

# IP1 – PONTE INTERNACIONAL SOBRE O RIO GUADIANA REABILITAÇÃO E SUBSTITUIÇÃO DO SISTEMA DE TIRANTES



Raquel Martins

Departamento de  
Estruturas  
Especiais  
Infraestruturas de Portugal  
Lisboa  
raquel.martins@  
infraestruturasdeportugal.pt



Tiago Rodrigues

Diretor do Departamento  
de Estruturas Especiais  
Infraestruturas de Portugal  
Lisboa  
tiago.rodrigues@  
infraestruturasdeportugal.pt



Paulo Machado

Unidade de Conservação  
Periódica e Obra – Centro  
Operacional Grande Lisboa  
Infraestruturas de Portugal  
Faro  
paulo.machado@  
infraestruturasdeportugal.pt



Helder Lourenço

Gestor da Unidade de  
Conservação Periódica e  
Obra – Centro Operacional  
Grande Lisboa  
Infraestruturas de Portugal  
Faro  
helder.lourenco@  
infraestruturasdeportugal.pt

## SUMÁRIO

No âmbito da gestão das infraestruturas de transportes sob a administração da IP, apresenta-se este caso como resultado do cumprimento dos objetivos estratégicos da sua atividade integrada no domínio público rodoviário.

Nas vertentes de conservação, requalificação e modernização, a IP promoveu a reabilitação geral e a substituição integral do sistema de tirantes da Ponte internacional sobre o Rio Guadiana, processo inédito em Portugal, envolvendo um importante trabalho conjunto de empresas especializadas, em estrita articulação com Espanha, uma vez que se trata de infraestrutura partilhada pelos dois países, com gestão e manutenção asseguradas por parte da IP.

**Palavras-chave:** Pontes atirantadas; reabilitação; sistema de tirantes; substituição

## 1. INTRODUÇÃO

A Ponte Internacional sobre o Rio Guadiana, obra de arte que integra a concessão da IP - Infraestruturas de Portugal, S.A., está localizada no final do IP1 e constitui uma importante passagem na fronteira com Espanha, entre o concelho de Castro Marim, distrito de Faro, e

Ayamonte, na província de Huelva, tendo sido inaugurada em agosto de 1991, apresentando um significativo fluxo de tráfego (TMDA perto de 11 mil veículos, chegando a atingir picos de 25 mil veículos/dia no mês de agosto), e uma alta percentagem de veículos pesados.



**Figura 1. Vista geral da Ponte Internacional sobre o Rio Guadiana**

A intenção de erguer esta infraestrutura surgiu na sequência do estabelecido no âmbito da Convenção firmada em abril de 1970 entre Portugal e Espanha. O projeto da autoria da empresa J.L.Câncio Martins foi elaborado em 1985, tendo a empreitada sido executada através de consórcio luso-espanhol constituído pelas empresas Teixeira Duarte/Huarte.

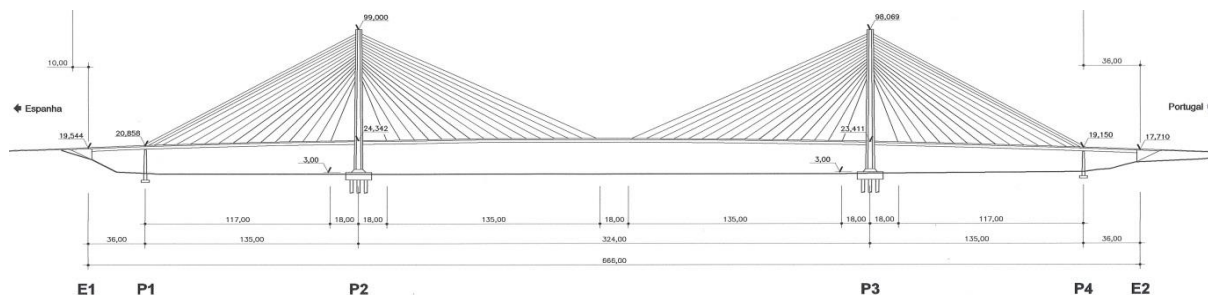
Na sequência de inspeções realizadas à obra de arte, no âmbito da gestão e manutenção asseguradas pela IP, foram detetadas anomalias no sistema de tirantes e estrutura de betão armado, que justificaram o desenvolvimento de um projeto de reabilitação e posteriormente a respetiva empreitada, tendo para o efeito sido celebrado em junho de 2015 um Convénio luso-espanhol especificamente para as obras de reabilitação da ponte.

