Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.09,2024

ISSN 2178-6925

A IMPORTÂNCIA DE UM PROJETO DE FUNDAÇÃO BEM EXECUTADO NAS CONSTRUÇÕES

THE IMPORTANCE OF A WELL FOUNDATION PROJECT EXECUTED IN CONSTRUCTIONS

Fernando Tavares Carneiro

Acadêmico em Engenharia Civil, IESC/FAG - Faculdade Guaraí, Brasil

E-mail: tavferc@gmail.com

Karla Cristina Bentes Moreira

Mestra em Engenharia Civil - UFSCar; Docente da IESC/FAG, Brasil

E-mail: karla.moreira@iescfag.edu.br

Resumo

As fundações desempenham um papel fundamental em qualquer construção. A análise detalhada do solo na área destinada à obra é crucial, pois é o solo que suportará a carga da edificação. A ausência de estudos geotécnicos adequados pode resultar em projetos de fundações mal dimensionados ou superdimensionados. Além disso, a falta de controle de qualidade nos materiais, na mão de obra e no dimensionamento dos elementos estruturais pode contribuir para o surgimento de manifestações patológicas, gerando preocupações entre os moradores e reduzindo a credibilidade dos profissionais envolvidos na execução da obra.

Palavras-chave: Fundação rasa; fundação profunda; patologia das fundações; projeto de fundações;

Abstract

Foundations play a fundamental role in any construction. A detailed analysis of the soil in the area intended for the construction is crucial, as it is the soil that will support the load of the building. The absence of adequate geotechnical studies can result in poorly dimensioned or oversized foundation projects. In addition, the lack of quality control in materials, labor and dimensioning of structural elements can contribute to the emergence of pathological manifestations, generating concerns among residents and leading to the review of the professionals involved in the execution of the work.

Keys Words: shallow foundation; deep foundatio; foundation pathology; foundation design;

ISSN 2178-6925

1. Introdução

As fundações são responsáveis por transmitir as cargas de toda a edificação ao solo, devendo cumprir integralmente as especificações do projeto e considerar todas as condicionantes impostas pelo solo. Contudo, erros na execução podem levar a uma distribuição inadequada dessas cargas, manifestando-se por meio de fissuras, trincas e recalques na estrutura (TEIXEIRA *et al.,* 2020).

A escolha do tipo de fundação depende de diversos fatores, principalmente baseados nos estudos do solo, no perfil do substrato e nas propriedades específicas do local (SANTOS *et al.,* 2017). Conforme Neves (2020), o sucesso na execução desse tipo de estrutura está intimamente ligado ao conhecimento do profissional sobre o comportamento do solo.

Para minimizar problemas em edificações, é essencial um planejamento cuidadoso e acompanhamento rigoroso em todas as fases da execução. Empreendimentos que priorizam apenas o custo e a rapidez podem, no futuro, enfrentar gastos elevados e a necessidade de reformas ou tratamentos estruturais não previstos. Essas considerações tornam-se ainda mais críticas em edificações construídas sobre aterros, onde são exigidos cuidados e técnicas específicas para garantir a correta compactação (BRUST, 2015).

Os custos das fundações podem variar por diversos fatores, geralmente representando de 3 a 6% do custo total da edificação. Em casos específicos, dependendo das exigências estruturais, esses custos podem atingir de 10 a 15%. Contudo, a ocorrência de manifestações patológicas e a necessidade de reforço nas fundações podem elevar significativamente esses valores (MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID, 2015). Além do impacto financeiro, há riscos à segurança e ao conforto dos usuários, como a necessidade de evacuação ou interdição da estrutura. Falhas nas fundações também podem comprometer a reputação profissional dos projetistas e executores, suscitando questões de responsabilidade técnica e implicações legais (MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID, 2015).

