

UM ESTUDO SOBRE AS FUNDAÇÕES EXECUTADAS NA CIDADE DE ITUIUTABA/MG¹

A STUDY ON FOUNDATIONS CARRIED OUT IN THE CITY OF ITUIUTABA/MG

Camilla Cristina Nunes²

Déborah Sthefany Santos Nunes³

Filipe Augusto Silva de Almeida⁴

RESUMO

As fundações, na Engenharia Civil, são as bases das edificações, porque elas transmitem o peso da construção sobre o solo e evitam que possam ocorrer grandes problemas. Elas são fundamentais para a segurança e a estabilidade da estrutura. Nesse contexto, destaca-se o objetivo geral que orientou esta investigação: analisar os tipos de fundação empregadas em casas e prédios em Ituiutaba/MG. Para isso, desenvolveu-se um roteiro contendo dezoito perguntas para utilizar em entrevistas com engenheiros civis responsáveis por cinco obras distintas na cidade, sendo elas: casas, prédios, comércios e empreendimentos industriais. Os resultados obtidos evidenciaram que as fundações mais utilizadas são as estacas escavadas, devido ao seu baixo custo e facilidade de mão de obra. Foi observado que alguns aspectos prejudicaram o andamento das obras, como por exemplo: falta de investigação geotécnica na primeira e segunda obra; atrasos no cronograma, devido a problemas inesperados; mão de obra despreparada na obra residencial fez com que precisasse modificar todo o projeto e aumentar o prazo de entrega; problema no planejamento e orçamento fez com que edifícios multifamiliares tivessem um custo diferente e acarretaram prejuízo ao cliente. A pesquisa foi fundamental para demonstrar a importância do planejamento do projeto e execução de fundações, como mostrado nas cinco entrevistas apresentadas. Para trabalhos futuros, sugere-se que se investigue mais obras e mais engenheiros responsáveis para levantar dados e verificar os tipos de estrutura dos empreendimentos pesquisados, incluindo os materiais utilizados, as cargas atuantes, cargas variáveis e de peso próprio. Com este artigo científico, é possível salientar a importância da investigação geotécnica para cada construção.

Palavras-chave: fundação; investigação geotécnica; engenheiro; obras; solo.

¹ Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade FacMais de Ituiutaba-MG, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, no segundo semestre de 2023.

² Acadêmica do 10º Período do curso de Engenharia Civil pela Faculdade FacMais de Ituiutaba-MG. E-mail: camila.nunes@aluno.facmais.edu.br

³ Acadêmica do 10º Período do curso de Engenharia Civil pela Faculdade FacMais de Ituiutaba-MG. E-mail: deborah.nunes@aluno.facmais.edu.br

⁴ Professor-Orientador. Mestre em Engenharia Civil pela UFU. Docente da Faculdade FacMais de Ituiutaba-MG. E-mail: filipe@facmais.edu.br

ABSTRACT

Foundations, in Civil Engineering, are the bases of buildings, because they transmit the weight of the construction onto the ground and prevent major problems from occurring. They are fundamental to the safety and stability of the structure. In this context, the general objective that guided this investigation stands out: to analyze the types of foundations used in houses and buildings in Ituiutaba/MG. To this end, a script was developed containing eighteen questions to be used in interviews with civil engineers responsible for five different projects in the city, namely: houses, buildings, businesses and industrial enterprises. The results obtained showed that the most used foundations are excavated piles, due to their low cost and ease of labor. It was observed that some aspects hampered the progress of the works, such as: lack of geotechnical investigation in the first and second works; schedule delays due to unexpected problems; unprepared labor in residential work meant that the entire project had to be modified and the delivery time increased; problems in planning and budgeting meant that multi-family buildings had a different cost and resulted in losses for the client. The research was fundamental in demonstrating the importance of project planning and execution of foundations, as shown in the five interviews presented. For future work, it is suggested that more constructions be investigated and more engineers responsible for collecting data and verifying the types of structure of the projects researched, including the materials used, the acting loads, variable loads and self-weight. With this scientific article, it is possible to highlight the importance of geotechnical research for each construction.

Keywords: foundation; geotechnical investigation; engineer; construction; ground.

1 INTRODUÇÃO

Sabe-se que as fundações, na Engenharia Civil, são a base das construções, pois elas dividem o peso da edificação sobre o solo e evitam que danos maiores possam acontecer. Elas fazem parte da infraestrutura da obra e são executadas abaixo do nível do solo. Elas são formadas a partir da junção do terreno e dos elementos estruturais que transmitem carga ao solo pela base, fuste, de forma segura e estável, e assim garantem uma maior segurança contra rupturas ou deformações (Azeredo,1977). A fundação é a base sobre a qual a construção é erguida.

Segundo Pereira (2017), as fundações podem ser classificadas em superficiais e profundas. Os principais tipos de fundações superficiais são as sapatas, os blocos e os radiers. As sapatas são elementos estruturais de concreto armado dimensionadas para que as tensões de tração que são exercidas sobre a fundação sejam resistidas pela armadura e não pelo concreto. Bloco de concreto é um tipo de fundação rasa utilizada na construção civil, que consiste em uma base de

concreto, geralmente em forma de bloco ou placa, que é projetada para distribuir o peso da estrutura da construção de maneira uniforme sobre o solo subjacente.

