

**Avaliação de reforço com protensão externa da ponte Marcelino
Machado, BR – 135, São Luís - MA**

**Reinforcement evaluation with external pretension of Marcelino
Machado bridge, highway BR-135/Ma, São Luís - MA**

DOI:10.34115/basrv6n6-013

Recebimento dos originais: 04/11/2022

Aceitação para publicação: 09/12/2022

Ana Caroline Pereira Nolasco

Especialista em Engenharia Ferroviária pelo Instituto de Pós-Graduação e Graduação
(IPOG - MA)

Instituição: Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão

Endereço: Rua Topázio, nº 100, Vila São Francisco, CEP: 65930-00, Açailândia - MA

E-mail: carolnolascoengcivil@gmail.com

Clésio de Oliveira Rodrigues

Graduando em Engenharia Civil pela Universidade Estadual da Região Tocantina do
Maranhão (UEMASUL)

Instituição: Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão

Endereço: Rua Topázio, nº 100, Vila São Francisco, CEP: 65930-00, Açailândia - MA

E-mail: clesiorodrigues.201763072@uemasul.edu.br

Debora Emylle Carvalho Silva

Graduando em Engenharia Civil pela Universidade Estadual da Região Tocantina do
Maranhão (UEMASUL)

Instituição: Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão

Endereço: Rua Topázio, nº 100, Vila São Francisco, CEP: 65930-00, Açailândia - MA

E-mail: deborasilva.2017081394@uemasul.edu.br

Debora Ferreira Matos

Graduando em Engenharia Civil pela Universidade Estadual da Região Tocantina do
Maranhão (UEMASUL)

Instituição: Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão

Endereço: Rua Topázio, nº 100, Vila São Francisco, CEP: 65930-00, Açailândia - MA

E-mail: deboramatos.20180040396@uemasul.edu.br

Helde Costa Silva

Graduando em Engenharia Civil pela Universidade Estadual da Região Tocantina do
Maranhão (UEMASUL)

Instituição: Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão

Endereço: Rua Topázio, nº 100, Vila São Francisco, CEP: 65930-00, Açailândia - MA

E-mail: heldesilva.201763090@uemasul.edu.br

Julianne Ferreira de Sá

Graduando em Engenharia Civil pela Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL)

Instituição: Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão

Endereço: Rua Topázio, nº 100, Vila São Francisco, CEP: 65930-00, Açailândia - MA

E-mail: juliannesa.201762950@uemasul.edu.br

Marly Cirqueira Santos

Graduando em Engenharia Civil pela Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL)

Instituição: Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão

Endereço: Rua Topázio, nº 100, Vila São Francisco, CEP: 65930-00, Açailândia - MA

E-mail: marlyasantos.201763063@uemasul.edu.br

Randal Silva Gomes

Especialista em Infraestrutura de Transportes pelo Instituto de Pós-Graduação e Graduação (IPOG - MA)

Instituição: Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão

Endereço: Rua Topázio, nº 100, Vila São Francisco, CEP: 65930-00, Açailândia - MA

E-mail: randal.gomes@hotmail.com

Thalyta Souza Reis

Graduando em Engenharia Civil pela Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL)

Instituição: Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão

Endereço: Rua Topázio, nº 100, Vila São Francisco, CEP: 65930-00, Açailândia - MA

E-mail: thalytareis.2017082730@uemasul.edu.br

Witor Carvalho Bonjardim

Graduando em Engenharia Civil pela Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL)

Instituição: Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão

Endereço: Rua Topázio, nº 100, Vila São Francisco, CEP: 65930-00, Açailândia - MA

E-mail: witorbonjardim.2017082794@uemasul.edu.br

RESUMO

A protensão externa é um dos métodos de reforços estruturais existentes e é muito utilizada nos casos de reforços em pontes, inclusive no Brasil, pela possibilidade de reforçar ativamente a estrutura sem a necessidade de alterar sua seção original e interromper o seu uso durante a obra. O objetivo desta pesquisa é fazer a análise do método de reforço estrutural utilizando a protensão das cordoalhas com macacos hidráulicos, usado para a recuperação e reforço da estrutura da ponte Marcelino Machado, em São Luís – MA. A metodologia do estudo realizado pode ser dividida em duas etapas: A avaliação da revitalização e recuperação da ponte por meio dos projetos estruturais utilizados na reforma e das fotos da execução, assim como através da revisão bibliográfica das literaturas consultivas que agregam conhecimento ao tema abordado. Dessa forma, ao longo do trabalho foi abordado os métodos para a execução do reforço estrutural através da protensão, na qual o mecanismo ajuda a anular a presença de patologias na ponte que possam comprometer a estrutura.

