

# IMPERMEABILIZAÇÃO DE TABULEIROS DE PONTES E VIADUTOS EM OBRAS NOVAS E DE REABILITAÇÃO

Jorge Ramos - Imperialum S.A., Direção Geral Comercial – jramos@imperialum.pt

Jorge Pombo - Imperialum S.A., Dir. Marketing, Investigação e Desenvolvimento – jpombo@imperialum.pt

---

## Sumário

*A principal causa de anomalias não estruturais e uma das principais causas de anomalias de índole estrutural em tabuleiros de pontes e viadutos está relacionada com a degradação dos materiais por ação de água de infiltração. Resultando este facto, com frequência, da inexistência de correta impermeabilização do tabuleiro em questão, propõe-se este trabalho alertar para a importância de impermeabilizar os novos tabuleiros de pontes e viadutos rodoviários e ferroviários, e incluir os trabalhos de impermeabilização nos projetos de reabilitação deste tipo de obras de arte, enunciando os objetivos, condições e detalhes de aplicação do sistema de impermeabilização com membranas armadas de betume polimérico.*

---

**Palavras-chave:** impermeabilização; reabilitação; durabilidade; ponte; viaduto.

## 1. INTRODUÇÃO

Pelo elevado custo de construção e reabilitação das pontes e viadutos e pelo enorme transtorno que causa ao tráfego, rodoviário ou ferroviário, a sua limitação de capacidade ou mesmo suspensão de funcionamento, reveste-se de crucial importância a respetiva inspeção periódica e consequentes trabalhos de manutenção e conservação. Deste modo, é vital para a segurança dos utentes das obras de arte assim como para a economia do estado nas gerações vindouras, a execução de projectos novos com maior durabilidade e menores custos de manutenção ou reabilitação, assim como assegurar a implementação dos trabalhos adequados de conservação e de renovação com vista ao prolongar da vida útil, em perfeitas condições de serviço e segurança, das obras já existentes.

Embora se julgasse no passado que o betão armado seria um material eterno, sem redução da sua coesão e com as armaduras suficientemente protegidas pela camada de recobrimento, é hoje evidente que as estruturas de betão armado sofrem processos de degradação ao longo do tempo. Nessa degradação têm influência diversos factores; desde a qualidade dos materiais que lhe dão origem, à qualidade da mão-de-obra que o executa e aos esforços e factores ambientais a que está sujeito.

A presença de água no betão é, contudo, um dos principais, se não o principal, factor que directa ou indirectamente contribui para a sua degradação. A ação direta de um elevado teor de humidade no betão facilita neste os processos de carbonatação, com consequente diminuição do seu PH de 12,5 para cerca de 9. Com esta diminuição da alcalinidade as armaduras deixam de estar protegidas contra os fenómenos de oxidação. Um elevado teor de humidade no betão facilita também vários outros fenómenos químicos de decomposição dos compostos do betão e ataque das armaduras como no caso da dissolução do hidróxido de cálcio e de compostos de alumina para dar origem a resíduo amorfo de sílica hidratada e óxido de ferro.

A presença de água no betão promove também as reacções expansivas internas resultantes das reacções entre álcalis do cimento e agregados de sílica ou ainda, entre sulfatos provenientes do meio exterior reagindo com agregados calcários e com os aluminatos do cimento, formando taumasite e etringite. Estas reacções expansivas internas dão normalmente lugar a fissuração do betão, facilitando a maior entrada de água e aumento cíclico de mais fenómenos de deterioração do betão armado.

Da presença de água no betão armado resultam também fenómenos mecânicos de tensões, fissuras e desagregações resultantes dos ciclos de congelação e descongelação e ainda fenómenos biológicos de desenvolvimento de microrganismos e plantas.

