



DOCUMENTO DE APLICAÇÃO

FAPREL-Fábrica de Artigos Pré-Esforçados, Lda.
Sede e fábrica:
Avenida Central de Guilhufe, n.º 908
4560-131 GUILHUFE – PNF
tel.: (+351) 25 572 98 60/1/2
fax: (+351) 25 572 98 69
e-e: industrial@faprel.pt
www.faprel.pt

FAPREL PAVIMENTOS ALIGEIRADOS DE VIGOTAS PREFABRICADAS DE BETÃO PRÉ-ESFORÇADO

PAVIMENTOS
FLOORS
PLANCHERS

NOVEMBRO DE 2012

A situação de validade do DA pode ser verificada no portal do LNEC (www.lnec.pt).

O presente Documento de Aplicação (DA), de carácter voluntário, define as características e estabelece as condições de execução e de utilização do sistema de construção de pavimentos FAPREL, constituído por vigotas prefabricadas de betão pré-esforçado, blocos de cofragem e betão complementar moldado em obra, do qual é detentora a empresa FAPREL – Fábrica de Artigos Pré-Esforçados, Lda..

O Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) emite um parecer técnico favorável relativamente aos pavimentos FAPREL, descritos na secção 1 do presente Documento de Aplicação, nas seguintes condições:

- a empresa FAPREL – Fábrica de Artigos Pré-Esforçados, Lda. assegura a constância das condições de produção que permitem a aposição da Marcação CE, nomeadamente através de um adequado controlo interno da produção, sintetizado na secção 3;
- o campo de aplicação dos pavimentos respeita as regras descritas na secção 2;
- as condições de execução e utilização dos pavimentos respeitam as regras descritas na secção 6.

A utilização dos pavimentos FAPREL fica também condicionada pelas disposições aplicáveis da regulamentação e da documentação normativa em vigor.

Este Documento de Aplicação é válido até 30 de novembro de 2015, podendo ser renovado mediante solicitação atempada ao LNEC.

O LNEC reserva-se o direito de proceder à suspensão ou ao cancelamento deste Documento de Aplicação caso ocorram situações que o justifiquem, nomeadamente perante qualquer facto que ponha em dúvida a constância da qualidade dos pavimentos ou dos seus elementos constituintes.

Lisboa e Laboratório Nacional de Engenharia Civil, em novembro de 2012.

O CONSELHO DIRETIVO

Carlos Pina
Presidente

1 DESCRIÇÃO DOS PAVIMENTOS

1.1 Descrição geral

Os pavimentos FAPREL são constituídos por vigotas prefabricadas de betão pré-esforçado e blocos de cofragem, recebendo em obra uma camada de betão armado (betão complementar) com função resistente e de solidarização do conjunto.

O seu funcionamento estrutural é comparável ao de uma laje com armadura resistente unidirecional, sendo indispensável, para que tal semelhança tenha validade, que se assegure e mantenha a necessária aderência entre o betão complementar e as vigotas.

As vigotas colocadas nos pavimentos FAPREL são objeto de Marcação CE, de acordo com a Norma Portuguesa NP EN 15037-1:2008 – “Produtos prefabricados de betão. Pavimentos com vigotas e blocos de cofragem. Parte 1: Vigotas”.

Os blocos de cofragem colocados nos pavimentos FAPREL, cuja produção tem sido até agora enquadrada pela Especificação LNEC E 436-1995, deverão passar a ser objeto de Marcação CE, de acordo com a Norma Europeia EN 15037-2:2009 + A1:2011 – “Precast concrete products – Beam-and-block floor systems. Part 2: Concrete blocks”.

1.2 Características dos elementos constituintes

1.2.1 Vigotas

As vigotas são prefabricadas, de betão pré-esforçado, com armadura constituída por fios de aço aderentes. No Anexo I são representados em corte transversal os diferentes tipos de vigotas com indicação dos valores relativos às suas dimensões e à posição dos fios de aço.

O betão, de comportamento especificado, de massa volúmica normal e consistência terra húmida, é conforme com a NP EN 206-1 e apresenta a seguinte designação: C35/45; XC1(Pt); Cl 0,20; D10.

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

QUADRO I

Características dos fios de aço

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

em que:

- d diâmetro (valor nominal)
- A área da secção transversal (valor nominal)
- R_m tensão de rotura à tração (valor nominal)

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

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

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

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

E módulo de elasticidade

A relaxação dos fios de aço, às 1000 horas, em ensaios realizados nas condições definidas na secção 9.4 da referida Especificação, não deverá exceder 2,5%.

1.2.2 Blocos de cofragem

Os blocos de cofragem utilizados são de betão de agregados correntes. 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 no Anexo II.

1.2.3 Betão complementar

O betão complementar é aplicado em camada contínua de espessura variável, mas não inferior a 30 mm, e incorpora uma armadura de distribuição.

Este betão, de comportamento especificado, de massa volúmica normal, é conforme com a NP EN 206-1 e apresenta a seguinte designação: C25/30; XC1(Pt); Cl 0,40. A consistência do betão fresco e a máxima dimensão dos agregados devem permitir o preenchimento fácil e completo dos espaços entre as vigotas e os blocos de cofragem.

Nos quadros de Elementos de Medição do Anexo IV são fornecidos os valores da secção da armadura de distribuição a incorporar na camada de betão complementar.

2 CAMPO DE APLICAÇÃO

Tal como para outros pavimentos com a mesma constituição e o mesmo sistema estrutural, o campo de aplicação para os diversos tipos considerados dos pavimentos FAPREL abrange apenas o seu emprego em edifícios de habitação ou com ocupação e utilização semelhantes.

Não se consideram abrangidas as situações em que seja previsível a atuação predominante de ações resultantes de cargas concentradas ou de cargas dinâmicas, de choque e vibração, por mais elevada que seja a capacidade resistente dos pavimentos. Por este motivo, a utilização dos pavimentos nestes últimos casos cai fora do âmbito deste DA e carece de prévio estudo específico, eventualmente por verificação experimental.

A utilização dos pavimentos com vãos superiores a oito metros fica igualmente fora do âmbito do presente DA, devendo ser objeto de estudo adequado em cada caso de aplicação.

3 FABRICO E CONTROLO DA QUALIDADE

3.1 Vigotas

a) Instalações e processo de fabrico

As vigotas são fabricadas nas instalações localizadas na Zona Industrial, n.º 1, Guilhufe – Penafiel, por sistema mecanizado, sendo a sua moldagem feita, sem moldes fixos, sobre uma plataforma de betão, ao longo da qual se desloca um dispositivo mecânico de distribuição, moldagem lateral e compactação do betão por vibração.

A fim de evitar a aderência da base das vigotas à superfície da plataforma, esta é previamente humedecida com um produto líquido apropriado.

O pré-esforço é aplicado individualmente em cada fio utilizando macaco hidráulico acionado eletricamente e no qual se pode medir o alongamento dos fios e controlar, por manómetro, a força a aplicar de harmonia com a tensão de pré-esforço na origem indicada no Anexo I.

Terminada a betonagem, as vigotas são conservadas no local de fabrico em condições ambientais naturais, efetuando-se a molhagem da superfície do betão com água até à data em que o respetivo betão atinja o valor da resistência à compressão indicado no Anexo I.

Quando tais resistências são atingidas, o que normalmente se pode verificar entre 2 e 5 dias após a moldagem das vigotas, é feita a transmissão do pré-esforço dos fios às vigotas, por meio de corte individual destes, num dos topos da plataforma, utilizando para o efeito equipamento adequado.

Após esta operação, as vigotas são cortadas nos comprimentos desejados e retiradas do local de fabrico para depósito, com os cuidados de transporte necessários.

As instalações de fabrico são constituídas por 14 plataformas para moldagem simultânea de 10 linhas de vigotas por plataforma, a que correspondem cerca de 20 720 m de linhas de fabrico.

b) Controlo da produção

A empresa efetua um controlo de produção que incide basicamente sobre os seguintes aspetos: equipamento, matérias-primas (cimento, agregados e aço de pré-esforço), processo de fabrico e produto acabado.

Sobre o equipamento são efetuadas as seguintes verificações: calibração do equipamento de laboratório; calibração do equipamento de pesagem e de medição dimensional e volumétrica; aferição dos manómetros do macaco hidráulico; inspeções da betoneira, do macaco hidráulico e da máquina de moldagem (incluindo moldes e guia-fios).

Sobre o cimento, com Marcação CE, é efetuada, na receção, inspeção da guia de remessa.

Sobre os agregados, com Marcação CE, são efetuadas as seguintes verificações: na receção, inspeção da guia de remessa; e, na descarga, inspeção do aspeto e da granulometria.

Sobre o aço de pré-esforço são efetuadas, na receção dos rolos de fio, inspeções das etiquetas de identificação que acompanham esses rolos e do certificado de características dos aços.

Sobre o processo de fabrico são efetuadas as seguintes verificações: ensaios para determinação da resistência à

compressão de provetes moldados com o betão utilizado no fabrico das vigotas, na data de transmissão do pré-esforço às vigotas e aos 28 dias; medição do alongamento obtido na extremidade dos fios para confirmação das forças de pré-esforço aplicadas e registadas em manómetro; inspeção do aspeto das superfícies de betão durante a moldagem das vigotas e das condições de proteção contra a secagem.

Sobre o produto acabado são efetuadas as seguintes verificações: medição das dimensões da secção transversal, do posicionamento e do deslizamento da armadura de pré-esforço nas suas extremidades; da curvatura lateral e da flecha das vigotas; inspeção do estado das superfícies de betão, de defeitos aparentes, de marcação/etiquetagem, das condições de armazenamento e de fornecimento das vigotas.

3.2 Blocos de cofragem

a) Instalações e processo de fabrico

Os blocos de cofragem de betão de agregados correntes são fabricados pela própria empresa produtora dos pavimentos nas instalações localizadas na Zona Industrial, n.º 1, Guilhufe – Penafiel, em máquina vibradora e compactadora de instalação fixa, na qual são incorporados os moldes dos blocos de cofragem. Após a moldagem, os blocos de cofragem são conservados em condições ambientais naturais na secção de fabrico até adquirirem a resistência necessária para o seu manuseamento, sendo de seguida transportados para o local de armazenamento.

b) Controlo da produção

A empresa efetua um controlo de produção que incide basicamente sobre os seguintes aspetos: equipamento, matérias-primas (cimento, agregados), processo de fabrico e produto acabado.

Sobre o equipamento são efetuadas as seguintes verificações: calibração do equipamento de laboratório; calibração do equipamento de pesagem e de medição volumétrica; inspeções da betoneira e da máquina de moldagem (incluindo moldes).

Sobre o cimento, com Marcação CE, é efetuada, na receção, inspeção da guia de remessa.

Sobre os agregados, com Marcação CE, são efetuadas as seguintes verificações: na receção, inspeção da guia de remessa; e, na descarga, inspeção do aspeto e da granulometria.

Sobre o processo de fabrico é efetuada a seguinte verificação: inspeção do aspeto das superfícies de betão durante a desmoldagem dos blocos de cofragem.

Sobre o produto acabado são efetuadas as seguintes verificações: ensaios para a determinação da carga de rotura (punçoamento-flexão) dos blocos de cofragem, medição das dimensões dos blocos de cofragem e medição da massa dos blocos de cofragem.

4 IDENTIFICAÇÃO

As vigotas devem ser marcadas, de forma clara e indelével, com registo do nome da marca do pavimento, do tipo de vigota e da data do seu fabrico.

Quando tal não aconteça, cada fornecimento de vigotas deve ser acompanhado da informação acima indicada.

As vigotas colocadas no mercado têm aposta a marcação CE, acompanhada da informação constante do Anexo ZA da norma NP EN 15037-1. A empresa deve disponibilizar, a pedido, a respetiva declaração de conformidade CE.

5 APRECIÇÃO DOS PAVIMENTOS

5.1 Características mecânicas

No Anexo I e no Anexo III são fornecidos os valores das características mecânicas, respetivamente, das vigotas isoladas e dos pavimentos, necessários para a verificação da segurança em relação aos diferentes estados limites.

