

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE GOIÁS Uni-ANHANGUERA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**AS VANTAGENS E DESVANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DE
CONCRETO PROTENDIDO NA CONSTRUÇÃO DE VIADUTOS**

EMANOEL CARLOS BORGES DE LIMA
YURI JUSTINO DA SILVA

GOIÂNIA
Novembro /2019

**EMANOEL CARLOS BORGES DE LIMA
YURI JUSTINO DA SILVA**

**AS VANTAGENS E DESVANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DE
CONCRETO PROTENDIDO NA CONSTRUÇÃO DE VIADUTOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro Universitário de Goiás – Uni- ANHANGUERA, sob orientação da Professora Paula Viana Queiroz Andrade, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

GOIÂNIA

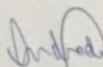
Novembro/2019

EMANOEL CARLOS BORGES DE LIMA

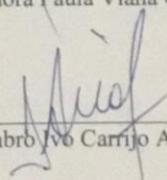
YURI JUSTINO DA SILVA

AS VANTAGENS E DESVANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DE CONCRETO
PROTENDIDO NA CONSTRUÇÃO DE VIADUTOS

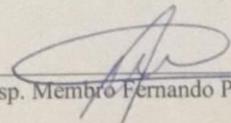
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca examinadora como requisito parcial para obtenção do Bacharelado em Engenharia Civil do Centro Universitário de Goiás – Uni-ANHANGUERA, defendido e aprovado em 13 de 11 de 19 pela banca examinadora constituída por:



Prof. Ms. Orientadora Paula Viana Queiroz Andrade



Prof. Ms. Membro Ivo Carrizo Andrade Neto



Prof. Esp. Membro Fernando Pinheiro Camilo

RESUMO

A presente pesquisa trata a respeito das vantagens e desvantagens da utilização de concreto protendido na construção de viadutos, bem como de obras de grande porte. A questão problema que norteou este estudo foi até que ponto a utilização do concreto protendido em construções de viadutos têm conferido vantagens nessas construções? Quais seriam as possíveis vantagens e desvantagens no referente à troca do concreto armado pelo concreto protendido? Nesse sentido, o objetivo geral da pesquisa consistiu em apresentar as principais vantagens e desvantagens do uso do concreto protendido em construções de viadutos. Para tanto, seguiram-se os moldes da revisão bibliográfica visando fazer uma ilustração geral sobre essas possíveis vantagens e desvantagens. Utilizou-se, da pesquisa bibliográfica a fim de obter informações precisas a respeito da adoção do concreto protendido para construções de viadutos, com vistas a propor à mesma a utilização desse material em futuras construções. Observou-se que um dos consensos entre os autores estudados é que uma das vantagens da utilização do concreto protendido é a economia e organização da obra, entretanto, os mesmos autores inferem que a exigência de mão de obra especializada, bem como o maquinário específico, pode ser considerados desvantagens na utilização da protensão. Portanto, acredita-se que à medida que mais pesquisas acerca do tema forem desenvolvidas, melhores serão as perspectivas a respeito da melhor forma de utilização do concreto protendido e, quiçá, as desvantagens sejam suprimidas.

PALAVRAS-CHAVE: Concreto protendido. Viadutos e pontes. Vantagens e desvantagens.

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho tem por escopo discorrer a respeito das vantagens e desvantagens da utilização de concreto protendido na construção de viadutos. Uma vez que, por ser mais resistente à tração do que o concreto armado, o concreto protendido representa uma solução ideal para obras de pequeno, médio ou grande porte com esforços de flexão elevados, como o caso de estruturas localizadas em áreas industriais ou costeiras, onde a atmosfera agressiva pode causar a corrosão das armaduras. Sua utilização, também, em projetos arquitetônicos com grandes vãos, como pontes, viadutos, etc., é bastante significativa.

Portanto, a problemática que norteia a pesquisa visa compreender até que ponto a utilização do concreto protendido em construções de viadutos têm conferido vantagens nessas construções? Quais seriam as possíveis vantagens e desvantagens no referente à troca do concreto armado pelo concreto protendido?

Tendo em vista que o concreto protendido reduz ou até mesmo anula as tensões de tração no concreto, diminuindo ou eliminando a presença de fissuras no mesmo, tem-se como resultado uma estrutura mais dinâmica do que a solução em concreto armado, uma vez que permite a execução de obras especiais mais aiosas, resistentes à fadiga e com pouca manutenção em função da eliminação das fissuras.

Assim, supõe-se que a utilização do concreto protendido pode conferir melhores resultados no que concerne à sua aderência bem como à resistência e a pouca necessidade de manutenção por eliminar as possíveis fissuras.

