

PATOLOGIA DAS FUNDAÇÕES: RECALQUE E ESTUDO DE CASO

GODOI, Luiz Eduardo da Silva; MEYER, Miguel da Silva de Moraes;¹

Prof. Mestre. Ricardo Simões²

Universidade São Francisco

luiz.godoi@mail.usf.edu.br; mmeversilva@gmail.com

¹Aluno do Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco; Campus Bragança Paulista

²Professor Orientador Mestre Ricardo Simões, Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco; Campus Bragança Paulista.

Resumo. As patologias das fundações são problemas que estão sempre presentes na construção civil. Estas podendo ocorrer por diversas causas, sendo as mais comuns nas etapas de concepção do projeto, execução ou utilização. Por meio de uma revisão bibliográfica e de um caso real, em que a estrutura sofreu recalque, tem por objetivo analisar as causas, os problemas impostos, a solução apresentada e o custo gerado para sua recuperação. O caso apresentado é de um muro de divisa entre um condomínio e um parque na cidade de São Paulo – SP, em que uma parte desse muro sofreu recalque diferencial com influencia de vegetação sendo recuperado e sua outra parte que também sofreu o recalque não teve alternativa a não ser demolir e reconstruí-lo. Em que após ter apresentado fissuras, trinca e desaprumo o condomínio entrou em contato com a empresa responsável para que assim fizessem um levantamento das causas e adotassem a solução necessária para sua recuperação.

Palavras-chave: patologias, fundações, recalque.

Introdução

Devido ao grande aumento populacional e com isso a necessidade do desenvolvimento urbano, tem-se uma procura elevada de edifícios, para assim, conseguir atender as necessidades da sociedade. Com isso, muitos empreendimentos são iniciados com foco em tempo de entrega e viabilidade econômica. Sendo assim, em algumas situações, os engenheiros responsáveis acabam negligenciando etapas importantes da engenharia, podendo levar a possíveis problemas.

Entende-se como patologias, o estudo de doenças, voltado para a área da engenharia civil, seriam os possíveis sintomas de problemas apresentados nas estruturas em geral das construções. Ela é um tema de suma importância, tendo em vista que as fundações são os elementos base para que toda a superestrutura tenha sua estabilidade e durabilidade garantidas ao longo de sua vida útil. As patologias que afetam essa estrutura podem gerar grandes danos não apenas as fundações como também em toda construção, podendo apresentar diversos problemas, como por exemplo: fissuras, degradação e trincas. Desta maneira sendo capaz de reduzir a vida útil das fundações pela metade ou pior, colapso total da edificação. Considerando que podem surgir em uma fundação na concepção do projeto, execução, material utilizado, utilização da edificação ou acidentalmente. Ocorrendo uma possível falha, faz-se necessário uma investigação para compreensão de suas possíveis causas. Diante do que foi apresentado, este trabalho tem como tema “As patologias das fundações”, ou seja, os possíveis problemas que poderão surgir nas fundações de concreto armado.

Este artigo não tem o objetivo somente de resolver os problemas que já aconteceram, mas também prevê-los. Disseminando o conhecimento para os técnicos da área como projetistas, engenheiros, responsáveis da obra e para equipe de execução que de fato irá executar

o projeto. Contribuindo de forma significativa para esta área fazendo o esclarecimento de dúvidas pertinentes ao tema, melhorando o conhecimento teórico relevante para construção civil e priorizando as fases construtivas das fundações, possíveis patologias, melhores soluções e um estudo de caso sobre recalque, mostrando um caso real onde foi feita a investigação da causa, apontada melhor solução para a mesma, a recuperação da estrutura e o custo gerado.

Material e Métodos

Para esta pesquisa, buscou-se atribuir o máximo de informações teóricas e casos científicos, para que assim se pudesse, redigir um artigo com estudo das patologias das fundações de concreto armado com ênfase em recalques. Para isso utilizou-se computadores com acesso à internet realizando pesquisas de normas, artigos e livros de diversos autores.

O estudo de caso foi realizado a partir do contato feito junto a empresa Mantovani Geotecnia, a mesma indicada pelo orientador temático Ricardo Simões. Sendo especializada em recuperação de fundações, que compartilhou um caso de uma construção localizada na cidade de São Paulo, em que parte de seu muro sofreu recalque apresentando assim devidos problemas.