Durante a intervenção e após inspeções detalhadas ao estado de conservação dos tirantes, foi possível detetar a existência de um conjunto mais alargado de anomalias, em particular junto das ancoragens inferiores, que podiam comprometer a durabilidade do sistema de tirantes.

Este artigo pretende resumir as várias fases de um processo que culminou com a substituição integral do sistema de tirantes.

## **2. DESCRIÇÃO GERAL DA OBRA DE ARTE**

A Ponte Internacional sobre o Rio Guadiana é uma ponte de tirantes múltiplos, com comprimento total de 666m, constituída por 5 vãos: vão central com 324m; dois vãos laterais também suspensos com 135m; dois vãos de extremidade de 36m estabelecendo a continuidade dos tramos laterais suspensos com os encontros.

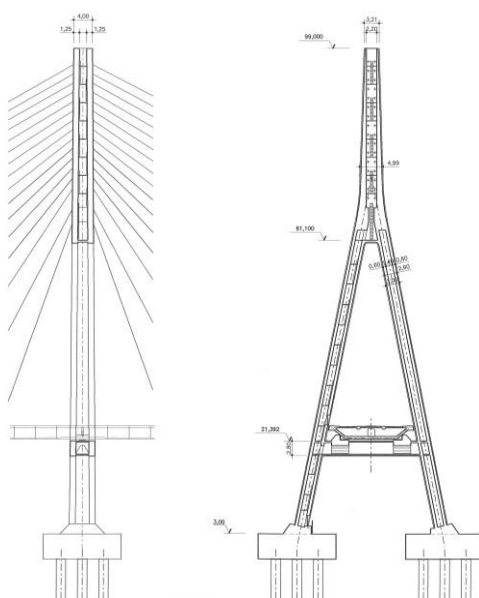


**Figura 2. Alçado norte [1]**

A largura do tabuleiro é de 18m, comportando duas vias em cada sentido e passadiços de serviço.

A altura do tabuleiro em relação à praia-mar máxima assegura um tirante de ar de 20m no vão central e de 17m nos vãos laterais.

As torres são de betão armado com uma travessa de apoio do tabuleiro e o troço superior onde estão ancorados os tirantes pré-esforçados. Têm a forma de um Y invertido e cerca de 100m de altura. A fundação das torres é constituída por dois maciços de betão armado pré-esforçado com 16,5 x 16,5 x 5,00m, ligados entre si por uma viga com 5m de altura e 3m de largura, apoiados sobre estacas de betão armado com 2m de diâmetro, executadas com tubo metálico perdido. As estacas têm cerca de 60m de comprimento do lado de Portugal e 30m do lado de Espanha.



**Figura 3. Alçado e secção transversal das torres [1]**

O tabuleiro, de betão armado pré-esforçado, constitui uma peça única entre encontros. A secção transversal nos tramos suspensos é um caixão com duas almas fortemente inclinadas com carlingas triangulares prefabricadas, afastadas 4,5m. A altura do tabuleiro é de 2,5m.

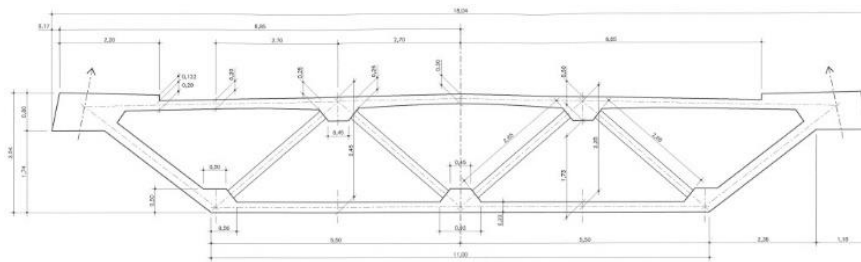


Figura 4. Secção transversal do tabuleiro [1]

Os 128 tirantes que suspendem o tabuleiro dispõem-se lateralmente e estão afastados 9m exceto junto às torres onde o afastamento é duplo. A configuração dos tirantes é de semi-harpa e são constituídos por cordões de aço galvanizado de alta resistência e individualmente protegidos por uma bainha de polietileno. Não possuem uma bainha global, apenas tubo antivandalismo. O número de cordões dos tirantes variava entre 22 e 55. Além dos apoios proporcionados pelos tirantes, o tabuleiro está ainda apoiado na travessa das torres e fixado ao encontro da margem portuguesa por quatro aparelhos oleodinâmicos destinados a atenuar as acelerações transmitidas ao tabuleiro por efeito de um sismo [2].

