



# FARCIMAR



## DECLARAÇÃO DE DESEMPENHO Nº 18

1. CIP: PBA28BB – Painel de Barreira Acústica E28 - Betão Borracha.  
(Código de identificação único do produto-tipo)
2. Redutores de Ruído obstruindo a transmissão de ruído aéreo proveniente do tráfego rodoviário e ferroviário.  
(Utilização ou utilizações)
3. FARCIMAR – Soluções em Pré-fabricados de Betão, S.A. | Zona Industrial da Farrapa | 4540-267 Chave-Arouca.  
(Nome, designação comercial ou marca comercial registada e endereço de contacto do fabricante)
4. Não Aplicável.  
(Mandatário)
5. Sistema de Avaliação e Verificação da Regularidade do Desempenho 3.  
(Sistema ou sistemas de avaliação e verificação da regularidade do desempenho)
6. Declaração de Desempenho relativa à norma harmonizada EN 14388:2005/AC:2008.  
(norma harmonizada)

O ITECONS, Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico em Ciências da Construção (NB 2211), realizou os Ensaios Iniciais de Tipo, no âmbito do sistema 3 e emitiu os seguintes relatórios de ensaio:

- Ensaio da absorção sonora, relatório n.º ACL 224/15
- Ensaio de isolamento ao ruído aéreo, relatório n.º ACL 212/13;
- Determinação de peso próprio, relatório n.º PRD 042/16;
- Determinação da resistência ao impacto massa 45 kg, relatório n.º PRD 043/16;
- Determinação da resistência ao impacto massa 400 kg, relatório n.º PRD 044/16;
- Ensaio substâncias perigosas, relatório n.º QUI 377/16;

A FARCIMAR, Soluções em Pré-fabricados de Betão, S.A., realizou os seguintes Ensaios Iniciais de Tipo, por cálculo e emitiu o seguinte relatório:

- Capacidade mecânica e requisitos de estabilidade, relatório PBA28BB\_4.0\_0



16

**FARCIMAR**

## 7. Desempenho(s) declarado(s):

Características	Desempenho declarado			Especificações técnicas harmonizadas
<b>Peso próprio e peso próprio húmido reduzido de um elemento acústico:</b>				
- Peso seco	373,9 kg/m <sup>2</sup>			EN 1794-1
- Peso húmido reduzido	406,5 kg/m <sup>2</sup>			EN 1794-1
<b>Resistência às cargas:</b>	4,00x1,00 m	4,00x2,20 m	4,00x2,60 m	
- carga vertical máxima que um elemento pode suportar	44,27 kN/m	34,25 kN/m	36,95 kN/m	EN 1794-1
- carga normal (90°) que um elemento acústico pode suportar (carga de vento e carga estática)	18,30 kN/m <sup>2</sup>	6,77 kN/m <sup>2</sup>	5,99 kN/m <sup>2</sup>	EN 1794-1
- carga normal (90°) que um elemento acústico pode suportar (força dinâmica devido à remoção de neve)	20,11 kN/m <sup>2</sup> (2X2)	12,89 kN/m <sup>2</sup> (2X2)	11,78 kN/m <sup>2</sup> (2X2)	EN 1794-1
- carga normal (90°) que um elemento estrutural pode suportar (força dinâmica devido à remoção de neve)	NPD			EN 1794-1
<b>Absorção Sonora:</b>	DL <sub>a</sub> = 10 Db (Categoria A3)			EN 1793-1
<b>Isolamento ao Ruído Aéreo:</b>	DL <sub>R</sub> = 41 Db (Categoria B4)			EN 1793-2
<b>Reflexão da Luz:</b>	NPD			EN 1794-2
<b>Risco de queda de detritos:</b>	Classe 3			EN 1794-2
<b>Durabilidade esperada das características acústicas:</b>	NPD			EN 14389-1
<b>Durabilidade esperada das características não acústicas:</b>				
- Vida útil	30 anos			EN 14389-2
<b>Substâncias perigosas:</b>	Arsénio, mercúrio < 0 ppm			EN 1794-2

O desempenho do produto identificado acima está em conformidade com o conjunto de desempenhos declarados.

A presente declaração de desempenho é, em conformidade com o Regulamento (EU) n.º 305/2011, sob exclusiva responsabilidade do fabricante identificado acima.

Assinado por e em nome do fabricante por:

*[Assinatura manuscrita]*  
 \_\_\_\_\_  
 (nome)

Arouca, 25 de Outubro de 2016



NIF: 502 171 090

**FARCIMAR**

Soluções em Plac Fabricados de Betão S.A.

T. 256 464 442 | F. 256 464 442 | NIF: 502 171 090

Z. Ind. da Farrapa - Ap. 002 - 4540-267 Chave - Arouca

## Relatório de Ensaio

Relatório n.º PRD 044/16

Data: 24/10/2016

### Determinação da resistência ao impacto de barreiras acústicas (Método de ensaio: EN 1794-2:2011 Anexo B)

#### Dados relativos ao requerente:

Nome: Farcimar - Soluções em Pré-Fabricados de Betão, S.A.

Endereço: Zona Industrial da Farrapa, apartado 402; 4540-267 Chave / Arouca

Contacto: Eng.ª Diana David Silva

Fax: 256 428 144

Tel. 256 464 442

e-mail: diana.silva@farcimar.pt

#### Informações relativas ao provete ensaiado:

Referência ITeCons: PRD273A/16

Data de recepção: 10/10/2016

Referência do Cliente\*: --

Data de produção\*: 13/09/2016

Dimensões (LxH): 3,96 m x 2,00 m

Fabricante\*: Farcimar - Soluções em Pré-Fabricados de Betão, S.A.

Morada do fabricante\*: Zona Industrial da Farrapa, apartado 402; 4540-267 Chave / Arouca

#### Descrição do provete\*:

Painel em betão armado, com revestimento em betão borracha, apresentando uma geometria conforme desenhos em anexo. As dimensões nominais do painel são 3,96 m x 2,00 m e espessura de 0,28 m. O painel de betão armado é composto por betão com classe de resistência C40/50 e apresenta malha de armadura central conforme o anexo. O recobrimento nominal é de 40 mm. Este painel foi colocado numa estrutura metálica composta por perfis HEB140, os quais foram fixos à laje de reação do ITeCons.

#### Informações relativas à realização do ensaio:

Data: 18/10/2016

Realização do ensaio: Ricardo Marques

Energia de Impacto (kJ): 6,0

Massa (kg): 400

Altura de queda (m): 1,50

#### Equipamento de ensaio:

Pórtico de ensaios, PRT01; Massa de impacto, RIP02; Câmara de vídeo de alta velocidade, CAV01; Balança, BAL03; Paquímetro, da marca Mitutoyo, PAQ13; Goniómetro, da marca Mitutoyo, GON01; Régua graduada, REG08; Fita métrica, FTM44.

#### Breve descrição do procedimento de ensaio:

Este ensaio realiza-se segundo o Anexo B da norma EN 1794-2:2011 e, posteriormente, é efectuada a classificação do provete de acordo com o disposto no referido Anexo.

O princípio do ensaio consiste em provocar o impacto de uma massa pesada no centro, ou na zona mais sensível do provete ou sistema, perpendicularmente ao seu plano, de modo a que este seja destruído, projectado da sua estrutura de suporte ou, alternativamente, demonstre a sua robustez durante o ensaio.

Notas: O presente relatório não pode ser reproduzido, excepto na íntegra, sem o acordo escrito do ITeCons.

Os dados assinalados com \* foram fornecidos pelo cliente.

Os resultados apresentados referem-se apenas aos itens ensaiados.





**Resultados do ensaio:**

Após o impacto, o provete de ensaio libertou detritos.

**Outros danos:**

Fissura vertical percorrendo toda a altura e espessura do provete, junto à zona de impacto. Indentação da zona de impacto.

**CrITÉRIOS de avaliação dos detritos:**

1. Nenhuma peça rígida com mais de 25 cm<sup>2</sup> com uma massa superior a 100 g.
2. Nenhuma peça rígida com comprimento superior a 15 cm.
3. Nenhuma peça rígida com ângulos inferiores a 15° e com massa superior a 100 g.
4. Nenhuma peça com massa superior a 400 g.
5. Nenhuma peça rígida de pontas afiadas com espessura inferior a 1 mm e massa superior a 100 g.

	CrITÉRIO 1	CrITÉRIO 2	CrITÉRIO 3	CrITÉRIO 4	CrITÉRIO 5
Total de peças que não cumprem o critério	0	0	0	0	0

**Classificação:**

O provete apresenta Classe 3

Autoria Técnica: Ricardo MarquesResponsável Técnico: António Tadeu  
(António Tadeu, Supervisor Técnico e Científico)Direcção: António Tadeu  
Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico  
para a Construção, Energia, Ambiente e Sustentabilidade

PRD04/16

Notas: O presente relatório não pode ser reproduzido, excepto na íntegra, sem o acordo escrito do IteCons.  
Os resultados apresentados referem-se apenas aos itens ensaiados.



## ANEXO

PRD04/16

Notas: O presente relatório não pode ser reproduzido, excepto na íntegra, sem o acordo escrito do ITeCons.  
Os resultados apresentados referem-se apenas aos itens ensaiados.

Mod PRD 33 RE 01 V6 08.15

pág. 3/4





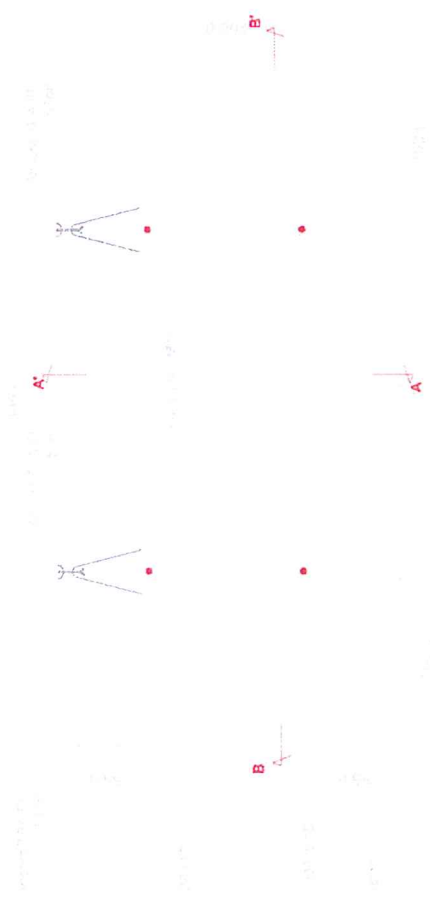
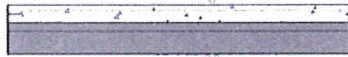
Esc. 1/40  
(dimensões em cm)

30/06

CORTE B-B'



CORTE A-A'



ALÇADO

Esc. 1/30  
(dimensões em cm)

39,5 B

Poids (kg)	DIMENSIONS (tolérances) (cm)		
	A	C	E
3060	200	396	28

TOLERÂNCIAS ±1.0 ±1.0 ±0.5

Caractéristiques (Caractéristiques)	
Béton (CB n.º 101 et 130) <small>(Bêto (CB n.º 101 e 130))</small>	C40/50
Acier (Acp)	A500 NR
Enrobage (Recouvrement nominal)	40mm
Ancre TPA FE 2,5ton <small>(Ancre TPA FE 2,5ton)</small>	2 par pièce
Douille RD 16 (pour démolissage) <small>(D. 16 para desmontar)</small>	4 par pièce
Beton Bouchardé <small>(Bêto rebato)</small>	▽
Beton Caoutchouc <small>(Bêto Borracha)</small>	▽▽



Rua Paulo Herson 3035-200 Colônia 1.22779-040 F. 51791033 e-mail: itecons@itecons.com.br  
Facilimar - Soluções em Pré-Fabricados de Betão, S.A.  
Zona Industrial da Faraipa, apartado 402  
4540-287 Chave / Aveia

Resistência ao Impacto de Barreiras Acústicas  
**PBA288S,96X2,00E0,28 - PRD27SA/16**  
**Barreira acústica em betão armado**  
**Alçado frontal e cortes horizontal e vertical**

Elaboração: 14/0 / 1998  
Data: Outubro / 2016



## Relatório de Ensaio

Relatório nº PRD 043/16

Data: 24/10/2016

### Determinação da resistência ao impacto de barreiras acústicas (Método de ensaio: EN 1794-2:2011 Anexo B)

#### Dados relativos ao requerente:

Nome: Farcimar - Soluções em Pré-Fabricados de Betão, S.A.  
Endereço: Zona Industrial da Farrapa, apartado 402; 4540-267 Chave / Arouca  
Contacto: Eng.ª Diana David Silva  
Fax: 256 428 144 Tel. 256 464 442 e-mail: diana.silva@farcimar.pt

#### Informações relativas ao provete ensaiado:

Referência ITeCons: PRD271A/16 Data de recepção: 10/10/2016  
Referência do Cliente\*: -- Data de produção\*: 15/09/2016  
Dimensões (LxH): 3,96 m x 2,00 m  
Fabricante\*: Farcimar - Soluções em Pré-Fabricados de Betão, S.A.  
Morada do fabricante\*: Zona Industrial da Farrapa, apartado 402; 4540-267 Chave / Arouca

#### Descrição do provete\*:

Painel em betão armado, com revestimento em betão borracha, apresentando uma geometria conforme desenhos em anexo. As dimensões nominais do painel são 3,96 m x 2,00 m e espessura de 0,28 m. O painel de betão armado é composto por betão com classe de resistência C40/50 e apresenta malha de armadura central conforme o anexo. O recobrimento nominal é de 40 mm. Este painel foi colocado numa estrutura metálica composta por perfis HEB140, os quais foram fixos à laje de reação do ITeCons.

#### Informações relativas à realização do ensaio:

Data: 12/10/2016  
Realização do ensaio: Ricardo Marques  
Energia de impacto (kJ): 0,5  
Massa (kg): 45  
Altura de queda (m): 1,10

#### Equipamento de ensaio:

Pórtico de ensaios, PRT01; Massa de impacto, RIP03; Câmara de vídeo de alta velocidade, CAV01; Balança, BAL03; Paquímetro, da marca Mitutoyo, PAQ13; Goniómetro, da marca Mitutoyo, GON01; Régua graduada, REG08; Fita métrica, FTM44.

#### Breve descrição do procedimento de ensaio:

Este ensaio realiza-se segundo o Anexo B da norma EN 1794-2:2011 e, posteriormente, é efectuada a classificação do provete de acordo com o disposto no referido Anexo.

O princípio do ensaio consiste em provocar o impacto de uma massa pesada no centro, ou na zona mais sensível do provete ou sistema, perpendicularmente ao seu plano, de modo a que este seja destruído, projectado da sua estrutura de suporte ou, alternativamente, demonstre a sua robustez durante o ensaio.

Notas: O presente relatório não pode ser reproduzido, excepto na íntegra, sem o acordo escrito do ITeCons.  
Os dados assinalados com \* foram fornecidos pelo cliente.  
Os resultados apresentados referem-se apenas aos itens ensaiados.





**Resultados do ensaio:**

Após o impacto, o provete de ensaio libertou detritos.

**Outros danos:**

Indentação da zona de impacto.

**Critérios de avaliação dos detritos:**

1. Nenhuma peça rígida com mais de 25 cm<sup>2</sup> com uma massa superior a 100 g.
2. Nenhuma peça rígida com comprimento superior a 15 cm.
3. Nenhuma peça rígida com ângulos inferiores a 15° e com massa superior a 100 g.
4. Nenhuma peça com massa superior a 400 g.
5. Nenhuma peça rígida de pontas afiadas com espessura inferior a 1 mm e massa superior a 100 g.

	Critério 1	Critério 2	Critério 3	Critério 4	Critério 5
Total de peças que não cumprem o critério	0	0	0	0	0

**Classificação:**

O provete apresenta Classe 1

Autoria Técnica: Ricardo Marques

Responsável Técnico: António Tadeu  
(António Tadeu, Supervisor Técnico e Científico)

Direcção: António Tadeu  
Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico  
para a Construção, Energia, Ambiente e Sustentabilidade

Notas: O presente relatório não pode ser reproduzido, excepto na íntegra, sem o acordo escrito do ITeCons.  
Os resultados apresentados referem-se apenas aos itens ensaiados.



## ANEXO

PRD043/16

Notas: O presente relatório não pode ser reproduzido, excepto na íntegra, sem o acordo escrito do ITeCons.  
Os resultados apresentados referem-se apenas aos itens ensaiados.

Mod PRD 33 RE 01 V0 08 15

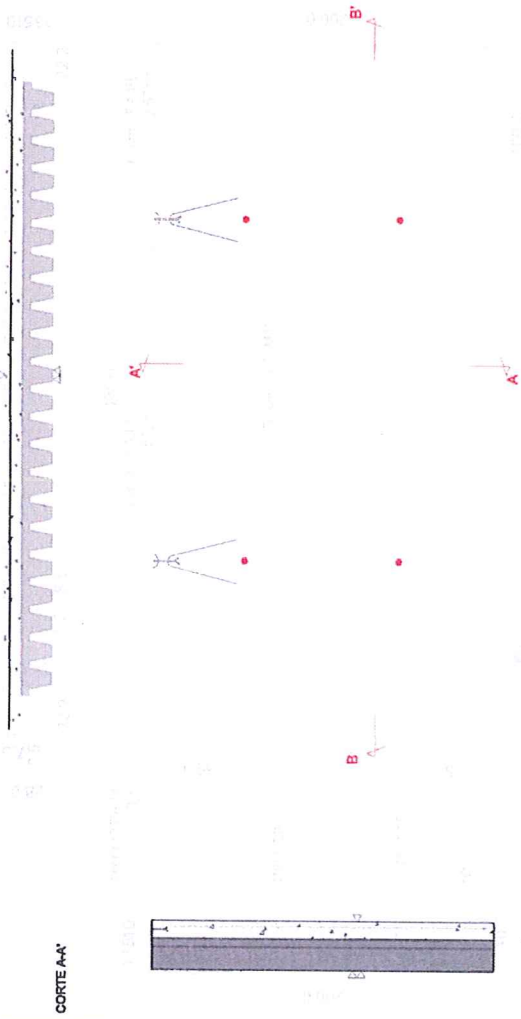
pág. 3/4





Esc. 1/40  
(dimensões em cm)

CORTE B-B'



Esc. 1/30  
(dimensões em cm)

Poids DIMENSIONS (mm) (cm)	(mm) (cm)		
	A	C	E
(Kg)	200	396	28
3060			

TOLERÂNCIAS	±1.0	±1.0	±0.5
-------------	------	------	------

Caractéristiques (Características)	
Béton (CB n.º 101 et 130) (Beto (CB n.º 101 e 130))	C40/50
Acier (Aço)	A500 NR
Enrobage (Recobrimento nominal)	40mm
Ancre TPA FE 2,5ton (Ancora TPA FE 2,5ton)	2 par pièce
Douille RD 16 (pour démolage) (Pc 16 para demolir)	4 par pièce
Béton Bouchardé (Beto rebato)	▽
Béton Caoutchouc (Beto Borracha)	▽▽



CONSTRUÇÃO RÍGIDA - AMENGE SUPERFLEXIBILIDADE

Rua Pedro Hispano 200-220 Curitiba, T: 3179949 F: 2077833 e-mail: itecons@itecons.br  
 Farcimar - Soluções em Prf-Fabricados do Beto, S.A.  
 Zona Industrial de Ferraço, apartado 402  
 4540-267 Chave / Aracua

Resistência ao Impacto de Barreiras Acústicas  
**PRD2883.96X2.00E0.26 - PRD271A/16**  
 Barreira acústica em betão armado  
 Alçado frontal e cortes horizontal e vertical

Escalas: 1:40 / 1:30  
 Data: Outubro / 2016



### Relatório de Ensaios

Relatório nº QUI 377/16

Data: 29/09/2016

#### Dados relativos ao cliente:

Ciente: Farcimar – Soluções em Pré-Fabricados de Betão S.A.  
Endereço: Zona Industrial da Farrapa, Apartado 402, 4540 - 267 Chave / Arouca  
Contacto: Eng.ª Diana David Silva  
e-mail: diana.silva@farcimar.pt Tel.: +351 256 464 442 / 452 Fax: +351 256 428 144

#### Dados relativos à amostra ensaiada:

Ref.º ITeCons: QUI553A/16 Ref.º Cliente (\*): Barreira Acústica de Betão Borracha  
Tipo de amostra (\*): Barreira Acústica  
Resp. pela amostragem: Cliente Método de amostragem: ---  
Data da amostragem: --- Data de receção: 13/09/2016

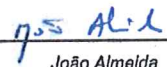
#### Resultados:

Parâmetro	Método de ensaio	Limite de deteção	Limite de quantificação	Resultado	Unidade	Data de conclusão
Arsénio	ICP-OES	---	5.0	<LQ	mg/kg	27/09/2016
Mercúrio	ICP-OES	---	1.0	<LQ	mg/kg	27/09/2016

#### Observações:

<LQ - resultado inferior ao limite de quantificação

Responsabilidade Técnica

  
João Almeida  
(Supervisor Técnico e Científico)

A Direção  
  
Amónia Dadeu  
Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico  
para a Construção, Energia, Ambiente e Sustentabilidade

Notas: Os resultados apresentados referem-se, exclusivamente, aos itens ensaiados.  
O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do ITeCons.  
Os dados assinalados com (\*) foram fornecidos pelo cliente.





**Relatório de Ensaio**

 Relatório nº PRD 042/16

 Data: 20-10-2016
**Determinação de peso próprio de barreiras acústicas**  
 (Método de ensaio: EN 1794-1:2011 Anexo B - secção B.2)

**Dados relativos ao cliente:**

 Nome: Farcimar - Soluções em Pré-Fabricados de Betão, S.A.

 Endereço: Zona Industrial da Farrapa, apartado 402; 4540-267 Chave / Arouca

 Contacto: Eng.ª Diana David Silva

 Fax: 256 428 144

 Tel: 256 464 442

 e-mail: diana.silva@farcimar.pt
**Informações relativas ao provete ensaiado:**

 Referência ITeCons: PRD244A/16 a PRD246A/16

 Data de recepção: 13-09-2016

 Referência do Cliente\*: ---

 Data de produção\*: 09-09-2016

 Fabricante\*: Farcimar - Soluções em Pré-Fabricados de Betão, S.A.

 Morada do fabricante\*: Zona Industrial da Farrapa, apartado 402; 4540-267 Chave / Arouca
**Descrição do provete\*:**

Painel em betão, com revestimento em betão borraça, apresentando uma geometria conforme desenhos em anexo. As dimensões nominais dos provetes são 0,28 m x 0,20 m e espessura de 0,28 m.

Ref.ª Provetes	PRD244A/16	PRD245A/16	PRD246A/16
Área de superfície (m <sup>2</sup> )	0,057	0,057	0,058
Data/hora início imersão	6-10-16 14:30	6-10-16 14:30	6-10-16 14:30
Data/hora fim imersão	7-10-16 14:35	7-10-16 14:50	7-10-16 15:05
Massa saturada (g)	23002	23402	24329
Peso próprio saturado (kg/m <sup>3</sup> )	401,6	407,3	419,6
Peso próprio saturado médio (kg/m <sup>3</sup> )		409,5	
Massa saturada reduzida (g)	22814	23215	24185
Peso próprio saturado reduzido (kg/m <sup>3</sup> )	398,3	404,0	417,1
Peso próprio saturado reduzido médio (kg/m <sup>3</sup> )		406,5	
Data/hora início secagem	7-10-16 15:50	7-10-16 15:50	7-10-16 15:50
Data/hora fim secagem	20-10-16 13:17	20-10-16 13:17	20-10-16 13:17
Massa seca (g)	20947	21303	22349
Peso próprio seco (kg/m <sup>3</sup> )	365,7	370,7	385,4
Peso próprio seco médio (kg/m <sup>3</sup> )		373,9	

**Observações:**

---

 Ensaio realizado por: Ricardo Marques/Sofia Tavares

 Autoria Técnica: Sofia Tavares

 Responsável Técnico: António Tadeu  
 (António Tadeu, Supervisor Técnico e Científico)

 Direcção: António Simão  
 Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico  
 na Construção, Energia, Ambiente e Sustentabilidade

 Notas: O presente relatório não pode ser reproduzido, excepto na íntegra, sem o acordo escrito do ITeCons.  
 Os dados assinalados com \* foram fornecidos pelo cliente.  
 Os resultados apresentados referem-se apenas aos itens ensaiados.



## ANEXO

PRD042/16

Notas: O presente relatório não pode ser reproduzido, excepto na íntegra, sem o acordo escrito do ITeCons.  
Os dados assinalados com \* foram fornecidos pelo cliente.  
Os resultados apresentados referem-se apenas aos itens ensaiados.