O presente trabalho justifica-se pela falta de conhecimento e pela subestimação da importância das fundações em construções de pequeno porte, o que resulta em erros e prejuízos causados por fundações mal executadas, mal projetadas ou até mesmo pela ausência delas. O objetivo é apresentar os

ISSN 2178-6925

conceitos fundamentais de fundações rasas e profundas, além das principais manifestações patológicas associadas a essas estruturas.

2. Metodologia

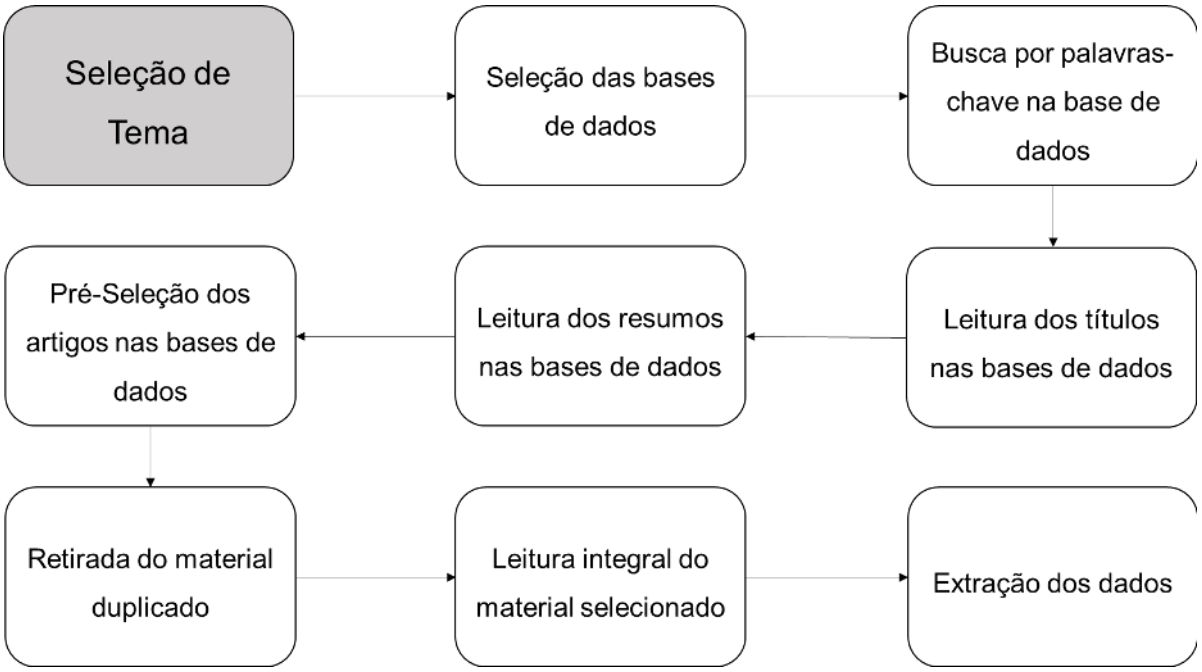
A metodologia adotada para a elaboração deste artigo consistiu em uma pesquisa bibliográfica de caráter exploratório e descritivo. A investigação baseou-se em documentos encontrados em livros, revistas, artigos e outros materiais científicos, com o objetivo de formular referências e reunir informações relevantes ao tema. As bases de dados utilizadas foram Scholar Google (Google acadêmico), Biblioteca física e online, Scientific Electronic Library Online (SCIELO), repositórios de Universidades, Bireme e sites governamentais, brasileiros, utilizando como descritores os seguintes termos:

Google Scholar e *SciELO*, empregando-se as seguintes palavras-chave: fundação rasa, fundação profunda, patologia das fundações e projeto de fundações. O foco principal da pesquisa foram as fundações em construções de pequeno porte.

A pesquisa descritiva oferece uma contribuição significativa ao proporcionar novas perspectivas sobre uma realidade já conhecida (NUNES; NASCIMENTO; ALENCAR, 2016). Os materiais selecionados para este artigo foram majoritariamente publicados nos últimos 15 anos. O processo de pré-seleção envolveu a análise dos títulos e palavras-chave, seguida pela avaliação dos resumos e introduções. Após essa triagem, foram identificados os textos relevantes para a pesquisa, que foram então lidos na íntegra. A Figura 1 descreve os procedimentos metodológicos empregados nesta pesquisa.

