS LIMITES ÚLTIMOS

Estado Limite Último de Flexão

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

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

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

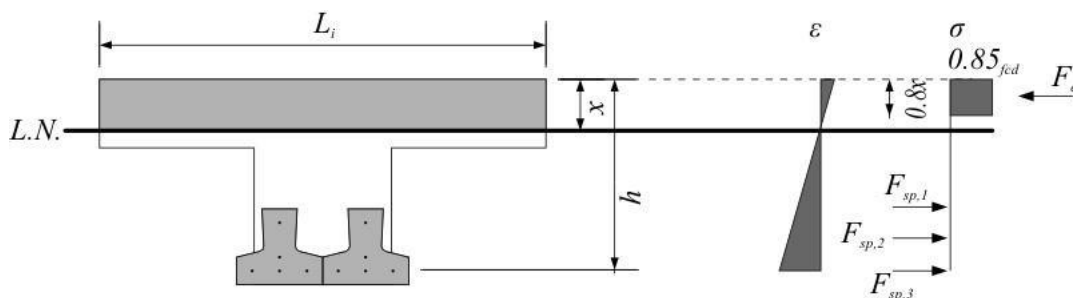


Figura 9 – Diagrama de extensões e tensões para linha neutra localizada dentro da lâmina de betão complementar.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

A extensão no betão ε_c é dada por:

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

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

A extensão na armadura ordinária ε_s é dada por:

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

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

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

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

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

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

Estado Limite Último de Esforço Transverso

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

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

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

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

sendo M_{sd} o valor de cálculo do momento fletor atuante e M_0 o momento que 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 transversal máximo ocorre nos apoios e nessa mesma secção o momento fletor é nulo. Neste caso, o termo da expressão (26) tende para infinito, devendo adotar-se o valor limitativo proposto pela regulamentação aplicável, ou seja, 2.

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

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

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

2.2 ESTADOS LIMITES DE UTILIZAÇÃO

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

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

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

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

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

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

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

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

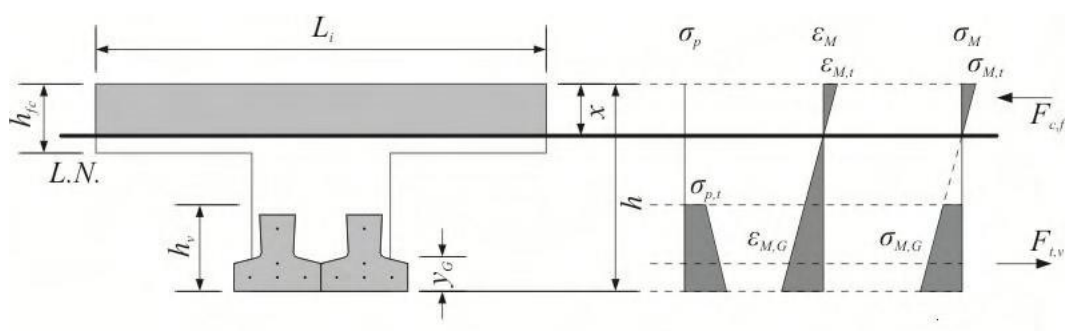


Figura 10 – Diagrama de extensões e tensões para linha neutra localizada dentro da laje de betão complementar

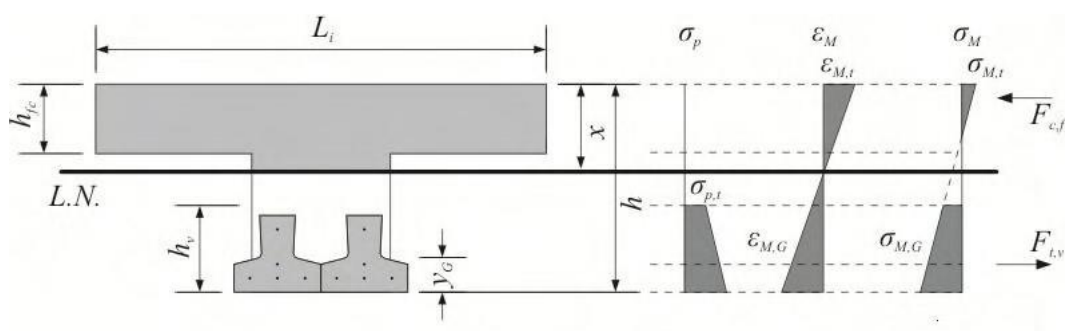


Figura 11 – Diagrama de extensões e tensões para linha neutra localizada fora da laje de betão complementar

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

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

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

As tensões correspondentes a cada extensão são dadas por:

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

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

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

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

Da equação de compatibilidade (33) obtém-se:

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

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

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

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

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

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

sendo A_v a área da secção transversal homogeneizada da vigota.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Estado Limite de Deformação

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

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

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

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

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

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

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

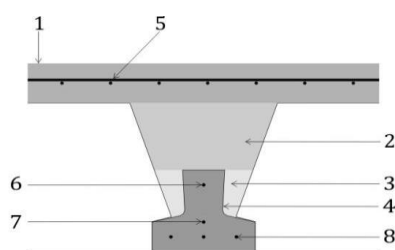


Figura 12 – Zonas da secção transversal do pavimento

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

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

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

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

Desenvolvendo a equação (70) obtém-se:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

3. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

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

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

Excluem-se da aplicação utilizações diferentes das anteriormente referidas, e pavimentos com vãos superiores a oito (8.0) metros, ficando esses pavimentos fora do âmbito deste DT VA2024, devendo cada caso de aplicação ser objeto de estudo pormenorizado e adequado.

3.1 VIGOTAS

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

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

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

Vigotas tipo V							
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

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

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

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

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

A - área da secção transversal (valor nominal);

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

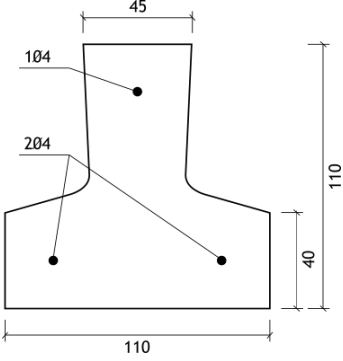
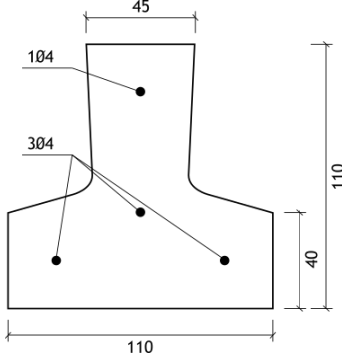
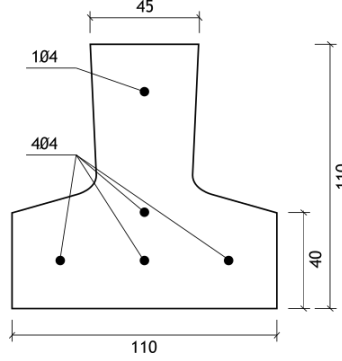
F_{p0,1} - força limite convencional a 0,1% (valor característico mínimo referente ao quantilho de 95%) de rotura à tração

E - Módulo de elasticidade

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

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

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

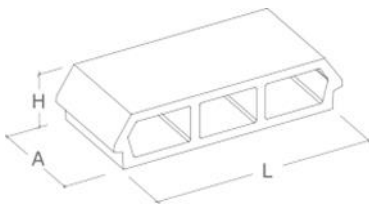
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DAS VIGOTAS TIPO V							
V2		V3			V4		
							
CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DAS VIGOTAS TIPO V							
Vigota	Massa	ESFORÇOS					
		ESTADOS LIMITES					
		ÚLTIMOS			DE UTILIZAÇÃO		
		$M_{RD (+)}$	$M_{RD (-)}$	V_{RD}	M_{fctk}	EI_{inst}	$EI_{t\infty}$
		kN.m	kN.m	kN	kN.m	kN.m ²	kN.m ²
V2	19,1	2,20	0,98	2,87	0,99	238	83
V3	19,2	2,84	0,49	3,16	1,46	239	84
V4	19,3	2,91	0,71	3,40	1,90	239	84

