

Reforço de Pontes Modulares do Tipo Bailey com Recurso a Sistemas de Pré-Esforço

Tiago Vieira Ramos
Instituto Superior Técnico
Academia Militar
Lisboa, Portugal
ramos.tv@exercito.pt

Prof. João C. de O. F. de Almeida
Instituto Superior Técnico
Universidade de Lisboa
Lisboa, Portugal
jalmeida@civil.ist.utl.pt

Prof. António. C. G. M. André
Berd S.A.
Faro, Portugal
Antonio.andre@protecna.pt

Resumo — No presente artigo apresenta-se uma possível solução recorrendo a pré-esforço exterior da ponte militar Mabey Compact 200, na sua configuração DSHR2H ++, sujeita a uma sobrecarga militar significativamente mais elevada do que aquela que está documentada, potenciando assim a sua utilização por veículos de classe de carga militar (MLC) superior.

A análise desta solução foi efetuada com recurso ao software ROBOT, no qual foi modelada a ponte, as cargas e o próprio sistema de pré-esforço. As verificações foram efetuadas também no software depois de tudo estar modelado, visto o programa conseguir fazer essa avaliação sem se proceder a cálculos manuais.

A solução a que se chegou apenas garante uma análise ao ELU da Ponte Mabey, não contemplando verificação em serviço. O principal objetivo deste reforço era tentar instalar o sistema de pré-esforço exterior depois da ponte já estar montada, tentando não alterar qualquer elemento da superestrutura. No entanto verificou-se que haveria um perfil nas extremidades que não iria verificar a segurança para a posição na qual a viatura se encontra a meio vão. No mesmo sentido, analisou-se a posição mais desfavorável para o esforço transversal e também as diagonais não verificaram a segurança, tendo-se reforçado os respetivos perfis. Assim, recorrendo às ancoragens e selas de desvio modeladas no software ROBOT, e à troca dos perfis que não verificaram a segurança, conseguiu-se uma solução de pré-esforço que garante o aumento da capacidade de carga de veículos, para um mesmo vão.

Palavras-chave: Ponte Militares, Reforço Estrutural, Pré-Esforço Exterior.

I. INTRODUÇÃO

As pontes modulares são, nos dias de hoje, soluções viáveis para vencer diversos tipos de obstáculos naturais e/ou artificiais que existam num determinado terreno. O seu fácil transporte, rápido processo de montagem/desmontagem, a sua capacidade de carga e comprimento de vão que atingem, são algumas das características que tornam este tipo de pontes muito eficazes em cenários de catástrofes naturais e conflitos armados. Por forma a prestar um apoio incontestável à população e à Proteção Civil em cenários de catástrofes naturais, mas também para solidificar a manobra de Forças Militares, o Exército Português adquiriu o modelo mais recente de pontes modulares da empresa Mabey & Johnson, o modelo Mabey Compact 200. A sua utilização tem sido efetuada com base nos manuais fornecidos pelos fabricantes, nos quais existem várias formas de utilização e

montagem da Ponte, dependendo do vão a vencer e da capacidade de carga que se pretende atingir. O interesse em estudar esta Ponte Modular em particular, prende-se com o facto de haver uma necessidade recorrente de aumentar a capacidade de carga de uma forma eficiente, sem comprometer a sua estabilidade e o tempo de vida dos vários elementos que constituem a ponte. Deste modo, vai ser utilizada uma das invenções que mais revolucionou a Engenharia Civil, o Pré-Esforço.

II. PONTES LOGÍSTICAS

Em todas as operações militares, a disciplina, rapidez e organização da manobra das forças é um elemento fulcral, que pode distinguir uma operação bem-sucedida de um completo desastre. Assim, os Exércitos adquirem equipamentos, como pontes de assalto e logísticas, que permitem manter o seu ímpeto, rapidez do movimento e a organização da coluna militar, de modo a conseguir cumprir as missões impostas pelos escalões superiores.

Posto isto, chega-se à conclusão de que as duas grandes Guerras foram os principais motores para a evolução do conhecimento e do fabrico de pontes logísticas, principalmente porque em tempo de Guerra é grande o investimento em equipamento e tecnologias que permitam obter vantagem em relação aos adversários. Na Primeira Guerra Mundial, com o surgimento dos carros de combate de grande envergadura, foi necessário desenvolver pontes que conseguissem sustentar elevadas cargas nas suas vias, e por isso as pontes que surgiram eram estruturas robustas e pesadas. Com o avanço tecnológico durante o séc. XX e XXI, as pontes tornaram-se cada vez mais leves, rápidas de montar, resistentes e eficientes, sendo nos dias de hoje, soluções viáveis para emergências (Fig. 1).



