

METODOLOGIA DE ENSAIO DE JUNTAS DE SOBREPOSIÇÃO EM MEMBRANAS PREFABRICADAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO

Gonçalves^{*}, M.; Brito^{**}, J. de; Grandão Lopes^{***}, J.; Alfaro Lopes^{****}, M.^a da Graça

^{*}Professora Adjunta. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa - Portugal

^{**}Professor Associado. DECivil, Instituto Superior Técnico, Lisboa - Portugal

^{***} Investigador Principal. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa - Portugal

^{****}Professora Coordenadora. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa - Portugal



RESUMO

O desempenho dos revestimentos de impermeabilização de coberturas em terraço está muito dependente do comportamento das respectivas juntas de sobreposição. Com o objectivo de analisar esse comportamento sob a acção do vento, é feita uma descrição dos ensaios de tracção-corte e de pelagem a que as juntas são normalmente submetidas.

1. INTRODUÇÃO

A cobertura em terraço de um edifício, entendida como o conjunto de todos os elementos estruturais e intermédios desde o tecto à superfície exposta às intempéries, é constituída por um conjunto de camadas dispostas horizontalmente ou próximo desta posição, que, pela sua constituição, permitem dar satisfação às suas principais exigências funcionais. O suporte da impermeabilização (em geral a camada de isolamento térmico), o revestimento de impermeabilização e a sua protecção, contam-se entre as possíveis e principais camadas da generalidade das coberturas em terraço.

O revestimento de impermeabilização deve garantir que exigências de segurança, aptidão ao uso e conservação das qualidades sejam satisfeitas para que a cobertura em terraço tenha um bom desempenho.

Sendo diversas as soluções para os sis-

temas de impermeabilização de coberturas em terraço, começam a ter utilização crescente os sistemas de camada única formados por membranas prefabricadas fixadas mecanicamente. Nestes sistemas, a satisfação das exigências funcionais é condicionada pela natureza das membranas de impermeabilização a aplicar, pela ligação destas ao suporte (quando essa ligação existe na zona corrente) e pela ligação das mesmas através das juntas de sobreposição.

As membranas de impermeabilização devem satisfazer as especificações técnicas europeias pertinentes [1 a 3] e as Directivas ou Guias da UEAtc aplicáveis [4 a 6].

Quanto às ligações entre membranas, através de juntas de sobreposição, estas devem ser concebidas e executadas de forma a não comprometerem o bom

funcionamento do revestimento de impermeabilização.

Estudos efectuados sobre os vários tipos de problemas que ocorreram em sistemas de impermeabilização de camada única mostraram que os mais comuns se relacionam com um deficiente comportamento das juntas de sobreposição das membranas [7, 8].

Dos vários factores que condicionam o comportamento das juntas entre duas membranas de impermeabilização, uns estão relacionados com a própria natureza das membranas, outros com a concepção e execução das juntas e outros ainda com as condições ambientais a que os sistemas estão sujeitos.

Nas juntas de sobreposição, as acções devidas ao vento são as mais significativas e manifestam-se por forças de pelagem, Fig. 1(a), e forças de corte, Fig. 1 (b).

Assim, é objectivo deste artigo dar a conhecer os ensaios para avaliação da resistência das juntas de sobreposição entre membranas de impermeabilização.

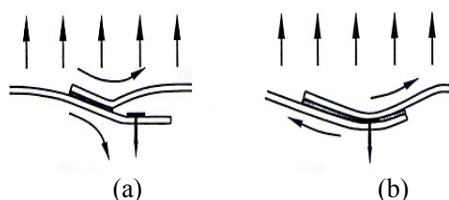


Fig 1 - Forças de pelagem e de corte causadas pelo vento nas juntas de sobreposição [8]

2. ENSAIOS DE RESISTÊNCIA

A avaliação da resistência ao corte e à pelagem de juntas de sobreposição entre membranas adjacentes do mesmo material é usualmente determinada em ensaios de tracção-corte [9 e 10] e de pelagem [11 e 12], respectivamente para membranas betuminosas e termoplásticas.