Palavras-chave: pontes rodoviárias, protensão externa, recuperação estrutural.

ABSTRACT

External pretension is one of the existing structural reinforcement methods and is widely used in cases of reinforcements in bridges, including in Brazil, due to the possibility of actively strengthening the structure without the need to change its original section and interrupt its use during the work. The objective of this research is to analyze the structural reinforcement method using the pretension of the steel cord, with hydraulic jacks, used for the recovery and reinforcement of the structure of the Marcelino Machado bridge, in São Luís - MA. The methodology of the study can be divided into two stages: The evaluation of the revitalization and recovery of the bridge through the structural projects used in the reform and the photos of the execution, as well as through the literature review of the advisory literatures that add knowledge to the theme addressed. Thus, throughout the work, the methods for the execution of structural reinforcement through pretension were approached, in which the mechanism helps to annul the presence of pathologies on the bridge that may compromise the structure.

Keywords: road bridges, external pretension, structural recovery.

1 INTRODUÇÃO

Alguns avanços tecnológicos surgiram no período da Segunda Guerra Mundial, a partir do ano de 1949. A engenharia, por exemplo, apresentou um desenvolvimento considerável no que se refere ao uso do concreto protendido, visto que este possui vasta aplicabilidade em obras de grande porte, como em pontes (VERLY, et. al., 2015).

Em diversos países devido ao crescimento social e econômico, houve a necessidade da criação de infraestruturas maiores e mais eficientes para atender as demandas da população. Durante a vida útil dessas construções, os sistemas estruturais são submetidos de forma frequente a riscos naturais e degradação causadas por fatores ambientais e mecânicos que reduzem de forma considerável seu desempenho inicial (BARONE e FRANGOPOL, 2014).

Apesar de possuir um grande patrimônio edificado em terra, é possível verificar o desgaste sofrido nas estruturas principalmente de pontes no Brasil. Quintino et al. (2020) ressaltam importância dessas obras de arte para o fluxo viário e a cadeia produtiva no país. Segundo o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes em um Relatório Gerencial apresentado em 2017 cerca de 97,57% das pontes eram construídas em concreto armado e protendido.

As obras de arte especiais (pontes, viadutos, passarelas ou túneis), também conhecido como “OAE”, devem atuar de forma que as ações permanentes e cargas móveis, de veículos e pedestres, trabalhem de forma eficiente por um longo período

(VERLY, et. al., 2015). Logo, é necessário atenção nos projetos e execuções deste tipo de obras para que durante a vida útil da construção não apareçam patologias colocando em risco a integridade da estrutura.

Os problemas patológicos em pontes têm suas origens motivadas por falhas que ocorrem durante uma das três etapas básicas do processo da construção: concepção, execução e utilização. (BEBER, 2003). Medeiros (2020) evidência como problema, a idade elevada das pontes devido às poucas informações existentes no momento de projeção e execução, baixa qualidade dos materiais utilizados na execução.

Além das alterações que as estruturas de concreto estão sujeitas ao entrarem em contato com o ambiente natural, já que o ambiente exerce forte influência no comportamento da estrutura no que desrespeito a durabilidade dos materiais (SANTOS et. al. 2019). Um exemplo de problemas acarretados pela falta de manutenção das obras de pontes em concreto armado são as fissuras, trincas e deterioração do concreto (PAIXÃO, et al.; 2020).

Desse modo, o reforço estrutural é fundamental quando possui a necessidade em aumentar a capacidade resistente ou a correção das falhas, que após análise, observou-se que a capacidade de carga inicial teve decréscimo (SAAVEDRA, 2010). Algumas técnicas de reforço podem ser empregadas para a correção de falhas de projeto e execução, aumento ou regeneração da capacidade portante da estrutura, redução de acidentes, desgaste ou deterioração.