A NBR 6122/2019 diz que “radier é um elemento de fundação rasa predominantemente rígido para receber e distribuir mais do que 70% das cargas da estrutura” (ABNT, 2019, p. 07). Ele é usado quando o solo é suficientemente firme e uniforme para suportar a carga da estrutura sem a necessidade de escavações profundas. O radier oferece economia de tempo, uma vez que a preparação do solo é mínima e a construção pode prosseguir rapidamente. É uma escolha comum para edifícios leves e casas.

As estacas são as fundações profundas mais utilizadas atualmente e existem vários métodos construtivos. De acordo com a NBR 6122/2019, a estaca é um componente de fundação profunda que é feito inteiramente por equipamentos ou ferramentas, mas vale ressaltar que em nenhuma das fases de execução ocorre o trabalho manual em profundidade. Podem ser utilizados os seguintes materiais: madeira, aço, concreto pré-moldado, concreto moldado *in loco*, argamassa, calda de cimento ou qualquer combinação dos anteriores (ABNT, 2019, p. 03). O principal benefício é a simplicidade de instalação e custos mais baixos em comparação com outros tipos de fundações.

As estacas Hélice Contínua são estacas de concreto moldadas com uma hélice na extremidade. De acordo com a NBR 6122/2019, é uma “estaca de concreto moldada *in loco*, produzida através da introdução no solo, por meio de rotação, de um trado helicoidal contínuo, acompanhada pela injeção de concreto pela haste central do mesmo” (ABNT, 2019, p. 04). Elas são inseridas no solo por rotação e empuxo, criando um furo contínuo. Essas estacas são adequadas para solos variados e podem suportar cargas significativas. Sua principal vantagem é a capacidade de perfurar em solos mais duros e rochosos.

Há um leque de possibilidades para a escolha das fundações de uma obra. As investigações geotécnicas, a vizinhança da obra, o cronograma a ser executado, a disponibilidade de maquinário e mão de obra qualificada, o orçamento e as cargas provenientes da estrutura são alguns dos parâmetros a serem analisados para a determinação do tipo de fundação. Caso algum desses critérios sejam negligenciados ou interpretados de forma incorreta, pode-se ter prejuízos futuros à obra e/ou à empresa construtora. Os danos podem ser mínimos, como pequenos recalques diferenciais ou uma escolha mais cara de fundação, a malefícios mais

consideráveis, como transtornos associados à execução de reforços de fundação ou mesmo a interdição e demolição da estrutura.

Diante desse contexto, este trabalho busca responder a seguinte pergunta: Quais fatores interferem na escolha das fundações para a edificação de casas e prédios de Ituiutaba/MG? Assim, desenvolveu-se este estudo com entrevistas a engenheiros responsáveis pelas obras em análise. Para tanto, foram elaborados quatro objetivos específicos: i) conhecer, por meio de pesquisa de campo e entrevistas, as fundações utilizadas em casas e prédios em Ituiutaba/MG e suas aplicações; ii) investigar as razões para as escolhas de cada tipo de fundação; iii) comparar as obras estudadas e levantar discussões sobre métodos adotados; e iv) agregar conhecimentos de engenheiros responsáveis pelas obras examinadas.

Desse modo, a presente pesquisa se baseia no atual cenário de Ituiutaba/MG, a fim de explicitar os dados pesquisados e levantados de algumas fundações utilizadas no município, tendo em vista os diversos tipos de fundações atualmente existentes. A proposta é realizar um trabalho para dissertar sobre quais os motivos que levaram os responsáveis pelas obras a escolherem tais fundações, quais os métodos construtivos aplicados e quais foram as vantagens e desvantagens da escolha de cada fundação utilizada. Dessa maneira, o trabalho espera gerar pensamento crítico a respeito da escolha das fundações e da importância da tomada de decisão correta para cada tipo desses elementos, além de apontar os malefícios se forem escolhidos erroneamente.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção serão apresentadas as definições e as descrições acerca das fundações de edificações. A seção atual será subdividida nos seguintes tópicos: fundações, classificação das fundações, fundações mais usuais, fatores que interferem na escolha do tipo de fundação e o caso histórico da Torre Millennium (EUA).

2.1 História das Fundações

A evolução das técnicas de fundação na construção civil, ao longo do século XX, representa um período de notáveis avanços que abarcam tanto as metodologias

empregadas quanto as regulamentações associadas. Alguns marcos relevantes no panorama histórico da fundação na construção civil durante esse período foram as inovações em fundações profundas, em que foram presenciados progressos notáveis nas abordagens dessas fundações. Segundo Velloso e Lopes (2010), a estaca tipo Franki, concebida pelo engenheiro belga Edgard Frankignoul, na década de 1910 (conhecida como tipo Standard), tem evoluído ao longo do tempo, apresentando variantes desde então. Sua principal desvantagem reside na intensa vibração gerada durante o processo de cravação, o que pode causar danos às estruturas adjacentes. Devido a essa característica, essa técnica perdeu espaço nos centros urbanos ao longo dos anos. Além disso, vale ressaltar que os estágios de cura e pega do concreto são realizados em contato direto com o solo.

Durante a década de 1950, observou-se um aumento notável na pesquisa e desenvolvimento em engenharia de fundações, resultando em aprimoramentos nos métodos de dimensionamento e análise de fundações. Isso conduziu a projetos de maior segurança e eficiência. À medida que o século avançou, registou-se um aumento nas regulamentações de construção e segurança. Esse movimento resultou em um foco ampliado na qualidade das fundações e na prevenção de falhas estruturais. As fundações são formadas a partir da junção do terreno e dos elementos estruturais de fundação que são capazes de transmitir carga ao terreno pela base, fuste, ou pela combinação das duas de forma segura e estável. Desse modo, as fundações são a base da construção civil, pois elas dividem o peso da edificação sobre uma região do solo e evitam que ocorram maiores danos estruturais à construção futuramente, o que também garante uma maior segurança contra rupturas ou deformações (Azeredo, 1977).