ISSN 2178-6925

Figura 1- Fluxograma dos procedimentos metodológicos.



Fonte: Adaptado de MARQUES *et al.* (2023).

A seleção do tema foi motivada pelo frequente aparecimento de manifestações patológicas em construções, cuja causa está relacionada às fundações, um elemento que muitas vezes passa despercebido nas vistorias por não ser visível. As fontes de dados foram selecionadas com base no grau de familiaridade com elas e na disponibilidade de material relevante.

A revisão da literatura começou com a análise dos títulos dos materiais, visando avaliar sua pertinência ao tema proposto. Na fase de pré-seleção, foram escolhidos 55 documentos, incluindo artigos científicos, dissertações e teses. A seleção subsequente envolveu a leitura dos resumos e introduções, sendo que apenas os documentos considerados relevantes foram lidos na íntegra. Dessa etapa, 26 documentos foram selecionados para leitura completa e posteriormente utilizados na fase final de extração de dados.

3. Revisão da Literatura

3.1 Fundação rasa

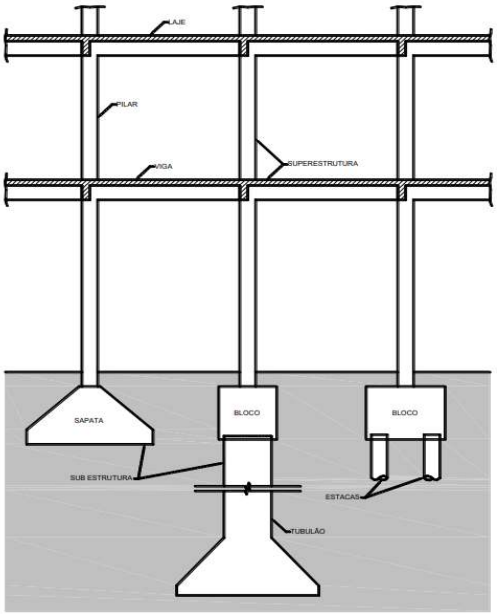
Conforme definido pela NBR 6122, uma fundação rasa é "o elemento de fundação cuja base está assentada a uma profundidade inferior a duas vezes a menor dimensão da fundação, recebendo as tensões distribuídas que equilibram a

ISSN 2178-6925

carga aplicada; para esta definição, adota-se a menor profundidade, caso esta não seja constante em todo o perímetro da fundação."

Em comparação com as fundações profundas, as fundações rasas apresentam um custo menor. No entanto, é importante destacar a distinção entre blocos e sapatas. Os blocos por sua, são caracterizados por suportarem um único pilar e diferem das sapatas por serem dimensionados sem a necessidade de armadura (FORMIGONI, 2009). A figura 2 representa a diferença entre um bloco de fundação e uma sapata.

Figura 2- Diferença entre bloco e sapata.



Fonte: Bastos (2023).

Alguns dos elementos de fundações rasas podem ser descritos como no Quadro 1.

Quadro 1- Principais fundações rasas.

Principais fundações rasas	
Elemento	Característica
Sapata isolada	Caracterizadas por um pilar centralizado, o qual é responsável por transmitir a carga.
Sapata associada	Recebe ação de mais de um pilar
Radier	Fundação superficial que abrange toda a base da estrutura
Viga de fundação	Um elemento comum em vários pilares

Fonte: Adaptado de Formigoni (2009).

A partir das cargas previstas em um projeto, é possível realizar um levantamento de sondagem, o que permite conhecer as camadas do solo. Também é essencial considerar os tipos de construções ao redor da edificação, pois esses fatores são cruciais para alcançar o equilíbrio entre estabilidade e economia (SOUZA; SANTOS, 2014).