Dentre as técnicas de reforço em estruturas de concreto armado, podem ser citadas, a complementação das armaduras, adição de chapas e perfis metálicos ou a utilização de materiais compósitos, aumento de seção por revestimento da peça (envelopamento), adição e ainda a adição de cabos exteriores protendidos (SOUZA E RIPPER, 1998).

A protensão externa é um dos métodos de reforços estruturais existentes e é muito utilizada nos casos de reforços em pontes, inclusive no Brasil, pela possibilidade de reforçar ativamente a estrutura sem a necessidade de alterar sua seção original e interromper o seu uso durante a obra. O método consiste na incorporação de cordoalhas externas à estrutura, longitudinal ou transversalmente, utilizando desviadores metálicos, de forma a restabelecer as condições originais ou reforçando a mesma para suportar cargas superiores às projetadas. As cordoalhas são passadas através de desviadores e tensionadas, comprimindo o concreto e eliminando o fissuramento. (MARIANO, 2015, p. 18).

O objetivo desta pesquisa é fazer a análise do método de reforço estrutural utilizando a protensão das cordoalhas com macacos hidráulicos (técnica utilizada para aumentar a resistência da estrutura) e o envelopamento com concreto das cordoalhas, usado para a recuperação e reforço da estrutura da ponte Marcelino Machado, cuja extensão é de 450 metros, em São Luís – MA, no ano de 2017.

2 METODOLOGIA

A metodologia do estudo realizado pode ser dividida em duas etapas: A análise da revitalização e recuperação da ponte por meio dos projetos estruturais utilizados na reforma e das fotos da execução, assim como através da revisão bibliográfica das literaturas consultivas que agregam conhecimento ao tema abordado.

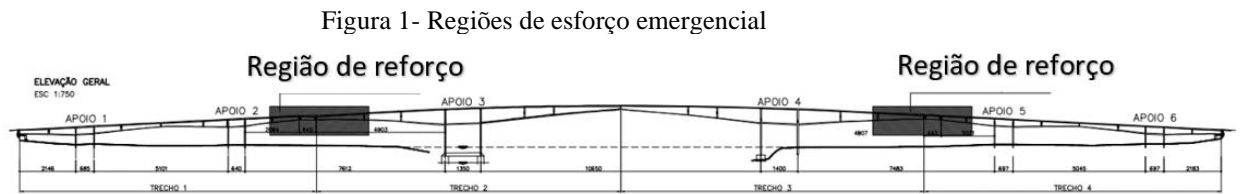
A avaliação por meio dos projetos estruturais ocorreu não apenas a partir dos elementos fornecidos, mas também a partir da comparação entre as protensões apresentadas em projeto como os elementos que poderiam ser vistos sendo executados na obra por meio das fotos.

A revisão bibliográfica sistematizada foi utilizada para melhor selecionar as obras que poderiam agregar maior conhecimento e relevância ao tema abordado como: artigos científicos presentes em periódicos, normas, dissertações e livros publicados.

As normas norteadoras que serão utilizadas para o estudo são a ABNT NBR 6118:2014 - Estruturas de Concreto Armado – Procedimento, devido ao fato de ser o principal material de construção utilizado para a execução da ponte. A ABNT NBR 7187:2021 – Projeto de pontes, viadutos e passarelas de concreto também deve ser consultada pelas condições especiais devido a finalidade da construção e ABNT NBR 7483:2020 – Cordoalhas de aço para estruturas de concreto protendido - Especificação, também deve ser verificada por ser o método de reforço escolhido.

A Ponte Marcelino Machado liga a ilha de São Luís no estado do Maranhão ao continente, na BR-135, atravessando o canal do Estreito dos Mosquitos, ligação entre a baía de São Marcos e São José, esta é composta de duas pontes paralelas, sendo foco de estudo a ponte (esquerda) sentido Bacabeira - São Luís no estado do Maranhão que passou por um processo de revitalização iniciado no final de junho de 2017 e terminou em janeiro de 2018.

A ponte tem comprimento de 450 (quatrocentos e cinquenta) metros, sendo as regiões de esforço emergencial situadas entre os apoios 2 -3 e 4-5. A Figura 1 mostra os locais chaves para a execução da revitalização da ponte.



Fonte: Empresa responsável pelo projeto, 2017.j

Dessa forma, para a o serviço de recuperação foi instalado o andaime de baixo da ponte como exposto na Imagem 1, para a locomoção dos trabalhadores como também a realização dos serviços.

