

Processo executivo de estruturas em concreto protendido: Estudo de caso em edifícios Multifamiliares

Executive process of prestressed concrete structures: Case study in Multifamily buildings

DOI:10.34117/bjdv7n12-064

Recebimento dos originais: 12/11/2021

Aceitação para publicação: 03/12/2021

Everton Oliveira dos Santos

Discente de Engenharia Civil pela Universidade Nilton Lins (UNL)

Instituição: Universidade Nilton Lins (UNL)

Endereço: Av. Prof. Nilton Lins 3259, Flores, Manaus-AM, Brasil

E-mail: evertonsoliveira20@gmail.com

Érika Cristina Nogueira Marques Pinheiro

Docente em Engenharia Civil pela Universidade Nilton Lins (UNL)

Instituição: Universidade Nilton Lins (UNL)

Endereço: Av. Prof. Nilton Lins 3259, Flores, Manaus-AM, Brasil

E-mail: erikamarquespinheiro@gmail.com

RESUMO

Atualmente nos sistemas construtivos veio a evolução de utilizar da protensão para atingir valores maiores de resistência do concreto com esbeltez e diminuição do peso. Este trabalho tem por objetivo fazer um estudo de caso da implantação de um radier de concreto protendido em um conjunto de habitação multifamiliar construído na cidade de Manaus-AM. Para corroborar os dados apresentados foi realizada uma pesquisa bibliográfica para confrontar o sistema construtivo “in loco”, também foi realizado um relatório fotográfico de cada etapa de instalação desse método. Os resultados que foram apontados é que esse sistema construtivo está em expansão na região, no qual existem diversas vantagens, facilidades e rapidez na hora da construção além de proporcionar economia.

Palavras-chave: Concreto, protendido, radier, fundação, título.

ABSTRACT

Currently in construction systems came the evolution of using prestressing to achieve higher values of concrete strength with slenderness and weight reduction. This work aims to make a case study of the implantation of a prestressed concrete radiator in a multifamily housing complex built in the city of Manaus-AM. To corroborate the data, bibliographical research was carried out to confront the constructive system “in loco”, a photographic report of each stage of installation of this method was also carried out. The results that were pointed out are that this construction system is expanding in the region, there are no qualifications, several advantages, facilities and speed at the time of construction, in addition to providing savings.

Keywords: Concrete, prestressed, radiator, foundation, title.

1 INTRODUÇÃO

Segundo Pacheco; Ribeiro (2018) o sistema de protensão do concreto vem sendo utilizada com maior frequência no Brasil, pela possibilidade de vencer maiores vãos e permitir maior liberdade arquitetônica, com a elaboração de estruturas esbeltas, uma vez que, oferece boa capacidade para a estrutura resistir aos esforços de flexão. Assim, o concreto protendido possibilita a construção de vãos livres um pouco maiores que os do concreto armado convencional.

O concreto protendido vem encontrando uma aplicação cada vez maior em estruturas de edifícios devido a necessidade de vencer vãos livres de grandes dimensões com elementos de altura reduzida (OLIVEIRA et al., 2019).

Entretanto alguns estudos recentes têm mostrado que além das vantagens construtivas também é possível obter economia em relação com o concreto convencional. Como é no caso de algumas empresas construtoras que passaram a adotar as fundações do tipo radier protendido devido ao fato da facilidade construtiva e a economia.

Dessa forma este artigo apresenta um estudo de caso sobre a implantação de protensão em fundação para habitações multifamiliares na cidade de Manaus-AM, contando com um referencial teórico atualizado com a finalidade de mostrar o sistema construtivo dessa modalidade de estruturas.

Em estruturas de concreto convencional, a resistência a tração é muito menor que a resistência a compressão. No concreto protendido existe a armadura adicional provoca um esforço de compressão nesse concreto que serão tracionados com as cargas sobre a estrutura.

O estudo é pertinente, atentando para a necessidade dos engenheiros e acadêmicos da área adicionarem ao seu conhecimento parâmetros que revelam a importância do uso de uma estrutura em concreto protendido, tendo em vista possibilitar construções arquitetônicas inovadoras. Diante dos dados apresentados, este trabalho se justifica nos seguintes motivos:

- Trazer para o meio da engenharia civil variedades de métodos construtivos, principalmente os que visam baixo custo e uma qualificação de mão de obra para o setor;
- Inserir no meio acadêmico o tema como nova tecnologia para empreendimentos de médio e alto padrão e viabilizar o estudo para maiores partes da região norte, pois o método dentre uma de suas maiores vantagens está a utilização baixa de

aço e a compra do aço para a região norte tende a ser mais por conta da sua logística;

O Objetivo deste artigo será apresentar e descrever as etapas do processo de execução em concreto protendido de uma empresa na cidade de Manaus-AM, dentro desse processo podemos destacar:

- Realizar uma breve pesquisa de revisão bibliográfica com a finalidade de descrever como são feitas as obras com concreto protendido, métodos mais usuais atualmente bem como suas vantagens;
- Levantar, através de relatório fotográfico *in loco*, as etapas de execução de concreto protendido;
- Comparar a execução teórica com a *in loco* do serviço.

