ENTAC 2024
XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Maceió, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2024

Estudo de fundações do tipo radier em concreto protendido: uma revisão bibliográfica

Study of raft foundations in prestressed concrete: a literature review

Márcio Farias Italiano de Araújo
Universidade Federal de Alagoas | Maceió | Brasil | marcio.araujo@ctec.ufal.br
Débora Santos Moreira
Universidade Federal de Alagoas | Maceió | Brasil | debora.moreira@ctec.ufal.br
Wislayne Souza Alves
Universidade Federal de Alagoas | Maceió | Brasil | wislayne.alves@ctec.ufal.br

Resumo

A aplicação das fundações do tipo radier em concreto protendido é uma solução eficiente em situações em que solos de baixa capacidade de suporte condicionam as fundações convencionais. Este artigo tem o propósito de realizar um estudo sobre o uso das fundações do tipo radier em concreto protendido por meio de uma revisão bibliográfica, destacando suas características, benefícios e aplicações. Os resultados evidenciam que o emprego de radier demonstra ser uma solução eficiente e de alta qualidade para edificações residenciais, galpões e edifícios em geral. A incorporação da técnica de protensão, por sua vez, otimiza o desempenho de fundações, apresentando-se como uma alternativa econômica e ágil em relação a outras soluções. Contudo, observa-se uma lacuna na literatura especializada quanto à investigação específica de fundações do tipo radier protendido.

Palavras-chave: Fundações. Radier. Concreto protendido.

Abstract

The use of prestressed concrete radier foundations is an efficient solution in situations where low bearing capacity soils constrain conventional foundations. The purpose of this article is to study the use of prestressed concrete radier foundations through a literature review, highlighting their characteristics, benefits and applications. The results show that the use of radier foundations is an efficient and high-quality solution for residential buildings, warehouses and buildings in general. The incorporation of the prestressing technique, in turn, optimizes the performance of foundations, presenting itself as an economical and agile alternative to other solutions. However, there is a gap in the specialized literature regarding the specific investigation of prestressed radier foundations.

Keywords: Foundations. Raft foundation. Prestressed concrete.

Como citar:
ARAÚJO, M. F. I.; MOREIRA, D. S.; ALVES, W. S. Estudo de fundações do tipo radier em concreto protendido: uma revisão bibliográfica. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. Anais... Maceió: ANTAC, 2024.

INTRODUÇÃO

Em seu estudo, Silva [1] ressalta que há alguns elementos estruturais cujo caráter pode ser classificado como sendo de extrema importância. As fundações são citadas com grande destaque, pois seu escopo pode ser explicado pelo papel de transmitir as cargas da estrutura ao solo em que ela se apoia. Dessa maneira, é importante que as fundações possuam resistência adequada, de modo que estas suportem de maneira ideal os esforços solicitantes de toda a estrutura. Para além disso, ressalta-se a importância do estudo de resistência e rigidez do solo em questão.

Segundo Nazário, Da Silva e Bertequini [2], dentre os diversos tipos de fundações disponíveis, a escolha ideal é aquela que atende às necessidades específicas da estrutura, evitando recalques e falhas na interação com o solo.

Neste contexto, Barros [3] afirma que bons planejamentos e execuções de fundações podem implicar de 3% a 10% do custo total de uma edificação, ao passo que problemas na concepção desses elementos estruturais acarretam prejuízos de cinco a dez vezes maiores que com uma execução ideal. Além disso, é importante ressaltar a importância das fundações para a edificação como um todo, uma vez que seu papel é fundamental para o funcionamento e segurança da estrutura.

De acordo com Yudonago [4], nas últimas décadas, com a expansão do setor de Engenharia Civil e a crescente demanda por edifícios mais altos, a protensão com cordoalhas tornou-se uma técnica inovadora. O concreto protendido, como resultado, emergiu como uma opção mais atraente para sistemas estruturais. Essa técnica levou ao desenvolvimento de novos métodos construtivos, caracterizados por estruturas mais econômicas, de fácil aplicação e capazes de suportar cargas mais elevadas. No contexto das fundações, uma dessas estruturas é a laje apoiada no solo, conhecida como radier.

