



**ITeCons**

Instituto de Investigação e Desenvolvimento  
Tecnológico em Ciências da Construção



UNIVERSIDADE DE COIMBRA

## **Caracterização mecânica de uma divisória de compartimentação leve (ETAG003:1998)**

Requerente:

**Gypotec Ibérica – Gessos Técnicos S.A.**  
Parque Industrial e Empresarial da Figueira da Foz  
Lote 3 – S. Pedro  
3090-380 Figueira da Foz

**RELATÓRIO DE ENSAIO**  
**(OMC068/13)**



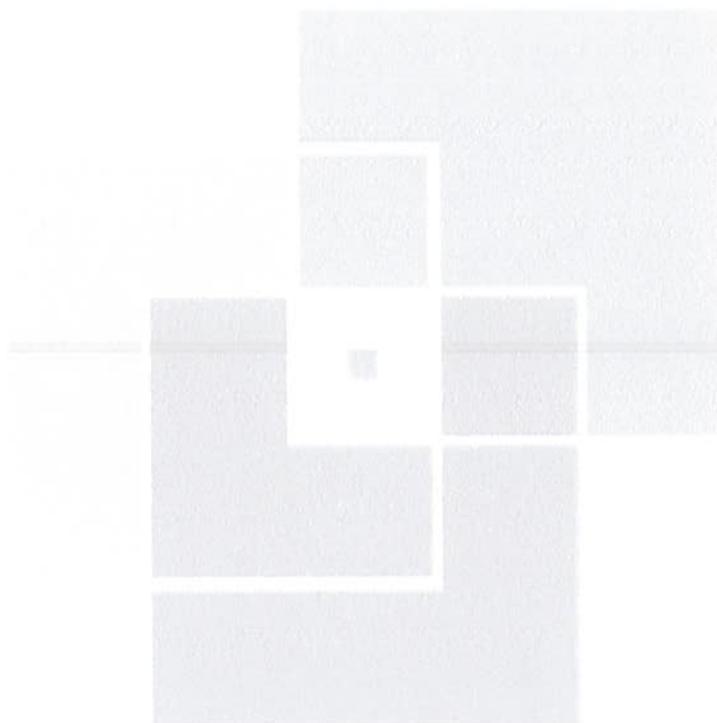


# ITeCons

Instituto de Investigação e Desenvolvimento  
Tecnológico em Ciências da Construção



UNIVERSIDADE DE COIMBRA



[em branco]



## Relatório de Ensaio

### Caracterização mecânica de uma divisória de compartimentação leve (ETAG003:1998)

#### 1 - Enquadramento e âmbito do presente relatório

O presente relatório surge na sequência da realização de ensaios para o projecto de investigação, no âmbito de um vale I&DT da empresa Gyptec Ibérica – Gessos Técnicos S.A., relativo a divisórias de compartimentação leves. Este documento tem como objectivo avaliar a resistência de uma divisória de compartimentação leve, quando solicitada a impactos, a cargas verticais excêntricas e a cargas pontuais. Esta caracterização mecânica tem por base o ETAG003:1998 – Guia para a aprovação técnica europeia de divisórias leves.

#### 2 - Descrição do provete ensaiado

O provete ensaiado era constituído por uma divisória, com 3,20 m de altura, 4,5 m de desenvolvimento e 98 mm de espessura total.

O provete foi construído num pórtico metálico, limitado por um aro de madeira previamente aplicado, apresentando três extremidades fixas e uma extremidade lateral livre (do lado direito, na Figura 1). A 600 mm da extremidade lateral fixa do provete foi instalada uma porta de madeira, com 800 mm de largura e 2000 mm de altura. A figura seguinte apresenta um esquema do provete.

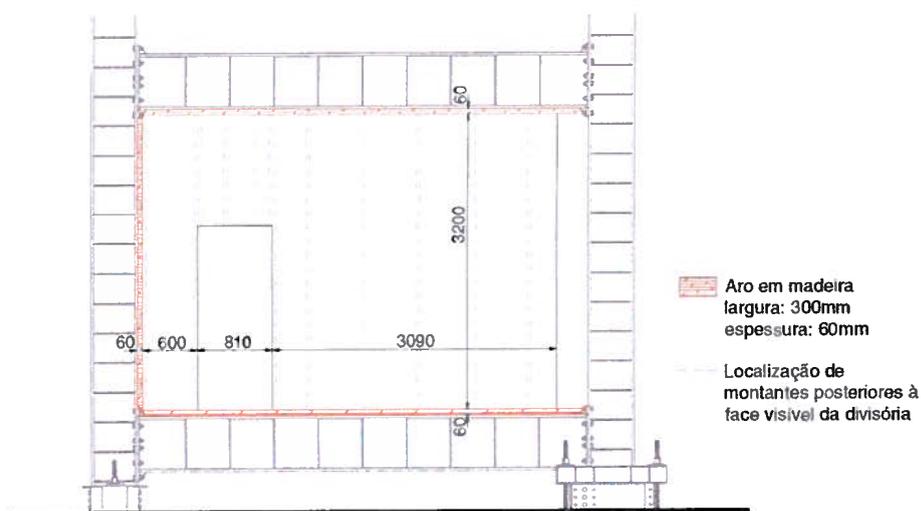


Figura 1: Vista esquemática do provete aplicado no pórtico metálico (antes da aplicação da porta).



