COLABORANTE®

PERFILAGEM DE CHAPA, LDA.

PME líder

EMPRESA CERTIFICADA eiC ISO 9001 certificação acreditada IPAC

EMPRESA CERTIFICADA eiC OHSAS 18001/NP4397

COLABORANTE®

CATÁLOGO®

Outubro 2011

Ensaios realizados no LABEST - F.E.U.P.

Parque Industrial de Adaúfe, Rua dos Canteiros, N.º 17 4710-587 Braga PORTUGAL
Telef.: 253 300 920 Fax: 253 300 928 E-mail: geral@colaborante.pt www.colaborante.pt

| ÍNDICE

INTRODUÇÃO

VANTAGENS E APLICAÇÕES ____ 2

DIMENSIONAMENTO ____ 3

CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS ____ 3

DISPOSIÇÕES CONSTRUTIVAS ____ 4

- **CONDIÇÕES DE APOIO** ____ 4
- **ARMADURAS** ____ 5

ARMADURAS DE FENDILHAÇÃO ____ 5

ARMADURAS NEGATIVAS ____ 5

ARMADURAS ADICIONAIS ____ 5

- **CONECTORES** ____ 6

CONECTORES DE FIXAÇÃO MECÂNICA ____ 6

CONECTORES DE FIXAÇÃO POR SOLDADURA ____ 7

PERFIL PC65 ____ 7

- **DIMENSÕES** ____ 7
- **PROPRIEDADES DA SECÇÃO TRANSVERSAL** ____ 8
- **PESO PRÓPRIO DA LAJE COMPLETA** ____ 8
- **TABELAS DE SOBRECARGAS ADMISSÍVEIS** ____ 8
- **TABELA DE SELECÇÃO DE ARMADURAS** ____ 10

REMATES ____ 11

ENSAIOS DE LABORATÓRIO ____ 13

ISOLAMENTO ACÚSTICO ____ 13

RESISTÊNCIA AO FOGO ____ 13

EXEMPLOS DE APLICAÇÃO ____ 14

PERFIL P4-270-30 ____ 15

PERFIL P4-247-45 ____ 15

PERFIL P6-170-25 ____ 15

PERFIL ONDULADO PO16 ____ 16

PERFIL P9-111-25 ____ 17

PERFIL P11-100-12 ____ 17

PERFIL COLABORANTE

INTRODUÇÃO

Trata-se de um perfil de aço galvanizado para ser usado preferencialmente em lajes mistas, nas quais se utiliza o perfil COLABORANTE PC65 como cofragem permanente capaz de suportar o betão fresco, a armadura e as cargas de construção.

Classificado como um perfil trapezoidal aberto, segundo o Eurocódigo 4, o perfil COLABORANTE PC65 combina-se estruturalmente com o betão endurecido e actua como parte ou totalidade da armadura de tracção do pavimento acabado. Este comportamento misto é garantido pela sua capacidade de transmissão do corte horizontal na interface entre a chapa e o betão, e pela interligação mecânica existente, proporcionada pela existência de deformações no perfil (saliências ou reentrâncias). A **economia do betão** é visivel e considerável, quando comparada com outras soluções construtivas.

Pode ainda ser usado para criar uma cofragem autoportante sobre a qual se pode efectuar uma laje de betão, substituindo assim as tradicionais cofragens em madeira e facilitando a circulação nos pisos.

Foram realizados, no LABEST, ensaios de laboratório às lajes mistas com o nosso perfil PC65, de acordo com o estipulado no Anexo B (B.3) da parte 1 do Eurocódigo 4, bem como estudos de apoio ao projecto. As tabelas de dimensionamento directo existentes neste catálogo resultam dessa análise prática bem como todos os dados adicionais e necessários ao calculo deste tipo de lajes.

VANTAGENS E APLICAÇÕES

Vantagens:

Em comparação com os sistemas tradicionais de construção, são muitas as vantagens que oferece. Apresentamos de seguida algumas dessas vantagens:

- Alta resistência estrutural.
- Grande durabilidade, dada a alta qualidade do aço utilizado.
- Possibilidade de alojar as canalizações do edifício no interior das nervuras do perfil.
- O perfil trapezoidal da placa permite reduzir o volume de betão a usar, obtendo-se placas mais leves, o que se traduz em menor peso para o edifício.
- Permite obter superfícies de trabalho mais seguras, actuando como plataforma de trabalho durante a construção, o que aumenta consideravelmente a velocidade de construção representando significativos ganhos de tempo e dinheiro.
- Feito à medida: de acordo com os projectos realizados para cada tipo de obra, as chapas perfiladas são cortadas com as medidas requeridas, garantindo assim uma óptima eficiência na colocação.
- O coeficiente de dilatação térmica de ambos os materiais é muito parecido pelo que não produzem problemas devido a dilatações divergentes.
- Utilização em estruturas metálicas ou de betão.
- Ganho de tempo e redução de mão-de-obra. Limpeza e segurança no trabalho.

Aplicações:

> Como cofragem

- elimina as tradicionais cofragens de madeira

> Aplicado em lajes mistas, pode utilizar-se em:

- Edifícios industriais, Vivendas, Pontes, Hospitais, Centros Comerciais, etc.

DIMENSIONAMENTO

O dimensionamento da laje mista, usando o perfil COLABORANTE, pode ser feito através da consulta, por parte do projectista, de tabelas de dimensionamento de uso directo, com entrada directa da sobrecarga admissível, e que estão disponíveis para consulta neste catálogo.

As referidas tabelas incorporam o peso próprio da laje, os coeficientes de segurança e os estados limites de deformação. A sua utilização deve ter em conta a seguinte consideração:

- As solicitações podem ser moderadamente dinâmicas (edifícios industriais, garagens para veículos, salas de aula, etc.). No entanto, **as solicitações altamente dinâmicas devem ser estudadas particularmente.**

CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS

CHAPA:

Chapa Galvanizada (processo Sendzimir modificado)
Aço Construção (EN 10147) S320GD+Z
Qualidade Técnica 1320
Limite de elasticidade (Re) ..... 320 N/mm^2
Resistência à tracção (Rm) ..... 390 N/mm^2
Alongamento na rotura (A%) ..... 17 %
Nota: para e ≤ 0,7 mm ..... 15 %
Massa de revestimento de zinco ..... 275 g/m^2
Coeficiente parcial de segurança para estados limites últimos..... 1,10

Os materiais utilizados na composição da laje mista devem ter características iguais ou superiores às seguintes:

BETÃO:

Resistência à compressão ..... 30 N/mm^2

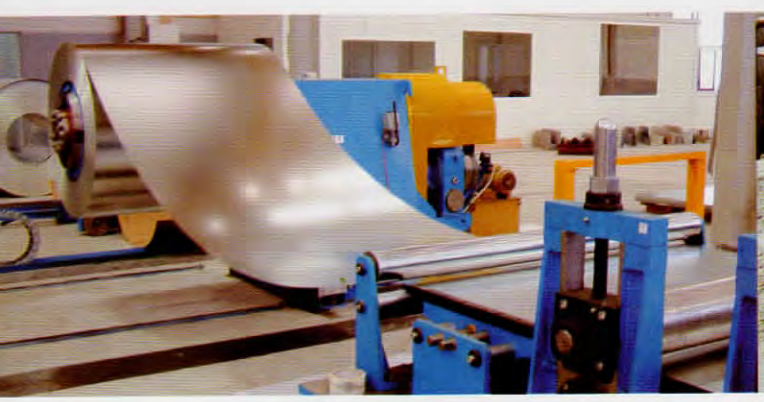
Densidade { Betão normal ..... 2400 kg/m^3
Betão leve ..... 1800 kg/m^3

Nota: Consideraram-se estes valores da Densidade porque se trata de betão ligeiramente armado; estabeleceu-se 2500 kg/m^3 para o betão armado.

Coeficiente parcial de segurança para estados limites últimos 1,50

AÇO DAS ARMADURAS:

Limite de elasticidade (Re) ..... 500 N/mm^2
Coeficiente parcial de segurança para estados limites últimos..... 1,15



DISPOSIÇÕES CONSTRUTIVAS

A laje mista obtida com o perfil COLABORANTE deve ter uma espessura total superior a 120 mm. Desta forma, cumprem-se todos os requisitos exigidos pela norma Eurocódigo 4 para o seu funcionamento misto com o perfil metálico.