Imagem 1 - Andaime para operação dos trabalhos.



Fonte: Autores.

Diante disso, vale ressaltar que foi realizado o processo de fixação dos dispositivos metálicos com equipamento da bomba hidráulica para ancoragens e desvios das cordoalhas de reforço, logo após foi executado os blocos de reforço internos à viga caixão nas linhas de ancoragem, posicionando as cordoalhas e aplicando as cargas de protensão feita por um macaco hidráulico, executando os serviços de envolvimento de feixes de cordoalhas e dispositivos metálicos Imagem 2.

Imagem 2 - Ancoragem das cordoalhas



fonte: Autores.

O concreto utilizado foi com $f_{ck} > 35$ MPa com fator $\geq 0,50$ ara reforços internos à viga caixão, como também argamassa graute autonivelante com adição de 30% de pedrisco para envolvimento de feixes de cordoalhas e dispositivos metálicos, dessa forma, foi colocado formas e logo após a concretagem como exposto na imagem 3 a seguir.

Imagem 3 - Das formas com a concretagem



Fonte: Autores.

Na tabela 1 está exposto o detalhamento dos materiais como o número de cordoalhas para cada especificação de cabos como o comprimento total dos cabos, sendo para um trecho 2376 metros e para dois trechos 4752 metros, possuindo um total de 288 ancoragens para dois trechos, sendo o peso total do aço CP 190 RB de 3683 kg.

Tabela 1 - Cabos de protensão externa CP 190RB - Para um trecho

Cabos	Camada	Número de cordoalhas Ø 12,7 mm	Quant.	Comprimentos de cabos (m)		Ancoragens 1 Ø	Força Junto ao macaco (tf/Ø)	Alongamentos Teóricos (mm)
				Unitário	Total			
Cabo C1	1	6	4x	41.00	984.00	48	13.5	..
Cabo C2	2	6	4x	33.00	792.00	48	13.5	..
Cabo C3	3	6	4x	25.00	600.00	48	13.5	..

Fonte: Empresa responsável pelo projeto, 2017.

Além desses materiais foram utilizadas barras DYWIDAG ST95/105 Ø 32 para fixação dos dispositivos metálicos e para o bloco de reforço. Sendo, o comprimento total de barras 620 metros e 8 centímetros equivalente ao peso de 3918 kg, uma vez que o número total de porcas é 768 ud.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 DISPOSITIVOS METÁLICOS

A protensão externa tem sido aplicada ao reforço de vigas de pontes e é considerada o método mais conhecido no reparo das OAE, proporcionando melhor desempenho de serviço, maior resistência à flexão e cisalhamento (ALMEIDA e HANAI, 2005). No primeiro retrofit, geralmente são utilizadas ancoragens metálicas e desviadores metálicos. A técnica envolve ancorar os cabos fora da estrutura e depois puxá-los, podendo haver desvios na sua trajetória, através dos desviadores (PINHEIRO, 2018).

Os dispositivos metálicos foram confeccionados em aço ASTM A588, sendo as ancoragens utilizadas para fixar o dispositivo de tensionamento do cabo protendido, mantendo a força de protensão aplicado pelo macaco hidráulico, evitando que o cabo retorne à sua posição original e ocasione perda de tensões (CHOLFE e BONILHA, 2018). Já os desviadores metálicos, fixados à estrutura por meio de barras especiais retas protendidas, permitem variar a posição dos cabos ao longo do vão, considerando o raio mínimo de curvatura dos cabos dentro dos desviadores, pois a desconsideração pode acarretar danos no aço e nas bainhas plásticas ou nos tubos metálicos, podendo ocasionar perdas de protensão por atrito (ALMEIDA, 2001).

Os cabos retos desviados são conhecidos como polígonos e são amplamente utilizados em situações de protensão externa onde os cabos não estão em contato com a

estrutura, exceto no ponto de ancoragem e desvio, onde, eventualmente irão introduzir forças na direção oposta ao solicitado (PINHEIRO, 2018). Os dispositivos de ancoragem são fixados na estrutura e iniciado a protensão quando injetada a nata de cimento dentro das bainhas, após a concretagem e endurecido, os cabos serão colocados na bainha, sendo os cabos tracionados por macacos hidráulicos e fixados nas placas de ancoragem, através das cunhas, onde irão comprimir o concreto (CAUDURO, 2003).