3.2 BLOCOS DE COFRAGEM

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

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

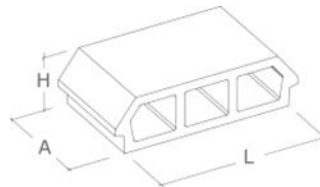
BL48x12x23



Massa = 7.0 kg

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

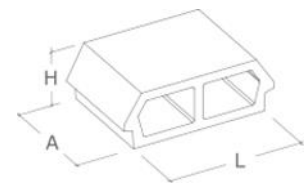
BL38x12x23



Massa = 5.5 kg

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

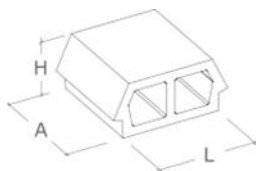
BL30x12x23



Massa = 4.5 kg

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

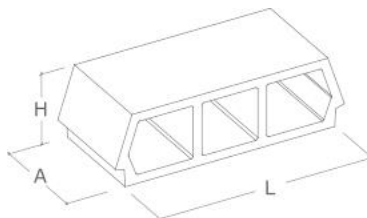
BL22x12x23



Massa = 4.0 kg

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

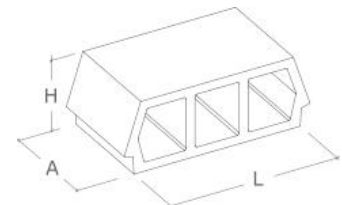
BL48x16x23



Massa = 7.5 kg

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

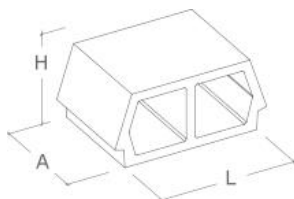
BL38x16x23



Massa = 7.0 kg

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

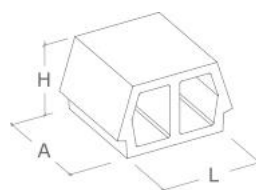
BL30x16x23



Massa = 4.5 kg

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

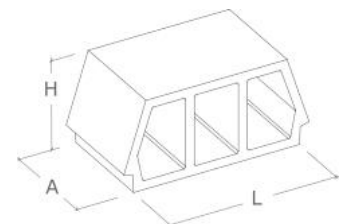
BL22x16x23



Massa = 4.5 kg

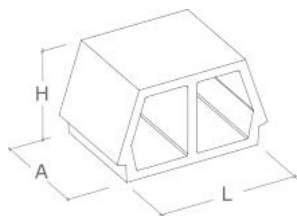
220(L)x160(H)x230(A) mm

BL38x20x23



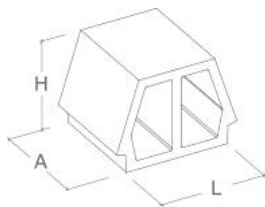
Massa = 7.5 kg

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

BL30x20x23


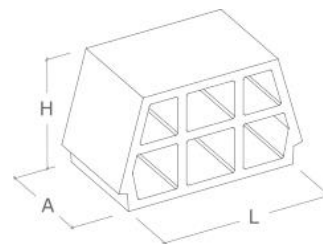
Massa = 5.0 kg

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

BL23x20x23


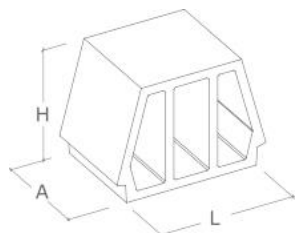
Massa = 5.0 kg

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

BL38x25x23


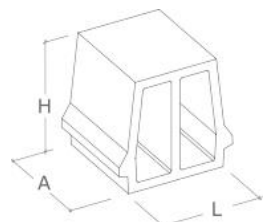
Massa = 9.5 kg

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

BL30x25x23


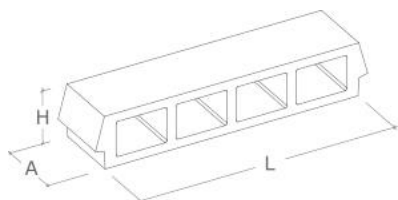
Massa = 8.5 kg

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

BL22x25x23


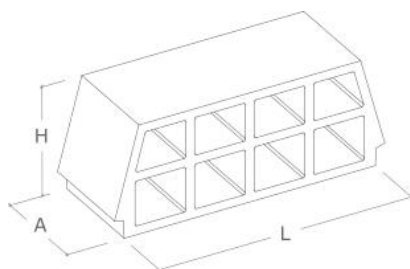
Massa = 6.0 kg

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

BL58x12x15^{(1) (2)}


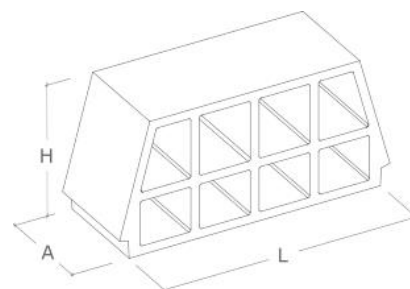
Massa = 8.5 kg

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

BL58x25x23^{(1) (2)}


Massa = 11.0 kg

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

BL58x30x23^{(1) (2)}


Massa = 12.0 kg

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

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

3.3 BETÃO COMPLEMENTAR

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

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

3.4 ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO

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

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

3.5 TABELAS DE DIMENSIONAMENTO

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

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

Exemplos:

A designação **V2/V4-BL30X12-16/18** corresponde a um conjunto de pavimentos que utilizam blocos de cofragem **BL30X12**, com uma vigota **V2** ou **V3** ou **V4**, com espessuras totais de pavimentos entre **160 mm** e **180 mm**.

A designação **2V2/2V4-BL30x12-16/18** engloba um conjunto de pavimentos que utilizam blocos de cofragem **BL30x12**, com duas vigotas **V2** ou **V3** ou **V4** dispostas em paralelo, com espessuras totais de pavimentos entre **160 mm** e **180 mm**.

- **2V2-BL30x12-16** – 2 vigotas V2, Bloco de cofragem BL30x12, espessura total de 160 mm;
- **2V3-BL30x12-17** – 2 vigotas V3, Bloco de cofragem BL30x12, espessura total de 170 mm;
- **2V4-BL30x12-18** – 2 vigotas V4, Bloco de cofragem BL30x12, espessura total de 180 mm;

A designação **3V3/3V4-BL30x25-29/33** corresponde a um conjunto de pavimentos que utilizam blocos de cofragem **BL30X25**, com **três vigotas V3** (3 V3) ou **três vigotas V4** (3 V4) dispostas **em paralelo**, com espessuras totais de pavimentos entre **290 mm** e **330 mm**.

Performance acústica e Resistência ao fogo

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

Isolamento acústico ao ruído aéreo

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

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

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

Onde:

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

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

Isolamento acústico ao ruído de impacto

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

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

Onde:

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

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

Nota técnica:

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

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

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

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

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

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

Isolamento Térmico

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

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

Resistência ao fogo

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

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

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

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

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

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

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

Notas técnicas:

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

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

4. CONDIÇÕES GERAIS DE EXECUÇÃO DOS PAVIMENTOS

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

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

5. DISPOSIÇÕES CONSTRUTIVAS E CONDIÇÕES ESPECIAIS DE EXECUÇÃO DOS PAVIMENTOS

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

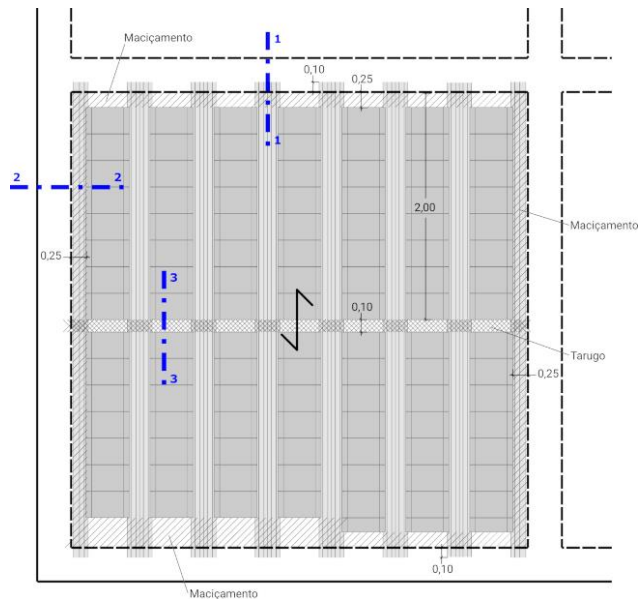


Fig.14 – situações em análise

a) Armadura de distribuição e Tarugos

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

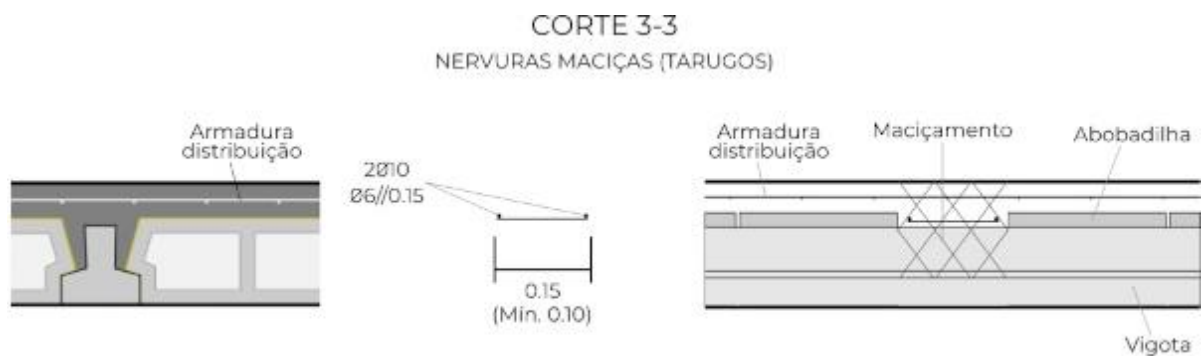


Fig.15a – Nervuras transversais (Tarugos) em pavimentos com espessura total até 200 mm

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

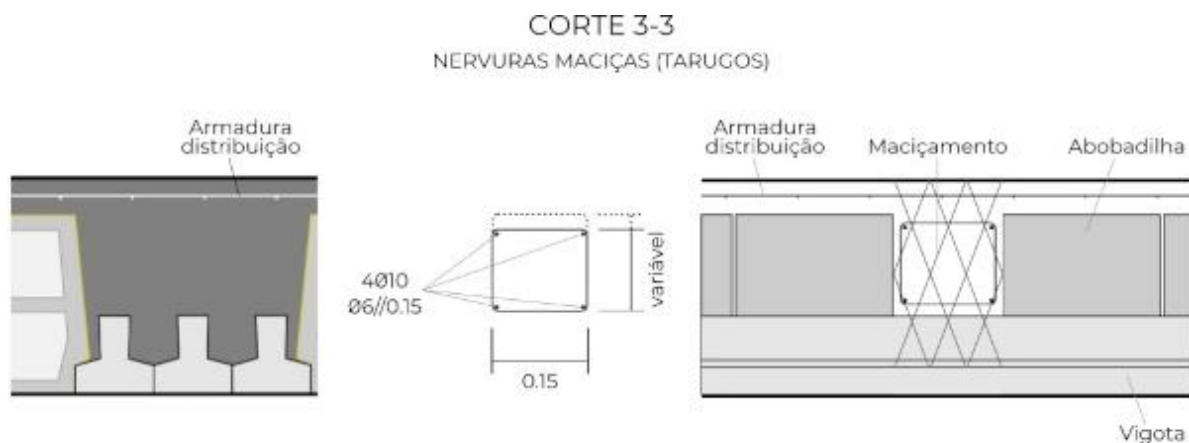


Fig.15b – Nervuras transversais (Tarugos) em pavimentos com espessura total até 200 mm

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

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

b) Ações provenientes de paredes divisórias

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

c) Apoio das vigotas e solidarização

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

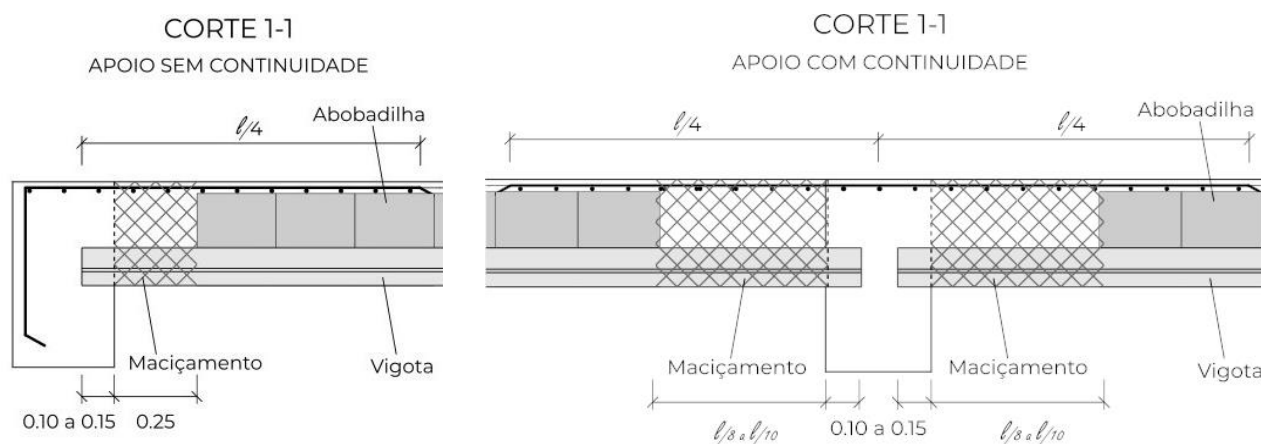


Fig.16 – Entrega das vigotas nos apoios e solidarização (maciçamento) nas extremidades junto aos apoios