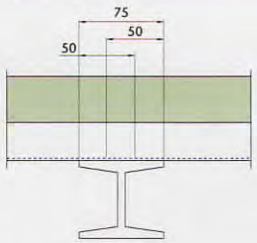
CONDIÇÕES DE APOIO

A laje mista que se apoia simplesmente sobre aço ou betão deve ter um apoio mínimo de 75 mm. O comprimento mínimo da chapa perfilada em apoios de extremidade é de 50 mm (ver figuras seguintes).

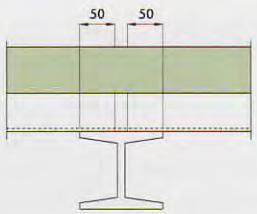
As figuras resumem as recomendações do Eurocódigo 4 para as distâncias mínimas de apoio quando a laje é contínua ou se apoia noutros materiais como tijolos ou blocos. Nas estruturas metálicas, as fixações podem ser por disparo, nas quais se recomenda um diâmetro mínimo de 4,5 mm, por soldadura, ou através de parafusos auto-roscantes. A distância entre fixações nos suportes extremos deve ser de 215 mm para o perfil **PC 65** (uma fixação em cada vale do perfil). Nos suportes centrais, a distância entre fixações deve ser de 430 ou 645 mm (fixações a cada 2 ou 3 vales do perfil).

Apesar do que foi dito, o **projectista é o responsável pelo projecto da laje mista** e é ele quem deve definir, em virtude das condições particulares de vento e cargas de utilização previstas, o tipo e quantidade de fixações necessárias e a sua distribuição sobre o perfil.

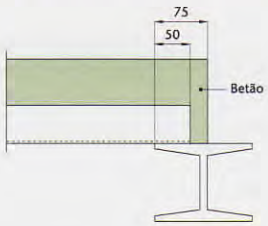
Apoio contínuo de estrutura em aço ou betão:



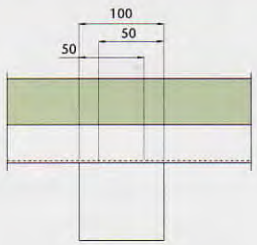
Duplo apoio de estrutura em aço ou betão:



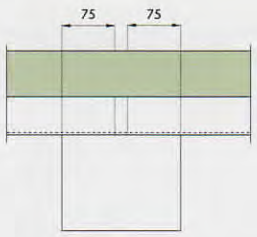
Apoio extremo de estrutura em aço ou betão:



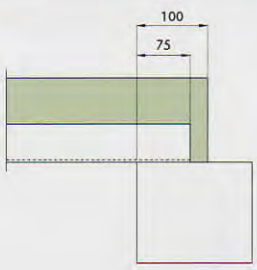
Apoio contínuo de estrutura de outros materiais (tijolos ou blocos):



Duplo apoio de estrutura de outros materiais (tijolos ou blocos):



Apoio extremo de estrutura de outros materiais (tijolos ou blocos):



Dimensões em mm.

ARMADURAS

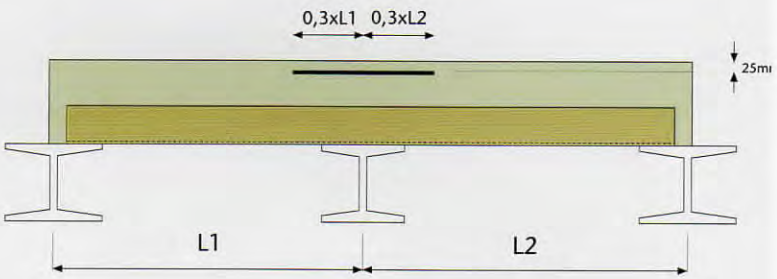
As armaduras são constituídas por barras de aço de diferentes secções e de limite elástico de 500 N/mm². Em função do tipo de reforço que se pretende, colocam-se as armaduras que se indicam de seguida, cumprindo, cada uma delas, funções distintas.

• ARMADURAS DE DISTRIBUIÇÃO

Têm como função distribuir as cargas localizadas de baixo valor e suportar os esforços de retracção devidos à secagem do betão, evitando deste modo a fissuração do mesmo. Colocam-se a uma profundidade de 20 mm relativamente à face superior da laje. Nos casos em que lajes contínuas sejam dimensionadas como simplesmente apoiadas de acordo com 7.4.2.1 (4) do Eurocódigo 4 (Parte 1-1), a área da secção transversal da armadura de fendilhação não deve ser inferior a 0,2% da área da secção transversal do betão situado acima da chapa de aço, no caso de construção não escorada, e a 0,4% da área da secção transversal acima das nervuras da chapa, no caso de construção escorada. Deve ter-se em conta que, em geral, a retracção do betão leve é maior do que a do betão normal. É recomendável recorrer a uma solução com malha electro-soldada contínua em toda a laje. O custo adicional em material é compensado pela facilidade e rapidez de execução.

• ARMADURAS NOS APOIOS

Para lajes contínuas, como em qualquer laje de betão, são necessárias armaduras para suportar os esforços produzidos pelos momentos negativos sobre os apoios. Esta armadura deve cobrir no mínimo 30% da longitude de cada um dos vãos adjacentes (ver figura), ou seja, deve cobrir 0,3 x L em ambos os lados do vão, deve ter uma distância entre barras de 146 mm e deve situar-se preferencialmente a uma profundidade de 25 mm relativamente à face superior da laje.



Nota: Do ponto de vista construtivo, é recomendável a colocação de armaduras negativas nos apoios extremos. Nesse caso, dimensiona-se a secção da armadura para suportar um momento flector igual a ¼ do momento flector máximo no vão correspondente.

• ARMADURAS ADICIONAIS

Estas armaduras surgem como um reforço adicional devido aos esforços de flexão e quando a acção do perfil COLABORANTE não é suficiente. Em função das necessidades de cada caso, colocam-se as barras de aço que sejam necessárias nas nervuras da laje mista. Também se coloca esta armadura para aumentar a resistência ao fogo da referida laje, dado que em situação de incêndio a contribuição da chapa de aço na resistência da laje desaparece à medida que o aço da chapa perde as suas propriedades resistentes, conforme aumenta a sua temperatura.

CONECTORES

Em certas soluções construtivas, o perfil COLABORANTE combina-se estruturalmente com o betão endurecido e com a viga de apoio, formando uma laje mista. Para que este comportamento misto seja possível, é necessário que exista uma união total entre os elementos estruturais. Para isso, utilizam-se os conectores.

Se houver necessidade de recobrimento por cima do conector, esse recobrimento não deve ser inferior a 20 mm, ou deve respeitar o valor especificado no EC2 para as armaduras, menos 5 mm, consoante o que for maior.

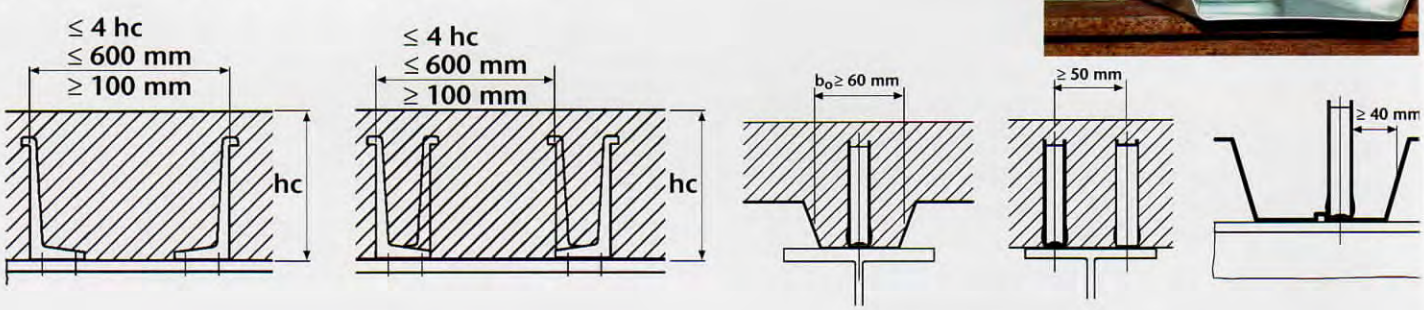
As especificações de carácter geral aplicáveis aos conectores, segundo o Eurocódigo 4 (Parte 1-1), são:

CARACTERÍSTICA	CRITÉRIO
Afastamento longitudinal entre centros dos conectores de corte (s)	$s \leq 6h$ (h - espessura total) e $s \leq 800$ mm
Distância entre o bordo de um conector e o bordo do banzo da viga ao qual está soldado	≥ 20 mm

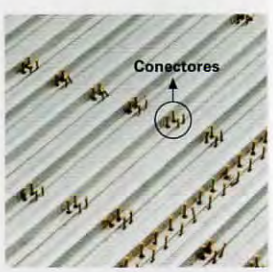
Entre outros, podemos encontrar os seguintes conectores, classificados segundo o tipo de fixação estabelecida:

• CONECTORES DE FIXAÇÃO MECÂNICA

Estes conectores colocam-se por disparo. As especificações quanto à posição de montagem, para este tipo de conectores, são:



• CONECTORES DE FIXAÇÃO POR SOLDADURA



Colocam-se por soldadura entre a viga e o perno. Para se efectuar esta soldadura devem abrir-se furos nas chapas para colocação dos pernos, conforme necessário, ou então podem ser soldados através da chapa às vigas de apoio desde que se demonstre por ensaios que as prestações da união são as desejadas e que se cumpram as condições estabelecidas no Eurocódigo 4 (Parte 1-1, ver 9.4.4.4).

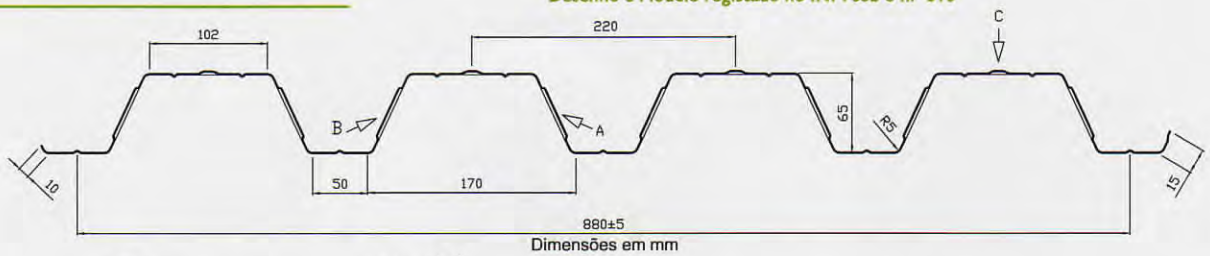
As especificações para este tipo de conectores, segundo o Eurocódigo 4 (Parte 1-1), são:

CARACTERÍSTICA	CRITÉRIO
Altura total do perno (h)	$h \geq 3\ d_1$ (d_1 – diâmetro da espiga)
Diâmetro da cabeça dos pernos (d_2)	$d_2 \geq 1{,}5\ d_1$
Altura da cabeça dos pernos (p)	$p \geq 0{,}4\ d_1$
Após aplicação, os conectores devem prolongar-se no mínimo $2d_1$ acima do topo da chapa de aço.	

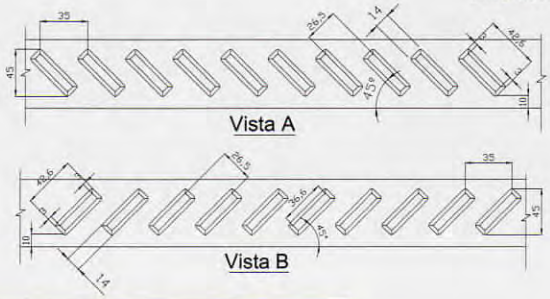
PERFIL PC 65

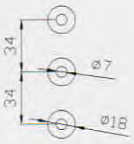
DIMENSÕES DO PERFIL

Desenho e Modelo registado no INPI sob o n.º 516



Dimensões em mm





ENTALHES em PERFIL

e = 0,70 - h = 1,50 mm
e = 0,75 - h = 1,65 mm
e = 0,80 - h = 1,80 mm
e = 0,90 - h = 2,10 mm
e = 1,00 - h = 2,50 mm
e = 1,20 - h = 2,90 mm
e = 1,25 - h = 3,00 mm

PESO PRÓPRIO DE CÁLCULO DA CHAPA

Chapa	Espessura de cálculo (sem revestimento) [mm]	Peso próprio [kN/m^2]
e = 0,75 mm	0,71	0,085
e = 0,80 mm	0,76	0,09
e = 0,9 mm	0,86	0,10
e = 1,00 mm	0,96	0,11
e = 1,20 mm	1,16	0,13

e – espessura comercial da chapa

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DA SECÇÃO DA CHAPA
(NECESSÁRIAS PARA A VERIFICAÇÃO AOS ESTADOS LIMITES)

		PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS DA SECÇÃO TRANSVERSAL DA CHAPA				
VERIFICAÇÕES	Espessura de chapa (mm)	y_G [cm]	I_p [cm^4/m]	W_p [cm^3/m]	A_p (ou A_{SI}) [cm^2/m]	b_w [cm/m]
Verificar a resistência da chapa aos momentos flectores positivos de cálculo em fase cofragem e determinação da flecha em fase definitiva.	0,75	3,30	45	14	-	-
	0,80	3,32	49	15		
	0,90	3,34	55	16		
	1,00	3,50	65	19		
	1,20	3,65	80	22		
Verificar a resistência da chapa a momentos flectores negativos de cálculo em fase de cofragem.	0,75	4,53	51	11	-	-
	0,80	4,52	56	12		
	0,90	4,49	63	14		
	1,00	4,40	76	17		
	1,20	4,29	95	22		
Verificar a resistência da chapa ao esforço transverso de cálculo na fase de cofragem, os momentos flectores positivos de cálculo em fase mista e a flecha de serviço na fase mista.	0,75	4,24	60	-	7,02	-
	0,80	4,24	64		7,44	
	0,90	4,27	71		8,29	
	1,00	4,25	81		9,40	
	1,20	4,26	96		11,21	
Verificar a resistência ao esforço transverso de cálculo em fase mista.	0,75	2,86	-	-	3,87	36,40
	0,80				4,06	
	0,90				4,45	
	1,00				5,14	
	1,20				6,00	
Verificar a resistência ao esforço de corte longitudinal de cálculo em fase mista.	0,75	3,85	-	-	9,82	-
	0,80	3,85			10,52	
	0,90	3,87			11,83	
	1,00	3,86			13,30	
	1,20	3,87			15,91	

Legenda:

y_G - Posição do eixo neutro da secção transversal da chapa

I_p - Momento de inércio da secção transversal da chapa por metro de largura

W_p - Módulo de flexão da secção transversal da chapa por metro de largura

A_p - Área da secção transversal da chapa por metro de largura

b_w - Somatório das larguras das nervuras ao nível do centro de gravidade por metro de largura.

Ensaios realizados no LABEST - F.E.U.P.

TABELAS DE DIMENSIONAMENTO DIRECTO

Espessura de chapa e = 0,8 mm

L [m]	H [cm]				
	12	14	16	18	20
1.4	20.2	22.8	25.3	27.6	29.8
1.6	16.3	19.7	21.8	23.8	25.7
1.8	13.0	16.2	19.1	20.8	22.4
2.0	10.7	13.3	15.9	18.4	19.8 ↓
2.2	8.8	11.0	13.2	15.4	17.6
2.4	7.4	9.3	11.1	13.0	14.8
2.6	6.3	7.9	9.5	11.0	12.6
2.8	5.4	6.8	8.1	9.5	10.8
3.0	4.7	5.9	7.0	8.2	9.4
3.2	4.1	5.1	6.1	7.1	8.1
3.4	3.5	4.4	5.3	6.2	7.1
3.6	2.8	3.9	4.6	5.4	6.2
3.8	2.1	3.4	4.1	4.8	5.4 ↓↓
4.0	-	2.7	3.6	4.2	4.8
4.2	-	-	3.1	3.7	4.2
4.4	-	-	2.5	3.2	3.7
4.6	-	-	-	2.8	3.2
4.8	-	-	-	2.3	2.8 ↓↓↓
5.0	-	-	-	-	2.4