A determinação dos valores dessas características mecânicas foi efetuada através de cálculo automático em computador. O cálculo teve por base os valores das características mecânicas dos materiais constituintes dos pavimentos registados em 1.2 e o valor de pré-esforço na origem indicado no Anexo I.

Ao valor do pré-esforço na origem referido correspondem os valores de pré-esforço, ao fim de determinados intervalos de tempo, também indicados no Anexo I para as diferentes vigotas produzidas.

A determinação dos valores de cálculo dos esforços resistentes das vigotas e dos pavimentos teve em conta as disposições definidas na regulamentação em vigor aplicável, com as adaptações necessárias a este tipo de pavimentos.

Foram ainda determinados para os diferentes pavimentos os valores do fator de rigidez, EI , a utilizar na verificação do estado limite de deformação.

5.2 Comportamento em caso de incêndio

Os materiais constituintes dos pavimentos – quer os dos seus componentes prefabricados quer o betão complementar – são da classe de reação ao fogo A1 (não-combustíveis).

No que se refere à resistência ao fogo estes pavimentos poderão ser classificados, no mínimo, nas seguintes classes:

- REI 30 desde que apresentem um revestimento na face inferior com uma espessura mínima de 15 mm de argamassa de cimento e areia ou de cimento, cal e areia;
- REI 60 desde que apresentem um revestimento na face inferior com uma espessura mínima de 15 mm de argamassa de cimento e agregados leves (vermiculite, perlite ou fibras minerais).

Estas classes de resistência ao fogo poderão ser adotadas, desde que nos apoios se garanta um valor de cálculo do momento resistente último negativo não inferior a 15% do valor de cálculo do momento resistente último positivo, fornecido nas tabelas.

No caso de edifícios de habitação as exigências a satisfazer são as que constam no Decreto-Lei n.º 220/2008, de 12 de novembro, que estabelece o regime jurídico da segurança contra incêndios em edifícios, e no Regulamento Técnico de Segurança contra Incêndio em Edifícios, aprovado pela Portaria n.º 1532/2008,

de 29 de dezembro. Os pavimentos poderão satisfazer às exigências deste regulamento mediante uma criteriosa escolha do revestimento de teto.

5.3 Isolamento sonoro

Os pavimentos acabados, como elementos de compartimentação entre espaços interiores sobrepostos de edifícios, contribuem largamente para o isolamento sonoro que se pode estabelecer entre esses espaços, o qual, de acordo com o disposto na regulamentação em vigor, deve ser determinado com base em ensaios a realizar no local. Os parâmetros que caracterizam esse isolamento sonoro são o índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea e o índice de isolamento sonoro a sons de percussão, podendo esses índices, no projeto dos pavimentos, ser estimados de acordo com a metodologia a seguir referida.

O índice de isolamento sonoro a sons aéreos, 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.

No caso destes pavimentos, a existência dos blocos de aligeiramento conduz a ligeiras reduções dos valores do R_w que serão tanto maiores quanto maior for o aligeiramento produzido, no pavimento, pelos blocos.

Nos casos em que o isolamento proporcionado pelo pavimento é superior a 35 dB e inferior a 45 dB deve também prever-se a contribuição da transmissão marginal, que se traduz, em termos médios, numa redução de 3 dB nos valores de R_w . Para valores de R_w superiores a 45 dB é aconselhável recorrer à verificação do comportamento em obra, pois as previsões podem revelar-se bastante falíveis.

Se não se considerarem as reduções anteriormente referidas, para um pavimento com uma massa de 260 kg/m² estima-se um valor de R_w próximo de 48 dB.

O índice de isolamento sonoro a sons de percussão, $L_{n,w'}$, para além de depender da constituição da laje é função do tipo de revestimento de piso a adotar. É possível estimar-se esse índice recorrendo à aplicação do invariante $R_w + L_{n,w'}$, desde que se conheça a massa por unidade de superfície do pavimento, admitindo a aplicabilidade da "lei da massa" para a determinação de R_w .

No caso de lajes aligeiradas de vigotas, não revestidas, é recomendada a adoção do valor 120 para o invariante $R_w + L_{n,w}$ referido [$L_{n,w'}$ em dB/(oit./3)], o que, conhecido o valor de R_w , permite a determinação de $L_{n,w'}$.

Analogamente ao referido para os sons aéreos, deve admitir-se a ocorrência de uma transmissão marginal dos sons de percussão, que se traduz em média num acréscimo dos valores do $L_{n,w'}$ inicialmente estimados, em cerca de 2 dB.

As exigências de isolamento sonoro a satisfazer são as que constam do Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios.

5.4 Isolamento térmico

Os parâmetros que caracterizam o isolamento térmico – resistência térmica, R , ou coeficiente de transmissão térmica, U – podem ser determinados recorrendo a métodos convencionais.

Estes parâmetros devem ser determinados nas situações em que os pavimentos têm de satisfazer exigências de isolamento térmico, como é o caso de lajes de esteira ou de cobertura e de pavimentos sobre espaços exteriores ou locais não aquecidos.

Estes pavimentos, por si sós, não garantem a satisfação das exigências aplicáveis, que constam do Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios, pelo que se torna necessário, naquelas situações, prever soluções de isolamento térmico complementar.

6 CONDIÇÕES DE EXECUÇÃO E UTILIZAÇÃO DOS PAVIMENTOS

6.1 Condições relativas à verificação da segurança estrutural

A verificação da segurança dos pavimentos, com base nos valores de cálculo fornecidos no Anexo III, deve ser efetuada em relação aos estados limites últimos de resistência e em relação aos estados limites de utilização – fendilhação e deformação –, conforme os critérios definidos no Regulamento de Segurança e Ações para Estruturas de Edifícios e Pontes e no Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado.

a) Segurança em relação aos estados limites últimos de resistência

A condição de segurança em relação aos estados limites últimos de resistência exprime-se verificando que os valores de cálculo do momento fletor resistente e do esforço transversal resistente, designados por M_{Rd} e V_{Rd} , são iguais ou superiores aos correspondentes esforços atuantes, relativos às combinações de ações especificadas no artigo 9.º do Regulamento de Segurança e Ações para Estruturas de Edifícios e Pontes.

b) Segurança em relação aos estados limites de fendilhação

A condição de segurança em relação ao estado limite de fendilhação exprime-se verificando que o valor do momento resistente designado por M_{fctk} , correspondente à formação de fendas, é igual ou superior ao momento atuante devido às combinações de ações definidas de acordo com o artigo 12.º do Regulamento de Segurança e Ações para Estruturas de Edifícios e Pontes. Estas combinações de ações poderão ser, conforme as condições do meio ambiente, combinações frequentes, em ambiente pouco ou moderadamente agressivo, e combinações raras, em ambiente muito agressivo.

c) Segurança em relação aos estados limites de deformação

A condição de segurança em relação ao estado limite de deformação exprime-se verificando que o valor da flecha admissível, definida de acordo com o artigo 72º do Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado, é igual ou superior ao valor da flecha devida à combinação frequente de ações. No cálculo da flecha instantânea deverão ser utilizados os valores do fator de rigidez, fornecidos no Anexo III. A flecha a longo prazo, em que são tidos em conta os efeitos da fluência dos

betões, poderá ser determinada multiplicando o valor da flecha instantânea por um fator dado pela expressão

$$1 + \frac{M_{Sg}}{M_{Sg} + \sum \Psi_1 M_{Sg}} \times \varphi$$

em que M_{Sg} e $M_{Sg} + \sum \Psi_1 M_{Sg}$ 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.

6.2 Condições gerais de execução dos pavimentos

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

- Nivelamento dos apoios para o assentamento das vigotas.
- Montagem de escoramento provisório, para apoio intermédio das vigotas. Deve notar-se que este escoramento tem de ser criteriosamente disposto de modo a evitar esforços de flexão capazes de provocar fendilhação das vigotas não só na sua face inferior, nas zonas entre os apoios, como também na face superior, sobre os apoios.
- Montagem das cofragens junto dos apoios dos pavimentos, para moldagem de zonas maciças nas condições recomendadas em 6.3, e ao longo das nervuras transversais que, no referido parágrafo, são preconizadas.
- Colocação das vigotas, dispostas paralelamente entre si, e acerto do seu afastamento por meio de cêrcea.
- Colocação dos blocos de cofragem entre vigotas, apoiados nos banzos destas, com eliminação das filas de blocos correspondentes às faixas maciças do pavimento.
- Disposição, nas condições recomendadas em 6.3, da armadura de distribuição, na camada de betão complementar, das armaduras das nervuras transversais e das armaduras nos apoios, quando previstas.
- Instalação de passadiços para trânsito de pessoal e de transporte do betão, a fim de evitar a circulação sobre os blocos de cofragem.
- Rega abundante das vigotas e dos blocos de cofragem, precedendo a betonagem, com vista a evitar a dessecação e melhorar a aderência do betão complementar.
- Lançamento, espalhamento, regularização e compactação do betão complementar, tendo o cuidado de assegurar a sua perfeita aderência às faces expostas das vigotas e a manutenção da espessura prevista da camada de betão acima dos blocos de cofragem. Deve notar-se que, por motivo da relativa e natural fragilidade da estrutura, quando em execução, estará restringido o uso de meios potentes de compactação, o que exige especial cuidado na condução da betonagem.
- Manutenção da humidade do betão em obra, durante os primeiros dias do endurecimento, por exemplo, por meio de rega ou de recobrimento, conservado humedecido, da superfície betonada. A extensão e duração destes cuidados dependerão das condições de temperatura e humidade ambientais.

6.3 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 que lhes fica atribuído em 2. Independentemente das disposições construtivas a seguir recomendadas, deverá o produtor dos pavimentos fornecer aos utilizadores indicações sobre os cuidados a ter no transporte das vigotas, sua movimentação e colocação em obra.

a) 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 do Anexo IV e deverão ser satisfeitas por varões com espaçamento máximo de 250 mm.

Na direção das vigotas, o espaçamento dos varões da armadura de distribuição poderá ser maior, mas não excedendo 350 mm.

Nos pavimentos com vão igual ou superior a quatro metros deverão ser dispostas, além da armadura de distribuição, nervuras transversais contínuas de betão armado espaçadas cerca de 2 metros. A largura destas nervuras deverá ser, no mínimo de 100 mm. A armadura deverá ser constituída, no mínimo, por dois varões colocados imediatamente acima das vigotas. A área da sua secção deverá ser obtida multiplicando metade da área da armadura de distribuição do pavimento, indicada no Anexo IV, pela distância entre nervuras transversais ou, no caso de existir apenas uma nervura, pela distância entre esta e o apoio.

b) Ações provenientes de paredes divisórias

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

c) Apoio das vigotas e solidarização

As vigotas deverão ter, em geral, a entrega mínima de 100 mm, nos apoios, a menos que razões especiais imponham menor entrega e sem prejuízo da segurança que, neste caso, deverá ser convenientemente comprovada.

Os extremos das vigotas, nos apoios dos pavimentos, devem ser solidarizados através de cintas ou de vigas betonadas em conjunto com a camada de betão complementar dos pavimentos.

Os painéis dos pavimentos devem ser limitados lateralmente, segundo a direção longitudinal das vigotas, por cintas ou por vigas também betonadas em conjunto com a camada de betão complementar dos pavimentos.

As cintas devem ter uma largura igual à largura da parede que encimam e uma altura não inferior a 0,20 m, devendo este valor mínimo da altura ser aumentado no caso de paredes muito espessas, com largura superior a 0,50 m. As cintas devem ser armadas longitudinalmente com, pelo menos, 4 varões de 12 mm de diâmetro quando se utilize aço A235, ou 4 varões de 10 mm de diâmetro quando se utilizem aços A400 ou A500, e transversalmente com estribos de 6 mm de diâmetro espaçados no máximo de 0,20 m. Nas regiões do País de maior sismicidade, recomenda-se a redução deste espaçamento máximo dos estribos para 0,10 a 0,15 m, nas zonas das cintas próximas dos montantes, num comprimento de 0,75 a 1,00 m.