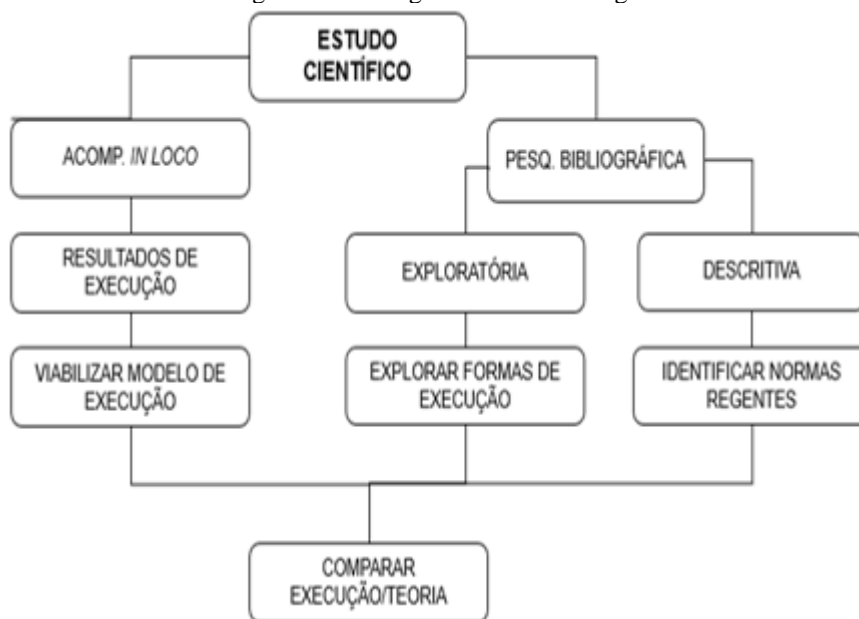
2 METODOLOGIA

Este artigo corresponde a um estudo de caso, com abordagem explicativa (que tem como interesse central identificar os fatores que determinam ou que colaboram para a ocorrência dos fatos), construído a partir de dados levantados “*in loco*” e em fontes bibliográficas como explica Gil (2008).

Para que se alcançar os objetivos acima citados, foi necessário fazer o acompanhamento do serviço *in loco* para coletar as informações necessárias para elaborar um estudo necessário do objetivo deste artigo, afim de encontrar a metodologia empregada na realização do serviço e suas principais características, fazendo um estudo de caso em um empreendimento residencial com 8 pavimentos e 8 apartamentos por pavimento. O empreendimento em si conta com o sistema de concreto protendido no radier da torre.

Como forma de auxiliar o desenvolvimento do estudo, foi utilizado também as pesquisas bibliográficas com o objetivo de serem exploratórias e descritivas afim de encontrar as normas e recomendações para complementar toda a execução acompanhada em campo.

Figura 1 – Fluxograma da metodologia



3 REFERÊNCIAL TEÓRICO

3.1 CONCRETO PROTENDIDO

A tecnologia de protensão teve início em 1866 nos EUA, acontecendo a primeira aplicação, por H. Jackson. Já no Brasil, a tecnologia foi trazida por pesquisadores com o objetivo de obter maiores vãos por meio da utilização de um sistema estrutural mais robusto (FERREIRA; SILVA; CARVALHO, 2016).

Vasconcelos (2010), define como elementos protendidos “aqueles nos quais parte das armaduras é previamente alongada por equipamentos especiais de protensão com a finalidade de, em condições de serviço, impedir ou limitar a fissuração e os deslocamentos da estrutura e propiciar o melhor aproveitamento dos aços de alta resistência no estado limite último”.

O Concreto Protendido surgiu como uma evolução do concreto armado, com a ideia básica de aplicar tensões prévias de compressão, na região da seção transversal da peça, que será tracionada posteriormente pela ação do carregamento externo aplicado na peça. Desse modo, as tensões de tração finais são diminuídas pelas tensões de compressão pré-aplicadas na peça (protensão). Assim, pretende-se diminuir os efeitos da baixa resistência do concreto à tração (BASTOS, 2019).