*Handwritten signature or mark.*

O sistema de gesso laminado construído consiste numa divisória de estrutura simples, revestida em ambas as faces com placa dupla. Todas as placas utilizadas são do tipo A (standard) com 12,5 mm de espessura.

A estrutura metálica era constituída por perfis raia de 48 mm (fixos ao aro de madeira) e por perfis montante de 48 mm, afastados de 600 mm. A figura seguinte apresenta um corte horizontal esquemático da divisória ensaiada, pela zona da abertura, no qual é possível observar a modulação dos perfis montante.



Figura 2: Corte horizontal esquemático da divisória, pela zona da abertura.

De acordo com as boas práticas de instalação, a verga da porta foi realizada com um perfil raia ligado aos montantes que delimitam a abertura. Para além disso foram colocados dois montantes adicionais na zona sobre a abertura, entre os perfis que a delimitam, sendo estes também reforçados com perfis montante, formando um "H" (ver Figura 3). Estes montantes facilitam a posterior aplicação de placas em forma de "bandeira".

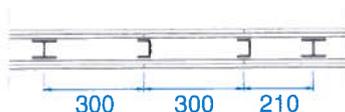


Figura 3: Corte horizontal esquemático da divisória, sobre a verga da abertura.

A montagem do provete ficou a cargo do requerente, tendo sido realizada entre os dias 15/04/2013 e 16/04/2013.

A solução a ensaiar foi definida pelo requerente e a geometria adoptada tem em consideração os critérios descritos no ETAG003.

Na construção do provete foram seguidas todas as recomendações do fabricante, bem como as boas práticas da especialidade.

Na Figura 4 é apresentado um excerto do registo fotográfico realizado durante a montagem do provete, apresentando diferentes fases do procedimento.



**Figura 4:** Montagem do provete no pórtico metálico.

Refira-se que, para efeitos da realização dos ensaios de carga vertical excêntrica, descritos mais à frente nos pontos 3.2 e 3.4, foi reforçada a divisória na zona submetida a ensaio. O reforço foi realizado entre dois montantes, com uma placa de contraplacado de madeira com cerca de 600x300 mm e 35 mm de espessura, fixa apenas às placas de gesso cartonado através de varões roscados M6.



**Figura 5:** Reforço com uma placa de contraplacado de madeira.



### 3 - Descrição dos ensaios realizados

De acordo com o ETAG003 existem quatro categorias de utilização, as quais dependem da menor ou maior probabilidade de ocorrência de acidentes. Nesta classificação a categoria I é a que representa menor risco de ocorrência de acidentes e de uso indevido e a categoria IV destina-se a espaços com maior probabilidade de ocorrência de acidentes e de utilização indevida.

Na tabela seguinte encontram-se definidas as quatro categorias de utilização.

**Tabela 46: Categorias de utilização presentes no ETAG003.**

<b>Categoria de utilização</b>	<b>Descrição</b>
I	Zonas acessíveis principalmente a pessoas com elevado incentivo de cuidado. Pequeno risco de ocorrência de acidentes e de má utilização.
II	Zonas acessíveis principalmente a pessoas com moderado incentivo de cuidado. Risco moderado de ocorrência de acidentes e de má utilização.
III	Zonas acessíveis principalmente a pessoas com pouco incentivo de cuidado. Risco de ocorrência de acidentes e de má utilização.
IV	Zonas e riscos das categorias II e III. Nesta categoria inclui-se o risco de queda para um piso inferior, em caso de rotura da divisória.

Consoante a categoria de utilização são definidas as energias a aplicar no provete, nos ensaios de impacto.

A divisória em causa foi ensaiada para a categoria II.

Os ensaios realizados na divisória de gesso laminado tiveram como base o ETAG003, o qual define duas fases de ensaio: ensaios de falha funcional e ensaios de dano estrutural. Dentro de cada fase foi realizada uma campanha de ensaios, pela seguinte ordem:

#### **Ensaio de falha funcional**

- Determinação da resistência ao impacto de corpo duro - esfera de aço de 0,5 kg;
- Determinação da resistência a cargas verticais excêntricas;
- Determinação da resistência ao impacto de corpo mole - saco de 50 kg.

#### **Ensaio de dano estrutural**

- Determinação da resistência a cargas verticais excêntricas;
- Determinação da resistência ao impacto de corpo duro - esfera de aço de 1 kg;
- Determinação da resistência ao impacto de corpo mole - saco de 50 kg.

Adicionalmente foram realizados os seguintes ensaios:

- Determinação da resistência a cargas pontuais perpendiculares (horizontais);
- Determinação da resistência a cargas pontuais paralelas (verticais).

### 3.1 - Determinação da resistência ao impacto de corpo duro - esfera de aço de 0,5 kg

O ensaio consiste na queda de uma esfera de aço de 0,5 kg, em movimento pendular, sobre o provete. A esfera de aço é impedida de provocar um segundo impacto no provete. O procedimento de ensaio adoptado baseia-se na ISO 7892:1988, na ISO/DIS 7893:1990 e no ETAG003.

O ensaio é repetido em 10 posições diferentes acima de 1,5 m de altura a partir da base da divisória e em mais 10 posições diferentes até 1,5 m de altura da divisória. A altura de queda da esfera é a necessária para causar a energia de impacto prevista para a categoria de utilização predefinida (neste caso, 2,5 N.m). Contudo, uma vez que este ensaio apenas depende da dureza das placas, optou-se por uma energia de 6 N.m, correspondente às categorias de utilização III e IV. Em cada impacto é registado o diâmetro da respectiva marca e averiguada a presença de fissuras na superfície da parede.