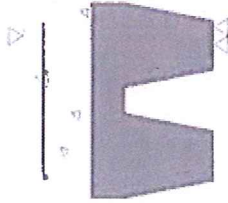
Mod REPRD 00 V3 09.14

pág. 2/3

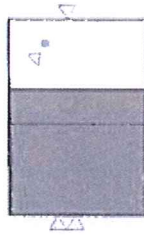


Esc. 1/10  
(dimensões em cm)

**CORTE B-B'**



**CORTE A-A'**



**ALÇADO**

Caractéristiques (Características)	
Béton (CB n.º 101 et 130) <small>Beton (CB n.º 101 e 130)</small>	C40/50
Acier (Aç)	A500 NR
Enrobage (Recobrimento normal)	40mm
Douille RD 16 (pour démolage) <small>RD 16 para desmontagem</small>	
Béton Bouchardé <small>Beton bocado</small>	▽
Béton Caoutchouc <small>Beton Borracha</small>	▽▽

Poids (Kg)	DIMENSIONS (Dimensões) [cm]		
	A	C	E
22	20	28.1	28

TOLERÂNCIAS	±1.0	±1.0	±0.5
-------------	------	------	------



CONEXÃO INTERA AMBIENTE UTILIZANDO  
 Na Resolução 300 do Conselho Superior de Engenharia de Portugal  
 Fincimar - Soluções em Pré-Fabricadas de Betão, S.A.  
 Zona Industrial da Farrepa, Apartado 402  
 4540-267 Chave / Aveia

Det. de peso próprio de barreiras acústicas  
**PRD042/16, 20X0,28X0,28**  
**Barreira acústica em betão armado**  
**Alçada frontal e costas horizontal e vertical**  
 Escalope 1/10  
 Setembro / 2016





## Relatório de Ensaio

Relatório nº ACL 212/13

Data: 2013-07-08

### Dados relativos ao requerente:

Nome: FARCIMAR - Soluções em Pré-Fabricados de Betão S.A.  
 Endereço: Zona Industrial da Farrapa, Apartado 402; 4540-267 Chave, Arouca  
 Contacto: Fax. +351 256 428 144 Tel. +351 256 464 442 e-mail: nelson.henriques@farcimar.pt

### Dados relativos ao fabricante e produto ensaiado:

Nome\*: FARCIMAR - Soluções em Pré-Fabricados de Betão S.A.  
 Produto\*: Painéis de betão maciço

### Informações relativas ao ensaio realizado:

Ensaio: Ensaio de laboratório: Determinação do índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea  $R_w$  (Ref. ACL.01)  
 Data de ensaio: 2013-05-27 Data constr./montagem provete: 2013-05-21  
 Câmara emissora:  Câmara receptora:   
 Temperatura (°C): 19 ± 1 Temperatura (°C): 18,8 ± 1  
 Humidade Relativa (%): 58 ± 5 Humidade Relativa (%): 56,3 ± 5  
 Pressão atmosférica (mbar): 1009 ± 5 Pressão atmosférica (mbar): 1009 ± 5  
 Normas: ISO 10140-1:2010; ISO 10140-2:2010; ISO 10140-4:2010, NP EN ISO 717-1:2009; EN 1793-2:2012  
 Realização do ensaio: José Nascimento Autoria do relatório Ana Neves / Paulo Amado Mendes

### Descrição do provete e da abertura de ensaio:

Provete constituído por painéis em betão maciço para dispositivos de redução do ruído de tráfego rodoviário (barreiras acústicas), com espessura de cerca de 9,5cm. A abertura de ensaio entre as câmaras acústicas, onde foi instalado o provete, apresenta dimensões de 3,16m x 3,16m, a que corresponde uma área de aproximadamente 10m<sup>2</sup>, tendo incluído um poste em perfil metálico, de acordo com as indicações da norma EN 1793-2:2012. Na vedação periférica entre os painéis e o arco da abertura de ensaio, procedeu-se à selagem com lã mineral e silicone. A instalação e montagem do provete foram da responsabilidade do requerente.



### Equipamento de ensaio:

Câmaras acústicas ITeCons (emissora: forma cúbica com 5,65 m de aresta e paredes em betão armado com cerca de 25 cm de espessura; e receptora: forma cúbica com 5,85 m de aresta e paredes duplas de betão armado e alvenaria com cerca de 50 cm de espessura); sistema de aquisição multianalisador Pulse, PUL02, modelo 3560-C-T46, da marca "Bruel & Kjaer", com cinco canais; microfones 1/2" do tipo 4190, da marca "Bruel & Kjaer", MIC07 e MIC06, montados, respectivamente, em girafas giratórias do tipo 3923, da marca "Bruel & Kjaer", GIR02 e GIR01; calibrador acústico, do tipo 4231, da marca "Bruel & Kjaer", CLS04; fonte(s) de ruídos aéreos, do tipo OMNIPOWER 4292, da marca "Bruel & Kjaer", FSO04 e FSO03; barómetro BAR01; termohigrómetro THR09.

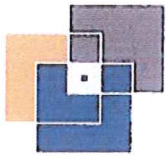
### Breve descrição do procedimento de ensaio:

O ensaio é realizado em laboratório, de acordo com a norma ISO 10140-2:2010, seguindo, resumidamente, o seguinte procedimento: registo do nível sonoro na câmara emissora, para 2 posições de fonte e ao longo do varrimento com um microfone móvel; registo, em simultâneo, do nível sonoro na câmara receptora, durante a rotação de um microfone móvel e para as mesmas 2 posições de fonte no espaço emissor; medição de ruído de fundo ao longo do varrimento com um microfone móvel no espaço receptor (com a fonte desligada); medição dos tempos de reverberação na câmara receptora, considerando um mínimo de 1 posição de fonte e registando 2 decaimentos em, pelo menos, 3 posições de microfone (método de Engenharia). A curva de isolamento sonoro normalizado é, depois, determinada de acordo com a ISO 10140-2:2010, e o respectivo Índice de isolamento é determinado de acordo com a norma NP EN ISO 717-1:2009.

Notas: O presente relatório não pode ser reproduzido, excepto na íntegra, sem o acordo escrito do ITeCons.  
 Os resultados apresentados referem-se apenas aos itens ensaiados.  
 Os dados assinalados com \* foram fornecidos pelo cliente.

pág. 1/4





**Resultados obtidos no ensaio:**

**Nível sonoro médio na câmara emissora (L1):**

Freq. (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630
L1 (dB)	97.9	100.2	97.1	94.3	92.7	91.5	90.6	90.0	90.5
Freq. (Hz)	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
L1 (dB)	89.6	88.1	89.2	92.3	91.8	90.7	93.3	96.0	92.8

**Nível sonoro médio na câmara receptora (L2):**

Freq. (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630
L2 (dB)	60.8	60.5	61.6	54.8	57.8	55.9	52.4	46.6	42.6
Freq. (Hz)	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
L2 (dB)	41.8	35.9	35.9	37.3	35.4	33.0	33.0	33.1	30.2

**Nível sonoro médio do ruído de fundo na câmara receptora (L0):**

Freq. (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630
L0 (dB)	15.8	14.6	14.6	14.6	14.6	14.6	14.6	14.6	14.6
Freq. (Hz)	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
L0 (dB)	14.6	14.6	14.6	14.6	14.6	14.6	14.6	14.6	14.6

**Nível sonoro médio na câmara receptora, corrigido com o ruído de fundo (L2'):**

Freq. (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630
L2' (dB)	60.8	60.5	61.6	54.8	57.8	55.9	52.4	46.6	42.6
Freq. (Hz)	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
L2' (dB)	41.8	35.9	35.9	37.3	35.4	33.0	33.0	33.1	30.2

**Tempo de reverberação médio na câmara receptora (Tr):**

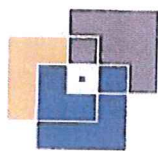
Freq. (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630
Tr (s)	4.76	4.21	3.39	2.46	1.85	1.71	1.77	1.63	1.44
Freq. (Hz)	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
Tr (s)	1.51	1.54	1.59	1.65	1.61	1.55	1.44	1.35	1.18

ACL212/13

Notas: O presente relatório não pode ser reproduzido, excepto na íntegra, sem o acordo escrito do ITECONS.

Os resultados apresentados referem-se apenas aos itens ensaiados.

pág. 2/4



ITeCons

Instituto de Investigação e Desenvolvimento  
Tecnologias em Ciências da Construção



IPAC  
Acreditação

L0446  
Ensaços

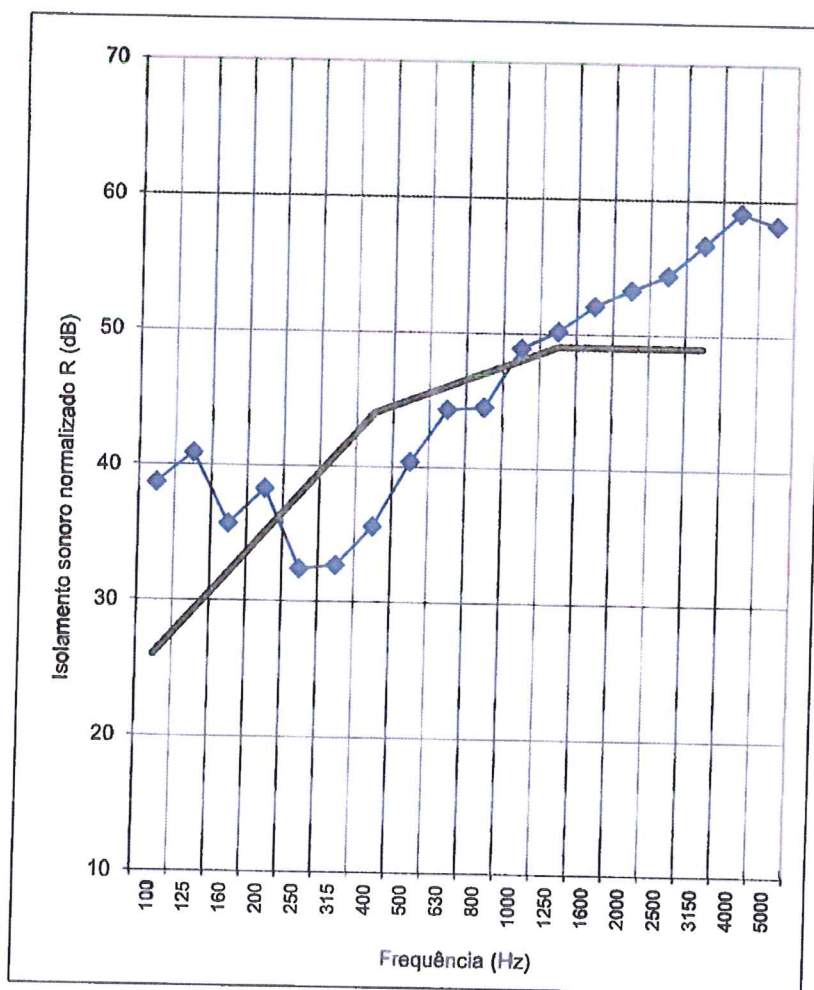
Volume das câmaras (em m<sup>3</sup>):

Emissora: 181.5

Receptora: 204.0

Isolamento sonoro a sons aéreos normalizado (R):

Freq. (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630
R (dB)	38.7	40.9	35.7	38.3	32.4	32.7	35.6	40.4	44.3
Freq. (Hz)	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
R (dB)	44.5	48.9	50.2	52.1	53.3	54.4	56.7	59.1	58.2



$$R_W (C; C_{tr}; C_{100-5000}; C_{tr 100-5000}) = 45 (-1; -4; 0; -4) \text{ dB}$$

(Resultados obtidos de acordo com a norma NP EN ISO 717-1:2009)

ACL212/13

Notas: O presente relatório não pode ser reproduzido, excepto na íntegra, sem o acordo escrito do ITeCons.  
Os resultados apresentados referem-se apenas aos itens ensaiados.

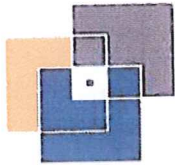
pág. 3/4

Mod. ACL01.RE.02.V3.07.13



ITeCons Rua Pedro Hispano Pólo II da Universidade de Coimbra 3030-289 Coimbra

NIPC 507 487 648 T. +351 239 79 89 49 F. +351 239 79 89 39 www.itecons.uc.pt e-mail: itecons@tecons.uc.pt



**ITeCons**

Instituto de Investigação e Desenvolvimento  
Tecnológico em Ciências da Construção



UNIVERSIDADE DE COIMBRA



L0446  
Ensalos

### Cálculo do índice único de avaliação do isolamento a sons de condução aérea $DL_R$ (dB):

(Cálculos efectuados de acordo com a norma EN 1793-2:2012)

#### Cálculos auxiliares:

Freq. (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630
	0.000001	0.000001	0.000004	0.000004	0.000018	0.000021	0.000014	0.000006	0.000003
	0.010000	0.010000	0.015849	0.025119	0.031623	0.039811	0.050119	0.063096	0.079433
Freq. (Hz)	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
	0.000004	0.000002	0.000001	0.000001	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	0.125893	0.158489	0.125893	0.100000	0.079433	0.050119	0.031623	0.025119	0.015849

#### Nível de pressão acústica ponderado A normalizado do ruído de tráfego rodoviário (dB) [NP EN 1793-3:2008]:

Freq. (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630
$L_1$	-20	-20	-18	-16	-15	-14	-13	-12	-11
Freq. (Hz)	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
$L_1$	-9	-8	-9	-10	-11	-13	-15	-16	-18

#### Índice único de classificação de isolamento a sons aéreos $DL_R$ (dB):

$$DL_R = 41 \text{ dB}$$

#### Observações:

Na montagem do ensaio, registou-se um desvio às condições especificadas na norma EN 1793-2:2012, relativamente ao comprimento dos painéis de um dos lados do poste, não sendo expectável que os resultados finais do ensaio sejam influenciados. Categoria B4 de desempenho de isolamento a sons aéreos, segundo o Anexo A da norma EN 1793-2:2012, para dispositivos de redução do ruído de tráfego rodoviário.

Responsabilidade técnica

  
(Paulo Amado Mendes, Supervisor Técnico e Científico)

A Direcção

  
Tecnológico em Ciências da Construção

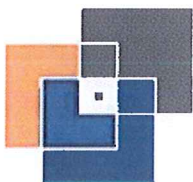
ACL212/13

Nota: O presente relatório não pode ser reproduzido, excepto na íntegra, sem o acordo escrito do ITeCons.  
Os resultados apresentados referem-se apenas aos itens ensaiados.

pág. 4/4







## Relatório de Ensaio

Relatório nº ACL 224/15 Data: 2015/06/29

## Dados relativos ao requerente:

Nome: FARCIMAR - Soluções em Pré-Fabricados de Betão S.A.  
 Endereço: Zona Industrial da Farrapa, Apartado 402, 4540-267 Chave, Arouca  
 Contacto: Fax. 256428144 Tel. 256464442 e-mail: diana.silva@farcimar.pt

## Dados relativos ao fabricante e produto ensaiado:

Nome\*: FARCIMAR - Soluções em Pré-Fabricados de Betão S.A.  
 Produto\*: Painel de Barreira Acústica em Betão Borracha: constituído por 5cm de Betão Estrutural e 18cm de Betão Borracha Nervurado (base 5cm; nervura 13cm) – A3

## Informações relativas ao ensaio realizado

Ensaio: Ensaio em laboratório: Medição da absorção sonora em câmara reverberante (Ref.º ACL.02)  
 Data: 2015/06/26  
 Câmara reverberante sem provete: 22,8 Câmara reverberante com provete: 22,5  
 Temperatura (°C): 62,8 Humidade Relativa (%): 65,1  
 Método de ensaio: NP EN ISO 354:2007  
 Documentos de referência: EN 1793-1:2012  
 Realização do ensaio: Ana Neves Autoria do relatório: Ana Neves

Descrição do provete ensaiado: Área do provete (m²): 12,0

Conjunto de painéis para dispositivos de redução do ruído de tráfego rodoviário (barreiras acústicas), compostos por painel estrutural de betão, com aproximadamente 5cm de espessura, e uma camada em aglomerado de betão com borracha, incluindo uma base com 5cm de espessura e réguas de secção transversal trapezoidal, com espessura de 13cm, afastadas de 8,5cm no topo (amostra com N/a Ref.º ACL124A/15). O perímetro do provete foi revestido por moldura reflectora. Os painéis foram dispostos sobre o pavimento reflector da câmara reverberante, sendo, por isso, uma montagem classificada como do tipo "A" pela norma NP EN ISO 354:2007. A disposição dos painéis na câmara reverberante respeitou as indicações da norma NP EN ISO 354:2007 e EN 1793-1:2012, tendo definido uma área total de 12,0m², incluindo um poste em perfil metálico.

Descrição da câmara reverberante: Volume da câmara (m³): 204,0

A câmara reverberante apresenta uma forma aproximadamente rectangular, em planta, com cerca de 5,85m x 5,85m, e um pé-direito médio de 5,85m. De forma a cumprir com o disposto na norma NP EN ISO 354:2007, foram utilizados 15 elementos difusores em policarbonato, com uma área total de 30m² e diferentes geometrias côncavas e convexas, colocados de forma aleatória no tecto da câmara reverberante, ajudando a criar um campo difuso e a cumprir com as áreas de absorção máximas especificadas. A área total da envolvente (paredes, pavimento e tecto) é de 211,65m² e o volume da câmara de 203,98m³.

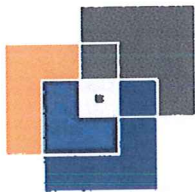
## Equipamento de ensaio:

Câmaras acústicas ITeCons; sistema de aquisição multianalisador Pulse, PUL02, modelo 3560-C-T46, da marca "Bruel & Kjaer", com cinco canais; microfone 1/2" do tipo 4190, MIC06, montado em girafa giratória do tipo 3923, GIR01, ambos da marca "Bruel & Kjaer"; calibrador acústico, do tipo 4231, da marca "Bruel & Kjaer", CLS04; fonte de ruídos aéreos, do tipo OMNIPower 4292, da marca "Bruel & Kjaer", FSO04; termohigrómetro THR09.

## Informações complementares relativas à realização do ensaio:

Núm. de posições de microfone: 3 Núm. de posições de fonte: 4  
 Núm. de decaimentos em cada combinação fonte/microfone: 3  
 Método de avaliação do tempo de reverberação: com base em curvas de decaimento  
 Medição em bandas de: Terços de oitava

Nota: O presente relatório não pode ser reproduzido, excepto na íntegra, sem o acordo escrito do ITeCons.  
 Os resultados apresentados referem-se apenas aos itens ensaiados.  
 Os dados assinalados com \* foram fornecidos pelo cliente.



Organismo Notificado nº 2211 no âmbito do RPC (UE) n.º 305/2011

Fotografia ilustrativa do provete ensaiado:



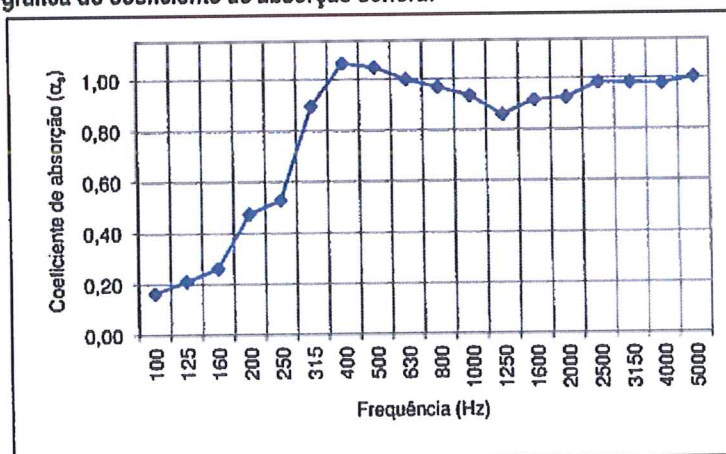
Tempos de reverberação médios (T1 - câmara vazia; T2 - câmara ocupada com provete):

Freq. (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630
T1 (s)	18,40	12,76	10,31	8,63	7,79	7,46	8,67	9,42	9,02
T2 (s)	8,72	6,41	5,18	3,45	3,10	2,16	1,98	2,04	2,09
Freq. (Hz)	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
T1 (s)	8,45	7,77	7,18	6,39	5,39	4,30	3,73	3,36	2,68
T2 (s)	2,11	2,12	2,20	2,03	1,90	1,69	1,59	1,52	1,35

Coefficiente de absorção sonora ( $\alpha_s$ ):

Freq. (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630
$\alpha_s$	0,16	0,21	0,26	0,48	0,53	0,90	1,06	1,05	1,00
Freq. (Hz)	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
$\alpha_s$	0,97	0,93	0,86	0,92	0,93	0,98	0,98	0,98	1,00

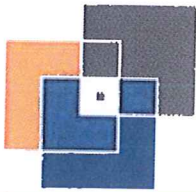
Representação gráfica do coeficiente de absorção sonora:



ACL224/15

Notas: O presente relatório não pode ser reproduzido, excepto na íntegra, sem o acordo escrito do ITeCons.  
Os resultados apresentados referem-se apenas aos itens ensaiados.



**Cálculo do índice único de avaliação de absorção acústica  $DL_{\alpha}$  (dB):**

(Cálculos efectuados de acordo com a norma EN 1793-1:2012)

**Cálculos auxiliares:**

Freq. (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630
	0,001645	0,002119	0,004150	0,011943	0,016735	0,035722	0,053327	0,066105	0,079478
	0,010000	0,010000	0,015849	0,025119	0,031623	0,039811	0,050119	0,063096	0,079433
Freq. (Hz)	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
	0,122033	0,148177	0,108256	0,091719	0,073564	0,049296	0,031071	0,024583	0,015914
	0,125893	0,158489	0,125893	0,100000	0,079433	0,050119	0,031623	0,025119	0,015849

**Nível de pressão acústica ponderado A normalizado do ruído de tráfego rodoviário (dB) [NP EN 1793-3:2008]:**

Freq. (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630
$L_1$	-20	-20	-18	-16	-15	-14	-13	-12	-11
Freq. (Hz)	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
$L_1$	-9	-8	-9	-10	-11	-13	-15	-16	-18

**Índice único de classificação da absorção sonora  $DL_{\alpha}$  (dB):** $DL_{\alpha} = 10 \text{ dB}$ **Observações:**

Categoria A3 de desempenho da absorção sonora, segundo o Anexo A da norma EN 1793-1:2012, para dispositivos de redução do ruído de tráfego rodoviário.

Responsabilidade Técnica

*Paulo Amado Mendes*  
(Paulo Amado Mendes, Supervisor Técnico e Científico)

A Direcção

*Abus Sim*

ACL224/15

Notas: O presente relatório não pode ser reproduzido, excepto na íntegra, sem o acordo escrito do ITeCons.  
Os resultados apresentados referem-se apenas aos itens ensaiados.





**Determinação de valores para inserção na declaração de conformidade de painéis de Barreira Acustica**

**1 - Dados:**

**a) Geometria**

L = 4,00 m  
H = 1,00 m

**b) Capacidades do elemento resistente**

Mrd (H) = 7,67 kN.m      Mcr (H) = 5,85 kN.m  
Mrd (V) = 3,35 kN.m      Mcr (V) = 5,84 kN.m  
Mcr,wk0,3 (H) = 5,85 kN.m  
Mcr,wk0,3 (V) = 5,84 kN.m

sem reforço

**c) Esforços/deformações associados ao pp**

Mpp (H) = 0,36 kN.m      δ (H) = 0,000200 m  
Mpp (V) = 0,15 kN.m      δ (V) = 0,000051 m

**d) Esforços/deformações de referencia**

**d1) Carga linear de 1 kN/m no topo do elemento**

δ1,1 (H) = 0,000081 m      M1,1 (H) = 0,124 kN.m  
δ1,2 (V) = 0,000018 m      M1,2 (V) = 0,005 kN.m

**d2) Carga uniformemente distribuida de 1 kN/m2 na superficie**

δ2,1 (H) = 0,000200 m      M2,1 (H) = 0,300 kN.m  
δ2,2 (V) = 0,000041 m      M2,2 (V) = 0,124 kN.m

**d3) Carga distribuida de 1 kN/m2 numa área 2 m x 2 m centrada no elemento**

δ3,1 (H) = 0,000100 m      M3,1 (H) = 0,273 kN.m  
δ3,2 (V) = 0,000030 m      M3,2 (V) = 0,110 kN.m

**Carga Vertical máxima que um elemento pode suportar (EN1794-1:2011, B.3.2)**

**a) Pela deformada**

**Critério:**

Instabilidade torsional local - dhmax (-) = 0,0200 m -----> dh, cor (-) = 0,0198 m  
dvmax (|) = 0,0100 m -----> dv, cor (|) = 0,0099 m

\* - d, corr - Deformada corrigida subtraindo a deformada associada ao pp

F, max,1 = dh, cor (-)/δ1,1(H) = 243,18 kN/m  
F, max,2 = dv, cor (-)/δ1,2(V) = 564,00 kN/m

**b) Pelos momentos**

**b1) E.L.U.**

F, max1 = (Mrd (H)-1,35\*Mpp (H))/M1,1 (H) = 57,94 kN/m  
F, max2 = (Mrd (V)-1,35\*Mpp (V))/M1,2 (V) = 582,87 kN/m

**b2) E.L. Fissuração**

F, max1 = (Mcr,wk0,3 (H)-Mpp (H))/M1,1 (H) = 44,27 kN/m  
F, max2 = (Mcr,wk0,3 (V)-Mpp (V))/M1,2 (V) = 1053,70 kN/m

**Carga máxima a 90º que o elemento pode suportar relativo a vento e cargas estaticas (EN1794-1:2011, A.3.3)**

**a) Pela deformada**

**Critério:**

dhmax (-) = 0,0500 m -----> dh, cor (-) = 0,0498  
dvmax (|) = 0,0200 m -----> dv, cor (|) = 0,0199

\* - d, corr - Deformada corrigida subtraindo a deformada associada ao pp

p, max,1 = dh, cor (-)/δ2,1(H) = 249,00 kN/m2  
p, max,2 = dv, cor (-)/δ2,2(V) = 483,38 kN/m2

**b) Pelos momentos**

**b1) E.L.U.**

F, max1 = (Mrd (H)-1,35\*Mpp (H))/M2,1 (H) = 23,95 kN/m2  
F, max2 = (Mrd (V)-1,35\*Mpp (V))/M2,2 (V) = 25,38 kN/m2

**b2) E.L. Fissuração**

F, max1 = (Mcr,wk0,3 (H)-Mpp (H))/M2,1 (H) = 18,30 kN/m2  
F, max2 = (Mcr,wk0,3 (V)-Mpp (V))/M2,2 (V) = 45,89 kN/m2

**Carga máxima a 90º que o elemento pode suportar relativo a cargas de limpeza de neve (EN1794-1:2011, E.2)**

**a) Pela deformada**

**Critério:**

dhmax (-) = 0,0500 m -----> dh, cor (-) = 0,0498  
dvmax (|) = 0,0200 m -----> dv, cor (|) = 0,0198

\* - d, corr - Deformada corrigida subtraindo a deformada associada ao pp

p, max,1 = dh, cor (-)/δ3,1(H) = 498,00 kN/m2  
p, max,2 = dv, cor (-)/δ3,2(V) = 660,00 kN/m2

**b) Pelos momentos**

**b1) E.L.U.**

F, max1 = (Mrd (H)-1,35\*Mpp (H))/M3,1 (H) = 26,32 kN/m2  
F, max2 = (Mrd (V)-1,35\*Mpp (V))/M3,2 (V) = 28,61 kN/m2

**b2) E.L. Fissuração**

F, max1 = (Mcr,wk0,3 (H)-Mpp (H))/M3,1 (H) = 20,11 kN/m2  
F, max2 = (Mcr,wk0,3 (V)-Mpp (V))/M3,2 (V) = 51,73 kN/m2

**RESUMO**

Carga Vertical máxima que um elemento pode suportar (EN1794-1:2011, B.3.2)	44,27 kN/m
Carga máxima a 90º que o elemento pode suportar relativo a vento e cargas estaticas (EN1794-1:2011, A.3.3)	18,30 kN/m2
Carga máxima a 90º que o elemento pode suportar relativo a cargas de limpeza de neve (EN1794-1:2011, E.2)	20,11 kN/m2 (2x2)

*04/09/2016*



**Determinação de valores para inserção na declaração de conformidade de painéis de Barreira Acustica**

**1 - Dados:**

**a) Geometria**

L = **4,00** m  
H = **2,20** m

**b) Capacidades do elemento resistente**

Mrd (H) = **12,48** kN.m      Mcr (H) = **5,86** kN.m  
Mrd (V) = **3,35** kN.m      Mcr (V) = **5,84** kN.m  
Mcr,wk0,3 (H) = **8,37** kN.m  
Mcr,wk0,3 (V) = **5,84** kN.m

Reforço 2φ10

**c) Esforços/deformações associados ao pp**

Mpp (H) = **1,28** kN.m      δ (H) = **0,000800** m  
Mpp (V) = **0,45** kN.m      δ (V) = **0,000200** m

**d) Esforços/deformações de referencia**

**d1) Carga linear de 1 kN/m no topo do elemento**

δ1,1 (H) = **0,000100** m      M1,1 (H) = **0,207** kN.m  
δ1,2 (V) = **0,000028** m      M1,2 (V) = **0,016** kN.m

**d2) Carga uniformemente distribuida de 1 kN/m2 na superficie**

δ2,1 (H) = **0,000600** m      M2,1 (H) = **1,047** kN.m  
δ2,2 (V) = **0,000100** m      M2,2 (V) = **0,370** kN.m

**d3) Carga distribuida de 1 kN/m2 numa área 2 m x 2 m centrada no elemento**

δ3,1 (H) = **0,000300** m      M3,1 (H) = **0,550** kN.m  
δ3,2 (V) = **0,000064** m      M3,2 (V) = **0,118** kN.m

**Carga Vertical máxima que um elemento pode suportar (EN1794-1:2011, B.3.2)**

**a) Pela deformada**

Critério:

Instabilidade torsional local - dhmax (-) = 0,0440 m -----> dh, cor (-) = 0,0432 m  
dvmax (|) = 0,0100 m -----> dv, cor (|) = 0,0098 m

\* - d, corr - Deformada corrigida subtraindo a deformada associada ao pp

F, max,1 = dh, cor (-)/δ1,1 (H) = 432,00 kN/m  
F, max,2 = dv, cor (-)/δ1,2 (V) = 348,75 kN/m

**b) Pelos momentos**

b1) E.L.U.

