

CONSEQUÊNCIAS DE FUNDAÇÕES MAL REALIZADAS NO PROJETO ESTRUTURAL: IMPLICAÇÕES DAS DEFICIÊNCIAS EM SONDAGENS GEOTÉCNICAS EM SITUAÇÕES DE DESASTRES

SANTOS, Bianca M.¹

REIS, Tamires V.²

MORETTO, Renata L.³

Universidade São Francisco

biancamoltocar@hotmail.com

²Bianca Moltocar dos Santos, Aluna do Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco; Campus Bragança Paulista - SP.

²Tamires Vasconcelos dos Reis, Aluna do Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco; Campus Bragança Paulista - SP.

³Professora Orientadora Renata Lima Moretto, Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco; Campus Bragança Paulista - SP.

Resumo. Este trabalho aborda as repercussões de fundações inadequadas em projetos estruturais, enfatizando a importância das sondagens geotécnicas na identificação das condições do solo. Fundações são elementos cruciais que sustentam a carga de uma edificação, e sua execução correta é vital para garantir a segurança e a durabilidade da estrutura. Quando as sondagens geotécnicas são insuficientes ou mal executadas, podem resultar em falhas significativas, como recalques, fissuras e até colapsos estruturais. A pesquisa foi realizada por meio de um estudo de caso, onde as deficiências nas sondagens levaram ao comprometimento estrutural, analisando os métodos de investigação do solo e as técnicas de engenharia que podem mitigar esses riscos. Também são discutidos os aspectos legais e normativos relacionados à responsabilidade dos profissionais envolvidos no projeto e na execução das fundações. A conclusão aponta que a integração de sondagens geotécnicas rigorosas e detalhadas no processo de projeto é essencial para evitar problemas futuros. O estudo sugere que uma abordagem mais cuidadosa e investimentos em tecnologia de sondagem podem reduzir as incidências de falhas estruturais, assegurando a segurança das construções e a proteção do patrimônio. A pesquisa reforça a necessidade de capacitação contínua dos profissionais de engenharia civil e a adoção de boas práticas no planejamento e execução de fundações.

Palavras-chave: Projeto estrutural, fundações, sondagem geotécnica, segurança estrutural.

1. Introdução

A adequação das fundações é essencial para garantir a segurança e estabilidade das construções. Em projetos de engenharia civil, a qualidade das fundações pode ser comprometida por diversos fatores, como a escolha inadequada do tipo de fundação ou deficiências em sondagens geotécnicas.

O presente trabalho tem como objetivo investigar o impacto das deficiências do levantamento geotécnico no projeto e execução de fundações de edifícios. Discutiremos como um levantamento impreciso do solo pode levar à falha no projeto da fundação e com consequentes problemas estruturais, como recalques excessivos, fissuras e até mesmo colapso. Com base em estudos de casos reais e na análise da literatura profissional, pretendemos discutir as causas e consequências desses erros, propondo boas práticas que possam evitar tais problemas. Desta forma, o estudo visa não só compreender o impacto das

falhas, mas também propor soluções para otimizar os processos de projeto e execução de fundações, minimizando riscos e promovendo a segurança estrutural.

Ressalta-se a importância deste tema, especialmente considerando o contínuo desenvolvimento das cidades e as exigências cada vez mais rigorosas da construção civil, onde a precisão, assim como a confiabilidade das medições geotécnicas, é indispensável para o sucesso de qualquer projeto estrutural.

2. Fundamentos Teóricos

2.1 Fundamentos de Fundações

2.1.1. Tipos de Fundações

As fundações são elementos essenciais que transferem as cargas das edificações para o solo, garantindo estabilidade e segurança. Elas são divididas em duas categorias principais: fundações superficiais, que são utilizadas para estruturas leves e localizadas próximas à superfície, e fundações profundas, adequadas para edificações pesadas ou em solos com baixa capacidade de carga. Segundo a NBR 6122, as fundações podem ser classificadas de acordo com o modo como transmitem o carregamento para o solo: de forma direta, indireta ou combinando ambas. Assim, temos o grupo de fundações denominadas superficiais (rasas ou diretas) e profundas (PINTO, P.25). A escolha do tipo de fundação depende de fatores como as características do solo e as demandas da construção, sendo crucial para a durabilidade e a segurança da obra.

As fundações superficiais, também conhecidas como fundações rasas, são projetadas para transferir as cargas das estruturas para as camadas de solo mais próximas à superfície. Elas são apropriadas quando o solo superficial tem a capacidade de suportar as cargas aplicadas sem causar deformações excessivas. De acordo com PINTO, p.26, as fundações superficiais são estruturas que transmitem o carregamento para o solo de forma direta, ou seja, apenas pela base da fundação. Sua profundidade de assentamento é menor que duas vezes a sua menor dimensão.

- Sapatas Isoladas: são estruturas de concreto que sustentam colunas individuais, sendo adequadas para suportar cargas concentradas de colunas em solos com boa capacidade de carga.
- Sapatas Associadas: conectam várias sapatas isoladas por uma laje de concreto, formando uma base contínua. Usadas quando as colunas estão próximas umas das outras, distribuindo a carga de forma mais uniforme sobre o solo.
- Radier: uma laje de concreto que cobre toda a área da fundação e distribui a carga sobre uma grande superfície. Ideal para solos fracos ou quando a carga deve ser distribuída uniformemente, como em edifícios de grande porte ou em áreas com solo inconsistente.
- Blocos de Fundação: estruturas de concreto que suportam a base da construção. São maiores e mais robustos do que sapatas isoladas. Usados para estruturas pesadas ou em solos que podem suportar uma carga concentrada.

As fundações superficiais apresentam algumas vantagens, como: custo, geralmente mais econômicas devido à menor profundidade e simplicidade na construção. Sua execução é mais fácil e rápida em comparação com fundações profundas. São eficazes em solos com boa capacidade de carga nas camadas superficiais.

As desvantagens incluem: limitação na capacidade de carga, sendo inadequadas para solos de baixa resistências ou com alta presença de água subterrânea. Profundidade: não oferecem suporte adequado em terrenos com camadas superficiais fracas ou instáveis, necessitando de fundações profundas para esses casos. As fundações superficiais são frequentemente usadas em edificações residenciais, pequenos edifícios comerciais e estruturas

leves, onde as condições do solo são favoráveis e o custo é uma consideração importante. A escolha da fundação superficial depende da análise das características do solo e das cargas que a estrutura deve suportar.

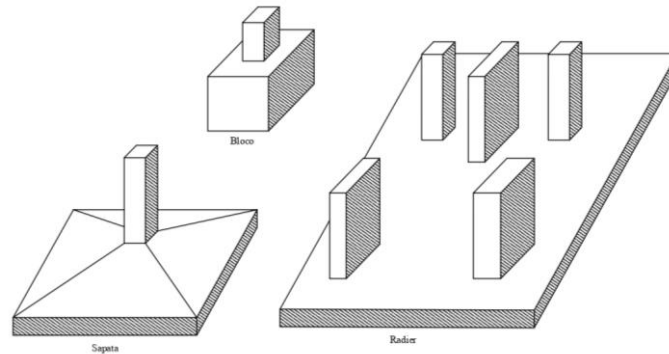


Figura 1 – Tipos de fundações superficiais (Fonte: Próprio autor).

As fundações profundas são projetadas para transferir as cargas das estruturas para camadas mais profundas e resistentes do solo, quando as camadas superficiais não têm capacidade de suportar essas cargas adequadamente. Segundo a NBR 6122 (PINTO, p. 28), as fundações profundas têm ampla aplicação na construção civil devido à sua capacidade de carga e à sua eficácia em solucionar problemas em solos com baixa resistência. Isso ocorre porque é possível perfurar o solo até atingir camadas residuais mais resistentes. Além disso, essa categoria de fundações é a que mais tem se beneficiado dos avanços tecnológicos, resultando em uma maior diversidade de tipos de fundações.

São utilizadas em terrenos com solo fraco, alta carga estrutural ou quando o nível de água subterrânea é elevado.