C20/25

L [m]	H [cm]				
	12	14	16	18	20
1.4	12.4	15.0	17.7	20.4	23.1
1.6	10.4	12.7	14.9	17.1	19.4 ↓
1.8	8.9	10.8	12.7	14.6	16.5
2.0	8.3	9.3	11.0	12.6	14.3
2.2	7.9	8.2	9.6	11.0	12.5
2.4	7.5	7.8	8.4	9.7	11.0
2.6	7.3	7.4	7.6	8.6	9.7
2.8	6.8	7.1	7.2	7.7	8.6
3.0	5.9	6.8	6.9	7.0	7.7
3.2	5.2	6.5	6.6	6.7	6.9 ↓↓
3.4	4.5	5.7	6.4	6.4	6.4
3.6	3.8	5.1	6.1	6.2	6.2
3.8	3.2	4.5	5.4	5.9	5.9
4.0	2.6	4.0	4.8	5.6	5.7
4.2	2.2	3.6	4.3	5.0	5.5
4.4	-	3.2	3.8	4.5	5.1
4.6	-	2.7	3.4	4.0	4.6 ↓↓↓
4.8	-	2.3	3.1	3.6	4.1
5.0	-	-	2.8	3.2	3.7

C30/37

L [m]	H [cm]				
	12	14	16	18	20
1,4	15.6	19.0	22.3	25.7	29.1
1,6	13.2	16.0	18.9	21.7	24.6 ↓
1,8	11.3	13.8	16.2	18.7	21.1
2,0	10.5	12.0	14.1	16.2	18.3
2,2	9.9	10.5	12.4	14.3	16.1
2,4	9.2	9.9	11.0	12.6	14.3
2,6	7.9	9.4	9.8	11.3	12.7
2,8	6.8	8.5	9.3	10.1	11.4
3,0	5.9	7.4	8.9	9.2	10.3
3,2	5.2	6.5	7.8	8.8	9.3 ↓↓
3,4	4.6	5.7	6.8	8.0	8.6
3,6	4.0	5.1	6.1	7.1	8.1
3,8	3.6	4.5	5.4	6.3	7.2
4,0	3.2	4.0	4.8	5.6	6.4
4,2	2.9	3.6	4.3	5.0	5.7
4,4	2.5	3.2	3.8	4.5	5.1
4,6	-	2.9	3.4	4.0	4.6 ↓↓↓
4,8	-	2.6	3.1	3.6	4.1
5,0	-	-	2.8	3.2	3.7

Setembro / 2006

Espessura de chapa e = 0,9 mm

L [m]	H [cm]				
	12	14	16	18	20
1.4	20.8	23.6	26.2	28.6	30.9
1.6	17.8	20.3	22.5	24.6	26.6
1.8	14.2	17.7	19.7	21.5	23.2
2.0	11.6	14.5	17.3	19.0	20.5
2.2	9.6	12.0	14.4	16.8	18.3 ↓
2.4	8.1	10.1	12.1	14.1	16.2
2.6	6.9	8.6	10.3	12.0	13.7
2.8	5.9	7.4	8.9	10.3	11.8
3.0	5.1	6.4	7.7	8.9	10.2
3.2	4.4	5.5	6.6	7.8	8.9
3.4	3.9	4.8	5.8	6.8	7.7
3.6	3.3	4.2	5.1	5.9	6.8
3.8	2.5	3.7	4.5	5.2	6.0
4.0	-	3.3	3.9	4.6	5.2 ↓↓
4.2	-	2.4	3.4	4.0	4.6
4.4	-	-	3.0	3.5	4.1
4.6	-	-	2.3	3.1	3.6
4.8	-	-	-	2.7	3.1
5.0	-	-	-	2.1	2.7

C20/25

L [m]	H [cm]				
	12	14	16	18	20
1.4	12.4	15.0	17.7	20.4	23.1
1.6	10.4	12.6	14.9	17.1	19.4
1.8	8.9	10.8	12.7	14.6	16.5 ↓
2.0	8.3	9.3	11.0	12.6	14.3
2.2	7.9	8.2	9.6	11.0	12.5
2.4	7.5	7.8	8.4	9.7	11.0
2.6	7.3	7.4	7.6	8.6	9.7
2.8	7.1	7.1	7.2	7.6	8.6
3.0	6.4	6.8	6.9	7.0	7.7
3.2	5.4	6.6	6.6	6.7	6.9
3.4	4.5	6.2	6.4	6.4	6.4
3.6	3.8	5.5	6.2	6.1	6.1 ↓↓
3.8	3.2	4.9	5.9	5.9	5.9
4.0	2.6	4.4	5.2	5.8	5.7
4.2	2.2	3.8	4.7	5.5	5.5
4.4	-	3.2	4.2	4.9	5.3
4.6	-	2.7	3.8	4.4	5.0
4.8	-	2.3	3.4	3.9	4.5
5.0	-	-	3.0	3.5	4.0

C30/37

L [m]	H [cm]				
	12	14	16	18	20
1.4	15.6	18.9	22.3	25.7	29.1
1.6	13.2	16.0	18.9	21.7	24.6
1.8	11.3	13.8	16.2	18.6	21.1 ↓
2.0	10.5	12.0	14.1	16.2	18.3
2.2	9.9	10.5	12.4	14.2	16.1
2.4	9.4	9.9	11.0	12.6	14.3
2.6	8.5	9.4	9.8	11.3	12.7
2.8	7.4	9.0	9.3	10.1	11.4
3.0	6.4	8.0	8.9	9.2	10.3
3.2	5.6	7.0	8.4	8.7	9.3
3.4	5.0	6.2	7.4	8.4	8.6
3.6	4.4	5.5	6.6	7.7	8.2 ↓↓
3.8	3.9	4.9	5.9	6.8	7.8
4.0	3.5	4.4	5.2	6.1	7.0
4.2	3.1	3.9	4.7	5.5	6.2
4.4	2.8	3.5	4.2	4.9	5.6
4.6	2.3	3.1	3.8	4.4	5.0
4.8	-	2.8	3.4	3.9	4.5
5.0	-	2.5	3.0	3.5	4.0

Setembro / 2006

Observações:

- Os valores de *m* e *k* utilizados na elaboração destas tabelas (e = 0,9 mm) são os obtidos nos ensaios com chapa de espessura e = 0,8 mm.
- Para lajes contínuas, a contribuição da classe de betão é fundamental. Assim, foram elaboradas duas tabelas correspondentes a dois betões diferentes.

L - Distância entre apoios [m];
H - Espessura total da laje [cm];

Os valores presentes nas tabelas representam os valores característicos da totalidade das acções adicionais a aplicar, para além do peso próprio da laje (q_k) em kN/m².

Necessidade de escoramento:

↓ - Necessidade de um prumo de escoramento

↓↓ - Necessidade de dois prumos de escoramento

↓↓↓ - Necessidade de três prumos de escoramento

Factores que limitam o dimensionamento:

- Esforço transverso vertical (V_{Rdc})
- Esforço de corte longitudinal ($V_{L,rd}$)
- Flecha em serviço (l/d)
- Momento negativo de continuidade no apoio central (M_{Rd}^-)

Ensaios realizados no LABEST - F.E.U.P.

Espessura de chapa e = 1,0 mm

L [m]	H [cm]				
	12	14	16	18	20
1.4	21.9	24.9	27.6	30.1	32.6
1.6	19.0	21.5	23.8	26.0	28.0
1.8	16.6	18.8	20.8	22.7	24.5
2.0	14.8	16.7	18.5	20.1	21.7
2.2	13.3	15.0	16.5	18.0	19.4
2.4	11.9	13.5	14.9	16.2	17.4 ↓
2.6	10.0	12.3	13.5	14.7	15.8
2.8	8.5	10.6	12.4	13.4	14.4
3.0	7.2	9.0	10.8	12.3	13.2
3.2	6.2	7.8	9.3	10.9	12.2
3.4	5.3	6.7	8.1	9.4	10.7
3.6	4.1	5.8	7.0	8.2	9.3
3.8	3.2	5.1	6.1	7.1	8.1
4.0	2.4	4.1	5.3	6.2	7.1
4.2	-	3.2	4.6	5.4	6.2
4.4	-	2.4	4.0	4.7	5.4 ↓↓
4.6	-	-	3.1	4.1	4.7
4.8	-	-	2.3	3.6	4.1
5.0	-	-	-	2.9	3.6