Quando se trate de pavimentos com apoios de encastramento ou continuidade, devem prever-se faixas maciças de betão armado para resistência aos momentos negativos. A betonagem destas faixas faz-se nos intervalos entre vigotas deixados livres pela não colocação de fiadas de blocos de cofragem, convindo que, nos sucessivos intervalos, o número de blocos seja alternado para evitar que a ligação da faixa maciça à zona aligeirada do pavimento se faça em alinhamento reto, mais propício ao aparecimento de fendas ao longo dessa ligação.

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

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

d) Aberturas

A execução de aberturas com a interrupção de vigotas é possível desde que se adotem disposições construtivas especiais como, por exemplo, nervuras transversais devidamente dimensionadas onde as vigotas interrompidas possam ser devidamente apoiadas. A adoção destas disposições deve ser convenientemente justificada.

A execução de aberturas conseguidas pela eliminação de um ou mais blocos de cofragem entre duas vigotas contíguas não necessita, em geral, de verificação de segurança complementar, a menos que essas aberturas possam condicionar a capacidade resistente do pavimento.

e) Ações provenientes de cargas suspensas

Não possuindo os blocos de cofragem resistência suficiente para suportar eventuais ações resultantes de equipamentos ou de instalações a suspender dos tetos, esta suspensão tem de ser assegurada por peças apropriadas, incluídas no pavimento durante a sua execução.

Para tal, poderão ser usadas pequenas lajetas de betão armado apoiadas em duas vigotas contíguas e substituindo blocos de

cofragem, às quais se encontram ligados ganchos de suspensão dos equipamentos a fixar na parte inferior dos pavimentos.

7 ANÁLISE EXPERIMENTAL

Os ensaios realizados no âmbito do presente DA incidiram sobre os componentes prefabricados dos pavimentos – vigotas e blocos de cofragem – e sobre os materiais constituintes das vigotas.

Os ensaios de vigotas, efetuados de acordo com as Especificações LNEC E 437-1995, E 438-1995 e E 440-1995, constaram de:

- verificação das dimensões da secção das vigotas e do posicionamento da armadura;
- determinação do valor da tensão de pré-esforço nas armaduras das vigotas.

Os ensaios de blocos de cofragem consistiram na verificação das suas dimensões, massa e capacidade resistente e foram efetuados de acordo com as Especificações LNEC E 442-1995, E 443-1995 e E 444-1995.

Sobre o betão constituinte das vigotas foi realizado o seguinte ensaio:

- verificação da resistência à compressão.

Os resultados dos ensaios foram globalmente satisfatórios, permitindo comprovar que os componentes pré-fabricados dos pavimentos ensaiados possuem as características definidas em 1.2 e satisfazem às exigências constantes das Normas NP EN 206-1 e NP EN 15037-1 e da Especificação LNEC E 436-1995, aplicáveis respetivamente a betão, a vigotas e a blocos de cofragem. Complementarmente verificou-se a satisfação das exigências relativas a vigotas constantes da Especificação LNEC E 435-2012.

8 VERIFICAÇÃO DA QUALIDADE

8.1 Constância da qualidade

A entidade produtora deve garantir condições de fabrico que assegurem a constância das características dos componentes

prefabricados do sistema de pavimentos definidas no presente DA, devendo as instalações de fabrico ser dirigidas por técnico de engenharia, devidamente habilitado e responsável pela qualidade do material produzido.

Perante qualquer facto que faça pôr em dúvida a condição essencial da constância da qualidade do material produzido, o Laboratório Nacional de Engenharia Civil reserva-se o direito de exigir a realização de ensaios de verificação das características dos produtos prefabricados, por conta da empresa produtora dos pavimentos e em condições a definir.

8.2 Ensaios de receção

A concessão do presente DA não constitui garantia da constância da qualidade do material empregado nos pavimentos FAPREL, pelo que deverá a fiscalização decidir, quando necessário, as verificações e a realização de ensaios de receção, os quais se justificam em caso de dúvida sobre a qualidade do material fornecido.

Os ensaios a efetuar, por amostragem, sobre vigotas constarão de:

- verificação das dimensões das vigotas e do posicionamento dos fios (num mínimo de duas vigotas), os quais devem satisfazer aos valores respetivos indicados no Anexo I;
- verificação da tensão de pré-esforço instalada nos fios (num mínimo de duas vigotas), a qual deve satisfazer aos valores indicados no Anexo I.

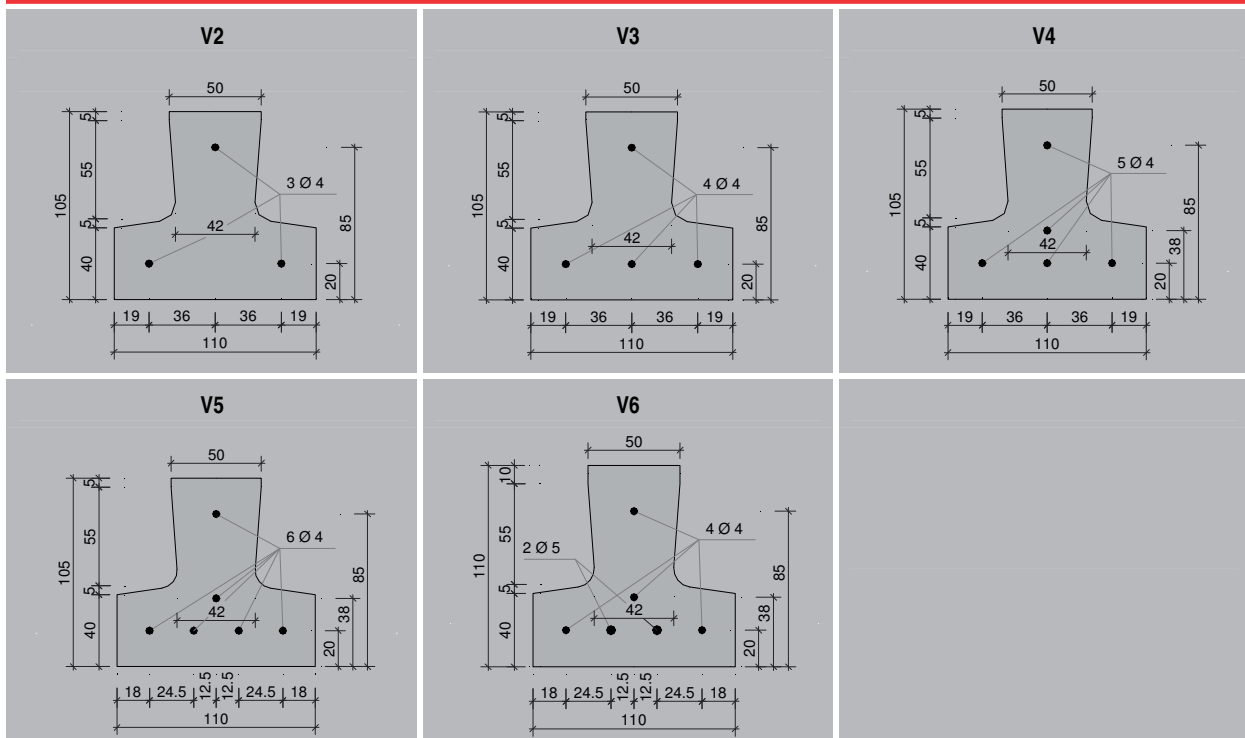
Os ensaios a efetuar, por amostragem, sobre blocos de cofragem constarão de:

- verificação das dimensões e da massa dos blocos (num mínimo de três blocos), as quais devem satisfazer aos valores indicados no Anexo II; a diferença entre as larguras efetivas dos blocos de um mesmo tipo, num mesmo fornecimento, não deve ultrapassar 10 mm;
- verificação da capacidade resistente dos blocos (num mínimo de três blocos), a qual deve satisfazer às condições indicadas na norma EN 15037-2:2009+A1:2011, para blocos não resistentes da classe declarada pelo produtor.

ANEXO I.1 - CARACTERÍSTICAS DAS VIGOTAS

FAPREL

GEOMETRIA TRANSVERSAL



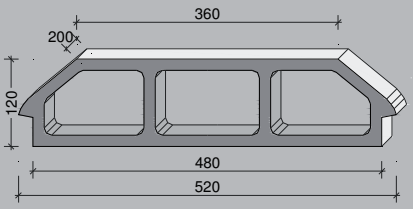
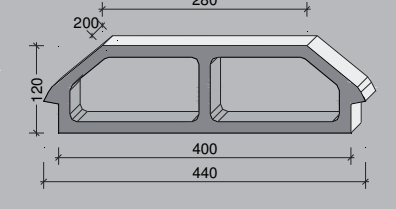
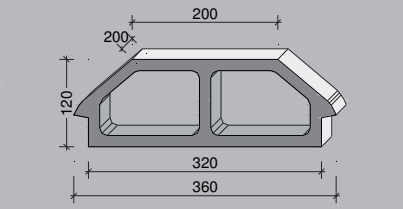
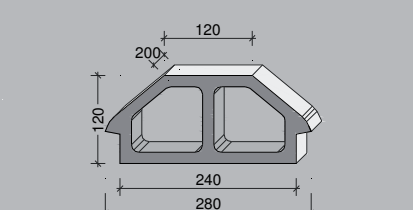
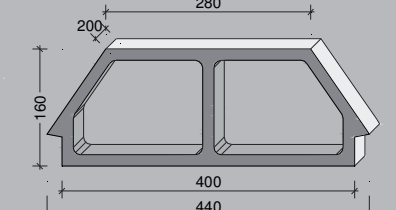
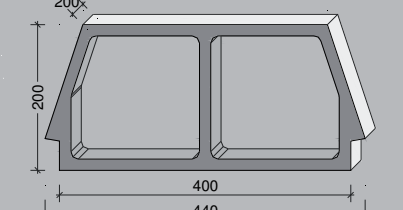
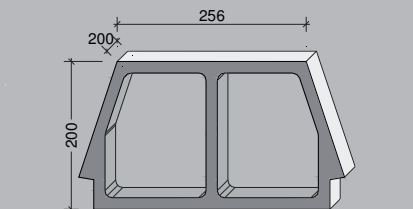
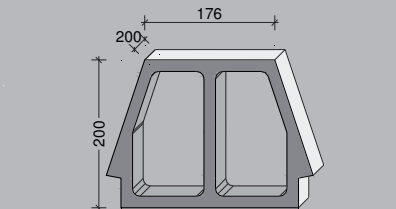
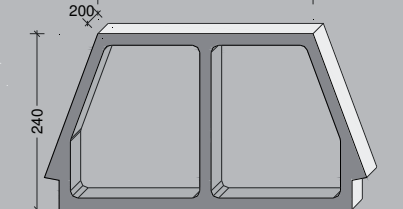
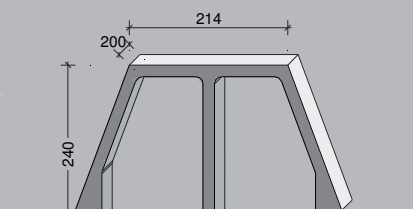
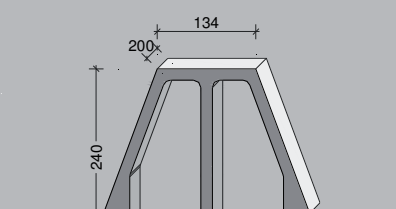
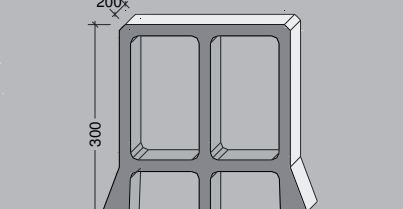
ELEMENTOS DE CÁLCULO