F, max1 = (Mrd (H)-1,35\*Mpp (H))/M1,1 (H) = 51,94 kN/m  
F, max2 = (Mrd (V)-1,35\*Mpp (V))/M1,2 (V) = 171,41 kN/m

b2) E.L. Fissuração

F, max1 = (Mcr,wk0,3 (H)-Mpp (H))/M1,1 (H) = 34,25 kN/m  
F, max2 = (Mcr,wk0,3 (V)-Mpp (V))/M1,2 (V) = 336,88 kN/m

**Carga máxima a 90º que o elemento pode suportar relativo a vento e cargas estaticas (EN1794-1:2011, A.3.3)**

**a) Pela deformada**

Critério:

dhmax (-) = 0,0500 m -----> dh, cor (-) = 0,0492  
dvmax (|) = 0,0200 m -----> dv, cor (|) = 0,0198

\* - d, corr - Deformada corrigida subtraindo a deformada associada ao pp

p, max,1 = dh, cor (-)/δ2,1 (H) = 82,00 kN/m2  
p, max,2 = dv, cor (-)/δ2,2 (V) = 198,00 kN/m2

**b) Pelos momentos**

b1) E.L.U.

F, max1 = (Mrd (H)-1,35\*Mpp (H))/M2,1 (H) = 10,27 kN/m2  
F, max2 = (Mrd (V)-1,35\*Mpp (V))/M2,2 (V) = 7,41 kN/m2

b2) E.L. Fissuração

F, max1 = (Mcr,wk0,3 (H)-Mpp (H))/M2,1 (H) = 6,77 kN/m2  
F, max2 = (Mcr,wk0,3 (V)-Mpp (V))/M2,2 (V) = 14,57 kN/m2

**Carga máxima a 90º que o elemento pode suportar relativo a cargas de limpeza de neve (EN1794-1:2011, E.2)**

**a) Pela deformada**

Critério:

dhmax (-) = 0,0500 m -----> dh, cor (-) = 0,0492  
dvmax (|) = 0,0200 m -----> dv, cor (|) = 0,0192

\* - d, corr - Deformada corrigida subtraindo a deformada associada ao pp

p, max,1 = dh, cor (-)/δ3,1 (H) = 164,00 kN/m2  
p, max,2 = dv, cor (-)/δ3,2 (V) = 301,41 kN/m2

**b) Pelos momentos**

b1) E.L.U.

F, max1 = (Mrd (H)-1,35\*Mpp (H))/M3,1 (H) = 19,55 kN/m2  
F, max2 = (Mrd (V)-1,35\*Mpp (V))/M3,2 (V) = 23,24 kN/m2

b2) E.L. Fissuração

F, max1 = (Mcr,wk0,3 (H)-Mpp (H))/M3,1 (H) = 12,89 kN/m2  
F, max2 = (Mcr,wk0,3 (V)-Mpp (V))/M3,2 (V) = 45,68 kN/m2

**RESUMO**

Carga Vertical máxima que um elemento pode suportar (EN1794-1:2011, B.3.2)	34,25	kN/m
Carga máxima a 90º que o elemento pode suportar relativo a vento e cargas estaticas (EN1794-1:2011, A.3.3)	6,77	kN/m2
Carga máxima a 90º que o elemento pode suportar relativo a cargas de limpeza de neve (EN1794-1:2011, E.2)	12,89	kN/m2 (2x2)

*[Assinatura]*  
09/07/2016



**Determinação de valores para inserção na declaração de conformidade de painéis de Barreira Acustica**

**1 - Dados:**

**a) Geometria**

L = 4,00 m  
H = 2,60 m

**b) Capacidades do elemento resistente**

Mrd (H) = 12,48 kN.m    Mcr (H) = 5,86 kN.m  
Mrd (V) = 3,35 kN.m    Mcr (V) = 5,84 kN.m  
Mcr,wk0,3 (H) = 9,65 kN.m  
Mcr,wk0,3 (V) = 5,84 kN.m

Reforço 2φ12

**c) Esforços/deformações associados ao pp**

Mpp (H) = 1,52 kN.m    δ (H) = 0,000900 m  
Mpp (V) = 0,53 kN.m    δ (V) = 0,000200 m

**d) Esforços/deformações de referencia**

**d1) Carga linear de 1 kN/m no topo do elemento**

δ1,1 (H) = 0,000100 m    M1,1 (H) = 0,220 kN.m  
δ1,2 (V) = 0,000029 m    M1,2 (V) = 0,020 kN.m

**d2) Carga uniformemente distribuida de 1 kN/m2 na superficie**

δ2,1 (H) = 0,000800 m    M2,1 (H) = 1,260 kN.m  
δ2,2 (V) = 0,000200 m    M2,2 (V) = 0,440 kN.m

**d3) Carga distribuida de 1 kN/m2 numa área 2 m x 2 m centrada no elemento**

δ3,1 (H) = 0,000400 m    M3,1 (H) = 0,690 kN.m  
δ3,2 (V) = 0,000083 m    M3,2 (V) = 0,160 kN.m

**Carga Vertical máxima que um elemento pode suportar (EN1794-1:2011, B.3.2)**

**a) Pela deformada**

Critério:

Instabilidade torsional local - dhmax (-) = 0,0520 m -----> dh, cor (-) = 0,0511 m  
dvmax (|) = 0,0100 m -----> dv, cor (|) = 0,0098 m

\* - d, corr - Deformada corrigida subtraindo a deformada associada ao pp

F, max,1 = dh, cor (-)/δ1,1 (H) = 511,00 kN/m  
F, max,2 = dv, cor (-)/δ1,2 (V) = 334,47 kN/m

**b) Pelos momentos**

**b1) E.L.U.**

F, max1 = (Mrd (H)-1,35\*Mpp (H))/M1,1 (H) = 47,40 kN/m  
F, max2 = (Mrd (V)-1,35\*Mpp (V))/M1,2 (V) = 131,73 kN/m

**b2) E.L. Fissuração**

F, max1 = (Mcr,wk0,3 (H)-Mpp (H))/M1,1 (H) = 36,95 kN/m  
F, max2 = (Mcr,wk0,3 (V)-Mpp (V))/M1,2 (V) = 265,50 kN/m

**Carga máxima a 90º que o elemento pode suportar relativo a vento e cargas estaticas (EN1794-1:2011, A.3.3)**

**a) Pela deformada**

Critério:

dhmax (-) = 0,0500 m -----> dh, cor (-) = 0,0491  
dvmax (|) = 0,0200 m -----> dv, cor (|) = 0,0198

\* - d, corr - Deformada corrigida subtraindo a deformada associada ao pp

p, max,1 = dh, cor (-)/δ2,1 (H) = 61,38 kN/m2  
p, max,2 = dv, cor (-)/δ2,2 (V) = 99,00 kN/m2

**b) Pelos momentos**

**b1) E.L.U.**

F, max1 = (Mrd (H)-1,35\*Mpp (H))/M2,1 (H) = 8,28 kN/m2  
F, max2 = (Mrd (V)-1,35\*Mpp (V))/M2,2 (V) = 5,99 kN/m2

**b2) E.L. Fissuração**

F, max1 = (Mcr,wk0,3 (H)-Mpp (H))/M2,1 (H) = 6,45 kN/m2  
F, max2 = (Mcr,wk0,3 (V)-Mpp (V))/M2,2 (V) = 12,07 kN/m2

**Carga máxima a 90º que o elemento pode suportar relativo a cargas de limpeza de neve (EN1794-1:2011, E.2)**

**a) Pela deformada**

Critério:

dhmax (-) = 0,0500 m -----> dh, cor (-) = 0,0491  
dvmax (|) = 0,0200 m -----> dv, cor (|) = 0,0191

\* - d, corr - Deformada corrigida subtraindo a deformada associada ao pp

p, max,1 = dh, cor (-)/δ3,1 (H) = 122,75 kN/m2  
p, max,2 = dv, cor (-)/δ3,2 (V) = 229,57 kN/m2

**b) Pelos momentos**

**b1) E.L.U.**

F, max1 = (Mrd (H)-1,35\*Mpp (H))/M3,1 (H) = 15,11 kN/m2  
F, max2 = (Mrd (V)-1,35\*Mpp (V))/M3,2 (V) = 16,47 kN/m2

**b2) E.L. Fissuração**

F, max1 = (Mcr,wk0,3 (H)-Mpp (H))/M3,1 (H) = 11,78 kN/m2  
F, max2 = (Mcr,wk0,3 (V)-Mpp (V))/M3,2 (V) = 33,19 kN/m2

**RESUMO**

Carga Vertical máxima que um elemento pode suportar (EN1794-1:2011, B.3.2)	36,95 kN/m
Carga máxima a 90º que o elemento pode suportar relativo a vento e cargas estaticas (EN1794-1:2011, A.3.3)	5,99 kN/m2
Carga máxima a 90º que o elemento pode suportar relativo a cargas de limpeza de neve (EN1794-1:2011, E.2)	11,78 kN/m2 (2x2)





**FARCIMAR**  
Soluções em Pré-Fabricados  
de Betão S.A.



**PAINEL DE BARREIRA ACÚSTICA E=27.5- 12° de Inclinação**

**L=4.00 m**

**CAPACIDADE MECÂNICA E REQUISITOS DE ESTABILIDADE**

**EN1794- 1:2011**

Data: Junho de 2016

Ficheiro: BA\_BB\_i12\_4.0x1.0\_0

Revisão: 00

SOCIEDADE A. 1A - CAPITAL SOCIAL 250.000,00€ - MATRICULADA NA C.R.C. DE AROUCA, SOB O N.º 50.  
90 - NIPC PT: 502 171 000 - ALVARÁ N.º 80676





**FARCIMAR**  
Soluções em Pré-Fabricados  
de Betão S.A.



## ÍNDICE

### MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

1. INTRODUÇÃO .....	4
2. ELEMENTOS DE BASE À ELABORAÇÃO DO ESTUDO .....	5
3. DESCRIÇÃO SUMARIA DO ELEMENTO .....	6
4. DESCRIÇÃO DO MODELO DE CÁLCULO.....	7
5. MATERIAIS.....	8
6. LIMITAÇÕES NORMATIVAS .....	9
7. VERIFICAÇÃO E DIMENSIONAMENTO .....	11
8. RESULTADOS.....	20
9. REGULAMENTOS / METODOLOGIA.....	20

### ANEXOS:

- Saídas de programa de cálculo



**FARCIMAR**  
Soluções em Pré-Fabricados  
de Betão S.A.



## MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

SOCIEDADE P  
MA - CAPITAL SOCIAL 250.000,00€ - MATRICULADA NA C.R.C. DE AROUCA, SOB O N.º 51  
390 - NIPC PT: 502 171 080 - ALVARÁ N.º 60676

Zona industrial da Farrapa, apartado 402,  
4540 - 267 Chave / Arouca

tlf / +351 256 464 442/452  
fax / +351 256 428 144

email / geral@farcimar.pt  
www.farcimar.pt





**FARCIMAR**  
Soluções em Pré-Fabricados  
de Betão S.A.



## 1. INTRODUÇÃO

A presente memória refere-se aos elementos de “Barreira Acústica E=27.5”, com 12° de inclinação, constituídos por elemento resistente de betão armado, apresentando uma superfície em betão borracha.

A face absorvente do painel é constituída por elemento em betão borracha com uma espessura máxima de 0.18 m e uma espessura mínima de 0.05 m. A face posterior do elemento de “Barreira Acústica” é constituída por camada de betão armado, resistente, com uma espessura de 0.095 m.

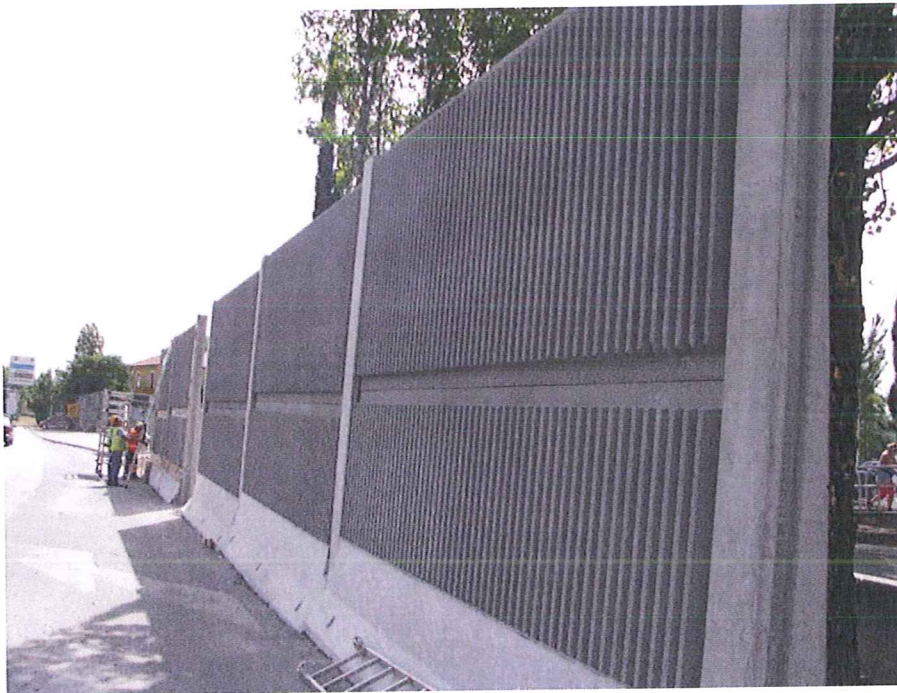


Fig. 1 – Exemplo de Barreira Acústica E=27.5

A geometria da face absorvente, bem como a sua natureza porosa permite que a onda sonora se dissipe. Por outro lado a densidade do material aplicado gera as características isolantes.



**FARCIMAR**  
Soluções em Pré-Fabricados  
de Betão S.A.



Assim, este estudo pretende gerar um documento que justifique o comportamento, do ponto de vista estrutural, deste sistema antirruído face às acções preconizadas na Norma anteriormente mencionada.

## 2. ELEMENTOS DE BASE À ELABORAÇÃO DO ESTUDO

Como referido anteriormente, tem o presente estudo, como objectivo, analisar, mediante cálculos, a adequação dos elementos redutores de ruído face à Norma EN1794-1:2011 “Road traffic noise reducing devices - Non-acoustic performance - Part 1: Mechanical performance and stability requirements”

A análise dos elementos de montante (pilares) e dos sistemas de fixação pilar/painel, não são âmbito deste estudo.

É estipulado na normativa europeia uma série de métodos para determinar a adequação dos elementos de “Barreiras Acústicas” às acções solicitantes, podendo as comprovações ser realizadas mediante ensaios ou por cálculo.

Tendo em conta a tipologia de comportamento esperado e a necessidade de obter valores o mais próximo da realidade possível, recorre-se a um programa de cálculo por elementos finitos (SAP2000) para a determinação da deformada associada. Relativamente às capacidades mecânicas do elemento portante (painel posterior com 0.095 m de espessura) foram determinadas as suas características recorrendo ao programa de cálculo de momentos resistentes para secções rectangulares XLSection e a folha de cálculo que dá cumprimento à metodologia preconizada pelo Eurocódigo 2 (NP EN 1992-1-1:2010), no que diz respeito à avaliação da fissuração.

No programa SAP2000 foi materializado e modulado o elemento de barreira acústica, não contabilizando a face absorvente como portante, recorrendo a elementos de casca (Shell), com condições de fronteira que simulam o real apoio do elemento, admitindo montantes indeformáveis.





**FARCIMAR**  
Soluções em Pré-Fabricados  
de Betão S.A.



Para os restantes programas/folhas de cálculo, foram introduzidas as características da peça, patente nas fichas de produto.

Tendo em conta o comportamento de elementos laminares em betão armado foram considerados os seguintes estados limite:

- a) Estado limite último
- b) Estado limite de utilização:
  - Deformação
  - Fissuração

### 3. DESCRIÇÃO SUMARIA DO ELEMENTO

A “Barreira Acústica E=27.5”, em análise neste documento, é um elemento que apresenta comprimento de 4.00 m, uma altura máxima de 1.00 m e 12° de inclinação. Estes elementos são sobrepostos até se obter a altura total desejada.

Cada elemento é constituído por 2 tipos de material. Uma superfície em betão borracha, com uma espessura máxima de 0.18 m e uma espessura mínima de 0.05 m e uma face em betão armado com uma espessura mínima de 0.095 m, tendo sido esta ultima a única contabilizada como elemento portante.

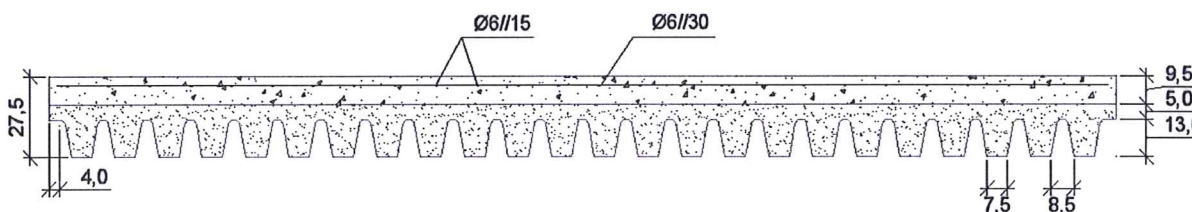


Fig. 2 – Corte longitudinal do painel

Para esta análise considerou-se uma distância entre apoios de 4.00 m.



**FARCIMAR**  
Soluções em Pré-Fabricados  
de Betão S.A.

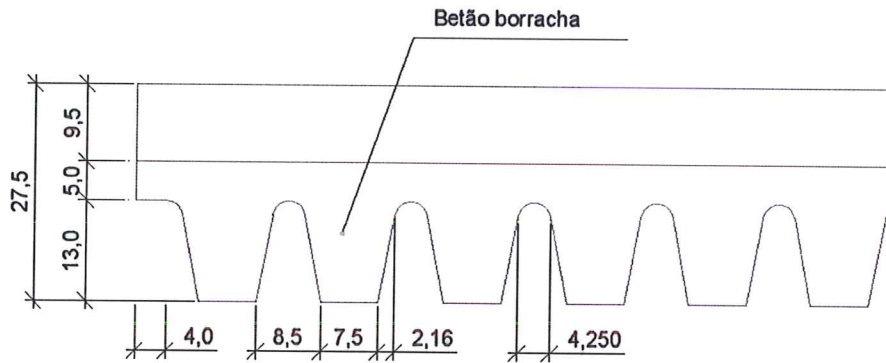


Fig. 3 – Geometria da face em betão Borracha

#### 4. DESCRIÇÃO DO MODELO DE CÁLCULO

Devido à natureza das cargas envolvidas no cálculo (cargas uniformemente distribuídas em plano horizontal), o comportamento real da barreira será influenciado pela presença de elementos superiormente e/ou inferiormente, daí este estudo referir-se a um elemento de barreira isolada, com um vão de 4.00 m.

De modo a aproximar os valores de cálculo à realidade foi realizada a verificação para um elemento de painel de “Barreira Acústica” com 4.00 m de desenvolvimento, 1.00 m de altura e 12° de inclinação.

Como referido anteriormente, não foram contabilizados no cálculo o acréscimo de rigidez à flexão e crescimentos de resistência associado à presença das ligações ao montante (pilar) nem a materialização de resistência à deslocação associado ao atrito desenvolvido entre os elementos, quando sobrepostos.

O dimensionamento recorre à engenharia inversa para a determinação dos esforços máximos aplicáveis, partindo das características do elemento e determinando qual o esforço máximo que é suportável para cada um dos estados limite.



**FARCIMAR**  
Soluções em Pré-Fabricados  
de Betão S.A.



Para a validação da flecha, foi materializado um modelo tridimensional composto com elementos de casca (SHELL), com 0.095 m de espessura, representando a face resistente do elemento de “Barreira Acústica”, com condições de fronteira que pretendem simular o apoio do elemento de barreira nos montantes.

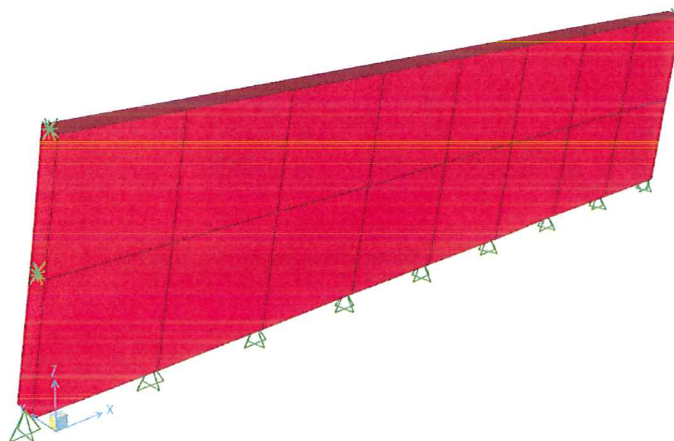


Fig. 4 – Modelo SAP200

## 5. MATERIAIS

Os materiais preconizados para a face resistente dos elementos de “Barreira Acústica E27.5” são:

- Betão: Valor de cálculo da tensão de rotura do betão à compressão = 16.67 Mpa (C25/30)
- Dimensão máxima do Inerte: 22 mm
- Classe do teor de cloretos: Cl 0.10 ( $Cl < 0.10\%$  por massa de cimento)
- Aço em varão: Valor de cálculo da tensão de cedência do aço das armaduras = 435 Mpa (A500NR SD/EL)
- Classe de exposição – XC2 (P)
- Classe de consistência – S1/S2
- Recobrimento mínimo – 35 mm





**FARCIMAR**  
Soluções em Pré-Fabricados  
de Betão S.A.

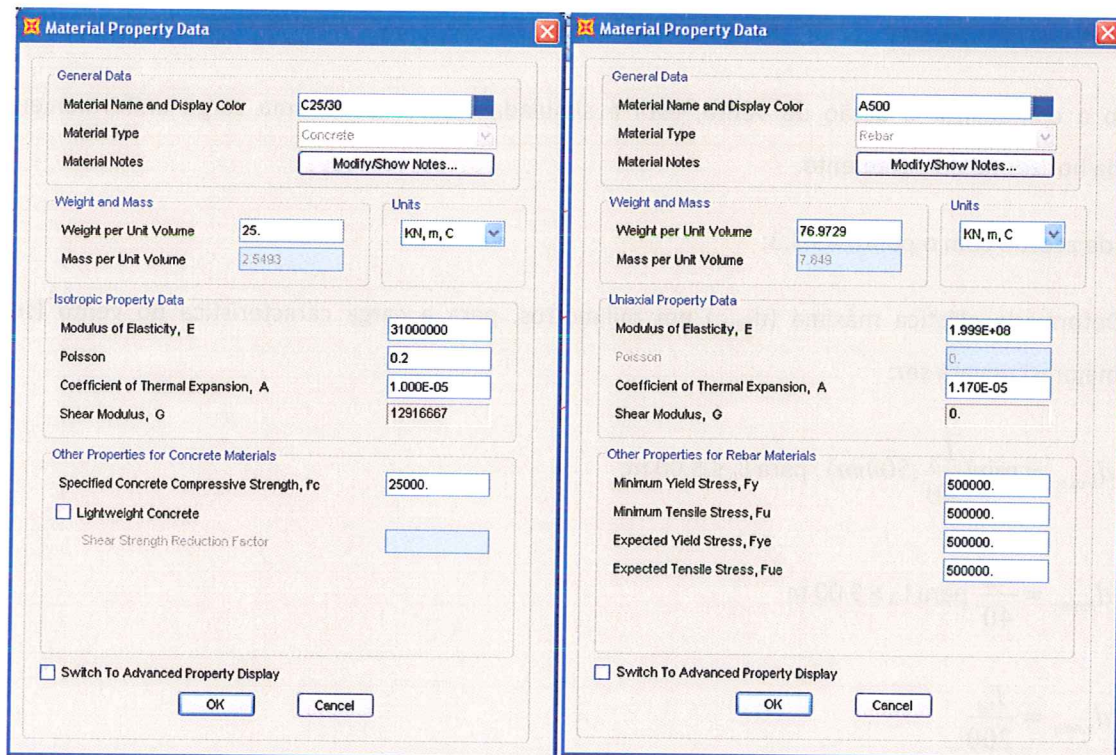


Fig. 5 – Características dos materiais

## 6. LIMITAÇÕES NORMATIVAS

A Norma anteriormente citada, refere que os elementos de “Barreiras Acústicas” deverão apresentar características mecânicas e resistentes que permitam assegurar a durabilidade do elemento, mantendo a sua performance, no que diz respeito às características acústicas (reflectoras e absorventes).