- Estacas: pilares de concreto, aço ou madeira cravados ou escavados no solo para alcançar camadas mais resistentes.
- Estacas pré-moldadas (cravadas ou moldadas no local) e estacas escavadas (feitas a partir de perfurações no solo, que são preenchidas com concreto). Adequadas para suportar cargas pesadas e são usadas em diversos tipos de solo.
- Tubulões: grandes tubos de aço ou concreto escavados no solo e preenchidos com concreto. Usados em solos que exigem suporte adicional, proporcionando uma base sólida em profundidades consideráveis.

As vantagens das fundações profundas incluem sua adequação para terrenos onde as camadas superficiais não suportam adequadamente as cargas, transferindo o peso para camadas mais profundas e resistentes. São versáteis, podem ser usadas em uma variedade de tipos de solo e condições, incluindo áreas com alta água subterrânea. E também, fornecem suporte adicional e estabilidade em terrenos difíceis ou instáveis.

As desvantagens das fundações profundas incluem seu alto custo, devido ao preço dos materiais e ao uso de equipamentos especializados. São mais complexas, construção é mais complexa e demorada, exigindo técnicas avançadas e maior planejamento. Sua execução requer equipamentos pesados e técnicos especializados para perfuração e instalação.

As fundações profundas são comumente usadas em edifícios de grande porte, pontes, torres e outras estruturas que exigem suporte robusto em solos instáveis ou profundos. A escolha desse tipo de fundação depende da análise detalhada das condições do solo e das exigências estruturais do projeto.

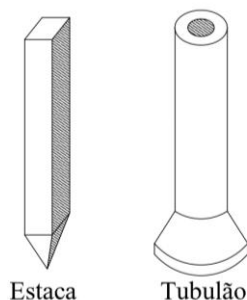


Figura 2 – Tipos de fundações profundas (Fonte: Próprio autor).

2.2. Importância das Fundações no Projeto Estrutural

Os projetos precisam ter objetivos claros, que exigem recursos e enfrentam desafios relacionados a prazos, custos e qualidade. São conduzidos por equipes especializadas, conforme aponta KEZNER (2012).

KEZNER (2012) explica que um projeto pode ser definido como um empreendimento com um objetivo bem definido, que exige recursos e está sujeito a pressões de prazos, custos e qualidade. Assim, os projetos são conduzidos por equipes distintas, ou seja, equipes únicas em seu tipo e função.

Esses projetos são essenciais para a inovação e o desenvolvimento de novos produtos e serviços, sendo crucial integrar planejamento e controle para alcançar os objetivos, como destaca TORREÃO (2015).

TORREÃO (2015) afirma que um projeto é relevante para qualquer mudança nas atividades e no desenvolvimento de produtos ou serviços. Ele é único por suas características, que não foram efetivadas anteriormente. A gestão e a execução de atividades de um projeto estão intrinsecamente associadas, e, por isso, o sincronismo entre planejamento e controle é fundamental para atingir os objetivos propostos.

A falta de integração entre planejamento e execução pode resultar em problemas técnicos, culturais ou financeiros, levando à ineficácia e ao aumento de custos, conforme observa FABRÍCIO (2012).

FABRÍCIO (2012) destaca que a falta de integração entre o planejamento e a execução de um projeto pode ser atribuída a causas culturais, financeiras ou técnicas, como a ausência de indicadores de desempenho adequados. Isso compromete a eficácia das soluções projetuais, podendo gerar patologias, reduzir a construtibilidade e aumentar o custo final da obra.

As normas de cálculo são essenciais para garantir a segurança das estruturas, com o engenheiro responsável pelo projeto tendo o papel de equilibrar segurança, praticidade e economia, conforme FREUDENTHAL (2010).

FREUDENTHAL (2010) ressalta que o papel das normas de cálculo é assegurar a segurança das estruturas desenvolvidas dentro de sua jurisdição. Assim, a função do engenheiro calculista é criar uma estrutura que atenda às exigências mínimas das normas, garantindo segurança, ao mesmo tempo em que se apresenta prática e econômica. Embora as normas também atendam à praticidade e à economia, sua principal função é garantir a segurança.

Essas normas são fundamentais para assegurar que as construções sejam seguras e eficazes. O sucesso de um projeto estrutural depende de uma análise adequada do solo e do cálculo das cargas para a seleção do tipo de fundação apropriado. Fundações bem projetadas e executadas aumentam a durabilidade da construção e evitam problemas estruturais no futuro.

3. Sondagens Geotécnicas

3.1. Métodos de Sondagens

A sondagem é uma etapa crucial na engenharia civil e geotécnica, responsável pela investigação das propriedades do solo e do subsolo. Essas investigações são fundamentais para o planejamento e execução de obras, pois fornecem informações cruciais sobre a capacidade de suporte do solo, a presença de água subterrânea, a composição dos materiais e as condições geológicas da área. Existem diversos tipos de sondagens, cada uma com características, vantagens e aplicações específicas.

A sondagem a trado consiste em perfurar o solo com uma ferramenta chamada trado, que é uma broca em espiral. O trado pode ser girado manualmente ou por equipamento motorizado, permitindo a perfuração do solo e a retirada de amostras. Esse método é especialmente indicado para solos não muito duros ou rochosos e é adequado para pequenas profundidades. A sondagem a trado possibilita a coleta de amostras relativamente intactas, o que facilita a análise da composição e da estrutura do solo. Vantagens: método simples e direto, não é muito caro e pode ser realizado em campo com equipamentos relativamente simples. Desvantagens: menos eficaz em solos duros ou rochosos, e a profundidade de perfuração é limitada. Pode não fornecer dados tão detalhados sobre a resistência do solo quanto outros métodos.



Figura 3 – Sondagem a trado (Fonte: <https://blog.apl.eng.br/conheca-e-entenda-os-procedimentos-executivos-da-sondagem-a-trado/>).

Sondagem SPT (Standard Penetration Test) consiste em medir a resistência do solo ao avançar um amostrador de fundo aberto (revestido) a uma profundidade específica. O amostrador é impulsionado para baixo por golpes de um peso padronizado, e o número de golpes necessários para penetrar em uma profundidade de 30 cm é registrado. Esse valor é conhecido como "N", e é usado para estimar a resistência do solo.

Esse método é amplamente utilizado na engenharia civil para estimar a capacidade de carga do solo e auxiliar no projeto de fundações. O SPT fornece informações sobre a resistência e a densidade relativa do solo. Vantagens: é um método padronizado e amplamente aceito, permitindo a comparação de dados de diferentes locais. Fornece informações valiosas sobre a resistência do solo e é aplicável em uma variedade de tipos de solo. Desvantagens: o teste pode ser afetado pela amostragem e pela condição do solo, e não fornece amostras de solo intactas. A interpretação dos resultados pode exigir um bom conhecimento geotécnico.



Figura 4 – Sondagem SPT (Fonte: Próprio autor).

Ambos os métodos são valiosos para a investigação do solo, e a escolha entre eles depende das características do projeto e das condições do solo no local. Em muitos casos, esses métodos são combinados para obter uma visão mais completa das características geotécnicas da área.

A sondagem rotativa é um método de perfuração que utiliza uma broca giratória para penetrar no solo ou na rocha. O processo envolve a rotação contínua da broca, enquanto um fluido de perfuração (como lama ou água) é utilizado para remover os detritos e resfriar a broca. Esse método é especialmente eficaz em materiais duros e rochosos, permitindo perfurações a grandes profundidades. A sondagem rotativa é frequentemente escolhida devido à sua capacidade de lidar com condições geológicas complexas e sua eficiência na perfuração de rochas resistentes. No entanto, o processo pode ser mais caro e complexo devido ao equipamento especializado e ao gerenciamento dos fluidos de perfuração.



Figura 5 – Sondagem Rotativa (Fonte: <https://www.sondatech.com.br/servico/2/sondagem-rotativa-vertical>).