Fig. 1 – Ponte montada na 2ª Guerra Mundial na Alemanha (esquerda), e Ponte Mabey Compact 200 montada no Reino Unido (direita) [1].

III. REFORÇO DE PONTES MODULARES

Atualmente na Engenharia de pontes, a busca incessante por soluções mais eficientes de reforço de pontes, trouxe uma panóplia de opções cada uma com particularidades diferentes, que nos fazem chegar a uma solução mais viável do que as outras. Ao pensar no assunto, pudemos facilmente concluir que a substituição de certas peças nas pontes por outras mais robustas, é uma solução simples e muitas vezes eficaz, mas existem outras, tais como a adição de novos elementos, adição de área de aço e os sistemas de pré-esforço exterior (Fig. 2).

Desde a sua invenção, o pré-esforço exterior tem vindo a ser desenvolvido e a ganhar cada vez mais importância no plano atual do mundo da construção, principalmente devido à possibilidade de permitir o reforço de estruturas que estão sujeitas a novas solicitações, que se traduzem muitas vezes em incrementos de carga.

A grande particularidade do pré-esforço exterior é o facto de se diferenciar do pré-esforço interno na disposição dos cabos, ou seja, no pré-esforço exterior é maioritariamente utilizado cabos em traçados retos, ao contrário do pré-esforço interno que normalmente, e de modo a ser mais eficaz, tem um traçado parabólico.

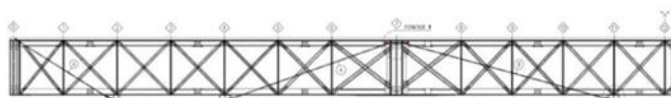


Fig. 2 – Exemplo de aplicação de pré-esforço exterior [2].

Como nenhum sistema é perfeito, o pré-esforço exterior apresenta inúmeras vantagens e desvantagens. As vantagens desta técnica são [3] [4]:

- o Reduzido incremento do peso próprio do elemento reforçado;
- o Intervenção pouco intrusiva e reversível;
- o Possibilidade de monitorização;
- o Facilidade de correção e substituição do pré-esforço;
- o Aumenta a capacidade de resistência aos momentos fletores.

Não obstante, esta técnica ostenta também alguns inconvenientes, tais como [3] [4]:

- o Grande probabilidade de surgir problemas derivados com a deterioração dos elementos em aço face à sua exposição aos agentes atmosféricos;
- o Embora o pré-esforço exterior seja eficaz no aumento da resistência da estrutura à flexão, não confere um reforço ao corte, razão pelo qual é aconselhável uma verificação de segurança ao esforço transversal;
- o Outra das fragilidades é que para ser feita a tensão dos cabos de pré-esforço, torna-se essencial a existência de espaço na zona das ancoragens ativas.

IV. AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO ESTRUTURAL DA PONTE MABEY COMPACT 200

Para fazer o estudo da ponte, utilizou-se uma situação hipotética na qual se pretende avaliar recorrendo a um sistema de pré-esforço exterior, a viabilidade da ponte instalada em Mafra (vão 45,72m) suportar veículos MLC 100 W, permitindo assim criar uma travessia (não existente nas proximidades) com a capacidade de carga pretendida sobre o Rio Lizandro (Fig. 3). O modelo foi concebido no software ROBOT (Fig. 4 e 5) utilizando a mesma configuração que foi utilizada quando a ponte foi instalada em Mafra, e é objetivo do artigo conceber um sistema de pré-esforço que conseguisse garantir a passagem da viatura de classificação MLC 100 W pela ponte Mabey na configuração DSHR2H ++ [5].

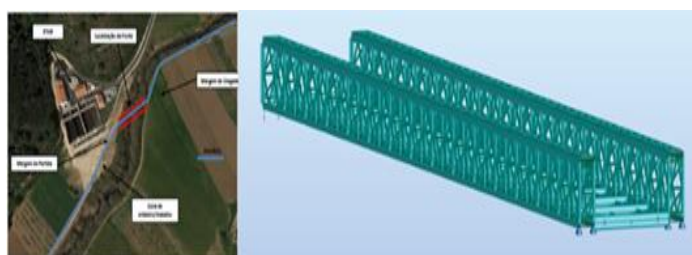


Fig. 3 – Esquema de localização da ponte vista aérea (esquerda), e modelo ROBOT da ponte.