Nesse contexto, ao se pensar sobre a utilização do concreto protendido na construção de viadutos, o foco está no fato de que no Brasil há um intenso tráfego de veículos em grandes avenidas ou vias expressas que não pode ser interrompido, o que exige soluções elevadas por viadutos e pontes. Em função destes fatos, observa-se a necessidade quase permanente de ampliação do sistema viário com a construção de elevados para a transposição desses obstáculos. Pensou-se, ainda, na organização da construção, de modo a que se faça um trabalho de qualidade aliado à limpeza e organização, o que possivelmente diminuirá o tempo gasto na obra.

Entende-se que esta pesquisa se justifica pela importância de se buscar maior conhecimento a respeito do tema, uma vez que, na constante busca por métodos que tornem a

obra mais resistente e ao mesmo tempo prática, observa-se que a utilização do concreto protendido confere à construção maior praticidade no que se refere, também, à organização do canteiro de obras, e facilidade na limpeza do mesmo.

Para a produção científica sobre o tema foi coletado material de pesquisa que consta de artigos na sua íntegra, livros, teses, revistas impressas, trabalhos de conclusão de curso, dentre outros, os quais foram devidamente fichados, analisados, comparados e avaliadas a sua possível contribuição com relação aos objetivos propostos.

Deste modo, objetivou-se com a pesquisa apresentar as principais vantagens e desvantagens do uso do concreto protendido em construções de viadutos. Para tanto, seguiram-se os moldes da revisão bibliográfica visando fazer uma ilustração geral sobre essas possíveis vantagens e desvantagens. Utilizou-se, da pesquisa bibliográfica a fim de obter informações precisas a respeito da adoção do concreto protendido para construções de viadutos, com vistas a propor à mesma a utilização desse material em futuras construções.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Panorama histórico sobre o método de protensão

Ao longo da história a Engenharia vem se sobressaindo por meio de ousados projetos que se tornam indispensáveis à humanidade. Primeiro a construção de pontes que é um significativo marco na história, haja vista que as pontes possibilitam a transposição de obstáculos que impedem a continuidade de uma via, como rios, braços de mar ou vales profundos. Posteriormente, segue-se a construção de viadutos que, assim como as pontes, viabilizam o trânsito, assim, o viaduto pode ser definido de forma semelhante, contudo sua contribuição ocorre no meio urbano, mais precisamente numa melhor organização do trânsito.

A protensão vem sendo extensamente utilizada para o reforço de estruturas de diversos tipos: de concreto armado, de concreto protendido, dentre outras. A aplicação da protensão aprimora o comportamento em serviço e aumenta a capacidade portante das estruturas. Observa-se, também, que em menor escala, contribui para resistência ao cisalhamento.

Veríssimo (1998) discorre a respeito da protensão aplicada ao concreto afirmando que sua criação é oriunda do cimento Portland, na Inglaterra, em meados de 1824. Nos anos seguintes, outros países como França e Alemanha passaram a produzir cimento e estudar novos métodos de aprimoramento da capacidade de suportabilidade do concreto.

Ainda, segundo Veríssimo (1998), em meados do século 19 a possibilidade de reforço de elementos de concreto por meio de armaduras de aço já era bastante disseminada pelo mundo. No entanto, conforme Castro (2011) no final do século 19 foram realizadas experiências do uso de concreto protendido. Entretanto, relata-se que tais experiências foram fracassadas, pois, as forças iniciais de protensão eram suprimidas pela retração e fluência do concreto.

Nesse contexto, fazendo uma rápida retrospectiva, tem-se a evolução do método de protensão: 1886 – P. H. Jackson propõe pré-tensionamento do concreto (EUA); Final do século 19 – Várias patentes de métodos de protensão e ensaios; 1907 – Matthias Koenen tenta utilizar a protensão no concreto em obras ferroviárias (Alemanha).

Ao longo dos anos foram realizados diversos experimentos que não lograram êxito, entretanto, não houve desistência, e em meados de 1912, Koenen e Mörsch observaram que o efeito de uma protensão reduzida era perdido com o passar do tempo, em função de uma lenta retração e deformação do concreto (VERÍSSIMO, 1998).

Em 1923 - R. H. Dill reconheceu a necessidade de utilizar fios de aço e alta resistência sob elevadas tensões para superar as perdas de protensão. Em 1924 - Eugene Freyssinet (pai do concreto protendido) utilizou protensão para reduzir o alongamento de tirantes em galpões com grandes vãos. Em 1928 - Freyssinet apresentou o primeiro trabalho consistente sobre concreto protendido. Inventou e patenteou métodos construtivos, equipamentos, aços e concretos especiais.

A partir de 1949 houve um grande avanço no desenvolvimento do concreto protendido. No ano seguinte ocorreu a primeira conferência acerca do concreto protendido em Paris. Neste mesmo ano Finster Walder empreendeu a primeira ponte em balanços sucessivos, conforme observado na figura 1.



Figura 1. Ponte protendida em balanços sucessivos
Fonte: VERÍSSIMO (1998)

A primeira obra em concreto protendido no Brasil foi a Ponte do Galeão, que une a Ilha do Governador à Ilha do Fundão, no Rio de Janeiro, concluída em 1949. Veja figura 2.