Em relação a elementos de concreto protendido, a Norma Brasileira 6118 [5] define:

> *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, bem como propiciar o melhor aproveitamento de aços de alta resistência no estado-limite último (ELU).* [ABNT, 2023, p. 3].

Conforme Pfeil [6], a técnica de protensão é um método que almeja melhorar o desempenho de estruturas de concreto, como vigas, lajes e fundações, através da aplicação de tensões iniciais. A técnica permite o aumento da resistência dessas estruturas à fissuração e flexão, de modo a torná-las mais duráveis e eficientes.

O presente artigo tem como objetivo principal apresentar uma análise do estado da arte relacionado ao estudo das fundações do tipo radier executadas em concreto protendido. Por meio de uma revisão da literatura existente, busca-se compreender tanto os aspectos teóricos quanto práticos, explorar suas características, benefícios, aplicação específica da técnica e promover uma comparação com as soluções usuais no mercado.

RADIER PROTENDIDO

A norma brasileira NBR 6122 [7] define as fundações de uma edificação como estruturas responsáveis por transmitir as cargas ao solo. As fundações profundas, como estacas, tubulões e caixões, transferem as cargas a camadas mais profundas do solo, sendo utilizadas em terrenos com baixa resistência superficial ou quando é necessário evitar recalques excessivos. Já as fundações rasas, também conhecidas como diretas ou superficiais, distribuem as cargas em uma área próxima à superfície do terreno, sendo exemplos típicos sapatas, radiers e blocos.

Além disso, a norma supracitada define o radier como um tipo específico de fundação rasa, caracterizado por ser um elemento estrutural que possui rigidez suficiente para receber e distribuir mais de 70% das cargas da estrutura sobre ele [7].

O autor Cauduro [8] define como radier protendido aquele que é executado pelo uso de cabos monocordoalhas, que por sua vez consistem em cordoalhas engraxadas e plastificadas, sendo cada cordoalha fixada por apenas uma ancoragem em cada extremidade. Ademais, o autor explicita que há alguns tipos de sistemas de execução para fundações do tipo radier utilizando a tecnologia de protensão. Dentre eles, destaca-se o sistema que dispensa a utilização de injeção de pastas de cimento, utilizando o emprego de cordoalhas engraxadas, sendo essa uma prática promotora de eficiência e determinada simplificação.

Em relação ao processo construtivo do radier protendido que utiliza cordoalhas engraxadas, inicialmente, são realizadas as atividades preparatórias, incluindo a limpeza e nivelamento do terreno e a instalação de formas para delimitar a área do radier. Em seguida, são posicionadas as cordoalhas de aço engraxadas em um arranjo específico, seguindo o projeto estrutural. Essas cordoalhas são tensionadas através de macacos hidráulicos, aplicando-se uma força de compressão ao concreto antes de sua cura, visando melhorar a capacidade de carga e controlar as fissuras. Posteriormente, o concreto é lançado sobre as cordoalhas e devidamente compactado, formando a laje do radier. Durante o processo de cura do concreto, as cordoalhas permanecem tensionadas para garantir a eficácia da protensão. Uma vez concluído o processo de cura, a fundação está pronta para receber as cargas estruturais da edificação [9].

Em seu trabalho Portela [10] aborda que a fundação do tipo radier executada em concreto protendido, tem como ponto de destaque a economia que pode apresentar, dada a diminuição em 30% da altura da peça estrutural em comparação com essa sendo projetada em concreto armado.

Abdelrahman [11] afirma que há utilização em larga escala da técnica de protensão em lajes para edificações residenciais e comerciais especialmente na América do Norte, Europa e em regiões do Extremo Oriente e Monarquias do Golfo Pérsico. E, em comparação a lajes convencionais em concreto armado, as lajes protendidas oferecem maior rapidez no ciclo de construção, menor espessura nas peças estruturais, maior vida útil e consequentemente, contribuem para um menor custo efetivo na edificação. Nesse sentido, ressalta-se ainda, que em estruturas de concreto protendido levam à utilização de materiais de alta qualidade, de modo que 1 kg de cabos sujeitos à ação

da protensão chegam a equivaler, em termos de resistência à tensão, de 3 a 4 kg de cabos comuns, de acordo com *The South African Institution of Civil Engineering* [12].