Na figura seguinte encontra-se representado esquematicamente o procedimento de ensaio.

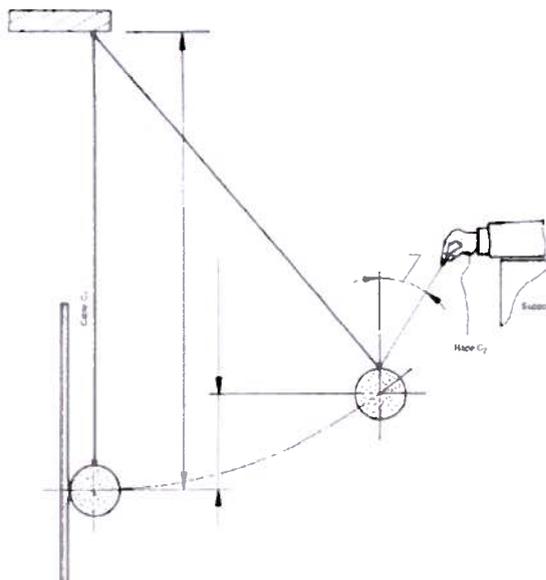


Figura 6: Esquema de ensaio de carga por impacto de corpo duro (ISO 7892:1998).

### 3.2 - Determinação da resistência a cargas verticais excêntricas

O ensaio realiza-se de acordo com a norma ISO/DIS 8413:1990 e o ETAG003. Este consiste na aplicação de uma carga vertical excêntrica resultante da aplicação de uma carga pré-definida com uma excentricidade de 300 mm relativamente à superfície exterior da divisória. Esta carga é aplicada através de um esquadro metálico fixo em quatro pontos (divididos em duas linhas verticais de fixação), com as dimensões representadas na Figura 7, simulando assim, a suspensão de um armário, prateleira ou outros objectos.

Nesta fase a carga deve ser aplicada em patamares até perfazer a carga total prevista, devendo ser removida logo de seguida, da mesma forma. Durante o ensaio é registada a deformação do provete, na horizontal, através de um deflectómetro (LVDT), posicionado junto a uma fixação. A deformação máxima registada não deverá ultrapassar o valor de 1/500 da altura da divisória ou 5 mm. No final do ensaio, é realizada uma inspecção visual para registo de possíveis patologias.

O ETAG003 define duas categorias de carga (A e B), tendo sido adoptada a categoria A, a qual simula a aplicação de objectos pesados, tais como equipamentos sanitários e pequenas estantes, equivalente a uma carga de 500 N (250 N + 250 N), na fase de ensaios de falha funcional.

Refira-se que, nesta fase de ensaios de falha funcional, o esquadro não foi aplicado na zona reforçada com contraplacado, tendo sido aplicado de modo a fazer coincidir uma das linhas de fixação com o meio-vão definido entre dois montantes consecutivos.

A figura seguinte ilustra o esquema de ensaio utilizado para suspensão das cargas verticais excêntricas.

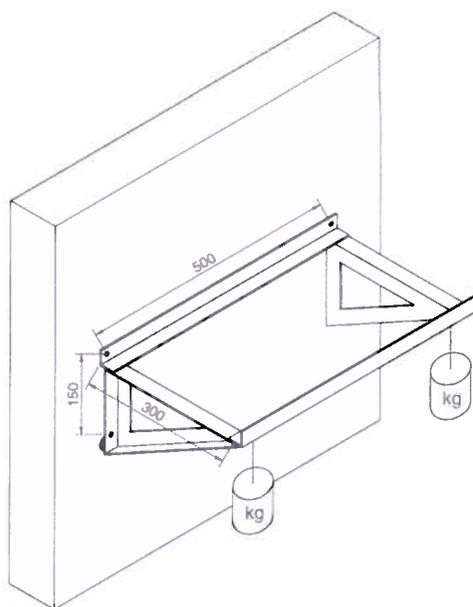


Figura 7: Esquema de ensaio para suspensão de cargas verticais excêntricas.

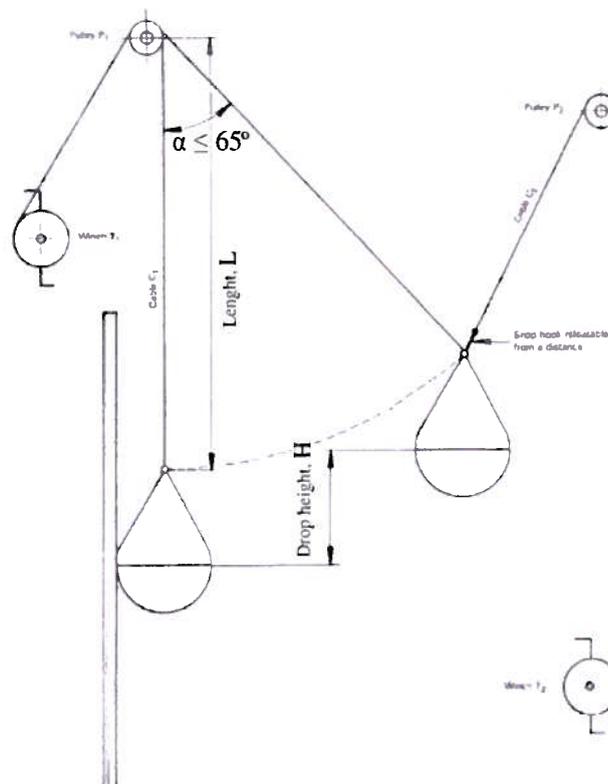
### 3.3 - Determinação da resistência ao impacto de corpo mole - saco de 50 kg

O ensaio consiste na queda de um corpo de 50 kg, em movimento pendular, sobre o provete. O corpo é impedido de provocar um segundo impacto no provete. Durante o ensaio a porta mantém-se fechada. O procedimento de ensaio adoptado baseia-se na ISO 7892:1988, na ISO/DIS 7893:1990 e no ETAG003.