O concreto protendido se utiliza da mesma estrutura do concreto armado (HANAI, 2005), que são as barras de aço com o intuito de resistir aos esforços de tração e o concreto para resistir aos esforços de compressão, contudo, o que difere o concreto armado do concreto protendido, em sua formação estrutural, é o acréscimo das cordoalhas

em sua estrutura, que proporciona uma resistência maior à tração (PACHECO; RIBEIRO, 2018).

O concreto protendido consiste em aplicar num determinado elemento estrutural um estado prévio de tensões capaz de aumentar significativamente sua resistência e comportamento quanto a esforços de flexão, cortante e deslocamento (BARBOSA; SILVA; GARCIA, 2017).

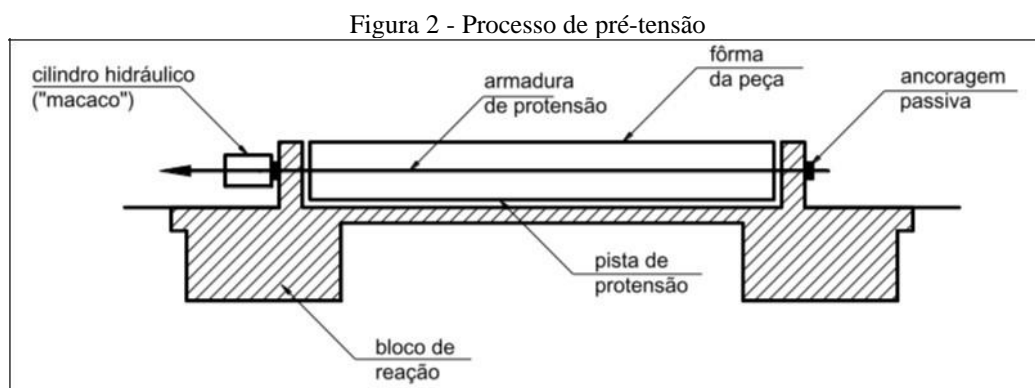
Existem dois tipos atualmente usuais de concreto protendido, o processo de pré-tensão e o processo de pós-tensão.

3.2 TIPOS DE PROTENSÃO

Segundo a NBR 6118/2014, o concreto protendido pode ser dividido em tipos diferentes de protensão, de acordo com a sua aderência entre a armadura e o concreto (BASTOS, 2018; GIOVANAZ; FRANZOZI, 2017; PACHECO; RIBEIRO, 2018).

3.2.1 Protensão pré-traçonada

Também conhecido como concreto com aderência inicial (pré-tração), o qual é normalmente utilizado para peças pré-moldadas. É feito 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 momento em que o concreto é lançado (GIOVANAZ; FRANZOZI, 2017).



Fonte: BASTOS, (2019)

Na figura 1, podemos observar os elementos principais desse sistema, sendo chamado de mesa onde se encontra a armadura de protensão, a ancoragem passiva, a ancoragem ativa, o bloco de reação (onde é fixada toda a estrutura), a pista de protensão, a forma e o macaco hidráulico.

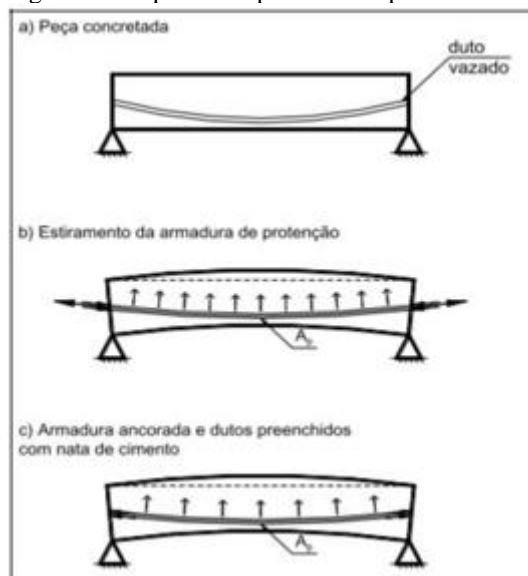
Nesse sistema, antes de ocorrer a concretagem no aço, é colocada uma tensão (um alongamento) muito próximo do limite de elasticidade, ou seja, da ordem de até 2800 MPa. Após a concretagem corta-se os aços transformando a estrutura pré-tensionada aumentando a resistência do concreto.

3.2.2 Pretensão Pós-tracionada

Também conhecido por 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 assim posterior aderência com o concreto (GIOVANAZ; FRANSOZI, 2017).