2.2 Classificação das Fundações

As fundações se classificam em diretas (superficiais) e indiretas (profundas). As fundações diretas são projetadas para transferir as cargas da estrutura direto para as camadas de solo mais próximas da superfície. Elas são necessárias quando a camada de solo superficial é capaz de suportar as cargas da edificação sem a necessidade de escavações profundas. Segundo a NBR 6122, a fundação direta é um elemento de fundação que transmite a carga ao terreno ou pela base (resistência de ponta) ou por sua superfície lateral (resistência de fuste) ou por uma combinação

das duas, devendo sua ponta ou base estar assente em profundidade superior ao dobro de sua menor dimensão em planta, e no mínimo 3 metros (ABNT, 2019).

As fundações rasas são executadas nas primeiras camadas do solo, geralmente a profundidade de até duas vezes a sua menor dimensão em planta ou no máximo 3 metros de altura (Pereira, 2017). Fundações rasas destacam-se por serem econômicas, de simples execução se comparadas às fundações profundas. Podem ser de diversas formas: sapatas (sapata corrida, sapata associada, sapata isolada), radier, blocos, entre outros.

2.3 Principais tipos de fundações

O objetivo desta subseção é apresentar os principais tipos de fundações existentes, que provavelmente serão encontradas nas obras em Ituiutaba/MG.

2.3.1 Sapatas

São construídas em concreto, podendo ser rígidas ou flexíveis, e necessitam ser armadas para resistir a possíveis tensões de tração devido à flexão. As sapatas podem ser isoladas, associadas, alavancadas ou corridas. Conforme Brito (1987), as fundações rasas:

São aquelas que transmitem para o solo, através de sua base, a carga de uma coluna (pilar) ou um conjunto de colunas. Um projeto econômico deve ser feito com o maior número possível de sapatas isoladas. No caso em que a proximidade entre dois ou mais pilares seja tal que as sapatas isoladas se sobreponham, deve-se executar uma sapata associada. (Brito, 1987, p. 7)

Sapatas corridas são dimensionadas para suportar a carga de muitas colunas e pilares, distribuídos ao longo de sua extensão. Elas possuem uma viga de concreto armado que liga as sapatas individuais e, por transmitir as cargas de maneira mais uniforme, evitam que ocorra concentrações excessivas em um ponto só. As sapatas corridas são mais utilizadas em construções de médio e grande porte, escolas, hospitais, como também em construções comerciais (Brito, 1987).

2.3.2 Blocos e alicerces

São elementos rígidos, de concreto, muito resistentes principalmente contra compressão e, devido a isso, necessitam apenas de armadura mínima (Brito, 1987). Esse tipo de fundação é utilizado quando há atuação de pequenas cargas, como, por exemplo, casas de dois pavimentos.

2.3.3 Radiers

Nesse tipo de fundação, que pode ser flexível ou rígida, as cargas são transmitidas diretamente ao solo, utiliza-se essa fundação quando a área das sapatas já ocupou mais de 70% da área coberta ou quando se quer reduzir os recalques diferenciais. Ele é em concreto armado, uma vez que, além de esforços de compressão, devem resistir a momentos provenientes dos pilares diferencialmente carregados e ocasionalmente a pressões do lençol freático (necessidade de armadura negativa). O fato do radier ser uma peça inteiriça pode lhe conferir uma alta rigidez, o que muitas vezes evita grandes recalques diferenciais (Brito, 1987, p. 9).

2.3.4 Estacas

As estacas são classificadas como fundações profundas, utilizadas geralmente em grupo, e na maioria dos casos são implantadas no maciço do solo para transferir as cargas de uma estrutura para as camadas mais profundas. Normalmente são mais usadas quando as camadas do solo não possuem capacidade de suporte suficiente (Albuquerque; Garcia, 2020). Elas podem ser feitas de concreto armado, madeira ou aço, como também há vários métodos de instalações e diferentes formatos, tudo de acordo com o tipo de solo.

Alguns exemplos de estacas, conforme Albuquerque e Garcia (2020), são: estacas pré-moldadas de concreto, estacas metálicas, estaca hélice contínua, estaca raiz, estaca Strauss e estaca Franki. As estacas pré-moldadas de concreto são feitas nas indústrias, podendo ter diferentes formatos, sendo os mais usados os circulares e os quadrados. As estacas metálicas, por sua vez, são inseridas no solo por golpes ou vibrações, podendo ser usado perfis metálicos e usa-se equipamentos

específicos para instalar. Estacas de hélice contínua são realizadas com o auxílio de um trado helicoidal que é inserido no solo por meio de rotação. Nesse processo, o solo é removido do furo e o concreto injetado na estaca sucessivamente. Em solos de difícil cravação ou quando é restrito a vibrações, utilizam-se as estacas raiz, em que é feita uma perfuração no solo e injetada argamassa formada por cimento, areia e água, formando assim uma estaca bem resistente, porém de alto custo.

Inicialmente, as estacas tipo Strauss foram apresentadas como opção às estacas pré-moldadas, cravadas por percussão, pelo desconforto causado pelo processo de cravação, quer quanto à vibração ou quanto ao ruído (Hachich *et al.*, 1998). Conforme Joppert Júnior (2007):

As estacas moldadas no local, tipo Strauss, são executadas com revestimento metálico recuperável, de ponta aberta, para permitir a escavação de solo que é feita com o auxílio de uma sonda” (Joppert Jr., 2007, p. 199).