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

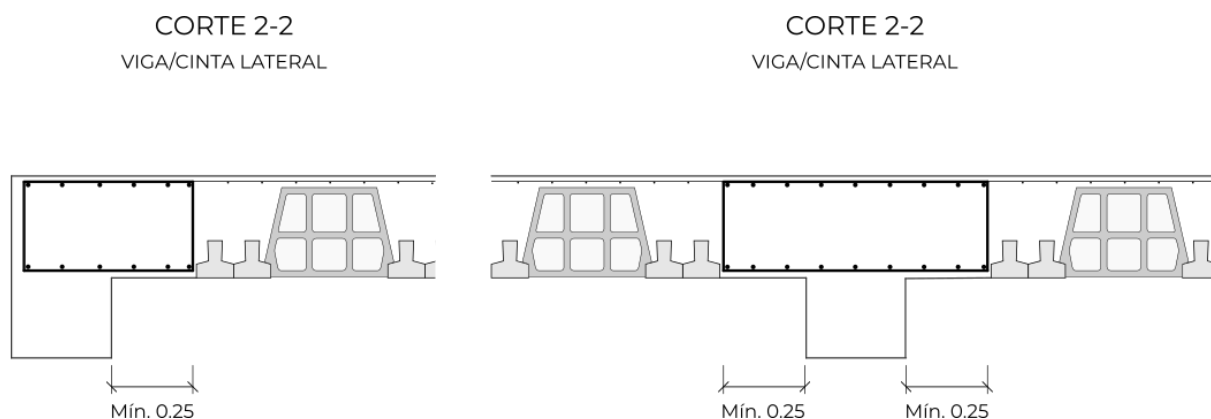


Fig.17 – Viga/cinta lateral (longitudinal)

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

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

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

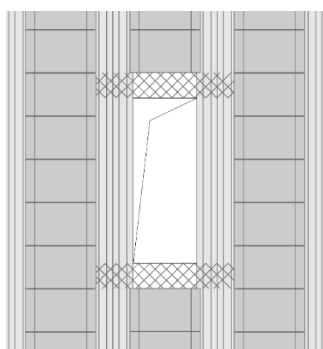
Quando se trate de pavimentos dimensionados considerando a existência de apoios simples é recomendável que nos apoios exista uma armadura capaz de absorver os esforços de tração na face superior dos pavimentos resultantes da restrição da rotação dos apoios, que sempre se verificam em condições normais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

d) Ações provenientes de cargas suspensas

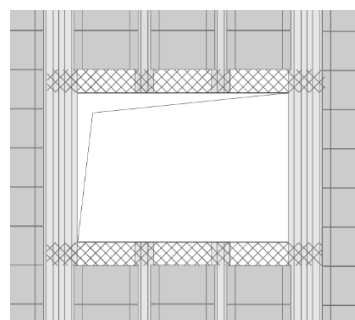
Não possuindo os blocos de cofragem resistência suficiente para suportar eventuais ações resultantes de equipamentos ou de instalações a suspender dos tetos, esta suspensão tem de ser assegurada por peças apropriadas, incluídas no pavimento durante a sua execução. Para tal, poderão ser usadas pequenas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

e) Aberturas

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



a) Remoção de apenas uma fila de abobadilhas



b) Remoção de várias filas de abobadilhas

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

f) Consolas

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

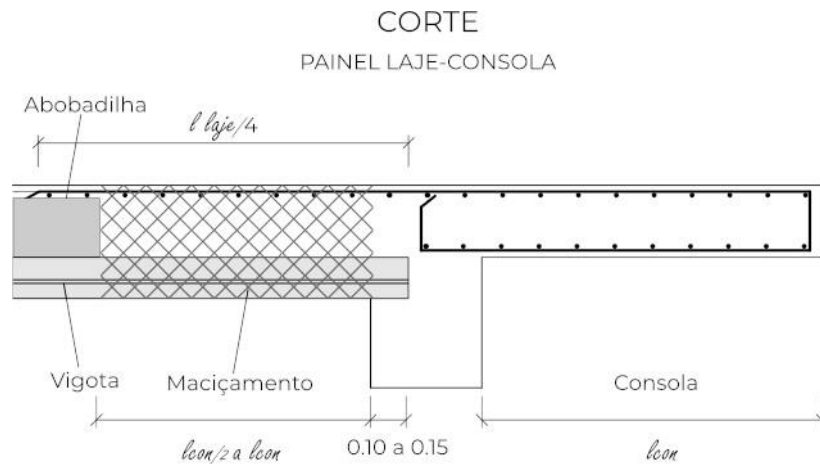


Fig.19 – Esquema da ligação da laje de pavimento á consola

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

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

6. CÁLCULO DOS PAVIMENTOS

6.1 INTRODUÇÃO

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

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

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

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

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

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

6.2 DADOS PARA CÁLCULO

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

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

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

6.3 EXEMPLO DE CÁLCULO

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

Pavimento a verificar: **V3-BL38x20-24**

Vão livre: **5.00 m**

Vão teórico: **5.20 m**

Dados:

Peso próprio Pavimento: **2.78 kN/m²**

Revestimentos de piso e de teto: **1.20 kN/m²**

Ação permanente (incluindo peso próprio): **$G = 2.78 + 1.20 = 3.98 \text{ kN/m}^2$**

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

Segurança em relação aos estados limites últimos:

Combinação de ações:

$$1.5(G + Q) = 1.5(3.98 + 2) = \mathbf{8.97 \text{ kN/m}^2}$$

Momento fletor atuante:

$$M_{ed} = \frac{8.97 \times 5.20^2}{8} = \mathbf{30.31 \text{ kN.m/m}}$$

Esforço transversal atuante

$$V_{ed} = \frac{8.97 \times 5.20}{2} = \mathbf{23.32 \text{ kN/m}}$$

Comparando M_{ed} e V_{ed} obtidos com os valores do quadro $M_{Rd} = 27.5$ e $V_{Rd} = 25.9$ do quadro da página 10, verifica-se **não estar satisfeita** a segurança deste pavimento em relação a ambos estados limites de resistência:

$$M_{ed} < M_{Rd} \neq 30.31 > 27.5 \text{ **não verifica**}$$

Logo, deve escolher-se outro pavimento que verifique, por exemplo, do mesmo tipo mas a vigota V4 com mais aços que a V3.

$$V_{ed} < V_{Rd} = 23.32 < 25.9 \text{ **verifica**}$$

V4-BL38x20-24 – (Peso equivalente)

$$MRd = 33.3 \text{ kN.m/m} , VRd = 25.9 \text{ kN/m}$$

$$M_{ed} < M_{Rd} = 30.31 < 33.3 \text{ **Verifica**}$$

$$V_{ed} < V_{Rd} = 23.32 < 25.9 \text{ **Verifica**}$$

$$V_{Sd} < V_{Rd} = 23.32 < 25.9 \text{ verifica}$$

Segurança em relação aos estados limites de utilização:

Estado limite de fendilhação

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

$$G + \psi_2 Q = 3.98 + 0.3 \times 2 = 4.58 \text{ kN/m}^2$$

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

$$M_{ed} = \frac{4.58 \times 5.20^2}{8} = 15.48 \text{ kN.m/m}$$

comparando com $M_{fctk} = 18.3 \text{ kN.m/m}$ do quadro da página 10 verifica-se estar satisfeita a segurança deste pavimento em relação ao estado limite de fendilhação

$$M_{ed} < M_{fctk} = 15.48 < 18.3 \text{ kN.m/m verifica}$$

Estado limite de deformação

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

Fator de rigidez:

$$EI = 14223 \text{ kN.m}^2/\text{m}$$

Flecha instantânea:

$$f = \frac{5 \times 4.58 \times 5.20^4}{384 \times 14223} \times 1000 = 3.07 \text{ mm}$$

Fator:

$$1 + Q / (Q + \psi_2 \times Q_c) \times 2 = 2.72$$

Flecha a longo prazo:

$$F = 2.72 \times 3.07 = 8.35 \text{ mm}$$

Valor máximo admissível para a flecha:

$$F_{\max} = 5200/400 = 13 \text{ mm}$$

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

Pavimento **V4-BL38x20-24** **Verifica.**

7. TABELAS DE CÁLCULO DOS PAVIMENTOS

TABELAS COM ELEMENTOS DE CÁLCULO DOS PAVIMENTOS TIPO V

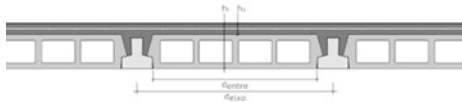
NOTAS:

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

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

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

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
	<i>h_t</i>	<i>h_a</i>			M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{fctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
V3/V4-BL58X12-16/18  d _{entre} = 580 mm; d _{fora} = 690 mm	160	40	V3	1,88	8,7	12,1	4,9	3424
	170	50	V3	2,11	9,5	12,9	5,5	4095
	180	60	V3	2,34	10,3	13,8	6,0	4738
	160	40	V4	1,89	12,0	12,1	6,7	3449
	170	50	V4	2,12	13,0	12,9	7,3	4125
	180	60	V4	2,35	14,1	13,8	7,9	4772

ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

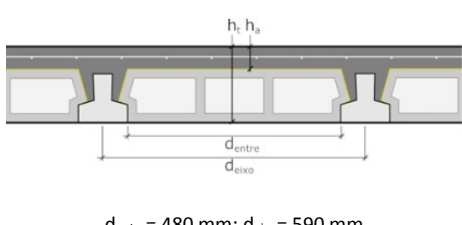
ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
160	1,45	6.25	42,4	V2	67	40	32 - AR30
170			52,4	V3	92	54	43 - AR30
180			62,4	V4	117	70	55 - AR30