No sistema de protensão não aderente são utilizadas cordoalhas plastificadas engraxadas (figura 2), são cordoalhas tradicionais que possuem um revestimento de PEAD- polietileno com alta densidade, impermeável a água, totalmente resistente e durável. A conservação das cordoalhas deve ser de extrema importância, têm de estar limpas e livres de corrosão e se estiverem com rasgos ou falhas na cobertura do PEAD precisam ser reparadas antes da concretagem final (SILVA, 2018).

Figura 3 - Esquema do processo de pós-tensão

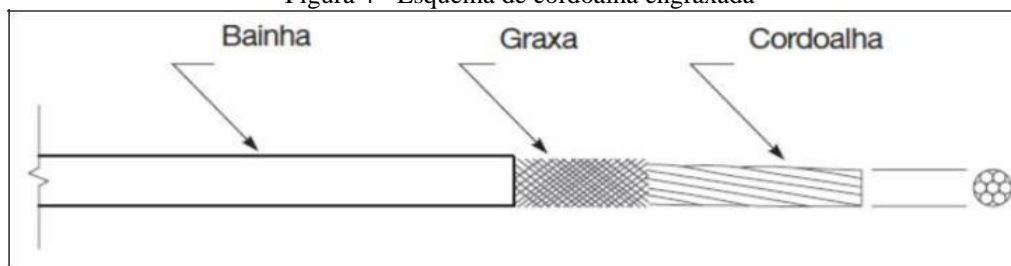


Fonte: BASTOS, (2019).

As cordoalhas devem ser fabricadas com resistência à tração de 190 e 210 kgf/mm² e relaxação baixa. Cauduro (2002) afirma que os cabos são fabricados com uma extensão maior que a fôrma de borda para serem tracionadas.

A cordoalha nua é coberta com graxa inibidora de corrosão e então revestida com bainha plástica [...]. O processo começa passando a cordoalha por um aplicador de graxa que recobre a cordoalha uniformemente com a quantidade exata de graxa inibidora de corrosão.

Figura 4 - Esquema de cordoalha engraxada



Fonte: Vasconcelos, (2010)

A cordoalha coberta de graxa segue pela máquina extrusora, que aplica e regula a espessura adequada de plástico derretido. Posteriormente a cordoalha passa por uma caneleta de água para que seja resfriada antes de ser novamente enrolada (p. 30) (SILVA, 2018).

3.3 MATERIAIS

Os materiais utilizados para protensão requerem especificações diferentes em relação àqueles empregados no concreto armado. Para entender o funcionamento de um sistema de protensão é importante saber que além do concreto existem: aços passivos e aços ativos: fios de aço, cordoalhas de aço, barras de protensão, cordoalhas engraxadas (FERREIRA; SILVA; CARVALHO, 2016).

Normalmente o concreto protendido requer concretos de resistência mais elevada (≥ 25 MPa) do que os usados em concreto armado. Dentre os motivos, podemos citar o uso em grandes vãos, utilização de menores dimensões nas seções resistentes e introdução de elevadas tensões de compressão em pouca idade (VASCONCELOS, 2010).

3.3.1 Armadura Ativa

Um dos aspectos a ser considerado é a maior suscetibilidade dos aços de protensão à corrosão sob tensão (*Stress Corrosion*). Isto é, sob altas tensões de tração aço de protensão fica mais vulnerável a uma espécie de corrosão, que provoca ruptura frágil dos cabos, sem escoamento (VASCONCELOS, 2010).

3.3.2 Bainhas

As bainhas são tubos dentro dos quais a armadura de protensão é colocada, utilizados em protensão com aderência posterior ou também sem aderência. São fabricados em aço, com espessura de 0,1 a 0,35 mm, costurados em hélice. Para criar aderência com a armadura de protensão, as bainhas são preenchidas com calda de cimento (BASTOS, 2019).

São utilizadas no sistema de pós-tração, podendo ou não receber pasta de cimento após o macaqueamento dos cabos. No caso de injeção de pasta, as bainhas possuem pequenos tubos de saída de ar, chamados respiros (VASCONCELOS, 2010).

3.3.3 Calda de cimento

A calda, ou nata de cimento injetada no interior da bainha metálica, tem como função proporcionar a aderência entre a armadura de protensão e o concreto da peça, na pós-tração, e proteger a armadura contra a corrosão. Utiliza-se cerca de

36 a 44 kg de água para cada 100 kg de cimento. A norma NBR 7681 (“Calda de cimento para injeção”) fixa as condições exigidas para as caldas (BASTOS, 2019).

3.3.4 Ancoragem

Ancoragens são os dispositivos que fixam os cabos na extremidade das peças. Podem ser ativas, quando permitem a operação de macaqueamento do cabo e passivas quando são fixas (VASCONCELOS, 2010).