A sondagem mista combina as técnicas de perfuração rotativa e percussiva, aproveitando as vantagens de ambos os métodos. Esse método flexível adapta-se às condições variáveis do solo, utilizando a perfuração rotativa para materiais mais duros e a percussiva para solos mais soltos e menos coesivos. A capacidade de alternar entre os dois métodos permite uma investigação mais eficaz e adaptada às diferentes características do subsolo. Embora a sondagem mista ofereça maior flexibilidade e eficiência, seu custo pode ser elevado devido à necessidade de equipamentos que suportem ambos os métodos de perfuração.

Ambos os métodos são essenciais para a investigação do subsolo, cada um com suas vantagens e limitações. A escolha entre a sondagem rotativa e a mista depende das condições específicas do solo e dos objetivos do projeto. A sondagem rotativa é ideal para materiais duros e grandes profundidades, enquanto a sondagem mista oferece maior flexibilidade e adaptabilidade em solos de características variadas.

3.2. Interpretação de dados da Sondagem SPT

Um método amplamente utilizado em geotecnia para avaliar as características do solo é o Standard Penetration Test (SPT). Este ensaio fornece informações valiosas que auxiliam na determinação da resistência do solo, essencial para projetos de engenharia civil e na escolha das fundações mais adequadas. A seguir, apresentamos uma abordagem detalhada para a interpretação dos resultados do SPT.

O SPT mede a resistência do solo ao calcular o número de golpes necessários para penetrar um amostrador a uma profundidade determinada. O valor N, obtido a partir dessa medição, representa a densidade e a consistência do solo. O valor N, que representa a densidade e a consistência do solo, representa o resultado.

Os valores de N diferem dependendo do tipo de solo encontrado:

- 0-4 indica solo mole ou muito solto, como argila ou areia solta.
- 5-10: Se refere a solo moderadamente compacto, como areia média ou argila siltosa.
- 10 ou mais: Recomenda-se uma superfície bem compactada ou rochosa, como areia densa ou solo argiloso firme.

É importante observar a variação dos valores de N com a profundidade. Mudanças abruptas nos valores podem indicar transições entre diferentes camadas de solo, enquanto solos homogêneos tendem a apresentar valores mais uniformes.

Os resultados do SPT são significativamente influenciados pela geologia local. O conhecimento sobre as formações geológicas e eventos históricos, como deslizamentos de terra ou intervenções anteriores, pode fornecer informações valiosas sobre as condições do solo e ajudar a contextualizar os resultados obtidos.

A análise dos resultados do SPT deve ser complementada por dados de outros ensaios geotécnicos, como ensaios triaxiais ou de corte direto. Essa abordagem integrada permite uma avaliação mais precisa das propriedades do solo, oferecendo uma visão mais abrangente.

Os resultados do SPT também influenciam diretamente a escolha do tipo e da profundidade das fundações em um projeto. Solos com valores baixos de N podem exigir fundações mais profundas ou técnicas de estabilização, enquanto solos mais densos podem permitir fundações rasas. Para facilitar a comunicação com engenheiros e outras partes interessadas, é fundamental incluir discussões detalhadas dos resultados, acompanhadas de gráficos e tabelas ilustrativas.

De acordo com MONTICELLI, (P. 363), a metodologia de investigação geológico-geotécnica considera, necessariamente, tanto as informações de superfície quanto as de subsuperfície. Informações de superfície incluem a interpretação de imagens, mapas geológicos, geomorfológicos e estruturais, cartografia geotécnica e geoambiental, além da descrição de afloramentos e do perfil de alteração ou intemperismo. Informações de

subsuperfície podem ser obtidas por métodos diretos (ou semidiretos), como poços, galerias e trincheiras, investigações mecânicas (sondagens a varejão, a trado, a percussão, a rotoperfuração e rotativas), imageamento de furos de sondagem (perfilagem óptica/acústica) e ensaios geotécnicos, ou por métodos indiretos, como a geofísica.

3.3. Deficiências em Sondagens Geotécnicas

3.3.1. Erros Comuns

Os erros em sondagens de solo podem ter sérias implicações na concepção e execução de projetos de fundações, afetando diretamente a segurança e a estabilidade das construções. Esses erros podem ser causados tanto por falha humana quanto pela inadequação dos métodos e equipamentos utilizados.

Falta de planejamento adequado: Quando os objetivos da sondagem não são claramente definidos, pode resultar em uma investigação insuficiente ou inadequada das condições do solo nas áreas críticas do projeto. Por exemplo, pode ocorrer a omissão de sondagens em locais estratégicos ou em profundidades necessárias. **Solução:** Definir com precisão as profundidades, locais e tipos de sondagem a serem utilizados, conforme as especificidades do projeto.

Profundidade insuficiente: Realizar a sondagem a uma profundidade menor do que a necessária pode resultar na negligência das camadas mais profundas do solo, que podem afetar a fundação da estrutura. Isso pode levar a projetos de fundação inadequados para o tipo de solo presente. **Solução:** Realizar sondagens até uma profundidade adequada para o tipo de construção, considerando também a influência de camadas de solo mais profundas.

Erros na execução da sondagem: Falhas como a má calibração do equipamento, uso inadequado dos instrumentos ou execução incorreta da sondagem podem gerar resultados errôneos na coleta dos dados, como a resistência à penetração e a profundidade das camadas de solo. **Solução:** Garantir que os equipamentos estejam devidamente calibrados e que os procedimentos técnicos estabelecidos para cada tipo de sondagem sejam seguidos rigorosamente.

Interpretação errada dos resultados: O mau uso dos dados coletados ou erros na interpretação das amostras de solo podem resultar em projetos de fundação que não atendem às reais condições do solo, o que pode levar a problemas de assentamento, fissuras ou até colapso da estrutura. **Solução:** Contar com profissionais capacitados e experientes na interpretação dos resultados, além de seguir normas técnicas atualizadas.

Coleta inadequada de amostras de solo: Amostras pequenas ou mal coletadas podem não representar as condições reais do solo, comprometendo a qualidade da análise geotécnica. **Solução:** Coletar amostras representativas, com tamanho e frequência adequados, respeitando as normas técnicas para cada tipo de solo.

Não medir corretamente o nível do lençol freático: Ignorar a presença de água no solo ou não considerar suas variações sazonais pode afetar a resistência e a capacidade de carga das fundações. A água pode causar assoreamento, perda de resistência ou alterações no comportamento das camadas de solo. **Solução:** Realizar medições regulares do nível do lençol freático e considerar as variações de profundidade e sazonalidade no planejamento do projeto.

Elaboração de relatório incompleto: Relatórios de sondagem incompletos, com dados ausentes, erros de digitação ou interpretação imprecisa dos resultados podem levar os engenheiros a tomar decisões equivocadas, comprometendo a fundação e a estabilidade da obra. **Solução:** Seguir as normas técnicas de elaboração de relatórios, garantindo que todas as informações sejam bem explicadas e organizadas, com diagramas, tabelas e gráficos adequados.

A NBR 8036 estabelece a quantidade mínima de sondagens para cada tipo de obra, com base na área projetada. Considerando a variabilidade espacial do terreno, é fundamental seguir os procedimentos normativos para caracterizar corretamente o maciço.

3.3.2. Impactos das deficiências

A Engenharia Civil é responsável pelo estudo e investigação dos problemas relacionados às edificações, incluindo suas alterações de funcionamento, que muitas vezes são originadas por vícios patológicos, como destaca JOPPERT JR, (2007).

A execução inadequada de sondagens em fundações pode resultar em diversas patologias que comprometem a estabilidade e a durabilidade das estruturas. Uma avaliação incorreta da capacidade de carga do solo pode gerar assentamentos diferenciais, nos quais diferentes partes da estrutura se assentam de forma desigual, causando rachaduras e danos. Além disso, uma má interpretação das características do solo pode levar à adoção de fundações inadequadas, resultando em fissuras e rachaduras nas paredes e fundações da construção.

Uma sondagem mal executada também pode deixar de identificar camadas de solo fracas ou instáveis. Sem essa informação crucial, as fundações podem ser projetadas de maneira inadequada, provocando problemas como inclinação ou até o colapso da estrutura. Em casos que exigem ações de contenção, como a construção de muros de arrimo ou estacas, uma sondagem incorreta pode resultar em projetos ineficazes ou inseguros, gerando falhas nas estruturas de contenção e comprometendo o sistema de drenagem.