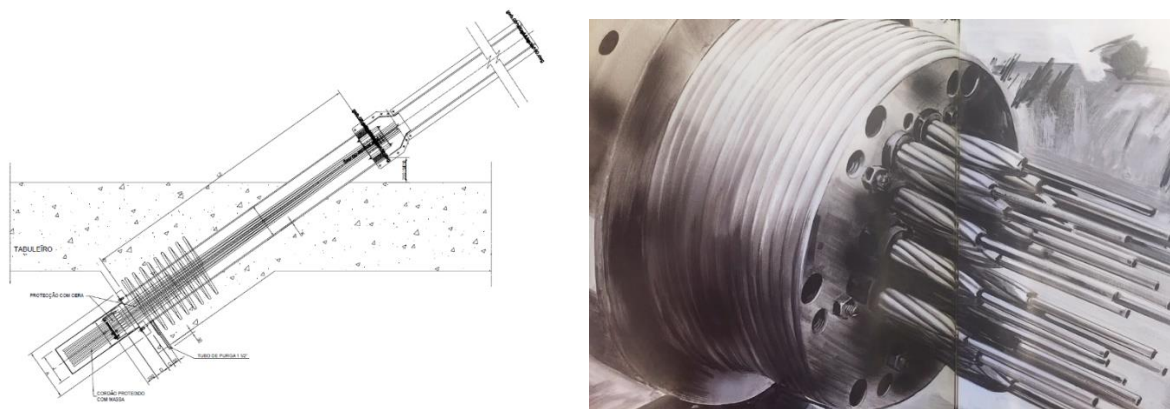


Figura 5. Pormenor das ancoragens inferiores [1][2]

### 3. ANOMALIAS DETETADAS

A ponte tem vindo a ser monitorizada com regularidade pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) desde a sua construção em 1991. Na sequência de uma vistoria à ponte foi detetada vibração acentuada dos tirantes, danos nalgumas bainhas de proteção dos cordões e infiltrações de água no tabuleiro, tendo sido apontada a necessidade de realizar uma inspeção detalhada à ponte nas duas componentes: tirantes e estrutura de betão.

Em 2006 foi realizada uma inspeção detalhada ao sistema de tirantes por parte da empresa Freyssinet, tendo-se confirmado a existência de vibrações excessivas nos tirantes e a existência de excentricidades nos tubos cofrantes, resultando assim num conjunto importante de anomalias:

- Vibrações excessivas:
  - Desprendimento das braçadeiras entre cordões no comprimento livre do cabo, em virtude da fraca aerodinâmica da secção do feixe de cordão;

- Danos nas tampas de selagem dos tubos antivandalismo, permitindo a entrada de água, resultando na corrosão dos tubos cofrantes (não galvanizados) e obstrução dos tubos purga;
- Danos nas bainhas de proteção dos cordões resultantes do contacto do tubo antivandalismo com o feixe de cordões;
- Excentricidades dos tubos cofrantes:
  - Funcionamento deficiente dos desviadores, resultando no desvio excessivo do feixe de cordões e na degradação do elastómero de contacto, potenciando fenómenos de fadiga e flexão;

Na sequência desta inspeção, face à relevância dos danos existentes e deficiente comportamento, considerou-se premente intervir o tirante 3-12-N, substituindo o tubo antivandalismo e colocando uma bainha global de modo a melhorar o seu comportamento aerodinâmico.