O ponto A.3 do Anexo A da EN 1794-1:2011 define os requisitos mecânicos a ser cumpridos, pelo elemento de “Barreira Acústica”, dando especial relevância à deformação do elemento.



**FARCIMAR**  
Soluções em Pré-Fabricados  
de Betão S.A.



## ACÇÃO DO VENTO (Anexo A)

De modo a contabilizar a acção do vento, esta é simulada recorrendo a uma carga uniformemente distribuída horizontal no paramento.

Assim, e de acordo com o ponto A3.3.3:

- a) Deformada elástica máxima ( $d_{h\max}$ ) em milímetros, para a carga característica do vento (sem majorar) deverá ser:

$$d_{h\max} = \min\left(\frac{L_A}{40}, 50\text{mm}\right), \text{ para } L_A \leq 5.00 \text{ m};$$

$$d_{h\max} = \frac{L_A}{40} \text{ para } L_A > 5.00 \text{ m}$$

$$d_{v\max} = \frac{L_A}{200}$$

- b) Quando aplicado um factor de majoração  $S=1.50$  à acção característica do Vento deverão ser verificados os seguintes pontos:

O elemento não deve apresentar sintomas de falha estrutural

O elemento não poderá soltar-se dos seus montantes

A deformação horizontal permanente em milímetros deverá ser inferior a  $\frac{L_A}{500}$

As deformações do elemento estrutural não poderão levar ao deslocamento permanente da superfície acústica.



**FARCIMAR**  
Soluções em Pré-Fabricados  
de Betão S.A.



## ACÇÃO DINÂMICA (Anexo E)

De modo a contabilizar a acção dinâmica associada à retirada de neve, defina a norma que esta deverá ser simulada por uma carga horizontal e perpendicular ao elemento de “Barreira Acústica”, que se supõe uniformemente distribuída numa área de 2.00 m x 2.00 m e a uma altura de 1.50 m acima da cota da via circulante.

Assim, e de acordo com o ponto E.2.2, deverá o elemento manter a sua integridade, sem demonstrar nenhum sinal de ruptura, nomeadamente no que se refere à fissuração, deformação permanente ou deformação da superfície acústica.

Não sendo definida pela norma, limitações no que diz respeito a deformação, e no âmbito deste estudo, serão adoptadas as mesmas condicionantes apresentadas para a solicitação “Vento”, ou seja:

$$d_{h\max} = \min\left(\frac{L_A}{40}, 50\text{mm}\right), \text{ para } L_A \leq 5.00 \text{ m};$$

$$d_{h\max} = \frac{L_A}{40} \text{ para } L_A > 5.00 \text{ m}$$

$$d_{v\max} = \frac{L_A}{200}$$

## 7. VERIFICAÇÃO E DIMENSIONAMENTO

### Peso próprio

O peso próprio foi obtido pelo produto das áreas correspondentes a cada peça pelo peso específico do betão armado que se tomou igual a 25 kN.m<sup>-3</sup> e o peso do betão borracha de 20 kN.m<sup>-3</sup>.





**FARCIMAR**  
Soluções em Pré-Fabricados  
de Betão S.A.



### Carga de vento e carga estática

Para o elemento de “Barreira Acústica E27.5” foi determinada a carga estática que poderá ser suportada, sem ultrapassar os limites especificados pela norma.

A carga de vento considera-se como uniformemente distribuída ao longo de toda a superfície do elemento.

### Carga dinâmica de limpeza de neve

Para o elemento de “Barreira Acústica E27.5” foi determinada a carga distribuída mas concentrada numa área de 2.0 m x 0.5 m que poderá ser suportada, sem ultrapassar os limites especificados pela norma.

A carga de vento considera-se como uniformemente distribuída ao longo de toda a superfície do elemento.

### Assim, e para análise da carga uniformemente distribuída em toda a superfície (VENTO):

#### Análise para Estado Limite Ultimo:

Foi realizada análise de determinação de capacidade de elemento, recorrendo ao programa XLSection, tendo sido determinado que o momento ultimo ( $M_{rd}$ ) para um elemento com uma secção resistente de 4.00 m x 0.095 m, com uma armadura de  $\phi 6//0.15$  e com um recobrimento de 0.035 m é:

$$M_{rd}=4.65 \text{ kN.m}$$

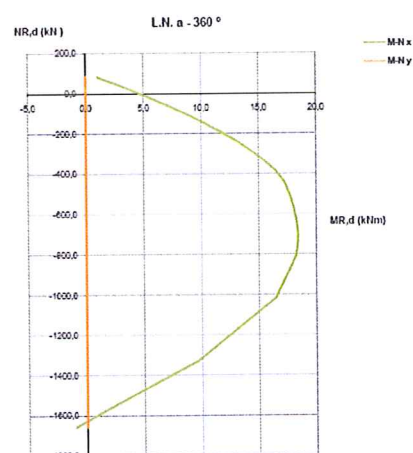


Fig. 6 – Diagrama N/M



Tendo em conta que o elemento de “Barreira Acústica E27.5” será aplicado com uma inclinação de 12° com a vertical, e sendo o peso próprio do elemento uma força gravítica, esta irá gerar um incremento de momento actuante que apresenta um valor majorado de 0.704 kN.m. Para a determinação da capacidade restante, será este momento subtraído ao momento resistente máximo, sendo considerado o momento restante como a capacidade potencial para o suporte das acções de vento.

$$M_{rd}^{rc} = M_{rd} - M_{rd}^{cp} = 4.65 - 0.704 = 3.946 \text{ kN.m}$$

Como o modelo de cálculo apresenta geometria não linear, para a determinação da carga que gera  $M_{rd}^{rc}$ , aplica-se a teoria de sobreposição de esforços, ou seja, aplicando-se uma carga unitária distribuída na superfície do elemento (1kN/m<sup>2</sup>) verifica-se qual o momento máximo desenvolvido (aproximadamente 0.3953 kN.m) e, por relação inversa, determina-se a carga uniformemente equivalente que irá gerar o  $M_{rd}^{rc}$ .

$$p_{rd}^{rc} \times 0.3953 = 1 \times M_{rd}^{rc} \Leftrightarrow p_{rd}^{rc} \times 0.3953 = 1 \times 3.946 \Leftrightarrow p_{rd}^{rc} = \frac{3.946}{0.3953} \approx 9.98 \text{ kN/m}^2$$

Aplicando esta carga no modelo tridimensional de cálculo, obtém-se uma deformada horizontal e vertical de 2.8 mm e 0.6 mm, respectivamente.

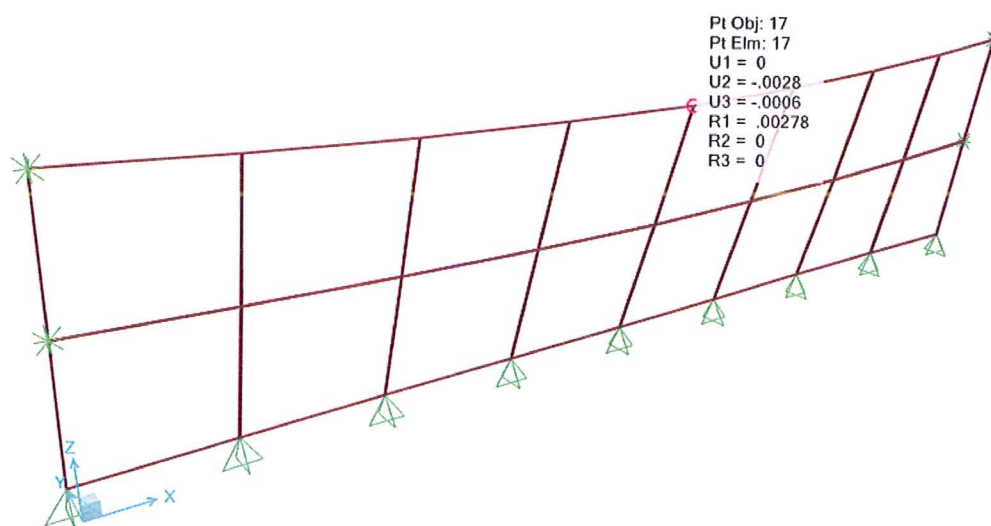


Fig. 7 – Deformada para a carga Vento (ELU)





**FARCIMAR**  
Soluções em Pré-Fabricados  
de Betão S.A.



### Análise para Estado Limite de Fissuração:

Foi realizada análise de determinação do momento aplicado que gera uma largura de fissuração máxima ( $W_k$ ) de 0.3 mm, recorrendo a uma folha de cálculo que utiliza o algoritmo de determinação de largura de fendas preconizada pelo Eurocódigo para um elemento com uma secção resistente de 4.00 m x 0.095 m, com uma armadura de  $\phi 6//0.15$  e com um recobrimento de 0.035 m.

$$M_{ELF} = 3.78 \text{ kN.m (Combinação rara - } 1.0 \times CP + 1.0 \times W)$$

Tendo em conta que o elemento de "Barreira Acústica E27.5" será aplicado com uma inclinação de  $12^\circ$  com a vertical, e sendo o peso próprio do elemento uma força gravítica, esta irá gerar um incremento de momento actuante que apresenta um valor raro de 0.469 kN.m. Para a determinação da capacidade restante, será este momento subtraído ao momento que gera uma largura de fenda máxima de 0.3 mm, sendo considerado o momento restante como a capacidade potencial para o suporte das acções de vento.

$$M_{ELF}^{rc} = M_{ELF} - M_{ELF}^{cp} = 3.78 - 0.469 = 3.311 \text{ kN.m}$$

Como o modelo de cálculo apresenta geometria não linear, para a determinação da carga que gera  $M_{ELF}^{rc}$ , aplica-se a teoria de sobreposição de esforços, ou seja, aplicando-se uma carga unitária distribuída na superfície do elemento ( $1 \text{ kN/m}^2$ ) verifica-se qual o momento máximo desenvolvido (aproximadamente 0.3953 kN.m) e, por relação inversa, determina-se a carga uniformemente equivalente que irá gerar o  $M_{ELF}^{rc}$ .

$$p_{ELF}^{rc} \times 0.3953 = 1 \times M_{ELF}^{rc} \Leftrightarrow p_{rd}^{rc} \times 0.3953 = 1 \times 3.311 \Leftrightarrow p_{ELF}^{rc} = \frac{3.311}{0.3953} \approx 8.375 \text{ kN/m}^2$$

Aplicando esta carga no modelo tridimensional de cálculo, obtém-se uma deformada horizontal e vertical de 2.3 mm e 0.5 mm, respectivamente.





**FARCIMAR**  
Soluções em Pré-Fabricados  
de Betão S.A.

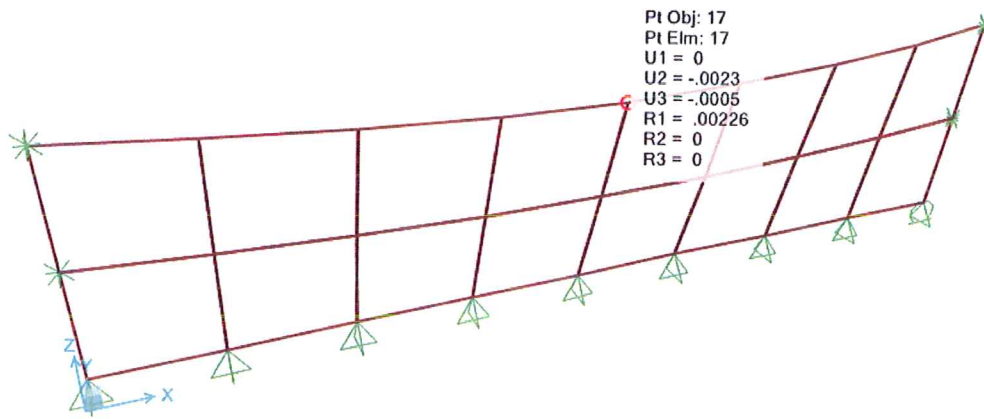


Fig. 8 – Deformada para a carga Vento (ELF)

Assim, e para análise da carga uniformemente distribuída numa superfície 2.00 m x 0.50 m centrada no elemento (NEVE):

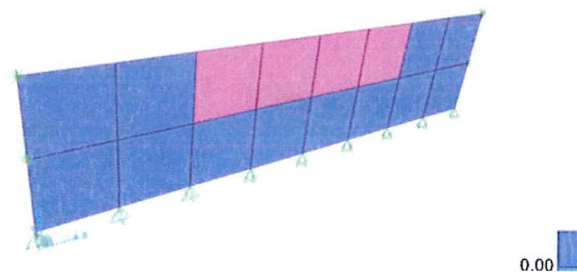


Fig. 9 – Localização da superfície 2.00 m x 0.50 m onde se aplica a carga uniformemente distribuída

Análise para Estado Limite Ultimo:

Foi realizada análise de determinação de capacidade de elemento, recorrendo ao programa XLSection, tendo sido determinado que o momento ultimo (Mrd) para um elemento com uma secção resistente de 4.00 m x 0.095 m, com uma armadura de  $\phi 6//0.15$  e com um recobrimento de 0.035 m é:

Mrd=4.65 kN.m



Tendo em conta que o elemento de “Barreira Acústica E27.5” será aplicado com uma inclinação de 12° com a vertical, e sendo o peso próprio do elemento uma força gravítica, esta irá gerar um incremento de momento actuante que apresenta um valor majorado de 0.5344 kN.m e de 0.704 kN.m para o nó 1 e 2, respectivamente. Para a determinação da capacidade restante, será este momento subtraído ao momento resistente máximo, sendo considerado o momento restante como a capacidade potencial para o suporte das acções de neve.

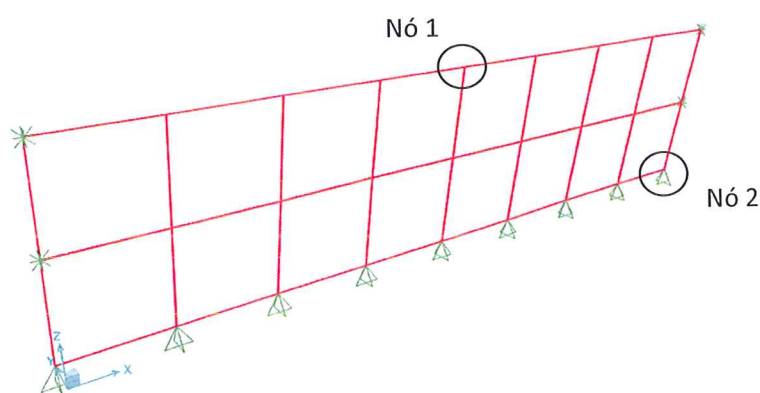


Fig. 9 – Localização do nó 1 e 2 no modelo de cálculo

$$M_{rd}^{rc} = M_{rd} - M_{rd}^{cp} = 4.65 - 0.5344 = 4.1156 \text{ kN.m (nó 1)}$$

$$M_{rd}^{rc} = M_{rd} - M_{rd}^{cp} = 4.65 - 0.704 = 3.946 \text{ kN.m (nó 2)}$$

Como o modelo de cálculo apresenta geometria não linear, para a determinação da carga que gera  $M_{rd}^{rc}$ , aplica-se a teoria de sobreposição de esforços, ou seja, aplicando-se uma carga unitária distribuída na superfície do elemento (1kN/m<sup>2</sup>) verifica-se qual o momento máximo desenvolvido (aproximadamente 0.205 kN.m para o nó 1 e para o nó 2 de 0.1805 kN.m) e, por relação inversa, determina-se a carga uniformemente equivalente que irá gerar o  $M_{rd}^{rc}$ .

$$p_{rd}^{rc} \times 0.205 = 1 \times M_{rd}^{rc} \Leftrightarrow p_{rd}^{rc} \times 0.205 = 1 \times 4.1156 \Leftrightarrow p_{rd}^{rc} = \frac{4.1156}{0.205} \approx 20.0761 \text{ kN/m}^2 \text{ (nó 1)}$$



$$p_{rd}^{rc} \times 0.1805 = 1 \times M_{rd}^{rc} \Leftrightarrow p_{rd}^{rc} \times 0.1805 = 1 \times 3.946 \Leftrightarrow p_{rd}^{rc} = \frac{3.946}{0.1805} \approx 21.8615 \text{ kN/m}^2 \text{ (nó 2)}$$

$$p_{rd}^{rc} = \min(20.0761; 21.8615) = 20.0761 \text{ kN/m}^2$$

Aplicando esta carga no modelo tridimensional de cálculo, numa superfície de 2.00 m x 0.50 m, obtém-se uma deformada horizontal e vertical de 3.1 mm e 0.7 mm, respectivamente.

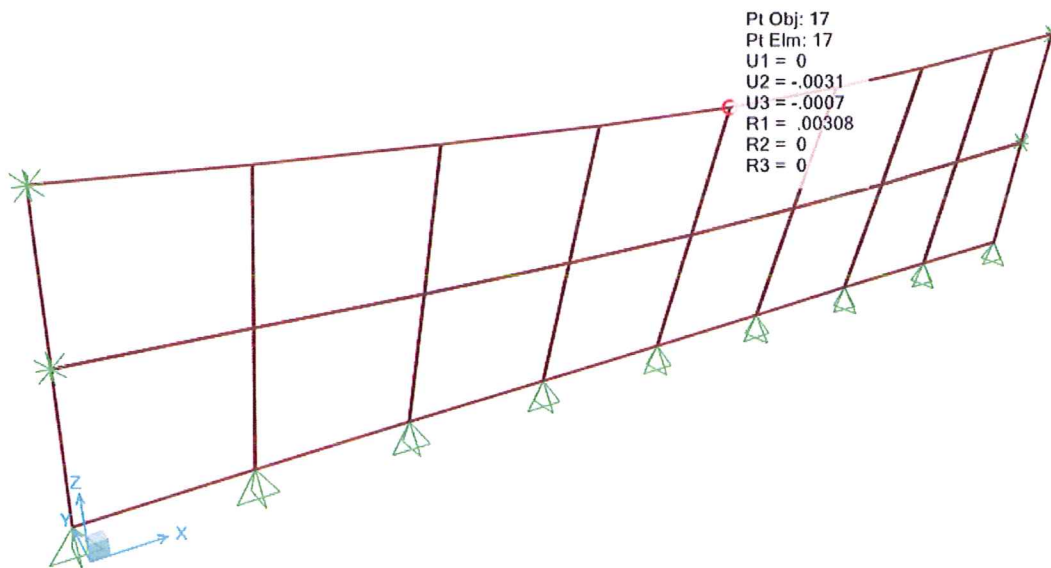


Fig. 10 – Deformada para a carga Neve (ELU)

#### Análise para Estado Limite de Fissuração:

Foi realizada análise de determinação do momento aplicado que gera uma largura de fissuração máxima ( $W_k$ ) de 0.3 mm, recorrendo a uma folha de cálculo que utiliza o algoritmo de determinação de largura de fendas preconizada pelo Eurocódigo para um elemento com uma secção resistente de 4.00 m x 0.095 m, com uma armadura de  $\phi 6//0.15$  e com um recobrimento de 0.035 m.

$$M_{ELF} = 3.78 \text{ kN.m (Combinação rara - } 1.0 \times CP + 1.0 \times E)$$





Tendo em conta que o elemento de “Barreira Acústica E27.5” será aplicado com uma inclinação de 12° com a vertical, e sendo o peso próprio do elemento uma força gravítica, esta irá gerar um incremento de momento actuante que apresenta um valor raro de 0.356 kN.m e de 0.469 kN.m para o nó 1 e 2, respectivamente. Para a determinação da capacidade restante, será este momento subtraído ao momento que gera uma largura de fenda máxima de 0.3 mm, sendo considerado o momento restante como a capacidade potencial para o suporte das acções de neve.

$$M_{ELF}^{rc} = M_{ELF} - M_{ELF}^{cp} = 3.78 - 0.356 = 3.424 \text{ kN.m (nó 1)}$$

$$M_{ELF}^{rc} = M_{ELF} - M_{ELF}^{cp} = 3.78 - 0.469 = 3.311 \text{ kN.m (nó 2)}$$

Como o modelo de cálculo apresenta geometria não linear, para a determinação da carga que gera  $M_{ELF}^{rc}$ , aplica-se a teoria de sobreposição de esforços, ou seja, aplicando-se uma carga unitária distribuída na superfície do elemento (1kN/m<sup>2</sup>) verifica-se qual o momento máximo desenvolvido (0.205 kN.m para o nó 1 e para o nó 2 de 0.1805 kN.m) e, por relação inversa, determina-se a carga uniformemente equivalente que irá gerar o  $M_{ELF}^{rc}$ .

$$p_{ELF}^{rc} \times 0.205 = 1 \times M_{ELF}^{rc} \Leftrightarrow p_{rd}^{rc} \times 0.205 = 1 \times 3.424 \Leftrightarrow p_{ELF}^{rc} = \frac{3.424}{0.205} \approx 16.7024 \text{ kN/m}^2 \text{ (nó 1)}$$

$$p_{ELF}^{rc} \times 0.1805 = 1 \times M_{ELF}^{rc} \Leftrightarrow p_{rd}^{rc} \times 0.1805 = 1 \times 3.311 \Leftrightarrow p_{ELF}^{rc} = \frac{3.311}{0.1805} \approx 18.3435 \text{ kN/m}^2 \text{ (nó 2)}$$

$$p_{ELF}^{rc} = \min(16.7024; 18.3435) = 16.7024 \text{ kN/m}^2$$

Aplicando esta carga no modelo tridimensional de cálculo, obtém-se uma deformada horizontal e vertical de 2.5 mm e 0.5 mm, respectivamente.





**FARCIMAR**  
Soluções em Pré-Fabricados  
de Betão S.A.

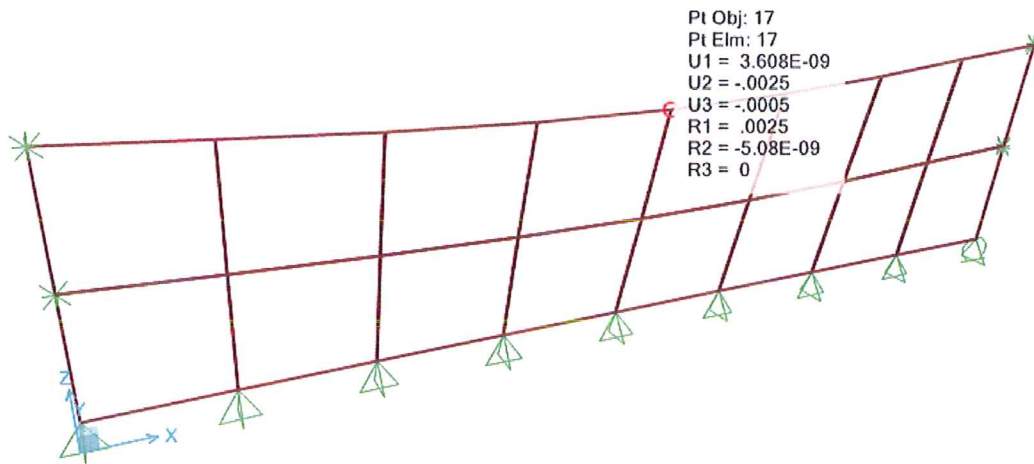


Fig. 11 – Deformada para a carga Neve (ELF)

SOCIEDADE A...YA - CAPITAL SOCIAL 250.000.000€ - MATRICULADA NA C.R.C. DE AROUCA, SOB O Nº 50...190 - NIPC PT. 502.171.000 - ALVARÁ Nº 00676



## 8. RESULTADOS

Tendo sido obtidos os valores de referência, apresentam-se quadros resumo:

Vão entre apoios (m)	$P_{VENTO}$ (kN/m <sup>2</sup> )	Flecha Horizontal Máxima (mm)		Flecha Vertical Máxima (mm)	
		ELF	ELU	ELF	ELU
4.00	$\min(\frac{p_{rd}^{rc}}{1.5} = 6.653; p_{ELF}^{rc} = 8.375) = 6.653$	2.30	2.80	0.50	0.60

Vão entre apoios (m)	$P_{NEVE}$ (kN/m <sup>2</sup> )	Flecha Horizontal Máxima (mm)		Flecha Vertical Máxima (mm)	
		ELF	ELU	ELF	ELU
4.00	$\min(\frac{p_{rd}^{rc}}{1.5} = 13.381; p_{ELF}^{rc} = 16.7024) = 13.381$	2.50	3.10	0.50	0.70

## 9. REGULAMENTOS / METODOLOGIA

A solução apresentada cumpre com o estipulado nos Eurocodigos, nomeadamente o referenciado na NP EN 1992-1-1:2010 (“Eurocodigo 2 – Projecto de estruturas de betão – Parte 1-1: Regras gerais e regras para edifícios”), o definido na EN 1794-1:2011 (“Road traffic noise reducing devices – Non-acoustic performance – Part 1: Mechanical performance and stability requirements”).

Tomou-se ainda como referência o mencionado nas normas NP-EN 13369:2010 – “Regras Gerais para Produtos Pré-Fabricados de Betão” e na NP-EN 206-1:2007 – “Betão Parte 1: Especificação, Desempenho Produção e Conformidade”.



