

**REABILITAÇÃO DE VIADUTO RODOVIÁRIO EM BETÃO PRÉ-
ESFORÇADO, POR MEIO DE DESSALINIZAÇÃO
ELECTROQUÍMICA
PRIMEIRO CASO DE APLICAÇÃO EM PORTUGAL**

José Paulo Costa

s.t.a.p - reparação consolidação e modificação de estruturas, S.A.

SUMÁRIO

Nos últimos anos os métodos electroquímicos para reparação de estruturas de betão armado e pré-esforçado têm sido testados com sucesso em numerosos países, incluindo Portugal.

Nesta comunicação o autor apresenta o primeiro caso prático de um tratamento de dessalinização aplicado com sucesso durante o ano de 1998 num viaduto rodoviário, projectado pelo Eng Câncio Martins, em betão armado pré-esforçado em Sines.

São apresentadas as inspecções preliminares efectuadas, a concepção do tratamento de dessalinização empreendido, o sistema pericial de controlo e as conclusões obtidas.

1. INTRODUÇÃO

O Viaduto de Acesso ao Terminal Petrolífero da Administração do Porto de Sines, obra de arte em betão armado pré-esforçado, desenvolve-se em curva numa extensão de 155 m, apresentando uma secção contínua em caixão com vigas longitudinais interiores pré-esforçadas, apoiando-se em cinco pilares maciços de betão armado de alturas variáveis e em dois encontros.

O viaduto situa-se em Sines a poucas dezenas de metros do mar.

Precedendo a presente intervenção de reabilitação foi elaborado pela empresa GRID, em colaboração com a empresa OZ o diagnóstico e projecto de reabilitação.

Esse estudo evidencia, como causa principal do estado de degradação do betão, o elevado teor de cloretos ao nível das armaduras, provenientes do ambiente marítimo em que se insere a estrutura, associado a um recobrimento com pequena espessura, estando então instalado um processo de deterioração por corrosão das armaduras.

Verificou-se ainda que a profundidade de carbonatação do betão era muito reduzida, não atingindo as armaduras (Quadro 1).

Recobrimento mínimo das armaduras:		Profundidade de carbonatação:	
Pilares	1,8 a 3,0 cm	Pilares	0,1 a 0,8 cm
Tabuleiro	1,1 a 2,3 cm	Tabuleiro	0,1 a 2,3 cm
Encontro	2,1 a 3,5 cm	Encontro	0,5 a 1,8 cm
Teor de cloretos em relação à massa de cimento ao nível das armaduras:		Probabilidade da existência de corrosão activa:	
Pilares	0,11% a 1,26%	Pilares	minima
Tabuleiro	0,42% a 1,12%	Tabuleiro	50% a 95%
Encontro	0,52% a 0,81%	Encontro	minima a 50%

Quadro 1 – Resumo dos indicadores de durabilidade do betão da estrutura.

Foi então especificada a reabilitação da estrutura seguindo uma estratégia de intervenção múltipla, caracterizada pela substituição do betão deteriorado nas zonas anódicas, pela correcção do recobrimento das armaduras e finalmente pela protecção da estrutura por pintura apropriada.

Ficava no entanto a dúvida quanto ao risco de o elevado teor de cloretos existentes no interior da estrutura, nas zonas não reparadas, poder continuar com a nefasta acção destrutiva da camada passivante das armaduras.

Por forma a prolongar substancialmente a vida útil da estrutura foi aceite pela APS o trabalho complementar de dessalinização electroquímica da estrutura.

Possibilitando-se um nível de remoção de betão contaminado inferior e a eliminação da causa da deterioração da estrutura, chegou-se a um custo no final pouco superior ao da intervenção inicialmente pensada.

Procedeu-se entre os meses de Maio e Outubro de 1998 ao trabalho de dessalinização dos cerca de 2000m² do tabuleiro de betão armado Pré-esforçado.