O ensaio de tracção-corte consiste em traccionar um provete da forma indicada na Fig. 5 a uma velocidade constante até que rompa ou separe. Por sua vez, o ensaio de pelagem consiste em traccionar o provete da forma indicada na Fig. 8 a

velocidade constante até à completa separação da junta de sobreposição por efeito de pelagem.

O tensiómetro utilizado na realização dos ensaios (Fig. 2) deve estar equipado com um registo contínuo da força e da correspondente extensão e ser capaz de manter uma velocidade de deformação constante no tempo. Deve estar também equipado com os dispositivos necessários para manter ou aumentar a pressão das garras sobre o provete, em função da força aplicada ao provete.



Fig 2 - Tensiómetro para realização dos ensaios de tracção-corte e pelagem [13]

São os seguintes os procedimentos comuns a todos os ensaios a efectuar:

- os provetes devem ficar seguros nas garras da máquina de ensaio por forma a que o eixo longitudinal do provete, o eixo da máquina e as garras fiquem correctamente alinhados;
- não deve ser aplicado pré-esforço;
- cada provete deve ser marcado na zona de fixação das garras para poder ser identificado qualquer escorregamento que por elas venha a ocorrer;
- o ensaio deve ser efectuado a uma temperatura de $(23 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ e com uma velocidade de deformação constante de (100 ± 10) mm/minuto;
- depois da realização de cada ensaio, as duas partes resultantes de cada provete devem ser guardadas juntas para permitir observar a forma como a junta de sobreposição deixou de funcionar.

Deve ser elaborado um boletim para cada série de ensaios que inclua a seguinte

informação:

- identificação do produto ensaiado;
- referência à norma de ensaio e qualquer desvio que em relação a ela venha a ocorrer;
- identificação dos provetes;
- descrição do método de execução das juntas e suas características;
- registo dos resultados dos ensaios;
- data dos ensaios.

Em termos estatísticos, a medida da dispersão de valores da resistência de uma série de provetes em número inferior a 30 deve ser traduzida pelo desvio padrão corrigido (σ'). No entanto, as Normas Europeias [9 a 12] preconizam séries de apenas 5 ensaios e referem para medida da sua dispersão o desvio padrão (σ). Uma solução é optar pela indicação de σ e σ' .

2.1 Ensaios de tracção-corte

Os procedimentos específicos deste ensaio (segundo as normas [9] e [10]) são os que a seguir se indicam:

- a distância inicial entre as garras deve ser de (200 ± 5) mm;
- a força máxima de tracção e a correspondente extensão devem ser registadas.

A Fig. 3 mostra um exemplo de provete de betume-polímero a ser submetido ao ensaio de tracção-corte na fase anterior ao início da rotura de um dos seus elementos mas em que já é visível um estreitamento na largura do provete na zona entre a junta de sobreposição e a garra direita. A Fig. 4 mostra um exemplo de provete de poliolefinas sujeito ao ensaio de tracção-corte onde se pode ver a grande capacidade de extensão deste material.

Nos ensaios de tracção-corte, são os seguintes os valores a anotar e calcular:

- valores da resistência ao corte (força máxima registada) e respectiva extensão para cada provete da série;
- valor médio, desvio padrão e desvio padrão corrigido, da resistência ao corte

dos provetes da série;

- forma como a junta deixa de funcionar em cada provete.



Fig. 3 - Ensaio de tracção-corte sobre provete de betume-polímero [13]



Fig. 4 - Ensaio de tracção-corte sobre provete de poliolefinas [13]

Nos ensaios de tracção-corte, a forma como a junta pode deixar de funcionar, está representada na Fig. 5 e resulta de uma das seguintes ocorrências:

- separação dos dois elementos do provete por perda de aderência na superfície soldada (a1) ou por separação na camada da membrana junto à armadura de um dos elementos (a2), devendo ser anotada a percentagem estimada da superfície em que ocorreu a separação;
- rotura de um dos elementos do provete numa das extremidades da junta de sobreposição (b);
- rotura de um dos elementos do provete na junta de sobreposição e sua posterior separação (c);
- rotura de um dos elementos do provete fora da junta de sobreposição (d).