Segundo Brito (1987), as estacas tipo Franki apresentam grande capacidade de carga e podem ser executadas a grandes profundidades, não sendo limitadas pelo nível do lençol freático. Sua execução é sempre feita por firma especializada. Segundo Alonso (1979):

Em situações especiais, sobretudo em zonas urbanas, pode-se atravessar camadas resistentes em que as vibrações poderiam causar problemas com construções vizinhas, por meio de perfuração prévia ou cravando-se numa primeira etapa o tubo com a ponta aberta e desagregando-se o material com a utilização de uma ferramenta apropriada e água (Alonso, 1979, p.21).

2.3.5 Tubulão a céu aberto

Trata-se de uma fundação profunda que é executada por meio de escavação mecânica ou manual de um poço circular, que se torna diferente das estacas porque nesta o operador precisa descer até o fim do furo para alargar a base e efetuar a limpeza. Ela se tornava mais viável para residências menores (obras de pequeno porte) devido ao seu custo ser menor (Albuquerque; Garcia, 2020).

Segundo a nova atualização da NR 18 – Condições de Segurança e Saúde no Trabalho na Indústria da Construção (Brasil, 1978), vale ressaltar que esse tipo de fundação entrará em desuso pelas suas restrições na norma.

2.4 Fatores que interferem na escolha do tipo de fundação

A sondagem é uma técnica utilizada na engenharia civil para determinar as características do solo em uma determinada área na qual quer se construir. Ela consiste em perfurar o solo e coletar amostras para análise, além de medir indiretamente a resistência e a deformabilidade do terreno em diferentes profundidades. Segundo Godoy (1971), existem alguns requisitos técnicos a serem preenchidos pela sondagem que são: determinação dos tipos de solos que ocorrem, determinação das condições de compactação, determinação de espessuras, informação completa sobre a ocorrência de água no subsolo.

Além das investigações geotécnicas, de acordo com Velloso e Lopes (2010), é necessário avaliar alguns critérios para o projeto de fundações. A topografia da área é o primeiro deles, que é analisada conforme o levantamento topográfico planialtimétrico e dados geométricos e mecânicos dos taludes e encostas do lote, caso existam.

O engenheiro de fundações deve reunir dados que caracterizam a vizinhança existente, tais como: número de pavimentos, tipo de estrutura e fundações, se existem subsolos e a consequência das escavações e vibrações causadas pela nova construção (Velloso; Lopes, 2010).

Em relação à estrutura a executar, devem ser avaliados o tipo e utilização do novo empreendimento, qual o sistema estrutural e construtivo e finalmente as cargas que serão descarregadas sobre as fundações (Velloso; Lopes, 2010).

Velloso e Lopes (1998) afirmam que o custo e o prazo para a execução são, também, fatores determinantes para a escolha do tipo de fundações. Para isso, é necessário estudar diversas alternativas.

2.5 Caso histórico: a Torre Millennium (EUA)

Existem diversos casos de obras que tiveram problemas com suas fundações, resultando em grandes impactos econômicos, sociais e ambientais. Esses casos ilustram a importância da escolha adequada do tipo de fundação, do método executivo e do projeto adequado. Sobre problemas em obras devido às fundações, pode ser exemplificada a Torre Millennium (EUA).

Segundo a revista *Época Negócios* (Arranha-céu..., 2021), a Torre Millennium, um arranha-céu de 58 andares localizado em San Francisco, teve problemas com suas fundações logo após sua construção, em 2009. O edifício foi projetado para ter uma fundação profunda, com estacas cravadas a uma profundidade de 79 metros. No entanto, após a construção da torre, foram detectadas fissuras em algumas áreas do edifício e um recalque de quase 46 centímetros em uma das paredes.

A investigação revelou que a construção de um edifício próximo havia retirado uma grande quantidade de água do solo, reduzindo a pressão hidrostática do solo e fazendo com que a torre afundasse. Desse modo, conclui-se que o estudo da vizinhança da região em que se constrói deve ser levado em consideração, no processo de escolha do tipo de fundação. Os reparos necessários na fundação e na estrutura do edifício Millennium custaram mais de 100 milhões de dólares e levaram anos para serem concluídos. Além disso, os problemas na Torre Millennium afetaram a imagem da cidade e a confiança dos investidores na construção civil de San Francisco (Arranha-céu..., 2021).

3 METODOLOGIA

O método científico utilizado nesta pesquisa circunscreve-se à abordagem qualitativa e foi dividido em dois momentos: primeiramente, realizou-se uma pesquisa teórica, em que foram tratados os conceitos fundamentais à temática em estudo por meios de livros, artigos científicos e normas da ABNT. Em seguida, foi feita uma pesquisa de campo, com cinco engenheiros que atuam no setor de construção civil, na cidade de Ituiutaba. A metodologia proposta para este Trabalho de Conclusão de Curso está detalhada nas subseções seguintes:

3.1 Seleção das obras em execução

As integrantes do grupo e o professor orientador selecionaram cinco obras no município de Ituiutaba/MG, nas quais estão sendo ou já foram executadas as fundações. Essa parte foi importante para a análise do método executivo dos elementos de infraestrutura, além de conversar com os responsáveis pela gerência da obra, encarregados, pedreiros e serventes sobre as vantagens e dificuldades ao construir a fundação do empreendimento. O contato com os engenheiros foi

necessário para coleta de fotos, relatos, projetos de fundações e relatórios de sondagem.