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
160	V3, V4	n.a.	n.a.	30	A1
170	V3, V4	n.a.	n.a.	30	A1
180	V3, V4	n.a.	n.a.	30	A1

n.a. – não aplicável

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO <i>h_a</i>			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
	<i>h_t</i>				M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{frctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
V2/V4-BL48X12-16/18 	160	40	V2	1,98	9,9	13,7	5,6	3891
	170	50	V2	2,22	10,8	14,7	6,2	4653
	180	60	V2	2,46	11,7	15,7	6,8	5384
	160	40	V3	1,99	13,6	13,7	7,6	3919
	170	50	V3	2,23	14,8	14,7	8,3	4687
	180	60	V3	2,47	16,0	15,7	9,0	5423
	160	40	V4	1,99	16,2	13,7	7,9	3930
	170	50	V4	2,23	17,6	14,7	8,6	4702
	180	60	V4	2,47	19,0	15,7	9,3	5442

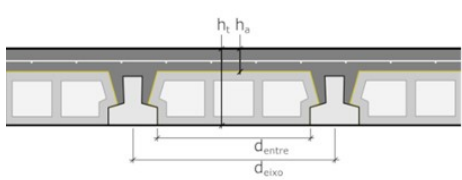
ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
160	1,69	7,37	48,2	V2	76	45	36 - AR30
170			58,2	V3	104	61	49 - AR30
180			68,2	V4	133	79	63 - AR30

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
160	V2, V3, V4	47	88	30	A1
170	V2, V3, V4	49	87, 86, 86	30	A1
180	V2, V3, V4	50	85	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
	<i>h_t</i>	<i>h_a</i>			M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{fctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
V2/V4-BL38X12-16/18  d _{entre} = 380 mm; d _{exo} = 490 mm	160	40	V2	2,11	11,8	16,5	6,6	4419
	170	50	V2	2,35	13,0	17,7	7,4	5295
	180	60	V2	2,59	14,1	18,9	8,1	6135
	160	40	V3	2,12	16,2	16,5	8,9	4451
	170	50	V3	2,36	17,7	17,7	9,9	5332
	180	60	V3	2,60	19,2	18,9	10,8	6177
	160	40	V4	2,13	19,3	16,5	9,2	4462
	170	50	V4	2,37	21,0	17,7	10,3	5348
	180	60	V4	2,61	22,7	18,9	11,3	6198

ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
160	2,04	8,87	50,8	V2	91	54	43 – AR30
170			60,8	V3	126	74	59 – AR30
180			70,8	V4	160	94	75 – AR30

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
160	V2, V3, V4	48	87	30	A1
170	V2, V3, V4	50	86	30	A1
180	V2, V3, V4	51	85	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO <i>h_a</i>			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
	<i>h_t</i>				M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{frctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
V2/V4-BL30X12-16/18  d _{entre} = 300 mm; d _{eixo} = 410 mm	160	40	V2	2,17	14,2	19,7	7,8	4961
	170	50	V2	2,41	15,4	21,1	8,6	5949
	180	60	V2	2,65	16,6	22,5	9,4	6899
	160	40	V3	2,17	19,4	19,7	10,5	4997
	170	50	V3	2,41	21,0	21,1	11,5	5992
	180	60	V3	2,65	22,6	22,5	12,5	6949
	160	40	V4	2,18	22,8	19,7	10,9	5009
	170	50	V4	2,42	24,8	21,1	12,0	6008
	180	60	V4	2,66	26,9	22,5	13,1	6970

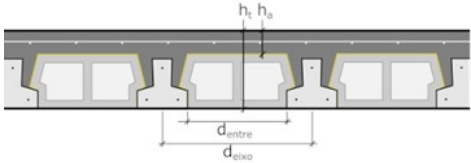
ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
160	2,44	10,60	51,9	V2	109	64	53 – AR30
170			61,9	V3	150	88	71 – AR30
180			71,9	V4	191	112	90 – AR34

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
160	V2, V3, V4	49	87	30	A1
170	V2, V3, V4	50	85	30	A1
180	V2, V3, V4	51	84	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL <i>h_t</i>	ACIMA DO BLOCO <i>h_a</i>			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{frctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
V2/V4-BL22X12-16/18  d _{entre} = 220 mm; d _{eixo} = 330 mm	160	40	V2	2,43	17,4	24,5	9,4	5718
	170	50	V2	2,67	19,1	26,2	10,4	6877
	180	60	V2	2,91	20,6	27,9	11,4	7990
	160	40	V3	2,44	23,6	24,5	12,6	5757
	170	50	V3	2,68	25,8	26,2	14,0	6924
	180	60	V3	2,92	28,0	27,9	15,4	8044
	160	40	V4	2,45	27,0	24,5	13,1	5768
	170	50	V4	2,69	30,0	26,2	14,6	6940
	180	60	V4	2,93	32,9	27,9	16,0	8065

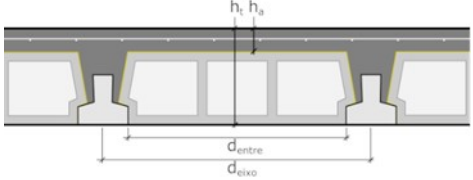
ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
160	3,03	13,20	55,2	V2	136	80	64 – AR30
170			65,2	V3	186	110	87 – AR34
180			75,2	V4	237	139	112 – AR34

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
160	V2, V3, V4	49	85	30	A1
170	V2, V3, V4	51	84, 83, 83	30	A1
180	V2, V3, V4	51	82	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO <i>h_a</i>			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
	<i>h_t</i>				M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{frctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
V2/V4-BL48X16-20/22  d _{entre} = 480 mm; d _{eixo} = 590 mm	200	40	V2	2,23	13,4	17,6	8,3	7407
	210	50	V2	2,47	14,3	18,6	8,8	8624
	220	60	V2	2,71	15,2	19,6	9,4	9820
	200	40	V3	2,24	18,3	17,6	11,1	7456
	210	50	V3	2,48	19,5	18,6	11,8	8680
	220	60	V3	2,72	20,7	19,6	12,6	9884
	200	40	V4	2,24	22,1	17,6	11,6	7480
	210	50	V4	2,48	23,6	18,6	12,3	8709
	220	60	V4	2,72	25,1	19,6	13,1	9918

ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
200	1,69	7,37	56,2	V2	70	45	36 – AR30
210			66,2	V3	103	61	49 – AR30
220			76,2	V4	133	79	63 – AR30

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
200	V2, V3, V4	48	87	30	A1
210	V2, V3, V4	49	85	30	A1
220	V2, V3, V4	50	84	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO <i>h_a</i>			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
	<i>h_t</i>				M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{frctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
V2/V4-BL38X16-20/22 	200	40	V2	2,42	16,0	21,2	9,8	8381
	210	50	V2	2,66	17,1	22,4	10,5	9778
	220	60	V2	2,90	18,1	23,6	11,2	11150
	200	40	V3	2,43	21,9	21,2	13,1	8434
	210	50	V3	2,67	23,2	22,4	14,1	9839
	220	60	V3	2,91	24,5	23,6	15,1	11219
	200	40	V4	2,44	26,2	21,2	13,7	8460
	210	50	V4	2,68	28,1	22,4	14,8	9872
	220	60	V4	2,92	29,8	23,6	15,9	11259

ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
200	2,04	8,87	59,5	V2	91	54	43 - AR30
210			69,5	V3	126	74	59 - AR30
220			79,5	V4	160	94	75 - AR30

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
200	V2, V3, V4	49	86	30	A1
210	V2, V3, V4	51	84	30	A1
220	V2, V3, V4	51	83	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL <i>h_t</i>	ACIMA DO BLOCO <i>h_a</i>			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{frctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
V2/V4-BL30X16-20/22  d _{entre} = 300 mm; d _{eixo} = 410 mm	200	40	V2	2,47	19,1	25,3	11,5	9402
	210	50	V2	2,71	20,3	26,7	12,3	10985
	220	60	V2	2,95	21,5	28,1	13,2	12536
	200	40	V3	2,48	25,9	25,3	15,3	9461
	210	50	V3	2,72	27,6	26,7	16,5	11053
	220	60	V3	2,96	29,3	28,1	17,7	12614
	200	40	V4	2,49	31,0	25,3	16,0	9489
	210	50	V4	2,73	33,0	26,7	17,2	11087
	220	60	V4	2,97	35,0	28,1	18,4	12654

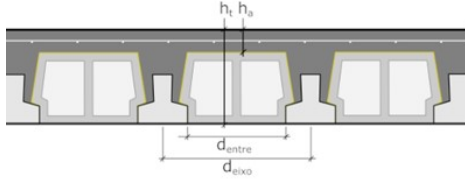
ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

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
200	2,44	10,60	63,3	V2	109	64	53 – AR30
210			73,3	V3	150	88	71 – AR30
220			83,3	V4	191	112	90 – AR34

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
200	V2, V3, V4	50	85	30	A1
210	V2, V3, V4	49, 51, 51	86, 84, 84	30	A1
220	V2, V3, V4	51	83	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL <i>h_t</i>	ACIMA DO BLOCO <i>h_a</i>			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{frctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
V2/V4-BL22X16-20/22  d _{entre} = 220 mm; d _{eixo} = 330 mm	200	40	V2	2,79	23,7	31,5	13,9	10752
	210	50	V2	3,03	25,2	33,2	14,9	12577
	220	60	V2	3,27	26,7	34,9	16,0	14361
	200	40	V3	2,80	32,0	31,5	18,5	10818
	210	50	V3	3,04	34,0	33,2	20,0	12653
	220	60	V3	3,28	36,0	34,9	21,5	14447
	200	40	V4	2,81	37,9	31,5	19,4	10847
	210	50	V4	3,05	40,3	33,2	20,8	12690
	220	60	V4	3,29	42,9	34,9	22,4	14491

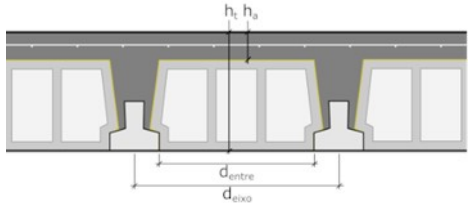
ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
200	3,03	13,18	67,9	V2	136	80	64 - AR30
210			77,9	V3	186	110	88 - AR34
220			87,9	V4	237	139	112 - AR38

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
200	V2, V3, V4	52	84	30	A1
210	V2, V3, V4	53	82	30	A1
220	V2, V3, V4	54	81	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
	<i>h_t</i>	<i>h_a</i>			M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{frctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
V2/V4-BL38X20-24/26  d _{entre} = 380 mm; d _{deixo} = 490 mm	240	40	V2	2,78	20,3	25,9	13,1	14098
	250	50	V2	3,02	21,3	27,1	13,7	16176
	260	60	V2	3,26	22,3	28,3	14,5	18235
	240	40	V3	2,78	27,5	25,9	17,5	14178
	250	50	V3	3,02	28,9	27,1	18,4	16267
	260	60	V3	3,26	30,3	28,3	19,4	18337
	240	40	V4	2,79	33,3	25,9	18,3	14223
	250	50	V4	3,03	35,0	27,1	19,3	16320
	260	60	V4	3,27	36,7	28,3	20,5	18398