Se a sondagem não identificar corretamente a presença de água ou a presença de solos agressivos, pode-se optar por materiais inadequados para a fundação. Isso pode levar à corrosão das armaduras de aço e à degradação prematura da estrutura.

É fundamental que as sondagens sejam realizadas com precisão e que os dados obtidos sejam interpretados corretamente, para garantir que as fundações sejam projetadas e construídas conforme as reais condições do solo. A colaboração entre engenheiros geotécnicos e estruturais é essencial para evitar essas patologias e assegurar a segurança e a durabilidade da obra. Portanto, é de extrema importância interpretar corretamente os resultados das sondagens, a fim de evitar os problemas mencionados.

4. Software para Elaboração de Projeto Estrutural

4.1. *Eberick*

O *Eberick* é um software de engenharia civil utilizado para análise estrutural de estruturas de concreto, com foco em concreto armado. Ele simplifica cálculos e dimensões, tornando o processo de projeto mais eficiente, preciso e seguro. As principais funções do *Eberick* incluem modelagem 3D, que permite a representação tridimensional de estruturas, simulando efeitos de cargas permanentes, variáveis e ácidas, e gerando barras e posições de concreto automáticas, garantindo o uso adequado do material e a segurança estrutural. A principal vantagem do software é sua precisão nos cálculos e confiabilidade, seguindo normas brasileiras como a NBR 6118, reduzindo erros de projeto e aumentando a segurança estrutural.

As vantagens do *Eberick* também incluem a otimização do uso de materiais, ajustando a quantidade de concreto e aço utilizados sem comprometer a segurança da estrutura, o que resulta em economia de materiais e redução de custos. Sua alta velocidade de cálculo permite que os engenheiros testem diferentes soluções de forma mais eficiente, acelerando a conclusão do projeto.

O *Eberick* se tornou uma ferramenta indispensável para engenheiros civis que trabalham com estruturas de concreto armado, especialmente no Brasil, onde é um dos principais softwares utilizados no projeto de estruturas.

5. Consequências das Fundações Mal Realizadas

5.1. Impactos Estruturais

Fundações mal executadas podem causar impactos estruturais graves, como assentamentos desiguais, que resultam em rachaduras e danos nas paredes e fundações, além de fissuras que comprometem a integridade da estrutura. A falta de uma fundação adequada pode levar à instabilidade, inclinação ou até mesmo ao colapso da edificação. Problemas em sistemas de contenção, como muros de arrimo e estacas, podem ocasionar falhas estruturais e problemas de drenagem. Além disso, o uso inadequado de materiais, muitas vezes devido a sondagens imprecisas, pode causar corrosão e degradação prematura das fundações. Esses problemas ressaltam a importância de uma execução e avaliação rigorosa das fundações para garantir a segurança, estabilidade e longevidade das construções.

HELENE (2003) destaca que as patologias nas edificações não surgem de forma isolada ou sem razão, geralmente tendo origem em erros cometidos em pelo menos uma das fases do processo de concepção de uma obra. É fundamental compreender a origem do problema e o histórico da construção para identificar em qual fase do processo ocorreu o erro que deu origem a determinada patologia.

AZEREDO (1988) complementa que a fundação é o elemento estrutural responsável por transmitir as cargas da edificação ao terreno, devendo apresentar resistência mecânica suficiente para suportar as tensões geradas pelos esforços solicitantes. Além disso, deve ter rigidez adequada para evitar rupturas e controlar as deformações.

5.2. Custos e Reparos

A importância de uma fundação adequada na construção de edificações não pode ser subestimada. As fundações têm a responsabilidade de transferir as cargas da estrutura ao solo, garantindo a estabilidade e segurança do edifício. Quando ocorre um erro nesta fase, as consequências podem ser graves, resultando em problemas estruturais significativos e, conseqüentemente, em altos custos de reparação. Erros na execução ou no dimensionamento das fundações podem levar a recalques, fissuras e até colapsos parciais. Tais problemas não só comprometem a integridade da edificação, como também colocam em risco a segurança dos ocupantes.

CARVALHO (1994), destaca que a identificação precisa da origem da patologia em um empreendimento é crucial para definir as medidas corretas de recuperação, evitando o surgimento de novas patologias. Isso porque algumas doenças estruturais podem não se manifestar claramente ou podem ser mascaradas por outras, passando despercebidas. Uma avaliação criteriosa e aprofundada aumenta significativamente as chances de uma solução eficaz e eficiente.

Além disso, os custos associados ao reforço estrutural podem ser exorbitantes, frequentemente superando o valor do investimento inicial. Isso ocorre devido à necessidade de intervenções complexas, que muitas vezes envolvem escavações, o uso de materiais adicionais e mão de obra especializada. O tempo de inatividade durante os reparos também pode resultar em perdas financeiras para os proprietários, além de impactos negativos na reputação dos responsáveis pela obra.

Por isso, é essencial realizar investigações geotécnicas detalhadas e garantir que as fundações sejam projetadas e executadas conforme as normas técnicas. Investir em uma fundação adequada desde o início pode evitar uma série de problemas futuros e os custos associados a correções emergenciais.

Em suma, a prevenção é sempre mais econômica do que a reparação, e a atenção às fundações é um passo crucial para garantir a durabilidade e a segurança de qualquer edificação. A reestruturação de um empreendimento devido a erros patológicos pode variar substancialmente em termos de custo, dependendo da gravidade dos problemas e da complexidade das soluções necessárias.

Aqui estão alguns fatores a considerar: Custos com consultores especializados para identificar os erros e propor soluções podem variar de milhares a centenas de milhares de reais; Investimentos em capacitação para corrigir processos ou comportamentos inadequados; Atualização ou substituição de sistemas e ferramentas pode ser dispendiosa, especialmente se os erros estão relacionados a falhas tecnológicas; Despesas com novas sondagens e análises geotécnicas para identificar a extensão do erro; Gastos com materiais de construção, como concreto, aço, e equipamentos de perfuração e movimentação de terra; Custos com profissionais qualificados para realizar os reparos, incluindo engenheiros e operários da construção civil.

Uma reestruturação pode custar desde algumas dezenas de milhares de reais até milhões, dependendo da situação específica do empreendimento. Portanto, um planejamento cuidadoso e uma análise detalhada dos custos são essenciais para evitar surpresas.

5.3. Impactos em Projetos Futuros

Os impactos de erros em projetos estruturais podem ser significativos e abranger diversos aspectos. Falhas no planejamento e na execução podem resultar em problemas como deformações, fissuras e até mesmo colapsos. A falta de coordenação entre os envolvidos, objetivos mal definidos e informações insuficientes frequentemente contribuem para essas falhas, o que eleva custos e prazos. Além disso, a qualidade do projeto tem impacto direto na segurança e na durabilidade da edificação. Assim, a contratação de profissionais capacitados e uma abordagem rigorosa na fase de projeto são fundamentais para mitigar riscos e garantir a integridade estrutural, evitando complicações futuras e custos adicionais.

DALDEGAN, 2016, ressalta que projetos estruturais mal elaborados podem acarretar sérios problemas no futuro, como incompatibilidades durante a execução, deformações excessivas e trincas. Para evitar tais situações, é essencial contar com um profissional qualificado para a realização desse tipo de serviço.

6. Metodologia

Este trabalho aborda a análise e os desafios enfrentados na concepção de uma estrutura cuja falha foi provocada por inadequações na sondagem do solo e no dimensionamento das fundações. O caso estudado envolve um solo típico da região Sul do Brasil, composto principalmente por argilas e siltes com baixa capacidade de carga, que não foram adequadamente considerados no projeto estrutural. A falta de um estudo geotécnico preciso, somada à escolha inadequada das fundações, resultou no comprometimento da estabilidade da construção.

O objetivo deste estudo é destacar a importância de uma sondagem detalhada (mostrada no Anexo 1) e de um correto dimensionamento das fundações, enfatizando como as características do solo influenciam diretamente a segurança e a durabilidade das estruturas.