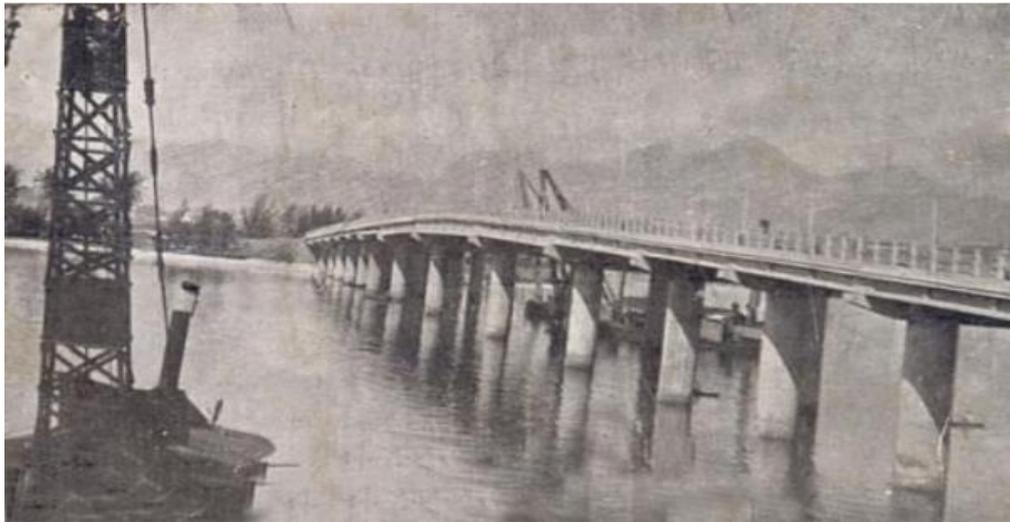


Figura 2. Ponte do Galeão
Fonte: Prof. A.C. de Vasconcellos

Em 1952 a Companhia Siderúrgica Belgo-Mineira iniciou a fabricação do aço de protensão no Brasil. A segunda obra em concreto protendido no Brasil foi a ponte de Juazeiro, já executada com aço brasileiro, conforme demonstrado na figura 3.



Figura 3. Ponte de Juazeiro
Fonte: VERÍSSIMO (1998)

Pode-se observar que o método de protensão é bastante antigo. A protensão aplicada ao concreto vem se desenvolvendo ao longo dos últimos cem anos.

No ano de 1976 foi inaugurado a ponte de Oscar Niemeyer em Brasília. Construída em balanços sucessivos, afim de vencer grandes vãos de 200 metros, onde, por questão de estética não deveria deixar a mostra seus pilares de fundação, o que tornou um grande avanço construtivo para o método de protensão.

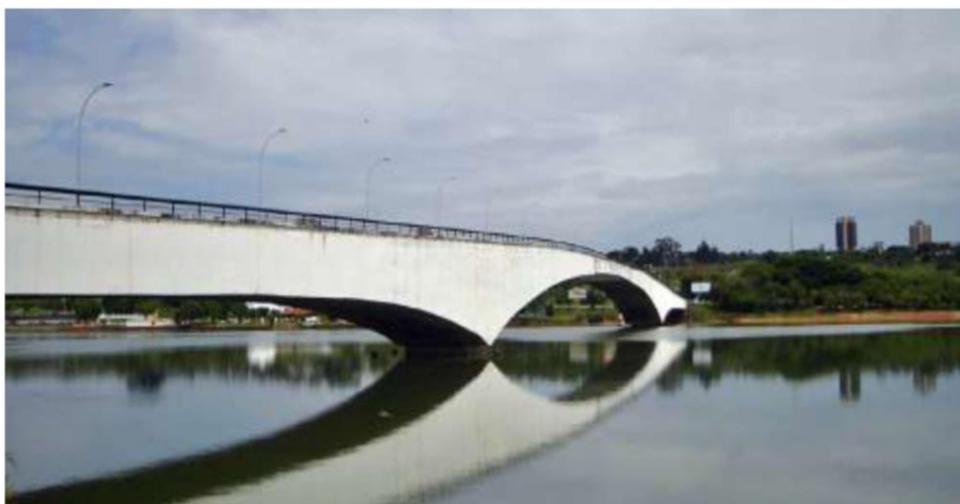


Figura 4. Ponte Costa e Silva
Fonte: FONSECA (2006)

2.2 Protensão

Ao conceituar “protensão”, Veríssimo e Cezar Jr. (1998) inferem que o termo “protensão” ou “pré-tensão” expõe a noção da instalação de um estado prévio de tensões em alguma coisa. Ainda, segundo os autores, no âmbito da Engenharia “a protensão é aplicada a peças estruturais e materiais de construção” (p. 6).

Castro (2011) infere que a protensão consiste na criação de uma carga de aperto que faz com que se desenvolva uma força de compressão que compensa a tensão que o concreto exibiria diante dos esforços de carregamento.