A forma mais simples e econômica de fixação dos fios e cordoalhas é por meio de cunhas e porta-cunhas. As cunhas podem ser bi ou tripartidas, e ficam alojadas em cavidades de blocos ou placas de aço (porta-cunha). No caso de armaduras pós-traçadas, existem conjuntos de elementos, que constituem os chamados “sistemas de protensão” (BASTOS, 2019).

3.4 PERDAS DE PROTENSÃO

Devido à baixa idade do concreto, encurtamentos elásticos e fluência (deformação lenta) tendem a atingir valores elevados, com conseqüente redução do alongamento da armadura de protensão, ou seja, ocorre uma relativamente elevada “perda de protensão” (BASTOS, 2019).

De acordo com Vasconcelos (2010), existem diversas fontes da perda de tensão nos cabos de protensão. Há as chamadas perdas imediatas, que são devido à introdução

de forças de compressão na peça de concreto, e as progressivas, que são devidos a alguns fenômenos físicos dos materiais envolvidos no processo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

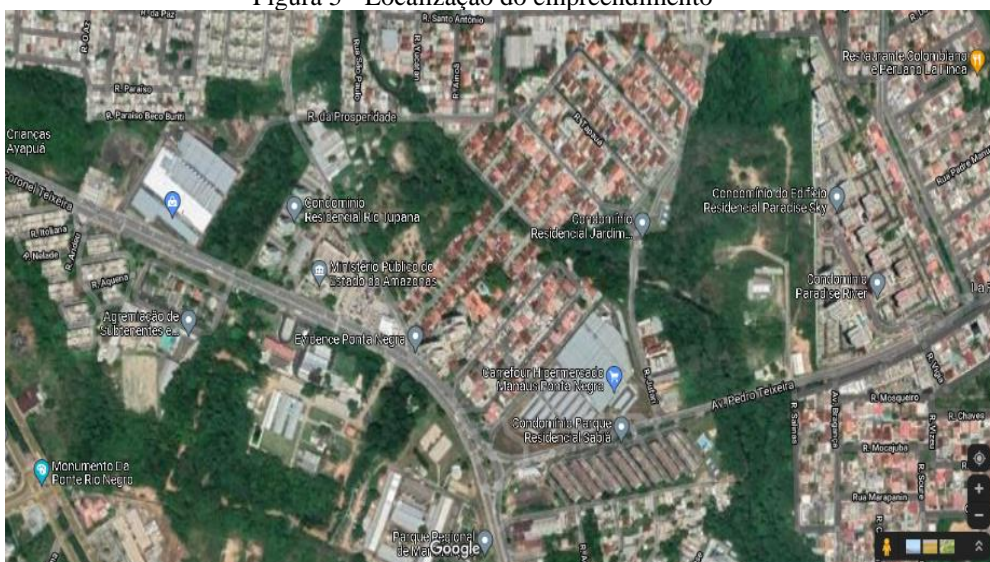
4.1 ESTUDO DE CASO

Trata-se de um radier protendido que é um tipo de fundação superficial (rasa), que descarrega as cargas da edificação por meio da resistência da base. A fundação radier também é conhecida como fundação em placa e pode ser explicada como uma laje de concreto que abrange toda a área de projeção da construção (SCHNEIDER, 2021).

4.1.1 Localização

A obra em questão está localizada na cidade Manaus, Amazonas.

Figura 5 - Localização do empreendimento



Fonte: Google Maps, 2021

4.1.2 Empreendimento

O empreendimento possui apartamentos com plantas diversificadas. São 03 torres divididas em apartamento de 2 e 3 quartos e cada torre possui 8 andares, de acordo com projeto. Atualmente ainda está em processo de construção onde está na etapa de 30% da execução das fundações (radier protendido), conforme mostra o progresso na figura 5.