Deve ignorar-se os resultados dos ensaios em que o provete rompa nas garras ou a menos de 10 mm das garras ou ainda

quando qualquer das garras deslize mais de 2 mm, devendo ser repetidos com novos provetes, excepto quando estas ocorrências

se verificarem após terem sido atingidas extensões superiores a 100%.

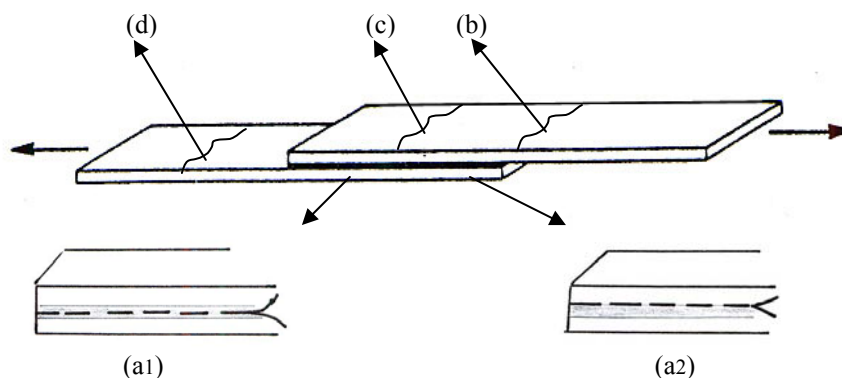


Fig. 5 - Formas como a junta pode deixar de funcionar no ensaio de tracção-corte [13]

Quadro 1 - Exemplo de um boletim de ensaio à tracção-corte [13]

BOLETIM DE ENSAIO - n.º X			
Ensaio: tracção-corte			
Produto ensaiado: membrana de betume-polímero APP			
Condicionamento: estado novo			
Especificação de ensaio: NP EN 12317-1. Membranas de impermeabilização flexíveis - Parte 1: Membranas betuminosas de impermeabilização de coberturas - Determinação da resistência das juntas ao corte			
Provetes ensaiados:		Características das juntas:	
quantidade: 12 (2 anulados)		largura: 100 mm	
dimensões: 240 mm × 50 mm.		forma de ligação: ar quente	
Resultados dos ensaios:			
Provetes	Resistência ao corte (N)	Extensão (%)	Forma como a junta deixou de funcionar
31 anulado	593	40	*
32	577	41	c
33	560	41	b
34	538	31	b
35	655	42	b
36	566	36	b
37	611	43	d
38	505	35	d
39	527	30	b
40 anulado	566	34	*
31 A	532	32	c
32 A	566	38	d
média	564	_____	_____
σ / σ'	42 / 44	_____	_____

* foi detectado deslizamento superior a 2 mm na garra

Data dos ensaios: XX

Transcreve-se no Quadro 1 um boletim de ensaio de tracção-corte de uma junta entre membranas de betume-polímero APP com uma sobreposição de 100 mm, soldada a ar quente. Nele está indicada, para cada provete, para além dos valores

da resistência ao corte e respectiva extensão, a forma como a junta de sobreposição deixou de funcionar (as letras correspondem às formas representadas na Fig. 5).

2.2 Ensaio de pelagem

Os procedimentos específicos destes ensaios (segundo as normas [11] e [12]) são os seguintes:

- a distância inicial entre as garras deve ser de (100 ± 5) mm;
- a força de tracção e respectiva extensão devem ser continuamente registadas até que os provetes se separem.

Exemplos de provetes a serem submetidos ao ensaio de pelagem encontram-se na Fig. 6 (provetes de betume-polímero) e na Fig. 7 (provetes de poliolefinas).



Fig. 6 - Ensaio de pelagem em provete de betume-polímero [13]

Nos ensaios de pelagem, são os seguintes os valores a anotar e calcular:

- valores da força de pelagem para cada ponto percentual da extensão, desde o início (0% de extensão) até ao final do ensaio (registo contínuo da força), para cada provete da série;
- valores da resistência máxima à pelagem (força máxima registada) e correspondente extensão, de cada provete da série;
- valores da resistência média à pelagem de cada provete;

- por série de provetes, valor médio, desvio padrão e desvio padrão corrigido da resistência máxima à pelagem;
- por série de provetes, valor médio, desvio padrão e desvio padrão corrigido da resistência média à pelagem;
- forma como a junta deixa de funcionar em cada provete.