Hachich *et al.* [13] traz que o uso de tal método foi adotado em larga escala no Brasil devido aos investimentos em em construções de interesse social, bem como em pisos industriais e comerciais. Os autores frisam ainda que a utilização da tecnologia de protensão em galpões industriais deve-se a problemas causados pelas juntas de dilatação que em geral propiciam o surgimento de trincas no concreto, em decorrência da movimentação de cargas e propiciando o surgimento de manifestações patológicas.

É importante destacar que o processo construtivo do radier protendido se diferencia principalmente pela presença da armadura ativa devido à protensão realizada, em contraste com o radier em concreto armado, considerado o mais clássico e tradicional entre as fundações desse tipo [4]. Uma vez que, o radier em concreto armado apresenta uma estrutura semelhante às lajes convencionais, sendo executado com armadura passiva e telas ou malha de aço para proporcionar uma distribuição mais eficiente dos esforços na laje. A Figura 1 evidencia as principais características desses dois sistemas.

Figura 1: Particularidades construtivas da fundação do tipo radier protendido e radier em concreto armado.



Fonte: Rosas, *et al*. (2020).

Não obstante, Monteiro [14] destaca que, embora as técnicas de construção em concreto protendido continuem avançando significativamente, a disponibilidade de *softwares* específicos para o dimensionamento e análise dessas estruturas ainda é limitada, especialmente para estudantes de graduação. Essa lacuna, que tem como maiores fatores impeditivos o custo e a falta de opções, dificulta a compreensão dos conceitos e a aplicação prática dos conhecimentos adquiridos em sala de aula. Contudo, Monteiro [14] ainda traz que, a efeito de comparação, o emprego de cálculos manuais revela-se inviável para desenvolvimento de projetos de concreto protendido, diante da demanda de tempo exigida pela atividade.

Atualmente, o uso de programas computacionais se tornou uma prática imprescindível no afinco de projetar não apenas fundações do tipo radier, mas lajes de concreto protendido como um todo. Em seu estudo, Abdelrahman [11] ,por exemplo, introduz técnicas de análise e projeto baseadas em códigos de programação de diferentes

nacionalidades, a egípcia ECP 203-2001 [15], a britânica BS 8110 [16] e a norte americana ACI 318 [17].

METODOLOGIA

Para alcançar o objetivo proposto neste trabalho, adotou-se uma abordagem exploratória do tema por meio de uma revisão da literatura existente, conforme definido por Gil [18]. Ele caracteriza a pesquisa bibliográfica como aquela que se baseia em materiais já elaborados, predominantemente livros e artigos científicos. No presente estudo, deu-se prioridade ao uso de publicações periódicas para assegurar a atualidade e relevância das informações. Utilizaram-se palavras-chave como "radier protendido", "fundações", "concreto protendido", "*post-tensioned raft foundation*", "*prestressed concrete*" e "*post-tensioned concrete*" para direcionar a pesquisa.

Para a coleta dos dados, empregaram-se ferramentas de pesquisa como Google Acadêmico, *ResearchGate* e periódicos disponíveis na plataforma CAPES. Ao todo, foram consultados 21 artigos, trabalhos e normas, os quais foram analisados para construir uma base sólida de conhecimento sobre o tema. Este processo permitiu identificar tendências atuais, avanços recentes e lacunas na pesquisa, contribuindo significativamente para o desenvolvimento deste trabalho.

Deste modo, nesta pesquisa, inicialmente foi realizada uma busca acerca das particularidades das estruturas de fundação como um todo, mas com um foco para aquelas do tipo radier, em especial envolvendo a tecnologia da protensão. Durante a busca inicial foram considerados os títulos e resumos para a seleção ampla de artigos de possível interesse e posteriormente foi realizada uma leitura criteriosa a partir do uso de termos como radier protendido, fundações e concreto protendido, nos textos integrais dos artigos selecionados.