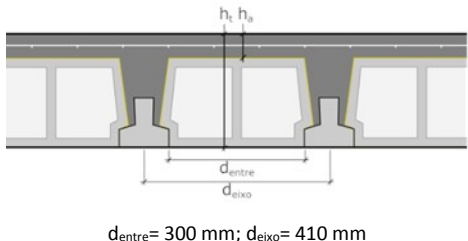
ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
240	2,04	8,87	72,1	V2	91	54	43 – AR30
250			82,1	V3	126	74	59 – AR30
260			92,1	V4	160	94	75 – AR30

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
240	V2, V3, V4	51	84	30	A1
250	V2, V3, V4	52	83	30	A1
260	V2, V3, V4	53	82	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
	h_t	h_a			M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{fctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
V2/V4-BL30X20-24/26 	240	40	V2	2,86	24,1	31,0	15,3	15817
	250	50	V2	3,10	25,4	32,4	16,2	18153
	260	60	V2	3,34	26,6	33,8	17,1	20459
	240	40	V3	2,87	32,6	31,0	20,5	15905
	250	50	V3	3,11	34,3	32,4	21,7	18523
	260	60	V3	3,35	36,0	33,8	23,0	20976
	240	40	V4	2,88	39,3	31,0	21,4	15954
	250	50	V4	3,12	41,5	32,4	22,6	18311
	260	60	V4	3,36	43,5	33,8	23,9	20639

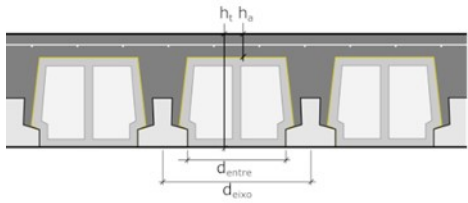
ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
240	2,44	10,60	78,4	V2	109	64	52 – AR30
250			88,4	V3	150	88	71 – AR30
260			98,4	V4	191	112	90 – AR34

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	$L_{n,w}$ ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
240	V2, V3, V4	51	83	30	A1
250	V2, V3, V4	53	82	30	A1
260	V2, V3, V4	53	81	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
	<i>h_t</i>	<i>h_a</i>			M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{ftck} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
V2/V4-BL23X20-24/26  d _{entre} = 230 mm; d _{exo} = 340 mm	240	40	V2	3,24	29,1	37,3	18,1	17817
	250	50	V2	3,48	30,4	39,0	19,2	20435
	260	60	V2	3,72	31,8	40,7	20,3	23005
	240	40	V3	3,26	39,1	37,3	24,1	17917
	250	50	V3	3,50	41,1	39,0	25,7	20547
	260	60	V3	3,74	43,1	40,7	27,3	23130
	240	40	V4	3,27	47,0	37,3	25,2	17969
	250	50	V4	3,51	49,4	39,0	26,9	20609
	260	60	V4	3,75	51,9	40,7	28,6	23202

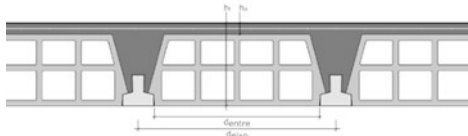
ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
240	2,95	12,80	86,3	V2	131	77	62 - AR30
250			96,3	V3	181	106	85 - AR34
260			106,3	V4	230	136	108 - AR38

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
240	V2, V3, V4	55	82	30	A1
250	V2, V3, V4	56	81	30	A1
260	V2, V3, V4	57	80	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL <i>h_t</i>	ACIMA DO BLOCO <i>h_a</i>			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{frctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
V3/V4-B58X25-29/32  <i>d_{entre}</i> = 580 mm; <i>d_{deixo}</i> = 690 mm	290	40	V3	4,42	29,2	25,4	19,3	21722
	300	50	V3	4,67	30,2	26,2	20,0	23496
	310	60	V3	4,92	31,5	27,0	20,8	25233
	320	70	V3	5,17	32,6	27,8	21,5	27000
	290	40	V4	4,42	35,5	25,4	23,5	21874
	300	50	V4	4,67	36,7	26,2	24,3	23622
	310	60	V4	4,92	38,0	27,0	25,0	25415
	320	70	V4	5,17	39,2	27,8	25,8	27183

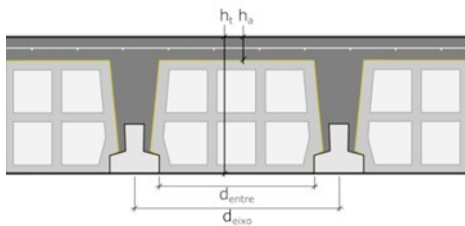
ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
290	1,50	6,35	85,8	V3	139	82	66 - AR30
300			95,8	V4	175	105	83 - AR34
310			105,8				
320			115,8				

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
290	V3, V4	50	84	30	A1
300	V3, V4	57	78	30	A1
310	V3, V4	58	77	30	A1
320	V3, V4	59	76	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
	<i>h_t</i>	<i>h_a</i>			M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{fctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
V2/V4-BL38X25-29/32  d _{entre} = 380 mm; d _{eixo} = 490 mm	290	40	V2	3,27	25,6	31,8	17,2	24024
	300	50	V2	3,51	26,6	33,0	18,0	27158
	310	60	V2	3,75	27,5	34,1	19,0	30350
	320	70	V2	3,99	28,7	35,3	19,8	33640
	290	40	V3	3,28	34,5	31,8	23,1	24144
	300	50	V3	3,52	35,8	33,0	24,1	27291
	310	60	V3	3,76	37,2	34,1	25,3	30498
	320	70	V3	4,00	38,7	35,3	26,4	33801
	290	40	V4	3,29	42,0	31,8	24,1	24221
	300	50	V4	3,53	43,7	33,0	25,2	27380
	310	60	V4	3,77	45,4	34,1	26,4	30596
	320	70	V4	4,01	47,3	35,3	27,7	33911

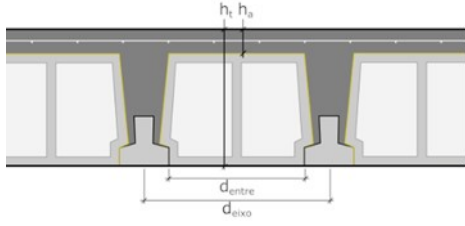
ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
290	2,05	8,90	86,8	V2	91	54	43 – AR30
300			96,8	V3	126	74	59 – AR30
310			106,3	V4	160	94	75 – AR30
320			116,8				

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
290	V2, V3, V4	53	82	30	A1
300	V2, V3, V4	54	80	30	A1
310	V2, V3, V4	55	79	30	A1
320	V2, V3, V4	56	78	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL <i>h_t</i>	ACIMA DO BLOCO <i>h_a</i>			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{frctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
V2/V4-BL30X25-29/32  d _{entre} = 300 mm; d _{eixo} = 410 mm	290	40	V2	3,66	30,4	38,0	20,4	26990
	300	50	V2	3,90	31,6	39,4	21,3	30480
	310	60	V2	4,14	33,1	40,8	22,3	34061
	320	70	V2	4,38	34,3	42,2	23,3	37766
	290	40	V3	3,67	41,0	38,0	27,2	27123
	300	50	V3	3,91	42,6	39,4	28,5	30629
	310	60	V3	4,15	44,4	40,8	29,8	34225
	320	70	V3	4,39	46,0	42,2	31,1	37946
	290	40	V4	3,68	49,8	38,0	28,4	27207
	300	50	V4	3,92	51,8	39,4	29,8	30725
	310	60	V4	4,16	54,1	40,8	31,2	34334
	320	70	V4	4,40	56,1	42,2	32,5	38067

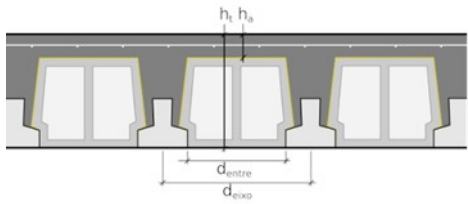
ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
290	2,44	10,60	96,0	V2	109	65	52 - AR30
300			106,0	V3	150	88	71 - AR30
310			116,0	V4	191	113	90 - AR30
320			126,0				

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
290	V2, V3, V4	55	80	30	A1
300	V2, V3, V4	56	79	30	A1
310	V2, V3, V4	57	78	30	A1
320	V2, V3, V4	58	77	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL <i>h_t</i>	ACIMA DO BLOCO <i>h_a</i>			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{frctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
V2/V4-BL22X25-29/32  d _{entre} = 220 mm; d _{eixo} = 330 mm	290	40	V2	3,89	37,7	47,2	24,6	30734
	300	50	V2	4,13	39,3	48,9	25,9	34786
	310	60	V2	4,37	40,8	50,7	27,2	38950
	320	70	V2	4,61	42,3	52,4	28,5	43258
	290	40	V3	3,90	50,6	47,2	33,0	30883
	300	50	V3	4,14	52,7	48,9	34,7	34952
	310	60	V3	4,38	54,8	50,7	36,4	39134
	320	70	V3	4,62	56,8	52,4	38,0	43460
	290	40	V4	3,92	61,4	47,2	34,5	30974
	300	50	V4	4,16	63,9	48,9	36,3	35058
	310	60	V4	4,40	66,5	50,7	38,0	39254
	320	70	V4	4,64	69,0	52,4	39,7	43592

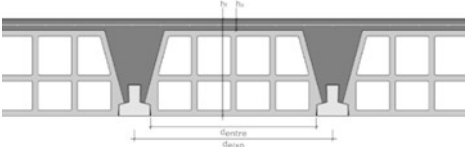
ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
290	3,03	13,18	104,2	V2	136	80	64 – AR30
300			114,2	V3	186	110	88 – AR30
310			124,2	V4	237	139	112 – AR34
320			134,2				