A interação entre o solo e a estrutura ocorre por meio da distribuição dos esforços aplicados pela estrutura. A capacidade de suporte de uma fundação pode atingir a tensão de ruptura se o aumento das cargas aplicadas em fundações rasas for excessivo (SOUZA; ALMEIDA; DE OLIVEIRA NETO, 2023).

A escolha do tipo de fundação torna-se um processo complexo que envolve múltiplos aspectos. Para o projeto/execução de uma fundação, é necessário um conhecimento profundo em geotecnia, cálculos estruturais, considerando as características do solo, as cargas totais que a edificação transmitirá ao solo e a relação solo-estrutura, que sempre apresenta incertezas devido às particularidades de cada estrutura (GOMES *et al.,* 2020).

3.2 Fundação profunda

A NBR 6122 (ABNT, 2022) define que uma fundação é considerada profunda quando é assentada a pelo menos 3 metros de profundidade, ou a uma profundidade maior que o dobro de sua menor dimensão. As fundações profundas mais comuns são as fundações por estacas, que transmitem a carga para o solo principalmente através do atrito lateral. A resistência da estaca é garantida tanto pelo atrito lateral quanto pela ponta assentada sobre um solo resistente (KLEPKER, 2022).

Os tubulões, por sua vez, se destacam por transmitir as cargas ao subsolo de maneira distinta das outras fundações profundas. Sua base larga e área de contato significativa direcionam as cargas principalmente para a ponta. Para ser considerado um tubulão, o diâmetro mínimo deve ser de 80 cm (PAULA *et al*., 2018).

As estimativas de recalques no projeto de uma fundação profunda podem ser obtidas por diferentes métodos, incluindo os métodos numéricos desenvolvidos por Aoki e Lopes (1975), e os teóricos de Poulos e Davis (1980), e Randolph e Wroth (1978), baseados na Teoria da Elasticidade. Esses métodos buscam considerar as múltiplas variáveis envolvidas na fundação, refletindo a

complexidade dos problemas geotécnicos. Entre as principais dificuldades na aplicação dessas metodologias está a determinação dos parâmetros de resistência e deformação do solo quando solicitado (AMANCIO, 2013).

A construção de edificações de grande porte sem uma fundação profunda seria inviável, pois diversas manifestações patológicas surgiriam ao longo da construção, gerando riscos para todos os envolvidos (PAULA *et al.,* 2018). No entanto, a maioria das fundações profundas é projetada com base na avaliação da capacidade de suporte por meio de métodos empíricos ou semiempíricos, muitas vezes desconsiderando os cálculos de recalque e as cargas reais aplicadas (AMANCIO, 2013).

3.3 Patologia das fundações

Segundo Helene (1992), a patologia é a parte da engenharia que estuda os sintomas, os mecanismos, as causas e as origens das anomalias em construções civis. Portanto, torna-se um estudo das partes que compõem o diagnóstico do problema como um todo.

As manifestações patológicas em edificações apareceram ao longo de toda a história da construção civil pelo mundo. Vários são os flagrantes de patologia em fundações, desde a torre de Pisa aos prédios em Santos- SP. Diante disso, todo inconveniente causado por essas falhas, fica visível a importância de uma fundação em todas suas etapas de construção (MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID, 2015).

No Brasil, é grande o número de edificações com deficiências. Encontradas na concepção, elaboração dos projetos, falta ou baixo controle na obra somado à materiais de baixa qualidade, mão de abra não qualificada com técnica construtiva arcaica, dentre outros fatores, vem trazendo a redução no desempenho das edificações, inclusive nas estruturas de fundação (GADOTTI, 2021).

Faz mister, ainda, salientar que as consequências podem manifestar-se desde a fase de execução até a vida útil de uma edificação, variando desde o surgimento de pequenas fissuras na alvenaria e na estrutura até o desaprumo total da edificação (WIEBBELLING; ALMEIDA, 2020).