A deficiente vibração/compactação do betão em tabuleiros de pontes facilita o surgimento de fendilhações e consequente via livre à maior entrada de humidades com correspondente proliferação dos fenómenos de deterioração já descritos acima. Contudo é importante não esquecer que mesmo bem compactado o betão continua a não ser estanque e a manter alguma porosidade que permite a entrada e circulação de água e dos fenómenos que esta acarreta.

Durante muito tempo considerou-se que a impermeabilização dos tabuleiros de pontes e viadutos poderia ser assegurada através do próprio betão betuminoso que constitui a camada de desgaste. No entanto, nem estas camadas de desgaste asseguram a impermeabilidade necessária à protecção do betão e armaduras, nem conseguem evitar o desenvolvimento de fendilhação com correspondente aumento da entrada de água.

De facto, a água de infiltração nos tabuleiros de pontes e viadutos contribui em percentagem muito elevada para os problemas de degradação da estrutura, antecipando os ciclos de reparação e aumentando exponencialmente os custos de manutenção.

A aplicação de sistemas de impermeabilização nos tabuleiros de pontes e viadutos revela-se assim de nuclear e decisiva importância na durabilidade deste tipo de estruturas, resultando como efectiva protecção do betão à entrada de água de infiltração, evitando os fenómenos daí decorrentes, ao mesmo tempo que, em conjunto com um sistema de colectores adequado, permite a recolha das águas superficiais, evitando impactos ambientais negativos nos terrenos e cursos de água inferiores

Mesmo em obras novas, com recurso às mais recentes tecnologias de formulação de betões de menor porosidade e procedimentos de boa vibração na betonagem, em caso algum deverá ser dispensada a impermeabilização do tabuleiro da ponte ou viaduto. No entanto, esta prática nem sempre foi adoptada no passado, pelo que a reabilitação de pontes existentes ou até a ocorrência de trabalhos de remoção e reposição de nova camada de desgaste e circulação constitui uma oportunidade imperdível para a inclusão de um sistema de impermeabilização do tabuleiro dessas pontes ou viadutos, constituindo este facto um forte contributo para o aumento da longevidade das respetivas obras de arte.

## **2. A DECISÃO E O OBJETIVO DA IMPERMEABILIZAÇÃO**

Do anteriormente exposto, quer no projeto de uma nova ponte ou viaduto, quer em intervenções de renovação ou reabilitação, sempre que a dimensão dessa intervenção o permita, deve ser considerada a aplicação de um sistema de impermeabilização do respetivo tabuleiro, tendo por base dessa prática o alcance de objectivos básicos que se podem resumir nos seguintes pontos:

- impermeabilizar o tabuleiro da obra de arte, aumentando a sua durabilidade através da forte redução dos processos de degradação resultantes da infiltração de água na estrutura, aumentando a sua longevidade e diminuindo os custos de reparações futuras,
- controlar superficialmente as águas de escorrência, possibilitando o seu encaminhamento e recolha, evitando dessa forma impactos ambientais negativos, quer ao nível dos terrenos, quer ao nível dos cursos de água.

Ainda e em especial, no caso de intervenções de reabilitação ou renovação de uma ponte ou viaduto, cuja motivação se pode dever ao estado de degradação da mesma ou à necessidade de alargamento do seu tabuleiro, ou ao aumento de capacidade ou até alteração do tipo de uso, será, em qualquer dos casos, recomendado o percorrer de um processo com as seguintes etapas genéricas:

- inspeção do estado dos vários componentes da obra de arte,
- avaliação das necessidades de intervenção,
- definição e caracterização dos tipos de intervenção,
- execução do projeto de reabilitação, do qual devem fazer parte projetos de pormenor específicos para cada área e especialidade de intervenção,
- execução dos trabalhos de acordo com o definido nos projetos de pormenor.