**FARCIMAR**  
Soluções em Pré-Fabricados  
de Betão S.A.



390 - NIPC PT.502.171.090 - ALVARA Nº 60676

4A - CAPITAL SOCIAL 250.000,00€ - MATRICULADA NA C.R.C. DE AROUCA, SOB O Nº 50

SOCIEDADE A

## ANEXOS

Zona industrial da Farrapa, apartado 402,  
4540 - 267 Chave / Arouca

tel / +351 256 464 442/452  
fax / +351 256 428 144

email / geral@farcimar.pt  
www.farcimar.pt



Concrete	$f_{cd}$ (Mpa) or 0.85 $f_{cd}$ (Mpa)	16,667
Reinforcement	Nr of Rebar Layers	1
	Nr of Prestress Cables	0

# XLSection1

- Developed by Carlos Ferreira




$\theta^\circ =$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Concrete	$x_i$ (m)	0	0	1	1	0															
	$y_i$ (m)	0	0,095	0,095	0																

Reinforcement	Rebars	As (cm <sup>2</sup> )	1,88																			
		$f_{sy,d}$ (Mpa)	435																			
		$x_i$ (m)	0,035																			
		$y_i$ (m)	0,035																			
Reinforcement	Prestress Cables	As (cm <sup>2</sup> )	0,965																			
		$f_{sp,d}$ (Mpa)	0,035																			
		$E_{sp}$ (Gpa)																				
		DY (m)																				
		X (m)																				
		Y (m)																				
		Pinf (kN)																				

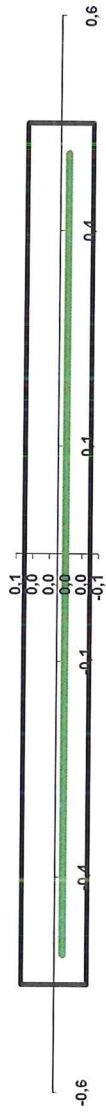
Save Cross Section  Open Cross Section  Draw Cross Section

Input FOLDER	D:\xl
Input FILE	Barreira_e_95mm

Area	0,09500000
Inertia X	0,00007145
Inertia Y	0,00791667
Inertia Product	0,00000000
Radius of Gyration X	0,02742414
Radius of Gyration Y	0,28867513
Principal Axis Angle	0,00000000
Inertia Max	0,00791667
Inertia Min	0,00007145
Polar Moment of Inertia	0,00798811
Center of Gravity X	0,50000000
Center of Gravity Y	0,04750000

Homogenization Coefficient	6
Homogenized Area	0,09612800
Homogenized Inertia X	0,00007162
Homogenized Inertia Y	0,00799796

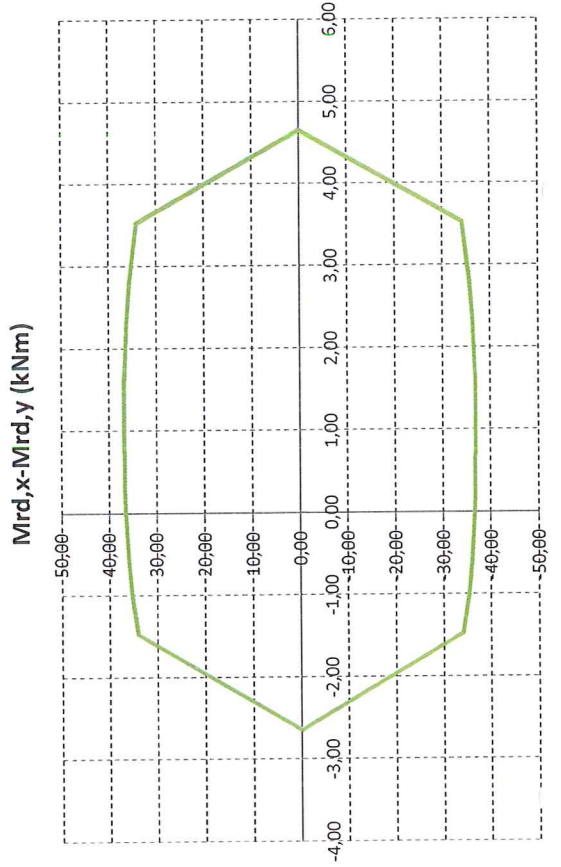
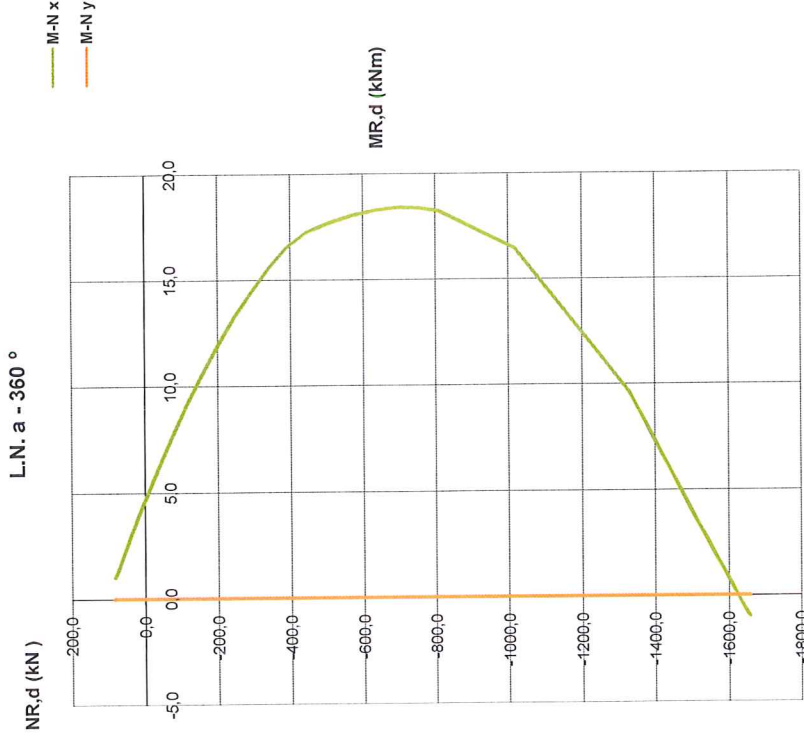
# Cross Section





Curves Mrd,x-Nrd and Mrd,y-Nrd for neutral axis $\theta$ inclination						
ecsup	ecinf	Nrd	Mrd,x	Mrd,y		
-0,0020	-0,0020	-1658,5	-0,9	0,0		
-0,0023	-0,0017	-1645,7	-0,6	0,0		
-0,0025	-0,0013	-1616,1	0,3	0,0		
-0,0028	-0,0010	-1569,8	1,8	0,0		
-0,0030	-0,0007	-1506,7	3,8	0,0		
-0,0033	-0,0003	-1426,8	6,4	0,0		
-0,0035	0,0000	-1330,2	9,6	0,0		
-0,0035	0,0010	-1016,6	16,5	0,0		
-0,0035	0,0020	-809,5	18,2	0,0		
-0,0035	0,0024	-752,8	18,4	0,0		
-0,0035	0,0028	-696,3	18,4	0,0		
-0,0035	0,0032	-636,4	18,3	0,0		
-0,0035	0,0038	-573,5	18,1	0,0		
-0,0035	0,0044	-508,6	17,2	0,0		
-0,0035	0,0052	-442,4	17,2	0,0		
-0,0035	0,0061	-387,7	16,5	0,0		
-0,0035	0,0071	-340,8	15,6	0,0		
-0,0035	0,0085	-293,5	14,5	0,0		
-0,0035	0,0102	-245,5	13,3	0,0		
-0,0035	0,0126	-197,3	11,9	0,0		
-0,0035	0,0158	-150,2	10,4	0,0		
-0,0030	0,0158	-114,4	9,1	0,0		
-0,0025	0,0158	-76,5	7,7	0,0		
-0,0020	0,0158	-36,6	6,2	0,0		
-0,0015	0,0158	4,7	4,5	0,0		
-0,0010	0,0158	42,6	2,8	0,0		
-0,0005	0,0158	70,7	1,5	0,0		
0,0000	0,0158	81,8	1,0	0,0		
0,0050	0,0129	81,8	1,0	0,0		
0,0100	0,0100	81,8	1,0	0,0		

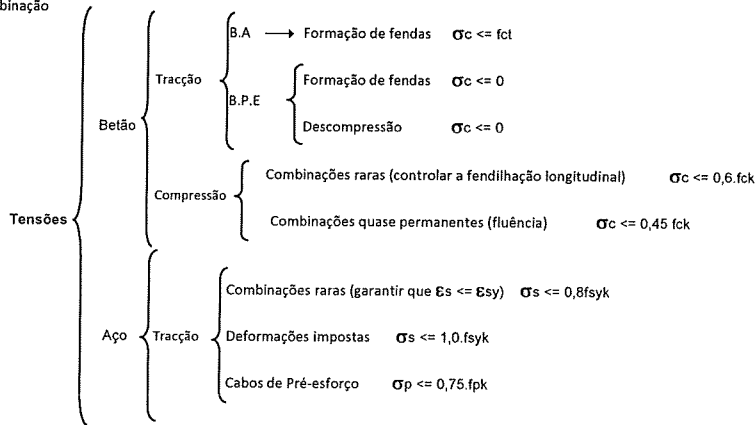
Biaxial Curve	Step	10
P-M Curve	$\theta^{\circ}$	360
	Interpolate	
	N	0
	MX	4,65017
	MY	5,4E-10



Biaxial Bending		
$\theta$	Mrd,x	Mrd,y
0,00	4,65	0,00
0,17	3,53	34,15
0,35	2,80	35,68
0,52	2,31	36,27
0,70	1,91	36,51
0,87	1,63	36,77
1,05	1,38	36,78
1,22	1,18	36,76
1,40	1,01	36,77
1,57	0,84	36,82
1,75	0,68	36,74
1,92	0,50	36,68
2,09	0,31	36,65
2,27	0,06	36,59
2,44	-0,21	36,27
2,62	-0,58	35,95
2,79	-0,98	35,30
2,97	-1,47	34,06
3,14	-2,64	0,00
3,32	-1,47	-34,06
3,49	-0,98	-35,30
3,67	-0,58	-35,95
3,84	-0,21	-36,27
4,01	0,06	-36,59
4,19	0,31	-36,65
4,36	0,50	-36,68
4,54	0,68	-36,74
4,71	0,84	-36,82
4,89	1,01	-36,77
5,06	1,18	-36,76
5,24	1,38	-36,78
5,41	1,63	-36,77
5,59	1,91	-36,51
5,76	2,31	-36,27
5,93	2,80	-35,68
6,11	3,53	-34,15
6,28	4,65	0,00

### Flexão simples - Tensões para estados limites de utilização

Verificação para combinação  
Combinação RARA  
1,0xCP+1,0xQ



#### Secções rectangulares

Aço	A	500	$f_{syd}$ (Mpa) = 435
Betão	C	25	$f_{cd}$ (Mpa) = 16.67

#### Secção não fendilhada

$\alpha = 6.557377$

Dimensões da peça :

h (m)	b (m)	d (m)	a (m)	As (cm <sup>2</sup> )	As' (cm <sup>2</sup> )
0.095	1.00	0.06	0.0380	1.88	0

$\rho_1 = 0.003298$      $\rho_2 = 0$      $\beta = 0$

$f_{ctm}$  (Mpa) = 2.5

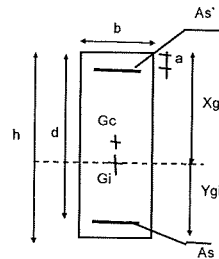
Centro de gravidade :  $X_{gi}$  (m) = 0.048  
 $Y_{gi}$  (m) = 0.047

Área de betão traccionada  $A_{ct}$  (m<sup>2</sup>) = 0.047

Inércia :  $I_{gi}$  (m<sup>4</sup>) = 0.0001

Momento de fendilhação:  $M_{cr}$  (kN.m) = 3.78

Momento Aplicado :  $M$  (kN.m) = 3.78







**FARCIMAR**  
Soluções em Pré-Fabricados  
de Betão S.A.



**PAINEL DE BARREIRA ACÚSTICA E=27.5 - 12° de Inclinação**

**L=4.00 m**

**CAPACIDADE MECÂNICA E REQUISITOS DE ESTABILIDADE**

**EN1794-1:2011**

Data: Junho de 2016

Ficheiro: BA\_BB\_i12\_4.0x2.2\_0

Revisão: 00



**FARCIMAR**  
Soluções em Pré-Fabricados  
de Betão S.A.



## ÍNDICE

### MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

1. INTRODUÇÃO .....	4
2. ELEMENTOS DE BASE À ELABORAÇÃO DO ESTUDO .....	5
3. DESCRIÇÃO SUMARIA DO ELEMENTO .....	6
4. DESCRIÇÃO DO MODELO DE CÁLCULO .....	7
5. MATERIAIS .....	8
6. LIMITAÇÕES NORMATIVAS .....	9
7. VERIFICAÇÃO E DIMENSIONAMENTO .....	11
8. RESULTADOS .....	19
9. REGULAMENTOS / METODOLOGIA .....	19

### ANEXOS:

- Saídas de programa de cálculo





**FARCIMAR**  
Soluções em Pré-Fabricados  
de Betão S.A.



## MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

SOCIEDADE A " - MA - CAPITAL SOCIAL 250.000,00€ - MATRICULADA NA C.R.C. DE AROUCA, SDB O N.º 50 - 090 - NIPC PT: 502 171 080 - ALVARA N.º 60678

Zona industrial da Farrapa, apartado 402,  
4540 - 267 Chave / Arouca

tlf / +351 256 464 442/452  
fax / +351 256 428 144

email / geral@farcimar.pt  
www.farcimar.pt





**FARCIMAR**  
Soluções em Pré-Fabricados  
de Betão S.A.



## 1. INTRODUÇÃO

A presente memória refere-se aos elementos de “Barreira Acústica E=27.5”, com 12° de inclinação, constituídos por elemento resistente de betão armado, apresentando uma superfície em betão borracha.

A face absorvente do painel é constituída por elemento em betão borracha com uma espessura máxima de 0.18 m e uma espessura mínima de 0.05 m. A face posterior do elemento de “Barreira Acústica” é constituída por camada de betão armado, resistente, com uma espessura de 0.095 m.



Fig. 1 – Exemplo de Barreira Acústica E=27.5

A geometria da face absorvente, bem como a sua natureza porosa permite que a onda sonora se dissipe. Por outro lado a densidade do material aplicado gera as características isolantes.



**FARCIMAR**  
Soluções em Pré-Fabricados  
de Betão S.A.



Assim, este estudo pretende gerar um documento que justifique o comportamento, do ponto de vista estrutural, deste sistema antirruído face às acções preconizadas na Norma anteriormente mencionada.

## 2. ELEMENTOS DE BASE À ELABORAÇÃO DO ESTUDO

Como referido anteriormente, tem o presente estudo, como objectivo, analisar, mediante cálculos, a adequação dos elementos redutores de ruído face à Norma EN1794-1:2011 “Road traffic noise reducing devices - Non-acoustic performance - Part 1: Mechanical performance and stability requirements”

A análise dos elementos de montante (pilares) e dos sistemas de fixação pilar/painel, não são âmbito deste estudo.

É estipulado na normativa europeia uma série de métodos para determinar a adequação dos elementos de “Barreiras Acústicas” às acções solicitantes, podendo as comprovações ser realizadas mediante ensaios ou por cálculo.

Tendo em conta a tipologia de comportamento esperado e a necessidade de obter valores o mais próximo da realidade possível, recorre-se a um programa de cálculo por elementos finitos (SAP2000) para a determinação da deformada associada. Relativamente às capacidades mecânicas do elemento portante (painel posterior com 0.095 m de espessura) foram determinadas as suas características recorrendo ao programa de cálculo de momentos resistentes para secções rectangulares XLSection e a folha de cálculo que dá cumprimento à metodologia preconizada pelo Eurocódigo 2 (NP EN 1992-1-1:2010), no que diz respeito à avaliação da fissuração.

No programa SAP2000 foi materializado e modulado o elemento de barreira acústica, não contabilizando a face absorvente como portante, recorrendo a elementos de casca (Shell), com condições de fronteira que simulam o real apoio do elemento, admitindo montantes indeformáveis.





**FARCIMAR**  
Soluções em Pré-Fabricados  
de Betão S.A.



Para os restantes programas/folhas de cálculo, foram introduzidas as características da peça, patente nas fichas de produto.

Tendo em conta o comportamento de elementos laminares em betão armado foram considerados os seguintes estados limite:

- a) Estado limite último
- b) Estado limite de utilização:
  - Deformação
  - Fissuração

### 3. DESCRIÇÃO SUMARIA DO ELEMENTO

A “Barreira Acústica E=27.5”, em análise neste documento, é um elemento que apresenta comprimento de 4.00 m, uma altura máxima de 2.20 m e 12° de inclinação. Estes elementos são sobrepostos até se obter a altura total desejada.

Cada elemento é constituído por 2 tipos de material. Uma superfície em betão borracha, com uma espessura máxima de 0.18 m e uma espessura mínima de 0.05 m e uma face em betão armado com uma espessura mínima de 0.095 m, tendo sido esta ultima a única contabilizada como elemento portante.

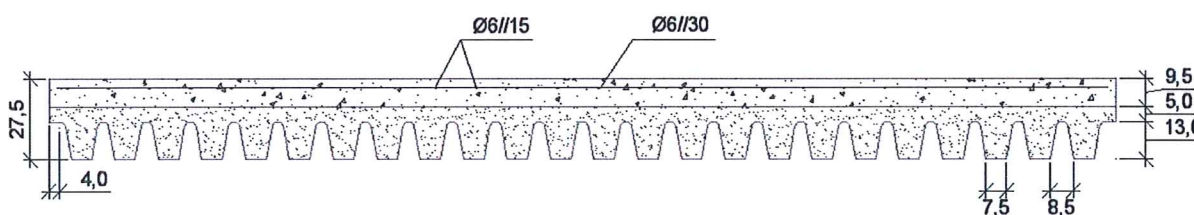


Fig. 2 – Corte longitudinal do painel

Para esta análise considerou-se uma distância entre apoios de 4.00 m.





**FARCIMAR**  
Soluções em Pré-Fabricados  
de Betão S.A.

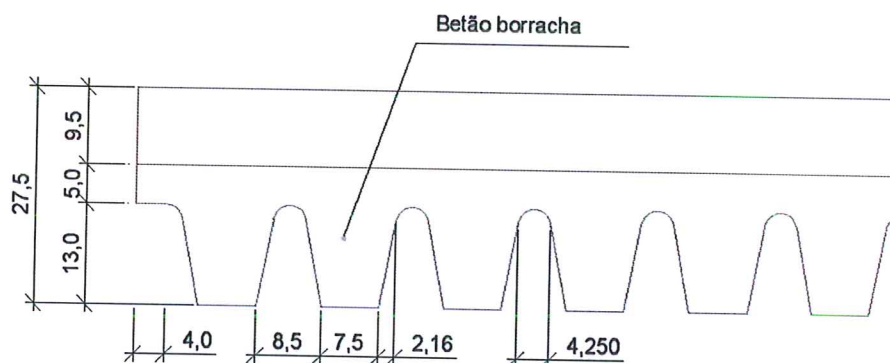


Fig. 3 – Geometria da face em betão Borracha

#### 4. DESCRIÇÃO DO MODELO DE CÁLCULO

Devido à natureza das cargas envolvidas no cálculo (cargas uniformemente distribuídas em plano horizontal), o comportamento real da barreira será influenciado pela presença de elementos superiormente e/ou inferiormente, daí este estudo referir-se a um elemento de barreira isolada, com um vão de 4.00 m.

De modo a aproximar os valores de cálculo à realidade foi realizada a verificação para um elemento de painel de “Barreira Acústica” com 4.00 m de desenvolvimento, 2.20 m de altura e 12° de inclinação.

Como referido anteriormente, não foram contabilizados no cálculo o acréscimo de rigidez à flexão e crêscimos de resistência associado à presença das ligações ao montante (pilar) nem a materialização de resistência à deslocação associado ao atrito desenvolvido entre os elementos, quando sobrepostos.

O dimensionamento recorre à engenharia inversa para a determinação dos esforços máximos aplicáveis, partindo das características do elemento e determinando qual o esforço máximo que é suportável para cada um dos estados limite.

Para a validação da flecha, foi materializado um modelo tridimensional composto com elementos de casca (SHELL), com 0.095 m de espessura, representando a face resistente do elemento de “Barreira Acústica”, com condições de fonteira que pretendem simular o apoio do elemento de barreira nos montantes.





**FARCIMAR**  
Soluções em Pré-Fabricados  
de Betão S.A.

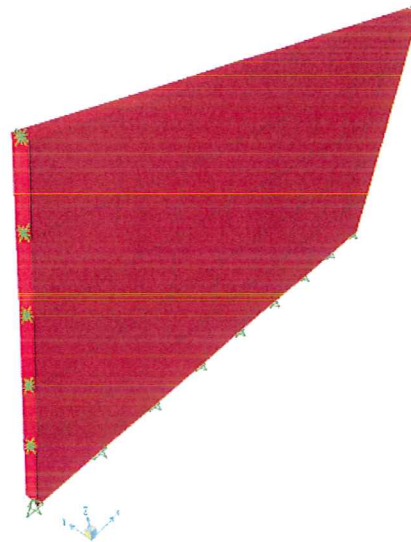


Fig. 4 – Modelo SAP200

## 5. MATERIAIS

Os materiais preconizados para a face resistente dos elementos de “Barreira Acústica E27.5” são:

- Betão: Valor de cálculo da tensão de rotura do betão à compressão = 16.67 Mpa (C25/30)
- Dimensão máxima do Inerte: 22 mm
- Classe do teor de cloretos: Cl 0.10 ( $Cl^- < 0.10$  % por massa de cimento)
- Aço em varão: Valor de cálculo da tensão de cedência do aço das armaduras = 435 Mpa (A500NR SD/EL)
- Classe de exposição – XC2 (P)
- Classe de consistência – S1/S2
- Recobrimento mínimo – 35 mm

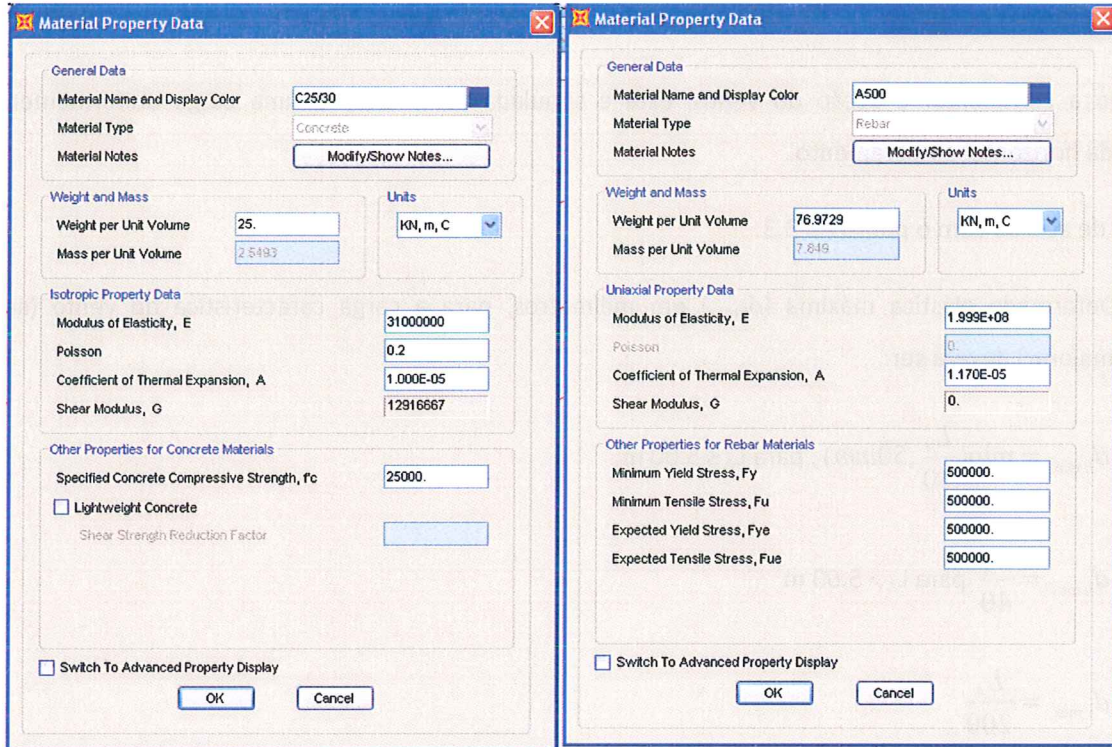


Fig. 5 – Características dos materiais

## 6. LIMITAÇÕES NORMATIVAS

A Norma anteriormente citada, refere que os elementos de “Barreiras Acústicas” deverão apresentar características mecânicas e resistentes que permitam assegurar a durabilidade do elemento, mantendo a sua performance, no que diz respeito às características acústicas (reflectoras e absorventes).

O ponto A.3 do Anexo A da EN 1794-1:2011 define os requisitos mecânicos a ser cumpridos, pelo elemento de “Barreira Acústica”, dando especial relevância à deformação do elemento.



**FARCIMAR**  
Soluções em Pré-Fabricados  
de Betão S.A.



### ACÇÃO DO VENTO (Anexo A)

De modo a contabilizar a acção do vento, esta é simulada recorrendo a uma carga uniformemente distribuída horizontal no paramento.

Assim, e de acordo com o ponto A3.3.3:

- a) Deformada elástica máxima ( $d_{hmax}$ ) em milímetros, para a carga característica do vento (sem majorar) deverá ser:

$$d_{hmax} = \min\left(\frac{L_A}{40}, 50mm\right), \text{ para } L_A \leq 5.00 \text{ m;}$$

$$d_{hmax} = \frac{L_A}{40} \text{ para } L_A > 5.00 \text{ m}$$

$$d_{vmax} = \frac{L_A}{200}$$

- b) Quando aplicado um factor de majoração  $S=1.50$  à acção característica do Vento deverão ser verificados os seguintes pontos:

O elemento não deve apresentar sintomas de falha estrutural

O elemento não poderá soltar-se dos seus montantes

A deformação horizontal permanente em milímetros deverá ser inferior a  $\frac{L_A}{500}$

As deformações do elemento estrutural não poderão levar ao deslocamento permanente da superfície acústica.





**FARCIMAR**  
Soluções em Pré-Fabricados  
de Betão S.A.



## ACÇÃO DINÂMICA (Anexo E)

De modo a contabilizar a acção dinâmica associada à retirada de neve, defina a norma que esta deverá ser simulada por uma carga horizontal e perpendicular ao elemento de “Barreira Acústica”, que se supõe uniformemente distribuída numa área de 2.00 m x 2.00 m e a uma altura de 1.50 m acima da cota da via circulante.

Assim, e de acordo com o ponto E.2.2, deverá o elemento manter a sua integridade, sem demonstrar nenhum sinal de ruptura, nomeadamente no que se refere à fissuração, deformação permanente ou deformação da superfície acústica.

Não sendo definida pela norma, limitações no que diz respeito a deformação, e no âmbito deste estudo, serão adoptadas as mesmas condicionantes apresentadas para a solicitação “Vento”, ou seja:

$$d_{h\max} = \min\left(\frac{L_A}{40}, 50\text{mm}\right), \text{ para } L_A \leq 5.00 \text{ m};$$

$$d_{h\max} = \frac{L_A}{40} \text{ para } L_A > 5.00 \text{ m}$$

$$d_{v\max} = \frac{L_A}{200}$$

## 7. VERIFICAÇÃO E DIMENSIONAMENTO

### Peso próprio

O peso próprio foi obtido pelo produto das áreas correspondentes a cada peça pelo peso específico do betão armado que se tomou igual a 25 kN.m<sup>-3</sup> e o peso do betão borracha de 20 kN.m<sup>-3</sup>.



**FARCIMAR**  
Soluções em Pré-Fabricados  
de Betão S.A.



### Carga de vento e carga estática

Para o elemento de “Barreira Acústica E27.5” foi determinada a carga estática que poderá ser suportada, sem ultrapassar os limites especificados pela norma.

A carga de vento considera-se como uniformemente distribuída ao longo de toda a superfície do elemento.