C20/25

L [m]	H [cm]				
	12	14	16	18	20
1.4	12.4	15.0	17.7	20.4	23.0
1.6	10.4	12.6	14.9	17.1	19.4
1.8	8.9	10.8	12.7	14.6	16.5
2.0	8.3	9.3	11.0	12.6	14.3 ↓
2.2	7.9	8.2	9.6	11.0	12.5
2.4	7.5	7.8	8.4	9.7	11.0
2.6	7.2	7.4	7.6	8.6	9.7
2.8	7.1	7.1	7.2	7.6	8.6
3.0	6.5	6.8	6.9	7.0	7.7
3.2	5.4	6.6	6.6	6.7	6.9
3.4	4.5	6.5	6.4	6.4	6.4
3.6	3.8	6.1	6.2	6.1	6.1
3.8	3.2	5.2	6.0	5.9	5.9
4.0	2.6	4.4	5.9	5.8	5.7 ↓↓
4.2	2.2	3.8	5.7	5.6	5.5
4.4	-	3.2	5.0	5.5	5.3
4.6		2.7	4.3	5.4	5.2
4.8		2.3	3.7	5.2	5.1
5.0	-		3.2	4.6	5.0

C30/37

L [m]	H [cm]				
	12	14	16	18	20
1.4	15.6	18.9	22.3	25.7	29.1
1.6	13.2	16.0	18.9	21.7	24.6
1.8	11.3	13.8	16.2	18.6	21.1
2.0	10.5	12.0	14.1	16.2	18.3 ↓
2.2	9.9	10.5	12.4	14.2	16.1
2.4	9.4	9.9	11.0	12.6	14.3
2.6	9.0	9.4	9.8	11.2	12.7
2.8	8.7	9.0	9.3	10.1	11.4
3.0	8.4	8.6	8.9	9.1	10.3
3.2	8.0	8.3	8.5	8.7	9.3
3.4	7.0	8.1	8.2	8.4	8.6
3.6	6.1	7.6	7.9	8.1	8.2
3.8	5.4	6.7	7.7	7.8	7.9
4.0	4.7	5.9	7.1	7.5	7.6 ↓↓
4.2	4.2	5.3	6.3	7.3	7.4
4.4	3.7	4.7	5.6	6.5	7.2
4.6	2.9	4.1	5.0	5.8	6.6
4.8	2.3	3.7	4.4	5.2	5.9
5.0	-	3.2	3.9	4.6	5.3

Setembro / 2006

Espessura de chapa e = 1,2 mm

L [m]	H [cm]				
	12	14	16	18	20
1.4	23.2	26.3	29.2	31.9	34.5
1.6	20.0	22.7	25.2	27.5	29.7
1.8	17.6	19.9	22.1	24.1	26.0
2.0	15.6	17.7	19.6	21.3	23.0
2.2	14.0	15.9	17.5	19.1	20.6
2.4	12.7	14.3	15.8	17.2	18.5
2.6	11.6	13.0	14.4	15.7	16.8 ↓
2.8	10.1	11.9	13.2	14.3	15.4
3.0	8.7	10.9	12.1	13.1	14.1
3.2	7.5	9.4	11.2	12.1	13.0
3.4	6.2	8.1	9.8	11.2	12.0
3.6	4.8	7.1	8.5	9.9	11.1
3.8	3.7	6.2	7.4	8.7	9.9
4.0	2.8	5.2	6.5	7.6	8.7
4.2	2.1	4.1	5.7	6.7	7.7
4.4	-	3.1	5.1	5.9	6.8
4.6	-	2.3	4.2	5.2	5.9
4.8	-	-	3.3	4.6	5.2
5.0	-	-	2.6	4.0	4.6 ↓↓

C20/25

L [m]	H [cm]				
	12	14	16	18	20
1.4	12.3	15.0	17.7	20.4	23.0
1.6	10.4	12.6	14.9	17.1	19.4
1.8	8.9	10.8	12.7	14.6	16.5
2.0	8.3	9.3	11.0	12.6	14.3
2.2	7.9	8.2	9.6	11.0	12.4
2.4	7.5	7.7	8.4	9.7	10.9 ↓
2.6	7.2	7.4	7.5	8.6	9.7
2.8	7.0	7.0	7.2	7.6	8.6
3.0	6.5	6.8	6.9	7.0	7.7
3.2	5.4	6.6	6.6	6.6	6.9
3.4	4.5	6.5	6.3	6.4	6.4
3.6	3.8	6.1	6.2	6.1	6.1
3.8	3.1	5.2	6.0	5.9	5.9
4.0	2.6	4.4	5.9	5.7	5.7
4.2	2.2	3.7	5.7	5.6	5.5
4.4	-	3.2	4.9	5.5	5.3
4.6	-	2.7	4.3	5.4	5.2 ↓↓
4.8	-	2.3	3.7	5.4	5.1
5.0	-	-	3.1	4.7	5.0

C30/37

L [m]	H [cm]				
	12	14	16	18	20
1.4	15.5	18.9	22.3	25.7	29.1
1.6	13.1	16.0	18.8	21.7	24.6
1.8	11.3	13.7	16.2	18.6	21.1
2.0	10.4	11.9	14.1	16.2	18.3
2.2	9.9	10.5	12.4	14.2	16.1
2.4	9.4	9.9	10.9	12.6	14.2 ↓
2.6	9.0	9.4	9.8	11.2	12.7
2.8	8.7	9.0	9.3	10.1	11.4
3.0	8.4	8.6	8.9	9.1	10.3
3.2	8.3	8.3	8.5	8.7	9.3
3.4	7.7	8.0	8.2	8.4	8.5
3.6	6.6	7.8	7.9	8.0	8.2
3.8	5.7	7.7	7.7	7.8	7.9
4.0	4.9	7.2	7.5	7.5	7.6
4.2	4.2	6.4	7.3	7.3	7.4
4.4	3.7	5.7	6.8	7.1	7.1
4.6	3.2	5.1	6.1	7.0	6.9 ↓↓
4.8	2.7	4.5	5.5	6.4	6.8
5.0	2.4	4.0	4.9	5.7	6.5

Setembro / 2006

Observações:

- Os valores de *m* e *k* utilizados na elaboração destas tabelas (e = 1,2 mm) são os obtidos nos ensaios com chapa de espessura e = 1,0 mm.
- Para lajes contínuas, a contribuição da classe de betão é fundamental. Assim, foram elaboradas duas tabelas correspondentes a dois betões diferentes.

L - Distância entre apoios [m];
H - Espessura total da laje [cm];

Os valores presentes nas tabelas representam os valores caracteristicos da totalidade das acções adicionais a aplicar, para além do peso próprio da laje (q_k) em kN/m².

Necessidade de escoramento:

↓ - Necessidade de um prumo de escoramento

↓↓ - Necessidade de dois prumos de escoramento

↓↓↓ - Necessidade de três prumos de escoramento

Factores que limitam o dimensionamento:

- Esforço transverso vertical (V_{Rdc})
- Esforço de corte longitudinal ($V_{L,rd}$)
- Flecha em serviço (l/d)
- Momento negativo de continuidade no apoio central (M_{Rd}^-)

COLABORANTE
PERFILAGEM DE CHAPA, LDA

TABELAS DE SELECÇÃO DE ARMADURAS

• TABELA DE ARMADURAS DE DISTRIBUIÇÃO (A500)

H [cm]	12	14	16	18	20
A_s^{dist} [cm²/m]	0.8	0.8	1.0	1.2	1.4

• TABELA DE ARMADURAS NOS APOIOS (Ø10, A500)

	H [cm]	12	14	16	18	20
A_s^{fend} [cm²/m]	e = 0.8 m m	3.3	3.5	3.5	4.2	4.9
	e = 0.9 m m	3.5	3.8	4.2	4.2	4.9
	e = 1.0 m m	4.6	4.6	4.6	5.0	5.0
	e = 1.2 m m	4.6	5.5	5.5	5.5	5.5

CARACTERISTICAS GEOMÉTRICAS DA LAJE MISTA COM CHAPA PC65

• ÁREA DE BETÃO E PESO PRÓPRIO DA LAJETA

H [cm]	12	14	16	18	20
G [kN/m²]	2.1	2.6	3.1	3.6	4.1
A_{ct} [cm²]	550	750	950	1150	1350
Consumo de Betão [m³/m²]	0,080	0,102	0,124	0,145	0,167

G – Peso próprio da laje mista.
A_{ct} – Área da lajeta de betão acima das nervuras.
H – Espessura total da laje.