Buscou-se, por meio da leitura das obras, identificar as principais vantagens do uso do radier protendido, além de buscar entender os procedimentos de projeto, dimensionamento e a aplicação específica dessa técnica de fundação. Basicamente, como critérios de inclusão utilizados pode-se citar a adição dos textos que abordam as propriedades do radier protendido, artigos preferencialmente nacionais, no fito de aproximar a discussão do contexto em questão, e produções no período de 1998 a 2024, com uma preferência por artigos mais recentes. A amplitude do período de publicação das referências explica-se pela necessidade de obter um maior número de referências relevantes.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Moura [19] elenca em seu estudo algumas vantagens acerca do uso de fundações do tipo radier. Dentre elas, cita-se a possibilidade da laje do radier de desempenhar a atividade de fundação a partir de sua característica de expandir-se ao longo de grande parte, senão toda a projeção da edificação, transmitindo as cargas provenientes da

estrutura de forma bem distribuída. O autor ainda traz que a fundação é capaz de desempenhar as atividades de piso com uma qualidade de acabamento que pode ser considerada satisfatória. Além disso, ressalta-se que o radier dispensa escavações, alicerces em alvenaria, baldrames e cintas. Assim, uma fundação desse tipo é muito bem direcionada ao apoio desde pequenas residências a galpões e edifícios.

Por conseguinte, Rosas *et al.* [8] destacam uma vantagem da utilização da técnica de protensão em obras, que basicamente consiste em iniciar a execução da estrutura sob tensão antes dessa ser submetida ao carregamento permanente. Tal processo ocorre quando as cordoalhas são tensionadas pelos macacos hidráulicos, resultando em uma menor deformação da edificação quando submetida ao carregamento final. Isso previne a formação de fissuras excessivas e prolonga a vida útil da fundação.

Os autores Dos Santos e Pinheiro [20] ainda trazem que o processo *in loco* de execução do radier protendido envolvem as seguintes etapas: limpeza e preparo do terreno, disposição das canalizações, colocação de filme plástico, formas laterais, disposição de cordoalhas com suas ancoragens e ferragens, concretagem, alisamento mecânico e, após um período de três dias, aplicação de protensão.

Conforme citado por Yudonago [4], embora haja várias etapas construtivas em comum na execução tanto do radier protendido quanto do convencional, o primeiro geralmente envolve um número maior de etapas. No entanto, é importante ressaltar que esses processos adicionais não aumentam o custo final da fundação, uma vez que já estão inclusos no serviço de proteção. Isso significa que, embora a execução do radier protendido possa exigir mais procedimentos, tais como a instalação e tensão dos cabos de protensão, esses custos estão integrados ao serviço e não são repassados como custos adicionais para o cliente final. Dessa forma, a execução de um radier protendido pode ter um custo inicial mais elevado e exigir mão-de-obra especializada, mas compensa com menor necessidade de manutenção e maior durabilidade.

No que se refere à execução de fundações do tipo radier, Dória [21] traz que alguns cuidados devem ser tomados na finalidade de obter um melhor desempenho. Dentre elas, cita-se conferir o cálculo estrutural, a preparação do nível e compactação do terreno, o controle do valor do Índice de Suporte Califórnia (CBR) empregado, disposição das formas com altura de 10 cm a 15 cm nas quatro laterais da área que há de ser concretada e a colocação de uma manta plástica no fito de promover um isolamento do concreto.

Neste contexto, Cauduro [7] traz algumas recomendações para a execução da peça de fundação, mais especificamente em concreto protendido. São elas a utilização de concretos de resistência característica de concreto à compressão (fck) igual ou superior ao valor de 30 MPa; espaçamento de 80 cm a 120 cm entre cordoalhas; cabos que não ultrapassem 40 metros de comprimento sem a utilização de ancoragens intermediárias (e criação de juntas de concretagem); a procedência de uma força de 150 kN em cada cabo no tocante à protensão nas cordoalhas; No caso de utilização de monocordoalhas engraxadas, utiliza-se uma ancoragem igual à ativa pré-encunhada como uma ancoragem passiva; O pré-encunhamento das ancoragens passivas deve ser

realizado utilizando de um macaco hidráulico promovendo a força total de protensão conforme especificado no projeto, caso contrário, pode haver o risco de escorregamento durante a protensão na extremidade ativa; a depender da topografia, pode ser necessário construir uma contenção ao redor do perímetro da edificação, assim como medida de proteção contra erosão; as pontas excedentes dos cabos devem ser cortadas utilizando oxi-acetileno; o fechamento do nicho com graute e a recomendação do uso de capitéis ou nervuras invertidas quando houver cargas concentradas ou lineares de alto valor.