### Carga dinâmica de limpeza de neve

Para o elemento de “Barreira Acústica E27.5” foi determinada a carga distribuída mas concentrada numa área de 2.0 m x 1.70 m que poderá ser suportada, sem ultrapassar os limites especificados pela norma.

A carga de vento considera-se como uniformemente distribuída ao longo de toda a superfície do elemento.

### Assim, e para análise da carga uniformemente distribuída em toda a superfície (VENTO):

#### Análise para Estado Limite Ultimo:

Foi realizada análise de determinação de capacidade de elemento, recorrendo ao programa XLSection, tendo sido determinado que o momento ultimo ( $M_{rd}$ ) para um elemento com uma secção resistente de 4.00 m x 0.095 m, com uma armadura de  $\phi 6//0.15$  e com um recobrimento de 0.035 m é:

$$M_{rd}=4.65 \text{ kN.m}$$

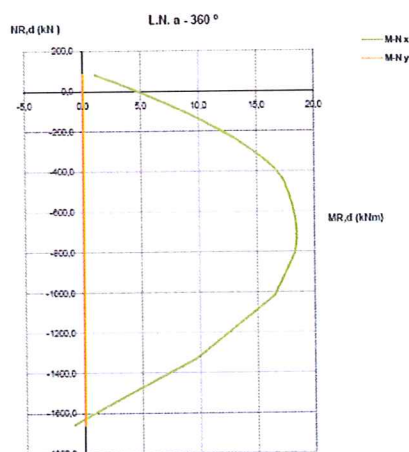


Fig. 6 – Diagrama N/M





Tendo em conta que o elemento de “Barreira Acústica E27.5” será aplicado com uma inclinação de 12° com a vertical, e sendo o peso próprio do elemento uma força gravítica, esta irá gerar um incremento de momento actuante que apresenta um valor majorado de 1.879 kN.m. Para a determinação da capacidade restante, será este momento subtraído ao momento resistente máximo, sendo considerado o momento restante como a capacidade potencial para o suporte das acções de vento.

$$M_{rd}^{rc} = M_{rd} - M_{rd}^{cp} = 4.65 - 1.879 = 2.771 \text{ kN.m}$$

Como o modelo de cálculo apresenta geometria não linear, para a determinação da carga que gera  $M_{rd}^{rc}$ , aplica-se a teoria de sobreposição de esforços, ou seja, aplicando-se uma carga unitária distribuída na superfície do elemento (1kN/m<sup>2</sup>) verifica-se qual o momento máximo desenvolvido (aproximadamente 1.052 kN.m) e, por relação inversa, determina-se a carga uniformemente equivalente que irá gerar o  $M_{rd}^{rc}$ .

$$p_{rd}^{rc} \times 1.052 = 1 \times M_{rd}^{rc} \Leftrightarrow p_{rd}^{rc} \times 1.052 = 1 \times 2.771 \Leftrightarrow p_{rd}^{rc} = \frac{2.771}{1.052} \approx 2.634 \text{ kN/m}^2$$

Aplicando esta carga no modelo tridimensional de cálculo, obtém-se uma deformada horizontal e vertical de 3.3 mm e 0.7 mm, respectivamente.

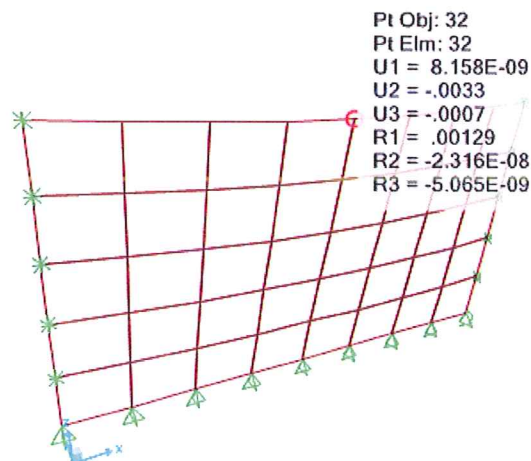


Fig. 7 – Deformada para a carga Vento (ELU)



**FARCIMAR**  
Soluções em Pré-Fabricados  
de Betão S.A.



### Análise para Estado Limite de Fissuração:

Foi realizada análise de determinação do momento aplicado que gera uma largura de fissuração máxima (Wk) de 0.3 mm, recorrendo a uma folha de cálculo que utiliza o algoritmo de determinação de largura de fendas preconizada pelo Eurocódigo para um elemento com uma secção resistente de 4.00 m x 0.095 m, com uma armadura de  $\phi 6//0.15$  e com um recobrimento de 0.035 m.

$$M_{ELF} = 3.78 \text{ kN.m (Combinação rara - } 1.0 \times CP + 1.0 \times W)$$

Tendo em conta que o elemento de “Barreira Acústica E27.5” será aplicado com uma inclinação de 12° com a vertical, e sendo o peso próprio do elemento uma força gravítica, esta irá gerar um incremento de momento actuante que apresenta um valor raro de 1.253 kN.m. Para a determinação da capacidade restante, será este momento subtraído ao momento que gera uma largura de fenda máxima de 0.3 mm, sendo considerado o momento restante como a capacidade potencial para o suporte das acções de vento.

$$M_{ELF}^{rc} = M_{ELF} - M_{ELF}^{op} = 3.78 - 1.253 = 2.527 \text{ kN.m}$$

Como o modelo de cálculo apresenta geometria não linear, para a determinação da carga que gera  $M_{ELF}^{rc}$ , aplica-se a teoria de sobreposição de esforços, ou seja, aplicando-se uma carga unitária distribuída na superfície do elemento (1kN/m<sup>2</sup>) verifica-se qual o momento máximo desenvolvido (aproximadamente 1.052 kN.m) e, por relação inversa, determina-se a carga uniformemente equivalente que irá gerar o  $M_{ELF}^{rc}$ .

$$p_{ELF}^{rc} \times 1.052 = 1 \times M_{ELF}^{rc} \Leftrightarrow p_{rd}^{rc} \times 1.052 = 1 \times 2.527 \Leftrightarrow p_{ELF}^{rc} = \frac{2.527}{1.052} \approx 2.402 \text{ kN/m}^2$$

Aplicando esta carga no modelo tridimensional de cálculo, obtém-se uma deformada horizontal e vertical de 2.6 mm e 0.6 mm, respectivamente.



**FARCIMAR**  
Soluções em Pré-Fabricados  
de Betão S.A.

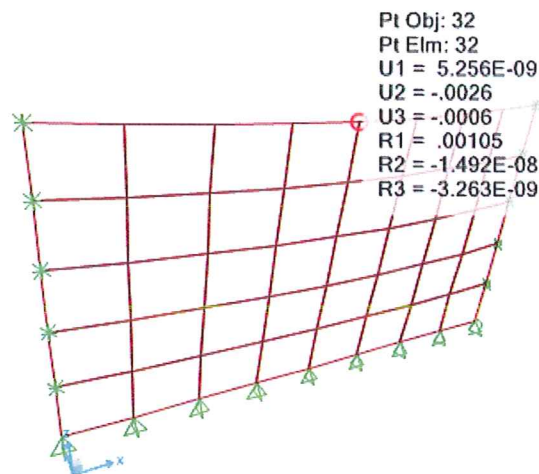


Fig. 8 – Deformada para a carga Vento (ELF)

**Assim, e para análise da carga uniformemente distribuída numa superfície 2.00 m x 1.70 m centrada no elemento (NEVE):**

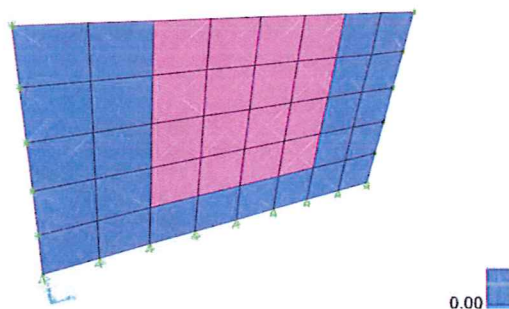


Fig. 9 – Localização da superfície 2.00 m x 1.70 m onde se aplica a carga uniformemente distribuída

**Análise para Estado Limite Ultimo:**

Foi realizada análise de determinação de capacidade de elemento, recorrendo ao programa XLSection, tendo sido determinado que o momento ultimo (Mrd) para um elemento com uma secção resistente de 4.00 m x 0.095 m, com uma armadura de  $\phi 6//0.15$  e com um recobrimento de 0.035 m é:

$$Mrd=4.65 \text{ kN.m}$$





Tendo em conta que o elemento de “Barreira Acústica E27.5” será aplicado com uma inclinação de 12° com a vertical, e sendo o peso próprio do elemento uma força gravítica, esta irá gerar um incremento de momento actuante que apresenta um valor majorado de 1.879 kN.m. Para a determinação da capacidade restante, será este momento subtraído ao momento resistente máximo, sendo considerado o momento restante como a capacidade potencial para o suporte das acções de neve.

$$M_{rd}^{rc} = M_{rd} - M_{rd}^{cp} = 4.65 - 1.879 = 2.771 \text{ kN.m}$$

Como o modelo de cálculo apresenta geometria não linear, para a determinação da carga que gera  $M_{rd}^{rc}$ , aplica-se a teoria de sobreposição de esforços, ou seja, aplicando-se uma carga unitária distribuída na superfície do elemento (1kN/m<sup>2</sup>) verifica-se qual o momento máximo desenvolvido (aproximadamente 0.801 kN.m) e, por relação inversa, determina-se a carga uniformemente equivalente que irá gerar o  $M_{rd}^{rc}$ .

$$p_{rd}^{rc} \times 0.801 = 1 \times M_{rd}^{rc} \Leftrightarrow p_{rd}^{rc} \times 0.801 = 1 \times 2.771 \Leftrightarrow p_{rd}^{rc} = \frac{2.771}{0.801} \approx 3.459 \text{ kN/m}^2 \text{ (nó 1)}$$

Aplicando esta carga no modelo tridimensional de cálculo, numa superfície de 2.00 m x 1.70 m, obtém-se uma deformada horizontal e vertical de 3.1 mm e 0.7 mm, respectivamente.

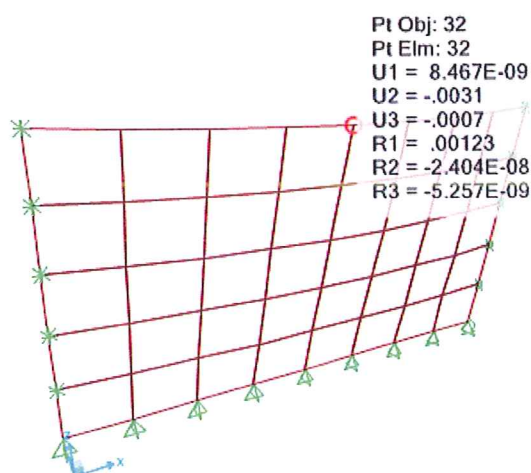


Fig. 10 – Deformada para a carga Neve (ELU)



**FARCIMAR**  
Soluções em Pré-Fabricados  
de Betão S.A.



### Análise para Estado Limite de Fissuração:

Foi realizada análise de determinação do momento aplicado que gera uma largura de fissuração máxima ( $W_k$ ) de 0.3 mm, recorrendo a uma folha de cálculo que utiliza o algoritmo de determinação de largura de fendas preconizada pelo Eurocódigo para um elemento com uma secção resistente de 4.00 m x 0.095 m, com uma armadura de  $\phi 6//0.15$  e com um recobrimento de 0.035 m.

$$M_{ELF} = 3.78 \text{ kN.m (Combinação rara - } 1.0 \times CP + 1.0 \times E)$$

Tendo em conta que o elemento de “Barreira Acústica E27.5” será aplicado com uma inclinação de  $12^\circ$  com a vertical, e sendo o peso próprio do elemento uma força gravítica, esta irá gerar um incremento de momento actuante que apresenta um valor raro de 1.253 kN.m. Para a determinação da capacidade restante, será este momento subtraído ao momento que gera uma largura de fenda máxima de 0.3 mm, sendo considerado o momento restante como a capacidade potencial para o suporte das acções de neve.

$$M_{ELF}^{rc} = M_{ELF} - M_{ELF}^{qp} = 3.78 - 1.253 = 2.527 \text{ kN.m}$$

Como o modelo de cálculo apresenta geometria não linear, para a determinação da carga que gera  $M_{ELF}^{rc}$ , aplica-se a teoria de sobreposição de esforços, ou seja, aplicando-se uma carga unitária distribuída na superfície do elemento ( $1 \text{ kN/m}^2$ ) verifica-se qual o momento máximo desenvolvido ( $0.801 \text{ kN.m}$ ) e, por relação inversa, determina-se a carga uniformemente equivalente que irá gerar o  $M_{ELF}^{rc}$ .

$$p_{ELF}^{rc} \times 0.801 = 1 \times M_{ELF}^{rc} \Leftrightarrow p_{rd}^{rc} \times 0.801 = 1 \times 2.527 \Leftrightarrow p_{ELF}^{rc} = \frac{2.527}{0.801} \approx 3.154 \text{ kN/m}^2$$

Aplicando esta carga no modelo tridimensional de cálculo, obtém-se uma deformada horizontal e vertical de 2.5 mm e 0.5 mm, respectivamente.





**FARCIMAR**  
Soluções em Pré-Fabricados  
de Betão S.A.

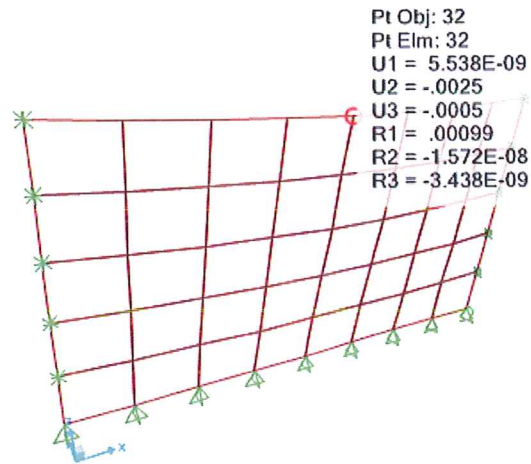


Fig. 11 – Deformada para a carga Neve (ELF)

SOCIEDADE ANÓNIMA - CAPITAL SOCIAL 250.000,00€ - MATRICULADA NA C.R.C. DE AROUCA, SOB O N.º 502 171 090 - NIPC PT: 502 171 090 - ALVARÁ N.º 60876



## 8. RESULTADOS

Tendo sido obtidos os valores de referência, apresentam-se quadros resumo:

Vão entre apoios (m)	$P_{VENTO}$ (kN/m <sup>2</sup> )	Flecha Horizontal Máxima (mm)		Flecha Vertical Máxima (mm)	
		ELF	ELU	ELF	ELU
4.00	$\min(\frac{p_{rd}^{rc}}{1.5} = 1.756; p_{ELF}^{rc} = 2.402) = 1.756$	2.60	3.30	0.60	0.70

Vão entre apoios (m)	$P_{NEVE}$ (kN/m <sup>2</sup> )	Flecha Horizontal Máxima (mm)		Flecha Vertical Máxima (mm)	
		ELF	ELU	ELF	ELU
4.00	$\min(\frac{p_{rd}^{rc}}{1.5} = 2.306; p_{ELF}^{rc} = 3.154) = 2.306$	2.50	3.10	0.50	0.70

## 9. REGULAMENTOS / METODOLOGIA

A solução apresentada cumpre com o estipulado nos Eurocodigos, nomeadamente o referenciado na NP EN 1992-1-1:2010 ("Eurocodigo 2 – Projecto de estruturas de betão – Parte 1-1: Regras gerais e regras para edifícios"), o definido na EN 1794-1:2011 ("Road traffic noise reducing devices – Non-acoustic performance – Part 1: Mechanical performance and stability requirements").

Tomou-se ainda como referência o mencionado nas normas NP-EN 13369:2010 – "Regras Gerais para Produtos Pré-Fabricados de Betão" e na NP-EN 206-1:2007 – "Betão Parte 1: Especificação, Desempenho Produção e Conformidade".





**FARCIMAR**  
Soluções em Pré-Fabricados  
de Betão S.A.



SOCIEDADE ANONIMA - CAPITAL SOCIAL 250.000.00€ - MATRICULADA NA C.R.C. DE AROUCA, SOB O N.º 502 171 080 - NIPC PT: 502 171 080 - ALVARA N.º 60726

## ANEXOS

Zona industrial da Farrapa, apartado 402,  
4540 - 267 Chave / Arouca

tel / +351 256 464 442/452  
fax / +351 256 428 144

email / geral@farcimar.pt  
[www.farcimar.pt](http://www.farcimar.pt)



Concrete	$f_{cd}$ (Mpa) or 0.85 $f_{cd}$ (Mpa)	16,667
Reinforcement	Nr of Rebar Layers	1
	Nr of Prestress Cables	0

# XLSection1

- Developed by Carlos Ferreira



$\theta^\circ =$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Concrete	$x_i$ (m)	0	0	1	1	0															
	$y_i$ (m)	0	0,095	0,095	0	0															

Reinforcement	AS (cm <sup>2</sup> )	1,88																			
	$f_{sy}d$ (Mpa)	435																			
	$x_i$ (m)	0,035																			
	$y_i$ (m)	0,035																			
	$x_i$ (m)	0,965																			
	$y_i$ (m)	0,035																			
Prestress Cables	AS (cm <sup>2</sup> )																				
	$f_{sp}d$ (Mpa)																				
	$E_{sp}$ (Gpa)																				
	DY (m)																				
	X (m)																				
	Y (m)																				
	Pinf (kN)																				

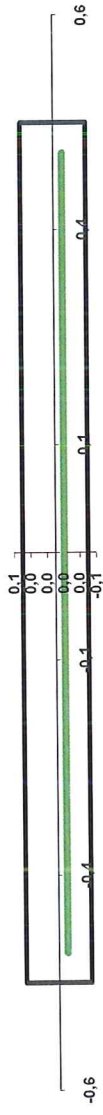
Save Cross Section  Open Cross Section  Draw Cross Section

Input FOLDER	D:\xl
Input FILE	Barreira_e_95mm

Area	0,09500000
Inertia X	0,00007145
Inertia Y	0,00791667
Inertia Product	0,00000000
Radius of Gyration X	0,02742414
Radius of Gyration Y	0,28867513
Principal Axis Angle	0,00000000
Inertia Max	0,00791667
Inertia Min	0,00007145
Polar Moment of Inertia	0,00798811
Center of Gravity X	0,50000000
Center of Gravity Y	0,04750000

Homogenization Coefficient	6
Homogenized Area	0,09612800
Homogenized Inertia X	0,00007162
Homogenized Inertia Y	0,00799796

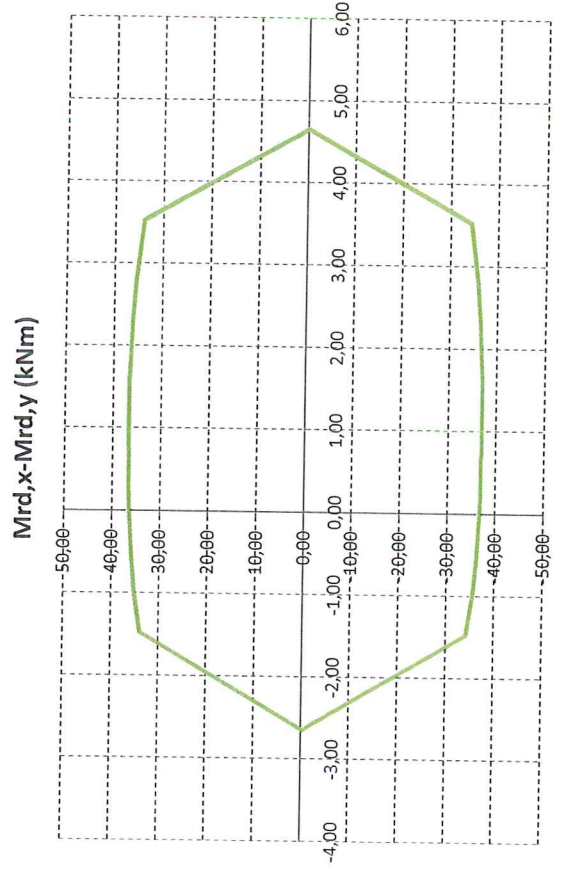
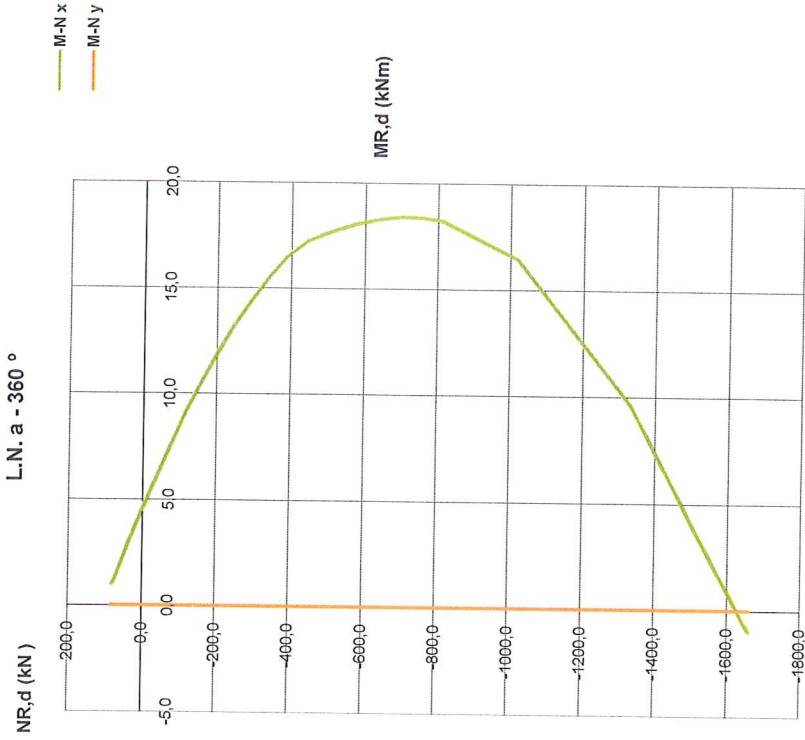
# Cross Section





Curves Mrd,x-Nrd and Mrd,y-Nrd for neutral axis $\theta$ inclination						
ecsup	ecinf	Nrd	Mrd,x	Mrd,y	Biaxial Curve	
-0,0020	-0,0020	-1658,5	-0,9	0,0	step	10
-0,0023	-0,0017	-1645,7	-0,6	0,0		
-0,0025	-0,0013	-1616,1	0,3	0,0		
-0,0028	-0,0010	-1569,8	1,8	0,0		
-0,0030	-0,0007	-1506,7	3,8	0,0		
-0,0033	-0,0003	-1426,8	6,4	0,0		
-0,0035	0,0000	-1330,2	9,6	0,0		
-0,0035	0,0010	-1016,6	16,5	0,0		
-0,0035	0,0020	-809,5	18,2	0,0		
-0,0035	0,0024	-752,8	18,4	0,0		
-0,0035	0,0028	-696,3	18,4	0,0		
-0,0035	0,0032	-636,4	18,3	0,0		
-0,0035	0,0038	-573,5	18,1	0,0		
-0,0035	0,0044	-508,6	17,7	0,0		
-0,0035	0,0052	-442,4	17,2	0,0		
-0,0035	0,0061	-387,7	16,5	0,0		
-0,0035	0,0071	-340,8	15,6	0,0		
-0,0035	0,0085	-293,5	14,5	0,0		
-0,0035	0,0102	-245,5	13,3	0,0		
-0,0035	0,0126	-197,3	11,9	0,0		
-0,0035	0,0158	-150,2	10,4	0,0		
-0,0030	0,0158	-114,4	9,1	0,0		
-0,0025	0,0158	-76,5	7,7	0,0		
-0,0020	0,0158	-36,6	6,2	0,0		
-0,0015	0,0158	4,7	4,5	0,0		
-0,0010	0,0158	42,6	2,8	0,0		
-0,0005	0,0158	70,7	1,5	0,0		
0,0000	0,0158	81,8	1,0	0,0		
0,0050	0,0129	81,8	1,0	0,0		
0,0100	0,0100	81,8	1,0	0,0		

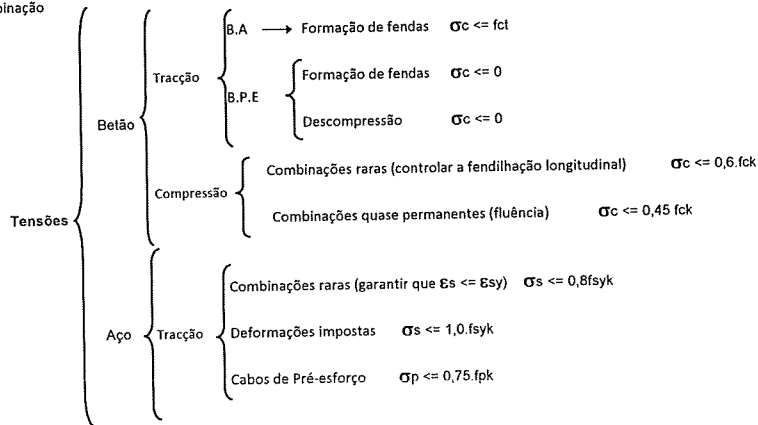
P-M Curve	
$\theta^\circ$	360
Interpolate	
N	0
MX	4,65017
MY	5,4E-10



$\theta$	Biaxial Bending	
	Mrd,x	Mrd,y
0,00	4,65	0,00
0,17	3,53	34,15
0,35	2,80	35,68
0,52	2,31	36,27
0,70	1,91	36,51
0,87	1,63	36,77
1,05	1,38	36,78
1,22	1,18	36,76
1,40	1,01	36,77
1,57	0,84	36,82
1,75	0,68	36,74
1,92	0,50	36,68
2,09	0,31	36,65
2,27	0,06	36,59
2,44	-0,21	36,27
2,62	-0,58	35,95
2,79	-0,98	35,30
2,97	-1,47	34,06
3,14	-2,64	0,00
3,32	-1,47	-34,06
3,49	-0,98	-35,30
3,67	-0,58	-35,95
3,84	-0,21	-36,27
4,01	0,06	-36,59
4,19	0,31	-36,65
4,36	0,50	-36,68
4,54	0,68	-36,74
4,71	0,84	-36,82
4,89	1,01	-36,77
5,06	1,18	-36,76
5,24	1,38	-36,78
5,41	1,63	-36,77
5,59	1,91	-36,51
5,76	2,31	-36,27
5,93	2,80	-35,68
6,11	3,53	-34,15
6,28	4,65	0,00

## Flexão simples - Tensões para estados limites de utilização

Verificação para combinação  
Combinação RARA  
1,0xCP+1,0xQ



Secções rectangulares

Aço A	500
Betão C	25

f<sub>syd</sub> (Mpa) = 435  
f<sub>cd</sub> (Mpa) = 16.67

Secção não fendilhada

$\alpha = 6.557377$

Dimensões da peça :

h (m)	b (m)	d (m)	a (m)	As (cm <sup>2</sup> )	As' (cm <sup>2</sup> )
0.095	1.00	0.06	0.0380	1.88	0

$p_1 = 0.003298$      $p_2 = 0$      $\beta = 0$

f<sub>clm</sub> (Mpa) = 2.5

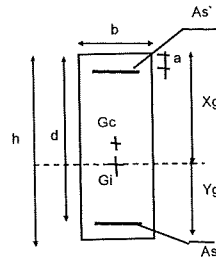
Centro de gravidade : X<sub>gi</sub> (m) = 0.048  
Y<sub>gi</sub> (m) = 0.047

Área de betão traccionada Act (m<sup>2</sup>) = 0.047

Inércia : I<sub>gi</sub> (m<sup>4</sup>) = 0.0001

Momento de fendilhação: M<sub>cr</sub> (kN.m) = 3.78

Momento Aplicado : M (kN.m) = 3.78





**FARCIMAR**  
Soluções em Pré-Fabricados  
de Betão S.A.



**PAINEL DE BARREIRA ACÚSTICA E=27.5- 12° de Inclinação**

**L=4.00 m**

**CAPACIDADE MECÂNICA E REQUISITOS DE ESTABILIDADE**

**EN1794-1:2011**

Data: Junho de 2016

Ficheiro: BA\_BB\_i12\_4.0x2.6\_0

Revisão: 00



**FARCIMAR**  
Soluções em Pré-Fabricados  
de Betão S.A.



## ÍNDICE

### MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

1. INTRODUÇÃO.....	4
2. ELEMENTOS DE BASE À ELABORAÇÃO DO ESTUDO.....	5
3. DESCRIÇÃO SUMARIA DO ELEMENTO.....	6
4. DESCRIÇÃO DO MODELO DE CÁLCULO.....	7
5. MATERIAIS.....	8
6. LIMITAÇÕES NORMATIVAS.....	9
7. VERIFICAÇÃO E DIMENSIONAMENTO.....	11
8. RESULTADOS.....	19
9. REGULAMENTOS / METODOLOGIA.....	19

### ANEXOS:

- Saídas de programa de cálculo



**FARCIMAR**  
Soluções em Pré-Fabricados  
de Betão S.A.



## MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

SOCIEDADE P  
VIA - CAPITAL SOCIAL 250.000,00€ - MATRICULADA NA C.R.C. DE AROUCA, SOB O N.º 51  
399 - NIPC PT: 502 171 090 - ALVARÁ N.º 60276

Zona industrial da Farrapa, apartado 402,  
4540 - 267 Chave / Arouca

tel / +351 256 464 442/452  
fax / +351 256 428 144

email / geral@farcimar.pt  
www.farcimar.pt







**FARCIMAR**  
Soluções em Pré-Fabricados  
de Betão S.A.



## 1. INTRODUÇÃO

A presente memória refere-se aos elementos de “Barreira Acústica E=27.5”, com 12° de inclinação, constituídos por elemento resistente de betão armado, apresentando uma superfície em betão borracha.