Atenção: Economize no betão!

• INÉRCIA DAS LAJES MISTAS CONSIDERANDO PARA O BETÃO UMA SECÇÃO NÃO FRISSURADA E OUTRA FRISSURADA. (homogenização em aço)

		e [mm]	H [cm]				
			12	**14**	**16**	**18**	**20**
Inércia não fissurada	x_u [cm]	0,8	4.98	5.89	6.83	7.79	8.76
	I_{cu} [cm⁴/m]		730	1152	1731	2496	3475
	x_u [cm]	0,9	5.01	5.93	6.87	7.83	8.81
	I_{cu} [cm⁴/m]		741	1171	1759	2533	3505
	x_u [cm]	1,0	5.06	5.99	6.93	7.90	8.87
			761	1197	1794	2581	3585
	x_u [cm]	1,2	5.13	6.07	7.02	7.99	8.97
	I_{cu} [cm⁴/m]		787	1237	1852	2657	3667
Inércia fissurada	x_c [cm]	0,8	3.11	3.59	4.02	4.41	4.78
	I_{cc} [cm⁴/m]		296	457	664	919	1221
	x_c [cm]	0,9	3.23	3.73	4.18	4.60	5.00
	I_{cc} [cm⁴/m]		319	493	718	994	1321
	x_c [cm]	1,0	3.39	3.92	4.40	4.84	5.26
	I_{cc} [cm⁴/m]		352	544	792	1097	1462
	x_c [cm]	1,2	3.61	4.18	4.70	5.18	5.64
	I_{cc} [cm]		399	617	899	1249	1664

x_u, x_c = Profundidade do eixo neutro.
I_{cu} = Inércia das lajes mistas considerando para o betão uma secção não frissurada.
I_{cc} = Inércia das lajes mistas considerando para o betão uma secção frissurada.

Valores obtidos com n = Ea / Ec = 14, sendo Ea o módulo de elasticidade do aço da chapa e Ec o módulo de elasticidade do betão.

Na lajeta de betão são necessárias armaduras com diversas finalidades:

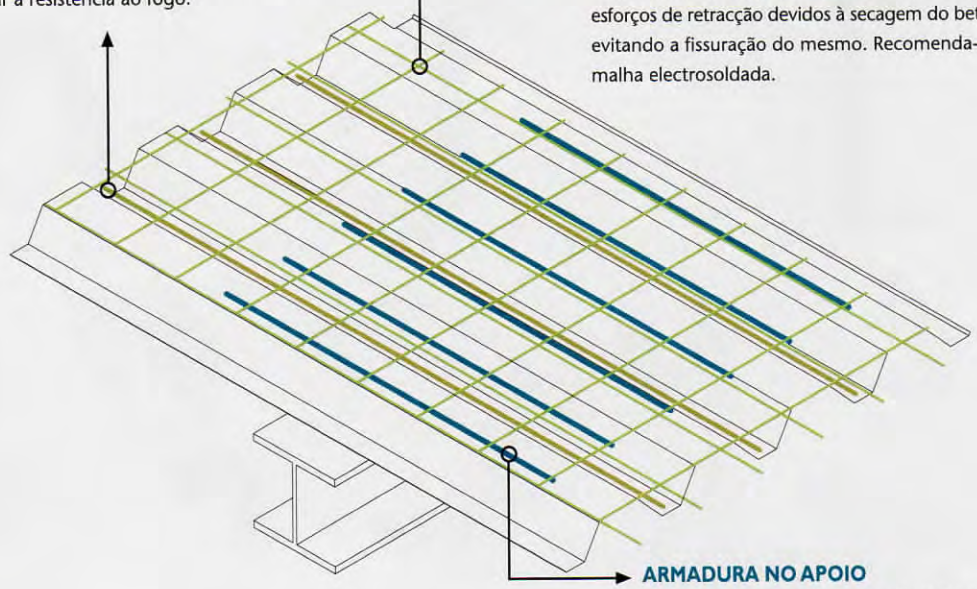
ARMADURA ADICIONAL

- Reforço para esforços de flexão. Também para aumentar a resistência ao fogo.

Armadura principal:

ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO

- Para distribuir cargas localizadas e suportar os esforços de retracção devidos à secagem do betão, evitando a fissuração do mesmo. Recomenda-se malha electrosoldada.

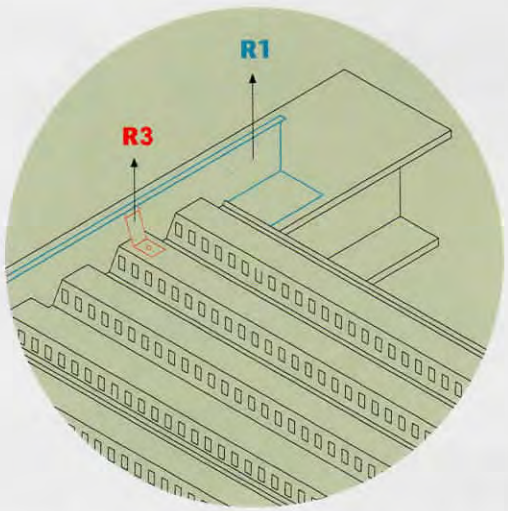


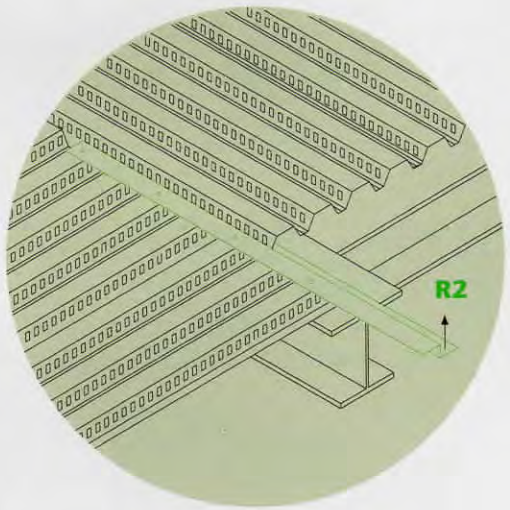
ARMADURA NO APOIO

- Para suportar os esforços produzidos pelos momentos negativos sobre os apoios.

REMATES:

De forma a uniformizar as dimensões finais da laje e evitar desperdicios de betão durante a fase de betonagem, poderão aplicar-se os seguintes tipos de remates:





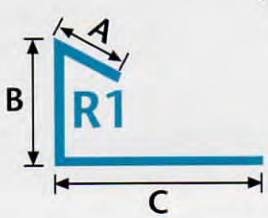
	A	B	C	D	ESPESSURA	COMPRIMENTO
R1	20	*	*	-	1	**
R2	100	***	90	-	1	**
R3	30	*	*	*	1	50

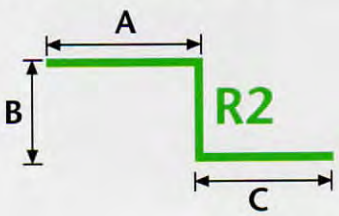
* - Medidas dependentes da altura da laje.

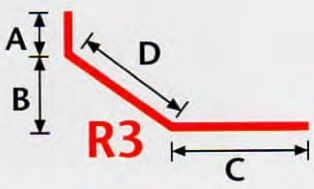
** - Comprimentos até 6 m, conforme as necessidades do cliente.

*** - 65 mm para o perfil PC 65 e 55 mm para o perfil PC 55.

Dimensões em mm.