Baseado no estudo e nas informações fornecidas pela empresa, fez-se uma análise do caso, identificando as patologias e suas causas, solução adotada e custo gerado para recuperação.

Fundações

“A fundação é considerada um elemento estrutural da construção civil, caracterizada como a primeira etapa da construção e fica sendo responsável por fazer toda a transmissão de cargas de uma determinada edificação ao solo de forma segura, sendo assim podem-se classificar em fundação profunda ou fundação superficial (rasa ou direta). Desse modo, o tipo de fundação ideal para cada edificação, será escolhida através do estudo do solo que são adquiridos através das sondagens.” (AZEREDO, 1997)

Para uma boa fundação, é preciso que ela atenda três condições fundamentais, como, segurança, funcionalidade e durabilidade. A segurança deve sempre atender as normas técnicas, a funcionalidade assegura que a estrutura tenha um deslocamento apropriado. Já a durabilidade, corresponde a vida útil da edificação que necessita de estudos relacionados à resistência dos materiais e cargas ao longo do tempo.

O valor do custo de uma fundação varia de acordo com a cargas, condições do solo e subsolo, que em grande parte das obras, varia de 3% a 6% do custo total para serviços de base, tendo em vista que, isso não é regra com situações específicas que pode ter custo de até 15% do valor base.

Fundações Rasa ou Diretas

“Consideramos como fundação direta aquela em que a mobilização de resistência do maciço de solo, em resposta à aplicação de um carregamento vertical para baixo, ocorre exclusivamente na superfície de contato entre a base do elemento estrutural de fundação e o solo (...)” (CINTRA; AOKI; ALBIERO, 2011).

As fundações rasas ou diretas costumam ser utilizadas em obras de pequeno porte, estas por terem menores cargas solicitadas, conseqüentemente gerando menores esforços no solo, assim sendo economicamente viável. Estas, segundo a NBR 6122 (2019), são caracterizadas por terem a base assentada em uma profundidade inferior a duas vezes a menor face da

fundação, recebendo as tensões que equilibram a carga aplicada. Blocos, radier, sapatas, sapata associada e sapata corrida, são exemplos desse tipo de fundações.

Para determinação deste tipo, a norma NBR6122 (2019), estabelece que, se tenha um resultado do número de golpes do ensaio de SPT superior a 8 e uma profundidade inferior a 2 metros.

Fundações Profundas

Segundo a NBR 6122 (2019), as fundações profundas são elemento que transmite a carga ao terreno pela base (resistência de ponta), por sua superfície lateral (resistência de fuste) ou por uma combinação entre as duas, sua dimensão em planta deve ser mais que o dobro da menor medida, e no mínimo três vezes maior; quando não for atingido o limite de oito vezes a denominação é justificada. Neste tipo de fundações incluem-se as estacas e os tubulões.

“Obviamente, a fundação profunda é adotada quando a fundação direta não for aconselhada, ou seja, quando o número de golpes da sondagem (SPT) maior ou igual a 8 estiver a profundidade superior a 2 metros.” (REBELLO, 2008)

Segundo Rebello (2008), elas podem ser classificadas em dois grupos, fundações moldadas in loco ou pré-moldadas. As primeiras sendo executadas com um equipamento adequado, furando-se o solo e em seguida preenchendo o furo com concreto, estas podendo ou não serem armadas. Já a segunda, as estacas são fabricadas na indústria, sendo cravadas no solo por um equipamento apropriado, o bate-estaca.

Quando se trata de fundações profundas, pode-se fazer ponderações logo de cara, como: obras de grande porte, locais com caixas de elevadores, subsolo com resistência de carga baixa, grandes solicitações de cargas impostas pela superestrutura, dentre outras.

Para sua escolha deve-se ter cuidados primordiais, como o local da obra, se é possível a chegada do maquinário para sua execução, incidência de vizinhos próximos podendo estas gerar patologias em suas edificações causadas pela vibração excessiva da execução do serviço, a investigação do subsolo correta observando-se qual o resultado do ensaio de SPT apresentou e calculando a sua profundidade adequada em cima deste resultado.

Patologia das Fundações

“Os problemas patológicos têm suas origens motivadas por falhas que ocorrem durante a realização de uma ou mais das atividades inerentes ao processo genérico a que se denomina de construção civil, processo esse que pode ser dividido, como já dito em três etapas básicas: concepção, execução e utilização.” (RIPPER, 1998).