A face absorvente do painel é constituída por elemento em betão borracha com uma espessura máxima de 0.18 m e uma espessura mínima de 0.05 m. A face posterior do elemento de “Barreira Acústica” é constituída por camada de betão armado, resistente, com uma espessura de 0.095 m.



Fig. 1 – Exemplo de Barreira Acústica E=27.5

A geometria da face absorvente, bem como a sua natureza porosa permite que a onda sonora se dissipe. Por outro lado a densidade do material aplicado gera as características isolantes.



**FARCIMAR**  
Soluções em Pré-Fabricados  
de Betão S.A.



Assim, este estudo pretende gerar um documento que justifique o comportamento, do ponto de vista estrutural, deste sistema antirruído face às acções preconizadas na Norma anteriormente mencionada.

## 2. ELEMENTOS DE BASE À ELABORAÇÃO DO ESTUDO

Como referido anteriormente, tem o presente estudo, como objectivo, analisar, mediante cálculos, a adequação dos elementos redutores de ruído face à Norma EN1794-1:2011 "Road traffic noise reducing devices - Non-acoustic performance - Part 1: Mechanical performance and stability requirements"

A análise dos elementos de montante (pilares) e dos sistemas de fixação pilar/painel, não são âmbito deste estudo.

É estipulado na normativa europeia uma série de métodos para determinar a adequação dos elementos de "Barreiras Acústicas" às acções solicitantes, podendo as comprovações ser realizadas mediante ensaios ou por cálculo.

Tendo em conta a tipologia de comportamento esperado e a necessidade de obter valores o mais próximo da realidade possível, recorre-se a um programa de cálculo por elementos finitos (SAP2000) para a determinação da deformada associada. Relativamente às capacidades mecânicas do elemento portante (painel posterior com 0.095 m de espessura) foram determinadas as suas características recorrendo ao programa de cálculo de momentos resistentes para secções rectangulares XLSection e a folha de cálculo que dá cumprimento à metodologia preconizada pelo Eurocódigo 2 (NP EN 1992-1-1:2010), no que diz respeito à avaliação da fissuração.

No programa SAP2000 foi materializado e modulado o elemento de barreira acústica, não contabilizando a face absorvente como portante, recorrendo a elementos de casca (Shell), com condições de fronteira que simulam o real apoio do elemento, admitindo montantes indeformáveis.



**FARCIMAR**  
Soluções em Pré-Fabricados  
de Betão S.A.



Para os restantes programas/folhas de cálculo, foram introduzidas as características da peça, patente nas fichas de produto.

Tendo em conta o comportamento de elementos laminares em betão armado foram considerados os seguintes estados limite:

- a) Estado limite último
- b) Estado limite de utilização:
  - Deformação
  - Fissuração

### 3. DESCRIÇÃO SUMARIA DO ELEMENTO

A “Barreira Acústica E=27.5”, em análise neste documento, é um elemento que apresenta comprimento de 4.00 m, uma altura máxima de 2.60 m e 12° de inclinação. Estes elementos são sobrepostos até se obter a altura total desejada.

Cada elemento é constituído por 2 tipos de material. Uma superfície em betão borracha, com uma espessura máxima de 0.18 m e uma espessura mínima de 0.05 m e uma face em betão armado com uma espessura mínima de 0.095 m, tendo sido esta ultima a única contabilizada como elemento portante.

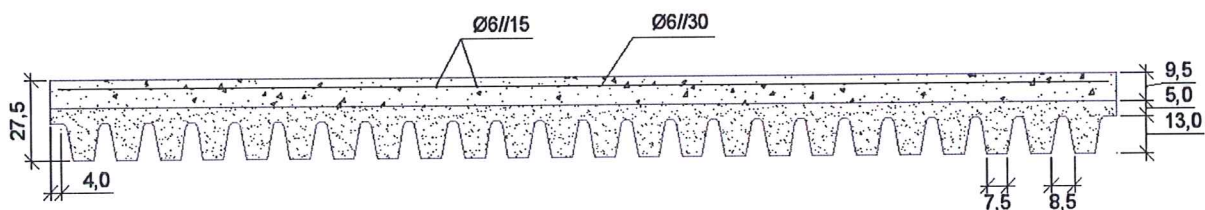


Fig. 2 – Corte longitudinal do painel

Para esta análise considerou-se uma distância entre apoios de 4.00 m.





**FARCIMAR**  
Soluções em Pré-Fabricados  
de Betão S.A.

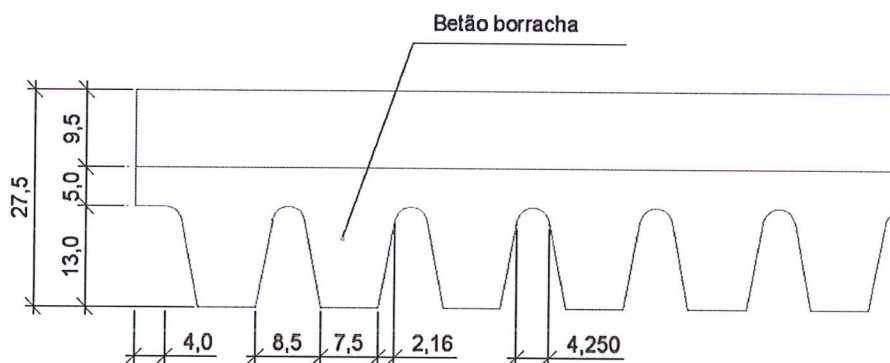


Fig. 3 – Geometria da face em betão Borracha

#### 4. DESCRIÇÃO DO MODELO DE CÁLCULO

Devido à natureza das cargas envolvidas no cálculo (cargas uniformemente distribuídas em plano horizontal), o comportamento real da barreira será influenciado pela presença de elementos superiormente e/ou inferiormente, daí este estudo referir-se a um elemento de barreira isolada, com um vão de 4.00 m.

De modo a aproximar os valores de cálculo à realidade foi realizada a verificação para um elemento de painel de “Barreira Acústica” com 4.00 m de desenvolvimento, 2.60 m de altura e 12° de inclinação.

Como referido anteriormente, não foram contabilizados no cálculo o acréscimo de rigidez à flexão e crescimentos de resistência associado à presença das ligações ao montante (pilar) nem a materialização de resistência à deslocação associado ao atrito desenvolvido entre os elementos, quando sobrepostos.

O dimensionamento recorre à engenharia inversa para a determinação dos esforços máximos aplicáveis, partindo das características do elemento e determinando qual o esforço máximo que é suportável para cada um dos estados limite.





**FARCIMAR**  
Soluções em Pré-Fabricados  
de Betão S.A.



Para a validação da flecha, foi materializado um modelo tridimensional composto com elementos de casca (SHELL), com 0.095 m de espessura, representando a face resistente do elemento de “Barreira Acústica”, com condições de fronteira que pretendem simular o apoio do elemento de barreira nos montantes.

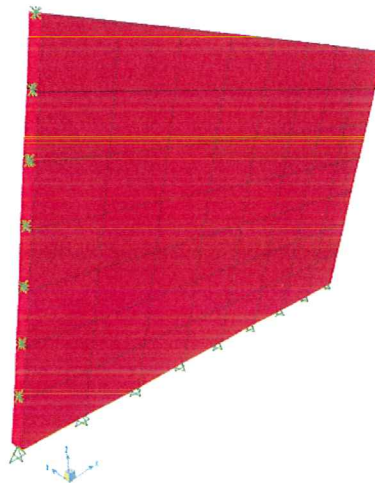


Fig. 4 – Modelo SAP200

## 5. MATERIAIS

Os materiais preconizados para a face resistente dos elementos de “Barreira Acústica E27.5” são:

- Betão: Valor de cálculo da tensão de rotura do betão à compressão = 16.67 Mpa (C25/30)
- Dimensão máxima do Inerte: 22 mm
- Classe do teor de cloretos: Cl 0.10 (Cl < 0.10 % por massa de cimento)
- Aço em varão: Valor de cálculo da tensão de cedência do aço das armaduras = 435 Mpa (A500NR SD/EL)
- Classe de exposição – XC2 (P)
- Classe de consistência – S1/S2
- Recobrimento mínimo – 35 mm



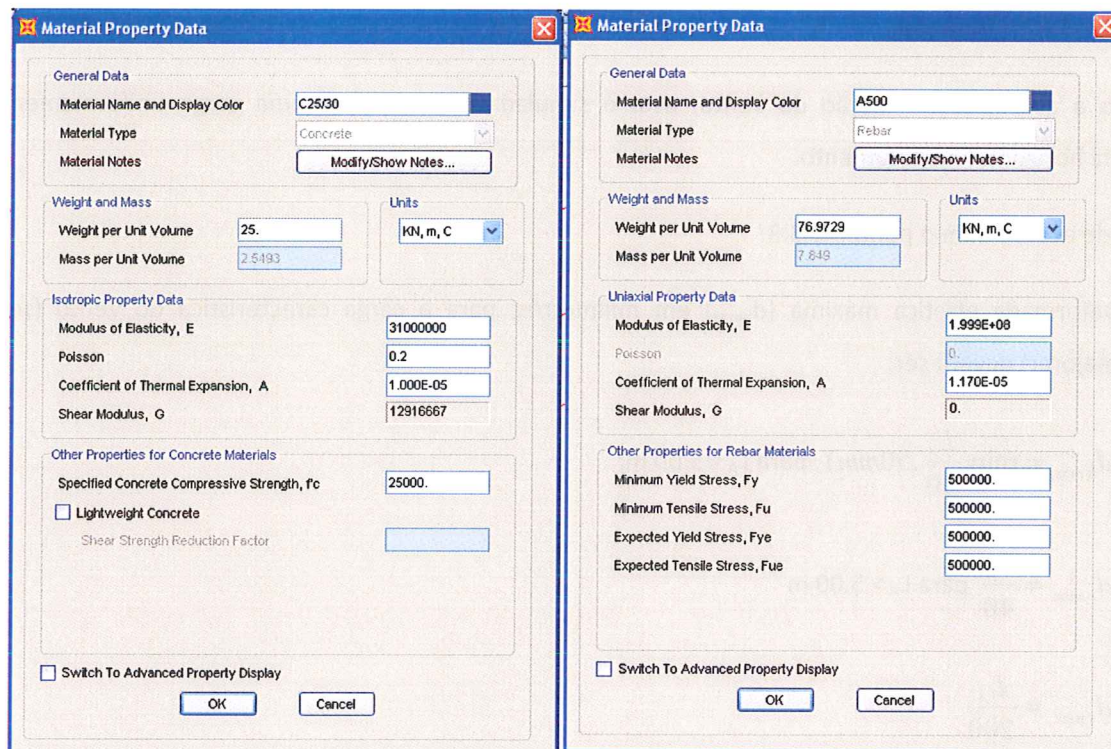


Fig. 5 – Características dos materiais

## 6. LIMITAÇÕES NORMATIVAS

A Norma anteriormente citada, refere que os elementos de “Barreiras Acústicas” deverão apresentar características mecânicas e resistentes que permitam assegurar a durabilidade do elemento, mantendo a sua performance, no que diz respeito às características acústicas (reflectoras e absorventes).

O ponto A.3 do Anexo A da EN 1794-1:2011 define os requisitos mecânicos a ser cumpridos, pelo elemento de “Barreira Acústica”, dando especial relevância à deformação do elemento.



**FARCIMAR**  
Soluções em Pré-Fabricados  
de Betão S.A.



### ACÇÃO DO VENTO (Anexo A)

De modo a contabilizar a acção do vento, esta é simulada recorrendo a uma carga uniformemente distribuída horizontal no paramento.

Assim, e de acordo com o ponto A3.3.3:

- a) Deformada elástica máxima ( $d_{hmax}$ ) em milímetros, para a carga característica do vento (sem majorar) deverá ser:

$$d_{hmax} = \min\left(\frac{L_A}{40}, 50mm\right), \text{ para } L_A \leq 5.00 \text{ m};$$

$$d_{hmax} = \frac{L_A}{40} \text{ para } L_A > 5.00 \text{ m}$$

$$d_{vmax} = \frac{L_A}{200}$$

- b) Quando aplicado um factor de majoração  $S=1.50$  à acção característica do Vento deverão ser verificados os seguintes pontos:

O elemento não deve apresentar sintomas de falha estrutural

O elemento não poderá soltar-se dos seus montantes

A deformação horizontal permanente em milímetros deverá ser inferior a  $\frac{L_A}{500}$

As deformações do elemento estrutural não poderão levar ao deslocamento permanente da superfície acústica.



**FARCIMAR**  
Soluções em Pré-Fabricados  
de Betão S.A.



## ACÇÃO DINÂMICA (Anexo E)

De modo a contabilizar a acção dinâmica associada à retirada de neve, defina a norma que esta deverá ser simulada por uma carga horizontal e perpendicular ao elemento de “Barreira Acústica”, que se supõe uniformemente distribuída numa área de 2.00 m x 2.00 m e a uma altura de 1.50 m acima da cota da via circulante.

Assim, e de acordo com o ponto E.2.2, deverá o elemento manter a sua integridade, sem demonstrar nenhum sinal de ruptura, nomeadamente no que se refere à fissuração, deformação permanente ou deformação da superfície acústica.

Não sendo definida pela norma, limitações no que diz respeito a deformação, e no âmbito deste estudo, serão adoptadas as mesmas condicionantes apresentadas para a solicitação “Vento”, ou seja:

$$d_{h\max} = \min\left(\frac{L_A}{40}, 50\text{mm}\right), \text{ para } L_A \leq 5.00 \text{ m};$$

$$d_{h\max} = \frac{L_A}{40} \text{ para } L_A > 5.00 \text{ m}$$

$$d_{v\max} = \frac{L_A}{200}$$

## 7. VERIFICAÇÃO E DIMENSIONAMENTO

### Peso próprio

O peso próprio foi obtido pelo produto das áreas correspondentes a cada peça pelo peso específico do betão armado que se tomou igual a 25 kN.m<sup>-3</sup> e o peso do betão borracha de 20 kN.m<sup>-3</sup>.





**FARCIMAR**  
Soluções em Pré-Fabricados  
de Betão S.A.



### Carga de vento e carga estática

Para o elemento de “Barreira Acústica E27.5” foi determinada a carga estática que poderá ser suportada, sem ultrapassar os limites especificados pela norma.

A carga de vento considera-se como uniformemente distribuída ao longo de toda a superfície do elemento.

### Carga dinâmica de limpeza de neve

Para o elemento de “Barreira Acústica E27.5” foi determinada a carga distribuída mas concentrada numa área de 2.0 m x 2.00 m que poderá ser suportada, sem ultrapassar os limites especificados pela norma.

A carga de vento considera-se como uniformemente distribuída ao longo de toda a superfície do elemento.

**Assim, e para análise da carga uniformemente distribuída em toda a superfície (VENTO):**

#### Análise para Estado Limite Ultimo:

Foi realizada análise de determinação de capacidade de elemento, recorrendo ao programa XLSection, tendo sido determinado que o momento ultimo ( $M_{rd}$ ) para um elemento com uma secção resistente de 4.00 m x 0.095 m, com uma armadura de  $\phi 6//0.15$  e com um recobrimento de 0.035 m é:

$$M_{rd}=4.65 \text{ kN.m}$$

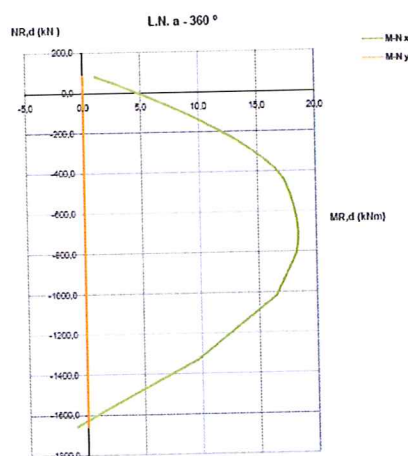
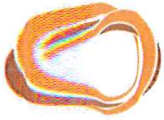


Fig. 6 – Diagrama N/M



Tendo em conta que o elemento de “Barreira Acústica E27.5” será aplicado com uma inclinação de 12° com a vertical, e sendo o peso próprio do elemento uma força gravítica, esta irá gerar um incremento de momento actuante que apresenta um valor majorado de 2.245 kN.m. Para a determinação da capacidade restante, será este momento subtraído ao momento resistente máximo, sendo considerado o momento restante como a capacidade potencial para o suporte das acções de vento.

$$M_{rd}^{rc} = M_{rd} - M_{rd}^{cp} = 4.65 - 2.245 = 2.405 \text{ kN.m}$$

Como o modelo de cálculo apresenta geometria não linear, para a determinação da carga que gera  $M_{rd}^{rc}$ , aplica-se a teoria de sobreposição de esforços, ou seja, aplicando-se uma carga unitária distribuída na superfície do elemento (1kN/m2) verifica-se qual o momento máximo desenvolvido (aproximadamente 1.263 kN.m) e, por relação inversa, determina-se a carga uniformemente equivalente que irá gerar o  $M_{rd}^{rc}$ .

$$p_{rd}^{rc} \times 1.263 = 1 \times M_{rd}^{rc} \Leftrightarrow p_{rd}^{rc} \times 1.263 = 1 \times 2.405 \Leftrightarrow p_{rd}^{rc} = \frac{2.405}{1.263} \approx 1.904 \text{ kN/m}^2$$

Aplicando esta carga no modelo tridimensional de cálculo, obtém-se uma deformada horizontal e vertical de 3.2 mm e 0.7 mm, respectivamente.

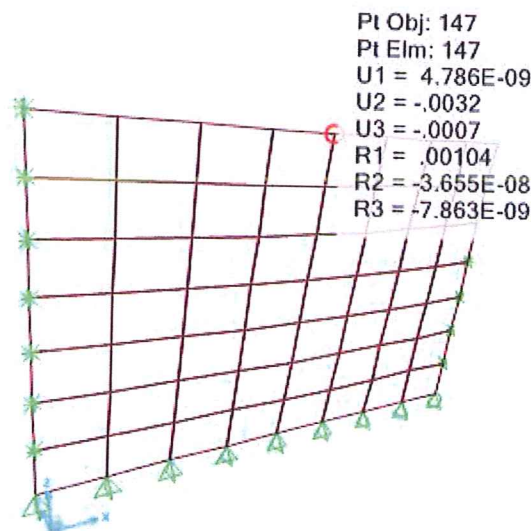


Fig. 7 – Deformada para a carga Vento (ELU)





**FARCIMAR**  
Soluções em Pré-Fabricados  
de Betão S.A.



### Análise para Estado Limite de Fissuração:

Foi realizada análise de determinação do momento aplicado que gera uma largura de fissuração máxima ( $W_k$ ) de 0.3 mm, recorrendo a uma folha de cálculo que utiliza o algoritmo de determinação de largura de fendas preconizada pelo Eurocódigo para um elemento com uma secção resistente de 4.00 m x 0.095 m, com uma armadura de  $\phi 6//0.15$  e com um recobrimento de 0.035 m.

$$M_{ELF} = 3.78 \text{ kN.m (Combinação rara - } 1.0 \times CP + 1.0 \times W)$$

Tendo em conta que o elemento de "Barreira Acústica E27.5" será aplicado com uma inclinação de 12° com a vertical, e sendo o peso próprio do elemento uma força gravítica, esta irá gerar um incremento de momento actuante que apresenta um valor raro de 1.497 kN.m. Para a determinação da capacidade restante, será este momento subtraído ao momento que gera uma largura de fenda máxima de 0.3 mm, sendo considerado o momento restante como a capacidade potencial para o suporte das acções de vento.

$$M_{ELF}^{rc} = M_{ELF} - M_{ELF}^{ep} = 3.78 - 1.497 = 2.283 \text{ kN.m}$$

Como o modelo de cálculo apresenta geometria não linear, para a determinação da carga que gera  $M_{ELF}^{rc}$ , aplica-se a teoria de sobreposição de esforços, ou seja, aplicando-se uma carga unitária distribuída na superfície do elemento (1kN/m<sup>2</sup>) verifica-se qual o momento máximo desenvolvido (aproximadamente 1.263 kN.m) e, por relação inversa, determina-se a carga uniformemente equivalente que irá gerar o  $M_{ELF}^{rc}$ .

$$p_{ELF}^{rc} \times 1.263 = 1 \times M_{ELF}^{rc} \Leftrightarrow p_{rd}^{rc} \times 1.263 = 1 \times 2.283 \Leftrightarrow p_{ELF}^{rc} = \frac{2.283}{1.263} \approx 1.807 \text{ kN/m}^2$$

Aplicando esta carga no modelo tridimensional de cálculo, obtém-se uma deformada horizontal e vertical de 2.6 mm e 0.6 mm, respectivamente.



**FARCIMAR**  
Soluções em Pré-Fabricados  
de Betão S.A.

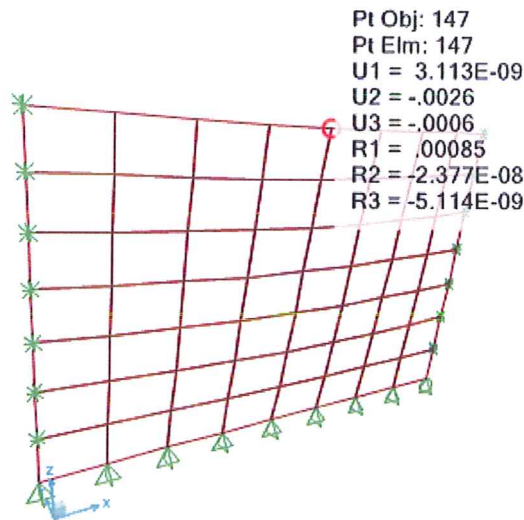


Fig. 8 – Deformada para a carga Vento (ELF)

**Assim, e para análise da carga uniformemente distribuída numa superfície 2.00 m x 2.00 m centrada no elemento (NEVE):**

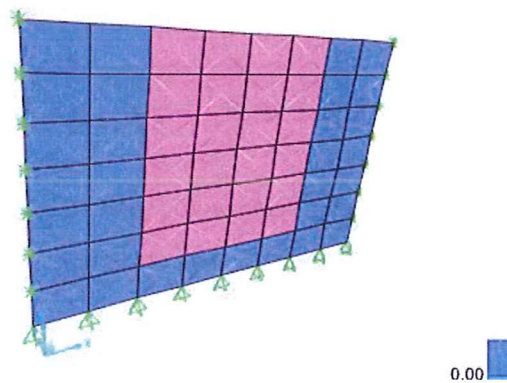


Fig. 9 – Localização da superfície 2.00 m x 2.00 m onde se aplica a carga uniformemente distribuída





**FARCIMAR**  
Soluções em Pré-Fabricados  
de Betão S.A.



### Análise para Estado Limite Ultimo:

Foi realizada análise de determinação de capacidade de elemento, recorrendo ao programa XLSection, tendo sido determinado que o momento ultimo ( $M_{rd}$ ) para um elemento com uma secção resistente de 4.00 m x 0.095 m, com uma armadura de  $\phi 6//0.15$  e com um recobrimento de 0.035 m é:

$$M_{rd}=4.65 \text{ kN.m}$$

Tendo em conta que o elemento de "Barreira Acústica E27.5" será aplicado com uma inclinação de 12° com a vertical, e sendo o peso próprio do elemento uma força gravítica, esta irá gerar um incremento de momento actuante que apresenta um valor majorado de 2.245 kN.m. Para a determinação da capacidade restante, será este momento subtraído ao momento resistente máximo, sendo considerado o momento restante como a capacidade potencial para o suporte das acções de neve.

$$M_{rd}^{rc} = M_{rd} - M_{rd}^{cp} = 4.65 - 2.245 = 2.405 \text{ kN.m}$$

Como o modelo de cálculo apresenta geometria não linear, para a determinação da carga que gera  $M_{rd}^{rc}$ , aplica-se a teoria de sobreposição de esforços, ou seja, aplicando-se uma carga unitária distribuída na superfície do elemento (1kN/m2) verifica-se qual o momento máximo desenvolvido (aproximadamente 0.963 kN.m) e, por relação inversa, determina-se a carga uniformemente equivalente que irá gerar o  $M_{rd}^{rc}$ .

$$p_{rd}^{rc} \times 0.963 = 1 \times M_{rd}^{rc} \Leftrightarrow p_{rd}^{rc} \times 0.963 = 1 \times 2.405 \Leftrightarrow p_{rd}^{rc} = \frac{2.405}{0.963} \approx 2.497 \text{ kN/m}^2$$

Aplicando esta carga no modelo tridimensional de cálculo, numa superfície de 2.00 m x 2.00 m, obtém-se uma deformada horizontal e vertical de 3.1 mm e 0.7 mm, respectivamente.