Segundo Hanai (2005, p. 5), “a protensão pode ser empregada como um meio de se criar tensões de compressão prévias nas regiões onde o concreto seria tracionado em consequência das ações sobre a estrutura”.

Entende-se que a protensão constitui-se em um artifício que consiste em introduzir

em uma estrutura um estado prévio de tensões a fim aprimorar sua resistência ou comportamento, sob diversas condições de carga (GOMES JUNIOR, 2009).

Tal explicação pode ser simplificada conforme a ilustração na figura 4, onde os livros são peças soltas, assim, para levantá-los é extremamente necessário que se aplique uma força horizontal de modo a comprimir uns contra os outros. Desta forma, quanto mais pressionados são os livros uns contra os outros, maior a força de atrito entre eles, portanto, maior vai ser a capacidade de sustentarem numa possível carga vertical aplicada sobre os mesmos (HANAI, 2005).

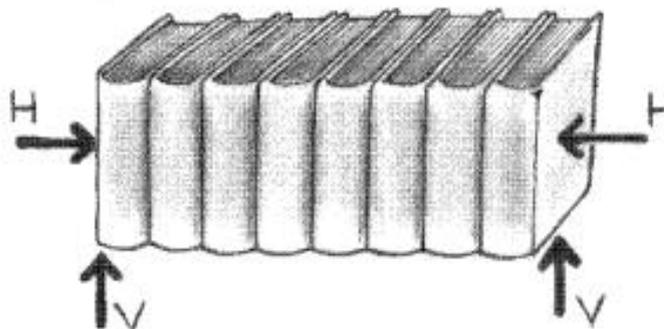


Figura 4. Introdução de um estado prévio de tensões numa fila de livros
Fonte: HANAI (2005)

Nesse contexto, conforme Rudloff (2015, p. 3):

“Protender uma estrutura de concreto é fazer uso de uma tecnologia inteligente, eficaz e duradoura. Inteligente, pois permite que se aproveite ao máximo a resistência mecânica dos seus principais materiais constituintes, o concreto e o aço, reduzindo assim suas quantidades; eficaz, devido à sua superioridade técnica sobre soluções convencionais, proporcionando estruturas seguras e confortáveis; duradoura, porque possibilita longa vida útil aos seus elementos. [...] as vantagens da tecnologia são diversas e justificam o seu emprego mundialmente, para a execução de projetos arquitetônicos convencionais e arrojados, em obras de pequeno, médio e grande porte.”

A protensão é utilizada como meio de solidarização de partes menores de concreto armado para compor sistemas estruturais, lembrando o exemplo da fila horizontal de livros, pode-se concluir pela viabilidade de se compor uma viga de concreto protendido, a partir de "fatias" ou aduelas pré-moldadas de concreto armado (HANAI, 2005).

Pfeil (1984) destacou que a protensão é um artifício que consiste em introduzir numa estrutura um estado prévio de tensões capaz de melhorar sua resistência ou seu

comportamento, sob diversas condições de carga.

Assim, entende-se que a protensão pode significar uma forma artificial de se criar reações permanentes às ações que sejam opostas à utilização de uma estrutura.

2.3 Tipos de protensão

É importante tomar conhecimento dos tipos de protensão, tendo em vista que estes estão relacionados aos estados limites de utilização intrinsecamente relacionados à fissuração. A protensão pode ser completa, limitada ou parcial. Deste modo, Veríssimo e César Jr. (1998) discorrem sobre o assunto e trazem que:

Protensão Completa: Muito Agressivo: ambientes marinhos, contato com o solo ou gases agressivos;

Protensão Limitada: Pouco Agressivo: interior de edifícios com alta UR (umidade relativa do ar), exposição à intempéries, água corrente;

Protensão Parcial: Não Agressivo: interior de edifícios com baixa UR (umidade relativa do ar) e estruturas protegidas.

Os níveis de protensão estão relacionados com os níveis de intensidade da força de protensão que, por sua vez, é função da proporção de armadura ativa utilizada em relação à passiva.

A Figura abaixo mostra o resumo das possibilidades e combinações dos processos e tipos de protensão no estado de utilização.

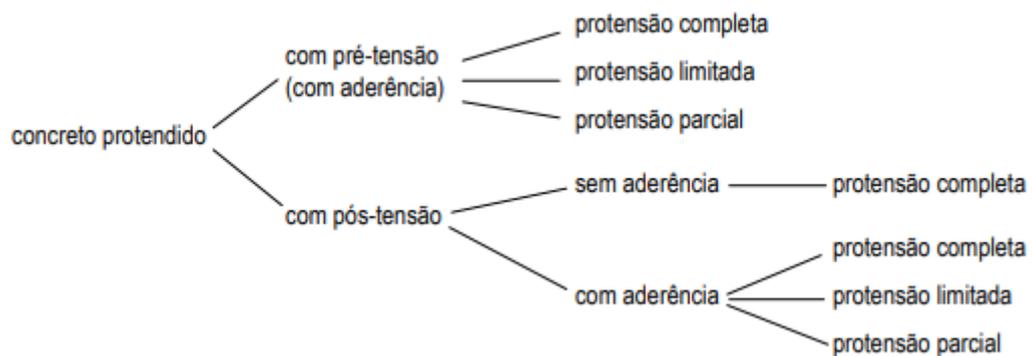


Figura 5: Resumo das possibilidades e combinações dos processos e tipos de protensão no estado de utilização.