Fig. 7 - Ensaio de pelagem em provete de poliolefinas [13]

Nos ensaios de pelagem, é corrente verificar-se que a junta deixa de funcionar por separação dos dois elementos do provete por perda de aderência na superfície soldada, Fig. 8 (a1) ou da camada betuminosa junto à armadura de um dos elementos, Fig. 8 (a2). Deve ser anotada a percentagem estimada da superfície em que ocorre a separação.

As Normas Europeias aplicáveis [11, 12] preconizam que a resistência média à pelagem seja calculada, para cada provete, a partir do traçado de um gráfico força / extensão. Neste, no eixo das abcissas é indicado o deslocamento entre garras a verificar durante o ensaio. Desprezando o primeiro e o último quarto do deslocamento

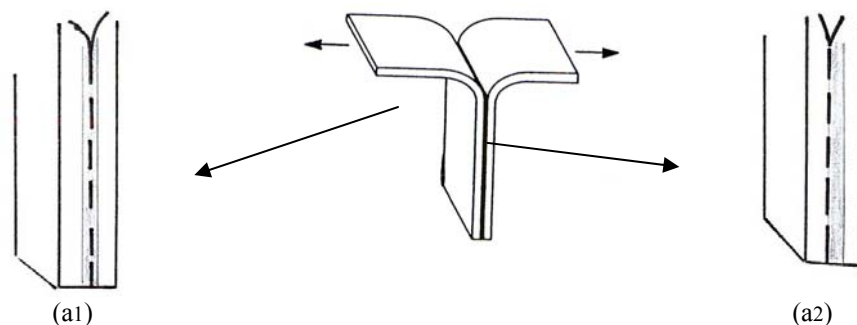


Fig. 8 - Formas como a junta pode deixar de funcionar no ensaio de pelagem [13] registado, calcula-se a resistência média à pelagem através da média de dez valores da força correspondentes a dez secções equidistantes, no restante deslocamento.

Alguns tensiómetros estão equipados com um mecanismo que utiliza um cartão, cuja leitura dá o registo da extensão e da correspondente força durante o ensaio. Quando o gráfico força / extensão é o resultado directo da leitura do cartão de registo do ensaio, calcula-se a resistência mé

dia à pelagem a partir dele. No entanto, em alguns cartões é possível obter-se o valor da força de tracção em cada ponto percentual da extensão, o que permite calcular a resistência média à pelagem sem recorrer ao traçado do gráfico e obter desta forma valores mais exactos.

O Quadro 2 exemplifica o registo dos valores obtidos num ensaio à pelagem de um provete de betume-polímero APP retirado de uma junta com uma sobreposição

Quadro 2 - Exemplo dos valores obtidos no ensaio de pelagem de um provete [13]

