

MEPAT - LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL - PORTUGAL  
HOMOLOGAÇÃO DE NOVOS MATERIAIS E PROCESSOS DE CONSTRUÇÃO

## DOCUMENTO DE HOMOLOGAÇÃO

PRÉTLANTI - Indústria de  
Pré-fabricação, Ld.<sup>a</sup>

Lugar da Areia - Fonte Boa  
4740 ESPOSENDE

Tel. (053) 98 28 26/7

Tel. (053) 98 13 57

Fax (053) 98 13 14

### PRÉTLANTI

PAVIMENTOS ALIGEIRADOS DE VIGOTAS  
PREFABRICADAS DE BETÃO PRÉ-ESFORÇADO

D H 452

CI/SIB

(23)

G1

(A)js

CDU

692.5

ISSN

0370-2063

PAVIMENTOS

PLANCHERS

FLOORS

MARÇO DE 1996

## DECISÃO DE HOMOLOGAÇÃO

O presente Documento de Homologação, elaborado em cumprimento do artigo 17º do Regulamento Geral das Edificações Urbanas, Decreto-Lei nº 38 382, de 7 de Agosto de 1951, e do nº 1.3 do artigo 1º do Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado, Decreto-Lei nº 349-C/83, de 30 de Julho, define as características e estabelece as condições de execução e de emprego dos pavimentos **PRÉTLANTI** constituídos por vigotas prefabricadas de betão pré-esforçado, blocos de cofragem e betão complementar moldado em obra, produzidos pela firma **PRÉTLANTI - Indústria de Pré-fabricação, Ld.<sup>a</sup>**.

O uso do pavimento fica também condicionado pelas disposições aplicáveis dos documentos referidos no Capítulo 4, que sejam compatíveis com as deste Documento de Homologação.

A concessão da presente homologação não constitui garantia da constância de qualidade do material empregado nos pavimentos **PRÉTLANTI**, pelo que deverá a fiscalização decidir, quando necessário, as verificações e a realização de ensaios de recepção nas condições recomendadas no §3.3 deste Documento de Homologação.

Independentemente destes ensaios e perante qualquer facto que faça pôr em dúvida a condição essencial da constância de qualidade do material produzido, o Laboratório Nacional de Engenharia Civil reserva-se o direito de exigir a realização de ensaios de controle de qualidade por conta da firma produtora dos pavimentos e em condições a definir.

A homologação concedida é válida até 31 de Março de 2001, data em que serão feitas as suas revisão e renovação.

Lisboa e Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Março de 1996.

O DIRECTOR



Prof. E. R. de Arantes e Oliveira

## 1. DESCRIÇÃO GERAL

### 1.1 Constituição e tipo estrutural

Os pavimentos PRÉTLANTI são constituídos por vigotas 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 unidireccional, sendo indispensável, para que tal semelhança tenha validade, que se assegure e mantenha a necessária aderência entre o betão complementar e as vigotas.

### 1.2 Campo de aplicação

Tal como para outros pavimentos com a mesma constituição e sistema estrutural, o campo de aplicação para os diversos tipos considerados dos pavimentos PRÉTLANTI 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 actuação predominante de acções 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 desta homologação 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 da presente homologação, devendo ser objecto de estudo adequado em cada caso de aplicação.

### 1.3 Características dos elementos constituintes

#### 1.3.1 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 é de cimento Portland normal, com as características da classe B45.

O aço dos fios de pré-esforço, homologado pelo LNEC, satisfaz à classe 1770 de baixa relaxação, de acordo com a Euronorm 138/79 [1], a que correspondem os seguintes valores característicos mínimos:

- tensão de rotura à tracção ..... 1770 MPa
- tensão limite convencional  
de proporcionalidade a 0,2% ..... 1526 MPa
- tensão limite convencional  
de proporcionalidade a 0,1% ..... 1470 MPa
- módulo de elasticidade ..... 200 GPa
- extensão após rotura (relativa  
à base de medida de 10 diâmetros) ..... 3,5%

A relaxação dos fios de aço, às mil horas e à temperatura de 20°C, não deve exceder 2,5% para uma tensão inicial aplicada de 0,7 da tensão característica de rotura.

#### 1.3.2 Blocos de cofragem

Os blocos de cofragem utilizados são cerâmicos e furados, tendo formas de extradorso curvas ou poligonais e ressaltos laterais para apoio nos banzos das vigotas.

A geometria e as massas nominais dos blocos são apresentadas no Anexo II.

#### 1.3.3 Betão complementar

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

Este betão é de cimento Portland normal, com a dosagem mínima de 300 kg de cimento por metro cúbico e as características da classe B25. A dimensão máxima dos inertes deve permitir o preenchimento fácil e completo dos espaços entre as vigotas e os blocos de cofragem.