Fonte: VERÍSSIMO (1998)

Importante observar que a escolha se dá em função da: agressividade do meio ambiente e dos limites para a sua utilização (ELS).

2.4 A protensão aplicada ao concreto

Oliveira *et al.* (2015) afirmam que o concreto protendido é um processo de execução bastante conhecido no Brasil. Vários especialistas elaboraram métodos nos quais as armaduras sofrem um pré-alongamento, possibilitando um sistema de auto equilibrado de esforços, ou seja, tração no aço e compressão no concreto.

Conforme a NBR 6118/2014, a princípio o concreto protendido pode ser classificado em 3 diferentes tipos, segundo a sua aderência entre a armadura de protensão (ativa) e o concreto. O primeiro tipo é o concreto com aderência inicial (pré-tração), que normalmente é utilizado para peças pré-moldadas. É preparado o pré-alongamento da armadura ativa utilizando apoios independentes da estrutura principal, e removidos depois da concretagem. A aderência entre a armadura e o concreto inicia no instante em que o concreto é lançado.

O segundo tipo é o concreto com aderência posterior (pós-tração). Nesse caso, o pré-tensionamento da armadura ativa é feito após o endurecimento do concreto. São utilizados como apoios partes da própria estrutura, criando posterior aderência com o concreto.

O terceiro e último tipo, há o concreto protendido sem aderência. Neste a armadura deve trabalhar apenas em pontos localizados da estrutura. É feito o pré-tensionamento após o endurecimento da peça, e usado como apoios os seus próprios elementos.

Há, ainda, o concreto protendido sem aderência. Onde a armadura trabalha apenas em pontos localizados da estrutura. É feito o pré-tensionamento após o endurecimento da peça, e usado como apoios os próprios elementos dela.

O aumento de rigidez proporcionado pela protensão, resultante do melhor controle da fissuração do concreto, possibilita a redução das flechas e a vibração das estruturas, bem como reduz a variação de tensões aumentando a resistência à fadiga.

Assim, conforme Santos *et al.* (2017, p. 4) tem-se que:

“Sabendo que o concreto é produzido por materiais de baixo custo, porém tem pouca resistência a tração e compressão que são poucos confiáveis, quando não é executado de acordo pode provocar fissuras, que eliminam a resistência antes mesmo da atuação de qualquer solicitação. No entanto, devido a flexibilidade do

concreto em relação a compressão e tração, o mesmo pode ser aperfeiçoado aplicando uma compressão prévia nas regiões onde as solicitações produzem tensões de tração. Isto é protensão aplicada ao concreto, ou denominado concreto protendido.”

Importante destacar que o diferencial da protensão quando comparada a outras técnicas de reforço é seu caráter ativo, não necessitando que a estrutura se deforme para que o reforço comece a atuar sobre ela. São diversas as causas que podem levar à possibilidade de reabilitação de uma estrutura por meio da protensão, evidenciando-se a sua deterioração ao longo do tempo ou por causa de acidentes, falhas de projeto ou de construção, e alterações no uso.

Pereira (2018, p. 01) entende que:

“O concreto protendido é o meio mais utilizado para aumentar a resistência à tração do concreto. Este método construtivo tem como objetivo melhorar o desempenho das estruturas utilizando todo o potencial do concreto à compressão, deixando os esforços de tração para a armadura. O uso do concreto protendido é bastante relevante em estruturas em que os esforços de flexão são elevados, já que este procedimento é utilizado para que a resistência do concreto seja maior.”

Tendo em vista o ato constante de busca por métodos mais práticos e eficazes para a construção civil, principalmente para reduzir o custo da obra. O concreto protendido é de fato uma significativa descoberta, e vem sendo cada dia mais utilizado, em pequenas, médias e grandes estruturas, pois, sua resistência à compressão, atende muito bem as necessidades do mundo construtivo.

Conforme Castro (2011), os aumentos percentuais de preço em relação ao custo das cordoalhas de protensão e também em relação ao custo de um concreto de melhor qualidade podem ser inferiores a estes acréscimos.

A tecnologia da protensão pode ser utilizada em lajes, vigas, coberturas, painéis de fechamento, pontes em balanço, pontes estaiadas e em alguns outros tipos de estruturas, como silos, reservatórios, contenção de taludes, monumentos e passarelas (GIOVANAZ, 2017).