### 3. DEFINIÇÃO DO PROJETO DE IMPERMEABILIZAÇÃO

#### 3.1. Detalhes da Obra de Arte

O projeto de impermeabilização deverá ter em linha de conta a constituição e o tipo de funcionamento da obra de arte, tendo em atenção:

- o tipo de estrutura - Betão armado, pré-tensionado, metálico, alvenaria ou misto,
- o tipo de juntas e movimentos previstos para as mesmas,
- os elementos de equipamento, lancis, guardas, etc.,
- as condições ambientais e de localização,
- o tipo e intensidade de tráfego – rodoviário, ferroviário.

#### 3.2. Preparação e condições a satisfazer pelos suportes

Nos tabuleiros de pontes e viadutos, o suporte resistente é ele próprio suporte da impermeabilização sendo que a sua superfície deve estar plana, com reentrâncias não superiores a 3 mm e saliências não superiores a 2 mm. Nos casos de obras de reabilitação, a preparação do suporte inicia-se com a remoção por fresagem do betão betuminoso existente (figura 1).



**Figura 1 – Trabalhos de fresagem do pavimento existente**

Quando, em obra nova, o suporte não se apresenta plano, ou após os trabalhos de fresagem, em obras de reabilitação, a necessária regularização da superfície poderá ser conseguida através da aplicação de um microbetão betuminoso, que obedeça às normas NP EN aplicáveis, e cujas características devem, a exemplo, seguir as apresentadas no quadro 1.

Quadro 1 – Características de microbetão betuminoso para regularização de tabuleiros

Ensaio Marshall (75 pancadas)

Estabilidade (kg)	> 1000
Deformação (mm)	<5
Módulo de Rigidez Marshall (kg/mm)	>200
Porosidade (*)	3-5
Grau de saturação do betume (%)	70-80
VMA (%)	>15
Resistência conservada (%)	>80

\* Cálculos com base na baridade máxima teórica, determinada pelo método do picnómetro de vácuo (ASTM D 2041)

Outras características

% de betume	>5,5%
Relação filler/betume	$\geq 1,3$
Velocidade de deformação (m/min) de 105 a 120 m/min conforme EN 13808	< 15

Em qualquer dos casos, a superfície de suporte à impermeabilização deverá igualmente contar com uma pente mínima da ordem dos 2%, a qual já deverá estar definida através da estrutura resistente. Quando tal não for o caso, essa pente poderá ser conseguida com a camada de proteção pesada colocada sobre a impermeabilização.

O suporte deve ainda apresentar-se seco e limpo, oferecendo boa aderência à aplicação da membrana de impermeabilização (figura 2).



**Figura 2 – Trabalhos de limpeza e aspecto visual das superfícies regularizadas**

As concordâncias da superfície corrente do tabuleiro com os paramentos verticais devem ser chanfradas ou arredondadas, com um raio mínimo de curvatura de 0,05 m.

A membrana de impermeabilização, a caracterizar mais adiante, é aplicada em sistema de total aderência ao suporte, tornando necessária a aplicação de um primário de aderência constituído por uma emulsão betuminosa, aplicada à temperatura ambiente, por brocha, rolo ou pistola (figura 3), cobrindo totalmente a superfície a impermeabilizar. Quando aplicada uma camada de regularização em microbetão betuminoso, poderá ser dispensada a aplicação do primário se aquela estiver totalmente limpa e isenta de poeiras.



**Figura 3 - Aplicação de primário de aderência por rolo e por pistolagem**

### **3.3. Revestimento de Impermeabilização**

A impermeabilização é constituída por uma membrana betuminosa de betume modificado APP com dupla armadura de reforço e com as características mencionadas no quadro 2.