Ext. [%]	Força [N]	Ext. [%]	Força [N]	Ext. [%]	Força [N]	Ext. [%]	Força [N]	Ext. [%]	Força [N]
1	0	41	71	81	60	121	49	161	43
2	0	42	71	82	54	122	49	162	49
3	0	43	71	83	54	123	49	163	49
4	4	44	71	84	54	124	43	164	49
5	10	45	71	85	54	125	43	165	49
6	21	46	71	86	54	126	43	166	49
7	26	47	71	87	54	127	43	167	49
8	32	48	71	88	54	128	43	168	49
9	38	49	71	89	54	129	43	169	49
10	43	50	71	90	54	130	43	170	49
11	49	51	71	91	54	131	43	171	49
12	54	52	71	92	54	132	43	172	49
13	54	53	71	93	54	133	43	173	49
14	60	54	71	94	54	134	43	174	49
15	60	55	71	95	49	135	43	175	49
16	60	56	71	96	54	136	43	176	49
17	65	57	71	97	54	137	43	177	49
18	65	58	71	98	54	138	43	178	43
19	65	59	71	99	54	139	43	179	43
20	71	60	71	100	54	140	43	180	43
21	71	61	71	101	54	141	43	181	43
22	<u>76</u>	62	71	102	54	142	49	182	43
23	<u>76</u>	63	71	103	54	143	43	183	49
24	<u>76</u>	64	71	104	54	144	43	184	49
25	<u>76</u>	65	71	105	54	145	43	185	43
26	<u>76</u>	66	71	106	54	146	43	186	43
27	<u>76</u>	67	71	107	54	147	43	187	49
28	71	68	65	108	54	148	43	188	43
29	71	69	71	109	54	149	43	189	49
30	71	70	65	110	54	150	43	190	49
31	71	71	65	111	54	151	43	191	49
32	71	72	65	112	54	152	43	192	49
33	65	73	65	113	49	153	43	193	49
34	65	74	60	114	49	154	43	194	43
35	65	75	60	115	49	155	43	195	43
36	71	76	60	116	49	156	43	196	43
37	65	77	60	117	49	157	43	197	38
38	65	78	60	118	49	158	43	198	32
39	71	79	60	119	49	159	43	199	26
40	71	80	60	120	49	160	49	200	26
								201	21
								202	15

de 100 mm, soldada a chama de maçarico e no estado novo. Nele, estão assinalados:

- a sublinhado, o valor da força máxima correspondente à resistência máxima à pelagem, 76 N, registada entre as extensões de 21 e 28%;
- a negrito, os 10 valores das forças de tracção, cuja média determinou a resistência média à pelagem deste provete - tendo sido registada 202% para a extensão máxima, as 10 secções equidistantes na distância percorrida pelas garras, após desprezar-se o primeiro e o último quarto da distância total, correspondem aos 10 valores equidistantes da extensão após se desprezarem as extensões abaixo de 50% e acima de 150%; foi nestes dez valores equidistantes da extensão que se assinalou a força a negrito.

No ensaio de pelagem, pela forma como são executados os provetes, caso a junta de sobreposição deixe de funcionar sem ter oferecido qualquer resistência (não conduzindo por isso a nenhum alongamento), a distância inicial de 100 mm entre as garras é, no final do ensaio, acrescida do valor correspondente ao dobro do comprimento soldado do provete (o valor deste comprimento é o da largura da junta de sobreposição da membrana da qual o provete foi retirado). Assim, para provetes com 100 mm de junta de sobreposição, e sem que o provete sofra qualquer extensão, a máquina, no final do ensaio, regista uma extensão de 200% (uma vez que a distância entre as garras é de 300 mm). Da mesma maneira, para juntas de sobreposição de 50, 40 e 20 mm, as extensões registadas pela máquina no final dos ensaios são respectivamente de 100, 80 e 40%.

A análise dos valores das extensões registadas no final dos ensaios de pelagem pode contribuir para a compreensão do desempenho da junta de sobreposição em termos da sua resistência. Assim, esses va-

lores devem ser registados bem como a extensão correspondente à força máxima em todos os ensaios de pelagem efectuados.

No Quadro 3, apresenta-se um boletim de ensaio à pelagem. Nele estão indicados, para cada provete, para além dos valores da resistência máxima à pelagem e respectiva extensão, os valores da resistência média à pelagem e a forma como a junta de sobreposição deixou de funcionar: I - percentagem estimada da superfície da junta de sobreposição em que ocorreu a separação pela soldadura; II - percentagem estimada da superfície da junta de sobreposição em que ocorreu a separação da camada junto à armadura de um dos elementos, sendo a ordem de grandeza das diversas percentagens estimadas da superfície da junta de sobreposição de 20, 40, 60, 80 ou 100%.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente artigo procura, através da descrição dos ensaios de tracção-corte e de pelagem usados para avaliar o comportamento sob a acção do vento de juntas de sobreposição entre membranas prefabricadas de impermeabilização, chamar a atenção para a especificidade de cada ensaio e para a complexidade e morosidade da análise dos resultados conducentes à avaliação do comportamento destes elementos da construção, fundamentais para a garantia de um bom desempenho das coberturas em terraço.

