

# ARMADURA DE PUNÇOAMENTO HALFEN

## INFORMAÇÃO TÉCNICA DO PRODUTO



ARMADURA DE PUNÇOAMENTO HALFEN TIPO HDB

HDB 07-P

BETÃO

De acordo com a nova DIN 1045-1

Homologação Oficial  
Z - 15.1-213



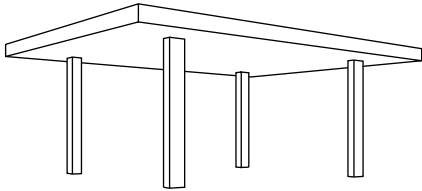
**HALFEN·DEHA**

YOUR BEST CONNECTIONS

# ARMADURA DE PUNÇAMENTO HALFEN TIPO HDB

## Introdução

### LAJES MACIÇAS FUNGIFORMES SEM CAPITEIS



Laje fungiforme

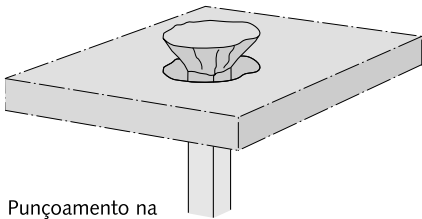
As lajes fungiformes sem vigas de bordadura e sem reforço com capiteis nas cabeças dos pilares são construções económicas que proporcionam um melhor aproveitamento do espaço, visto não existir uma diminuição do pé-direito dos pisos.

Vantagens:

- Diminuição do custo de cofragem;
- Apresenta tectos planos permitindo uma maior facilidade de instalação de condutas;
- Permite uma redução do pé-direito entre pisos, resultando em menor altura do edifício ou maior número de pisos.

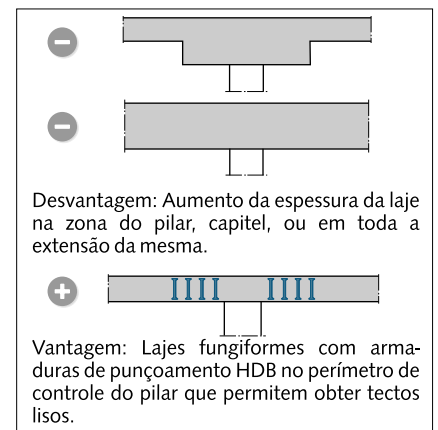
### O PROBLEMA: A DISTRIBUIÇÃO DA CARGA NO PERÍMETRO DA CABEÇA DO PILAR

A laje ao transmitir as acções directamente aos pilares apresenta junto aos apoios grande concentração de esforços, sendo a espessura da laje



Punção na cabeça do pilar

exigida pela flexão insuficiente para transmitir esses esforços. Para evitar o punção recorre-se a soluções pouco económicas, como por exemplo: o aumento da espessura das lajes ou o espessamento da laje na zona do pilar (ver figura à direita). Este tipo de soluções conduz a um aumento da altura entre pisos limitando assim o aproveitamento do edifício.



Desvantagem: Aumento da espessura da laje na zona do pilar, capitel, ou em toda a extensão da mesma.

Vantagem: Lajes fungiformes com armaduras de punção HDB no perímetro de controle do pilar que permitem obter tectos lisos.

### A SOLUÇÃO: ARMADURA DE PUNÇAMENTO HALFEN TIPO HDB

A armadura de punção Halfen HDB consiste em pernos de aço nervurado (A500NR) com cabeça dupla. As cabeças dos pernos estão soldadas a uma chapa constituindo assim a armadura HDB.

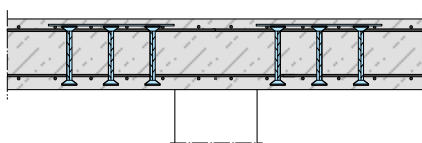
As cabeças achatadas existentes nas extremidades do perno são muito eficazes na amarração do varão. Nos estribos convencionais os ramos

horizontais efectuam a amarração do varão (comprimento de amarração  $l_{b,net}$ ) sendo apenas efectivos os ramos verticais na resistência da laje ao punção.