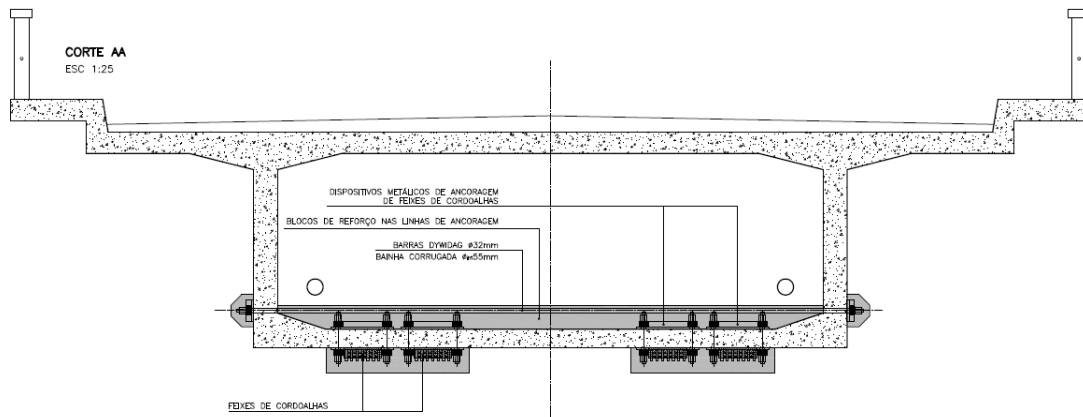
3.2 BLOCOS DE REFORÇO NAS LINHAS DE ANCORAGEM

É de suma importância a perfeita execução da ancoragem em um sistema de protensão, tendo em vista que, é feita a indução de um estado especial de tensões em cordoalhas com o objetivo de melhorar o comportamento estrutural da peça onde o concreto é moldado já contendo o aço tracionado contra os blocos de ancoragem (LUCHI, 2001).

Sobretudo os cabos não apresentam aderência significativa para manter a protensão, e uma ancoragem mal executada pode ocasionar em falha na estrutura como um todo. E conforme (CAUDURO, 2003), as linhas de ancoragem com grupos superior a seis cabos devem conter reforço estrutural adicional.

E conforme mostrado na figura abaixo, são executados blocos de reforço interno da viga caixão nas linhas de ancoragem, onde as peças metálicas são fixadas com barras DYWIDAG 32 mm.

Figura 2 - Corte sistema de ancoragem



Fonte: Empresa responsável pelo projeto, 2017.

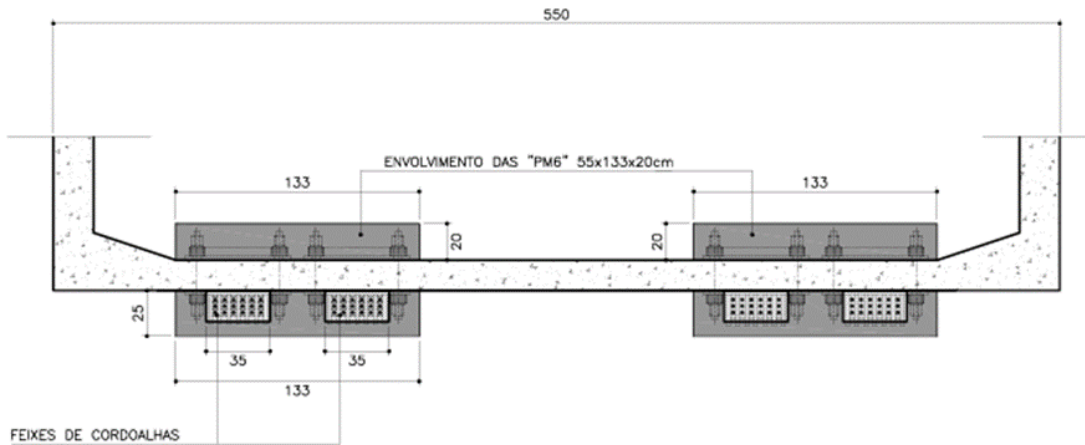
O sistema DYWIDAG tem como base o emprego de barras de aço especiais resistente a tração, com componentes que distribuem a carga aplicada com o auxílio da ancoragem na estrutura protendida (DSI, 2015).