Oliveira (2012) afirma que as manifestações patológicas geralmente se manifestam na forma de fissuras, rachaduras, trincas em lajes, pisos, paredes,

pilares e vigas. Essas falhas são evidentes e frequentemente causadas por tensões solicitantes superiores à resistência do elemento, resultando em aberturas e degradação.

Segundo Oz (2009), os principais fatores que contribuem para o aparecimento precoce de manifestações patológicas incluem deficiências no projeto, falta de controle durante a execução da obra, uso de materiais de baixa qualidade e a presença de mão de obra não qualificada. Militilski, Consoli e Schnaid (2015) destacam que as manifestações patológicas nas fundações devem ser estudadas e avaliadas minuciosamente para garantir a segurança da estrutura.

Carvalho (2010) detectou que fissuras são uma das melhores formas de entender as manifestações patológicas nas fundações, pois fornecem informações sobre o tipo de patologia presente na estrutura. Todavia, frequentemente nas fundações passam despercebidas, devido à sua invisibilidade, mesmo afetando diretamente todo sistema estrutural do empreendimento.

Os reparos de fundações podem resultar, em custos superior ao de um projeto de fundação, adequadamente executado e podem impactar não só a edificação em questão, mas também nas circunvizinhas (WIEBBELLING; ALMEIDA, 2020).

Infere-se, portanto, que a ocorrência de manifestações patológicas e a necessidade de reforços das fundações resultam em custos adicionais, que podem prejudicar a reputação da obra. Em situações críticas, com risco iminente de colapso, faz-se a necessária de evacuação e a interdição do local. Diante do exposto, algumas dessas ocorrências já levaram à falência das empresas envolvidas (MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID, 2015).

3. Conclusão

As fundações desempenham um papel crucial na execução de uma obra, sua qualidade não pode ser negligenciada. Dessa maneira, a investigação adequada do solo é fundamental, para garantir um dimensionamento eficaz e preciso das fundações.

Hodiernamente, essa pesquisa está baseada em uma revisão teórica de literatura, onde destacou-se a importância de uma fundação bem projetada e executada para prevenir a ocorrência precoce de manifestações patológicas. A

ISSN 2178-6925

correta abordagem destas etapas no projeto e na execução torna-se essencial para assegurar a estabilidade e a durabilidade da estrutura.

A partir dessas ações, espera-se promover uma melhora das condições, pois a má execução das fundações, oferecem riscos graves, incluindo a ameaça à segurança dos ocupantes, o colapso da estrutura e impactos financeiros significativos para a empresa responsável. Nessa perspectiva, esses problemas podem comprometer a credibilidade e o profissionalismo de todos os envolvidos.

ISSN 2178-6925

REFERÊNCIAS

AMANCIO, L. B. Previsão de recalques em fundações profundas utilizando redes neurais artificiais do tipo perceptron. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto e execução de fundações. NBR 6122, ABNT, 2021, 108p.

BASTOS, P. S. **SAPATAS DE FUNDAÇÃO**. [*S. l.*], 12 out. 2023. Disponível em: https://wwwp.feb.unesp.br/pbastos/concreto3/Sapatas.pdf. Acesso em: 12 ago. 2024.

BRUST, D. Manifestações patológicas causadas por recalque de fundação: diagnóstico do surgimento de fissuras na alvenaria de uma casa popular em Panambi/RS. 2015.

CARVALHO, D. M. C. Patologias das Fundações: Fundações em Depósitos de Vertente Na Cidade De Machico. 2010. Dissertação de Mestrado. Universidade da Madeira, Funchal, 2010.

CINTRA, J. C. A.; AOKI, N. Fundações por estacas: projeto geotécnico. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

FORMIGONI, D. D. P.; CIVIL, CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Análise comparativa do desempenho de fundação rasa do tipo radier com fundação rasa de sapatas isoladas. Trabalho de conclusão de curso-UTFP. Curitiba, 2009.