| VIGOTA | MASSA kg/m | ARMADURA | | | | | f_{ck} (2) MPa | ESFORÇOS | | | | |
|--------|---------------|----------|------------------------|---------|---------|-------|---------------------|-------------------|------------------|----------------|---------------|---------------------------|
| | | NÍVEL | PRÉ-ESFORÇO (1) MPa | | | | | ESTADOS LIMITES | | | | |
| | | | na origem | 28 dias | 2 meses | 1 ano | | tempo infinito | ÚLTIMOS | | DE UTILIZAÇÃO | |
| | | | | | | | | | M_{Rd} kN.m | V_{Rd} kN | M_o kN.m | EI kN.m ² |
| V2 | 18,8 | Superior | 1150 | 980 | 960 | 900 | 870 | 20 | 2,24 | 3,56 | 0,78 | 238 |
| | | Inferior | 1250 | 1060 | 1030 | 970 | 920 | | | | | |
| V3 | 18,9 | Superior | 1250 | 1060 | 1030 | 980 | 930 | 20 | 2,74 | 3,56 | 1,17 | 239 |
| | | Inferior | 1250 | 1010 | 970 | 900 | 850 | | | | | |
| V4 | 18,9 | Superior | 1250 | 1040 | 1000 | 940 | 890 | 21 | 2,75 | 3,56 | 1,37 | 239 |
| | | Médio | 1250 | 990 | 950 | 880 | 830 | | | | | |
| | | Inferior | 1250 | 980 | 940 | 860 | 810 | | | | | |
| V5 | 19,0 | Superior | 1250 | 1040 | 1010 | 940 | 890 | 27 | 2,94 | 3,56 | 1,69 | 240 |
| | | Médio | 1250 | 960 | 920 | 830 | 790 | | | | | |
| | | Inferior | 1250 | 930 | 880 | 800 | 750 | | | | | |
| V6 | 19,7 | Superior | 1250 | 1050 | 1020 | 950 | 910 | 34 | 3,43 | 3,77 | 2,20 | 278 |
| | | Médio | 1250 | 920 | 880 | 790 | 740 | | | | | |
| | | Inferior | 1250 | 880 | 830 | 730 | 680 | | | | | |

(1) Valores médios do pré-esforço nas armaduras das vigotas ao fim dos intervalos de tempo indicados. Estes intervalos são definidos a partir da data de moldagem e correspondem ao pré-esforço na origem acima indicado.

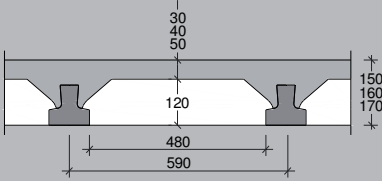
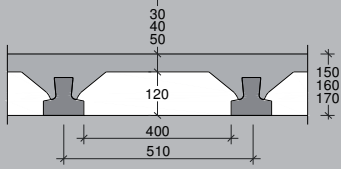
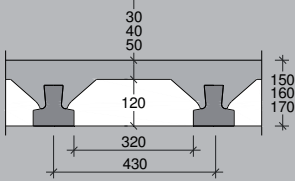
(2) f_{ck} - valor característico da tensão de rotura à compressão do betão das vigotas quando da transmissão do pré-esforço às vigotas, a verificar em ensaios sobre provetes cúbicos de 15 cm de aresta.

GEOMETRIA TRANSVERSAL

| | | |
|--|---|---|
| <p>BN48x12x20</p>  <p>massa = 8,0 kg</p> | <p>BN40x12x20</p>  <p>massa = 7,0 kg</p> | <p>BN32x12x20</p>  <p>massa = 6,0 kg</p> |
| <p>BN24x12x20</p>  <p>massa = 5,0 kg</p> | <p>BN40x16x20</p>  <p>massa = 8,0 kg</p> | <p>BN40x20x20</p>  <p>massa = 9,0 kg</p> |
| <p>BN32x20x20</p>  <p>massa = 7,5 kg</p> | <p>BN24x20x20</p>  <p>massa = 6,5 kg</p> | <p>BN40x24x20</p>  <p>massa = 10,0 kg</p> |
| <p>BN32x24x20</p>  <p>massa = 8,5 kg</p> | <p>BN24x24x20</p>  <p>massa = 7,5 kg</p> | <p>BN24x30x20</p>  <p>massa = 10,0 kg</p> |

ANEXO III.1 – ELEMENTOS DE CÁLCULO

FAPREL

| TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL | ESPESSURA mm | | VIGOTA | PESO PRÓPRIO kN/m ² | ESTADOS LIMITES | | | | |
|---|---|----------------------|--------|--------------------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|------|
| | TOTAL | ACIMA DO BLOCO | | | ÚLTIMOS | | DE UTILIZAÇÃO | | |
| | | | | | M _{RD} kNm/m | V _{RD} kN/m | M _{REK} kNm/m | EI kNm ² /m | |
| V2/V5-BN48x12-15/17  | 150 | 30 | V2 | 2,04 | 9,1 | 12,5 | 4,9 | 3229 | |
| | 160 | 40 | V2 | 2,28 | 9,9 | 13,4 | 5,5 | 3949 | |
| | 170 | 50 | V2 | 2,52 | 10,8 | 14,4 | 6,0 | 4745 | |
| | 150 | 30 | V3 | 2,04 | 12,6 | 12,5 | 7,0 | 3252 | |
| | 160 | 40 | V3 | 2,28 | 13,8 | 13,4 | 7,8 | 3977 | |
| | 170 | 50 | V3 | 2,52 | 14,9 | 14,4 | 8,6 | 4778 | |
| | 150 | 30 | V4 | 2,05 | 15,5 | 12,5 | 8,1 | 3267 | |
| | 160 | 40 | V4 | 2,29 | 17,0 | 13,4 | 9,0 | 3995 | |
| | 170 | 50 | V4 | 2,53 | 18,4 | 14,4 | 10,0 | 4800 | |
| | 150 | 30 | V5 | 2,05 | 18,9 | 12,5 | 9,8 | 3290 | |
| | 160 | 40 | V5 | 2,29 | 20,7 | 13,4 | 10,9 | 4024 | |
| | 170 | 50 | V5 | 2,53 | 22,4 | 14,4 | 12,1 | 4833 | |
| | V2/V5-BN40x12-15/17  | 150 | 30 | V2 | 2,16 | 10,4 | 14,4 | 5,6 | 3560 |
| | | 160 | 40 | V2 | 2,40 | 11,4 | 15,5 | 6,2 | 4357 |
| | | 170 | 50 | V2 | 2,64 | 12,5 | 16,6 | 6,9 | 5238 |
| 150 | | 30 | V3 | 2,16 | 14,5 | 14,4 | 7,9 | 3585 | |
| 160 | | 40 | V3 | 2,40 | 15,8 | 15,5 | 8,8 | 4388 | |
| 170 | | 50 | V3 | 2,64 | 17,2 | 16,6 | 9,8 | 5275 | |
| 150 | | 30 | V4 | 2,17 | 17,8 | 14,4 | 9,2 | 3601 | |
| 160 | | 40 | V4 | 2,41 | 19,5 | 15,5 | 10,2 | 4408 | |
| 170 | | 50 | V4 | 2,65 | 21,2 | 16,6 | 11,3 | 5298 | |
| 150 | | 30 | V5 | 2,17 | 21,7 | 14,4 | 11,1 | 3626 | |
| 160 | | 40 | V5 | 2,41 | 23,7 | 15,5 | 12,4 | 4439 | |
| 170 | | 50 | V5 | 2,65 | 25,7 | 16,6 | 13,7 | 5335 | |
| V2/V5-BN32x12-15/17  | | 150 | 30 | V2 | 2,27 | 12,3 | 17,1 | 6,5 | 3981 |
| | | 160 | 40 | V2 | 2,51 | 13,5 | 18,4 | 7,2 | 4875 |
| | | 170 | 50 | V2 | 2,75 | 14,7 | 19,7 | 8,0 | 5864 |
| | 150 | 30 | V3 | 2,27 | 17,1 | 17,1 | 9,2 | 4009 | |
| | 160 | 40 | V3 | 2,51 | 18,6 | 18,4 | 10,2 | 4909 | |
| | 170 | 50 | V3 | 2,75 | 20,2 | 19,7 | 11,3 | 5904 | |
| | 150 | 30 | V4 | 2,28 | 20,9 | 17,1 | 10,6 | 4026 | |
| | 160 | 40 | V4 | 2,52 | 22,9 | 18,4 | 11,9 | 4930 | |
| | 170 | 50 | V4 | 2,76 | 24,9 | 19,7 | 13,2 | 5929 | |
| | 150 | 30 | V5 | 2,28 | 25,3 | 17,1 | 12,9 | 4054 | |
| | 160 | 40 | V5 | 2,52 | 27,7 | 18,4 | 14,4 | 4964 | |
| | 170 | 50 | V5 | 2,76 | 30,1 | 19,7 | 15,9 | 5969 | |

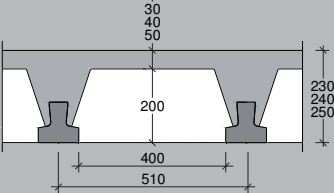
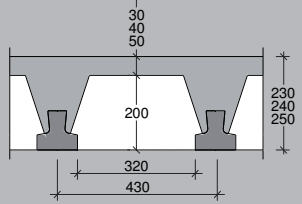
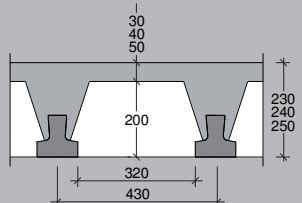
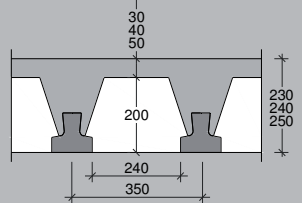
ANEXO III.2 – ELEMENTOS DE CÁLCULO

FAPREL

| TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL | ESPESSURA mm | | VIGOTA | PESO PRÓPRIO kN/m ² | ESTADOS LIMITES | | | |
|--|-----------------|----------------------|--------|--------------------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | TOTAL | ACIMA DO BLOCO | | | ÚLTIMOS | | DE UTILIZAÇÃO | |
| | | | | | M _{Rd} kNm/m | V _{Rd} kN/m | M _{ick} kNm/m | EI kNm ² /m |
| | 150 | 30 | V2 | 2,48 | 15,0 | 21,0 | 7,7 | 4538 |
| | 160 | 40 | V2 | 2,72 | 16,4 | 22,6 | 8,6 | 5549 |
| | 170 | 50 | V2 | 2,96 | 17,9 | 24,2 | 9,6 | 6672 |
| | 150 | 30 | V3 | 2,49 | 20,7 | 21,0 | 10,9 | 4569 |
| | 160 | 40 | V3 | 2,73 | 22,6 | 22,6 | 12,2 | 5588 |
| | 170 | 50 | V3 | 2,97 | 24,6 | 24,2 | 13,6 | 6717 |
| | 150 | 30 | V4 | 2,50 | 25,2 | 21,0 | 12,7 | 4587 |
| | 160 | 40 | V4 | 2,74 | 27,7 | 22,6 | 14,2 | 5611 |
| | 170 | 50 | V4 | 2,98 | 30,1 | 24,2 | 15,7 | 6745 |
| | 150 | 30 | V5 | 2,51 | 30,5 | 21,0 | 15,4 | 4619 |
| | 160 | 40 | V5 | 2,75 | 33,4 | 22,6 | 17,2 | 5649 |
| | 170 | 50 | V5 | 2,99 | 36,3 | 24,2 | 19,0 | 6790 |
| | 190 | 30 | V3 | 2,56 | 19,9 | 18,9 | 11,8 | 7094 |
| | 200 | 40 | V3 | 2,80 | 21,2 | 20,0 | 12,9 | 8438 |
| | 210 | 50 | V3 | 3,04 | 22,5 | 21,1 | 13,9 | 9862 |
| | 190 | 30 | V4 | 2,56 | 24,5 | 18,9 | 13,7 | 7124 |
| | 200 | 40 | V4 | 2,80 | 26,2 | 20,0 | 14,9 | 8474 |
| | 210 | 50 | V4 | 3,04 | 27,9 | 21,1 | 16,1 | 9905 |
| | 190 | 30 | V5 | 2,57 | 29,7 | 18,9 | 16,6 | 7168 |
| | 200 | 40 | V5 | 2,81 | 31,7 | 20,0 | 18,1 | 8525 |
| | 210 | 50 | V5 | 3,05 | 33,7 | 21,1 | 19,5 | 9963 |
| | 190 | 30 | V6 | 2,57 | 35,4 | 18,9 | 19,7 | 7217 |
| | 200 | 40 | V6 | 2,81 | 37,8 | 20,0 | 21,4 | 8584 |
| | 210 | 50 | V6 | 3,05 | 40,2 | 21,1 | 23,1 | 10032 |
| | 230 | 30 | V3 | 2,72 | 25,2 | 23,3 | 16,1 | 11828 |
| | 240 | 40 | V3 | 2,96 | 26,6 | 24,4 | 17,2 | 13828 |
| | 250 | 50 | V3 | 3,20 | 27,9 | 25,5 | 18,2 | 15864 |
| | 230 | 30 | V4 | 2,73 | 31,2 | 23,3 | 18,7 | 11877 |
| | 240 | 40 | V4 | 2,97 | 32,9 | 24,4 | 19,9 | 13887 |
| | 250 | 50 | V4 | 3,21 | 34,6 | 25,5 | 21,2 | 15932 |
| | 230 | 30 | V5 | 2,73 | 37,8 | 23,3 | 22,6 | 11944 |
| | 240 | 40 | V5 | 2,97 | 39,8 | 24,4 | 24,1 | 13965 |
| | 250 | 50 | V5 | 3,21 | 41,8 | 25,5 | 25,6 | 16020 |