Por meio dessa análise, buscamos reforçar a necessidade de um planejamento mais rigoroso, com a devida consideração das especificidades geotécnicas em projetos de construção.

Para este estudo, foi realizada uma miniatura utilizando solos característicos da região do Rio Grande do Sul, com as seguintes composições:

- Argila: 7.350 cm³
- Silte: 7.350 cm³
- Areia: 9.975 cm³
- Basalto e cascalho: 2.625 cm³

Esses solos foram modelados e representados em um aquário, cujas dimensões são: 35 cm de largura, 30 cm de altura e 1.050 cm de comprimento. A escolha dessas dimensões visa simular as condições naturais de compactação e o comportamento dos solos em uma escala controlada, permitindo a análise de suas propriedades físicas e mecânicas em resposta a diferentes cargas e pressões.



Figura 6 – Solo compactado (Fonte: Próprio autor).

A pesquisa foi conduzida com o intuito de correlacionar as características do solo com a resistência de uma estrutura de concreto armado, considerando os impactos das variações na composição e compactação do solo sobre a fundação da estrutura.

O projeto estrutural foi desenvolvido conforme o Anexo 2, compatível com as dimensões disponíveis no aquário, utilizando o software *Eberick*. O projeto foi otimizado para aproveitar o espaço de 35 cm de largura, 30 cm de altura e 1.050 cm de comprimento, levando em consideração as propriedades do solo simulado e as cargas previstas. A modelagem estrutural da fundação e da superestrutura de concreto armado foi realizada no *Eberick*, garantindo precisão no dimensionamento das peças e conformidade com as condições geotécnicas simuladas no aquário. Dessa forma, a estrutura foi projetada para suportar adequadamente a chuva artificial durante o teste.

As armaduras foram preparadas utilizando aço de 5 mm e arame de caixaria para representar os estribos de cada armadura, respeitando um espaçamento de 2 cm entre os estribos. Foram confeccionadas as seguintes peças estruturais:

- 4 estacas, com dimensões de 20 cm x 3 cm x 3 cm
- 4 pilares, com dimensões de 15 cm x 3 cm x 3 cm
- 4 vigas baldrame, com dimensões de 3 cm x 3 cm x 3 cm
- 2 vigas em balanço, com dimensões de 30 cm x 3 cm x 3 cm
- 2 vigas em balanço, com dimensões de 15 cm x 3 cm x 3 cm



Figura 7 – Armaduras (Fonte: Próprio autor).

Essas peças foram dimensionadas e montadas de acordo com as especificações, a fim de representar adequadamente os componentes estruturais de uma edificação, permitindo a avaliação do comportamento da estrutura sob diferentes condições de carga e interação com os solos.

As formas foram preparadas com dimensões precisas para as vigas e pilares, visando à correta moldagem do concreto. Em seguida, realizamos a escavação das 4 estacas, garantindo que todas as profundidades e alinhamentos estivessem de acordo com o projeto. Após isso, iniciamos a concretagem das estacas, vigas e pilares, acompanhando rigorosamente o processo para assegurar a qualidade e a resistência da estrutura.



Figura 8 – Armadura da fundação (Fonte: Próprio autor).



Figura 9 – Armaduras das vigas baldrames (Fonte: Próprio autor).



Figura 10 – Concretagem das vigas baldrames (Fonte: Próprio autor).



Figura 11 – Armaduras e concretagem dos pilares (Fonte: Próprio autor).



Figura 12 – Armaduras das vigas superior (Fonte: Próprio autor).



Figura 13 – Concretagem das vigas superior (Fonte: Próprio autor).



Figura 14 – Estrutura finalizada (Fonte: Próprio autor).

O concreto foi aplicado de forma controlada, respeitando os tempos de cura a cada 7 dias por ser uma estrutura em miniatura e garantindo a integridade das peças estruturais para posterior avaliação.

7. Resultados e discussões

Após 7 dias da última concretagem, realizamos o umedecimento do solo para simular o nível de água e observar o comportamento da estrutura em diferentes condições de saturação. Esse procedimento teve como objetivo analisar a interação entre o solo e a umidade, verificando seu impacto na capacidade de carga e no desempenho das fundações, especialmente em cenários de variação do nível freático ou presença de águas subterrâneas.



Figura 15 – Umedecagem do solo (Fonte: Próprio autor).



Figura 16 – Início da chuva (Fonte: Próprio autor).



Figura 17 – Estrutura após chuva (Fonte: Próprio autor).

O desmoronamento ocorreu após a exposição da estrutura à chuva, evidenciando o impacto da saturação do solo, que reduziu sua resistência, principalmente nas camadas superficiais. A umidade excessiva comprometeu a estabilidade do silte e da argila, intensificando processos de liquefação e escorregamento. Pode-se considerar o efeito de poropressão, que ocorre quando a pressão nos poros do solo aumenta devido à aplicação de cargas externas ou drenagem, reduzindo a resistência do solo.

A deficiência em sondagens geotécnicas, particularmente a falta de uma análise adequada da poropressão e do lençol freático em diferentes épocas do ano, pode acarretar sérios problemas durante a execução e operação de obras em engenharia. A sondagem geotécnica é fundamental para entender as características do solo e subsolo, como resistência, capacidade de carga e a presença de água no terreno. A poropressão (pressão da água nos poros do solo) e o comportamento do lençol freático são fatores cruciais para avaliar a estabilidade das fundações e o comportamento do solo ao longo do tempo.

A análise de poropressão é importante, pois a presença de água no solo pode diminuir sua resistência à compressão, aumentar o risco de liquefação em solos arenosos e afetar a interação entre as partículas do solo. Além disso, o lençol freático pode variar ao longo do ano devido a mudanças climáticas, o que impacta diretamente as condições do terreno, especialmente em locais com períodos de chuvas intensas e secas.

O aumento de água no solo diminui sua capacidade de suportar cargas, o que afeta diretamente a estabilidade das estruturas. A saturação reduz a coesão entre as partículas e a resistência ao cisalhamento, aumentando o risco de deslizamentos de terra, erosão e assentamentos. Em solos arenosos, a água pode causar liquefação, e em solos argilosos, pode ocorrer expansão ou contração, o que prejudica as fundações. Em resumo, a água no solo compromete a resistência do solo e a estabilidade das construções, exigindo cuidados no manejo da drenagem e no projeto das fundações.

Podemos usar o Edifício Anêmona, localizado em Ubatuba/SP, estudado por Santos (2014), o prédio foi fundado com estacas cravadas de concreto armado de 30 cm de diâmetro, com profundidade média de 25 m, visando garantir estabilidade sobre o terreno. Para evitar transbordamentos de um córrego próximo, foi realizado um aterro elevando o nível do solo em cerca de dois metros. No entanto, em 17 de maio de 2001, ocorreu um desabamento parcial da estrutura, com um deslocamento de aproximadamente 2 metros, causando um desaprumo de 2,5 m. Uma semana antes, já havia ocorrido um deslocamento de 30 cm no piso do estacionamento, o que foi inicialmente atribuído à compactação excessiva do aterro, corrigido com a adição de mais solo até atingir a cota projetada.

Sendo assim, a análise do estudo de caso do Edifício Anêmona revelou que o solo de natureza instável, afetado pelo peso do aterro, foi o principal responsável pela ruptura das estacas de fundação. As estacas, que atravessavam a camada de solo instável, não estavam dimensionadas para suportar as tensões horizontais induzidas pelo aterro. Quando o solo foi pressionado verticalmente pela carga do aterro, ele gerou significativas tensões horizontais no fuste das estacas, em direção ao talude próximo, causando sua falha estrutural, como apresentado na figura 17. Esse comportamento foi agravado pela mobilização das tensões horizontais, que não foram adequadamente previstas no projeto de fundação, resultando em um descolamento e deslocamento do solo sob a fundação e, conseqüentemente, no desabamento parcial do edifício. A compactação inadequada do aterro, além da instabilidade do solo, contribuiu para o agravamento da situação, demonstrando a importância de uma análise geotécnica detalhada para projetos de fundação em terrenos com condições geológicas complexas, como os encontrados em áreas litorâneas sujeitas a variações de solo e risco de saturação.