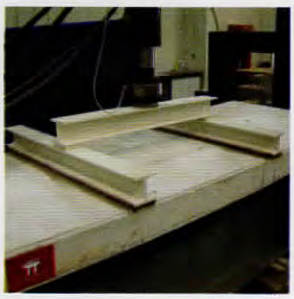
Exemplos de diversos tipos de remates possíveis de executar:

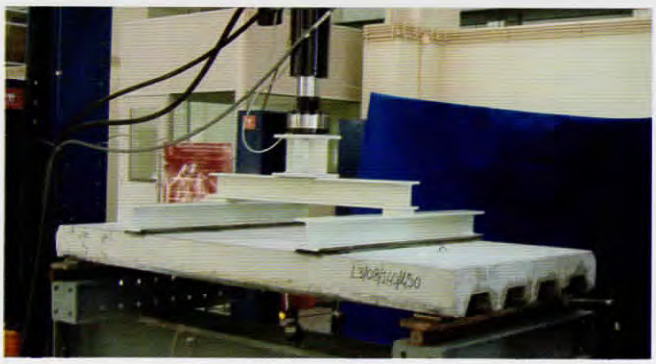
ENSAIOS DE LABORATÓRIO

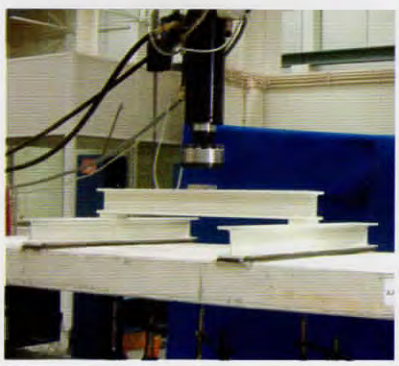
Foram realizados, no LABEST, ensaios de laboratório às lajes mistas com o nosso perfil PC65, de acordo com o estipulado no Anexo B (B.3) da parte 1 do Eurocódigo 4, bem como estudos de apoio ao projecto.

Universidade do Porto
FEUP Faculdade de Engenharia

LABEST
Laboratório da Tecnologia do Betão e do Comportamento Estrutural







PROTECÇÃO AO FOGO

O EC4 - Parte 1.2 estabelece no Subcapítulo 2.1.2 os seguintes critérios de verificação num fogo: E (integridade), I (isolamento) e R (resistência mecânica).

De acordo com o Subcapítulo 4.3.2 do EC4 - Parte 1.2, uma laje mista executada com chapa perfilada PC65 da COLABORANTE e dimensionada de acordo com o EC4 - Parte 1.1, apresenta uma resistência ao fogo, com ou sem armadura adicional, de pelo menos 30 minutos quando se usa o critério R.

No caso de se necessitar de uma resistência com duração superior deverá proceder-se a um calculo específico de resistência ao fogo, de acordo com o EC4 - Parte 1.2, utilizando para o efeito:

- Armaduras adicionais a dispor longitudinalmente no interior das mesmas;
- Protecção da face inferior da chapa perfilada, através de:
  - Colocação de tectos falsos (por exemplo com recurso a placas de gesso cartonado);
  - Projecção de argamassa;
  - Pintura com tinta intumescente.

ISOLAMENTO ACÚSTICO

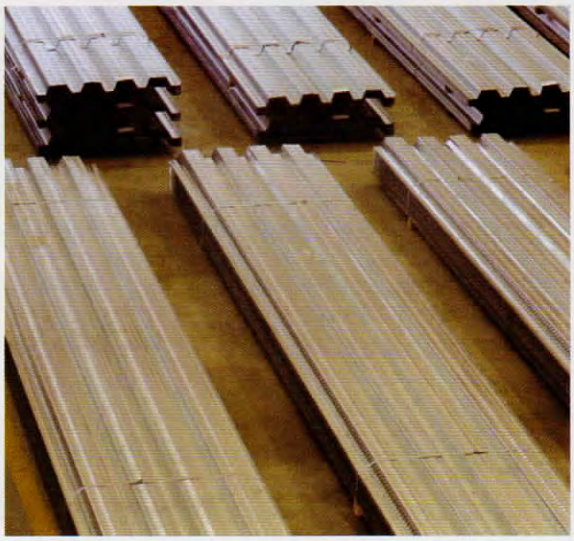
A avaliação do desempenho acústico foi efectuada no domínio prospectivo recorrendo a modelos de simulação de comportamento acústico de lajes em geral. Assim sendo, os resultados obtidos não são mais do que estimativas do desempenho acústico orientadoras da selecção e calculo deste tipo de produtos.

Tanto o isolamento a sons de percussão como a absorção sonora são correntes para as caracterisicas de massa e revestimento apresentadas. Entendeu-se assim subdividir o comportamento acústico segundo duas perspectivas:

- Solução simples (apenas a laje mista);
- Solução composta, em que além da laje mista, é adoptada uma laje flutuante e/ou um tecto falso complementares.

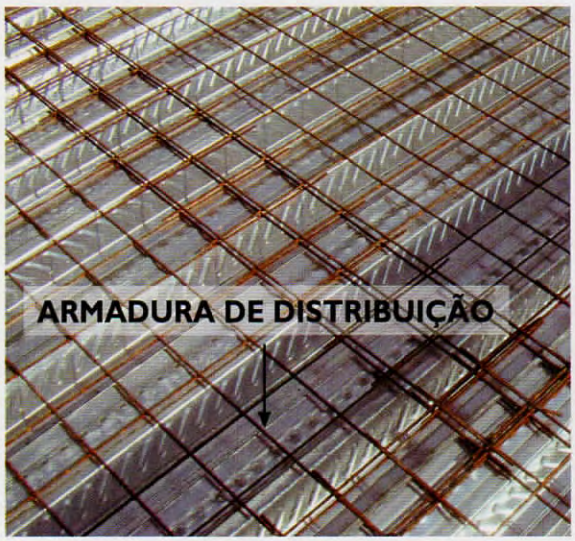
Contacte-nos para obter mais dados relativos à caracterização destas duas soluções.

EXEMPLOS DE APLICAÇÃO:



Grande capacidade de produção e entrega.

Colocação do Perfil COLABORANTE PC65



Colocação da Armadura de Distribuição

Amostra do Conjunto Final
(Note a economia de betão possível de obter, ao optar por esta solução).

Fácil aplicação de diversos acessórios na face inferior da laje.

Vista da laje depois de betonada.

PERFIL P4-270-30

Chapa de aço pintado fabricada em série.

Material base:
- Aço laminado a frio
- Aço galvanizado em ambas as faces
- Recobrimento de ambas as faces ≥ 250 g/m²

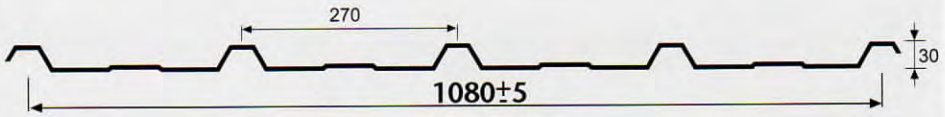
Acabamento:
- Pré-lacagem (Poliéster), com espessura total de 25µ. Tolerância: +0,3.

Espessuras de 0,5 a 0,8 mm.

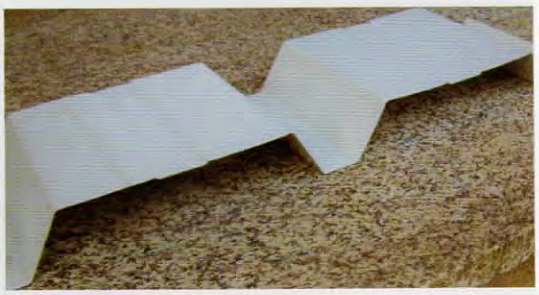
Aplicações: Fachadas e Coberturas.

ESPESSURA [mm]	PESO [kg/m²]
0,5	4,63
0,6	5,56
0,7	6,48
0,8	7,41

Disponibilidade em ampla gama de cores e em perfil CURVO



PERFIL P4-247-45



Chapa de aço pintado fabricada em série.

Material base:
- Aço laminado a frio
- Aço galvanizado em ambas as faces
- Recobrimento de ambas as faces ≥ 250 g/m²

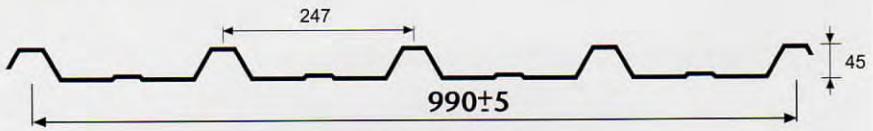
Acabamento:
- Pré-lacagem (Poliéster), com espessura total de 25µ. Tolerância: +0,3.

Espessuras de 0,5 a 0,8 mm.

Aplicações: Fachadas e Coberturas.

ESPESSURA [mm]	PESO [kg/m²]
0,5	5,05
0,6	6,06
0,7	7,07
0,8	8,08

Disponibilidade em ampla gama de cores



PERFIL P6-170-25

Chapa de aço pintado fabricada em série.