Segundo Dos Santos e Pinheiro [20], o emprego de fundação do tipo radier protendido é vantajoso, principalmente, em relação à economia. Essa vantagem é intensificada quando posta em comparação da utilização da laje com a de uma fundação comum, tal qual uma sapata isolada. Mais especificamente comparando com a utilização de sapatas, a homogeneidade proveniente do material bem como sua menor quantidade no uso do radier, aliadas à menor necessidade de movimentações de terra corroboram com o menor gasto envolvendo esse tipo de fundação.

Oliveira e Alencar [22], realizaram uma análise comparativa entre radier de concreto armado e radier de concreto protendido, por meio de levantamento bibliográfico e pesquisa documental. Os autores destacam que, embora o custo do material para a execução de fundações em radier de concreto protendido possa ser até 35% mais econômico que o do concreto armado, a necessidade de mão-de-obra qualificada pode elevar os custos. Em termos de vida útil, o concreto protendido oferece maior durabilidade devido à menor incidência de fissuras, apesar da maior suscetibilidade à corrosão das armaduras. Além disso, o método construtivo com concreto protendido possibilita uma redução no cronograma de execução devido ao tempo de cura mais rápido. Oliveira e Alencar concluem que, apesar de todas as vantagens técnicas e econômicas, a popularização do radier de concreto protendido ainda enfrenta desafios devido à falta de mão-de-obra especializada, possuindo um grande potencial para se tornar uma escolha predominante em construções que exigem alta resistência estrutural.

Os autores Rosas et al. [9] realizaram um estudo de caso em um condomínio localizado em Caruaru/PE. No mesmo município, a construtora responsável já havia executado a construção de um empreendimento com características arquitetônicas semelhantes, utilizando o modelo de radier armado convencional. Entre os valores quantificados, constatou-se que o consumo de aço na opção de fundação em radier armado foi da ordem de 5,605 kg por m², enquanto que na fundação de radier protendido foi de 1,275 kg por m², resultando em um peso quatro vezes menor da estrutura. Em termos percentuais, observou-se que o consumo de aço no sistema protendido é 48% mais econômico que o convencional, gerando aproximadamente R$ 14.000,00 de economia por bloco. Além disso, um item de custo relevante é o fornecimento de concreto, com o valor total para a fundação convencional sendo aproximadamente R$ 22.006,52, 47% superior em relação à opção protendida, que custa R$ 14.965,08.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho buscou analisar as fundações do tipo radier executadas em concreto protendido, destacando suas características, benefícios e aplicações. Com a análise do conhecimento apresentado sobre fundações do tipo radier em concreto protendido, foi possível inferir as significativas vantagens desta técnica em comparação com as fundações tradicionais de concreto armado, uma vez que, o radier protendido destaca-se pela redução na espessura da laje, maior capacidade de carga, controle eficaz de fissuras e economia de materiais, resultando em uma solução estrutural eficiente e durável. Além disso, a aplicação de protensão, utilizando cordoalhas engraxadas, contribui para a otimização do desempenho estrutural, oferecendo uma alternativa viável e economicamente atrativa para edificações de diferentes portes.

Este estudo reforça a importância de considerar o radier protendido como uma opção inovadora e eficaz no campo das fundações, sendo necessário promover avanços técnicos e econômicos na construção civil. Assim, afirma-se que, atualmente, existe uma lacuna significativa na literatura especializada sobre fundações do tipo radier executadas com concreto protendido. Essa lacuna se refere à escassez de estudos aprofundados e atualizados que abordem especificamente as práticas, desafios e inovações associadas a esse tipo de fundação. Embora o uso de concreto protendido tenha sido amplamente documentado em outras aplicações estruturais, a literatura carece de produções mais específicas no emprego desse material em fundações.

REFERÊNCIAS

[1] SILVA, André Yuri Lyra Coelho. **A importância das fundações superficiais nas construções de residências.** Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/items/38ba2b92-81da-4856-9204-5f9e78e6454f>. Acesso em: 23 mai. 2024.