Com exceção dos casos correspondentes a ocorrências de catástrofes naturais, em que a violência das solicitações junto a situações imprevisíveis podendo gerar patologias. Os problemas, têm suas origens motivadas por falhas que ocorrem durante a realização de uma ou mais atividades, inerentes ao processo genérico, a que se denomina de construção civil, processo este que se divide em três partes: concepção, execução e utilização.

As patologias geradas na etapa de concepção da estrutura (projetos), pode-se originar durante o estudo preliminar, por falta de atenção do projetista ou até mesmo de dados, na execução do anteprojeto ou durante a elaboração do projeto de execução, também denominado de projeto final de engenharia. Já às geradas na etapa de execução da estrutura (construção), são os possíveis erros nos canteiros de obras, atividades das quais deve-se tomar os devidos cuidados para o bom andamento da obra, tais como: Locação de bons maquinários, contratação de mão de obra capacitada e utilização de materiais de qualidade. Os dois maiores motivos de falhas do projeto, ocasionando possíveis insuficiências são: as modificações e adaptações na execução do projeto prático e contratação de mão de obra desqualificada e não capacitada.

Complicações geradas na etapa de utilização da estrutura (manutenção), podem ter inúmeras consequências, como por exemplo, a utilização errônea da edificação ou falta de programação de manutenções preventivas e corretivas. Pode ocorrer que o maior interessado em que o sistema de suporte tenha um bom desempenho, pode vir, por ignorância ou desleixo, o agente gerador de deterioração de estruturas.

Recalques

Segundo REBELO, 2008, o recalque nada mais é do que uma deformação do solo. Isso acontece devido a aplicação de cargas fazendo com que haja movimentações na fundação podendo comprometer a integridade da superestrutura caso essa carga seja intensa. Ele pode ser classificado em dois tipos, os naturais e aqueles causados por ações externas. E ainda estes mesmos tendo subclassificações.

Subclassificações dos recalques naturais são:

- Recalque elástico, ocorrendo logo após a aplicação da carga.
- Recalque por escoamento lateral, em que o solo das regiões com maior solicitação de carga migra para as regiões com menor solicitação, sendo do centro para a lateral.
- Recalque por adensamento, no qual com a aplicação das cargas da superestrutura ocorre o fechamento dos vazios do solo, causando assim uma diminuição do maciço de solo. Este sendo o causador dos problemas mais comuns.

Subclassificações de recalques por ações externas são:

- Recalque por rebaixamento do lençol freático, ocorre quando há necessidade de rebaixamento do lençol freático bombeando toda água existente, provocando uma alteração nas pressões existentes no solo, aumentando as mesmas. No caso de fundações de sapatas (rasas) pode haver um afundamento, e nas fundações de estacas (profundas) pode ocorrer o rompimento provocado pelo atrito solo-estaca.
- Recalques em solos colapsíveis, nos quais são solos que apresentam grande porosidade, formados por areias ou argilas, que têm como características partículas unidas com uma espécie de cimentação, que ao entrar em contato com a água, são rompidas assim perdendo sua estrutura. Sendo bastante drástico e perigoso.
- Recalques por solapamento em consequência de infiltrações, sendo este totalmente imprevisível, é considerado acidental. Ocorrendo por infiltração de águas pluviais mal conduzidas ou rompimento de tubulações. Na maioria dos casos estes só são descobertos quando já estão bastante agravados. Com isso ocorre um carreamento do solo impedindo a transmissão das cargas por conta dos vazios criados abaixo das fundações rasas.

De acordo com Rebello (2008), ainda há outras causas de recalques sendo elas acidentais, podendo ser provocadas por escavações próximas e também por vibrações causadas pelo tráfego intenso de veículos este adensando o solo.

Recalque Admissível

Em todas as fundações ocorre algum tipo de movimentação em relação ao solo que recebendo a carga da edificação, a movimentação é calculada adotando-se uma margem de variação admissível por norma, caso ultrapasse a margem muito provavelmente sua edificação apresente algum tipo de problema como: recalques totais, recalques diferenciais, rotações relativas, distorções angulares etc.”

A importância do conceito de "recalques admissíveis" em duas situações principais, durante a análise e projeto de fundações e no controle de recalques durante a construção. A complexidade do tema decorre do comportamento do solo e das estruturas, e não existem soluções definitivas, apenas recomendações baseadas em experiências passadas. Os limites de

recalques devem ser utilizados com cautela, considerando que as normas foram desenvolvidas entre 1955 e 1975, e os padrões construtivos mudaram desde então.