O projecto, verificação de aplicabilidade do método e acompanhamento técnico da dessalinização foi levado a cabo pelo Eng. Justin Woodhouse da firma inglesa Martech.

O processo de dessalinização, foi monitorado em tempo real, sendo controlado por unidades transformadoras de corrente informatizadas, obtendo-se em cada instante todas as informações críticas relativas ao processo.

2. DESCRIÇÃO DOS TRABALHOS EXECUTADOS

2.1 Princípio de funcionamento da dessalinização

A dessalinização de betões é um tratamento electroquímico destinado a parar e a prevenir a corrosão de armaduras no betão armado contaminado por cloretos, através da redução do seu teor até valores aceitáveis.

Basicamente (Fig.1) consiste na aplicação de um campo eléctrico entre a armadura do betão e uma malha de ânodo externo embebida numa solução. Durante o tratamento os iões de cloro (carregados negativamente) migram para fora do betão; simultaneamente dá-se um fenómeno de electrólise na superfície da armadura que produz um ambiente alcalino e a sua re-passivação.

A atracção de iões positivos para a zona da armadura tem ainda como efeito o adensamento e impermeabilização do betão envolvente das armaduras.

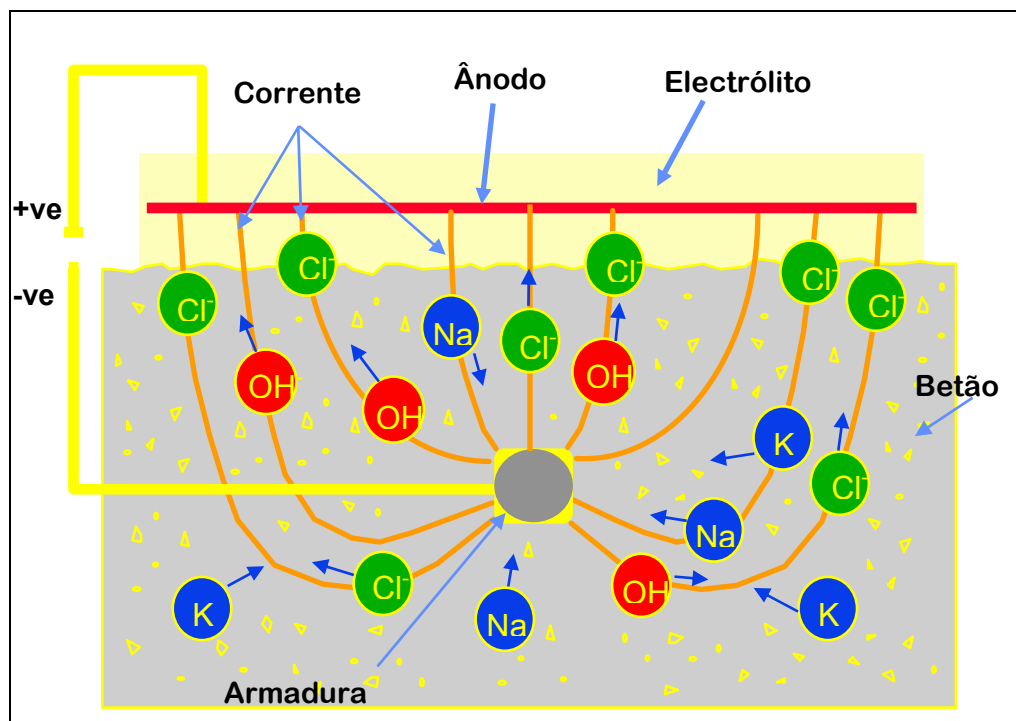


Fig.1 – Princípio de funcionamento da dessalinização.

2.2 Trabalhos preparatórios

Por forma a permitir o sucesso da dessalinização procedeu-se à verificação inicial dos critérios de aplicabilidade do processo.

Messe sentido verificou-se a **continuidade eléctrica das armaduras**, utilizando um multímetro, tendo especial atenção à continuidade dos cabos de pré-esforço com a armadura passiva. Se tal critério não se verificasse haveria que promover ligações através de cabos eléctricos por forma a que em cada zona a dessalinizar todas as armaduras estivessem electricamente ligadas.