Em 2007 promoveu-se a realização de inspeção e ensaios à estrutura de betão da ponte, verificando-se o seguinte:

- Casos pontuais de delaminação de betão, associada a reduzido recobrimento e corrosão das armaduras;
- Recobrimentos reduzidos: 4 a 47mm no tabuleiro; 17 a 89mm nas torres;
- Fendilhação no tabuleiro da ordem dos 0,1-0,3mm, em casos pontuais com aberturas superiores;
- Teor de cloretos superior a 0,20% mas inferior ao limite de 0,40% ao nível do plano das armaduras passivas;
- Profundidades de carbonatação variam entre 5 e 12mm;

## **4. SOLUÇÕES DE PROJETO**

### **4.1 Geral**

Decorrente das inspeções realizadas foi desenvolvido entre 2007 e 2009 o projeto de reabilitação estrutural da autoria da empresa J. L. Cândio Martins, contemplando de forma resumida os seguintes trabalhos [1]:

- a) Reabilitação do sistema de atirantamento e melhoria do seu comportamento com o envolvimento dos tirantes por uma bainha, instalação de amortecedores nos tirantes mais compridos e ajustamentos das forças;
- b) Reparação das superfícies de betão degradado e selagem e injeção de fendas;
- c) Reabilitação de equipamentos, nomeadamente portas de acesso, plataformas metálicas, lanços de escada e tampos de alçapões, guarda-corpos e varandins;
- d) Proteção das superfícies de betão na ponte por aplicação de revestimento orgânico condutor (proteção catódica);
- e) Reabilitação dos batentes, aparelhos de apoio e juntas de dilatação, e substituição dos mais degradados;
- f) Beneficiação geral dos dispositivos oleodinâmicos;

- g) Fresagem do pavimento e impermeabilização do tabuleiro;
- h) Execução de revestimento betuminoso nas faixas de rodagem;
- i) Instalação de iluminação decorativa na ponte;
- j) Reabilitação da iluminação viária e da sinalização aérea e fluvial;
- k) Remodelação da sinalização existente e implementação de sinalização vertical dinâmica de informação e controlo;
- l) Instalação de instrumentação para monitorização.

Contudo o projeto não chegou a ser aprovado por dificuldades de articulação entre Portugal e Espanha. Em 2013, face ao tempo decorrido e à possível evolução de anomalias, houve necessidade de atualizar o projeto de reabilitação. Nessa altura optou-se por promover nova inspeção, mapeamento e ensaios à estrutura de betão, confirmando-se na generalidade as premissas assumidas no projeto inicial. Contudo não foi realizada nova inspeção aos tirantes devido à dificuldade e morosidade da sua realização, assumindo-se como válidas as conclusões das inspeções de 2007, incrementando, no entanto, algumas quantidades dos trabalhos previstos, nomeadamente a substituição de cordões.

O projeto foi aprovado em 2015 pela Comissão Técnica Mista Luso-Espanhola de Pontes.

## **4.2 Reabilitação dos tirantes**

Conforme referido anteriormente a avaliação realizada ao estado de conservação dos tirantes revelou o seguinte [1]:

- A ausência de tubo guia obrigou a instalar o desviador nos tubos cofrantes sem possibilidade de compensar o desvio angular entre a diretriz do tirante e o eixo dos tubos cofrantes, desvio que resultou essencialmente de erros de implantação dos tubos durante a construção. Estes desvios podiam ocasionar a plastificação do tubo cofrante, esmagamento e fluência do elastómero que constitui as almofadas dos desviadores com a consequente perda de capacidade dando origem a rotações do cordão e flexão na ancoragem, contribuindo para o aparecimento de fenómenos de fadiga;
- As circunstâncias climatéricas adversas da zona (exposição a ventos frequentes) provocaram a rotura das braçadeiras destinadas a compactar o feixe de cordões que constituem os tirantes danificando a selagem do tubo antivandalismo;
- Degradação dos sistemas de proteção contra a corrosão originada pela agressividade do ambiente, danos nas pinturas por atrito ou erosão mecânica e rasgos na capa de proteção dos cordões e desgaste da camada de zinco de alguns cordões periféricos à saída dos tubos antivandalismo sem selagem e centrados.

Os trabalhos previstos no projeto no que respeita ao sistema de atirantamento foram deste modo os seguintes:

- Substituição de 150 cordões, quantidade estimada na globalidade dos 4.232 que constituíam os 128 tirantes;

- Reabilitação/manutenção de todas as ancoragens existentes dos tirantes, incluindo o fornecimento e colocação de cunhas para correção angular, bem como de desviadores, em algumas destas ancoragens;
- Instalação de tubos guia para atenuar/corrigir as consequências dos desvios que se verificavam entre a geratriz dos tirantes e o eixo do tubo cofrante e a falta de perpendicularidade entre a placa de ancoragem e a geratriz do tirante;
- Reconstrução dos tubos cofrantes junto das ancoragens inferiores;
- Instalação de amortecedores nos tirantes mais compridos;
- Reparação de todos os tubos antivandalismo existentes junto das ancoragens inferiores;
- Fornecimento e montagem de bainha global em todos os tirantes;
- Pesagem de todos os tirantes e retensionamento de modo a compensar as deformações que ocorreram por efeito de fluência e retração do betão desde a construção da ponte;
- Fornecimento e instalação de equipamento para auscultação de tirantes (junto de algumas das ancoragens).