3.3 POSICIONAMENTO DAS CORDOALHAS E APLICAÇÃO DAS CARGAS DE PROTENSÃO

Conforme é possível observar na Figura 3 que representa o corte da seção transversal da viga caixão e Imagem 4 onde é possível ver a fixação das cordoalhas na face inferior da viga principal, as cordoalhas foram distribuídas longitudinalmente ao longo de toda a face inferior da ponte em quatro feixes com 12 cordoalhas cada, apoiadas por dispositivos metálicos de ancoragem e desviadores, enfileirados de forma retilínea (BASTOS 2019).

Ao longo de todo o comprimento da ponte, objetivando a introdução de um esforço axial nesta região, além de um momento fletor contrário ao causado pelo peso próprio da OAE e pelas cargas variáveis a que a estrutura é submetida. Essa técnica trata-se de uma pós-tensão em função do modo de aplicação como instrumento de reforço requerendo meios próprios de dimensionamento (SOUZA e RIPPER 1998).

Figura 3 – Corte transversal da viga caixão



Fonte: Empresa responsável pelo projeto, 2017.

Imagem 4 – Fixação das cordoalhas



Fonte: Autores.

A aplicação das cargas de protensão foi realizada com o uso de um conjunto hidráulico macaco e bomba de protensão. As barras DYWIDAG foram protendidas com 30tf por barra, e após a protensão realizou-se a injeção da nata de cimento nos furos das longarinas através dos dispositivos previstos. Já as cordoalhas foram protendidas somente após a cura da nata injetada nos furos das barras DYWIDAG, pelas duas extremidades, aplicando-se uma carga de 8tf por cordoalha.

O serviço de envolvimento consiste na injeção de nata de cimento nas bainhas, conforme Bastos (2021) este processo garante a aderência mecânica entre a armadura de protensão e o concreto, além de proteger as cordoalhas contra a corrosão. Levando-se em consideração que a ponte está em uma região litorânea que segundo a ABNT NBR 6118/2014 classifica-se na classe de agressividade ambiental III, com risco de deterioração da estrutura grande, sendo assim o envolvimento das cordoalhas foi uma importante etapa na execução do reforço.

3.4 RECUPERAÇÃO DAS ANOMALIAS SUPERFICIAIS

O pavimento possui muitas funções técnicas, podemos destacar a capacidade de resistir e distribuir as forças verticais do tráfego, as condições de rolamento, que proporcionam conforto e segurança às pessoas, resistindo às forças horizontais de desgaste (LITAIFF et al., 2022). Os problemas no pavimento asfáltico, patologias, podem surgir devido a um projeto deficiente, técnicas de construção inadequadas ou falta de manutenção, pois tais construções sofrem deterioração com a exposição ao clima e solicitações do tráfego, sendo necessário a reforma ou reparo desses problemas na superfície da estrada pode precisar ser reforçada ou reabilitada (FILHO et al., 2020).

Segundo Litaiff et al. (2022), o método de restauração do pavimento deverá partir de um projeto de engenharia, isso deve consistir na remoção de uma parte ou toda da espessura do pavimento, podendo eventualmente atingindo o subleito, sendo implementada integralmente a nova camada estrutural, sua natureza, composição e as especificações devem corresponder às propriedades correspondentes da área adjacente ao resto dos pisos, conforme representado na imagem 5.