Foi feita uma verificação automática dos perfis da ponte com base no software ROBOT, e verificou-se que muitos perfis não verificavam a segurança. Assim, foi estudada uma solução de pré esforço exterior que conseguisse resistir aos momentos fletores e esforço transversal exercida pela passagem de uma viatura de classificação militar MLC 100 W. Após ser dimensionada e refinada, foram desenvolvidos os elementos de interação, as ancoragens e as selas de desvio, mudaram-se os perfis das diagonais e dos postes macho e fêmea (não verificavam a segurança), e chegou-se a uma solução equilibrada com 2 cabos de 4 cordões de 0,6’’N em cada lado da ponte, que cumpria as condições de segurança existentes nos regulamentos. Os valores de “0.00” que aparecem na Figura 6, são referentes a perfis longitudinais que foram adicionados para simular as ligações cavilhadas da ponte, e por isso não apresentam esforços.

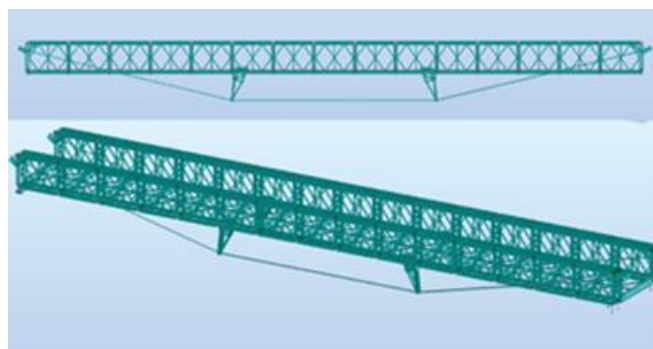


Fig. 4 – Ponte Mabey Compact 200 com sistema de pré-esforço exterior modelada em software ROBOT.

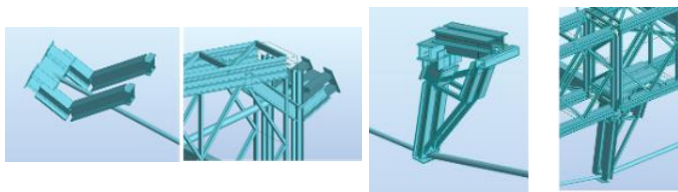


Fig. 5 – Pormenor dos elementos de interação modelado em software ROBOT (Ancoragens e Escoras, respetivamente).

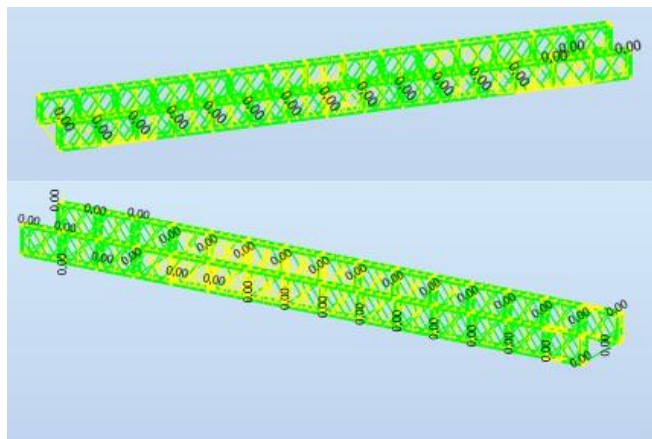


Fig. 6 – Verificação de perfis no software da Ponte Mabey Compact 200.

V. CONCLUSÕES

O problema prático apresentado tem por base uma situação real, na qual a ponte Mabey Compact 200 com a configuração DSHR2H++ foi utilizada, mostrando a utilidade que estes tipos de pontes militares podem ter na resolução de problemas em que são necessárias respostas eficientes. No caso em questão, a instalação e desmontagem da ponte apresentou custos na ordem dos 15 000 €, e a manutenção, inspeção e aluguer cerca de 2000 €, ficando notório que os custos associados a uma operação deste tipo são relativamente baixos comparando com os benefícios que a ponte traz ao serviço da população. Durante o tempo em que a ponte esteve montada, decorreram trabalhos de limpeza do itinerário cortado, bem como o reforço das encostas com redes metálicas de alta resistência, de modo a garantir que a estrada mantivesse o seu fluxo normal com a devida segurança.

O objetivo era por isso avaliar um sistema de pré-esforço exterior que garantisse a passagem de um único veículo de classificação MLC 100 W pela ponte. Hipoteticamente, era de extrema importância que essa viatura conseguisse fazer a travessia do Rio Lizandro, não havendo mais opções para a sua passagem. É importante referir que a passagem da viatura com o sistema de pré-esforço exterior e o reforço dos postes macho e fêmea e diagonais foi garantida pela verificação de segurança feita na análise com o software ROBOT, mas o comportamento em serviço não foi avaliado, o que não garante a posteridade desta solução em relação à fadiga e deformação a longo prazo.