Material base:
- Aço laminado a frio
- Aço galvanizado em ambas as faces
- Recobrimento de ambas as faces ≥ 250 g/m²

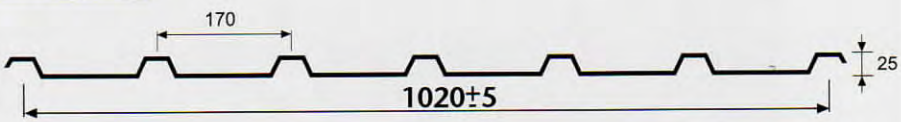
Acabamento:
- Pré-lacagem (Poliéster), com espessura total de 25µ. Tolerância: +0,3.

Espessuras de 0,5 a 0,8 mm.

Aplicações: Fachadas e Coberturas.

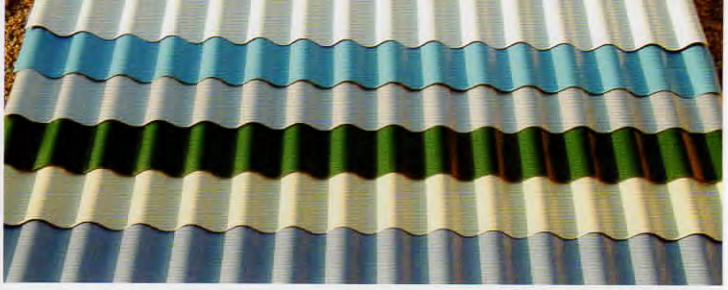
ESPESSURA [mm]	PESO [kg/m²]
0,5	4,9
0,6	5,88
0,7	6,86
0,8	7,84

Disponibilidade em ampla gama de cores e em perfil CURVO

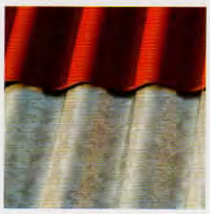


COLABORANTE

PERFIL ONDULADO PO16



Chapa de aço pintado fabricada em série.



Material base:
- Aço laminado a frio
- Aço galvanizado em ambas as faces
- Recobrimento de ambas as faces ≥ 250 g/m²

Acabamento:
- Pré-lacagem (Poliéster), com espessura total de 25µ. Tolerância: +0,3.

Espessuras de 0,4 a 0,6 mm. 15 canelados.

Aplicações: Fachadas e Coberturas.

Disponibilidade em ampla gama de cores e em perfil CURVO

Diversas cores **RAL** disponíveis.

PROPRIEDADES DA SECÇÃO TRANSVERSAL:

ESPESSURA [mm]	S (BRUTO) [cm²]	S (EFECTIVO) [cm²]	I (BRUTO) [cm⁴]	I (EFECTIVO) [cm⁴]	W (BRUTO) [cm³]	W (EFECTIVO) [cm³]	PESO [kg/m]	PESO [kg/m²]
0,4	5,0	4,9	1,53	1,48	1,94	1,83	4,2	3,84
0,5	6,25	6,25	1,88	1,88	2,32	2,32	5,18	4,73
0,6	7,5	7,5	2,22	2,22	2,74	2,74	6,16	5,63

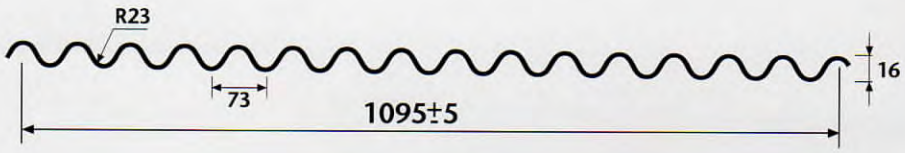


TABELA DE CARGAS ADMISSÍVEIS :

Perfil PO16	2 APOIOS - 1 VÃO			3 OU MAIS APOIOS		
e (mm) / L (m)	0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6
0,7	2,7	3,4	4,1	3,4	4,3	5,1
0,8	1,8	2,3	2,7	2,3	2,9	3,4
0,9	1,3	1,6	1,9	1,6	2,0	2,4
1,0	0,9	1,1	1,4	1,1	1,5	1,7
1,1	0,7	0,8	1,0	0,9	1,1	1,3
1,2	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	1,0
1,3	-	0,5	0,6	0,5	0,6	0,8
1,4	-	-	-	-	0,5	0,6
1,5	-	-	-	-	-	0,5

E	206000 MPa
Re	235 MPa
Flecha Max.	L/250

L - Distância entre apoios (m)
e - Espessura da chapa (mm)
Valores de carga em kN/m²

Os valores apresentados são indicativos. O projectista deve-os verificar numa situação real de obra.

Por razões construtivas e arquitectónicas, torna-se por vezes necessário curvar a chapa de forma a rematar cantos de fachadas e/ou coberturas. Nesse caso, utiliza-se o **PERFIL ONDULADO PO16 CURVADO.**
O raio e o ângulo de curvatura são definidos pelo cliente, tendo este a possibilidade de adquirir um produto complementar com uma qualidade de construção e um efeito estético difíceis de igualar.

PERFIL P9-111-25

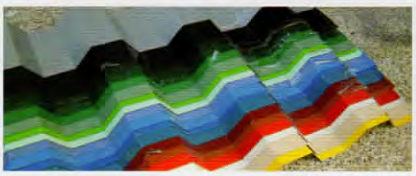
Chapa de aço pintado fabricada em série.

Material base:
- Aço laminado a frio
- Aço galvanizado em ambas as faces
- Recobrimento de ambas as faces ≥ 250 g/m²

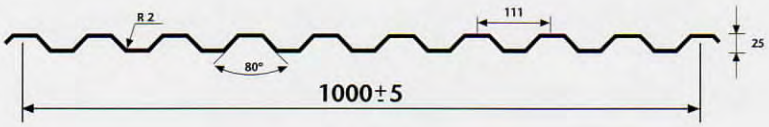
Acabamento:
- Pré-lacagem (Poliéster), com espessura total de 25µ. Tolerância: +0,3.

Espessuras de 0,5 a 0,8 mm. 9 canelados.

Aplicações: Fachadas e Coberturas.



Disponibilidade em ampla gama de cores.



PROPRIEDADES DA SECÇÃO TRANSVERSAL:

ESPESSURA [mm]	S (BRUTO) [cm²]	S (EFECTIVO) [cm²]	I (BRUTO) [cm⁴]	I (EFECTIVO) [cm⁴]	W (BRUTO) [cm³]	W (EFECTIVO) [cm³]	PESO [kg/m]	PESO [kg/m²]
0,5	6,25	5,7	6,3	5,36	4,9	4,19	5,18	5,18
0,6	7,5	7,0	7,57	6,74	5,9	5,27	6,16	6,16
0,7	8,75	8,4	8,83	8,17	6,8	6,33	7,14	7,14
0,8	10,0	9,7	10,1	9,63	7,8	7,47	8,13	8,13

PERFIL P11-100-12

Chapa de aço pintado fabricada em série.

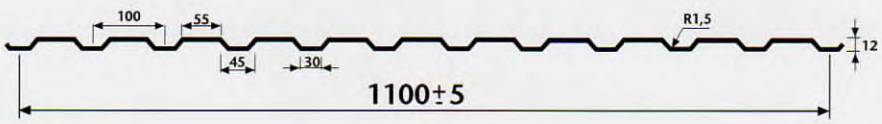
Material base:
- Aço laminado a frio
- Aço galvanizado em ambas as faces
- Recobrimento de ambas as faces ≥ 250 g/m²

Acabamento:
- Pré-lacagem (Poliéster), com espessura total de 25µ. Tolerância: +0,3.

Espessuras de 0,5 e 0,6 mm. 11 canelados.

Aplicações: Fachadas e Coberturas.

Disponibilidade em ampla gama de cores.



PROPRIEDADES DA SECÇÃO TRANSVERSAL:

ESPESSURA [mm]	S (BRUTO) [cm²]	S (EFECTIVO) [cm²]	I (BRUTO) [cm⁴]	I (EFECTIVO) [cm⁴]	W (BRUTO) [cm³]	W (EFECTIVO) [cm³]	PESO [kg/m]	PESO [kg/m²]
0,5	6,25	5,7	1,65	1,34	3,4	2,79	5,18	4,71
0,6	7,5	7,14	1,98	1,73	4,04	3,53	6,16	5,6