Os impactos são realizados em dois pontos, numa série de três impactos em cada um: num montante e a meio-vão entre dois montantes consecutivos, a 1,5 m de altura a partir da base da divisória. É ainda realizada uma outra série de três ensaios com o centro de impacto a 150 mm a partir da abertura da porta e à mesma altura dos anteriores. A altura de queda do corpo é a necessária para causar uma energia de impacto na divisória de 120 N.m (categoria de utilização II).

Registam-se as deformações horizontais máximas e residuais em cada impacto, através de um deflectómetro (LVDT) colocado na face oposta e exactamente no ponto de impacto. Refira-se que a deformação residual é registada cinco minutos após o impacto. Esta não deverá ser superior a 5 mm após cada sequência de três impactos. A deformação ao longo da sequência de impactos deverá estabilizar, ou seja, o acréscimo de deformação em cada sequência de impactos deverá tender para zero. Após cada impacto, é também inspeccionada a presença de patologias na divisória e verificado o correcto funcionamento da porta.

Na figura seguinte encontra-se representado esquematicamente o procedimento de ensaio.



**Figura 8:** Esquema do ensaio de impacto com corpo mole (ISO 7892:1998).



### 3.4 - Determinação da resistência a cargas verticais excêntricas

O ensaio é realizado de acordo com o referido para a fase de ensaios de falha funcional, na secção 3.2. A carga definida para a categoria A (ETAG003) nesta fase é de 1000 N (500 N + 500N), sendo desta vez removida apenas 24 h após a sua aplicação.

Durante o ensaio é registada a deformação horizontal do provete, através de um deflectómetro (LVDT) posicionado junto a uma fixação. A deformação deverá estabilizar ao longo do tempo indicando, desta forma, uma improvável rotura. No final do ensaio será averiguada a presença de outras patologias e medida a deformação residual.

Refira-se que, nesta fase de ensaios de dano estrutural, o esquadro foi aplicado na zona previamente reforçada com contraplacado de madeira, de acordo com o referido anteriormente.

### 3.5 - Determinação da resistência ao impacto de corpo duro - esfera de aço de 1 kg

O ensaio é realizado de acordo com o referido para a fase de ensaios de falha funcional, na secção 3.1. Neste caso, é escolhido apenas um ponto de impacto acima de 1,5 m de altura a partir da base da divisória e um outro ponto de impacto até 1,5 m de altura da divisória, numa zona que se considere mais desfavorável. A esfera não deverá penetrar totalmente na superfície de gesso laminado nem deverão ocorrer outras patologias.

### 3.6 - Determinação da resistência ao impacto de corpo mole - saco de 50 kg

O ensaio é realizado de acordo com o referido para a fase de ensaios de falha funcional, na secção 3.3. Neste caso, é escolhido apenas um ponto de impacto, o qual se considera mais desfavorável, a 1,5 m de altura a partir da base da divisória. A energia de impacto definida no ETAG003 para este tipo de divisórias é de 200 N.m (categoria de utilização II). O impacto não deverá causar a penetração total do corpo, nas duas faces da divisória, nem o colapso da estrutura.

### 3.7 - Determinação da resistência a cargas pontuais perpendiculares (horizontais)

O ensaio consiste na aplicação de uma carga de 100 N durante 1 minuto. No final é realizada uma inspecção visual para verificar a existência de possíveis patologias.

Refira-se que para a aplicação da carga foi utilizada uma bucha metálica (do tipo “borboleta”) com o comprimento adequado para duas placas de gesso laminado, com 12,5 mm de espessura.

### 3.8 - Determinação da resistência a cargas pontuais paralelas (verticais)

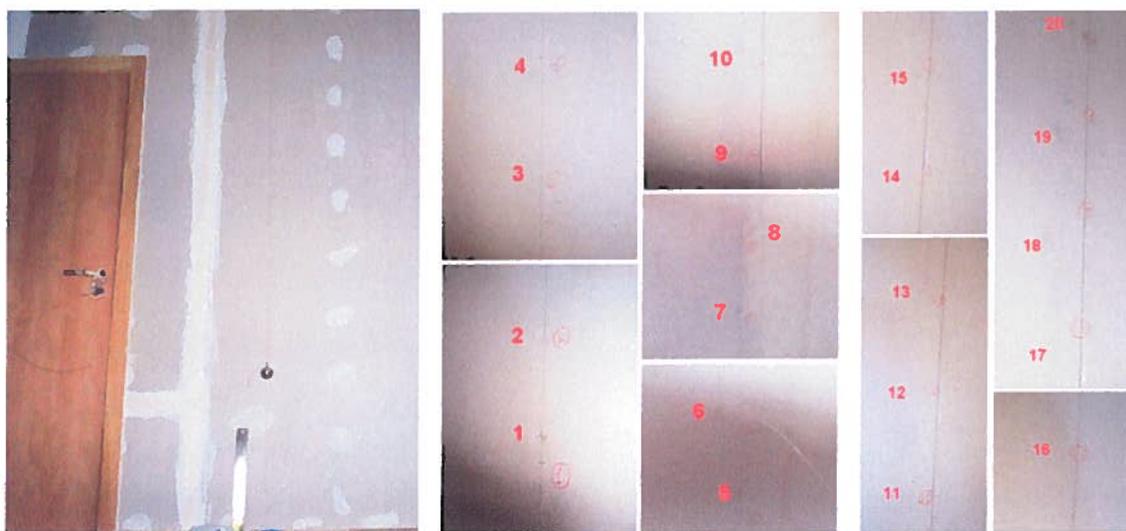
O ensaio consiste na aplicação de uma carga de 250 N durante 1 minuto. No final será efectuada uma inspecção visual para verificar a existência de possíveis patologias.