Quadro 2 – Características da membrana betuminosa

Descrição / Constituição do produto

Material	Armaduras	Acabamentos		Dimensão dos Rolos	Peso Nominal do Rolo	Rolos por Palete
		Face Inferior	Face Superior			
Mistura betuminosa constituída por: Betume, Polímero APP, Resinas e Filler	Feltro de Fibra de vidro de 50 g/m <sup>2</sup> + Feltro de Poliéster de 250 g/m <sup>2</sup>	Filme de polietileno	Areia	8 m <sup>2</sup> 1m x 8m	40 kg	25

Características Técnicas da mistura betuminosa

Características	Valores	Unidades
Penetração (25°C, 100°C, 5s)	25-45	dm m
Ponto de amolecimento	≥ 130	°C

Características Técnicas da membrana betuminosa

Características	Valores	Unidades	Ensaio
Massa nominal por unidade de superfície	5.0 ± 0.3	kg/m <sup>2</sup>	EN 1849-1
Espessura nominal	3.8	mm	EN 1849-1
Resistência ao escorrimento a elevada temperatura	120	°C	EN 1110
Flexibilidade a baixas temperaturas	- 5	°C	EN 1109
Estabilidade dimensional	≤ 0.5	%	EN 1107-1
Resistência ao rasgamento longitudinal / transversal	300 ± 50 / 350 ± 50	N	EN 12310-1
Resistência à tração longitudinal /transversal	1100 ± 220 / 850 ± 170	N/5cm	EN 12311-1
Alongamento na rotura longitudinal / transversal	45 ± 15 / 45 ± 15	%	EN 12311-1
Comportamento a fogo externo	B roof (t1)	X roof (t1)	EN 13501-5
Reação ao fogo	E	CLASSE	EN 13501-1
Estanquidade à água	S (estanque)	(S/N)	EN 1928
Resistência a uma carga estática	≥ 20	kg	EN 12730
Resistência ao impacto	≥ 2000	mm	EN 12691-A
Resistência de juntas ao corte	650 ± 250	N/5cm	EN 12317-1
Durabilidade flexibilidade	5 ± 5	°C	EN 1296 e 1297
Durabilidade comportamento a elevada temperatura	120 ± 10	°C	EN 1296 e 1297
Absorção de água	≤ 8	%	EN 14223
Resistência à colagem (sobre betão)	≥ 0.6	N/mm <sup>2</sup>	EN 13596
Resistência ao corte	≥ 0.3	N/mm <sup>2</sup>	EN 13653
Compatibilidade p/ envelhecimento térmico (91 dias/50 °C)	≤ 150	%	EN 14691
Resistência à compactação de umacamada de revestimento asfáltico	S (Resistente)	(S/N)	EN 14692
Comportamento das membranas betuminosas durante a aplicação de uma massa asfáltica	0 // ≤ 1 // ≤ 1	% // mm // -	EN 14693

A aplicação deste tipo de revestimento é efectuada por acção da chama do maçarico (figura 4), de modo a ficar totalmente aderida ao suporte, ficando os panos aderidos entre si por sobreposições nunca inferiores a 0,10 m (figura 5).

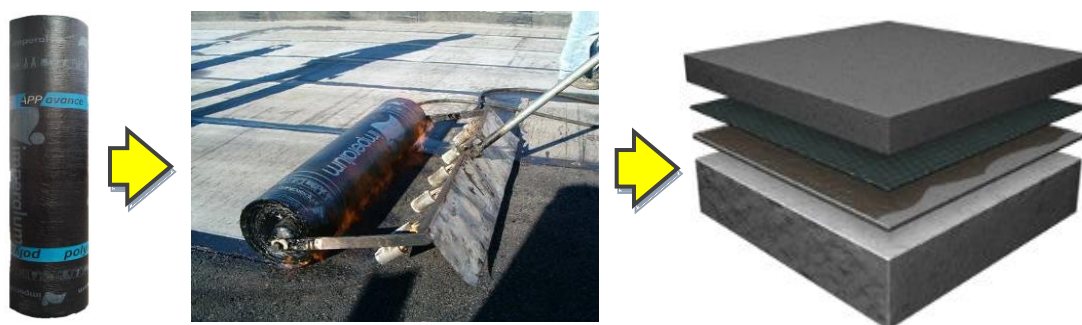


Figura 4 – Aplicação com aderência total ao suporte, por ação da chama de maçarico