## 5. INTERVENÇÃO

### 5.1 Situação prévia

O concurso internacional para a realização da intervenção foi oportunamente despoletado após a conclusão do projeto, tendo a consignação da empreitada ocorrido em 2017.

No entanto ainda em 2015 ocorreu a rotura de um cordão do tirante 3-29-S, observando-se que a mesma se verificou dentro do bloco de ancoragem inferior, numa primeira fase com o rompimento anterior de dois fios, depois de três fios, e os restantes fios foram arrastados da cunha causando o colapso do cordão. Esta conclusão resulta da verificação de existência de níveis de corrosão e de diferentes comprimentos das pontas quebradas daqueles fios, verificando-se ainda que o correspondente desviador, existente no topo do tubo cofrante, encontrava-se partido numa das suas peças constituintes.



Figura 6. Pormenor da ponta do cordão que rompeu e esquema da ancoragem inferior

Esta situação levou à realização de inspeção detalhada da ancoragem inferior do tirante, realizada por empresa da especialidade, tendo-se verificado um conjunto de anomalias que potenciaram a rotura do cordão: vibração; entrada de água na prensa-estopa e na ancoragem; lavagem de cera de proteção no interior da mesma.

Em 2017 e já no decurso da empreitada inicial verificou-se a rotura de um segundo cordão no mesmo tirante, desta vez junto da ancoragem superior.



Figura 7. Pormenores da rotura do 2º cordão do tirante 3-29-S

Por razões de incumprimento contratual a IP viu-se forçada a resolver o contrato da empreitada inicial, tendo avançado de imediato para novo procedimento em face da progressiva urgência da situação, pelo que foi possível dar efetivo início à execução dos trabalhos de reabilitação da ponte a partir de 2018, através da empresa Conduril, tendo como subempreiteiro para os trabalhos nos tirantes a DSI.

## 5.2 Sistema de tirantes

### 5.2.1 Inspeção em obra

Numa primeira fase, já com as estruturas de acesso montadas (andaimas nas torres e bailéus suspensos no tabuleiro), como previsto no projeto de reabilitação, foram realizados trabalhos de inspeção e verificação do estado geral do sistema de tirantes existente, que visaram as ancoragens e os tubos cofrantes, incluindo endoscopias no interior dos mesmos, bem como a medição dos desvios angulares existentes em todas as ancoragens, o estado das cunhas, das pontas e bainhas dos cordões.

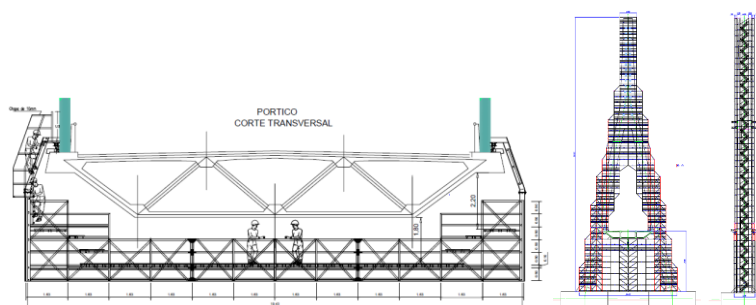


Figura 8. Bailéus suspensos no tabuleiro e andaimas nas torres



Estes trabalhos evidenciaram um estado de conservação muito mais deficitário do que o espetável, com um panorama de anomalias mais agravadas e com maior dispersão por todo o sistema, do qual se apresenta os excertos das situações mais significativas:

- a) Danos nas bainhas de PEAD de proteção individual dos cordões, junto dos tubos cofrantes inferiores, ao nível do topo do tubo antivandalismo, e ainda no comprimento livre dos cordões, com perda da camada de galvanização dos fios e início de corrosão, afetando pelo menos 400 cordões;