### 1.4 Produção dos elementos prefabricados

#### 1.4.1 Vigotas

As vigotas são fabricadas 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 accionado electricamente 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 ambientes naturais e rega frequente até à data em que o respectivo betão atinja o valor da resistência à compressão indicada no Anexo I.

Quando tais resistências são atingidas, o que normalmente se pode verificar entre 4 a 8 dias após a moldagem das vigotas, é feita a transmissão gradual e simultânea do pré-esforço dos fios às vigotas de cada plataforma, por meio de sistema hidráulico.

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

A instalação de fabrico é constituída por 9 plataformas para moldagem simultânea de 12 linhas de vigotas por plataforma a que corresponde cerca de 16 200 m de linhas de fabrico.

#### 1.4.2 Blocos de cofragem

Os blocos de cofragem cerâmicos fornecidos pela firma produtora dos pavimentos são fabricados por diversas fábricas de cerâmica.

#### 1.5 Técnica de execução

Nos casos correntes, a execução dos pavimentos consta das operações seguidamente referidas:

- 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 3.2.2, 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 entre vigotas, apoiados nos banzos destas, com eliminação das filas de blocos correspondentes às faixas maciças do pavimento.

- Disposição, nas condições recomendadas em 3.2.2, 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. 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 ambientes.

## 2. APRECIAÇÃO DOS PAVIMENTOS

### 2.1 Características mecânicas

#### 2.1.1 Cálculo

A determinação dos valores que representam as características mecânicas dos pavimentos foi efectuada através de cálculo automático em computador. O cálculo teve por base os valores das características mecânicas dos materiais constituintes dos pavimentos registados em 1.3 e o valor de pré-esforço na origem fixado de acordo com as prescrições do artigo 36º do REBAP [3] e 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 esforços resistentes de cálculo dos pavimentos teve em conta as disposições definidas na regulamentação em vigor aplicável, RSA [2] e

REBAP [3] com as adaptações necessárias a este tipo de pavimentos.

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

Nos quadros de Elementos de Cálculo do Anexo III são fornecidos os valores, respeitantes às características mecânicas, necessários para a verificação da segurança em relação aos diferentes estados limites.

### 2.1.2 Verificação experimental

A verificação experimental das características mecânicas dos pavimentos foi feita tendo em conta as disposições aplicáveis das Directivas Comuns UEAtc [8] e do REBAP [3]. Os ensaios incidiram apenas sobre os elementos prefabricados constituintes dos pavimentos – vigotas e blocos de cofragem – e sobre os materiais constituintes das vigotas. O conhecimento existente do comportamento de pavimentos com este tipo estrutural, sob as condições correntes de utilização em edifícios para habitação ou com utilização análoga, permitiu dispensar a realização de ensaios sobre protótipos do pavimento completo.

Os ensaios de vigotas 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;
- ensaios de fragilidade das vigotas.

Os ensaios de blocos de cofragem consistiram na verificação das suas dimensões, massa e capacidade resistente.

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

- verificação da resistência à compressão.

Os resultados dos ensaios realizados enquadraram-se nas prescrições anteriormente referidas e satisfazem as exigências de fabrico fixadas em 1.3 e 3.1, relativamente às características dos materiais e dos elementos prefabricados. No que se refere ao pré-esforço verificado nas armaduras das vigotas há que mencionar a concordância satisfatória dos valores medidos com os calculados e registados no Anexo I.

### 2.2 Comportamento em caso de incêndio

Os elementos que constituem estes pavimentos, vigotas, blocos de cofragem e betão complementar, são da classe de reacção ao fogo M0 (não-combustíveis).

No que se refere à resistência ao fogo estes pavimentos poderão ser classificados, no mínimo, nas seguintes classes [14]:

- CF30 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;
- CF60 desde que apresentem um revestimento na face inferior com uma espessura mínima de 15 mm de argamassa de cimento e inertes leves (vermiculite, perlite ou fibras minerais).

Estes valores de resistência ao fogo poderão ser utilizados desde que nos apoios se garanta um momento resistente negativo não inferior a 15% do momento resistente último de cálculo fornecido nas tabelas.

No caso de edifícios de habitação as exigências a satisfazer são as que constam no Regulamento de Segurança contra Incêndio em Edifícios de Habitação [9]. Os pavimentos poderão satisfazer as exigências deste documento mediante uma criteriosa escolha do revestimento de tecto.

### 2.3 Isolamento sonoro

O índice de isolamento sonoro a sons aéreos,  $I_a$ , dos pavimentos acabados, isto é, incluindo os revestimentos de tecto e de piso ligados rigidamente ao pavimento, dependem da sua massa. Os valores do  $I_a$  podem ser estimados através da "Lei da Massa" [12]. Deve no entanto ter-se em conta que esta "Lei" se aplica a elementos homogêneos. No caso destes pavimentos, a existência dos blocos de aligeiramento conduz a que se possam verificar ligeiras reduções dos valores do  $I_a$  que serão tanto maiores quanto maior for o aligeiramento produzido, no pavimento, pelos blocos [14]. Nos casos em que o isolamento proporcionado pelo pavimento é superior a 35 dB deve também prever-se a contribuição da transmissão marginal na redução dos valores do  $I_a$  [12].