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
290	V2, V3, V4	56	79	30	A1
300	V2, V3, V4	57	78	30	A1
310	V2, V3, V4	58	77	30	A1
320	V2, V3, V4	59	76	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL <i>h_t</i>	ACIMA DO BLOCO <i>h_a</i>			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{frctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
V3/V4-BL58X30-34/37  d _{entre} = 580 mm; d _{eixo} = 690 mm	340	40	V3	3,85	34,0	29,7	22,4	25555
	350	50	V3	4,10	35,2	30,5	23,1	27643
	360	60	V3	4,35	36,5	31,4	24,0	29687
	370	70	V3	4,50	37,9	32,3	25,0	31765
	340	40	V4	3,85	41,2	29,7	27,1	25734
	350	50	V4	4,10	42,7	30,5	28,1	27790
	360	60	V4	4,35	44,2	31,4	29,3	29902
	370	70	V4	4,50	45,5	32,3	30,5	31983

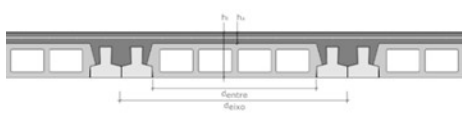
ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
340	1,45	6,31	102,3	V3	88	52	42 - AR30
350			112,3	V4	110	66	53 - AR30
360			122,3				
370			132,3				

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
340	V3, V4	55	82	30	A1
350	V3, V4	56	80	30	A1
360	V3, V4	57	79	30	A1
370	V3, V4	58	79	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL <i>h_t</i>	ACIMA DO BLOCO <i>h_a</i>			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{fctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
2V2/2V4-BL58X12-16/18  d _{entre} = 580 mm; d _{deixo} = 800 mm	160	40	V2	2,18	14,5	24,4	7,9	4900
	170	50	V2	2,40	15,9	26,1	8,8	5900
	180	60	V2	2,63	17,3	27,9	9,6	6860
	160	40	V3	2,19	19,7	24,4	10,6	4932
	170	50	V3	2,41	21,5	26,1	11,7	5938
	180	60	V3	2,64	23,2	27,9	12,8	6905
	160	40	V4	2,19	22,9	24,4	11,0	4942
	170	50	V4	2,42	25,2	26,1	12,2	5951
	180	60	V4	2,65	27,5	27,9	13,4	6922

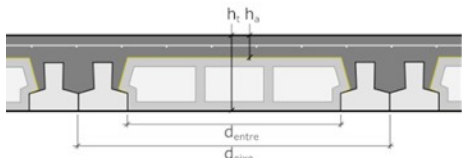
ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
160	2,50	8,35	48,2	V2	113	66	53 - AR30
170			58,2	V3	155	92	73 - AR30
180			68,2	V4	197	116	92 - AR34

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
160	V2, V3, V4	50	86	30	A1
170	V2, V3, V4	51	85	30	A1
180	V2, V3, V4	52	84	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL <i>h_t</i>	ACIMA DO BLOCO <i>h_a</i>			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{fctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
2V2/2V4-BL48X12-16/18  d _{entre} = 480 mm; d _{deixo} = 700 mm	160	40	V2	2,29	16,5	27,7	9,0	5568
	170	50	V2	2,53	18,1	29,7	10,0	6704
	180	60	V2	2,77	19,7	31,7	10,9	7796
	160	40	V3	2,30	22,4	27,7	12,0	5605
	170	50	V3	2,54	24,4	29,7	13,3	6748
	180	60	V3	2,78	26,4	31,7	14,5	7847
	160	40	V4	2,31	26,0	27,7	12,5	5616
	170	50	V4	2,55	28,6	29,7	13,9	6763
	180	60	V4	2,79	31,2	31,7	15,2	7866

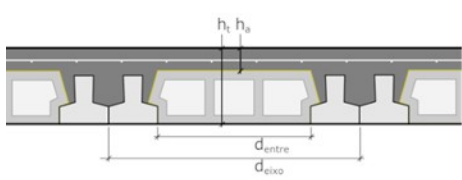
ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
160	2,86	6,21	54,8	V2	128	75	60 – AR30
170			64,8	V3	176	104	83 – AR34
180			74,8	V4	224	132	105 – AR38

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
160	V2, V3, V4	50	86	30	A1
170	V2, V3, V4	51	85	30	A1
180	V2, V3, V4	52	84	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL <i>h_t</i>	ACIMA DO BLOCO <i>h_a</i>			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{fctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
2V2/2V4-BL38X12-16/18  d _{entre} = 380 mm; d _{eixo} = 600 mm	160	40	V2	2,45	19,2	32,3	10,2	6121
	170	50	V2	2,69	20,9	34,6	11,3	7374
	180	60	V2	2,93	22,5	36,9	12,4	8576
	160	40	V3	2,46	25,9	32,3	13,7	6161
	170	50	V3	2,70	28,1	34,6	15,1	7423
	180	60	V3	2,94	30,3	36,9	16,5	8633
	160	40	V4	2,47	29,2	32,3	14,2	6171
	170	50	V4	2,71	32,2	34,6	15,8	7438
	180	60	V4	2,95	35,2	36,9	17,3	8652

ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
160	3,33	7,25	48,0	V2	149	88	70 – AR30
170			58,0	V3	205	121	96 – AR34
180			68,0	V4	261	153	123 – AR38

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
160	V2, V3, V4	51	85	30	A1
170	V2, V3, V4	52	84	30	A1
180	V2, V3, V4	53	83	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
	<i>h_t</i>	<i>h_a</i>			M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{ftck} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
2V2/2V4-BL30X12-16/18  d _{entre} = 300 mm; d _{eixo} = 520 mm	160	40	V2	2,54	22,3	37,3	11,5	6660
	170	50	V2	2,78	24,2	40,0	12,7	8030
	180	60	V2	3,02	26,0	42,7	13,9	9343
	160	40	V3	2,55	29,5	37,3	15,4	6703
	170	50	V3	2,79	32,1	40,0	17,1	8082
	180	60	V3	3,03	34,7	42,7	18,7	9403
	160	40	V4	2,57	33,0	37,3	16,1	6714
	170	50	V4	2,81	36,3	40,0	17,8	8098
	180	60	V4	3,05	39,7	42,7	19,5	9424

ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
160	3,85	8,36	60,0	V2	171	101	81 – AR34
170			70,0	V3	237	139	111 – AR38
180			80,0	V4	301	177	142 – AR42

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
160	V2, V3, V4	52	85	30	A1
170	V2, V3, V4	53	83	30	A1
180	V2, V3, V4	54	82	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL <i>h_t</i>	ACIMA DO BLOCO <i>h_a</i>			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{fctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
2V2/2V4-BL22X12-16/18  d _{entre} = 220 mm; d _{deixo} = 440 mm	160	40	V2	2,80	26,5	44,1	13,3	7348
	170	50	V2	3,04	28,6	47,2	14,7	8865
	180	60	V2	3,28	30,7	50,3	16,1	10314
	160	40	V3	2,82	34,2	44,1	17,7	7393
	170	50	V3	3,06	37,3	47,2	19,7	8920
	180	60	V3	3,30	40,4	50,3	21,6	10378
	160	40	V4	2,84	37,8	44,1	18,4	7404
	170	50	V4	3,08	41,6	47,2	20,5	8935
	180	60	V4	3,32	45,5	50,3	22,5	10398

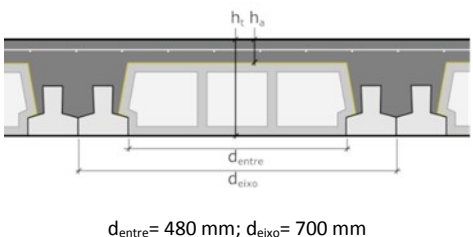
ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
160	4,55	9,88	63,9	V2	203	120	95 – AR34
170			73,9	V3	280	164	132 – AR42
180			83,9	V4	356	209	168 – AR46

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
160	V2, V3, V4	51	85	30	A1
170	V2, V3, V4	52	84	30	A1
180	V2, V3, V4	53	83	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{ftck} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
2V2/2V4-BL48X16-20/22  d _{entre} = 480 mm; d _{deixo} = 700 mm	200	40	V2	2,65	22,3	34,6	13,1	10560
	210	50	V2	2,89	23,8	36,5	14,2	12382
	220	60	V2	3,13	25,2	38,4	15,2	14166
	200	40	V3	2,66	30,2	34,6	17,5	10622
	210	50	V3	2,90	32,2	36,5	19,0	12455
	220	60	V3	3,14	34,2	38,4	20,4	14250
	200	40	V4	2,67	35,9	34,6	18,4	10650
	210	50	V4	2,91	38,4	36,5	19,8	12489
	220	60	V4	3,15	40,8	38,4	21,3	14291

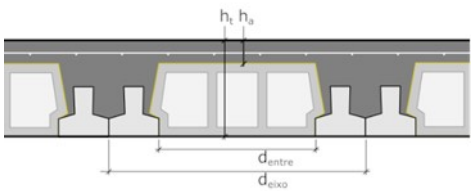
ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
200	2,86	6,21	67,8	V2	130	77	61 – AR30
210			77,8	V3	180	105	85 – AR34
220			87,8	V4	228	134	108 – AR38

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
200	V2, V3, V4	51, 49, 49	84, 86, 86	30	A1
210	V2, V3, V4	52, 51, 51	83, 84, 84	30	A1
220	V2, V3, V4	52, 51, 51	82, 82, 82	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO <i>h_a</i>			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
	<i>h_t</i>				M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{frctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
2V2/2V4-BL38X16-20/22  d _{entre} = 380 mm; d _{deixo} = 600 mm	200	40	V2	2,87	26,0	40,3	15,0	11593
	210	50	V2	3,11	27,8	42,6	16,2	13600
	220	60	V2	3,35	29,6	44,9	17,4	15557
	200	40	V3	2,89	35,0	40,3	20,1	11661
	210	50	V3	3,13	37,3	42,6	21,7	13679
	220	60	V3	3,37	39,6	44,9	23,4	15648
	200	40	V4	2,90	41,3	40,3	20,9	11688
	210	50	V4	3,14	44,3	42,6	22,6	13714
	220	60	V4	3,38	47,8	44,9	24,3	15690

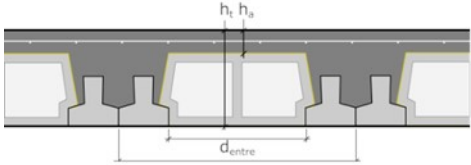
ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
200	3,33	7,25	72,5	V2	149	88	70 – AR30
210			82,5	V3	205	120	97 – AR38
220			92,5	V4	261	153	123 – AR42