Figura 9. Anomalias nos feixes de cordões

- b) Defeitos de construção detetados nas endoscopias realizadas no interior dos tubos cofrantes das ancoragens inferiores, nomeadamente cordões sem proteção fora do interior da câmara da prensa estopa. Verificaram-se também situações de delaminação do aço da prensa-estopa. Estas situações conduziram à necessidade de substituição de cerca de 40 tirantes (cerca de 1.530 cordões);



Figura 10. Anomalias na proteção de cordões e delaminação na prensa estopa

- c) A medição do desvio angular nos tirantes apontava para a necessidade de substituição de 14 tirantes (cerca de 379 cordões);



Figura 11. Medições de desvios angulares

- d) As deficiências verificadas nos blocos de ancoragem inferiores não permitiam cumprir os requisitos de estanquicidade para garantir a durabilidade de um sistema de tirantes uma vez que se verificou a presença de água em praticamente todas as ancoragens inspecionadas. As infiltrações ocorreram através do feixe de cordões expostos às intempéries, com acumulação de água nos vazios por defeito na aplicação da cera de proteção na câmara da prensa estopa e devido a falta de manutenção no desentupimento dos tubos purga, sendo que a corrosão do bloco de ancoragem e na face exposta das cunhas observou-se em cerca de 50% dos tirantes.



**Figura 12. Anomalias nas ancoragens inferiores**

De uma forma geral, as anomalias assinaladas conduziram, conjuntamente, a uma estimativa na quantidade de cordões a substituir de pelo menos 60% da totalidade dos mesmos (cerca de 2.500 cordões dos 4.232 existentes), para além de configurar uma forte probabilidade de existência de anomalias também no interior das ancoragens, incluindo a corrosão dos cordões na aproximação à cunha da ancoragem (no meio do bloco, onde se deu uma das roturas anteriores nos cordões do tirante 3-29-S).

Ainda em complemento da inspeção realizada, foi efetuada a remoção de oito cordões do tirante 3-29-S devido ao historial de roturas ocorridas previamente ao início da obra, no sentido de se obter mais informação sobre o estado dos restantes cordões dentro da ancoragem inferior, em zona não acessível a qualquer inspeção não destrutiva. Verificou-se que os cordões removidos apresentavam corrosão acentuada, sobretudo na parte que se encontrava no interior da prensa estopa e dentro do bloco de ancoragem. Apesar da recolocação dos 10 cordões em falta, a situação geral do sistema de tirantes existente obrigou a uma devida ponderação com vista à sua substituição integral.



**Figura 13. Amostra de cordões removidos do tirante 3-29-S**

Face ao exposto, impôs-se interpretar as questões técnicas e avaliar as questões económicas subjacentes, justificando-se uma substituição integral dos tirantes, tendo ainda em conta uma garantia total do sistema de atirantamento, o que não poderia acontecer com qualquer outra intervenção por reabilitação parcial, como seja, substituir cordões (mesmo que na totalidade), pois as ancoragens antigas não permitiam dar qualquer garantia de durabilidade do sistema na sua globalidade devido à permanência de elementos estruturalmente comprometidos. Apenas uma nova solução permitiria à ponte usufruir de um sistema de atirantamento de última geração, respeitando os atuais requisitos regulamentares, quanto à durabilidade e exigência estrutural, sendo igualmente pertinente o equilíbrio económico/financeiro.

### 5.2.2 Substituição integral

Os pressupostos para a substituição dos tirantes foram definidos pelo autor do projeto da ponte, tendo-se estabelecido que a substituição dos tirantes teria de ser realizada em 4 fases distintas, cada fase correspondente a um quadrante, possibilitando a substituição simultânea de dois tirantes em cada fase, com exceção dos 2 tirantes mais curtos.