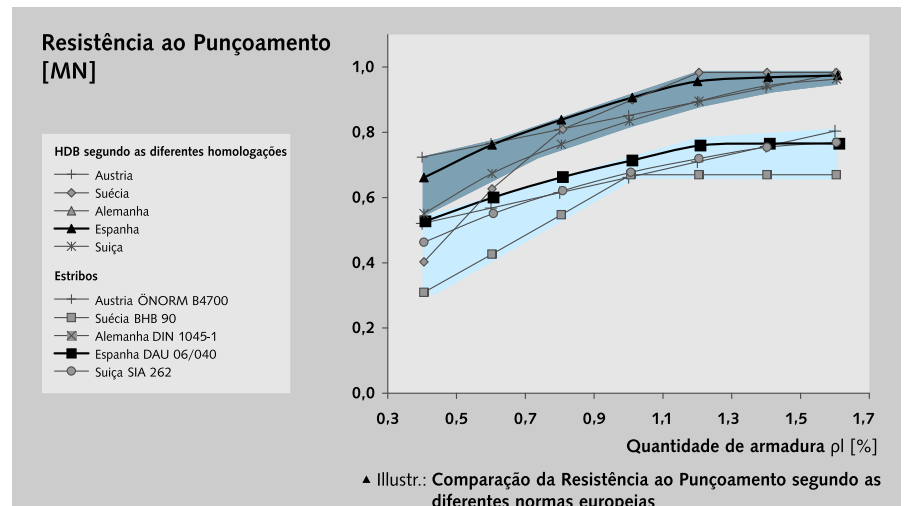
A eficácia da amarração dos varões do sistema HDB permite uma menor quantidade de armadura para a mesma

resistência ao punção de uma laje com estribos.

O diagrama abaixo mostra o acréscimo de resistência, para uma dada percentagem de armadura longitudinal, de uma laje com armadura HDB face a uma laje com estribos convencionais, segundo as diferentes normas europeias.



Esquema de laje maciça fungiforme com armadura de punção HDB no perímetro do pilar.



▲ Ilustr.: Comparação da Resistência ao Punção segundo as diferentes normas europeias

# ARMADURA DE PUNÇAMENTO HALFEN TIPO HDB

## Introdução

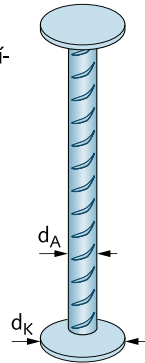
### PRODUTO

#### Pernos com cabeça dupla

Aço nervurado A500 NR disponíveis em  $\varnothing d_A$ :  
10-12-14-16-20-25 mm

O diâmetro da cabeça é 3 vezes o diâmetro do perno ( $d_K$ ):

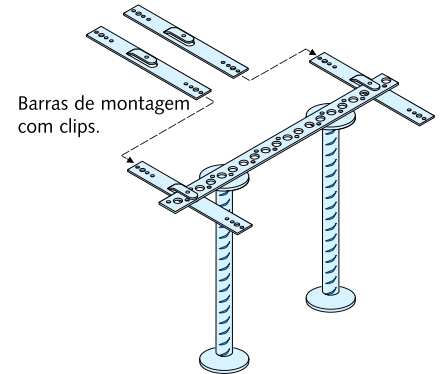
$$d_K = 3 \times d_A$$



#### Elementos HDB

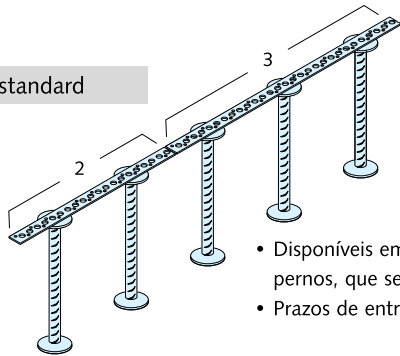
Os pernos de cabeça dupla estão unidos através de uma barra de montagem soldada.

As barras de montagem com clips podem-se fixar em qualquer parte da barra soldada assegurando a correcta colocação sobre a armadura da laje (vendidas em separado).