Analogamente ao ensaio anterior, foi utilizada uma bucha metálica (do tipo "borboleta"), para aplicação da carga, com o comprimento adequado para duas placas de gesso laminado, com 12,5 mm de espessura.

## 4 - Resultados dos ensaios

### 4.1 - Determinação da resistência ao impacto de corpo duro - esfera de aço de 0,5 kg

Como já referido, o ensaio foi realizado com uma energia de impacto de 6 N.m, correspondente a uma categoria de utilização III ou IV. Na figura seguinte são apresentadas as marcas dos impactos provocados na superfície da divisória.



**Figura 9:** Ensaio de carga por impacto de corpo duro – esfera de aço de 0,5 kg.

Na tabela seguinte são apresentados os diâmetros das marcas causadas pelos impactos da esfera (indentações) em diferentes alturas das divisórias. São também apresentadas as observações registadas após os impactos.



**Tabela 1:** Resultados dos ensaios de impacto de corpo duro – esfera de aço de 0,5 kg - ensaio de falha funcional

Ponto	Altura a partir da base da divisória (mm)	Diâmetro da marca causada pelo impacto (mm)	Observações	Ponto	Altura a partir da base da divisória (mm)	Diâmetro da marca causada pelo impacto (mm)	Observações
1	720	19,50	--	11	1535	18,64	--
2	775	20,00	Microfissuração no papel*	12	1540	21,29	--
3	835	19,56	--	13	1540	19,65	--
4	890	18,93	--	14	1540	19,91	--
5	950	21,40	Microfissuração no papel*	15	1535	16,75	--
6	725	18,53	--	16	1595	19,25	--
7	770	17,29	--	17	1595	19,30	Microfissuração no papel*
8	835	18,55	--	18	1595	18,08	--
9	885	16,03	--	19	1595	16,29	--
10	940	17,44	--	20	1595	16,51	--

\* Revestimento da placa de gesso.

Da tabela anterior verifica-se um registo de diâmetros de marcas de impacto entre os 16 mm e os 22 mm. As observações efectuadas após os impactos permitem concluir que não se registou a falha funcional da divisória.

#### 4.2 - Determinação da resistência a cargas verticais excêntricas

Como já referido, a carga de 500 N (250 N + 250 N) foi aplicada com recurso a um esquadro metálico, fixo à divisória (através de quatro pontos de fixação). Nesta fase de ensaio de falha funcional, o esquadro não foi aplicado na zona previamente reforçada. A figura seguinte apresenta o esquadro metálico carregado durante o decorrer do ensaio.



**Figura 10:** Ensaio de carga vertical excêntrica – falha funcional.

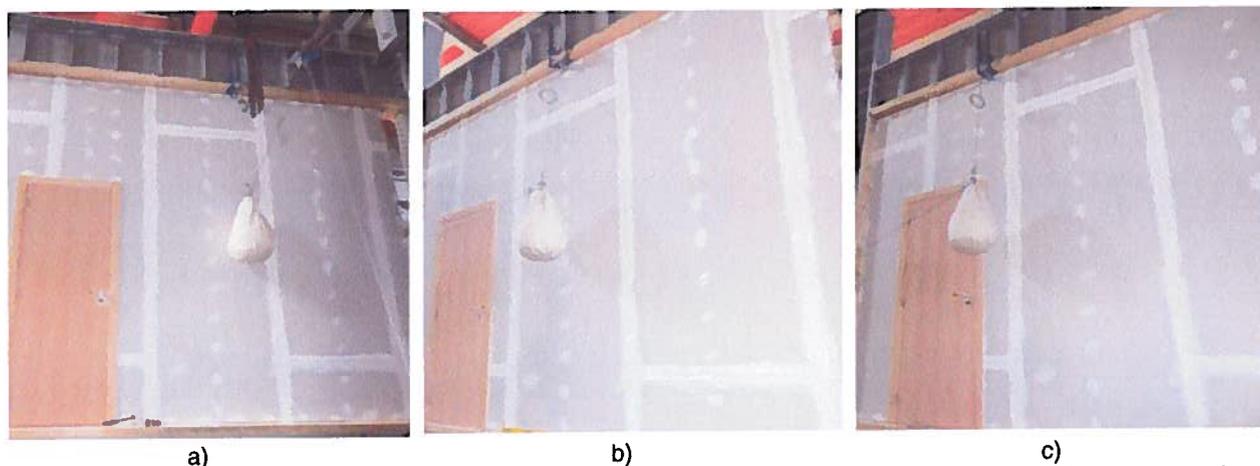
A deformação horizontal máxima registada foi de 0,82 mm. Após a remoção da carga foi registada uma deformação residual de 0,21 mm. Não foi identificado qualquer outro dano no provete. Estes valores de deformação são inferiores a 1/500 da altura da divisória ou a 5 mm.