Quando não se realiza uma sondagem geotécnica completa, ou quando a análise do comportamento da água subterrânea não é feita ao longo do ano, os projetos podem ser

subdimensionados ou mal planejados. Isso pode resultar em problemas como assentamentos diferenciais, falhas nas fundações, e riscos de danos estruturais ao longo do tempo.

Portanto, é essencial que as sondagens sejam realizadas em diferentes períodos, para capturar as variações sazonais do lençol freático e da poropressão. O uso de ferramentas de monitoramento, como piezômetros, e a análise detalhada de dados geotécnicos permitem um entendimento mais preciso do comportamento do solo e contribuem para a segurança e longevidade das obras.

8. Conclusões

A falha estrutural, indicativa de sondagem inadequada e baixa resistência do solo, destaca a importância crítica de uma análise geotécnica detalhada no planejamento e dimensionamento das fundações. No caso em questão, a paisagem típica do Sul do Brasil, composta por rochas e siltes com baixa capacidade de suporte. A falha nas estacas de fundação, causada pelas tensões horizontais resultantes do aterro mal compactado e da instabilidade do solo, levou ao desabamento parcial da estrutura, o que poderia ter sido evitado com um estudo geotécnico mais aprofundado. A interação entre o solo, a fundação e o aterro devem ser cuidadosamente considerados, pois qualquer alteração nas características do solo pode resultar em comportamentos inesperados, como deslocamentos e falhas estruturais. Este caso ressalta a necessidade de um planejamento rigoroso, que inclua a análise de todas as variáveis envolvidas, para garantir a segurança e estabilidade das construções, evitando danos estruturais e custos elevados com correções posteriores.

A falta de uma sondagem bem executada dificulta a identificação das características e limitações do solo, o que, somado à seleção inadequada das fundações, leva ao colapso sob a carga aplicada. Este episódio ressalta a necessidade de um estudo geotécnico rigoroso, que leve em consideração a heterogeneidade e as características únicas do solo, para garantir a segurança e a durabilidade das construções, especialmente em áreas com solos de baixa resistência.

O objetivo foi contribuir para a identificação de movimentos nas fundações por meio das patologias observadas, destacando a importância do controle e da estabilização dos recalques diferenciais, além de analisar o comportamento das fundações quando apoiadas em diferentes tipos de solos. Essa análise é essencial para entender como as condições do solo influenciam a performance estrutural e como os recalques podem afetar a integridade da edificação ao longo do tempo. O estudo enfatiza a necessidade de um projeto geotécnico detalhado, que leve em consideração as características específicas do terreno, e a implementação de medidas adequadas de monitoramento e correção para evitar danos estruturais graves, como os ocorridos no caso do Edifício Anêmona. Dessa forma, busca-se garantir a segurança e a longevidade das construções, minimizando riscos associados ao comportamento do solo e às falhas nas fundações.

9. Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer a nossa orientadora, Renata Lima Moretto, pela orientação. Queremos também agradecer às nossas famílias e namorados, pelo apoio incondicional, compreensão e incentivo constante, especialmente nos momentos mais exigentes dessa jornada. Sem o apoio e amor de vocês, não teríamos chegado até aqui. Por fim, agradecemos a todos os profissionais cujos trabalhos e estudos nos inspiraram e fundamentaram nossa pesquisa. Agradecemos também à Universidade São Francisco, que nos proporcionou as condições necessárias para a realização deste trabalho. Este trabalho é resultado de um esforço conjunto e do apoio de muitas pessoas, e a todas elas, nosso agradecimento.

Referências Bibliográficas

CARVALHO, J.C. e SILVA, M.T. **Avaliação do comportamento de fundações em solo-cimento através de provas de carga.** In: COBRAMSEF. X.Fozd o Iguaçu. 1994. Anais, v. 1, p.75-80. 1994.

DALDEGAN, Eduardo. **Projeto Estrutural: Fases do projeto e principais vantagens.** Engenharia Concreta, 2016.

DELATIM, Ivan J. Guimarães, Alessandro J. **Investigações Geológico-Geotécnicas, livro 3 – Manual de Sondagens.** ABGE

FABRICIO, M. **Projeto simultâneo na construção de edifícios.** Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

FREUDENTHAL, A. **Segurança e probabilidade de falha estrutural.** ASCE Transações, v.121, p.1337-1397, 2010.

HELENE, P. et al. **Introdução da vida útil no projeto das estruturas de concreto.** Workshop sobre durabilidade das construções. Nov. São José dos Campos, 2003.

JOPPERT JR. Ivan. **Fundações e Contensões de Edifícios.** Qualidade Total na Gestão do Projeto e Execução. 1. ed. Oficina de Textos: Cubatão, 2007

KERZNER, H. **Gestão de projetos: as melhores práticas.** Porto Alegre: Bookman, 2012

LOCATELLI, Cristian Carlos. **Patologias em Fundações: Causas e Tratamentos.** 2021. 34 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Ciências Agrária e Exatas, Primavera do Leste, 2021.