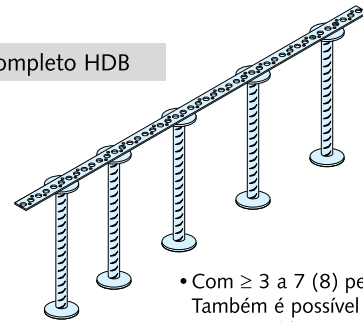
2 modelos:

#### Elemento HDB standard



- Disponíveis em elementos com 2 ou 3 pernos, que se colocam em fila;
- Prazos de entrega reduzidos.

#### Elemento completo HDB

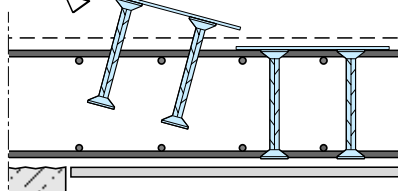


- Com  $\geq 3$  a 7 (8) pernos. Também é possível com 2 pernos (distâncias especiais).

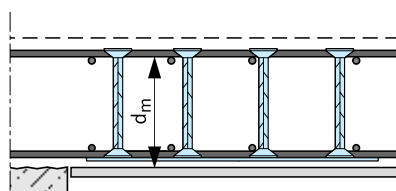
### EXEMPLOS DE COLOCAÇÃO

#### • Lajes betonada "in situ"

Elemento HDB standard



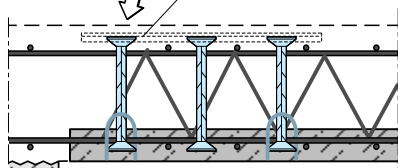
É preferível introduzir os elementos HDB simétricos por cima, após colocação da armadura inferior e superior



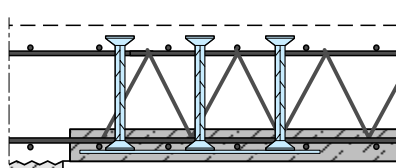
Elemento completo HDB colocado por baixo antes da colocação da armadura inferior e superior

#### • Lajes pré-fabricadas

Elemento HDB-F



Em lajes pré-fabricadas também se pode colocar a armadura HDB por cima. A armadura HDB-F com barra de montagem desmontável e separadores soldados.



Lajes pré-fabricadas com elementos HDB colocados por baixo.

### Vantagens da armadura HDB

- Para lajes com espessura mínima igual a 18 cm.
- Adequada para lajes pré-fabricadas.
- Colocação por cima da armadura permitindo uma economia de tempo e mão-de-obra.
- Prazos de entrega curtos em elementos standard disponíveis em stock.
- Software de fácil utilização.
- Homologado para cargas estáticas e dinâmicas. Homologação oficial Z-15.1-213

NOTA: É necessário garantir que as cabeças dos pernos fiquem posicionadas acima e abaixo da armadura superior e inferior, respectivamente, mesmo com prejuízo da espessura de recobrimento.

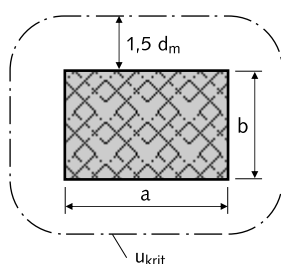
## ARMADURA DE PUNÇAMENTO HALFEN TIPO HDB

### Dimensionamento: bases de dimensionamento da armadura HDB

#### Bases de dimensionamento

Na homologação N° Z-15.1-213 do DIBt são definidos os parâmetros para o dimensionamento da armadura de punçoamento HDB.