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
200	V2, V3, V4	53	83	30	A1
210	V2, V3, V4	54	82	30	A1
220	V2, V3, V4	55	81	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO <i>h_a</i>			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
	<i>h_t</i>				M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{fctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
2V2/2V4-BL30X16-20/22  d _{entre} = 300 mm; d _{deixo} = 520 mm	200	40	V2	2,98	30,0	46,5	17,0	12628
	210	50	V2	3,22	31,9	49,1	18,4	14809
	220	60	V2	3,46	33,7	51,7	19,9	16929
	200	40	V3	3,00	40,0	46,5	22,7	12700
	210	50	V3	3,24	42,7	49,1	24,6	14893
	220	60	V3	3,48	45,4	51,7	26,6	17025
	200	40	V4	3,01	46,2	46,5	23,7	12729
	210	50	V4	3,25	49,9	49,1	25,6	14930
	220	60	V4	3,49	54,0	51,7	27,6	17070

ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
200	3,85	8,36	77,5	V2	171	101	81 – AR34
210			87,5	V3	237	139	111 – AR38
220			97,5	V4	301	177	141 – AR42

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
200	V2, V3, V4	53	83	30	A1
210	V2, V3, V4	55	81	30	A1
220	V2, V3, V4	56	80	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO <i>h_a</i>			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
	<i>h_t</i>				M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{frctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
2V2/2V4-BL22X16-20/22  d _{entre} = 220 mm; d _{eixo} = 440 mm	200	40	V2	3,31	35,4	53,9	19,5	13920
	210	50	V2	3,55	37,5	56,9	21,1	16309
	220	60	V2	3,79	39,4	59,9	22,8	18622
	200	40	V3	3,33	46,7	53,9	26,1	13999
	210	50	V3	3,57	49,8	56,9	28,3	16401
	220	60	V3	3,81	52,9	59,9	30,6	18727
	200	40	V4	3,35	52,5	53,9	27,2	14029
	210	50	V4	3,59	56,9	56,9	29,6	16438
	220	60	V4	3,83	61,3	59,9	32,0	18772

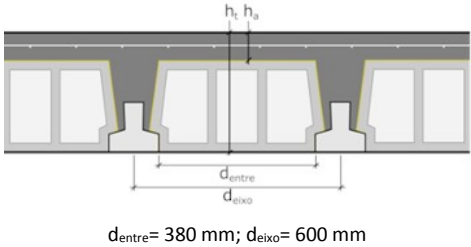
ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
200	4,55	9,90	83,5	V2	203	120	95 – AR34
210			93,5	V3	280	164	132 – AR42
220			103,5	V4	356	209	168 – AR46

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
200	V2, V3, V4	55, 56, 56	81	30	A1
210	V2, V3, V4	57	80	30	A1
220	V2, V3, V4	58	79	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
	<i>h_t</i>	<i>h_a</i>			M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{frctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
2V2/2V4-BL38X20-24/26 	240	40	V2	3,34	32,8	48,8	20,2	19519
	250	50	V2	3,58	34,7	51,0	21,5	22457
	260	60	V2	3,82	36,5	53,2	22,9	25344
	240	40	V3	3,35	44,1	48,8	27,0	19620
	250	50	V3	3,59	46,4	51,0	28,7	22573
	260	60	V3	3,83	48,7	53,2	30,5	25474
	240	40	V4	3,37	52,8	48,8	28,1	19673
	250	50	V4	3,61	55,7	51,0	30,0	22635
	260	60	V4	3,85	58,8	53,2	32,0	25546

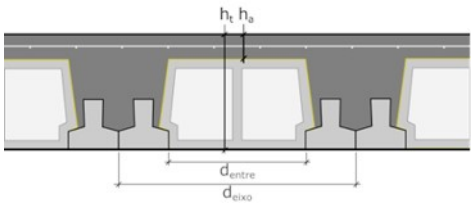
ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
240	3,35	7,30	90,1	V2	149	88	70 – AR30
250			100,1	V3	205	121	97 – AR38
260			110,1	V4	261	153	123 – AR42

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
240	V2, V3, V4	54	81	30	A1
250	V2, V3, V4	56	80	30	A1
260	V2, V3, V4	57	79	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL <i>h_t</i>	ACIMA DO BLOCO <i>h_a</i>			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{fctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
2V2/2V4-BL30X20-24/26  d _{entre} = 300 mm; d _{eixo} = 520 mm	240	40	V2	3,50	37,7	56,3	22,9	21310
	250	50	V2	3,74	39,9	58,9	24,4	24480
	260	60	V2	3,98	41,8	61,4	26,0	27582
	240	40	V3	3,51	50,5	56,3	30,5	21421
	250	50	V3	3,75	53,2	58,9	32,6	24605
	260	60	V3	3,99	55,9	61,4	34,7	27721
	240	40	V4	3,53	60,0	56,3	31,8	21476
	250	50	V4	3,77	63,5	58,9	34,1	24672
	260	60	V4	4,01	67,6	61,4	36,4	27799

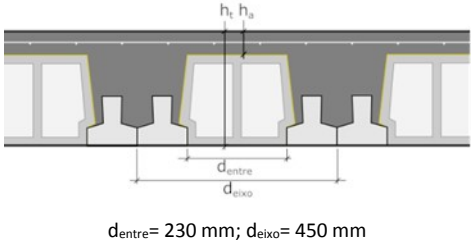
ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
240	3,90	8,40	97,8	V2	171	101	81 – AR34
250			107,8	V3	237	139	111 – AR38
260			117,8	V4	301	177	142 – AR42

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

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

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
	<i>h_t</i>	<i>h_a</i>			M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{fctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
2V2/2V4-BL23X20-24/26 	240	40	V2	3,88	43,5	65,1	25,8	23924
	250	50	V2	4,12	45,9	68,0	27,7	26694
	260	60	V2	4,36	66,0	70,9	29,6	30008
	240	40	V3	3,90	57,9	65,1	34,5	23414
	250	50	V3	4,14	61,0	68,0	36,9	26830
	260	60	V3	4,38	64,1	70,9	39,3	30159
	240	40	V4	3,92	67,2	65,1	36,0	23472
	250	50	V4	4,16	72,1	68,0	38,5	26900
	260	60	V4	4,40	77,1	70,9	41,1	30240

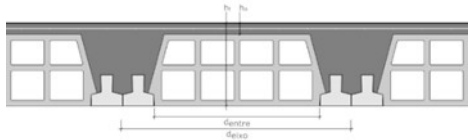
ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
240	4,44	9,66	106,8	V2	198	116	93 – AR30
250			116,8	V3	273	160	129 – AR42
260			126,8	V4	348	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⁾
240	V2, V3, V4	57, 58, 58	79	30	A1
250	V2, V3, V4	58, 59, 59	78	30	A1
260	V2, V3, V4	60	77	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO <i>h_a</i>			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{frctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
2V3/2V4-BL58X25-29/32  d _{entre} = 580 mm; d _{deixo} = 800 mm	290	40	V3	4,10	50,8	44,1	33,5	37779
	300	50	V3	4,35	52,6	45,5	34,7	40864
	310	60	V3	4,60	54,7	46,9	36,1	43885
	320	70	V3	4,85	56,7	48,3	37,4	46958
	290	40	V4	4,10	61,8	44,1	40,8	38043
	300	50	V4	4,35	63,9	45,5	42,2	41082
	310	60	V4	4,60	66,0	46,9	43,5	44200
	320	70	V4	4,85	68,1	48,3	44,9	47276

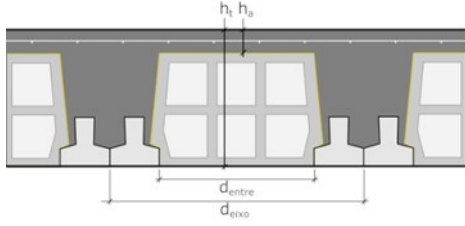
ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
290	2,50	5,45	120,1	V3	152	89	72 - AR30
300			130,1	V4	193	114	92 - AR34
310			140,1				
320			150,1				

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
290	V3, V4	54	80	30	A1
300	V3, V4	55	79	30	A1
310	V3, V4	56	78	30	A1
320	V3, V4	57	77	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO <i>h_a</i>			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{frctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
2V2/2V4-BL38X25-29/32  d _{entre} = 380 mm; d _{eixo} = 600 mm	290	40	V2	3,96	41,5	58,1	26,8	33388
	300	50	V2	4,20	43,0	60,3	28,3	37752
	310	60	V2	4,44	44,9	62,5	29,7	42248
	320	70	V2	4,68	46,5	64,6	31,0	46910
	290	40	V3	3,98	55,5	58,1	35,9	33543
	300	50	V3	4,22	57,8	60,3	37,8	37924
	310	60	V3	4,46	60,1	62,5	39,7	42439
	320	70	V3	4,70	62,3	64,6	41,4	47119
	290	40	V4	3,99	67,2	58,1	37,5	33636
	300	50	V4	4,23	69,8	60,3	39,5	38031
	310	60	V4	4,47	72,8	62,5	41,4	42560
	320	70	V4	4,71	75,6	64,6	43,3	47255

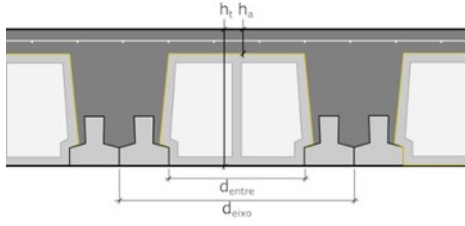
ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
290	3,33	7,25	111,3	V2	149	88	70 – AR30
300			121,3	V3	205	121	97 – AR38
310			131,3	V4	261	153	123 – AR42
320			141,3				

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
290	V2, V3, V4	57	79	30	A1
300	V2, V3, V4	58	78	30	A1
310	P2, P3, P4	59	77	30	A1
320	V2, V3, V4	60	76	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL <i>h_t</i>	ACIMA DO BLOCO <i>h_a</i>			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{frctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
2V2/2V4-BL30X25-29/32  d _{entre} = 300 mm; d _{eixo} = 520 mm	290	40	V2	4,38	47,6	67,1	30,5	36575
	300	50	V2	4,62	49,6	69,6	32,1	41245
	310	60	V2	4,86	51,5	72,1	33,8	46091
	320	70	V2	5,10	53,5	74,6	35,2	51138
	290	40	V3	4,39	63,7	67,1	40,7	36745
	300	50	V3	4,63	66,3	69,6	42,9	41433
	310	60	V3	4,87	69,8	72,1	45,1	46298
	320	70	V3	5,11	71,5	74,6	47,1	51365
	290	40	V4	4,41	76,5	67,1	42,6	36843
	300	50	V4	4,65	80,0	69,6	44,9	41548
	310	60	V4	4,89	83,1	72,1	47,1	46427
	320	70	V4	5,13	86,5	74,6	49,2	51510