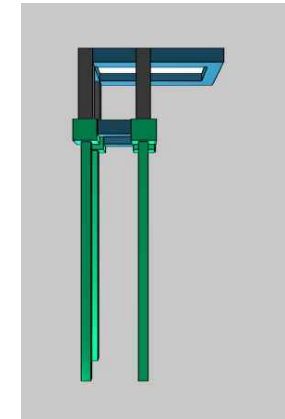
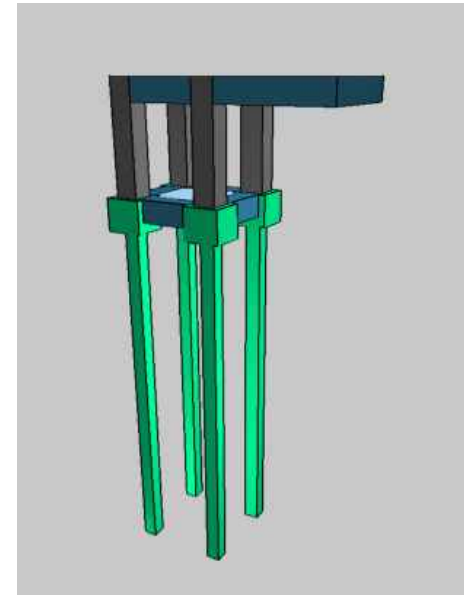
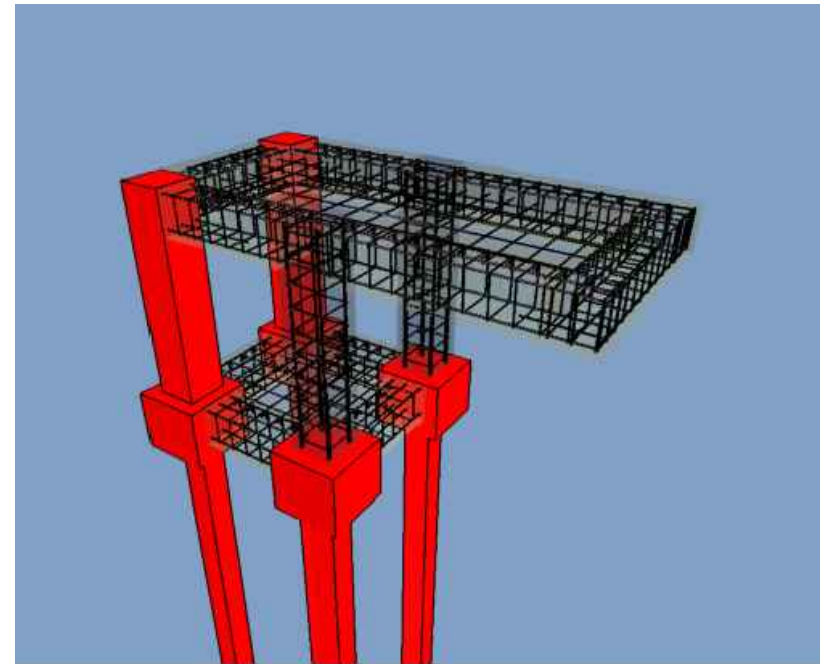
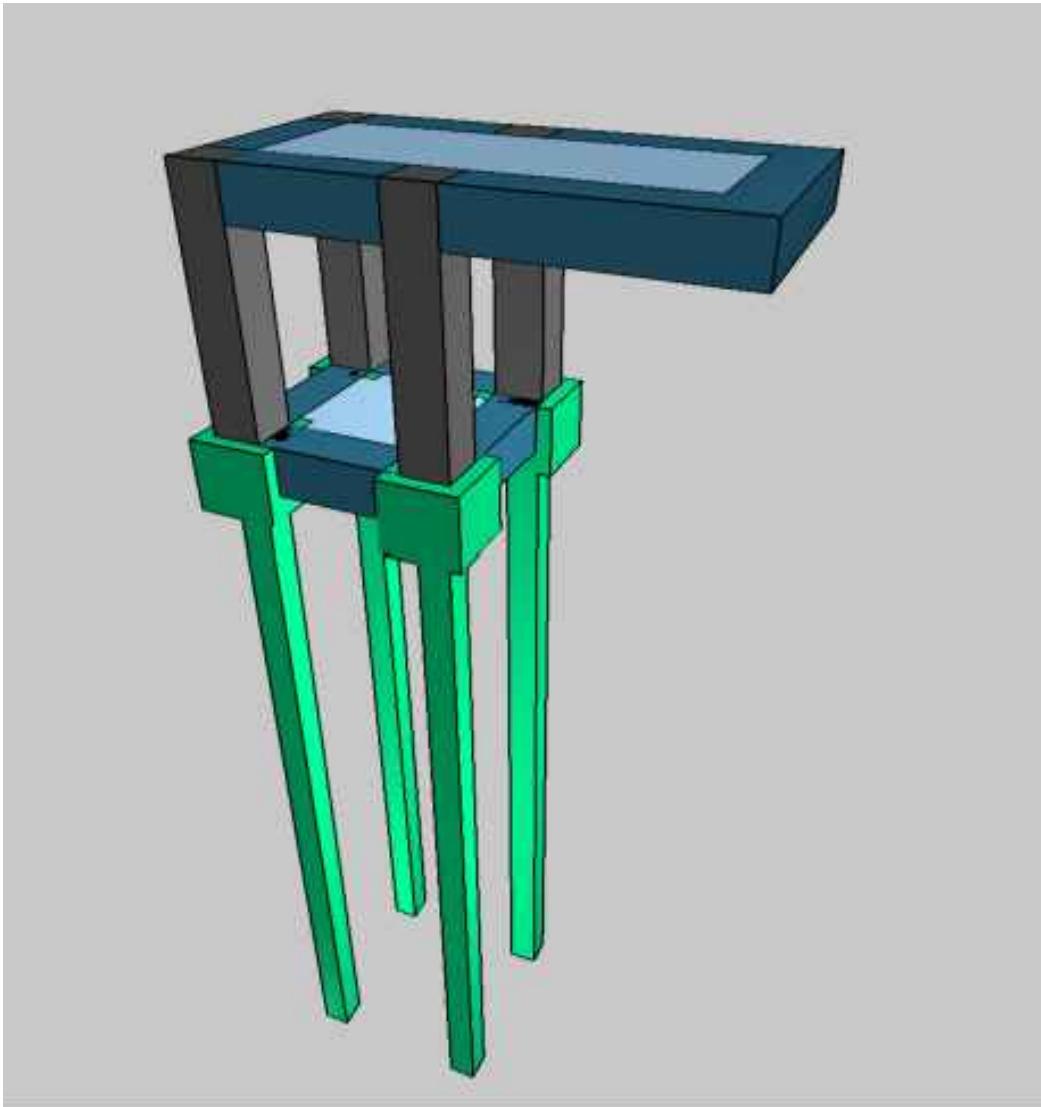
PINTO, Silas A. **Coleção Manuais de Engenharia Civil (volume 2) – Fundações**

TORREÃO, P. Ambiente inteligente de aprendizado em educação em gerenciamento de projetos. Dissertação de mestrado. UFPE. Março, 2015.

SANTOS, Guilherme V. **Patologias Devido ao Recalque Diferencial em Fundações.** Centro Universitário de Brasília – UNICEUB, Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas – FATECS. Brasília, 2014.

Anexo 1: Relatório de sondagem exemplo

Revestimento	Método cravação	Cota relação R.N.	NA Inic.	NA Final	Índice de SPT iniciais/30mm	Índice SPT finais/30mm	Amostras	Prof. Camadas (cm)	Relatório de Sondagem		N° 001/2024							
									Furo SP 1	Cota 0,000								
									SPT - Standart Penetration Test Camadas - Classificação dos solos		0	10	20	30	40	50		
		-5			3	3	1		Argila arenosa, cor marrom e vermelho.									
					3	5	2											
					3	5	3											
					3	5	4											
					3	5	5											
					5	7	6											
					5	7	7	7,00										
		-10			14	24	8		Silte argiloso, cor vermelho claro, variegado.									
					16	26	9											
					8	13	10											
					14	24	11											
					16	26	12											
					8	13	13											
		-15			16	26	14		Areia média argiloso, cor cinza claro, variegado.									
					9	15	15	14,00										
					11	16	16											
					12	18	17											
					11	20	18											
					12	21	19											
		-20			15	24	20		Cascalho e basalto.									
					16	26	21											
					18	27	22											
					27	32	23											
					25	33	24	23,50										
					29	39	25											
		-25			32	44	26	26,00	Término da Sondagem: 26cm									
							27											
							28											
							29											
							30											
							31											
							32											
							33											
							34											
							35											
							36											
							37											
							38											
Nível d'água		Amostrador		Revestimento Ø 2 3/8 "		Data de execução												
NA Inic.	cm	06/11/2024		Ø interno	1 3/8 "	Peso	65,0 kg	Início 06/11/2024										
NA Final	cm	06/11/2024		Ø externo	2 "	Altura de queda	75,0 cm	Término 06/11/2024										
Obs: Sondagem finalizada pelo Item Item 5.2.4.1. da NBR 6484:2020, de acordo com as necessidades da contratante.																		
Sondador	0			Engª Resp.	0			06/11/2024 Folha 1										



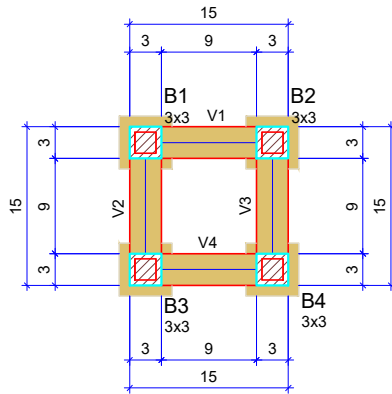
CREA
Conselho Regional de
Engenharia e Agronomia



PROJETO - PRÁTICO TCC

PROJETO COMPLETO

3D



Vigas			
Nome	Seção (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)
V1	3x30	0	0
V2	3x30	0	0
V3	3x30	0	0
V4	3x30	0	0

Legenda dos pilares	
	Pilar que passa

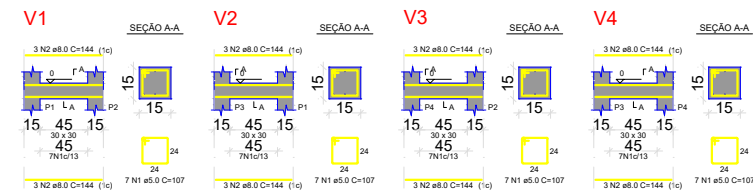
Legenda das vigas e paredes	
	Viga

Lajes								
Dados					Sobrecarga (kgf/m²)			
Nome	Tipo	Altura (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)	Peso próprio (kgf/m²)	Adicional	Acidental	Localizada
L1	Maciça	1.2	0	0	300	100	150	-