**FARCIMAR**  
Soluções em Pré-Fabricados  
de Betão S.A.

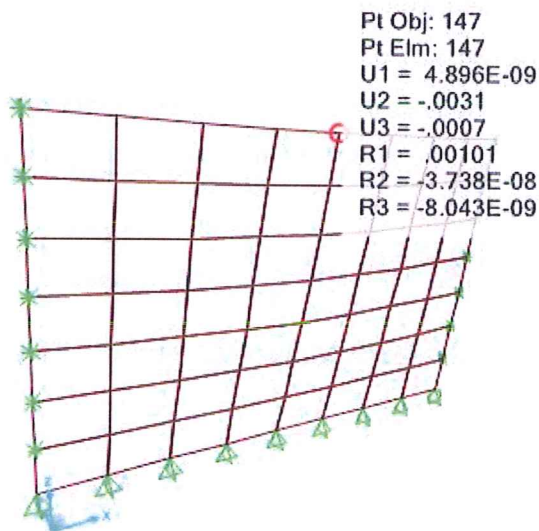


Fig. 10 – Deformada para a carga Neve (ELU)

#### Análise para Estado Limite de Fissuração:

Foi realizada análise de determinação do momento aplicado que gera uma largura de fissuração máxima ( $W_k$ ) de 0.3 mm, recorrendo a uma folha de cálculo que utiliza o algoritmo de determinação de largura de fendas preconizada pelo Eurocódigo para um elemento com uma secção resistente de 4.00 m x 0.095 m, com uma armadura de  $\phi 6//0.15$  e com um recobrimento de 0.035 m.

$$M_{ELF} = 3.78 \text{ kN.m (Combinação rara - } 1.0 \times CP + 1.0 \times E)$$

Tendo em conta que o elemento de “Barreira Acústica E27.5” será aplicado com uma inclinação de 12° com a vertical, e sendo o peso próprio do elemento uma força gravítica, esta irá gerar um incremento de momento actuante que apresenta um valor raro de 1.497 kN.m. Para a determinação da capacidade restante, será este momento subtraído ao momento que gera uma largura de fenda máxima de 0.3 mm, sendo considerado o momento restante como a capacidade potencial para o suporte das acções de neve.

$$M_{ELF}^{rc} = M_{ELF} - M_{ELF}^{cp} = 3.78 - 1.497 = 2.283 \text{ kN.m}$$





**FARCIMAR**  
Soluções em Pré-Fabricados  
de Betão S.A.



Como o modelo de cálculo apresenta geometria não linear, para a determinação da carga que gera  $M_{ELF}^{rc}$ , aplica-se a teoria de sobreposição de esforços, ou seja, aplicando-se uma carga unitária distribuída na superfície do elemento (1kN/m<sup>2</sup>) verifica-se qual o momento máximo desenvolvido (0.963 kN.m) e, por relação inversa, determina-se a carga uniformemente equivalente que irá gerar o  $M_{ELF}^{rc}$ .

$$p_{ELF}^{rc} \times 0.963 = 1 \times M_{ELF}^{rc} \Leftrightarrow p_{rd}^{rc} \times 0.963 = 1 \times 2.283 \Leftrightarrow p_{ELF}^{rc} = \frac{2.283}{0.963} \approx 2.370 \text{ kN/m}^2$$

Aplicando esta carga no modelo tridimensional de cálculo, obtém-se uma deformada horizontal e vertical de 2.5 mm e 0.5 mm, respectivamente.

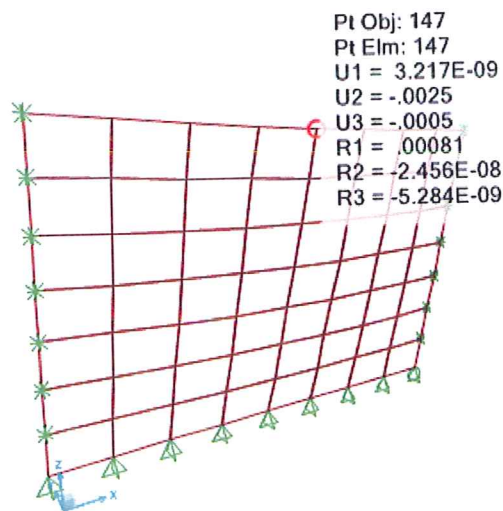


Fig. 11 – Deformada para a carga Neve (ELF)



## 8. RESULTADOS

Tendo sido obtidos os valores de referência, apresentam-se quadros resumo:

Vão entre apoios (m)	$P_{VENTO}$ (kN/m <sup>2</sup> )	Flecha Horizontal Máxima (mm)		Flecha Vertical Máxima (mm)	
		ELF	ELU	ELF	ELU
4.00	$\min(\frac{p_{rd}^{rc}}{1.5} = 1.269; p_{ELF}^{rc} = 1.807) = 1.269$	2.60	3.20	0.60	0.7

Vão entre apoios (m)	$P_{NEVE}$ (kN/m <sup>2</sup> )	Flecha Horizontal Máxima (mm)		Flecha Vertical Máxima (mm)	
		ELF	ELU	ELF	ELU
4.00	$\min(\frac{p_{rd}^{rc}}{1.5} = 1.664; p_{ELF}^{rc} = 2.370) = 2.664$	2.50	3.10	0.50	0.70

## 9. REGULAMENTOS / METODOLOGIA

A solução apresentada cumpre com o estipulado nos Eurocodigos, nomeadamente o referenciado na NP EN 1992-1-1:2010 (“Eurocodigo 2 – Projecto de estruturas de betão – Parte 1-1: Regras gerais e regras para edificios”), o definido na EN 1794-1:2011 (“Road traffic noise reducing devices – Non-acoustic performance – Part 1: Mechanical performance and stability requirements”).

Tomou-se ainda como referência o mencionado nas normas NP-EN 13369:2010 – “Regras Gerais para Produtos Pré-Fabricados de Betão” e na NP-EN 206-1:2007 – “Betão Parte 1: Especificação, Desempenho Produção e Conformidade”.



**FARCIMAR**  
Soluções em Pré-Fabricados  
de Betão S.A.



SOCIEDADE ANONIMA - CAPITAL SOCIAL 250.000.00€ - MATRICULADA NA C.R.C. DE AROUCA, SOB O N.º 502 171 090 - NIPC PT; 502 171 090 - ALVARÁ N.º 60676

## ANEXOS

Zona industrial da Farrapa, apartado 402,  
4540 - 267 Chave / Arouca

tel / +351 256 464 442/452  
fax / +351 256 428 144

email / [geral@farcimar.pt](mailto:geral@farcimar.pt)  
[www.farcimar.pt](http://www.farcimar.pt)



Concrete	$f_{cd}$ (Mpa) or 0.85 $f_{cd}$ (Mpa)	16,667
----------	---------------------------------------	--------

Reinforcement	Nr of Rebar Layers	1
	Nr of Prestress Cables	0

# XLSection1

- Developed by Carlos Ferreira



$\theta^\circ =$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Concrete	$x_i$ (m)	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	$y_i$ (m)	0	0,095	0,095	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Reinforcement	As (cm <sup>2</sup> )	1,88																				
	$f_{sy,d}$ (Mpa)	435																				
	$x_i$ (m)	0,035																				
	$y_i$ (m)	0,035																				
	$x_i$ (m)	0,965																				
	$y_i$ (m)	0,035																				
	As (cm <sup>2</sup> )																					
	$f_{sp,d}$ (Mpa)																					
	$E_{sp}$ (Gpa)																					
	DY (m)																					
X (m)																						
Y (m)																						
Pintf (kN)																						

Save Cross Section      Open Cross Section      Draw Cross Section

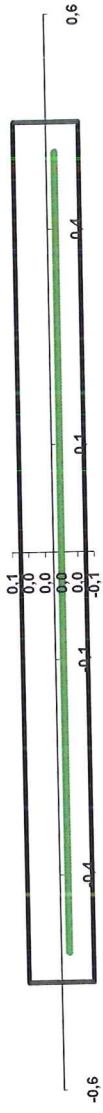
Input FOLDER      D:\xl  
 Input FILE      Barreira\_e\_95mm

Area	0,09500000
Inertia X	0,00007145
Inertia Y	0,00791667
Inertia Product	0,00000000
Radius of Gyration X	0,02742414
Radius of Gyration Y	0,28867513
Principal Axis Angle	0,00000000
Inertia Max	0,00791667
Inertia Min	0,00007145
Polar Moment of Inertia	0,00798811
Center of Gravity X	0,50000000
Center of Gravity Y	0,04750000

Homogenization Coefficient	6
Homogenized Area	0,09612800
Homogenized Inertia X	0,00007162
Homogenized Inertia Y	0,00799796



# Cross Section

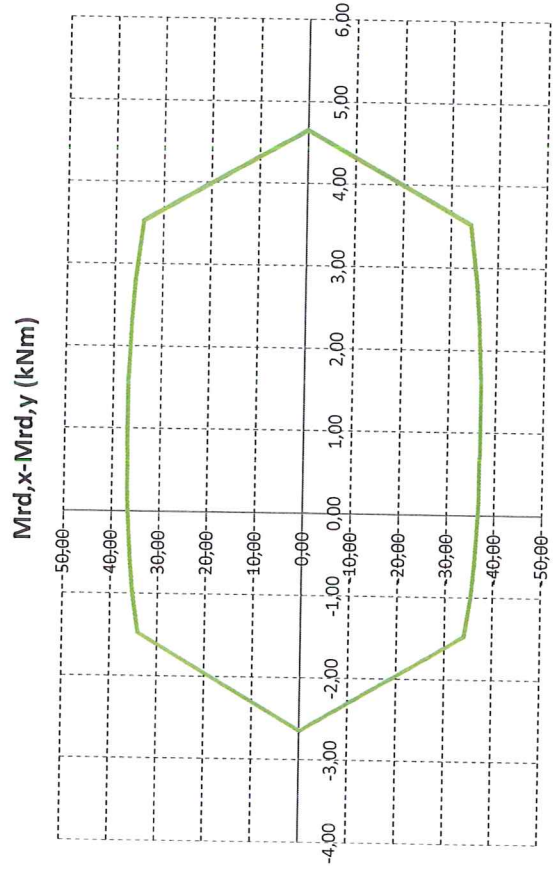
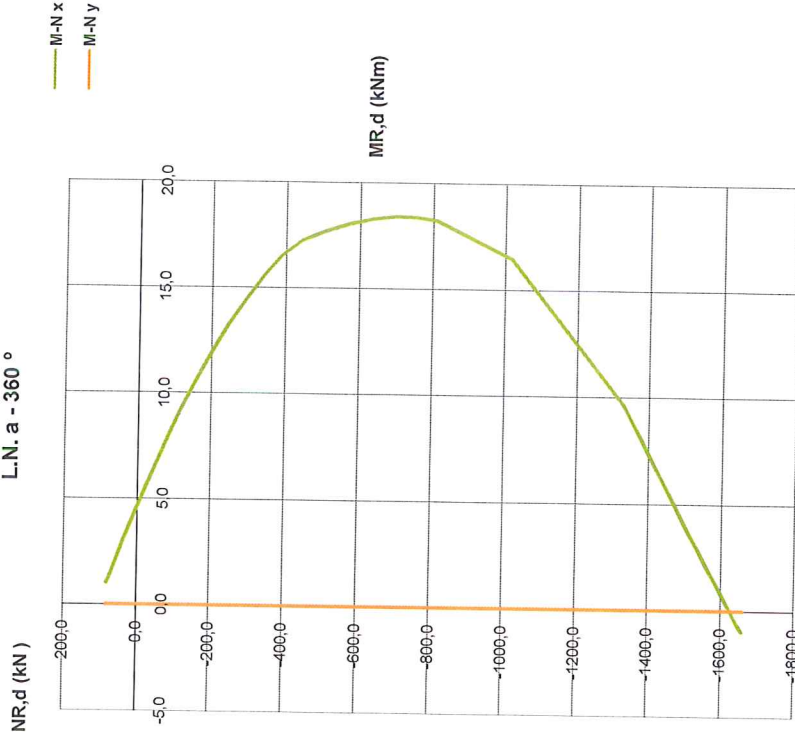


Curves Mrd,x-Nrd and Mrd,y-Nrd for neutral axis $\theta$ inclination					
ecsup	ecinf	Nrd	Mrd,x	Mrd,y	
-0,0020	-0,0020	-1658,5	-0,9	0,0	
-0,0023	-0,0017	-1645,7	-0,6	0,0	
-0,0025	-0,0013	-1616,1	0,3	0,0	
-0,0028	-0,0010	-1569,8	1,8	0,0	
-0,0030	-0,0007	-1506,7	3,8	0,0	
-0,0033	-0,0003	-1426,8	6,4	0,0	
-0,0035	0,0000	-1330,2	9,6	0,0	
-0,0035	0,0010	-1016,6	16,5	0,0	
-0,0035	0,0020	-809,5	18,2	0,0	
-0,0035	0,0024	-752,8	18,4	0,0	
-0,0035	0,0028	-696,3	18,4	0,0	
-0,0035	0,0032	-636,4	18,3	0,0	
-0,0035	0,0038	-573,5	18,1	0,0	
-0,0035	0,0044	-508,6	17,7	0,0	
-0,0035	0,0052	-442,4	17,2	0,0	
-0,0035	0,0061	-387,7	16,5	0,0	
-0,0035	0,0071	-340,8	15,6	0,0	
-0,0035	0,0085	-293,5	14,5	0,0	
-0,0035	0,0102	-245,5	13,3	0,0	
-0,0035	0,0126	-197,3	11,9	0,0	
-0,0035	0,0158	-150,2	10,4	0,0	
-0,0030	0,0158	-114,4	9,1	0,0	
-0,0025	0,0158	-76,5	7,7	0,0	
-0,0015	0,0158	-36,6	6,2	0,0	
-0,0010	0,0158	4,7	4,5	0,0	
-0,0005	0,0158	42,6	2,8	0,0	
0,0000	0,0158	70,7	1,5	0,0	
0,0050	0,0129	81,8	1,0	0,0	
0,0100	0,0100	81,8	1,0	0,0	

Biaxial Curve
step 10

P-M Curve
$\theta^\circ = 360$
Interpolate
N 0
MX 4,65017
MY 5,4E-10

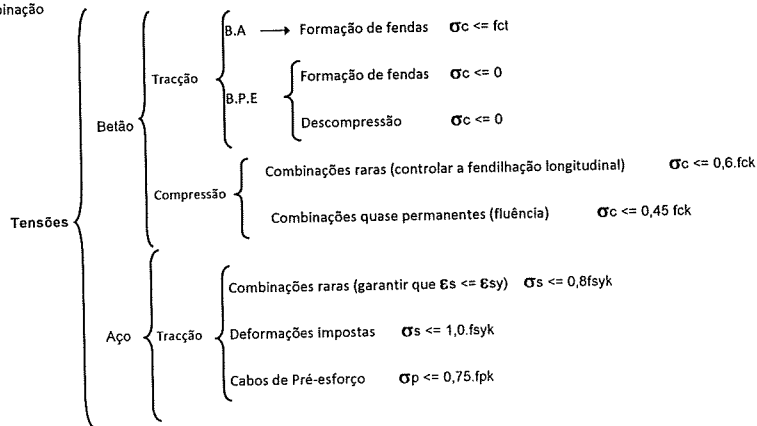
L.N. a - 360 °



$\theta$	Biaxial Bending	
	Mrd,x	Mrd,y
0,00	4,65	0,00
0,17	3,53	34,15
0,35	2,80	35,68
0,52	2,31	36,27
0,70	1,91	36,51
0,87	1,63	36,77
1,05	1,38	36,78
1,22	1,18	36,76
1,40	1,01	36,77
1,57	0,84	36,82
1,75	0,68	36,74
1,92	0,50	36,68
2,09	0,31	36,65
2,27	0,06	36,59
2,44	-0,21	36,27
2,62	-0,58	35,95
2,79	-0,98	35,30
2,97	-1,47	34,06
3,14	-2,64	0,00
3,32	-1,47	-34,06
3,49	-0,98	-35,30
3,67	-0,58	-35,95
3,84	-0,21	-36,27
4,01	0,06	-36,59
4,19	0,31	-36,65
4,36	0,50	-36,68
4,54	0,68	-36,74
4,71	0,84	-36,82
4,89	1,01	-36,77
5,06	1,18	-36,76
5,24	1,38	-36,78
5,41	1,63	-36,77
5,59	1,91	-36,51
5,76	2,31	-36,27
5,93	2,80	-35,68
6,11	3,53	-34,15
6,28	4,65	0,00

## Flexão simples - Tensões para estados limites de utilização

Verificação para combinação  
Combinação RARA  
1,0xCP+1,0xQ



Secções rectangulares

Aço A	500
Betão C	25

f<sub>syd</sub> (Mpa) = 435  
f<sub>cd</sub> (Mpa) = 16.67

Secção não fendilhada

$\alpha = 6.557377$

Dimensões da peça :

h (m)	b (m)	d (m)	a (m)	As (cm <sup>2</sup> )	As' (cm <sup>2</sup> )
0.095	1.00	0.05	0.0380	1.88	0

$\rho_1 = 0.003298$      $\rho_2 = 0$      $\beta = 0$

$f_{ctm}$  (Mpa) = 2.5

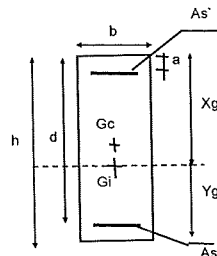
Centro de gravidade :    X<sub>gi</sub> (m) = 0.048  
                                      Y<sub>gi</sub> (m) = 0.047

Área de betão traccionada Act (m<sup>2</sup>) = 0.047

Inércia :    I<sub>gi</sub> (m<sup>4</sup>) = 0.0001

Momento de fendilhação:    M<sub>cr</sub> (kN.m) = 3.78

Momento Aplicado :    M (kN.m) = 3.78



# Designation of a Notified Body pursuant to the Construction Products Regulation

**From :** Instituto Português da Qualidade  
(IPQ)  
Rua Antonio Gião,  
PT-2829-513 Caparica  
Portugal

**To :** **European Commission**  
Enterprise Directorate-General  
-  
B 1049 Brussels  
**Other Member States**

**Reference :**

Regulation (EU) No 305/2011 - Construction products

**Body name, address, telephone, fax, email, website :**

Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico em Ciências da Construção  
Rua Pedro Hispano  
Pólo II da Universidade de Coimbra 3030-289 Coimbra  
Portugal  
Phone : +351 239 798 949  
Fax : +351 239 798 939  
Email : itecons@itecons.uc.pt  
Website : www.itecons.uc.pt

**Body :**

**NB 2211**

Created : 17/11/2009 | Last update : 27/11/2009

**Period of validity of the notification :**

Valid until : Unlimited

**The body is formally accredited against :**

EN 45001 - EN ISO/IEC 17025

**Name of National Accreditation Body (NAB) :** IPAC (Instituto Português de Acreditação, I.P.)



**Authorised contact person(s) in Body  
Name, direct telephone, and personal email**

Prof. António José Barreto Tadeu - +351 239 798 949 - itecons@itecons.uc.pt

**Tasks performed by the Body :**

Created : 07/10/2013 | Last update : 16/10/2013

Decision	Product family, product/Intended use	AVCP system	Technical specification
96/579/EC	Circulation fixtures (2/2) : - Road traffic noise reducing devices and barriers (for circulation areas).	Testing Laboratory Calculation body (System 3)	EN 14388:2005 EN 14388:2005/AC:2008
96/580/EC	Curtain wallings (1/1) : - Curtain wall kits (as external walls subject to reaction to fire requirements).	Testing Laboratory (System 3)	EN 13830:2003
97/740/EC	Masonry and related products (2/3) : - Lintels (in walls and partitions).	Testing Laboratory (System 3)	EN 845-2:2003
97/740/EC	Masonry and related products (3/3) : - Masonry units incorporating thermal insulating materials placed on a face susceptible to be exposed to fire (in walls and partitions subject to reaction to fire regulations).	Testing Laboratory (System 3)	EN 15824:2009
97/808/EC	Floorings (2/2) : - Rigid flooring products (a) Components: paving units, tiles, mosaics, parquet, decking of mesh or sheet, floor gratings, rigid laminated floorings, wood based products (for internal uses including enclosed public transport premises).	Testing Laboratory (System 3)	EN 12057:2004 EN 12058:2004 EN 15285:2008 EN 15285:2008/AC:2008
97/808/EC	Floorings (2/2) : - Floor screed materials (for internal uses).	Testing Laboratory (System 3)	EN 13813:2002
97/808/EC	Floorings (2/2) : - Resilient and textile floorings - homogeneous and heterogeneous resilient floor coverings supplied either in tile, sheet or roll form (textile floor covering including tiles; plastic and rubber sheets (aminoplastic thermosetting floorings); linoleum and cork; anti-static sheet; floor loose laid tiles; resilient laminated floorings) (for internal uses).	Testing Laboratory (System 3)	EN 14041:2004 EN 14041:2004/AC:2006
98/436/EC	Roof coverings, rooflights, roof windows and ancillary products (1/6) : - Roof windows (for uses subject to resistance to fire regulations (e.g. fire compartmentation)).	Testing Laboratory (System 3)	EN 14351-1:2006+A1:2010
98/436/EC	Roof coverings, rooflights, roof windows and ancillary products (1/6) : - Roofing tiles, slates, stones and shingles (for uses subject to resistance to fire regulations (e.g. fire compartmentation)).	Testing Laboratory (System 3)	EN 1304:2005
98/436/EC	Roof coverings, rooflights, roof windows and ancillary products (2/6) : - Roofing tiles, slates, stones and shingles (for uses subject to reaction to fire regulations).	Testing Laboratory (System 3)	EN 1304:2005
98/436/EC	Roof coverings, rooflights, roof windows and ancillary products (2/6) : - Roof windows (for uses subject to reaction to fire regulations).	Testing Laboratory (System 3)	EN 14351-1:2006+A1:2010
98/437/EC	Internal and external wall and ceiling finishes (3/5) : - Tiles (as internal or external finishes in walls or ceilings subject to reaction to fire regulations).	Testing Laboratory (System 3)	EN 12057:2004
98/437/EC	Internal and external wall and ceiling finishes (3/5) : - Cladding slabs (as external finishes in walls or ceilings subject to reaction to fire regulations).	Testing Laboratory (System 3)	EN 1469:2004
98/601/EC	Road construction products (2/2) : - Bituminous mixtures (for uses subject to reaction to fire regulations).	Testing Laboratory (System 3)	EN 13108-1:2006 EN 13108-1:2006/AC:2008 EN 13108-2:2006

Decision	Product family, product/Intended use	AVCP system	Technical specification
			EN 13108-2:2006/AC:2008 EN 13108-3:2006 EN 13108-3:2006/AC:2008 EN 13108-4:2006 EN 13108-4:2006/AC:2008 EN 13108-5:2006 EN 13108-5:2006/AC:2008 EN 13108-6:2006 EN 13108-6:2006/AC:2008 EN 13108-7:2006 EN 13108-7:2006/AC:2008
99/90/EC	Membranes (2/3) : - Roof underlays (for uses subject to reaction to fire regulations).	Testing Laboratory (System 3)	EN 13859-1:2010
99/90/EC	Membranes (2/3) : - Water vapour control layers (for uses subject to reaction to fire regulations).	Testing Laboratory (System 3)	EN 13859-2:2010 EN 13970:2004 EN 13970:2004/A1:2006
99/90/EC	Membranes (2/3) : - Damp proof courses (for uses subject to reaction to fire regulations).	Testing Laboratory (System 3)	EN 14967:2006
99/91/EC	Thermal insulating products (1/2) : - Thermal insulating products (factory-made products and products intended to be formed in-situ) (any).	Testing Laboratory (System 3)	EN 13162:2012 EN 13163:2012 EN 13164:2012 EN 13165:2012 EN 13170:2012
99/91/EC	Thermal insulating products (2/2) : - Thermal insulating products (factory-made products and products intended to be formed in-situ) (for uses subject to regulations on reaction to fire).	Testing Laboratory (System 3)	EN 13162:2012 EN 13163:2012 EN 13164:2012 EN 13165:2012 EN 13170:2012
99/93/EC	Doors, windows, shutters, blinds, gates and related building hardware (1/1) : - Doors and gates (with or without related hardware) (other declared specific uses and/or uses subject to other specific requirements, in particular noise, energy, tightness and safety-in-use (i.e. NOT for fire/smoke compartmentation, NOT for escape routes)).	Testing Laboratory (System 3)	EN 14351-1:2006+A1:2010
99/469/EC	Products related to concrete, mortar and grout (2/2) : - Concrete protection and repair products (for uses subject to reaction to fire regulations).	Testing Laboratory (System 3)	EN 1504-2:2004 EN 1504-3:2005 EN 1504-4:2004 EN 1504-6:2006
99/470/EC	Construction adhesives (1/2) : - Adhesives for tiles (for internal and external uses in buildings and other civil engineering works).	Testing Laboratory (System 3)	EN 12004:2007+A1:2012
99/470/EC	Construction adhesives (2/2) : - Adhesives for tiles (for uses subject to reaction to fire regulations).	Testing Laboratory (System 3)	EN 12004:2007+A1:2012

Horizontal notification (CPR Annex V.3)

Essential characteristics	Specification	Body Function
Reaction to fire	EN ISO 1182 EN ISO 11925-2 EN ISO 1716	Testing Laboratory