**Figura 5 - Soldaduras de sobreposição, de topo e longitudinais**

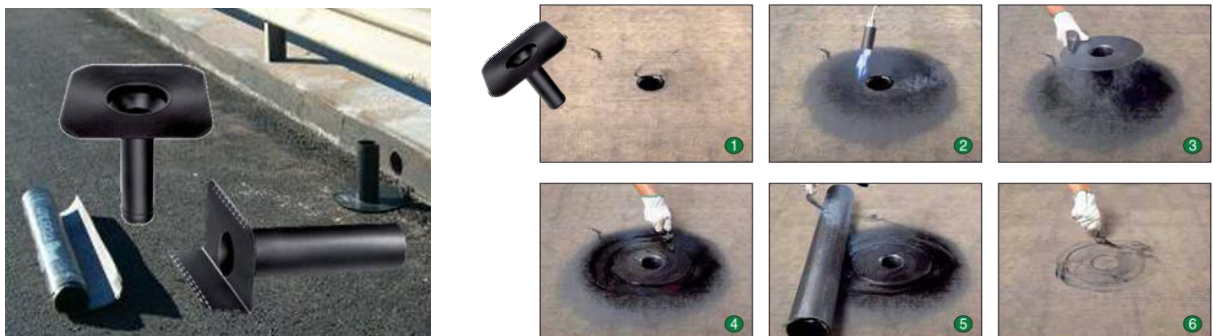
Neste tipo de intervenção não deverá ser permitido outro tipo de soldadura, sejam filmes adesivos, colas ou outros betumes a frio.

Nas zonas de concordância com outros elementos, nomeadamente verticais, é tecnicamente recomendável a aplicação de bandas de reforço (figura 6) constituindo uma duplicação da membrana betuminosa nas zonas de maior esforço e risco para a impermeabilização.



**Figura 6 – Encontro com elementos verticais - aplicação de bandas de reforço**

Nas zonas de drenagem das águas superficiais, torna-se necessária a colocação de peças de remate apropriadas, que permitam a total estanquidade nestes pontos singulares (figura 7).



**Figura 7 - Detalhe de aplicação de peças de remate**



Figura 8 - Vistas parciais do revestimento de impermeabilização

### 3.4. Aplicação da Camada de Protecção e Desgaste

A camada de desgaste e protecção será constituída por misturas betuminosas aplicadas a quente e fabricadas em obediência às normas NP EN aplicáveis, cumprindo nomeadamente as características apresentadas no quadro 3, adotando os seguintes critérios:

- Temperatura de espalhamento da mistura betuminosa: de 135 a 150 °C aproximadamente,
- Temperaturas de fabrico e compactação da mistura betuminosa: verificar certificado de qualidade do lote de betume (viscosidade/temperatura) para respeitar as viscosidades definidas no Caderno de Encargos (C.E.).

Quadro 3 – Características de camada de desgaste

Ensaio Marshall (75 pancadas)

Estabilidade (kg)	> 1200
Deformação (mm)	<4
Módulo de Rigidez Marshall (kg/mm)	>300
Porosidade (*)	<4
Grau de saturação do betume (%)	70-80

\* Cálculos com base na baridade máxima teórica, determinada pelo método do picnómetro de vácuo (ASTM D 2041)

Outras características

% de betume	>5,3%
Relação filler/betume	>= 1,3
Velocidade deformação (m/min) de 105 a 120 m/min conforme EN 13808	< 15

Os veículos que circulem sobre o revestimento de impermeabilização, nomeadamente os carros de transporte de betão betuminoso e de outros trabalhos, não devem efectuar manobras bruscas, com raios de curvatura pequenos e deverão circular a baixa velocidade. É imperativo manter constantemente as superfícies limpas para evitar fenómenos posteriores de perfuração do revestimento betuminoso (figura 9).