Características dos materiais	
fck (kgf/cm²)	Ecs (kgf/cm²)
250	241500

Dimensão máxima do agregado = 19 mm

Estacas			
Nome	Seção (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)
B1	3x3	0	0
B2	3x3	0	0
B3	3x3	0	0
B4	3x3	0	0



FORMA DA VIGA BALDRAME

Montagem das Planchas-Moldadas in loco

Mensagem:

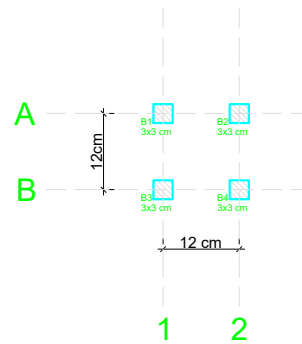
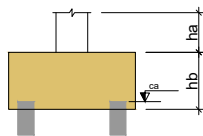
- Elemento(s) com problema(s):
 - viga baldrame
 - Vibrações excessivas
 - Verificação das vibrações do pavimento não atendida -> $f=0$ Hz (0 fcrít).
 - Elemento(s) com erro:
 - viga baldrame
 - B1
 - Erro D53 - Carga horizontal excessiva.
 - B2
 - Erro D53 - Carga horizontal excessiva.
 - B3
 - Erro D53 - Carga horizontal excessiva.
 - B4
 - Erro D53 - Carga horizontal excessiva.
 - viga de cima
 - P1
 - Erro D03 - Pilar com carga negativa.
 - P3
 - Erro D03 - Pilar com carga negativa.

Nome	Seção (mm)	X (mm)	Y (mm)	Carga Máx. (tf)	Carga Min. (tf)	Pilar				Fundação				Bloco							
						Mx Máximo (kgf.m)		My Máximo (kgf.m)		Fx Máximo (tf)		Fy Máximo (tf)		Lado B (mm)	Lado H (mm)	h0 / ha (cm)	h1 / hb (mm)	ne	Estaca	ca (mm)	Base tub. (mm)
						Positivo	Negativo	Positivo	Negativo	Positivo	Negativo	Positivo	Negativo								
P1	30x30	15.00	135.00	0.8	0.6	100	-200	0	0	0.0	-2.8	0.6	0.0	50	50	0	45	0	R20	-30	
P2	30x30	135.00	15.00	2.7	2.4	100	-200	200	0	2.8	0.0	0.9	-0.0	50	50	0	45	0	R20	-30	
P3	30x30	15.00	15.00	0.8	0.6	100	0	0	0	0.0	-2.8	0.0	-0.7	50	50	0	45	0	R20	-30	
P4	30x30	135.00	15.00	2.7	2.4	100	0	200	0	2.8	0.0	0.0	-1.0	50	50	0	45	0	R20	-30	

Os esforços indicados nesta tabela são os valores máximos obtidos pela envoltória de todas as combinações definidas para as fundações. Para análises complementares, deve-se consultar o relatório de esforços na fundação, que apresenta os valores calculados para cada combinação.

Localização no eixo X	
Coordenadas (mm)	Nome
15.00	P1, P3
135.00	P2, P4

Localização no eixo Y	
Coordenadas (mm)	Nome
135.00	P1, P2
15.00	P3, P4



PLANTA DE LOCAÇÃO

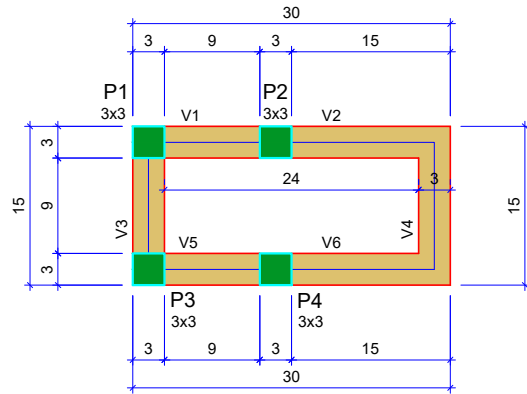


PROJETO - PRÁTICO TCC

PROJETO COMPLETO

Fundação

2



FORMA DA VIGA DE CIMA

Vigas			
Nome	Seção (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)
V1	3x3	0	15
V2	3x3	0	15
V3	3x3	0	15
V4	3x3	0	15
V5	3x3	0	15
V6	3x3	0	15

Legenda dos pilares	
	Pilar que morre

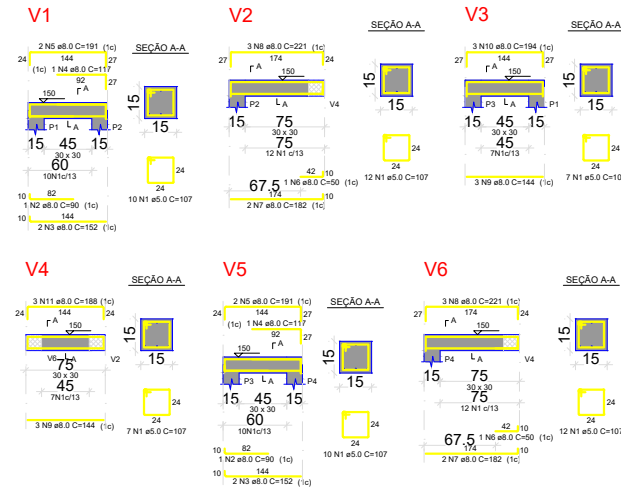
Legenda das vigas e paredes	
	Viga

Lajes								
Dados					Sobrecarga (kgf/m²)			
Nome	Tipo	Altura (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)	Peso próprio (kgf/m²)	Adicional	Acidental	Localizada
L1	Maciça	1.2	0	15	300	100	150	-

Características dos materiais	
fck (kgf/cm²)	Ecs (kgf/cm²)
250	241500

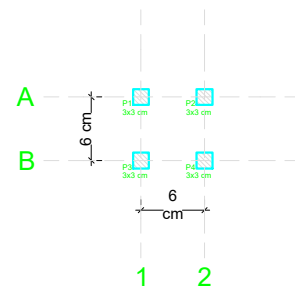
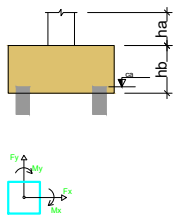
Dimensão máxima do agregado = 19 mm

Pilares			
Nome	Seção (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)
P1	3x3	0	15
P2	3x3	0	15
P3	3x3	0	15
P4	3x3	0	15

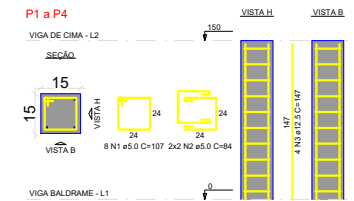


Nome	Seção (mm)	X (mm)	Y (mm)	Carga Máx. (k)	Carga Min. (k)	Mx Máximo (kgf.m)		My Máximo (kgf.m)		Fx Máximo (k)		Fy Máximo (k)		Envolvente		Base		Localização no eixo X (mm)	Localização no eixo Y (mm)
						Positivo	Negativo	Positivo	Negativo	Positivo	Negativo	Positivo	Negativo	Lado B (mm)	Lado H (mm)	H0 / ha (mm)	H1 / hb (mm)		
P1	30x30	15,00	135,00	3,0	0,0	100	-200	0	0	-0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,00	P1, P3
P2	30x30	135,00	135,00	2,7	2,4	100	-200	0	0	-2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	135,00	P2, P4
P3	30x30	15,00	15,00	0,8	0,8	100	0	0	0	0,0	0,0	-0,7	0,0	0	0	0	0	15,00	P3, P4
P4	30x30	135,00	15,00	2,7	2,4	100	0	200	0	-2,4	0,0	0,0	-1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	135,00	P2, P4

Os esforços indicados nesta tabela são os valores máximos obtidos pela envoltória de todas as combinações definidas para as fundações. Para análises complementares, deve-se consultar o relatório de esforços na fundação, que apresenta os valores calculados para cada combinação.



PLANTA DE LOCAÇÃO



PROJETO - PRÁTICO TCC

PROJETO COMPLETO

Primeiro pavimento