3.2 Seleção de edificações já finalizadas

É perceptível que Ituiutaba não tem um mercado da construção civil aquecido, pois é mais comum construir casas unifamiliares, sem a presença de um engenheiro. Os poucos prédios que são encontrados na cidade são, em sua maioria, construções mais antigas. Mesmo assim, para analisar as tecnologias empregadas na época da execução e verificar as cargas estruturais de algumas edificações, a atual equipe de trabalho também estudou obras já finalizadas em Ituiutaba, como prédios e construções térreas. Para isso, os integrantes entraram em contato com os construtores e engenheiros dessas obras já executadas para entrevistá-los (presencialmente e/ou remotamente). Além das características das fundações e dos desafios de cada obra, o objetivo desta parte da metodologia foi absorver parte da experiência desses profissionais já consolidados há anos no ramo da engenharia civil.

3.3 Demais critérios para a escolha dos objetos de estudo

Para confrontar todas as obras selecionadas para o estudo deste Trabalho de Conclusão de Curso, foram escolhidas edificações de diferentes portes, usos e localidades. Foram selecionadas casas, construções térreas, edifícios de múltiplos pavimentos (apartamentos) e lojas comerciais. Quanto à localização, foram escolhidos bairros distintos do município para levantar discussões sobre as características do solo do terreno, da presença de nível de água, dentre outros fatores. Além disso, foram selecionadas obras de diferentes idades para analisar os métodos construtivos das fundações.

3.4 Roteiro das entrevistas com os engenheiros

Inicialmente, foi feito um roteiro de perguntas para entrevistar os engenheiros selecionados da região de Ituiutaba/MG, em que buscou-se saber a destinação da obra, em qual local foi feita a estrutura, qual tipo de solo, quais foram as dificuldades

encontradas, tipos de cargas, como também se eles poderiam fornecer o relatório de sondagem e o projeto estrutural, entre outros. Isso foi importante para padronizar as entrevistas e serviu de guia para que não fossem esquecidos detalhes importantes da obra e da fundação. Vale ressaltar que não foram citados nomes pessoais, endereços das obras e construtoras, para resguardar os engenheiros e suas obras.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

No levantamento de dados, foram realizadas cinco entrevistas com os engenheiros responsáveis pela execução das obras. As características da obra, da fundação e os relatos coletados estão descritos nas subseções a seguir, assim como as discussões a respeito de cada uma.

4.1 Fundação para reservatório de água (zona rural no sudeste de Ituiutaba)

Trata-se de um empreendimento para fins industriais que está sendo construído na área rural de Ituiutaba, próximo à saída da cidade, em estradas de terra pela Avenida José Gouveia Franco, bairro Santa Edwiges. É uma fábrica de rações que possui apenas um pavimento, referente a uma área de apoio para caminhoneiros, uma área administrativa e uma guarita. O foco da entrevista foi apenas a fundação do reservatório de água e reserva de incêndio que possui capacidade de 100 m³. O projeto estrutural foi feito pelo projetista do cliente que acompanhou a sondagem. Entretanto, o profissional entrevistado afirmou que não teve acesso aos relatórios de sondagem, pois esses estão com o projetista.

Foi definido que seriam executadas 9 estacas moldadas *in loco*, sendo do tipo escavadas a trado, com 1,5 metro de profundidade cada. Durante as escavações, foi encontrado nível de água a um metro de profundidade. Ainda assim, foram todas concretadas, porém quando o concreto foi lançado, a água emergiu, fazendo com que ele perdesse suas características no estado fresco. Logo após isso, o engenheiro entrou em contato com o cliente e contou toda a situação. Ele decidiu desprezar as estacas laterais e fazer novas fundações profundas com hélice contínua em forma de “x”, travando as que estavam feitas, considerando apenas a estaca central e desprezando as construídas posteriormente, conforme a Figura 1.

Figura 1: Fotografia da fundação do reservatório de água e reserva de incêndio



Fonte: Elaborado pelas autoras (2023).

Após uma pesquisa detalhada, foi concluído que “amarrar” a fundação é, na realidade, mais utilizado para sapatas e chama-se vigas de equilíbrio ou vigas alavanca. A viga de equilíbrio, segundo a NBR 6122/2019, é uma estrutura que vai auferir as cargas de um ou dois pilares (nesse caso vai receber dos pilares da borda) e ele é dimensionado para transmitir as cargas para o centro das fundações (ABNT, 2019, p. 09). Elas se tornaram necessárias devido aos problemas encontrados. Deve ser ressaltada a importância de fazer sempre uma sondagem bem-feita, o que evitaria esses problemas desde o início e não paralisaria a obra, como também teria uma economia nos gastos. Segundo a NBR 8036/1983, a sondagem deve fornecer dados capazes de conhecer o tipo de solo e suas características, para evitar futuros problemas na construção, e deve ser levado em consideração a projeção da edificação sobre o terreno, para saber a quantidade de furos a serem executados.