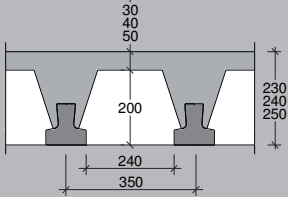
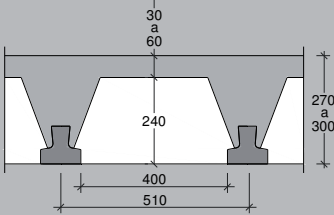
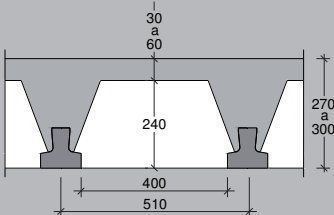
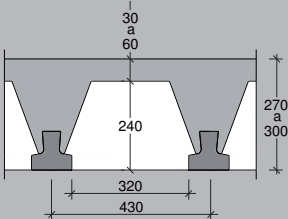
ANEXO III.3 – ELEMENTOS DE CÁLCULO

FAPREL

| TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL | ESPESSURA mm | | VIGOTA | PESO PRÓPRIO kN/m ² | ESTADOS LIMITES | | | |
|---|-----------------|----------------------|--------|--------------------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | TOTAL | ACIMA DO BLOCO | | | ÚLTIMOS | | DE UTILIZAÇÃO | |
| | | | | | M _{Rd} kNm/m | V _{Rd} kN/m | M _{Req} kNm/m | EI kNm ² /m |
| V6-BN40x20-23/25  | 230 | 30 | V6 | 2,74 | 45,0 | 23,3 | 26,8 | 12024 |
| | 240 | 40 | V6 | 2,98 | 47,4 | 24,4 | 28,7 | 14059 |
| | 250 | 50 | V6 | 3,22 | 49,8 | 25,5 | 30,4 | 16128 |
| | | | | | | | | |
| V3/V5-BN32x20-23/25  | 230 | 30 | V3 | 2,92 | 29,8 | 27,6 | 18,7 | 13219 |
| | 240 | 40 | V3 | 3,16 | 31,4 | 28,9 | 20,0 | 15443 |
| | 250 | 50 | V3 | 3,40 | 32,9 | 30,3 | 21,3 | 17723 |
| | 230 | 30 | V4 | 2,92 | 36,8 | 27,6 | 21,7 | 13273 |
| | 240 | 40 | V4 | 3,16 | 38,8 | 28,9 | 23,3 | 15507 |
| | 250 | 50 | V4 | 3,40 | 40,8 | 30,3 | 24,7 | 17798 |
| | 230 | 30 | V5 | 2,93 | 44,5 | 27,6 | 26,3 | 13348 |
| | 240 | 40 | V5 | 3,17 | 46,8 | 28,9 | 28,1 | 15593 |
| | 250 | 50 | V5 | 3,41 | 49,2 | 30,3 | 29,9 | 17895 |
| | | | | | | | | |
| V6-BN32x20-23/25  | 230 | 30 | V6 | 2,94 | 53,0 | 27,6 | 31,2 | 13435 |
| | 240 | 40 | V6 | 3,18 | 55,7 | 28,9 | 33,4 | 15696 |
| | 250 | 50 | V6 | 3,42 | 58,5 | 30,3 | 35,5 | 18014 |
| | | | | | | | | |
| V3/V5-BN24x20-23/25  | 230 | 30 | V3 | 3,29 | 36,3 | 33,9 | 22,4 | 15116 |
| | 240 | 40 | V3 | 3,53 | 38,3 | 35,6 | 24,1 | 17611 |
| | 250 | 50 | V3 | 3,77 | 40,2 | 37,2 | 25,6 | 20197 |
| | 230 | 30 | V4 | 3,30 | 44,8 | 33,9 | 26,0 | 15177 |
| | 240 | 40 | V4 | 3,54 | 47,2 | 35,6 | 27,9 | 17682 |
| | 250 | 50 | V4 | 3,78 | 49,7 | 37,2 | 29,7 | 20280 |
| | 230 | 30 | V5 | 3,31 | 54,1 | 33,9 | 31,5 | 15261 |
| | 240 | 40 | V5 | 3,55 | 56,9 | 35,6 | 33,8 | 17779 |
| | 250 | 50 | V5 | 3,79 | 59,9 | 37,2 | 36,0 | 20390 |

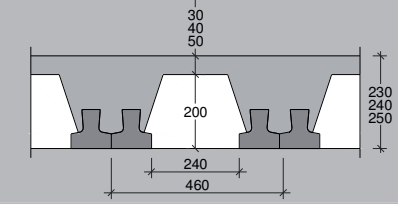
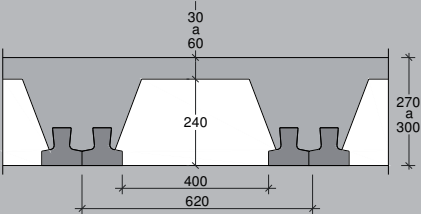
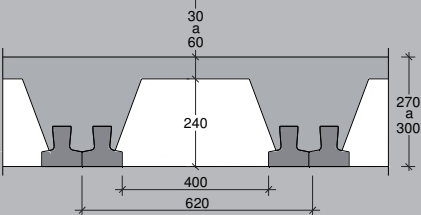
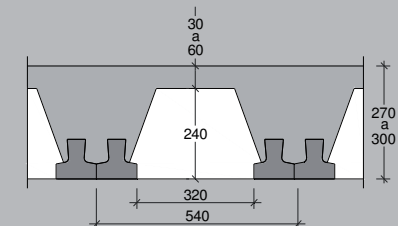
ANEXO III.4 – ELEMENTOS DE CÁLCULO

FAPREL

| TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL | ESPESSURA <i>mm</i> | | VIGOTA | PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i> | ESTADOS LÍMITES | | | |
|---|------------------------|----------------------|--------|--|-----------------------|-----------------------|------------------------|--------------------------|
| | TOTAL | ACIMA DO BLOCO | | | ÚLTIMOS | | DE UTILIZAÇÃO | |
| | | | | | <i>M_{Rd}</i> | <i>V_{Rd}</i> | <i>M_{ick}</i> | <i>E_i</i> |
| | | | | | <i>kNm/m</i> | <i>kN/m</i> | <i>kNm/m</i> | <i>kNm²/m</i> |
| V6-BN24x20-23/25  | 230 | 30 | V6 | 3,32 | 64,1 | 33,9 | 37,3 | 15359 |
| | 240 | 40 | V6 | 3,56 | 67,6 | 35,6 | 40,1 | 17894 |
| | 250 | 50 | V6 | 3,80 | 71,0 | 37,2 | 42,7 | 20521 |
| | | | | | | | | |
| V3/V5-BN40x24-27/30  | 270 | 30 | V3 | 3,24 | 30,6 | 27,7 | 20,4 | 18897 |
| | 280 | 40 | V3 | 3,48 | 31,9 | 28,8 | 21,6 | 21734 |
| | 290 | 50 | V3 | 3,72 | 33,3 | 30,0 | 22,7 | 24615 |
| | 300 | 60 | V3 | 3,96 | 34,6 | 31,1 | 23,7 | 27580 |
| | 270 | 30 | V4 | 3,25 | 37,9 | 27,7 | 23,7 | 18971 |
| | 280 | 40 | V4 | 3,49 | 39,6 | 28,8 | 25,1 | 21819 |
| | 290 | 50 | V4 | 3,73 | 41,3 | 30,0 | 26,3 | 24711 |
| | 300 | 60 | V4 | 3,97 | 43,0 | 31,1 | 27,6 | 27687 |
| | 270 | 30 | V5 | 3,25 | 45,8 | 27,7 | 28,7 | 19066 |
| | 280 | 40 | V5 | 3,49 | 47,8 | 28,8 | 30,3 | 21927 |
| | 290 | 50 | V5 | 3,73 | 49,8 | 30,0 | 31,8 | 24831 |
| | 300 | 60 | V5 | 3,97 | 51,8 | 31,1 | 33,3 | 27819 |
| V6-BN40x24-27/30  | 270 | 30 | V6 | 3,26 | 54,6 | 27,7 | 34,1 | 19184 |
| | 280 | 40 | V6 | 3,50 | 56,9 | 28,8 | 36,1 | 22063 |
| | 290 | 50 | V6 | 3,74 | 59,3 | 30,0 | 38,0 | 24984 |
| | 300 | 60 | V6 | 3,98 | 61,7 | 31,1 | 39,8 | 27990 |
| | | | | | | | | |
| V3/V5-BN32x24-27/30  | 270 | 30 | V3 | 3,51 | 36,1 | 32,9 | 23,8 | 21205 |
| | 280 | 40 | V3 | 3,75 | 37,7 | 34,2 | 25,2 | 24311 |
| | 290 | 50 | V3 | 3,99 | 39,3 | 35,5 | 26,5 | 27497 |
| | 300 | 60 | V3 | 4,23 | 40,9 | 36,8 | 27,8 | 30798 |
| | 270 | 30 | V4 | 3,52 | 44,7 | 32,9 | 27,7 | 21287 |
| | 280 | 40 | V4 | 3,76 | 46,7 | 34,2 | 29,3 | 24406 |
| | 290 | 50 | V4 | 4,00 | 48,7 | 35,5 | 30,8 | 27603 |
| | 300 | 60 | V4 | 4,24 | 50,7 | 36,8 | 32,3 | 30916 |
| | 270 | 30 | V5 | 3,53 | 54,0 | 32,9 | 33,4 | 21394 |
| | 280 | 40 | V5 | 3,77 | 56,4 | 34,2 | 35,4 | 24526 |
| | 290 | 50 | V5 | 4,01 | 58,7 | 35,5 | 37,2 | 27737 |
| | 300 | 60 | V5 | 4,25 | 61,1 | 36,8 | 39,0 | 31062 |