Uma vez que em algumas zonas o **recobrimento das armaduras** era inferior a 10mm, procedeu-se à sua correcção. Para tal as zonas identificadas por “microcovermeter” foram superficialmente picadas com martelos pneumáticos ligeiros e o recobrimento refeito com betão projectado por via seca, com espessura superior a 40mm.

As zonas da estrutura delaminadas foram reparadas. Por picagem com martelos pneumáticos ligeiros foi removido o betão de recobrimento que envolvia as armaduras com indícios de corrosão. Os produtos de corrosão foram removidos por jacto de areia húmida e finalmente o

betão de recobrimento reposto por projecção por via seca, garantindo-se um recobrimento mínimo de 40mm.

É muito importante que estes critérios sejam verificados sob pena de se estabelecerem curtos-circuitos entre o ânodo e cátodo, impossibilitando a execução do processo de dessalinização.

2.3 Estabelecimento das células de dessalinização

No caso particular do Viaduto de Acesso ao Terminal Petroleiro, optou-se pela utilização de um sistema automático de monitorização da dessalinização.

Para tal a estrutura foi dividida em zonas de 40m², subdivididas em sub-zonas de 10 m². Cada uma das zonas de 40m² constitui uma célula de dessalinização com quatro pontos de controlo e introdução de corrente contínua permanente.

O controlo de cada célula é feito por uma unidade RD2, unidade rectificadora de corrente controlada por computador. Em tempo real o sistema de controlo alerta o operador do processo para avarias ou circunstâncias susceptíveis de serem resolvidas por forma a continuar com segurança e eficiência o processo (Fig. 2) .



Fig. 2 - Unidades RD2 rectificadoras de corrente e de controlo automático.

Estão a ser utilizadas em simultâneo oito unidades RD2, possibilitando a dessalinização em simultâneo de 320m².

O sistema anódico, polarizado positivamente pelo conversor de corrente alterna / corrente contínua (unidade RD2), é constituído por uma malha de titânio fixada à estrutura por pregos de plástico (material isolante) e mantido a uma distancia de 3 cm da superfície de betão por meio de régulas de madeira (Fig. 3).



Fig. 3 – Sistema anódico.

Cada célula de dessalinização apresenta diferenças na resistividade do betão (em função da humidade do betão ou da existência de mais ou menos áreas reparadas), pelo que é previamente registado em desenhos a localização da célula, a sua designação e são mapeadas as zonas reparadas e os pontos de controlo do teor de cloretos. Durante o processo os registos são imprescindíveis para interpretação das mensagens de erro do sistema e dos valores indicadores da evolução do tratamento.

A malha de titânio é revestida por projecção de fibras de celulose, que mantidas húmidas constituem o electrólito do processo.

O sistema catódico é constituído pela armadura do betão armado que é polarizada negativamente pelas unidades RD2.

A resistência entre o ânodo e o cátodo deve ser uniforme em cada célula pelo que se presta especial atenção às variações medidas pelo sistema de controlo automático nos quatro pontos (sub-zonas) de cada célula (zona).

A densidade de corrente utilizada no tratamento é aproximadamente igual a 1 A/ m² de superfície de betão armado, resultando no fornecimento de 10A a cada sub-zona.

A voltagem operacional depende da resistência eléctrica do betão armado (variável durante o tratamento em função do teor de cloretos e humidade). A máxima voltagem fornecida pelo conversor de corrente RD2 é de 40 V. No caso particular apresentado varia entre os 30V e 20 V.

2.4 Tratamento electroquímico – controlo do processo

Durante a dessalinização o operador é alertado em tempo real pelo sistema automático de controlo para os indicadores de evolução do processo, como sejam a resistência, a intensidade de corrente, a quantidade de Amperes hora por m² de armadura até então fornecidos às células.