#### 1. DETERMINAÇÃO DO PERÍMETRO CRÍTICO INTERIOR $u_{krit}$



$$u_{krit} = 2(b + a) + \pi \cdot 2 \cdot 1,5 d_m \text{ [m]}$$

com:  $b < a < 2b$

e:  $(a + b) \cdot 2 < 11 d_m$

O esforço de corte actuante por unidade de comprimento ao longo do perímetro crítico interior é dada pela seguinte expressão:  $v_{Sd} = v_{Ed} \cdot \beta / u_{krit}$  [KN/m]

com:  $\beta$  = coeficiente de excentricidade da carga. (→ ver página 7)

Resistência do betão sem armadura específica de punçoamento:

$$v_{Rd1} = v_{Rd,ct} = [0,14 \cdot \kappa \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3}] \cdot d_m \text{ [KN/m]}$$

com:  $\kappa = 1 + \sqrt{200/d_m} \leq 2,0$  (Factor de escala;  $d_m$  em mm)

$$\rho_l = \sqrt{(\rho_{lx} \cdot \rho_{ly})} \leq 0,40 \cdot (0,85 \cdot f_{ck}) / (1,5 \cdot f_{yd}) \text{ e } \leq 0,02$$

(Quantidade de armadura longitudinal no perímetro crítico)

$f_{ck}$  = Resistência característica à compressão do betão [N/mm<sup>2</sup>]

Verificação:  $v_{Sd} \leq v_{Rd,ct} \Rightarrow$  Não é necessária armadura de punçoamento!

$v_{Sd} > v_{Rd,ct} \Rightarrow$  É necessária armadura de punçoamento!

#### 2. VERIFICAÇÃO DA CAPACIDADE DE CARGA MÁXIMA NA ZONA DE PUNÇAMENTO

##### Homologação HDB

A resistência máxima do betão por unidade de comprimento do perímetro crítico interior é dado por:

$$v_{Rd2} = v_{Rd,max} = 1,9 v_{Rd,ct} \text{ [KN/m]}$$

Verificação:

$$v_{Sd} \leq v_{Rd,max}$$

Encontra-se disponível um programa de dimensionamento de acordo com a metodologia explicada na Homologação Oficial n° Z-15.1-213

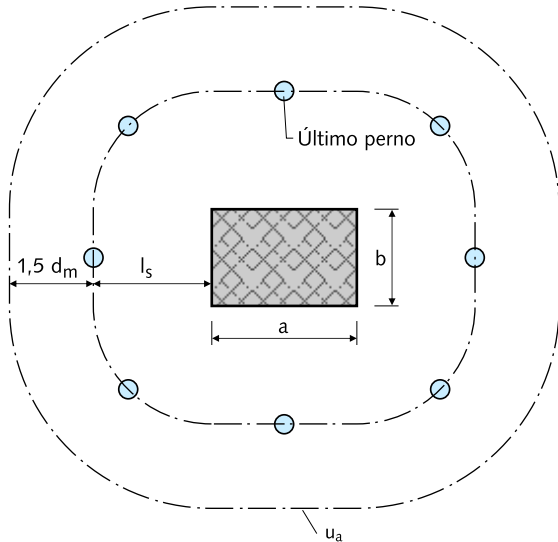


## ARMADURA DE PUNÇAMENTO HALFEN TIPO HDB

### Dimensionamento: bases de dimensionamento da armadura HDB

#### 3. DETERMINAÇÃO DO PERÍMETRO CRÍTICO EXTERIOR $u_a$

Homologação HDB



$$u_a = 2(b + a) + 2\pi \cdot (l_s + 1,5 d_m) \quad [\text{m}]$$

com:  $l_s$  = distância do último perno à face do pilar [m]

Esforço de corte actuante por unidade de comprimento do perímetro crítico exterior:

$$v_{Sd} = V_{Ed} \cdot \beta_{red} / u_a \quad [\text{KN/m}]$$

com:  $\beta_{red} = \beta$  ( $\rightarrow$   $\beta$  página 7)

Resistência do betão sem armadura específica de punçamento por unidade de comprimento do perímetro crítico exterior:

$$v_{Rd,ct,a} = v_{Rd,ct} \cdot \kappa_a \quad [\text{KN/m}]$$

$$\text{com: } \kappa_a = \frac{1}{1 + 0,1 \cdot (l_s \text{ dm})} \geq 0,71$$

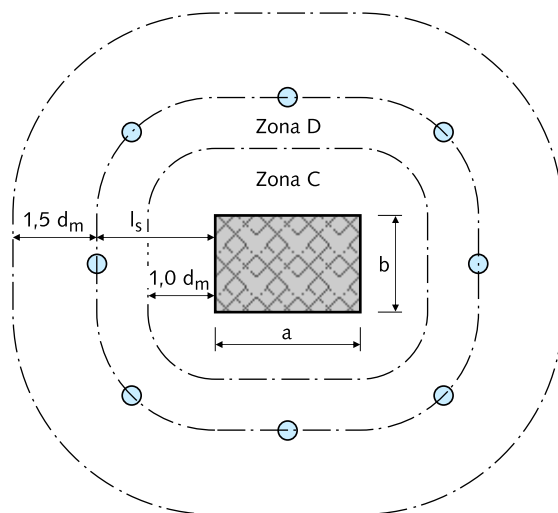
Verificação:

$v_{Sd} \leq v_{Rd,ct,a}(l_s) \Rightarrow$  Cálculo do comprimento,  $l_s$  mínimo, da armadura de punçamento HDB. Deve ser escolhido um comprimento  $l_s$  standard mais próximo do determinado, no entanto deverá ser no mínimo igual a altura útil (dm).

#### 4. DETERMINAÇÃO DA ARMADURA DE PUNÇAMENTO NECESSÁRIA

Homologação HDB

O dimensionamento da armadura de punçamento HDB divide-se em duas zonas distintas: zona C e D, onde as regras de disposições construtivas são diferentes.



Armadura de punçamento necessária na zona C:

$$A_{s,nec} = V_{Ed} \cdot \beta \cdot \eta / f_{yd} \quad [\text{cm}^2]$$

com:  $\beta$  = coeficiente de excentricidade da carga ( $\rightarrow$  ver pág. 7)

$\eta = 1,0$  para  $d_m \leq 200$  mm e  $1,6$  para  $d_m \geq 800$  mm (interpol para valores intermédios)

Nº de pernos necessários  $n_c$  na zona C:

$$n_{c,nec} = A_{s,nec} / A_{pernos} ; A_A = A_{pernos} = \pi (d_A / 2)^2$$

**Disposição dos pernos:**

O nº de elementos HDB ( $m$ ), resulta das exigências geométricas e das distâncias tangenciais máximas entre os pernos de acordo com a homologação HDB Nº Z-15.1-213.

O nº de pernos na zona C resulta do ajuste do espaçamento entre pernos segundo a direcção radial de acordo com a homologação HDB. Na zona C é necessário colocar no mínimo 2 pernos de igual diâmetro por cada elemento (ver os arranjos possíveis de armadura HDB na pág.9).

O cálculo da resistência da laje com armadura específica de punçamento é efectuado com a expressão abaixo indicada, tendo em conta apenas a contribuição da armadura de punçamento na zona C.

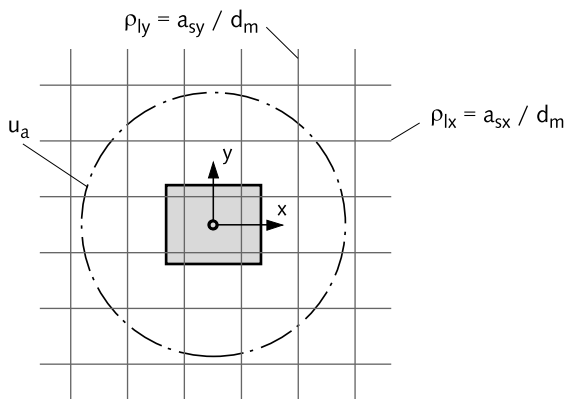
$$\text{Verificação: } v_{Rd3} = v_{Rd,sy} = m \cdot n_c \cdot A_A \cdot f_{yd} / \eta \geq V_{Ed} \cdot \beta \quad [\text{kN}]$$