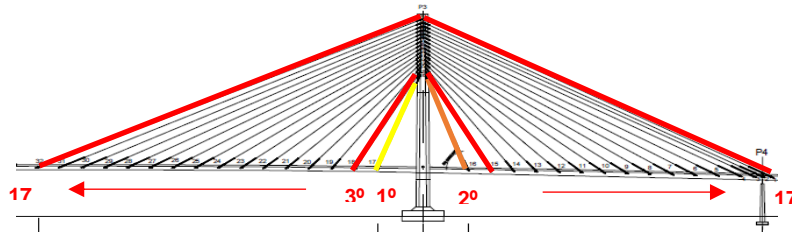
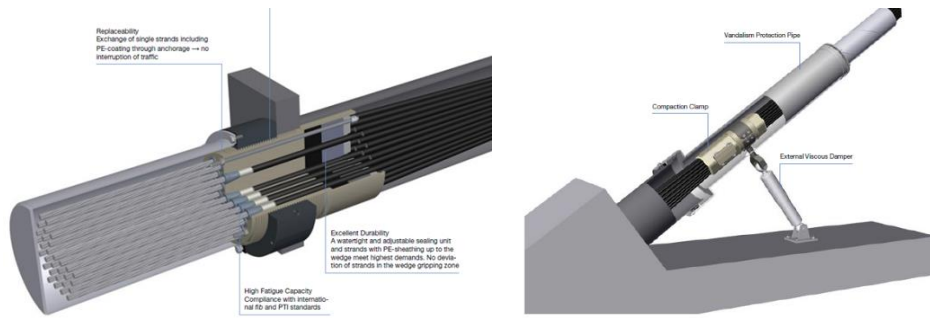


Figura 14. Faseamento construtivo para substituição dos tirantes [3]

Estes trabalhos seriam ainda realizados mantendo em permanência a circulação do trânsito nos dois sentidos em apenas 1 das vias.

Obedecendo a estes pressupostos, a substituição da totalidade dos 128 tirantes do sistema foi dividida em quatro atividades principais, incluindo [3]:

- Remoção dos feixes de cordões e ancoragens, que compunham cada um dos tirantes, seguida da adaptação das placas de ancoragem e dos tubos cofrantes (únicas componentes que permaneceram do antigo sistema);
- Instalação de novos cordões e novas ancoragens, bainhas globais de proteção exterior em todos os tirantes e posterior reposição das forças anteriormente existentes;
- Retensionamento de alguns tirantes para nivelamento das cotas do tabuleiro;
- Aplicação de gel anticorrosivo nos tubos cofrantes e instalação de amortecedores nos tirantes mais compridos para atenuar os movimentos dinâmicos provocados pelo vento;



**Figura 15. Pormenores das ancoragens e amortecedores do novo sistema de tirantes [3]**

As operações de substituição de cordões foram iniciadas pelo tirante 2-17-N (central junto ao pilar-torre P2), e a partir da calote inferior do feixe os cordões foram desativados individualmente e sequencialmente, após libertação das respetivas cunhas na ancoragem inferior e depois na ancoragem superior, sendo posteriormente descidos da torre através de guincho elétrico em direção à plataforma do tabuleiro.



**Figura 16. Cadeira e macaco monocordão na ancoragem inferior e remoção de cordões**

A utilização de macaco hidráulico monocordão permitiu descolar as cunhas do bloco de ancoragem e o conseqüente destensionamento do respetivo cordão, sendo removido do tubo cofrante na zona do passeio, sempre seguro com cadernal e garra apropriados, até que o cordão descesse da torre e estivesse totalmente acondicionado no tabuleiro. Após retirados todos os cordões de um tirante, passou-se para a remoção das respetivas ancoragens, a inferior com ajuda de camião grua e a superior através do guincho existente no interior das torres.



**Figura 17. Sequência de remoção ancoragens e amostra de cordões removidos**

Com a remoção das ancoragens inferiores, confirmaram-se os receios já antecipados aquando da fase inicial da empreitada, sendo as situações mais preocupantes as dos cordões, sobretudo nos troços que atravessavam a prensa-estopa e o bloco da ancoragem.



Figura 18. Sequência na colocação de novas ancoragens, novos cordões e tensionamento

A colocação de ancoragens novas só foi possível em virtude do diâmetro dos tubos cofrantes ser bem maior do que o diâmetro das mesmas, tendo, contudo, que se alargar o orifício da maioria das placas de ancoragem para receber as novas. Relativamente às bainhas de proteção global em PEAD, estas foram construídas em obra, por soldadura dos respetivos troços de tubo, consoante o comprimento dos tirantes, tendo sido montadas juntamente com o tubo antivandalismo, suportadas no primeiro cordão, seguindo-se posteriormente o enfiamento dos restantes cordões e tensionamento do tirante com a força pretendida.

De salientar as apertadas medidas de segurança implementadas, de modo a garantir a adequada circulação do trânsito. Não obstante a necessidade de atender ao estrito cumprimento de todas as exigências, verificou-se um aumento progressivo dos rendimentos das operações na intervenção.