4.2 Fundação para loja comercial (Bairro Central)

O segundo engenheiro entrevistado foi responsável pela execução de um empreendimento de lojas comerciais na região central da cidade, feita em alvenaria convencional (tijolo), estrutura em concreto armado convencional e telhado de estrutura metálica. Para a escolha da fundação, optou-se por estacas escavadas rotativas, sendo que não foi realizado uma investigação geotécnica do solo, uma vez que, por se tratar de características do solo da região central, o engenheiro responsável pelo projeto estrutural optou por usar um relatório de sondagem de outra localidade, na avenida 13, e a obra em questão é na avenida 11. Com isso, chegou-se à conclusão de que se tratava de um solo com argila silto arenosa, marrom avermelhada mole até 3 metros de profundidade e silte areno argiloso variegado entre 3 e 5 metros. Essa camada foi caracterizada como solo de fofo a pouco compacto. Foi encontrado nível de água a 3,35 m de profundidade.

Um dos pontos principais observados nesta obra é a falta de investigação geotécnica. Segundo a NBR 6122/2019,

para qualquer empreendimento deve ser feita uma campanha de investigação preliminar geotécnica, constituída no mínimo por sondagens a percussão (com SPT), visando a determinação da estratigrafia e classificação dos solos, a posição do nível d'água e a medida do índice de resistência à penetração NSPT. (ABNT, 2019, p. 10)

Portanto, é imperativo contar com a presença de um engenheiro ou responsável técnico em obras, seguindo as normas vigentes, independentemente do tamanho da construção, para fornecer orientação e exigir que sejam tomadas as medidas técnicas necessárias para garantir a produção adequada de uma edificação. Uma maneira de evidenciar a importância dos serviços de um engenheiro civil é através da divulgação dessa pesquisa e das consequências resultantes da ausência de um profissional qualificado (Magalhães; Segre; Urban, 2019).

De acordo com o engenheiro entrevistado, a maior dificuldade encontrada foi por já ter uma fundação existente no terreno e, com isso, teve que demolir e perfurá-la, tudo sob a responsabilidade do engenheiro calculista e responsável técnico. Destaca-se que, para escolher o tipo de fundação, foi considerado o peso das estruturas metálicas, como também do vento, por se tratar de um lugar com um

grande vão em aberto. Utilizar o nível da obra anterior atrasou um pouco o cronograma da obra e fez com que o projeto estrutural demorasse a chegar, por ter que fazer algumas adaptações, e a chuva e falta de maquinário também colaborou com o atraso.

4.3 Fundações para edifícios residenciais (Bairro Central)

A terceira obra em estudo trata-se de um edifício residencial no centro da cidade, em uma região com consideráveis desníveis. A obra em questão trata-se de dois blocos (Bloco A e Bloco B) de onze pavimentos cada um, os quais contêm apartamentos nesses andares e dois pavimentos com reservatório de água e maquinário de elevador. A estrutura do empreendimento foi feita em alvenaria estrutural.

Foram feitas investigações geotécnicas do solo para a escolha da fundação. As investigações foram de sondagem SPT (Ensaio de Penetração Dinâmica) em 3 furos, e rotativa com 4 furos, no terreno de 3100 m². No terreno da obra, foi encontrado basalto vesicular cinza. Na perfuração do terreno para a fundação foram encontradas várias pedras no terreno, que foram rompidas com martelo. Após os ensaios geotécnicos de sondagem, o engenheiro civil especializado em estruturas de fundações contratado pela empresa escolheu o melhor modelo de fundações, devido à segurança e custo. Para a Torre A, foi escolhido tubulão a céu aberto, conforme medidas específicas do projeto estrutural feito pelo engenheiro civil especializado em estrutura e fundações. Acima do tubulão, optou-se por executar um radier de 50 cm de altura em toda a extensão do prédio (Figuras 2 e 3).

Figura 2: Fotografia de perfuração de tubulões – Torre A



Fonte: Elaborado pelas autoras (2023).

Figura 3: Fotografia de concretagem radier – Torre A



Fonte: Elaborado pelas autoras (2023).

Na Torre B também se optou por tubulão a céu aberto, porém com vigas baldrame logo acima. Pelo custo de radier ter sido elevado com aço e alto volume de concreto, foram utilizadas vigas baldrame nessa torre. Segundo Velloso e Lopes

(1998), o tipo de fundação radier abrange um alto volume de concreto com ferragens, portanto o radier é uma solução relativamente onerosa e de difícil execução em terrenos urbanos de pequenos espaços de trabalho, ocorrendo por isso o seu pouco uso. Na execução da fundação foram encontrados matacões que foram retirados com martetele e em seguida concretado o tubulão apoiado sobre rocha. De acordo com o engenheiro entrevistado, o modelo que teve melhor custo-benefício das torres foi a de vigas baldrame.

Figura 4: Fotografia de perfuração de tubulões - Torre B



Fonte: Elaborado pelas autoras (2023).

O cronograma de obra do empreendimento foi desenvolvido no MS Project e readaptado durante a execução da obra, conforme as necessidades de custo, prazo, tempo, clima, pandemia de Covid-19, dentre outras intercorrências, mas devido a mudanças de projetos para a outra torre, com o intuito de gerar economia tanto na fundação quanto na estrutura, ocorreu o atraso de um ano e meio para iniciar a construção da torre B, para adequar projetos, fazer requerimentos na prefeitura e de retificações e mudanças de obras. Na entrevista, o engenheiro responsável ressaltou a importância do estudo do tipo de fundação e das melhores metodologias que o mercado da região pode oferecer para tal execução

4.4 Fundação para casa térrea (Bairro Brasil)

A quarta entrevista realizada tratou da execução de uma casa térrea, no bairro Brasil. A estrutura da obra foi de concreto armado convencional com alvenaria de blocos cerâmicos. Para a construção em questão, não foi feita investigação geotécnica. Vale ressaltar a importância de sondagem que, conforme a NBR 6122/2019, com base nas dimensões da obra ou também dos fatores específicos, é fundamental efetuar uma inspeção geológica de campo, por um especialista qualificado, antes de ser executada. Em alguns casos, pode ser necessário complementar a vistoria com estudos geológicos suplementares (ABNT, 2019, p. 22). O solo, ao decorrer das escavações para a execução da fundação, foi caracterizado como predominantemente argiloso. Não houve nenhuma intercorrência na execução dessa obra, tampouco foram encontradas rochas ou nível de água.