Imagem 5 - Corte sistema de ancoragem



Fonte: Autores

Sobretudo, é de fundamental importância expor a armadura no local danificado, deixando-a exposta para facilitar o acesso por traz das mesmas, conforme mostrado na imagem acima. Para recuperação das anomalias alguns requisitos básicos devem ser utilizados, no que se refere aos produtos utilizados, como, aderência, retração compensada, permeabilidade baixa, módulo de elasticidade compatível, resistência mecânica e resistência a agressividade a ataques químicos e do meio ambiente, e para finalizar, é essencial possibilitar sua cura por completo.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dessa forma, ao longo do trabalho foi abordado os métodos para a execução do reforço estrutural através da protensão, por meio das informações existentes em estudos relevantes já publicados. A partir dos dados visualizados no projeto foi constatado que a protensão das cordoalhas proporciona melhor desempenho de serviço e maior resistência à flexão e cisalhamento, na qual o mecanismo ajuda a anular a presença de patologias na ponte que possam comprometer a estrutura.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA T. G. M. Reforço de vigas de concreto armado por meio de cabos externos protendidos. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo. São Carlos, 2001.
- ALMEIDA, T. G. M.; HANAI, J. B. Avaliação teórica e experimental do comportamento de vigas e concreto armado reforçadas por meio da protensão de cabos externos. *Cadernos de Engenharia de Estruturas*, São Carlos, v. 7, n. 28, p.53-85, 2005.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 6118:2014 – Projeto de Estruturas de Concreto - Procedimento. Rio de Janeiro. 2014.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 7187:2021 - Projeto de Pontes, Viadutos e passarelas de concreto. Rio de Janeiro. 2021.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 7483:2020 – Cordoalhas de Aço. Rio de Janeiro. 2020.
- BARONE, G. FRANGOPOL, D.M. Reliability, risk and lifetime distributions as performance indicators for life-cycle maintenance of deteriorating structures. *Reliability Engineering and System Safety* 123 (2014) 21–37.
- BASTOS, S. P. Fundamentos do concreto Protendido. Universidade Estadual de São Paulo, São Paulo, 2019.
- BASTOS, S. P. Fundamentos do concreto Protendido. Universidade Estadual de São Paulo, São Paulo, 2021.
- BEBER, A. J. Comportamento estrutural de vigas de concreto armado reforçadas com compósitos de fibra de carbono. 2003. 289f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.
- CAUDURO, E.L. Manual para a Boa Execução de Estruturas Protendidas Usando Cordoalhas de Aço Engraxadas e Plastificadas. 2ª ed. São Paulo: Belgo Mineira, 2003.
- CHOLFE, L.; BONILHA, L. Concreto protendido: teoria e prática. 2. Ed. Oficina de Textos. São Paulo, 2018.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. Base de Dados das OAE – BDOAE. 2017.
- DSI, DYWIDAG SYSTEMS INTERNATIONAL. Sistemas de Protensão com Barras DYWIDAG - Aplicações Estruturais. São Paulo, 2015.
- LUCHI, L. A. R. Protensão em Pontes Celulares Curvas. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Estruturas e Fundações. São Paulo, 2001. 115 p.
- MARIANO, J. R. Recuperação estrutural com ênfase no método da protensão externa. Monografia (Especialização em Construção Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.
- MEDEIROS, A. G. de; SÁ, M. das V. V. A. de; SILVA FILHO, J. N. da; ANJOS, M. A. S. dos. Aplicação de metodologias de inspeção em ponte de concreto armado. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 20, n. 3, p. 687-702, jul./set. 2020.

PAIXÃO, Marcos Aurélio dos Santos. Et al. Manifestações patológicas em obras de arte especiais: Estudo de caso de um Viaduto Rodoviário em São Luis - Ma. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 05, Ed. 04, Vol. 05, pp. 132-147. Abril de 2020.

PINHEIRO, L. H. B. Reforço de pontes em concreto armado por protensão externa. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2018.

QUINTINO, A. G.; PAIXÃO, J. F. M. Manifestações patológicas em Obras de Arte Especiais e técnicas avançadas de monitoramento. XVI Congresso Latinoamericano de Patología de la Construcción. 2021.

SAAVEDRA, M. A. V. Refuerzo de puentes existentes por cambio de esquema estático. Barcelona, UPC, 2010.

SANTOS, D. F. L.; MENDES, R. S.; DE OLIVEIRA SANTOS, M. L. L. Incidência de patologias e dureza superficial do concreto: um estudo de caso nos pilares da biblioteca central da universidade federal do Maranhão. Brazilian Applied Science Review, v. 3, n. 6, p. 2551-2564, 2019.

SOUZA, V.C.M.; RIPPER, T. Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto, São Paulo: Pini, 1998.

VERLY, R. C.; MAGALHÃES, E. P.; FONTES, F. F.; SANTOS, G. S. Reabilitação de Ponte com protensão externa. Revista Concreto e Construções – Aplicando a protensão em pontes, pisos, reservatórios e edificações. IBRACON. p. 72 – 76, 2015.