GADOTTI, S. Patologia das fundações: desenvolvimento de tabelas para catalogar origem, causas, mecanismo. Revista de extensão e iniciação científica da unisociesc, v. 8, n. 1, 2021.

GOMES, L. P. M. et al. 16 ALTERNATIVAS DE FUNDAÇÕES: ANÁLISE PARA UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL COLETIVO EM PAU DOS FERROS/RN. Anais da II Semana das Engenharias Ambiental e Civil, p. 153.

HELENE, P. R. L. **Manual prático para reparo e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo, PINI, 1992.

KLEPKER, H. Estudo comparativo entre diferentes tipos de fundações profundas e bloco de coroamento considerando a interação solo-estrutura. 2022. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Vale do Taquari - Univates, Lajeado, 01 dez. 2022. Disponível em: http://hdl.handle.net/10737/3481

MARQUES, A. P. et al. Levantamento dos impactos ambientais causados pela construção e uso de rodovias. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, v. 4, n. 1, 2023.

MILITITSKY, J.; CONSOLI, N. C.; SCHNAID, F. Patologia das fundações. Oficina de textos, 2015.

NEVES, N. S. Uma introdução aos procedimentos numéricos do método das diferenças finitas: um estudo do comportamento de vigas de fundação na engenharia civil. Revista Tecnologia, v. 41, n. 1, 2020.

NUNES, G. C.; NASCIMENTO, M. C. D. DE ALENCAR, M. A. C.. Pesquisa científica: conceitos básicos. **ID on line. Revista de psicologia**, v. 10, n. 29, p. 144-151, 2016.

OLIVEIRA, A. M. et al. Fissuras, trincas e rachaduras causadas por recalque de diferencial de fundações. 2012.

OZ. **Antes das obras, o diagnóstico**. [*S. l.*], 16 nov. 2009. Disponível em: http://www.oz-diagnostico.pt/_pt/brochuras/OH.pdf. Acesso em: 12 jun. 2024.

PAULA, C. F. de C. F. de; FERRAZ, M. C.; SANTOS, P. D. dos. ESTUDO COMPARATIVO DOS RISCOS NA EXECUÇÃO DE FUNDAÇÕES PROFUNDAS: TUBULÕES, ESTACAS CRAVADAS E ESTACAS ESCAVADAS. 2018.

POULOS, H. G. Single pile response to cyclic lateral load. **Journal of the Geotechnical Engineering Division**, v. 108, n. 3, p. 355-375, 1982.

SANTOS, F. A. da S. et al. Estudo de caso do tipo de fundação direta mais viável para casa popular e um edifício de acordo com os parâmetros do solo da região de Delmiro Gouveia. 2017.

SCHNAID, F.; ODEBRECHT, E. **Ensaios de Campo e suas aplicações à Engenharia de Fundações: 2ª edição**. Oficina de textos, 2012.

SOUZA, L. H. de F.; SANTOS, M. dos. Execução de Fundação Rasa Tipo Sapata Associada, Para Cargas Elevadas de Um Edifício Residencial. Revista de Engenharia e Tecnologia, v. 6, n. 3, p. Páginas 1-17, 2014.

SOUZA, P. T.; ALMEIDA, V. S.; DE OLIVEIRA NETO, L.. Estudo para análise numérica de interação solo-estrutura por MEC/MEF em fundação rasa. Revista CIATEC–UPF, v. 15, n. 1, p. 20-42, 2023.

TEIXEIRA, A. T. et al. Análise de refoço de fundação com estaca mega metálica. 2020.

VELLOSO, D. de A.; LOPES, F. de R. Fundações: critérios de projetos, investigação do subsolo, fundações superficiais, fundações profundas. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 1 v.

WIEBBELLING, V.; ALMEIDA, M. A. de. ÁRVORE DE FALHAS DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM FUNDAÇÕES. [*S. l.*], 10 mar. 2020. Disponível em: https://revistatecie.crea-pr.org.br/index.php/revista/article/view/529/436. Acesso em: 11 jun. 2024.