[2] NAZÁRIO, Gabriel Fernando; DA SILVA, Vitor Crescencio; BERTEQUINI, Aline Botini Tavares. Análise teórica sobre a fundação tipo radier. **Revista Engenharia em Ação UniToledo**, v. 4, n. 2, 2019.

[3] BARROS, Márcia. **Apostila de Fundações.** Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia de Construção Civil. 2003.

[4] YUDONAGO, Bruce Kambo. **Estudo comparativo entre fundações radier de concreto armado e protendido para edificações em alvenaria estrutural**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

[5] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.

[6] PFEIL, Walter. **Concreto Protendido – Introdução**, v. 1, LTC Editora, Rio de Janeiro, 1984.

[7] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122**: Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

[8] CAUDURO, Eugenio Luiz. **Execução de radiers protendidos: simplicidade e economia.** Trabalho apresentado no 42º Congresso Brasileiro de Concreto, Fortaleza, 2000.

[9] ROSAS, Pedro Mattos; et al. ANÁLISE DE CUSTOS ENTRE RADIER ARMADO E PROTENDIDO. In: ANAIS DO XX COBRAMSEG, 2022, Campinas. **Anais eletrônicos**... Campinas, Galoá, 2022. Disponível em: <https://proceedings.science/cobramseg-

2022/trabalhos/analise-de-custos-entre-radier-armado-e-protendido?lang=pt-br>. Acesso em: 23 mai. 2024.

[10] PORTELA, Átila Oliveira. **Análise comparativa de custos entre o Radier protendido e Fundação em estaca hélice contínua: um estudo de viabilidade aplicado na construção de um condomínio de padrão popular na região metropolitana de São Luís**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso. Centro Universitário Unidade de Ensino Superior Dom Bosco.

[11] ABDELRAHMAN, Amr A. Applications of sustainable post-tensioned concrete slabs. **Innovative Infrastructure Solutions**, v. 2, p. 1-12, 2017.

[12] THE SOUTH AFRICAN INSTITUTION OF CIVIL ENGINEERING. Design of prestressed concrete flat slabs. Report of Joint Structural Division of the South African Institution of Civil Engineering and the Institution of Structural Engineers. 2001.

[13] HACHICH, W; FALCONI, F. F; SAES, J. L.; et al. (Eds.) **Fundações: Teoria e Prática.** São Paulo, 2. ed., p.751, 1998.

[14] MINISTRY OF HOUSING, UTILITIES AND URBAN COMMUNITIES. The Egyptian Code for Design and Construction of Reinforced Concrete Structures. **ECP 203-2001**, Ministerial n. 208, 2. ed., 2001.

[15] BRITISH STANDARDS INSTITUTION. Structural use of concrete, part 1. Code of practice for design and construction, **BS-8110**. 1997.

[16] AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. Building code requirements for structural concrete (ACI 318-02) and commentary (ACI 318R-02). **ACI 318**, Farmington Hills: ACI, p 445, 2002.

[17] MONTEIRO, João MA; BONO, Giuliana FF; BONO, Gustavo. Programa Computacional para Dimensionamento de Seções Transversais de Concreto Protendido. ***Mecânica Computacional***, v. 34, n. 10, p. 601-614, 2016.

[18] GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

[19] MOURA, J.R.B. **Estruturas de Concreto Protendido.** Fortaleza: Editora Unifor, 2000.

[20] DOS SANTOS, E. O.; PINHEIRO, Érika C. N. M. **Processo executivo de estruturas em concreto protendido: Estudo de caso em edifícios Multifamiliares.** Brazilian Journal of Development, [S. l.], v. 7, n. 12, p. 111053–111067, 2021. DOI: 10.34117/bjdv7n12-064. Disponível em: https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/40577. Acesso em: 27 maio. 2024.

[21] DÓRIA, L. E. S. **Projeto de Estrutura de Fundação em Concreto do tipo Radier.** 2007. 93 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió/AL, 2007.

[22] OLIVEIRA, K.K.F.; ALENCAR, E.A.B. Análise **comparativa entre o radier de concreto protendido e o concreto armado.** Revista Científica Semana Acadêmica. Fortaleza, 2019.