Figura 6 - Progresso atual da obra



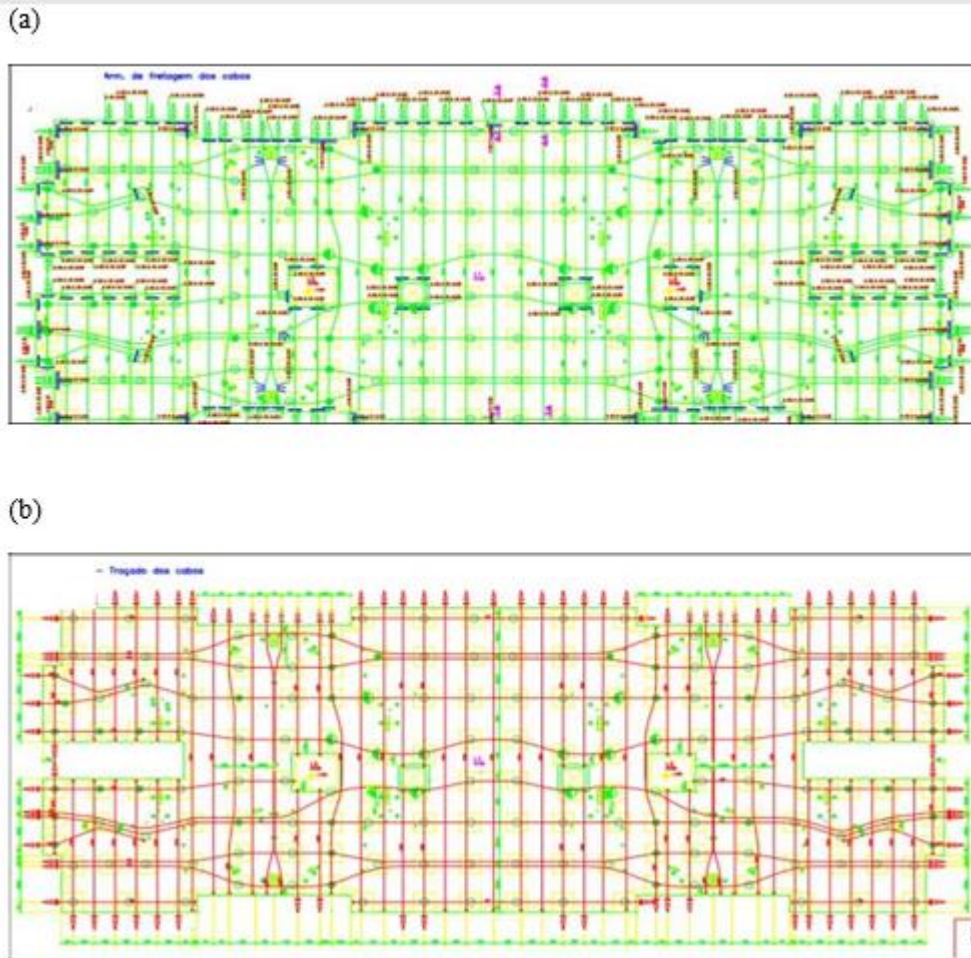
Fonte: www.rdenge.com.br, 2021

4.1.3 Fundação em concreto protendido

O radier de concreto protendido é mais utilizado em áreas de edificações maiores (SCHNEIDER, 2021). Essa fundação em radier funciona em sistema de pós-tração não aderente, ou seja, utilizam cordoalha (fios de aço de alta resistência enrolados entre si) engraxada e plastificada.

A malha de armadura de protensão é concretada normalmente. Após a concretagem e antes da cura (em média 3 dias), as armaduras são tensionadas com o auxílio de um macaco hidráulico, que é retirado apenas após a cura (7 dias). Esse processo faz com que a resistência do concreto seja aumentada devido ao tensionamento dos cabos de aço.

Figura 7 - Projeto de protensão: (a) armadura de fretagem dos cabos; (b) traçado dos cabos de ancoragem

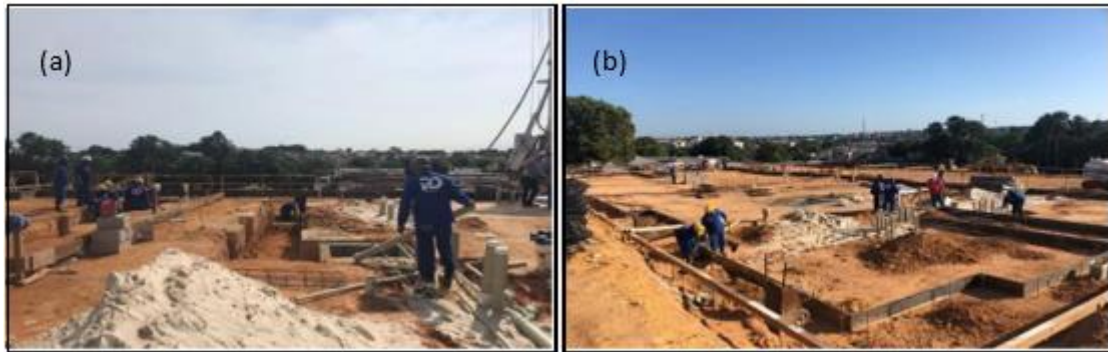


Fonte: RD engenharia, 2021

Na figura 6 (a) está mostrando o projeto com as armaduras de fretagem, geralmente são utilizadas para combater os esforços de tração que irão atuar no radier devido à protensão que está sendo aplicada.