Para a escolha da fundação, o engenheiro civil responsável pela execução foi o mesmo que elaborou os projetos estruturais da fundação. A escolha da fundação desta obra foi bloco com estaca escavada a trado, sendo escolhida devido à mão de obra disponível na região e custo. As cargas do empreendimento em questão foram o peso próprio da estrutura e peso próprio da laje, reservatório de água e cobertura. Na execução da fundação foi encontrada uma dificuldade, uma vez que foi feito projeto de sapata, mas pela mão de obra não saber executar conforme o projeto inicial, o engenheiro teve que mudar o modelo de fundação para bloco com estacas.

Segundo Gimenez e Quaresma (2021), observa-se que uma mão de obra apta para a construção civil continua sendo um desafio. Quando uma equipe não está preparada para determinado serviço, ocorrem diversos prejuízos, como por exemplo o dessa obra entrevistada, a qual teve atraso ao iniciar sua execução devido ao tempo necessário para que o engenheiro refizesse o projeto de fundações. Em alguns casos, os referidos autores dissertam que é necessário demitir a mão de obra.

O principal modelo de fundação, de melhor custo-benefício escolhido pelo engenheiro entrevistado em suas obras é o de sapatas, devido à melhor simplicidade de execução. É uma fundação rasa e com boa distribuição das tensões provenientes do carregamento dos pilares. Vale ressaltar que, segundo Hachich e Falconi (1998), para escolher o tipo de fundação não existe uma regra básica a ser

implementada, no entanto existem alguns itens que podem ser avaliados para a adoção do tipo de fundação mais adequado, conforme exemplos a seguir.

Ao optar por qualquer tipo de fundação, o primeiro critério a ser considerado está relacionado diretamente com a capacidade de carga que a estrutura deverá suportar, uma vez que é crucial compreender a magnitude e a forma como os carregamentos serão transferidos para elas. Diante disso, é essencial discernir o nível de carga que os pilares direcionarão para a fundação, bem como avaliar a presença de outros fatores provenientes do meio externo, como os esforços, além da compressão, como tração e flexão (Pereira, 2021).

Na maioria das circunstâncias, antes da concepção do projeto estrutural, são realizadas estimativas preliminares do tipo de fundação mais adequado para a obra em questão, juntamente com as características geométricas básicas que ela apresentará. Isso permite ao projetista realizar uma estimativa das cargas exercidas pelos pilares, considerando o tipo específico de empreendimento previsto para a construção, com base no projeto arquitetônico. Essas considerações iniciais são fundamentais para a projeção de quantidades e custos relacionados à execução do projeto (Pereira, 2021).

Uma escolha diferente apontada pelo entrevistado foi que ele teria buscado inicialmente mão de obra qualificada para atender seu primeiro projeto estrutural de sapatas. A intercorrência que teve foi atraso ao iniciar a obra, pelo retrabalho ao executar outro modelo de projeto de fundação. O principal conselho apontado pelo engenheiro foi comparar mais de um modelo de fundação para a obra que será executada.

4.5 Fundações para silos industriais (Distrito Industrial)

A quinta entrevista foi referente à construção de um empreendimento de silos industriais na região industrial de Ituiutaba. Por ser indústria de grande porte (usina de cana de açúcar), a região era plana e não possuía curso de água nas redondezas.

A estrutura foi feita de silos metálicos e estrutura de concreto armado. Para tal empreendimento, foi realizada sondagem e o solo encontrado foi predominantemente argiloso, com rochas e presença de nível de água.

A fundação escolhida, devido à presença de água, foi hélice contínua, pois deu um nível de água nas camadas mais rasas do solo. O responsável pela escolha da fundação foi o engenheiro estrutural. O motivo da escolha de tal fundação foi a presença de nível de água, disponibilidade de equipamentos na região e também devido à facilidade de execução no terreno. As cargas provenientes da obra foram o peso próprio de elevador de carga, silos metálicos e açúcar estocado.

O melhor tipo de fundação indicado pelo entrevistado, quando não possuir nível de água, seria estaca escavada, pela facilidade de encontrar mão de obra. O principal conselho apontado pelo engenheiro foi fazer sondagem nos terrenos que serão construídos, pois é um custo muito baixo em relação ao custo global de uma obra. Ele destacou a importância de seguir a norma técnica de projetos e fundações, além de consultar profissionais necessários em caso de dúvidas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Retoma-se, ao final, o objetivo geral que orientou esse trabalho: analisar os tipos de fundações empregadas em casas, prédios, lojas e empreendimentos industriais em Ituiutaba/MG. Para isso, foi realizada uma pesquisa em cinco obras da cidade, com engenheiros experientes e chegou-se à conclusão de que a fundação mais utilizada dentre elas foi a estaca escavada.