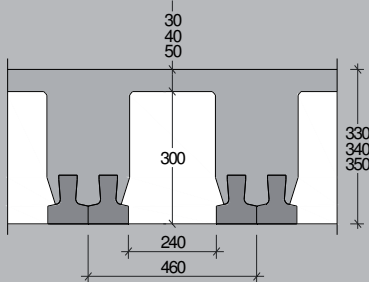
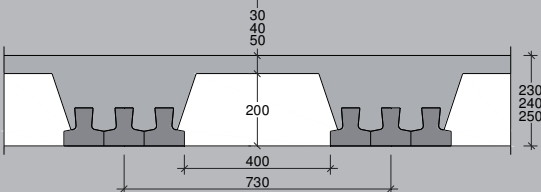
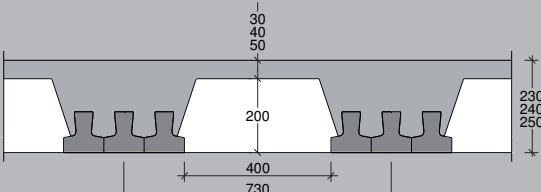
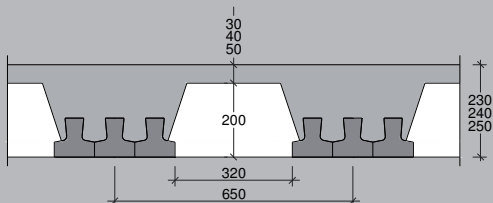
ANEXO III.8 – ELEMENTOS DE CÁLCULO

FAPREL

| 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>M_{Rd}</i> <i>kNm/m</i> | <i>V_{Rd}</i> <i>kN/m</i> | <i>M_{ick}</i> <i>kNm/m</i> | <i>EI</i> <i>kNm²/m</i> |
| 2V6-BN24x20-23/25 | 230 | 30 | V6 | 3,88 | 90,9 | 60,8 | 53,5 | 20204 |
|  | 240 | 40 | V6 | 4,12 | 97,9 | 63,7 | 57,7 | 23458 |
| | 250 | 50 | V6 | 4,36 | 104,1 | 66,6 | 61,7 | 26883 |
| 2V3/2V5-BN40x24-27/30 | 270 | 30 | V3 | 3,83 | 49,6 | 54,3 | 31,9 | 26243 |
|  | 280 | 40 | V3 | 4,07 | 51,8 | 56,4 | 33,9 | 30109 |
| | 290 | 50 | V3 | 4,31 | 54,0 | 58,6 | 35,7 | 34092 |
| | 300 | 60 | V3 | 4,55 | 56,2 | 60,8 | 37,5 | 38223 |
| | 270 | 30 | V4 | 3,84 | 61,4 | 54,3 | 37,0 | 26337 |
| | 280 | 40 | V4 | 4,08 | 64,0 | 56,4 | 39,3 | 30218 |
| | 290 | 50 | V4 | 4,32 | 66,8 | 58,6 | 41,5 | 34215 |
| | 300 | 60 | V4 | 4,56 | 69,5 | 60,8 | 43,5 | 38361 |
| | 270 | 30 | V5 | 3,85 | 73,8 | 54,3 | 44,7 | 26463 |
| | 280 | 40 | V5 | 4,09 | 77,0 | 56,4 | 47,5 | 30359 |
| | 290 | 50 | V5 | 4,33 | 80,3 | 58,6 | 50,1 | 34373 |
| | 300 | 60 | V5 | 4,57 | 83,6 | 60,8 | 52,6 | 38535 |
| 2V6-BN40x24-27/30 | 270 | 30 | V6 | 3,86 | 87,4 | 54,5 | 53,2 | 26613 |
|  | 280 | 40 | V6 | 4,10 | 91,4 | 56,7 | 56,5 | 30532 |
| | 290 | 50 | V6 | 4,34 | 95,2 | 58,9 | 59,7 | 34568 |
| | 300 | 60 | V6 | 4,58 | 99,2 | 61,1 | 62,7 | 38753 |
| 2V3/2V5-BN32x24-27/30 | 270 | 30 | V3 | 4,14 | 56,7 | 62,3 | 36,0 | 28799 |
|  | 280 | 40 | V3 | 4,38 | 59,2 | 64,8 | 38,2 | 32893 |
| | 290 | 50 | V3 | 4,62 | 61,7 | 67,3 | 40,4 | 37146 |
| | 300 | 60 | V3 | 4,86 | 64,2 | 69,8 | 42,4 | 41585 |
| | 270 | 30 | V4 | 4,15 | 70,0 | 62,3 | 41,8 | 28902 |
| | 280 | 40 | V4 | 4,39 | 73,0 | 64,8 | 44,4 | 33010 |
| | 290 | 50 | V4 | 4,63 | 76,2 | 67,3 | 46,9 | 37279 |
| | 300 | 60 | V4 | 4,87 | 79,4 | 69,8 | 49,3 | 41733 |
| | 270 | 30 | V5 | 4,15 | 84,0 | 62,3 | 50,5 | 29039 |
| | 280 | 40 | V5 | 4,39 | 87,8 | 64,8 | 53,7 | 33164 |
| | 290 | 50 | V5 | 4,63 | 91,5 | 67,3 | 56,7 | 37450 |
| | 300 | 60 | V5 | 4,87 | 95,3 | 69,8 | 59,6 | 41922 |

ANEXO III.10 – ELEMENTOS DE CÁLCULO

FAPREL

| TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL | ESPESSURA mm | | VIGOTA | PESO PRÓPRIO kN/m ² | ESTADOS LIMITES | | | |
|---|-----------------|----------------------|--------|--------------------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | TOTAL | ACIMA DO BLOCO | | | ÚLTIMOS | | DE UTILIZAÇÃO | |
| | | | | | M _{Rd} kNm/m | V _{Rd} kN/m | M _{ctk} kNm/m | EI kNm ² /m |
| 2V6-BN24x30-33/35  | 330 | 30 | V6 | 5,31 | 145,3 | 91,1 | 92,9 | 54974 |
| | 340 | 40 | V6 | 5,55 | 152,0 | 94,1 | 97,9 | 62088 |
| | 350 | 50 | V6 | 5,79 | 157,5 | 97,0 | 102,6 | 69367 |
| 3V3/3V5-BN40x20-23/25  | 230 | 30 | V3 | 3,59 | 51,4 | 57,1 | 30,7 | 19169 |
| | 240 | 40 | V3 | 3,83 | 54,1 | 59,8 | 33,1 | 22363 |
| | 250 | 50 | V3 | 4,07 | 56,9 | 62,6 | 35,3 | 25706 |
| | 230 | 30 | V4 | 3,60 | 63,0 | 57,1 | 35,6 | 19237 |
| | 240 | 40 | V4 | 3,84 | 66,5 | 59,8 | 38,4 | 22444 |
| | 250 | 50 | V4 | 4,08 | 70,0 | 62,6 | 41,0 | 25799 |
| | 230 | 30 | V5 | 3,61 | 75,2 | 57,1 | 43,0 | 19335 |
| | 240 | 40 | V5 | 3,85 | 79,7 | 59,8 | 46,4 | 22557 |
| | 250 | 50 | V5 | 4,09 | 83,9 | 62,6 | 49,6 | 25927 |
| 3V6-BN40x20-23/25  | 230 | 30 | V6 | 3,62 | 86,7 | 57,5 | 51,0 | 19446 |
| | 240 | 40 | V6 | 3,86 | 93,5 | 60,2 | 55,0 | 22687 |
| | 250 | 50 | V6 | 4,10 | 99,0 | 63,0 | 58,8 | 26077 |
| 3V3/3V5-BN32x20-23/25  | 230 | 30 | V3 | 3,83 | 57,3 | 64,2 | 33,9 | 20652 |
| | 240 | 40 | V3 | 4,07 | 60,4 | 67,2 | 36,5 | 24003 |
| | 250 | 50 | V3 | 4,31 | 63,5 | 70,3 | 39,0 | 27534 |
| | 230 | 30 | V4 | 3,84 | 69,9 | 64,2 | 39,3 | 20724 |
| | 240 | 40 | V4 | 4,08 | 74,0 | 67,2 | 42,4 | 24088 |
| | 250 | 50 | V4 | 4,32 | 77,9 | 70,3 | 45,3 | 27632 |
| | 230 | 30 | V5 | 3,85 | 82,5 | 64,2 | 47,5 | 20829 |
| | 240 | 40 | V5 | 4,09 | 88,4 | 67,2 | 51,2 | 24209 |
| | 250 | 50 | V5 | 4,33 | 93,2 | 70,3 | 54,8 | 27769 |

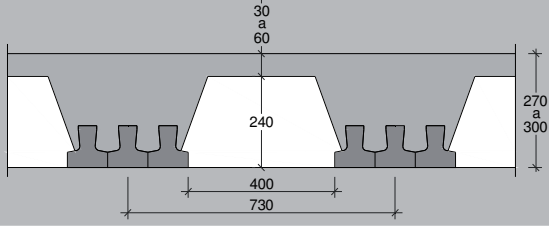
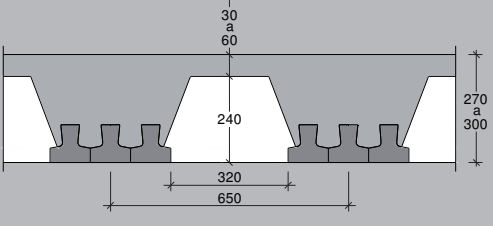
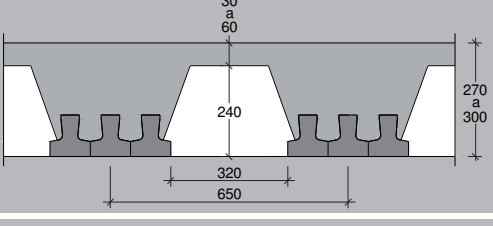
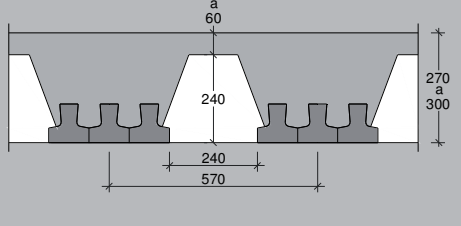
ANEXO III.11 – ELEMENTOS DE CÁLCULO

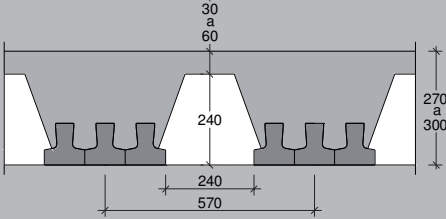
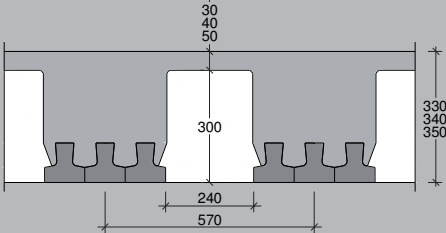
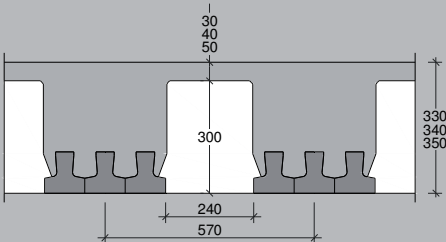
FAPREL

| TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL | ESPESSURA mm | | VIGOTA | PESO PRÓPRIO kN/m ² | ESTADOS LIMITES | | | |
|--|-----------------|----------------------|--------|--------------------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | TOTAL | ACIMA DO BLOCO | | | ÚLTIMOS | | DE UTILIZAÇÃO | |
| | | | | | M _{Rd} kNm/m | V _{Rd} kN/m | M _{Req} kNm/m | EI kNm ² /m |
| 3V6-BN32x20-23/25 | 230 | 30 | V6 | 3,86 | 95,0 | 64,6 | 56,2 | 20948 |
| | 240 | 40 | V6 | 4,10 | 102,4 | 67,7 | 60,7 | 24348 |
| | 250 | 50 | V6 | 4,34 | 109,2 | 70,7 | 65,0 | 27928 |
| | | | | | | | | |
| 3V3/3V5-BN24x20-23/25 | 230 | 30 | V3 | 4,19 | 64,6 | 73,2 | 37,9 | 22498 |
| | 240 | 40 | V3 | 4,43 | 68,2 | 76,6 | 40,8 | 26020 |
| | 250 | 50 | V3 | 4,67 | 71,8 | 80,1 | 43,7 | 29759 |
| | 230 | 30 | V4 | 4,20 | 78,4 | 73,2 | 43,9 | 22575 |
| | 240 | 40 | V4 | 4,44 | 83,3 | 76,6 | 47,4 | 26111 |
| | 250 | 50 | V4 | 4,68 | 87,8 | 80,1 | 50,7 | 29863 |
| | 230 | 30 | V5 | 4,21 | 91,7 | 73,2 | 53,1 | 22690 |
| | 240 | 40 | V5 | 4,45 | 98,4 | 76,6 | 57,2 | 26241 |
| | 250 | 50 | V5 | 4,69 | 104,6 | 80,1 | 61,3 | 30010 |
| | | | | | | | | |
| 3V6-BN24x20-23/25 | 230 | 30 | V6 | 4,23 | 105,4 | 73,6 | 62,8 | 22819 |
| | 240 | 40 | V6 | 4,47 | 113,5 | 77,1 | 67,8 | 26390 |
| | 250 | 50 | V6 | 4,71 | 121,1 | 80,7 | 72,6 | 30180 |
| | | | | | | | | |
| 3V3/3V5-BN40x24-27/30 | 270 | 30 | V3 | 4,25 | 62,7 | 68,9 | 39,4 | 30649 |
| | 280 | 40 | V3 | 4,49 | 65,4 | 71,7 | 41,9 | 35030 |
| | 290 | 50 | V3 | 4,73 | 68,2 | 74,4 | 44,3 | 39586 |
| | 300 | 60 | V3 | 4,97 | 71,0 | 77,2 | 46,6 | 44342 |
| | 270 | 30 | V4 | 4,26 | 77,1 | 68,9 | 45,8 | 30756 |
| | 280 | 40 | V4 | 4,50 | 80,6 | 71,7 | 48,7 | 35152 |
| | 290 | 50 | V4 | 4,74 | 84,1 | 74,4 | 51,4 | 39724 |
| | 300 | 60 | V4 | 4,98 | 87,6 | 77,2 | 54,1 | 44495 |
| | 270 | 30 | V5 | 4,27 | 92,3 | 68,9 | 55,3 | 30899 |
| | 280 | 40 | V5 | 4,51 | 96,7 | 71,7 | 58,8 | 35313 |
| | 290 | 50 | V5 | 4,75 | 100,8 | 74,4 | 62,2 | 39903 |
| | 300 | 60 | V5 | 4,99 | 105,0 | 77,2 | 65,4 | 44693 |
| | | | | | | | | |

ANEXO III.12 – ELEMENTOS DE CÁLCULO

FAPREL

| TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL | ESPESSURA <i>mm</i> | | VIGOTA | PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i> | ESTADOS LÍMITES | | | |
|---|------------------------|----------------------|--------|--|---------------------------------------|--------------------------------------|--|--|
| | TOTAL | ACIMA DO BLOCO | | | ÚLTIMOS | | DE UTILIZAÇÃO | |
| | | | | | <i>M_{Rd}</i> <i>kNm/m</i> | <i>V_{Rd}</i> <i>kN/m</i> | <i>M_{ick}</i> <i>kNm/m</i> | <i>E_i</i> <i>kNm²/m</i> |
| 3V6-BN40x24-27/30  | 270 | 30 | V6 | 4,28 | 108,0 | 69,3 | 65,7 | 31068 |
| | 280 | 40 | V6 | 4,52 | 114,1 | 72,1 | 69,9 | 35506 |
| | 290 | 50 | V6 | 4,76 | 119,1 | 74,9 | 73,9 | 40121 |
| | 300 | 60 | V6 | 5,00 | 124,1 | 77,7 | 77,9 | 44937 |
| | | | | | | | | |
| 3V3/3V5-BN32x24-27/30  | 270 | 30 | V3 | 4,55 | 69,9 | 77,4 | 43,6 | 33165 |
| | 280 | 40 | V3 | 4,79 | 73,0 | 80,5 | 46,4 | 37733 |
| | 290 | 50 | V3 | 5,03 | 76,2 | 83,6 | 49,0 | 42515 |
| | 300 | 60 | V3 | 5,27 | 79,3 | 86,7 | 51,6 | 47534 |
| | 270 | 30 | V4 | 4,56 | 85,9 | 77,4 | 50,6 | 33279 |
| | 280 | 40 | V4 | 4,80 | 89,8 | 80,5 | 53,8 | 37863 |
| | 290 | 50 | V4 | 5,04 | 93,7 | 83,6 | 56,9 | 42661 |
| | 300 | 60 | V4 | 5,28 | 97,7 | 86,7 | 59,9 | 47697 |
| | 270 | 30 | V5 | 4,57 | 102,4 | 77,4 | 61,2 | 33434 |
| | 280 | 40 | V5 | 4,81 | 107,5 | 80,5 | 65,1 | 38036 |
| | 290 | 50 | V5 | 5,05 | 112,2 | 83,6 | 68,8 | 42853 |
| | 300 | 60 | V5 | 5,29 | 117,0 | 86,7 | 72,4 | 47908 |
| 3V6-BN32x24-27/30  | 270 | 30 | V6 | 4,58 | 118,8 | 77,9 | 72,6 | 33617 |
| | 280 | 40 | V6 | 4,82 | 126,3 | 81,0 | 77,3 | 38243 |
| | 290 | 50 | V6 | 5,06 | 132,3 | 84,1 | 81,8 | 43086 |
| | 300 | 60 | V6 | 5,30 | 137,9 | 87,2 | 86,2 | 48167 |
| | | | | | | | | |
| 3V3/3V5-BN24x24-27/30  | 270 | 30 | V3 | 5,02 | 79,1 | 88,2 | 48,9 | 36323 |
| | 280 | 40 | V3 | 5,26 | 82,7 | 91,8 | 52,0 | 41092 |
| | 290 | 50 | V3 | 5,50 | 86,2 | 95,3 | 54,9 | 46121 |
| | 300 | 60 | V3 | 5,74 | 89,9 | 98,8 | 57,9 | 51429 |
| | 270 | 30 | V4 | 5,03 | 96,7 | 88,2 | 56,8 | 36448 |
| | 280 | 40 | V4 | 5,27 | 101,4 | 91,8 | 60,3 | 41232 |
| | 290 | 50 | V4 | 5,51 | 105,9 | 95,3 | 63,8 | 46278 |
| | 300 | 60 | V4 | 5,75 | 110,4 | 98,8 | 67,2 | 51603 |
| | 270 | 30 | V5 | 5,04 | 114,8 | 88,2 | 68,6 | 36618 |
| | 280 | 40 | V5 | 5,28 | 121,0 | 91,8 | 72,9 | 41421 |
| | 290 | 50 | V5 | 5,52 | 126,5 | 95,3 | 77,1 | 46486 |
| | 300 | 60 | V5 | 5,76 | 131,9 | 98,8 | 81,2 | 51831 |

| TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL | ESPESSURA mm | | VIGOTA | PESO PRÓPRIO kN/m ² | ESTADOS LIMITES | | | |
|--|-----------------|----------------------|--------|--------------------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------------------|
| | TOTAL | ACIMA DO BLOCO | | | ÚLTIMOS | | DE UTILIZAÇÃO | |
| | | | | | M _{Rd} kNm/m | V _{Rd} kN/m | M _{Edk} kNm/m | E _I kNm ² /m |
| 3V6-BN24x24-27/30  | 270 | 30 | V6 | 5,06 | 132,6 | 88,8 | 81,4 | 36817 |
| | 280 | 40 | V6 | 5,30 | 140,5 | 92,4 | 86,6 | 41645 |
| | 290 | 50 | V6 | 5,54 | 148,1 | 95,9 | 91,6 | 46736 |
| | 300 | 60 | V6 | 5,78 | 155,1 | 99,5 | 96,6 | 52108 |
| | | | | | | | | |
| 3V3/3V5-BN24x30-33/35  | 330 | 30 | V3 | 5,80 | 100,9 | 109,4 | 65,8 | 62229 |
| | 340 | 40 | V3 | 6,04 | 104,4 | 112,9 | 69,3 | 69752 |
| | 350 | 50 | V3 | 6,28 | 107,9 | 116,5 | 72,5 | 77530 |
| | 330 | 30 | V4 | 5,82 | 123,9 | 109,4 | 76,4 | 62424 |
| | 340 | 40 | V4 | 6,06 | 128,7 | 112,9 | 80,4 | 69970 |
| | 350 | 50 | V4 | 6,30 | 133,1 | 116,5 | 84,2 | 77771 |
| | 330 | 30 | V5 | 5,83 | 147,2 | 109,4 | 92,3 | 62676 |
| | 340 | 40 | V5 | 6,07 | 153,6 | 112,9 | 97,2 | 70247 |
| | 350 | 50 | V5 | 6,31 | 159,2 | 116,5 | 101,7 | 78074 |
| | | | | | | | | |
| 3V6-BN24x30-33/35  | 330 | 30 | V6 | 5,84 | 170,3 | 110,8 | 109,9 | 62986 |
| | 340 | 40 | V6 | 6,08 | 179,7 | 114,4 | 115,8 | 70593 |
| | 350 | 50 | V6 | 6,32 | 187,4 | 118,0 | 121,3 | 78457 |
| | | | | | | | | |

ANEXO IV.1 – ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

FAPREL

| TIPO | 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 |
| V2/V5-BN48x12-15/17 | 150 | 1,69 | 8,47 | 43,2 | V2 | 86 | 50 | 40 |
| | 160 | | | 53,2 | V3 | 114 | 67 | 54 |
| | 170 | | | 63,2 | V4 | 143 | 84 | 67 |
| | | | | | V5 | 171 | 101 | 81 |
| V2/V5-BN40x12-15/17 | 150 | 1,96 | 9,80 | 45,4 | V2 | 99 | 58 | 47 |
| | 160 | | | 55,4 | V3 | 132 | 78 | 62 |
| | 170 | | | 65,4 | V4 | 165 | 97 | 78 |
| | | | | | V5 | 198 | 116 | 93 |
| V2/V5-BN32x12-15/17 | 150 | 2,33 | 11,63 | 48,4 | V2 | 118 | 69 | 55 |
| | 160 | | | 58,4 | V3 | 157 | 92 | 74 |
| | 170 | | | 68,4 | V4 | 196 | 115 | 92 |
| | | | | | V5 | 235 | 138 | 110 |
| V2/V5-BN24x12-15/17 | 150 | 2,86 | 14,29 | 52,3 | V2 | 144 | 85 | 68 |
| | 160 | | | 62,3 | V3 | 193 | 113 | 90 |
| | 170 | | | 72,3 | V4 | 241 | 141 | 113 |
| | | | | | V5 | 289 | 170 | 136 |
| V3/V5-BN40x16-19/21 | 190 | 1,96 | 9,80 | 58,5 | V3 | 132 | 78 | 62 |
| | 200 | | | 68,5 | V4 | 165 | 97 | 78 |
| | 210 | | | 78,5 | V5 | 198 | 116 | 93 |
| V6-BN40x16-19/21 | 190 | 1,96 | 9,80 | 58,0 | V6 | 235 | 138 | 111 |
| | 200 | | | 68,0 | | | | |
| | 210 | | | 78,0 | | | | |
| V3/V5-BN40x20-23/25 | 230 | 1,96 | 9,80 | 61,7 | V3 | 132 | 78 | 62 |
| | 240 | | | 71,7 | V4 | 165 | 97 | 78 |
| | 250 | | | 81,7 | V5 | 198 | 116 | 93 |
| V6-BN40x20-23/25 | 230 | 1,96 | 9,80 | 61,2 | V6 | 235 | 138 | 111 |
| | 240 | | | 71,2 | | | | |
| | 250 | | | 81,2 | | | | |
| V3/V5-BN32x20-23/25 | 230 | 2,33 | 11,63 | 67,6 | V3 | 157 | 92 | 74 |
| | 240 | | | 77,6 | V4 | 196 | 115 | 92 |
| | 250 | | | 87,6 | V5 | 235 | 138 | 110 |
| V6-BN32x20-23/25 | 230 | 2,33 | 11,63 | 67,0 | V6 | 279 | 164 | 131 |
| | 240 | | | 77,0 | | | | |
| | 250 | | | 87,0 | | | | |
| V3/V5-BN24x20-23/25 | 230 | 2,86 | 14,29 | 76,2 | V3 | 193 | 113 | 90 |
| | 240 | | | 86,2 | V4 | 241 | 141 | 113 |
| | 250 | | | 96,2 | V5 | 289 | 170 | 136 |