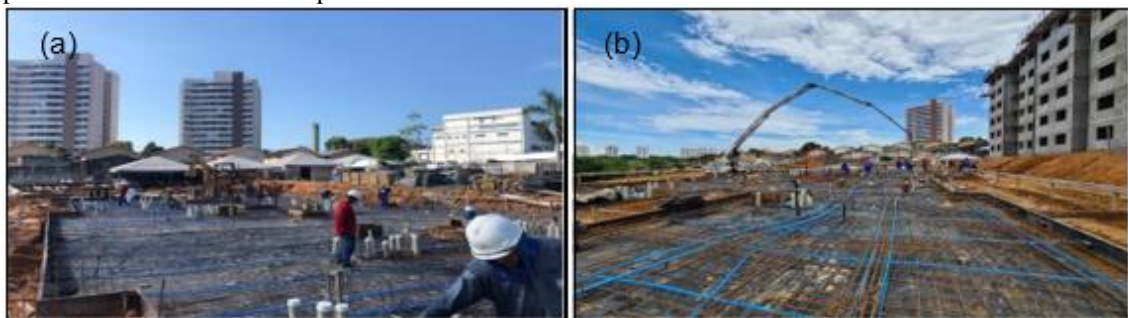
O traçado dos cabos exibido na figura 6 (b) é muito importante para a configuração final de esforços na peça estrutural (radier), o objetivo inicial da protensão é combater os esforços produzidos pelo carregamento externo, já o traçado dos cabos foi projetado para as cargas que atuam na peça de forma a atender as solicitações peculiares.

Figura 8 - Serviços preliminares: a) escavações iniciais e gabarito; b) locação de formas e instalações sanitárias.



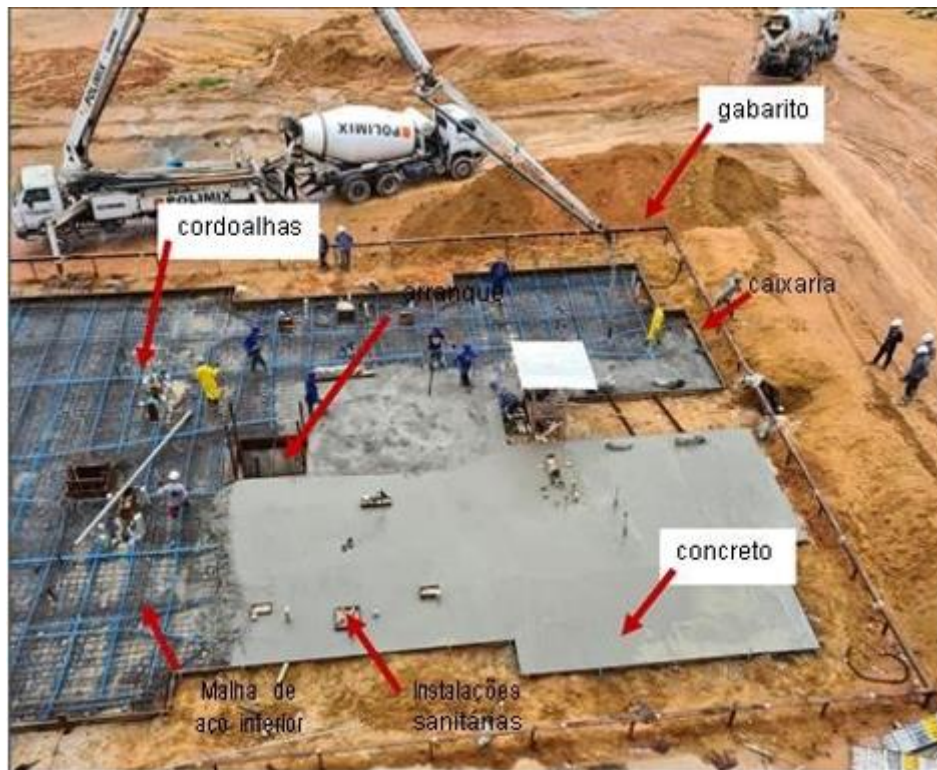
Após o processo de confecção do gabarito, fez-se uma demarcação em volta da área de interesse, então começou a escavação das valas com a retirada manualmente do solo para colocação das tubulações sanitárias mostrado na figura 7 (a), a colocação das formas laterais de forma a ficar como uma “cinta” (figura 7 (b)) após esse processo houve o reaterro manual acompanhado de compactação do solo e areia.