Uma vez que foi identificado qualquer outro dano no provete e a deformação máxima se encontra dentro do limite definido, considera-se que não ocorreu falha funcional da divisória.

### 4.3 - Determinação da resistência ao impacto de corpo mole - saco de 50 kg

Neste ensaio foi aplicada uma energia de 120 N·m (categoria II) nos três impactos de corpo mole aplicados nos três pontos da divisória definidos anteriormente.

A figura seguinte apresenta um excerto do registo fotográfico realizado durante os ensaios de impacto de corpo mole para verificação da falha funcional.



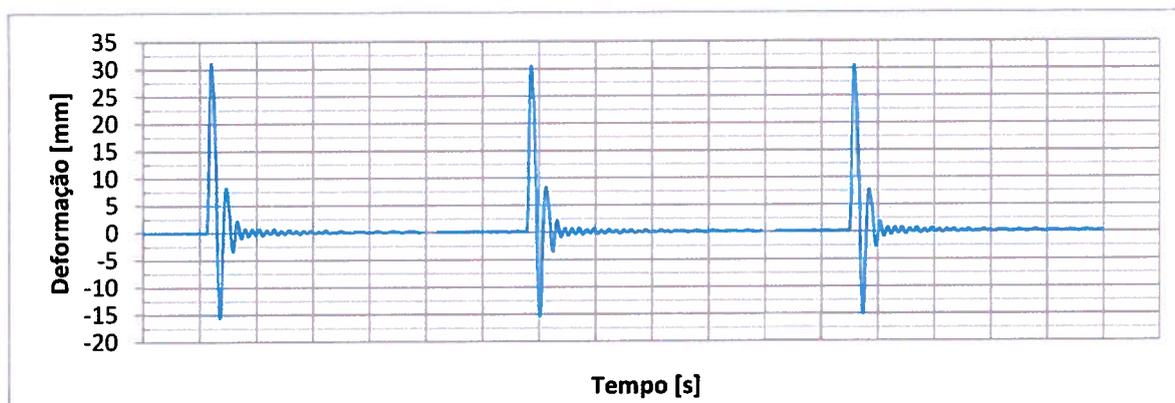
**Figura 11:** Ensaio de carga por impacto de corpo mole – saco 50 kg – falha funcional: a) meio-vão; b) montante; c) a 150 mm da porta.

A tabela seguinte apresenta os resultados das deformações máximas causadas pelos impactos e as deformações residuais de ambos os provetes.

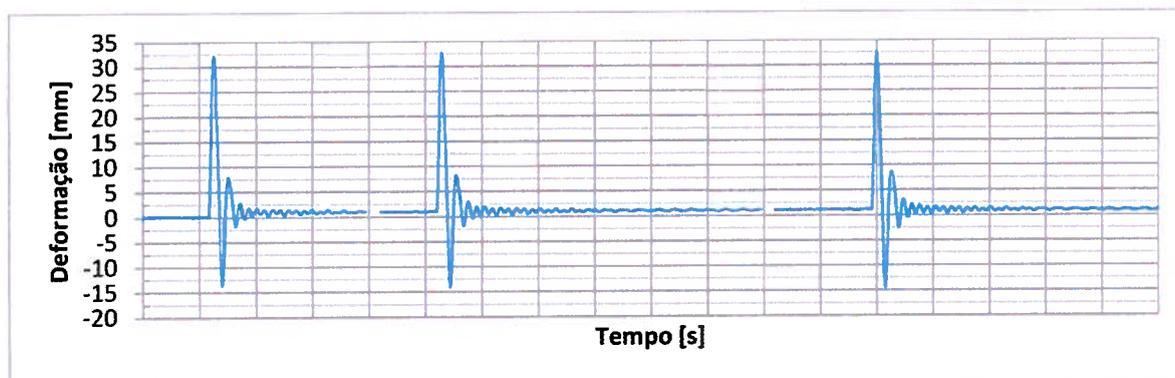
**Tabela 2:** Resultados dos ensaios de impacto de corpo mole – saco de 50 kg - ensaio de falha funcional

Local de impacto	Deformação (mm)		
	Meio-vão	Montante	A 150 mm da porta
<b>1º impacto</b>	31,14	32,07	16,78
Residual	0,14	0,97	-0,03
<b>2º impacto</b>	30,46	32,66	17,02
Residual	0,16	1,05	-0,15
<b>3º impacto</b>	30,51	32,63	16,79
Residual	0,16	1,09	0,11