ANEXO IV.2 – ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

FAPREL

| TIPO | 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 |
| V6-BN24x20-23/25 | 230 | 2,86 | 14,29 | 75,5 | V6 | 343 | 201 | 161 |
| | 240 | | | 85,5 | | | | |
| | 250 | | | 95,5 | | | | |
| V3/V5-BN40x24-27/30 | 270 | 1,96 | 9,80 | 79,4 | V3 | 132 | 78 | 62 |
| | 280 | | | 89,4 | V4 | 165 | 97 | 78 |
| | 290 | | | 99,4 | V5 | 198 | 116 | 93 |
| | 300 | | | 109,4 | | | | |
| V6-BN40x24-27/30 | 270 | 1,96 | 9,80 | 78,9 | V6 | 235 | 138 | 111 |
| | 280 | | | 88,9 | | | | |
| | 290 | | | 98,9 | | | | |
| | 300 | | | 108,9 | | | | |
| V3/V5-BN32x24-27/30 | 270 | 2,33 | 11,63 | 88,6 | V3 | 157 | 92 | 74 |
| | 280 | | | 98,6 | V4 | 196 | 115 | 92 |
| | 290 | | | 108,6 | V5 | 235 | 138 | 110 |
| | 300 | | | 118,6 | | | | |
| V6-BN32x24-27/30 | 270 | 2,33 | 11,63 | 88,0 | V6 | 279 | 164 | 131 |
| | 280 | | | 98,0 | | | | |
| | 290 | | | 108,0 | | | | |
| | 300 | | | 118,0 | | | | |
| V3/V5-BN24x24-27/30 | 270 | 2,86 | 14,29 | 101,9 | V3 | 193 | 113 | 90 |
| | 280 | | | 111,9 | V4 | 241 | 141 | 113 |
| | 290 | | | 121,9 | V5 | 289 | 170 | 136 |
| | 300 | | | 131,9 | | | | |
| V6-BN24x24-27/30 | 270 | 2,86 | 14,29 | 101,2 | V6 | 343 | 201 | 161 |
| | 280 | | | 111,2 | | | | |
| | 290 | | | 121,2 | | | | |
| | 300 | | | 131,2 | | | | |
| V3/V5-BN24x30-33/35 | 330 | 2,86 | 14,29 | 102,9 | V3 | 193 | 113 | 90 |
| | 340 | | | 112,9 | V4 | 241 | 141 | 113 |
| | 350 | | | 122,9 | V5 | 289 | 170 | 136 |
| V6-BN24x30-33/35 | 330 | 2,86 | 14,29 | 102,2 | V6 | 343 | 201 | 161 |
| | 340 | | | 112,2 | | | | |
| | 350 | | | 122,2 | | | | |

ANEXO IV.3 – ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

FAPREL

| TIPO | 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 |
| 2V3/2V5-BN40x16-19/21 | 190 | 3,23 | 8,06 | 69,6 | V3 | 217 | 128 | 102 |
| | 200 | | | 79,6 | V4 | 272 | 160 | 128 |
| | 210 | | | 89,6 | V5 | 326 | 192 | 153 |
| 2V6-BN40x16-19/21 | 190 | 3,23 | 8,06 | 68,8 | V6 | 387 | 227 | 182 |
| | 200 | | | 78,8 | | | | |
| | 210 | | | 88,8 | | | | |
| 2V3/2V5-BN40x20-23/25 | 230 | 3,23 | 8,06 | 79,3 | V3 | 217 | 128 | 102 |
| | 240 | | | 89,3 | V4 | 272 | 160 | 128 |
| | 250 | | | 99,3 | V5 | 326 | 192 | 153 |
| 2V6-BN40x20-23/25 | 230 | 3,23 | 8,06 | 78,5 | V6 | 387 | 227 | 182 |
| | 240 | | | 88,5 | | | | |
| | 250 | | | 98,5 | | | | |
| 2V3/2V5-BN32x20-23/25 | 230 | 3,70 | 9,26 | 86,6 | V3 | 250 | 147 | 117 |
| | 240 | | | 96,6 | V4 | 312 | 183 | 147 |
| | 250 | | | 106,6 | V5 | 374 | 220 | 176 |
| 2V6-BN32x20-23/25 | 230 | 3,70 | 9,26 | 85,7 | V6 | 445 | 261 | 209 |
| | 240 | | | 95,7 | | | | |
| | 250 | | | 105,7 | | | | |
| 2V3/2V5-BN24x20-23/25 | 230 | 4,35 | 10,87 | 96,5 | V3 | 293 | 172 | 138 |
| | 240 | | | 106,5 | V4 | 366 | 215 | 172 |
| | 250 | | | 116,5 | V5 | 439 | 258 | 207 |
| 2V6-BN24x20-23/25 | 230 | 4,35 | 10,87 | 95,4 | V6 | 522 | 307 | 245 |
| | 240 | | | 105,4 | | | | |
| | 250 | | | 115,4 | | | | |
| 2V3/2V5-BN40x24-27/30 | 270 | 3,23 | 8,06 | 100,9 | V3 | 217 | 128 | 102 |
| | 280 | | | 110,9 | V4 | 272 | 160 | 128 |
| | 290 | | | 120,9 | V5 | 326 | 192 | 153 |
| | 300 | | | 130,9 | | | | |
| 2V6-BN40x24-27/30 | 270 | 3,23 | 8,06 | 100,1 | V6 | 387 | 227 | 182 |
| | 280 | | | 110,1 | | | | |
| | 290 | | | 120,1 | | | | |
| | 300 | | | 130,1 | | | | |
| 2V3/2V5-BN32x24-27/30 | 270 | 3,70 | 9,26 | 111,4 | V3 | 250 | 147 | 117 |
| | 280 | | | 121,4 | V4 | 312 | 183 | 147 |
| | 290 | | | 131,4 | V5 | 374 | 220 | 176 |
| | 300 | | | 141,4 | | | | |

| TIPO | 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 |
| 2V6-BN32x24-27/30 | 270 | 3,70 | 9,26 | 110,5 | V6 | 445 | 261 | 209 |
| | 280 | | | 120,5 | | | | |
| | 290 | | | 130,5 | | | | |
| | 300 | | | 140,5 | | | | |
| 2V3/2V5-BN24x24-27/30 | 270 | 4,35 | 10,87 | 125,6 | V3 | 293 | 172 | 138 |
| | 280 | | | 135,6 | V4 | 366 | 215 | 172 |
| | 290 | | | 145,6 | V5 | 439 | 258 | 207 |
| | 300 | | | 155,6 | | | | |
| 2V6-BN24x24-27/30 | 270 | 4,35 | 10,87 | 124,5 | V6 | 522 | 307 | 245 |
| | 280 | | | 134,5 | | | | |
| | 290 | | | 144,5 | | | | |
| | 300 | | | 154,5 | | | | |
| 2V3/2V5-BN24x30-33/35 | 330 | 4,35 | 10,87 | 140,7 | V3 | 293 | 172 | 138 |
| | 340 | | | 150,7 | V4 | 366 | 215 | 172 |
| | 350 | | | 160,7 | V5 | 439 | 258 | 207 |
| 2V6-BN24x30-33/35 | 330 | 4,35 | 10,87 | 139,6 | V6 | 522 | 307 | 245 |
| | 340 | | | 149,6 | | | | |
| | 350 | | | 159,6 | | | | |
| 3V3/3V5-BN40x20-23/25 | 230 | 4,11 | 6,85 | 91,6 | V3 | 277 | 163 | 130 |
| | 240 | | | 101,6 | V4 | 346 | 203 | 163 |
| | 250 | | | 111,6 | V5 | 415 | 244 | 195 |
| 3V6-BN40x20-23/25 | 230 | 4,11 | 6,85 | 90,6 | V6 | 493 | 290 | 232 |
| | 240 | | | 100,6 | | | | |
| | 250 | | | 110,6 | | | | |
| 3V3/3V5-BN32x20-23/25 | 230 | 4,62 | 7,69 | 99,2 | V3 | 311 | 183 | 146 |
| | 240 | | | 109,2 | V4 | 389 | 228 | 183 |
| | 250 | | | 119,2 | V5 | 467 | 274 | 219 |
| 3V6-BN32x20-23/25 | 230 | 4,62 | 7,69 | 98,0 | V6 | 554 | 325 | 260 |
| | 240 | | | 108,0 | | | | |
| | 250 | | | 118,0 | | | | |
| 3V3/3V5-BN24x20-23/25 | 230 | 5,26 | 8,77 | 108,9 | V3 | 355 | 208 | 167 |
| | 240 | | | 118,9 | V4 | 443 | 260 | 208 |
| | 250 | | | 128,9 | V5 | 532 | 313 | 250 |

ANEXO IV.5 – ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

FAPREL

| TIPO | 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 |
| 3V6-BN24x20-23/25 | 230 | 5,26 | 8,77 | 107,6 | V6 | 632 | 371 | 297 |
| | 240 | | | 117,6 | | | | |
| | 250 | | | 127,6 | | | | |
| 3V3/3V5-BN40x24-27/30 | 270 | 4,11 | 6,85 | 116,0 | V3 | 277 | 163 | 130 |
| | 280 | | | 126,0 | V4 | 346 | 203 | 163 |
| | 290 | | | 136,0 | V5 | 415 | 244 | 195 |
| | 300 | | | 146,0 | | | | |
| 3V6-BN40x24-27/30 | 270 | 4,11 | 6,85 | 115,0 | V6 | 493 | 290 | 232 |
| | 280 | | | 125,0 | | | | |
| | 290 | | | 135,0 | | | | |
| | 300 | | | 145,0 | | | | |
| 3V3/3V5-BN32x24-27/30 | 270 | 4,62 | 7,69 | 126,6 | V3 | 311 | 183 | 146 |
| | 280 | | | 136,6 | V4 | 389 | 228 | 183 |
| | 290 | | | 146,6 | V5 | 467 | 274 | 219 |
| | 300 | | | 156,6 | | | | |
| 3V6-BN32x24-27/30 | 270 | 4,62 | 7,69 | 125,4 | V6 | 554 | 325 | 260 |
| | 280 | | | 135,4 | | | | |
| | 290 | | | 145,4 | | | | |
| | 300 | | | 155,4 | | | | |
| 3V3/3V5-BN24x24-27/30 | 270 | 5,26 | 8,77 | 140,1 | V3 | 355 | 208 | 167 |
| | 280 | | | 150,1 | V4 | 443 | 260 | 208 |
| | 290 | | | 160,1 | V5 | 532 | 313 | 250 |
| | 300 | | | 170,1 | | | | |
| 3V6-BN24x24-27/30 | 270 | 5,26 | 8,77 | 138,8 | V6 | 632 | 371 | 297 |
| | 280 | | | 148,8 | | | | |
| | 290 | | | 158,8 | | | | |
| | 300 | | | 168,8 | | | | |
| 3V3/3V5-BN24x30-33/35 | 330 | 5,26 | 8,77 | 163,9 | V3 | 355 | 208 | 167 |
| | 340 | | | 173,9 | V4 | 443 | 260 | 208 |
| | 350 | | | 183,9 | V5 | 532 | 313 | 250 |
| 3V6-BN24x30-33/35 | 330 | 5,26 | 8,77 | 162,5 | V6 | 632 | 371 | 297 |
| | 340 | | | 172,5 | | | | |
| | 350 | | | 182,5 | | | | |



Descritores: Pavimento prefabricado aligeirado / Pavimento com vigotas / Pavimento de betão / Betão pré-esforçado / Pavimento de edifício /
/ Documento de aplicação

Descriptors: Precast floor / Beam floor / Concrete floor / Prestress concrete / Building floor / Application document