Figura 9 - Preparação para laje de radier: (a) colocação de filme plástico de isolamento; (b) cabos de protensão estendidos sobre o plástico



A figura 8(a) ilustra como deve proceder a colocação de filme plástico ($e= 0,15$ mm) sobre a base para evitar a perda de água do concreto quando do seu lançamento, aumentar a impermeabilidade, e diminuir o atrito da laje com a base, agindo juntamente com uma camada de areia. Além da diminuição do atrito, a camada de areia (5 a 10 cm) serve para quebrar o efeito capilar da base. Na figura 8(b) mostra todos os elementos tais como cabos, instalações sanitárias, cordoalhas, lona plásticas, formas instaladas prontas para etapa de concretagem.

Figura 10 - Radier protendido com a identificação dos principais elementos



Por fim, aconteceu aplicação do concreto, numa camada com espessura de 30 cm. A mistura estava no ponto pastosa e homogênea, de forma que foi aglutinada do melhor modo possível à malha de aço e tensionamento dos cabos no terceiro dia após a aplicação do cimento, por meio de macacos hidráulicos. No sétimo dia, os macacos foram retirados, e a superfície está finalizada pronta para a próxima etapa de construção. É possível visualizar de maneira geral os principais elementos utilizados na protensão desse elemento estrutural na figura 9.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

São diversas as vantagens se se construir a fundação tipo radier protendido, a vantagem maior é a economia, seja comparando a superfície com uma fundação comum ou com o sistema de sapatas de acordo com dados levantados no referencial teórico.

Especificamente em relação às sapatas, a economia ocorre porque a superfície do radier é homogênea e bem maior do que a fundação em quadrados. Assim, a quantidade de material gasto é menor, assim como a mão de obra necessária e não requer grandes movimentações de terra.

No processo construtivo “in loco” os trabalhos para construção de lajes radier protendidos são os seguintes: limpeza e preparo do terreno, colocação das canalizações,

colocação de filme plástico, formas laterais, cordoalhas com suas ancoragens e fretagens, concretagem, alisamento mecânico e, após três dias, protensão.

Outra vantagem do radier protendido é a rapidez no tempo de secagem do concreto, ou seja, em apenas sete dias de secagem já é possível dar procedimento às outras etapas. O tempo de execução é o grande atrativo.

Também é necessário fazer a instalação hidráulica e sanitária de forma bastante precoce – ainda no momento de preparação da estrutura. Isso ocorre porque cortar a estrutura posteriormente seria mais trabalhoso e caro. Logo, é fundamental possuir um projeto bastante detalhado da distribuição de água e energia elétrica do futuro imóvel.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, J. DA S.; SILVA, J. L. I. F. DA; GARCIA, R. S. **Análise comparativa do dimensionamento de vigas de concreto armado e protendido.** 2017

BASTOS, P. S. **Concreto Protendido.** [s.l: s.n.]. v. 1

BASTOS, P. S. **Fundamentos do Concreto Protendido.** Bauru/SP: Universidade Estadual Paulista – UNESP, 2019b.

BASTOS, P. S. DOS S. **Concreto Protendido.** Disponível em: www.feb.unesp.br/pbastos. Acesso em: 18 out. 1989.

CAUDURO, E. L. **Manual para boa execução de concreto protendido usando cordoalhas de aço engraxadas e plastificadas.** 2. ed. São Paulo: [s.n.].

FERREIRA, L.; SILVA; CARVALHO, M. C. D. E. Estruturas em concreto armado e concreto protendido custos e benefícios na execução de obras. 2016. GIL, A. C. (ORG). **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008. v. 264

GIOVANAZ, A. H.; FRANZOZI, C. B. P. Estruturas de concreto protendido: estudo de caso no contexto da disciplina de estágio supervisionado I. **Destaques Acadêmicos**, v. 9, n. 4, p. 309–319, 2017.

OLIVEIRA, D. J. T. M. DE et al. Viabilidade da aplicação de concreto protendido para lajes e edifícios: comparação com o concreto armado. **Semana de pesquisa da UNIT**, 2019.

PACHECO, A. L. L.; RIBEIRO, B. R. DOS S. **Estudo comparativo entre laje maciça simples de concreto armado e concreto protendido não aderente: uma abordagem bibliográfica.** Maceió - AL: Centro Universitário CESMAC, 2018.

SCHNEIDER, N. **Fundação Radier: O que é? Projeto e execução – Nelso Schneider.** Disponível em: <<https://nelsoschneider.com.br/fundacao-radier/>>. Acesso em: 25 out. 2021.

SILVA, S. O. DA. **Análise comparativa econômica do sistema em concreto protendido em relação ao método convencional.** Maringá: Centro Universitário de Maringá, 2018.

VASCONCELOS, K. DA S. **Análise Comparativa entre uma Laje Nervurada de Concreto Armado e uma de Concreto Protendido.** Rio de Janeiro: UFRJ, 2010.