Como se pode perceber, era esperado que os perfis aos quais o pré-esforço fosse ligado cedessem, tal como aconteceu no caso dos postes macho e fêmea de cada extremidade visto que as forças inerentes à aplicação do sistema de pré-esforço exterior são altíssimas e estes perfis não foram dimensionadas para aguentar esforços de tal ordem. Pela mesma ordem de ideias, as diagonais cederam, visto não terem sido dimensionadas para cargas de tal forma altas como são as de um MLC 100 W.

Numa forma geral, a implementação deste tipo de reforço nas pontes militares Mabey, poderá ser garantida estudando de uma forma intensiva a forma como é feita a sua montagem, mas é muito difícil de garantir em casos em que a ponte já está montada, tal como é o caso que se apresenta. A troca dos postes macho e fêmea, a troca das diagonais e a acoplamento dos elementos de interação deveria ser feita durante a montagem da ponte, precedida da preparação dos perfis a ser colocados e dos furos para os parafusos que garantem a ligação tanto nos postes em cada extremidade como na corda inferior, ancoragens e selas de desvio.

AGRADECIMENTOS

O presente artigo foi fruto do trabalho e dedicação de muitas pessoas que estiveram a meu lado durante este período, e que por isso merecem o meu agradecimento.

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer ao Professor Doutor João Carlos De Oliveira Fernandes de Almeida e ao Professor Doutor António Carlos Guerreiro Morgado André, pela ajuda durante a elaboração do artigo, pois sem o seu empenho, dedicação e parecer em questões técnicas, não teria sido possível resolver os problemas que foram surgindo e que culminaram neste trabalho.

Agradeço também à empresa da BERD, e principalmente ao elemento com quem estive mais em contacto, a Engenheira Inês Ferraz, que muito ajudou durante a modelação da ponte, sempre interessada em ajudar e a dar sempre “inputs” para que tudo corresse da melhor forma.

Não poderia deixar de agradecer também ao meu diretor de curso, Tenente Coronel de Engenharia Matias, pela sua constante preocupação mesmo não fazendo parte da orientação do meu artigo.

Ao Capitão de Engenharia Nuno Alves e ao Tenente de Engenharia Roberto Ladeiras, agradeço a disponibilização de documentos e fotografias da instalação da Ponte Mabey em Mafra, que muito ajudaram para fundamentar o problema prático desenvolvido durante estes meses.

Também tenho de agradecer aos meus camaradas de curso e da Academia Militar que são das pessoas mais importantes que tive até hoje, todos eles foram-se tornando família nesta caminhada de 7 anos que está prestes a concluir. Foram eles que me acompanharam diariamente na minha formação, ajudaram nos momentos difíceis, mas também partilharam comigo momentos dos quais nunca me vou esquecer. Desejo as maiores felicidades e sorte para todos nesta longa caminhada que ainda

está por ser percorrida, pois o final de um capítulo coincide sempre com o início de um novo!

Quero agradecer à minha família e amigos, que representam tudo o que eu sou hoje. São a constante da minha vida, que me ajudaram sempre nas dificuldades que foram surgindo.

Por último, agradeço aos meus avôs, que embora não estejam fisicamente presentes, estiveram e estarão sempre no meu pensamento, garantindo que tenho forças para continuar o meu caminho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] André, A. C. (2016). Estudo da Aplicação de Pré-Esforço Orgânico em Pontes Provisórias. Porto
- [2] Gomes, N. A. (2017). Estudo para Reabilitação e Reforço da estrutura metálica da Ponte sobre a Ribeira de Corges ao PK168+612 da linha de caminho-de-ferro da Beira Baixa. Universidade da Beira Interior, Covilhã.
- [3] Neves, S. P. (2012). Pré-Esforço Exterior no Reforço de Estruturas. Lisboa.
- [4] Preto, P. D. (2014). Aplicação de Pré-Esforço Exterior como Técnica de Reforço de Estruturas de Betão. Lisboa.
- [5] Mabey Bridge. (2014). Logistic Support Bridge - General Manual prepared for the portuguese army - Logistic command material and transportation directorate. Chepstow: Mabey Bridge Limited.
- [6] Ladeiras, R. (2017). Ponte Militar Mabey & Johnson - Avaliação da Capacidade para cenários de Acidente. Lisboa.
- [7] Pereira, R. M. (2015). Comportamento Estrutural de Pontes Logísticas do tipo Mabey do Exército Português.
- [8] NATO. (2006). STANAG 2021. NATO.