Figura 9 – Circulação controlada de veículos

A camada de proteção e desgaste deve ser aplicada directamente sobre a membrana betuminosa e a sua compactação dever-se-á realizar a temperaturas compreendidas entre os 140°C e os 90°C.

A colocação do betão betuminoso deverá ser efectuada com pavimentadoras de rodas pneumáticas e o cilindramento através de equipamento de rodados lisos e sem vibração (figura 10).



Camada de desgaste (ponte rodoviária)



Camada de proteção para aplicação de balastro (ponte ferroviária)



Compactação

**Figura 10 – Espalhamento e compactação da camada de proteção em betão betuminoso**

#### 4. REFERÊNCIAS TÉCNICAS E NOTAS FINAIS

A solução de impermeabilização de tabuleiros de pontes e viadutos apresentada é aplicada desde 1996 no resultado de um projeto que teve por suporte técnico e experimental ao processo de investigação e desenvolvimento, as necessidades intrínsecas dos tabuleiros de pontes e viadutos, as directivas da UEAT<sup>c</sup> – Union Européenn pour L'Agreement Technique dans la Construction, e ainda sistemas de homologação europeus, tendo ele próprio sido portador de Documento de Homologação com Certificação atribuído pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) desde 1999.

Entretanto, com a entrada em vigor da Norma EN 14695:2010 que define as características das membranas betuminosas para Impermeabilização de Tabuleiros de Pontes e viadutos, as membranas betuminosas destinadas a este tipo de aplicação passaram a ostentar obrigatoriamente Marcação CE a partir de 1 de outubro de 2011. Sendo esse o caso da membrana POLYSTER R 50 V, o anterior Documento de Homologação passou a dar lugar a um Documento de Aplicação, correspondendo à data atual ao “DA 105” do LNEC (figura 11).



**LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL**

## DOCUMENTO DE APLICAÇÃO

IMPERALUM – Sociedade Comercial de Revestimentos e Impermeabilizações, S.A.  
Apartado 151  
Zona Industrial – Pau Queimado  
2870-908 MONTIJO  
tel.: (+351) 21 231 29 41/2  
fax: (+351) 21 231 27 12  
e-e: imperialum@imperialum.pt  
www.imperialum.com

### POLYSTER R50 V

REVESTIMENTO DE IMPERMEABILIZAÇÃO DE TABULEIROS DE PONTES

**DA 105**

CI/SfB

	(27)	Tn2	(Ajs)
--	------	-----	-------

CDU 625.8.06

ISSN 624.21.095.33:625.8.06

1646-3595

IMPERMEABILIZAÇÃO DE TABULEIROS DE PONTES

BRIDGE DECKS WATERPROOFING

ÉTANCHÉITÉ DE TABLIERS DE PONTS

NOVEMBRO DE 2019

**Figura 11- DA 105 - Polyester R50V - Revestimento de impermeabilização de tabuleiros de pontes**



Ao longo dos já mais de 25 anos de experiência de aplicação deste sistema, foram já executados segundo esta especificação, entre projetos novos e de reabilitação em Portugal e em Espanha, uma área superior a 350.000m<sup>2</sup> de impermeabilização de tabuleiros de pontes e viadutos rodoviários e ferroviários.

## **5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

*Caderno de Encargos – Brisa.*

*EN 14695:2010 – Membranas de impermeabilização flexíveis – Membranas betuminosas armadas para impermeabilização de tabuleiros de pontes e outras lajes de betão circuláveis por veículos – Definições e características.*

*Infraestruturas de Portugal - Dicionário de rubricas – 2. Infraestrutura de Obras de Arte - Instrução Técnica IT.OAP.001 (Versão atualizada).*

*Relatório da Revisão do Documento de Aplicação – DA 105 - Laboratório Nacional de Engenharia Civil, novembro de 2019.*

*Relatório da Revisão do Documento de Homologação – DH 575 - Laboratório Nacional de Engenharia Civil, dezembro de 1999.*