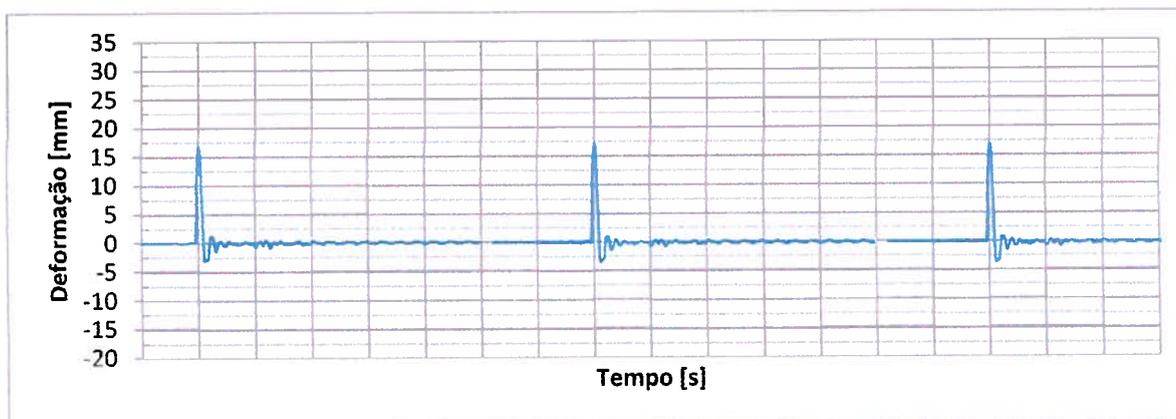
Os gráficos das figuras seguintes apresentam as deformações provocados pelos impactos durante a realização dos ensaios de falha funcional.



**Figura 12:** Ensaio de carga por impacto de corpo mole – saco 50 kg – falha funcional, diagramas das deformações para os três impactos aplicados a meio-vão entre montantes.



**Figura 13:** Ensaio de carga por impacto de corpo mole – saco 50 kg – falha funcional, diagramas das deformações para os três impactos aplicados num montante.



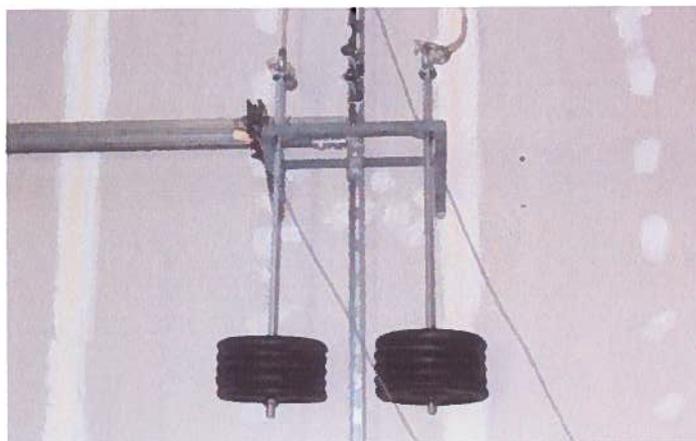
**Figura 14:** Ensaio de carga por impacto de corpo mole – saco 50 kg – falha funcional, diagramas das deformações para os três impactos aplicados a 150 mm da porta.

Dos resultados anteriores verifica-se que a deformação residual em todos os impactos é inferior a 1/500 da altura da divisória ou a 5 mm. Verifica-se também que existe uma tendência de estabilização da deformação máxima verificada em cada impacto, para cada sequência de três impactos.

Uma vez que não foram identificados outros danos no provete, e não foi afectada a funcionalidade da porta, em qualquer um dos impactos, considera-se que não ocorreu falha funcional da divisória.

#### 4.4 - Determinação da resistência a cargas verticais excêntricas

A carga de 1000 N (500 N + 500 N) foi aplicada através do mesmo esquadro utilizado no ensaio de falha funcional. Neste caso, o esquadro foi aplicado na zona previamente reforçada, de acordo com o referido anteriormente. Neste ensaio a carga manteve-se aplicada durante 24 horas. A figura seguinte apresenta o esquadro metálico carregado durante o decorrer do ensaio.



**Figura 15:** Ensaio de carga vertical excêntrica – dano estrutural.



A deformação horizontal máxima registada após as 24 horas de carregamento foi de 0,59 mm. Após a remoção da carga foi registada uma deformação residual de 0,20 mm.

Não ocorreu o colapso da estrutura nem foi identificado qualquer outro dano no provete. Verificou-se uma estabilização da deformação durante o decorrer do ensaio, não indiciando a existência de qualquer rotura do provete.

Uma vez que não ocorreu o colapso da estrutura, nem foi identificado qualquer outro dano no provete, considera-se que a divisória apresenta a resistência necessária a este ensaio de dano estrutural.

#### 4.5 - Determinação da resistência ao impacto de corpo duro - esfera de aço de 1 kg

Foram realizados dois impactos, com a energia 10 N·m (categoria de utilização II), cujos resultados se indicam na tabela seguinte.