Ao analisar as obras, pode-se destacar alguns pontos importantes. No primeiro empreendimento, inicialmente foi escolhido que seriam estacas escavadas, moldadas *in loco*, porém, devido à falta de uma sondagem bem-feita, se é que foi realizada, teve problemas. No segundo, foram utilizadas estacas escavadas considerando a investigação geotécnica de outro endereço do bairro central, sendo que não foi realizada no local da obra, o que poderia acarretar sérios problemas. Vale ressaltar a importância de investigar cada terreno por si só. Na terceira construção, a economia foi o critério mais evidente de uma torre para a outra, sendo que o modelo de fundação da primeira obra não teve um resultado financeiro esperado e refizeram os projetos para atender a expectativa de custo da segunda torre. A quarta obra não teve estudos geotécnicos e teve um projeto inicial apontado pelo engenheiro projetista, contudo, devido à mão de obra não saber executar conforme o primeiro projeto, tiveram que mudar o seu modelo de fundação para a mão de obra poder executar, diante disso a obra teve atraso para iniciar e um

desgaste com mudanças de projetos. A última obra analisada foi de silos industriais, em que o estudo geotécnico foi imprescindível para poder mostrar os níveis de água nas camadas mais rasas do solo, sendo assim foi escolhido o modelo de fundação hélice contínua.

Assim, pode-se concluir que a maior dificuldade encontrada neste trabalho foi ter quantidades de engenheiros disponíveis para as entrevistas, é algo que demanda tempo e foi muito difícil encontrar profissionais disponíveis, porque alguns engenheiros estão envolvidos em outras obras e de outras cidades. Algumas entrevistas tiveram conteúdos sigilosos e, diante disso, não pudemos agregar mais arquivos ao nosso trabalho.

Assim sendo, os parâmetros utilizados por cada engenheiro em suas respectivas obras também resultam em divergências na escolha da fundação, como estudos geotécnicos do solo, viabilidade econômica, mão de obra e maquinários locais, como mostrado nas cinco entrevistas apresentadas. Este trabalho pode servir como ponto de partida para outros relacionados ao estudo de fundações da região de Ituiutaba-MG, além de que, quanto maior for o banco de dados catalogados e pesquisados em sua análise e classificação, isso gerará resultados mais precisos e objetivos.

REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6122**. Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6484:2020**. Sondagem de Simples Reconhecimento com SPT. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 8036:1983**. Programação de sondagens de simples reconhecimento dos solos para fundações de edifícios. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

ALBUQUERQUE, P. J. R.; GARCIA, J. R. **Engenharia de fundações**. Rio de Janeiro: LTC, 2020.

ALONSO, Urbano Rodriguez. **Fundações e infraestruturas-palestras**. São Paulo, Estacas Franki Ltda., 1979.

ARRANHA-CÉU milionário e luxuoso afunda pouco a pouco em São Francisco. **ÉPOCA NEGÓCIOS**. 27 de agosto de 2021. Disponível em: <https://epocanegocios.globo.com/Mundo/noticia/2021/08/arranha-ceu-milionario-e-luxuoso-afunda-pouco-pouco-em-sao-francisco.html>. acesso em: 5 abr. 2023.

AZEREDO, H. A. **O Edifício Até sua Cobertura**. São Paulo: Ed. Edgar Blucher LTDA, 1977.

BRASIL. MINISTÉRIO DO TRABALHO. **Portaria MTb n.º 3.214, de 08 de junho de 1978**. NR 18 - SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. Brasília, 1978.

BRITO, J. L. W. **Fundações do edifício**. São Paulo: EPUSP, 1987.

GIMENEZ, D. de S.; QUARESMA, J. E. Importância da mão de obra qualificada na Engenharia Civil. **RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar - ISSN 2675-6218**, 1(1), e211949, 2021. DOI: 10.47820/recima21.v1i1.949. Disponível em: <https://recima21.com.br/index.php/recima21/article/view/949>. Acesso em: 02 out. 2023.

GODOY, M. C. T. F. **Solo e Sondagens**. São Paulo: Atlas, 1971.

HACHICH, Waldemar; FALCONI, Frederico F.; SAES, José Luiz; FROTA, Régis G. Q.; CARVALHO, Celso S.; e NIYAMA, Sussumu. **Fundações: teoria e prática**. ABMS/ABEF. 2ª ed. São Paulo: PINI, 1998.

JOPPERT JÚNIOR, I. **Fundações e Contensões de Edifícios** – qualidade total na gestão do projeto e execução. São Paulo: PINI, 2007.

MAGALHÃES, J.; SEGRE, T. S. P.; URBAN, R. C. Importância de ensaios geotécnicos em obras de pequeno porte: uma abordagem estatística multivariada. **Integração Engenharia**. ISSN 2596-0865. v.1, 2019. Disponível em: <https://integracao.feb.unesp.br/index.php/RIE/article/view/25> Acesso em: 01 out. 2023.

PEREIRA, Bárbara Estéfany. **Análise dos critérios para escolha do tipo de fundação de uma obra localizada em Uberlândia/MG: um estudo de caso**. 2021. 63 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2021.

PEREIRA, C. Tipos de fundações. **ESCOLA ENGENHARIA**. 2017. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/tipos-de-fundacoes/>. Acesso em: 24 set. 2023.

VELLOSO, D. A. LOPES, F. R. Concepção de obras de fundações. *In*: HACHICH, W. *et al.* **Fundações: Teoria e Prática**. São Paulo: Pini LTDA, 1998. p. 211-226.

VELLOSO, Dirceu de Alencar; LOPES, Francisco de Resende. **Fundações: critérios de projeto, investigação de subsolo, fundações superficiais, fundações profundas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