Se não se considerarem as reduções anteriormente referidas, para um pavimento com uma massa de 260 kg/m<sup>2</sup> estima-se um  $I_a$  de 48 dB.

O índice de isolamento sonoro a sons de percussão,  $I_p$ , depende essencialmente do tipo de revestimento de piso a adoptar.

As exigências a satisfazer são as que constam no Regulamento Geral sobre o Ruído [7].

### 2.4 Isolamento térmico

Os parâmetros que caracterizam o isolamento térmico – resistência térmica,  $R_t$ , ou coeficiente de

transmissão térmica,  $K$  - podem ser determinados recorrendo a métodos convencionais [10].

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, de pavimentos sobre espaços exteriores ou locais não aquecidos.

Estudos desenvolvidos no LNEC [13] permitem concluir que estes pavimentos, por si sós, não garantem a satisfação das exigências aplicáveis [10] pelo que se torna necessário, naquelas situações, prever soluções de isolamento térmico complementar.

### 3. CONDIÇÕES DE EMPREGO DOS PAVIMENTOS

#### 3.1 Condições de fabrico dos elementos prefabricados

##### 3.1.1 Vigotas

Durante o fabrico das vigotas, para além das condições já referidas em 1.3.1 e 1.4.1 relativamente às características dos materiais a empregar e ao processo de produção, devem ainda ser satisfeitas as seguintes condições específicas:

- o valor da tensão de pré-esforço na origem a aplicar nas armaduras das vigotas deve ser o indicado no Anexo I;
- a transmissão do pré-esforço às vigotas só deve ser realizada depois de o betão ter adquirido resistência à compressão igual aos valores indicados no Anexo I. Estes valores devem ser verificados através de ensaios à compressão sobre cubos de betão de 15 cm ou de 20 cm de aresta conservados nas mesmas condições de ambiente a que as vigotas estão sujeitas.

Após o fabrico, as vigotas devem ser verificadas em relação aos seguintes aspectos:

- as superfícies exteriores não devem apresentar fendilhação, falhas de betão ou ocos de betonagem;
- o comprimento não deve diferir do valor previsto por diferenças superiores a 2 cm;
- as dimensões da secção transversal não devem desviar-se dos valores nominais, apresentados no Anexo I, por diferenças superiores a 5 mm;
- os fios da armadura de pré-esforço não devem apresentar, relativamente à localização prevista, desvios verticais superiores a 3 mm e horizontais que excedam 5 mm;

- a curvatura lateral das vigotas não deve exceder 1/500 do comprimento, nem 10 mm;
- as vigotas, em condições normais de apoio e sob a acção apenas do seu peso próprio, devem apresentar contraflecha de valor não superior a 1/300 do vão.

#### 3.1.2 Blocos de cofragem

Os blocos de cofragem devem satisfazer as seguintes condições:

- a configuração da secção transversal dos blocos deve corresponder às formas representadas em esquema no Anexo II;
- os desvios máximos entre as dimensões dos blocos e os respectivos valores nominais, registados no Anexo II, deverão ser de 3%, com o mínimo de 5 mm e o máximo de 10 mm; a largura do ressalto para apoio nas vigotas não deve diferir mais de 2 mm do respectivo valor nominal;
- os blocos devem ser isentos de fendas ou fracturas;
- nas condições normais de colocação em obra, os blocos deverão satisfazer a carga de rotura mínima de 500 N quando submetidos a ensaio normalizado [8].

#### 3.2 Condições de projecto e de execução dos pavimentos

##### 3.2.1 Verificação da segurança

A verificação da segurança dos pavimentos, com base nos valores de cálculo fornecidos no Anexo III, deverá ser efectuada em relação aos estados limites últimos de resistência e em relação aos estados limites de utilização - fendilhação e deformação -, conforme os critérios definidos nos regulamentos RSA e REBAP.

A verificação da segurança em relação aos estados limites últimos de resistência será efectuada por comparação dos valores de cálculo do momento flector resistente e do esforço transversal resistente, designados por  $M_{Rd}$  e  $V_{Rd}$ , com os correspondentes esforços actuantes, relativos às combinações de acções especificadas no artigo 9º do RSA.

A verificação da segurança em relação ao estado limite de fendilhação é efectuada comparando o valor do momento resistente designado por  $M_{fctk}$ , correspondente à formação de fendas, com o momento actuante devido às combinações de acções definidas de