4. REFERÊNCIAS

- [1] prEN 13707 - Flexible sheets for waterproofing reinforced bitumen sheets for waterproofing. Definitions and characteristics, CEN (2001).
- [2] prEN 13956 - Flexible sheets for waterproofing. Plastic and rubber sheets for waterproofing. Definitions and characteristics, CEN (2001).
- [3] ETAG 006 - Guideline for European technical approval of systems of mechanically fastened

flexible roof waterproofing membranes,
EOTA (March 2000).

revêtements d'étanchéité de toitures,
UEAtc, Paris (Novembre 1982).

- [4] Cahier n.º 1812 du CSTB - Directives
générales UEAtc pour l'agrément des

Quadro 3 - Exemplo de um boletim de ensaio à pelagem [13]

BOLETIM DE ENSAIO - n.º X				
Ensaio: pelagem				
Produto ensaiado: membrana de betume-polímero APP				
Condicionamento: estado novo.				
Especificação de ensaio: NP EN 12316-1. Membranas de impermeabilização flexíveis - Parte 1: Membranas betuminosas de impermeabilização de coberturas - Determinação da resistência das juntas à pelagem				
Provetes ensaiados:		Características das juntas:		
quantidade: 12 (2 anulados)		largura: 100 mm		
dimensões: 170 mm × 50 mm.		forma de ligação: chama de maçarico		
Resultados dos ensaios:				
Provetes	Resistência máxima à pelagem (N)	Extensão na resistência máxima (%)	Resistência média à pelagem (N)	Forma como a junta deixou de funcionar
361	83	52	67	20 I, 80 II
362	65	52	51	100 I
363	76	27	55	80 I, 20 II
364	49	20	34	100 I
365	60	66	54	100 I
366	99	24	61	20 I, 80 II
367	—	—	—	*
368	65	87	57	100 I
369	71	10	38	100 I
370	—	—	—	*
361 A	71	23	66	40 I, 60 II
362 A	49	52	34	100 I
média	69	—	52	—
σ / σ'	14 / 14	—	12 / 12	—

Data dos ensaios: XX

- [5] Cahier n.º 2502 du CSTB - Guide technique particulier UEAtc pour l'agrément des revêtements d'étanchéité de toitures monocouches, UEAtc, Paris (Juin 1991).
- [6] Cahier n.º 2510 du CSTB - Guide technique complémentaire UEAtc pour l'agrément des revêtements d'étanchéité de toitures fixés mécaniquement, UEAtc, Paris (Juillet-Août 1991).
- [7] ROSSITER, Walter J. - Tests of adhesive-bonded seams of single-ply rubber membranes. Philadelphia, ASTM, 1987. ASTM STP 959. Symposium "Roofing Research and Standards Development, New Orleans, LA, 3 December 1986".
- [8] KOICHI, Oba - Flats Roofs: investigation of heat welding techniques for polymer-modified bituminous roofing membranes. Stockholm, Kungliga Tekniska Hogskolan, 1994. Dissertation.
- [9] NP EN 12317-1 - Membranas de impermeabilização flexíveis. Parte 1: Membranas betuminosas de impermeabilização de coberturas. Determinação da resistência das juntas ao corte. IPQ, Caparica, 2003.
- [10] European Standard Final Draft prEN 12317-2. - Flexible sheets for waterproofing - Determination of shear resistance of joints - Part 2: Plastic and rubber sheets for roof waterproofing. CEN, Brussels, March 2000.
- [11] NP EN 12316-1 - Membranas de impermeabilização flexíveis. Parte 1: membranas betuminosas de impermeabilização

- de coberturas. Determinação da resistência das juntas à pelagem. IPQ, Caparica, 2003.
- [12] European Standard Final Draft prEN 12316-2. - Flexible sheets for waterproofing - Determination of peel resistance of joints - Part 2: Plastic and rubber sheets for roof waterproofing. CEN, Brussels, March 2000.
- [13] GONÇALVES, M. - Revestimentos de impermeabilização de coberturas em terraço com base em membranas prefabricadas. Comportamento de juntas de sobreposição, Dissertação de Mestrado em Construção, IST, 2004.