Toda a informação é registada no disco rígido do computador do sistema e é visualisável no monitor sob a forma de histogramas, gráficos e alertas, permitindo a avaliação da evolução do processo e a consequência de ocorrências como seja por exemplo a falta de energia eléctrica.

Ocorrências como cabos partidos (circuito aberto) ou resistências muito baixas (curto-circuito), são imediatamente detectadas e assinaladas pelo sistema de controlo automático, permitindo ao operador facilmente localizar e corrigir situações que se poderiam de outra forma traduzir em danos sérios causados à estrutura.

O controlo do processo para além da componente automática permanente realiza-se diariamente mediante o seguimento de uma lista de verificações e registo de acções. Com a periodicidade de cerca de uma semana são colhidas amostras do betão da estrutura para a determinação do teor de cloretos.

A decisão final de conclusão do tratamento é tomada mediante a análise do relatório produzido pelo sistema de controlo automático, a análise dos registos diários de controlo e principalmente pela constatação da obtenção do teor de cloretos pretendido, inferior a 0,3% do peso de cimento neste caso.

3. RESULTADOS OBTIDOS

A área total de 2000m² concluída apresentou, num período de funcionamento do sistema de cinco semanas por cada fase, um abaixamento significativo do teor de cloretos. Obtiveram-se valores ao nível das armaduras da ordem de 0,2% do peso de cimento contra valores iniciais da ordem dos 0,6%, (Fig.4).

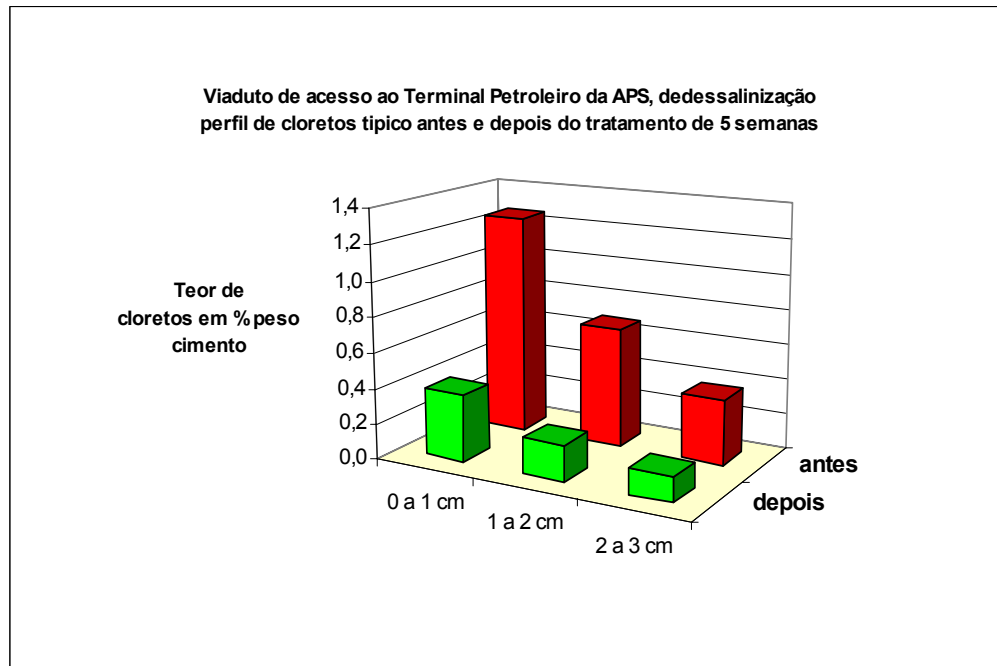


Fig. 4 – Valores do teor de cloretos antes e depois do tratamento.

4. CONCLUSÕES

O processo de dessalinização electroquímica do Viaduto de Acesso ao Terminal Petroleiro da APS tem-se revelado eficaz, cumprindo todas as expectativas em termos de resultados obtidos, segurança na utilização e eliminação da causa da deterioração do betão da estrutura.