Observa-se que as tecnologias inovadoras, bem como o controle de qualidade da produção fazem com que esse procedimento construtivo se diferencie dos demais, em função do ganho de resistência, durabilidade e diminuição das fissuras. Outro ponto importante é que, comparando à execução com concreto armado simples, é possível lograr uma obra mais limpa e organizada, e com produção bastante reduzida de resíduos, assim como o desperdício de materiais.

2.5 As principais vantagens e desvantagens do uso do concreto protendido em construções de viadutos

Conforme visto ao longo deste trabalho, o concreto protendido consiste em uma das técnicas mais alinhadas à resistência de construções mais robustas. Uma das vantagens do concreto protendido é minimizar as fissurações e deslocamentos nas estruturas elevando a vida útil dos materiais e da obra. Sendo assim, acredita-se que com preparação e especialização, é possível utilizar o método para reduzir custos e construir com competitividade

Nesse contexto, como vantagens, Almeida (2001) infere que a utilização do concreto protendido permite o uso de equipamento leve e de fácil operação. Nesse ponto, observa-se a praticidade no manejo de equipamento.

Ainda, como vantagens, nota-se a possibilidade de aumentar a resistência à flexão e ao esforço cortante sem aumentar significativamente o peso próprio das vigas; a excentricidade dos cabos pode ser aumentada, fixando-os por meio de desviadores na face inferior da viga; e as perdas por atrito dos cabos externos são menores do que as dos cabos internos (ALMEIDA, 2001).

A autora também chama a atenção para possíveis desvantagens:

“Tentando-se eliminar uma das desvantagens oferecidas pela protensão externa, podem ser utilizadas as cordoalhas engraxadas e plastificadas que já possuem proteção contra a corrosão. Estas cordoalhas são de fácil manuseio e possuem baixo coeficiente de atrito devido à presença da graxa ($\neq \checkmark 0,07$), possibilitando que a protensão seja aplicada por apenas uma das extremidades do cabo. Os macacos hidráulicos utilizados são leves e de fácil operação, simplificando a execução da protensão, o que é essencial no reforço de estruturas nas quais se deseja uma execução rápida e sem interrupção do uso da construção.” (ALMEIDA, 2001, p. 14)

Observa-se que o concreto protendido pode ser empregado em diversas edificações, desde obras de pequeno e médio porte até em obras como pontes e viadutos, conferindo maiores vantagens para a obra.

Nesse sentido, Carvalho (2012) afirma que as construções que utilizam a tecnologia da protensão, em sua maioria, são mais econômicas. Um dos pontos avaliados é a manutenção mais barata nas estruturas protendidas, já que a fissuração é impedida na região

de tração desse tipo de material. Outras vantagens destacadas por esse autor são: vigas menores, mais esbeltas e mais leves, podendo, deste modo, vencer vãos maiores e adaptar-se melhor a determinados projetos arquitetônicos; por ter menos fissuração, a chance de o aço ter corrosão é menor, logo, a estrutura pode comportar maior carga; utiliza-se em torno de um terço do aço que seria utilizado no concreto armado, gerando maior economia. Entretanto, é importante observar se o aço utilizado é de alta resistência; a montagem é mais rápida e a obra se torna mais organizada e limpa; apresenta boa resistência ao fogo.

O autor mencionado infere que como estruturas de concreto protendido, em diversas situações são mais econômicas. Em relação as estruturas de madeira e aço apresentam sempre uma vantagem necessária, possibilitando manutenção mais simples e mais barata.

Na perspectiva de Vitório e Barros (2011), chega-se ao consenso de que são consideradas vantagens do concreto protendido a redução significativa da quantidade de aço e concreto (devido ao aumento do comprimento dos vãos resultando em menor número de pilares, e maior esbeltez das peças); diminuição do fissuramento e aplicação, durante a protensão, de tensões maiores que as solicitadas durante a vida útil da estrutura.

Entretanto, segundo Vitório e Barros (2011) o sistema de protensão também apresenta algumas desvantagens e cuidados a serem observados antes da opção pelo método. Sendo desvantagens a exigência de maior controle executivo em relação ao sistema convencional; necessidade de equipamentos sofisticados; e exigência de mão de obra especializada; e os cuidados contra a possível corrosão das cordoalhas que, por estarem tracionadas, correm maior risco de oxidação.

Nesses casos é primordial que se façam estudos pertinentes a fim de que conduzam à melhor forma de utilização dos métodos de modo a usufruir dos benefícios, suprimindo ao máximo o que se constitui como desvantagens.