Figura 19. Gráfico dos rendimentos aproximados na substituição dos tirantes

Cada quadrante é composto por 32 tirantes de diversos comprimentos, cerca de 160m para os mais longos e de 48m para os centrais, mais curtos, variando também o número de cordões na composição do feixe em cada tirante, de 22 a 55 cordões, proporcionalmente ao comprimento, dos mais curtos e dos mais compridos, respetivamente.

Foi ainda instalado um sistema de monitorização contínua das forças nos tirantes, composto por sensores elastomagnéticos colocados junto das ancoragens superiores nas torres, e demais equipamentos para receção, transmissão e tratamento dos dados, permitindo assim o controlo remoto das forças em tempo real.

### 5.3 Reabilitação geral

A reabilitação geral da estrutura da ponte consistiu na realização dos trabalhos referidos no ponto 4.1, relevando-se os seguintes:

- Fresagem do pavimento, impermeabilização do tabuleiro com recurso a membrana líquida e repavimentação;
- Substituição de juntas de dilatação;
- Colocação de novas barreiras de segurança no separador central com nível de retenção H2-W1;



**Figura 20. Trabalhos de substituição das juntas de dilatação e colocação de barreiras de segurança**

- Reparação das superfícies de betão, tendo-se verificado em obra uma quantidade significativamente menor de elementos a reparar;
- Aplicação de revestimento espesso e pintura acrílica de proteção, uma vez que se verificou inviável nos testes realizados em obra a aplicação de revestimento orgânico condutor (proteção catódica);



**Figura 21. Trabalhos de proteção das superfícies de betão**

- Substituição e beneficiação de aparelhos de apoio;
- Beneficiação dos dispositivos oleodinâmicos;



**Figura 22. Aspeto final da obra**

## 6. CONCLUSÃO

A intervenção na Ponte Internacional sobre o Rio Guadiana resultou principalmente da necessidade de correção de anomalias decorrentes do excesso de vibração dos feixes de cordões que constituíam os tirantes, provocando a rápida deterioração e danos severos dos vários elementos constituintes do sistema instalado (desviadores, tubos antivandalismo, ancoragens e cordões).

A ausência duma bainha envolvendo todo o feixe de cordões dum tirante correspondia à técnica que na época da construção era seguida nas pontes atirantadas com cordões autoprotégidos. A observação do comportamento destes tirantes e os avanços no conhecimento da sua dinâmica levam a que atualmente os tirantes constituídos por feixes de cordões autoprotégidos sejam envolvidos numa bainha de proteção global.

Apenas durante a execução da empreitada, e após a montagem de estruturas de acesso e plataformas de trabalho na generalidade da estrutura, foi possível aferir a extensão das anomalias detetadas em fases anteriores, verificando-se um agravamento significativo face ao previsto no projeto.

Foram assim apresentados os principais aspetos tidos em consideração na tomada de decisão por parte da IP de proceder à substituição integral do sistema de tirantes. A solução implementada conduziu à reposição das adequadas condições de segurança estrutural, nas mais diversas vertentes, sem deixar de salientar as exigências técnicas específicas e particulares, métodos construtivos e um controlo de custos o mais eficaz possível, de forma a garantir um bom desempenho futuro da infraestrutura integrada numa gestão de contrato de empreitada proporcional ao desafio colocado.

Os resultados alcançados com uma intervenção desta natureza permitem seguramente uma maior durabilidade da estrutural global, a permanente monitorização remota das forças atuantes no sistema de tirantes, garantindo assim, no seu conjunto, a administração dos níveis de segurança na circulação rodoviária com encargos controlados, o que conduzirá certamente ao alívio nos custos de manutenção futura durante o período de vida útil desta obra de arte.

O custo total da intervenção de substituição dos tirantes e reabilitação geral da obra foi da ordem dos 14M€.

## REFERÊNCIAS

- [1] JLCANCIO MARTINS – IP1 – Ponte Internacional sobre o Rio Guadiana e Viaduto de Acesso em Vila Real de Santo António - Projecto de reabilitação estrutural, incluindo trabalhos complementares. 2015.
- [2] Ponte Internacional sobre o Rio Guadiana. Junta Autónoma de Estradas, 1991.
- [3] Ponte Internacional do Rio Guadiana – Memória Técnica – Substituição dos Tirantes. Conduril – Engenharia, SA / Dywidag – Systems International, 2019.