## ARMADURA DE PUNÇOAMENTO HALFEN TIPO HDB

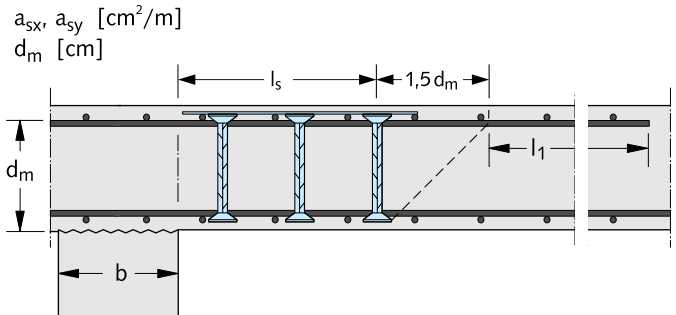
### Dimensionamento: parâmetros a considerar, disposição da armadura de punçoamento

#### 4.1 PERCENTAGEM DE ARMADURA LONGITUDINAL $\rho_l$ :

Para a verificação da resistência ao punçoamento admite-se que a percentagem média de armadura é a existente na zona do perímetro exterior.



$$\rho = \sqrt{\rho_{lx} \times \rho_{ly}} \begin{cases} \leq 0,306 \cdot \frac{f_{ck}}{f_{yk}} \\ \leq 0,02 \end{cases}$$

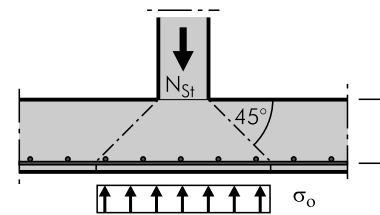


Comprimento da armadura longitudinal superior na zona do apoio  $l_{barra} = b + 2 \cdot l_s + 2 \cdot 1,5 d_m + 2 \cdot l_1$

$l_1$  = comprimento de amarração ( $l_{b,net}$ )

#### 4.2 APLICAÇÃO DO SISTEMA HDB EM FUNDAÇÕES

O sistema HDB também poderá ser utilizado em sapatas e lajes de ensoleiramento geral. De acordo com a DIN1045-1(cap 10.5.2(4)) o esforço actuante  $V_{Ed}$  vem subtraído da acção do terreno  $\sigma_o$  na superfície crítica  $A_{crit}$ . Para a determinação da acção do terreno apenas se considera 50% da superfície crítica.



#### 4.3 DISTÂNCIAS ENTRE PERNOS

A disposição dos pernos que constituem as armaduras HDB deverá respeitar, de acordo com a homologação, as seguintes especificações geométricas:

- ⇒ A distância entre o **primeiro** perno e o bordo do pilar deve estar compreendida entre  $0,35 d_m$  e  $0,50 d_m$ .
- ⇒ A distância máxima entre pernos na direcção radial deve ser  $\leq 0,75 d_m$ .
- ⇒ A distância máxima entre pernos na direcção tangencial no limite da zona C deve ser  $\leq 1,7 d$ .
- ⇒ A distância máxima entre pernos na direcção tangencial no limite da zona D deve ser  $\leq 3,5 d$ .

Em lajes espessas ( $d > 50$  cm) e com pilares circulares de diâmetro inferior a 50 cm colocar no mínimo três pernos, no caso dos esforços serem elevados ( $V_{Ed} > 0,85 V_{Rd,max}$ ).

Os elementos necessários na zona C têm que ter continuidade até ao limite da zona de punçoamento (ver fig pag 8), tendo em conta as especificações geométricas acima estabelecidas. Em alguns casos é

ainda necessária a colocação de elementos adicionais para o cumprimento das regras referidas, entre os elementos dispostos na zona C.

Se uma laje necessita de armadura de esforço transverso fora da zona D, para cargas iguais e para dimensões de pilares semelhantes, podem-se colocar pernos como armadura resistente ao corte. Para distâncias de  $1,5 d$  do perímetro exterior da zona D, desde que as distâncias exigidas entre os pernos sejam cumpridas e haja continuidade de elementos na zona D.

As distâncias  $s_D$  entre os pernos segundo a direcção radial na zona D é dada por:

$$s_D = \frac{3 \cdot d}{2 \cdot n_C} \cdot \frac{m_D}{m_C} \leq 0,75 d$$

- Com:
- $m_D$  o nº de elementos HDB na zona D
  - $m_C$  o nº de elementos HDB na zona C
  - $n_C$  o nº de pernos de um elemento HDB na zona C