Também discorrendo a respeito do tema, Pereira (2018) aponta como vantagens da utilização da protensão: a possibilidade de vencer grandes vãos, tendo em vista que a laje de concreto protendido consegue superar vãos que o concreto armado não venceria; multiplicidade de *layout* no projeto arquitetônico, uma vez que, devido a conseguir vencer vãos maiores, pode-se aumentar a distância entre os pilares. Também há uma provável redução de carga no peso próprio da estrutura, pois com os elementos estruturais mais esbeltos, como as lajes, causa uma diminuição nas cargas de fundação e até em outros elementos da edificação; consegue-se também uma economia de concreto e aço, em função da utilização da seção transversal plena e por serem utilizados aço e concreto de maior

resistência; além de redução no tempo de construção, em função da facilidade de execução e a reutilização das formas, e também, porque, no geral, não é necessária a utilização de vigas na estrutura; diminuição das tensões de tração fomentadas pela flexão e pelos esforços cortantes aplicadas nas lajes.

Também, ocorre significativo controle tecnológico durante a execução; fazendo com que diminua as deformações e fissurações; portanto pode se utilizar para a restauração e enrijecimento de estruturas comprometidas.

Do mesmo modo, Pereira (2018) destaca que o concreto protendido possui uma série de desvantagens. Sendo as mais apontadas: a ausência de mão de obra especializada. Conforme a geometria da estrutura, esta técnica pode se tornar inviável, pois, como é preciso utilizar um concreto com maiores resistências, isso nem sempre é possível, devido ao seu elevado custo ou até mesmo sua falta no local da obra. Também é preciso a utilização de aço com alta resistência, que, por sua vez, costuma custar até 3 vezes mais que o aço convencional utilizado na estrutura de concreto armado, e além disso, exige intensa supervisão de um profissional qualificado durante todas as fases de execução da construção.

Observa-se, então que, sendo o concreto protendido uma das técnicas mais alinhadas à resistência de construções mais robustas. Uma de suas vantagens é minimizar as fissurações e deslocamentos nas estruturas alçando a vida útil dos materiais e da obra. Com preparação e especialização, é possível utilizar o método para reduzir custos e construir com competitividade.

Nesse sentido, Bekaert (2018) aponta que concreto protendido é aplicado com o objetivo de elevar a resistência da estrutura, oferecendo, ainda, as seguintes vantagens à obra: estruturas mais esbeltas; redução de vigas; redução de pilares; redução do consumo de aço; redução do consumo de fôrma; redução do pé-direito do subsolo e, conseqüentemente, redução de escavação e de contenção; maior impermeabilidade e durabilidade da estrutura pelo controle de fissuração; flexibilidade de *layout* arquitetônico.

Entende-se que a economia na obra é bastante evidente, quando observado do ponto de vista dos autores supramencionados. Assim, tem-se que todas essas reduções no consumo durante a construção melhoram o desempenho da empresa em duas áreas: de um lado, permite que a obra seja viabilizada mais facilmente, gastando menos para realizar o mesmo trabalho; de outro lado, custos menores de obra significam custos menores para os clientes, tornando a empresa muito mais competitiva no mercado.

Por outro lado, Bekaert (2018), utilizando o termo desafio no lugar de desvantagens, infere que a necessidade de domínio da técnica, o que requer projetista

estrutural com experiência em concreto protendido e empresa especializada em serviço de protensão configura-se como um desafio para os engenheiros; do mesmo modo, a utilização obrigatória de equipamentos e acessórios de protensão com alto controle tecnológico; compatibilização de instalações hidrossanitárias e elétricas com estrutura, para evitar perfurações futuras nas cordoalhas.

Compreende-se que o concreto protendido é uma solução bastante viável para diversos tipos de utilização na construção, por facilitar processos e, principalmente, economizar na obra sem abrir mão da qualidade, assegurando a durabilidade e funcionalidade do empreendimento, com baixo custo operacional e de manutenção.

Nesse contexto, acredita-se que ao considerar o termo desafio, o autor expressa que o que é visto como desvantagem e, logo, descartado pelos engenheiros e equipe, poderia, sim ser melhor estudado e ser resolvido como um desafio para os profissionais que buscam melhores métodos de construção, principalmente em obras de grande porte como é o caso de viadutos, pontes, dentre outros.

Deste modo, pode-se inferir que o concreto protendido comumente utilizado, na construção de viadutos e pontes em todo o Brasil, nos quais possuem vão superiores a 20 metros, plataformas marítimas de exploração de gás e petróleo, reservatórios e etc., tem dentre as suas principais vantagens: menor incidência de deformações e fissuras: através da utilização da técnica de protensão, é muito menor o risco de fissuras. As deformações podem ser muito mais controladas e até mesmo eliminadas, o que ajuda, por exemplo, na diminuição de trincas em alvenarias.

Também podemos falar sobre vãos ainda maiores: comparada ao concreto armado convencional, é a excelente oportunidade de conseguir efetuar vão ainda maiores, em uma única seção de laje ou viga. Maior liberdade de *layouts*: a técnica de protensão de concreto, conseguiu dar aos projetistas, total liberdade na concepção arquitetônica de seus projetos, como também aumentou o espaço para se produzir arquiteturas ousadas e mais leves, utilizando menos pilares. E podemos falar também sobre uma maior economia de material: através da protensão, existe maior resistência em suas estruturas, e uma otimização de quantidade de materiais, como concreto e aço, em suas construções.