**Tabela 3:** Resultados dos ensaios de impacto de corpo duro – esfera de aço de 1 kg - ensaio de dano estrutural

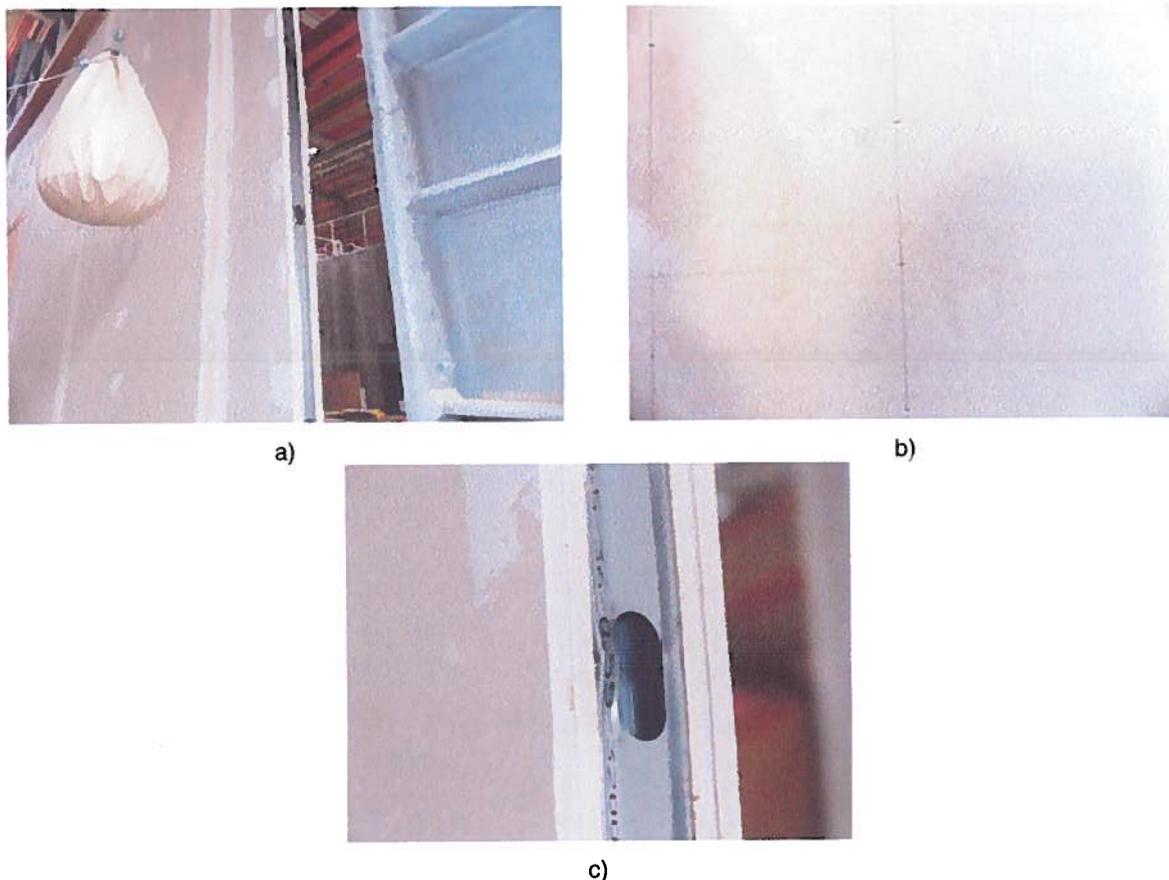
Ponto	Altura a partir da base da divisória (mm)	Diâmetro da marca do impacto (mm)	Observações
1	1335	21,04	Ausência de fissuras. Apenas se observa a marca resultante do impacto.
2	1525	22,63	Ausência de fissuras. Apenas se observa a marca resultante do impacto.

Nos dois impactos não ocorreu penetração do pêndulo nem queda de detritos, pelo que se considera não ter ocorrido qualquer dano estrutural nas divisórias.

#### 4.6 - Determinação da resistência ao impacto de corpo mole - saco de 50 kg

Neste ensaio foi aplicada uma energia de impacto de 200 N·m, energia prevista para a categoria de utilização II.

A figura seguinte apresenta um excerto do registo fotográfico efectuado durante o ensaio, onde é possível visualizar os danos da divisória.



**Figura 16:** Ensaio de carga por impacto de corpo mole – saco 50 kg – dano estrutural: a) face de impacto; b) face oposta ao impacto; c) perfil montante.

O impacto provocou a fissuração das placas em ambos os lados da divisória, sem queda de detritos, não causando, contudo o colapso da divisória, pelo que se considera que a divisória apresenta a resistência necessária a este ensaio de dano estrutural.

#### 4.7 - Determinação da resistência a cargas pontuais perpendiculares (horizontais)

A carga aplicada perpendicularmente ao plano das divisórias (100 N) não causou danos na superfície das placas de gesso laminado nem a cedência ou falha da fixação.



#### 4.8 - Determinação da resistência a cargas pontuais paralelas (verticais)

A carga aplicada paralelamente ao plano das divisórias (250 N) não causou danos na superfície das placas de gesso laminado nem a cedência ou falha da fixação.

### 5 - Considerações finais

O presente relatório refere-se a uma caracterização mecânica de uma divisória de compartimentação leve em gesso laminado. Esta caracterização inclui a determinação da resistência da divisória a diferentes cargas de impacto, cargas verticais excêntricas e cargas pontuais. O trabalho desenvolvido enquadra-se num projecto de investigação, no âmbito de um vale I&DT, realizado com a empresa Gyptec Ibérica – Gessos Técnicos S.A..

A campanha de ensaios realizada teve como base o ETAG003:1998 – Guia para a aprovação técnica europeia de divisórias leves.

A divisória ensaiada corresponde a um sistema de estrutura simples, constituída por perfis montante de 48 mm, afastados de 600 mm, revestida em ambas as faces com placa dupla de gesso laminado (tipo A de 12,5 mm).

Em todos os ensaios realizados, tanto para verificação de uma possível falha funcional como para verificação de um possível dano estrutural, bem como nos ensaios de cargas pontuais, foram cumpridos todos os requisitos inicialmente definidos, de acordo com o ETAG003.

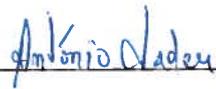
A análise dos resultados permite verificar que a divisória ensaiada cumpre as exigências mecânicas definidas para a categoria de utilização II.

Coimbra, 28 de Outubro de 2013

Autoria técnica do relatório:

Ricardo Marques (Técnico superior): 

Patrícia Ferreira (Técnica superior): 

António Tadeu   
Supervisor Técnico e Científico