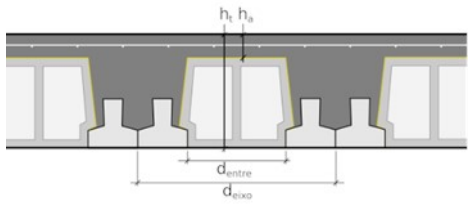
ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
290	3,90	8,40	122,2	V2	171	101	81 – AR34
300			132,2	V3	237	139	111 – AR38
310			142,2	V4	301	177	142 – AR42
320			152,2				

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
290	V2, V3, V4	59	77	30	A1
300	V2, V3, V4	60	76	30	A1
310	V2, V3, V4	61	76, 76, 75	30	A1
320	V2, V3, V4	61	75	30	A1

81ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL <i>h_t</i>	ACIMA DO BLOCO <i>h_a</i>			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{frctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
2V2/2V4-BL22X25-29/32  d _{entre} = 220 mm; d _{eixo} = 440 mm	290	40	V2	4,68	56,1	84,1	35,2	40267
	300	50	V2	4,92	58,6	87,2	37,4	45389
	310	60	V2	5,16	60,8	90,3	39,2	50725
	320	70	V2	5,40	63,2	93,4	41,0	56299
	290	40	V3	4,70	74,8	84,1	47,1	40451
	300	50	V3	4,94	77,9	87,2	49,8	45593
	310	60	V3	5,18	81,0	90,3	52,4	50950
	320	70	V3	5,42	84,1	93,4	54,8	56544
	290	40	V4	4,72	88,8	84,1	49,2	40556
	300	50	V4	4,96	93,4	87,2	52,1	45715
	310	60	V4	5,20	97,1	90,3	54,8	51086
	320	70	V4	5,44	101,0	93,4	57,3	56698

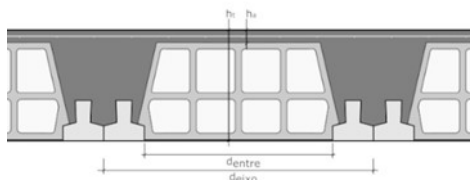
ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
290	4,60	9,90	133,1	V2	203	120	95 – AR34
300			143,1	V3	279	164	132 – AR42
310			153,1	V4	356	209	168 – AR46
320			163,1				

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
290	V2, V3, V4	60	76	30	A1
300	V2, V3, V4	61	75	30	A1
310	V2, V3, V4	62	75	30	A1
320	V2, V3, V4	63	74	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL <i>h_t</i>	ACIMA DO BLOCO <i>h_a</i>			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{frctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
2V3/2V4-BL58X30-34/37  d _{entre} = 580 mm; d _{eixo} = 800 mm	340	40	V3	4,60	59,2	51,7	38,9	44445
	350	50	V3	4,85	61,2	53,1	40,1	48075
	360	60	V3	5,10	63,5	54,6	41,7	51630
	370	70	V3	5,35	65,9	56,1	43,4	55245
	340	40	V4	4,60	71,7	51,7	47,1	44756
	350	50	V4	4,85	74,3	53,1	48,9	48332
	360	60	V4	5,10	76,8	54,6	50,9	52005
	370	70	V4	5,35	79,2	56,1	53,1	55623

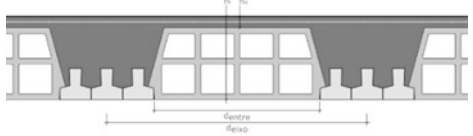
ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
340	2,50	5,50	143,0	V3	152	89	72 - AR30
350			153,0				
360			163,0				
370			173,0				
				V4	193	114	92 - AR34

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
340	V3, V4	56	78	30	A1
350	V3, V4	57	77	30	A1
360	V3, V4	58	77	30	A1
370	V3, V4	59	76	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO <i>h_a</i>			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{frctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
3V3/3V4-BL58X25-29/32  d _{entre} = 580 mm; d _{deixo} = 910 mm	290	40	V3	4,24	53,5	57,6	35,3	51228
	300	50	V3	4,49	55,6	59,6	36,7	55362
	310	60	V3	4,74	58,1	61,5	38,3	59522
	320	70	V3	4,99	60,3	63,5	39,8	63651
	290	40	V4	4,24	65,7	57,6	43,4	51511
	300	50	V4	4,49	67,8	59,6	44,7	55633
	310	60	V4	4,74	70,1	61,5	46,3	59782
	320	70	V4	4,99	72,5	63,5	47,9	63925

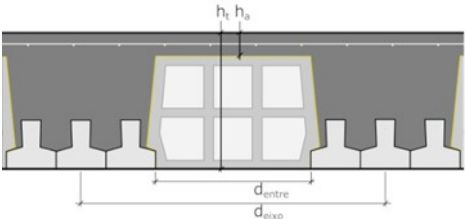
ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
290	3,30	4,80	128,3	V3	311	183	146 – AR46
300			138,3	V4	397	234	187 – AR50
310			148,3				
320			158,3				

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
290	V3, V4	55	69	30	A1
300	V3, V4	56	67	30	A1
310	V3, V4	57	65	30	A1
320	V3, V4	58	63	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL <i>h_t</i>	ACIMA DO BLOCO <i>h_a</i>			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{frctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
3V2/3V4-BL38X25-29/32 	290	40	V3	4,46	73,9	74,7	54,0	39102
	300	50	V3	4,70	76,4	77,5	57,1	44100
	310	60	V3	4,94	79,4	80,2	60,1	49292
	320	70	V3	5,18	82,2	83,0	62,7	54704
	290	40	V4	4,48	89,0	74,7	59,3	39231
	300	50	V4	4,72	92,3	77,5	62,7	44245
	310	60	V4	4,96	96,0	80,2	65,9	49454
	320	70	V4	5,20	99,6	83,0	68,9	54883

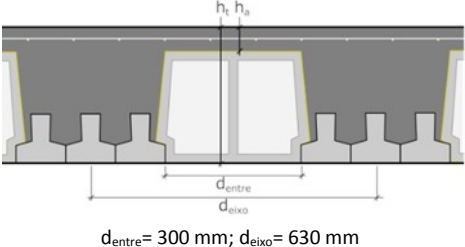
ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
290	4,23	6,12	128,1	V3	260	153	122 – AR42
300			138,1	V4	331	194	156 – AR46
310			148,1				
320			158,1				

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
290	V3, V4	59	77	30	A1
300	V3, V4	60	76	30	A1
310	V3, V4	61	75	30	A1
320	V3, V4	62	75, 74	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL <i>h_t</i>	ACIMA DO BLOCO <i>h_a</i>			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{frctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
3V3/3V4-BL30X25-29/32 	290	40	V3	4,86	83,7	84,2	60,2	42212
	300	50	V3	5,10	85,9	87,3	63,3	47462
	310	60	V3	5,34	89,1	90,4	66,6	52946
	320	70	V3	5,58	92,5	93,5	69,9	58688
	290	40	V4	4,88	99,8	84,2	66,0	42349
	300	50	V4	5,12	103,4	87,3	69,5	47617
	310	60	V4	5,36	107,4	90,4	73,1	53119
	320	70	V4	5,60	111,6	93,5	76,6	58879

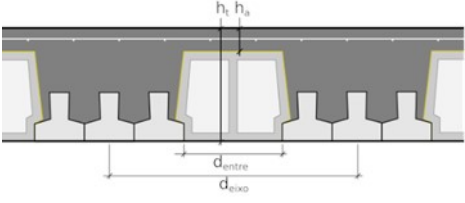
ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
290	4,80	6,90	139,3	V3	292	172	137 – AR42
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⁾
290	P3, P4	61	76	30	A1
300	P3, P4	62	75	30	A1
310	P3, P4	63	74	30	A1
320	P3, P4	63	73	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO <i>h_a</i>			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
	<i>h_t</i>				M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{frctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
3V3/3V4-BL22X25-29/32  d _{entre} = 220 mm; d _{eixo} = 550 mm	290	40	V3	5,18	97,4	100,3	67,7	45653
	300	50	V3	5,42	99,7	104,0	71,3	51623
	310	60	V3	5,66	102,0	107,7	75,0	57148
	320	70	V3	5,90	105,4	111,4	78,7	63323
	290	40	V4	5,20	113,9	100,3	74,2	45798
	300	50	V4	5,44	118,1	104,0	78,3	51426
	310	60	V4	5,68	122,1	107,7	82,3	57330
	320	70	V4	5,92	126,7	111,4	86,4	63524

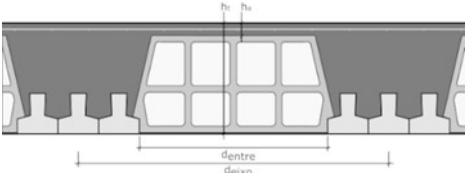
ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
290	5,45	7,91	150,5	V3	335	197	158 – AR46
300			160,5	V4	427	251	201 – AR55
310			170,5				
320			180,5				

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
290	V3, V4	62	75	30	A1
300	V3, V4	63	74	30	A1
310	V3, V4	64	73	30	A1
320	V3, V4	65	73	30	A1

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL <i>h_t</i>	ACIMA DO BLOCO <i>h_a</i>			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{frctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
3V3/3V4-BL58X30-34/37  d _{entre} = 580 mm; d _{eixo} = 910 mm	340	40	V3	5,01	60,8	67,8	39,1	58352
	350	50	V3	5,26	63,2	69,6	41,3	62955
	360	60	V3	5,51	66,0	71,4	42,9	67645
	370	70	V3	5,76	68,5	73,5	44,0	72385
	340	40	V4	5,01	74,5	67,8	48,2	58526
	350	50	V4	5,26	77,1	69,6	38,4	63254
	360	60	V4	5,51	79,7	71,4	50,2	67954
	370	70	V4	5,76	82,3	73,5	53,1	72611

ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
340	3,30	4,80	160,2	V3	203	118	95 – AR34
350			170,2				
360			180,2				
370			190,2				
				V4	258	152	122 – 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⁾
340	V3, V4	52	77	30	A1
350	V3, V4	53	76	30	A1
360	V3, V4	54	75	30	A1
370	V3, V4	55	74	30	A1

DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

DOCUMENTO TÉCNICO DT VA2024

O Documento Técnico DT VA2024, emitido pela Leiriviga SA, estabelece as condições técnicas de execução e de utilização dos pavimentos aligeirados, constituído por vigotas pré-fabricadas de betão pré-esforçado, blocos de cofragem em betão de agregados de argila expandida e betão complementar aplicado em obra.

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

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


Vistos



Virgílio Lopes

Dept. Técnico Leiriviga S.A.

Autor



Rui Manuel N. Belchior Faia dos Santos

Engenheiro Civil, OE : 25 110

FCT – Universidade de Coimbra.



Miguel Caetano

Administração Leiriviga S.A.

Leiria, março 2024