3 CONCLUSÃO

Observa-se hoje que as cidades estão cada vez mais modernas, e os projetos arquitetônicos exigem estruturas ousadas e criativas. Todavia, com o concreto protendido é possível atender essas exigências, sem deixar de lado as questões financeiras, estéticas e de execução.

Portanto, quando é necessário construir algo com grandes vãos e carregamentos, uma boa alternativa seria o concreto protendido pode ser utilizado.

A engenharia civil possui diversas metodologias construtivas que devem ser aplicadas com sabedoria. O concreto protendido veio para ser usado nos casos em que o concreto armado é insuficiente, dessa forma, ele vem ganhando cada vez mais espaço no mercado.

É importante considerar que a fase de criação de um projeto de engenharia deve abarcar além da definição da estrutura, geometria da seção e especificação dos materiais, as verificações necessárias para o funcionamento correto da estrutura ao longo de sua vida útil.

Nesse contexto, o estudo desenvolvido apresentou aspectos inerentes ao concreto protendido e sua importância nas construções de grande porte como viadutos e pontes. O foco da pesquisa foi analisar vantagens e desvantagens da utilização de concreto protendido na construção de viadutos, o que se observou que é consenso entre os autores pesquisados de que as vantagens são principalmente a redução de custos e organização do canteiro de obras.

Já no que concerne às desvantagens, os autores apontam que a exigência de mão de obra especializada e maquinário próprio para o tipo de construção que está sendo desenvolvido, pode trazer certas dificuldades para o desenvolvimento do projeto.

Contudo, conforme demonstrado por Bekaert (2018), as distas desvantagens, podem ser vistas como desafios aos quais os engenheiros deverão encarar com sabedoria e conseguir encontrar uma forma de contornar tais dificuldades e continuar a obra utilizando-se da metodologia que melhor definirá a construção e sua qualidade.

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, 2001.142p.

BEKAERT, Belgo. **Concreto protendido: quais as vantagens e desvantagens do uso?** 2018.

CARVALHO, Roberto Chust. **Estruturas em concreto protendido: pré-tração, póstração, cálculo e detalhamento**. São Paulo: PINI, 2012.

CASTRO, Sérgio Vannucci de. **Concreto Protendido - Vantagens e desvantagens dos diferentes processos de protensão do concreto nas estruturas**. Escola de Engenharia da UFMG - Belo Horizonte, 2011.

GIOVANAZ, Alfredo Henrique. Estruturas de concreto protendido: estudo de caso no contexto da disciplina de estágio supervisionado I. **Destaques Acadêmicos**, Lajeado, v. 9, n. 4, p. 309-319, 2017.

GOMES JUNIOR, Humberto Alves. **Vigas protendidas - estudo da norma e modelagem com auxílio de programa de análise comercial**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2009.

HANAI, João Bento de. **Fundamentos do concreto protendido**. São Carlos: USP,2005.

LUCENA, Felipe. História da construção da Ponte Rio-Niterói. **Diário do Rio.com**. 20 de agosto de 2015. Disponível em: <<https://diariodorio.com/historia-da-construcao-da-ponte-rio-niteroi/>>. Acesso: 04 out. 2019.

OLIVEIRA, Arnaldo. FARIAS, Isaque. FERREIRA, Armando. **O que é concreto protendido?** 2015.

FONSECA, Roger Pamponet Da. **A ponte de Oscar Niemeyer em Brasília: Construção, Forma e Função estrutural**. Universidade de Brasília – Faculdade de arquitetura e Urbanismo, 2006.

PEREIRA, Caio. Concreto Protendido: O que é, como é feito, vantagens e desvantagens. **Escola Engenharia**, 2018. Disponível em: <<https://www.escolaengenharia.com.br/concreto-protendido/>>. Acesso: 03 out. 2019.

PFEIL, Walter. **Concreto protendido**. Vol 1 – Introdução. LTC Editora. Rio de Janeiro, 1984.

RUDLOFF. **Concreto protendido**. REV.6 - 11/2015. Disponível em: <http://www.rudloff.com.br/downloads/catalogo_concreto_protendido_rev-06.pdf>. Acesso: 28 mar. 2019.

VERÍSSIMO, Gustavo de Souza. CÉZAR JR, Kléos M. Lenz. **Concreto protendido**. Apostila de apoio para o Curso de Engenharia Civil – Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Civil. 4ª Edição. Viçosa, 1998.

VITÓRIO, J. A. P., BARROS, R. C. Reforço e Alargamento de Pontes Rodoviárias com a Utilização de Protensão Externa. **7º Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas**. Fortaleza, 14p. Junho / 2011.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – PNBR-6118.(2014). (Projeto de revisão da NBR-6118): **Projeto de estruturas de concreto**. Rio de Janeiro, Brasil.