As normas do Eurocode 7 sugerem limites de rotações relativas para evitar danos estruturais, com valores que variam conforme o tipo de edificação. É fundamental que os projetos considerem o "estado limite" para garantir a performance da estrutura durante sua vida útil. A previsão de recalques diferenciais e rotações é um dos maiores desafios na análise estrutural.

Os efeitos mais comuns são as manifestações reconhecíveis de ocorrências de movimentos das fundações e apresentação de fissuras em diversas partes das estruturas. Quando a resistência dos subconjuntos da edificação ou conexão entre as unidades forem superada pelas tensões geradas por movimentação, ocorrem fissuras.

Além dos reflexos combinados de movimentos proveniente de outra origem que não deslocamentos, tornam, nos casos reais, bastante complexa a origem dos movimentos a partir apenas da fissuração exibidas. É indispensável a realização do acompanhamento do recalque para identificação precisa da reação real das fundações.

Distorção Angular

Entende-se por distorção angular ou como também é chamado recalque diferencial o fenômeno que ocorre quando uma edificação sofre recalques em suas fundações, sendo elas isoladas ou não, porém, de amplitudes distintas. Tendo em vista que uma fundação sofreu uma subsidência maior que a outra da mesma edificação, gerando assim um ângulo entre elas, este que por sua vez não tem uma fórmula empírica ou uma definição exata nas literaturas que possa ser utilizada.

Segundo Milititsky (2018), a tabela a seguir resume as indicações reconhecidas como referência por vários autores, na qual caracteriza deformações admissíveis para prédios estruturados e com parede portantes armadas (Tab. A) e para prédios com paredes portantes não armadas (Tab. B). Limites que são estabelecidos em função das rotações relativas (B) e da razão entre D/L.

Tabela 1 – Resumo das deformações de limites

A) Prédios estruturados e com paredes portantes armadas				
VALORES LIMITES PATA ROTAÇÕES RELATIVAS (DISTORÇÕES ANGULARES) β				
	Skempton e MacDonald (1956)	Meyerhof (1956)	Polshin e Tokar (1957)	Bjerrum (1963)
Dano estrutural	1/150	1/250	1/200	1/150
Rachaduras em paredes e divisórias	1/300 (mas 1/500 recomendado)	1/500	1/500	1/500
B) Prédios com paredes portantes não armadas				
VALORES LIMITES DA RAZÃO ENTRE Δ/L PARA O INÍCIO DE FISSURAS VISÍVEIS				
	Meyerhof (1956)	Polshin e Tokar (1957)		Burland e Wroth (1975)
Deformada côncava (\cup) (Figura 1.10)	1/2.500	L/H<3; 1/3.500 a 1/2.500 L/H>5; 1/2.000 a 1/1.500		1/2.500 para L/H=1 1/1.250 para L/H=5
Deformada convexa (\cap) (Figura 1.11)	–	–		1/5.000 para L/H=1 1/2.500 para L/H=5

Fonte: Milititsky, (2018, p19)

De acordo com Milititsky (2018), Eurocode 7 (1990) indica limites para rotações relativas admissíveis, a fim de evitar que o “estado limite de serviço” seja atingido: entre 1/2000

e 1/300, dependendo do tipo de prédio, com 1/500 aceitável na maioria dos casos. Para evitar atingir-se o “estado limite último” o valor admissível indicado é de 1/150. Assim, considera-se que dentro desses limites o desempenho da estrutura será garantido durante sua vida útil, tanto para a segurança da estrutura (estado limite último) como para condições que afetam sua estética, higiene, funcionalidade e condições de serviço.

MILITITSKY, 2018, diz que existem três tipos de danos: os estéticos que afetam a aparência; os danos que envolvem a funcionalidade e o uso do edifício; e os estruturais que causam perigos à segurança dos usuários.

"As figuras a seguir mostram padrões comuns de deslocamentos e fissuras. Vale destacar que os detalhes construtivos, juntamente com outros fatores que causam movimentos diferentes dos deslocamentos, tornam a identificação e definição dos movimentos mais complexas, especialmente em situações reais. Para compreender o comportamento das fundações de maneira precisa, é essencial monitorar e controlar os recalques." (MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID, 2018).

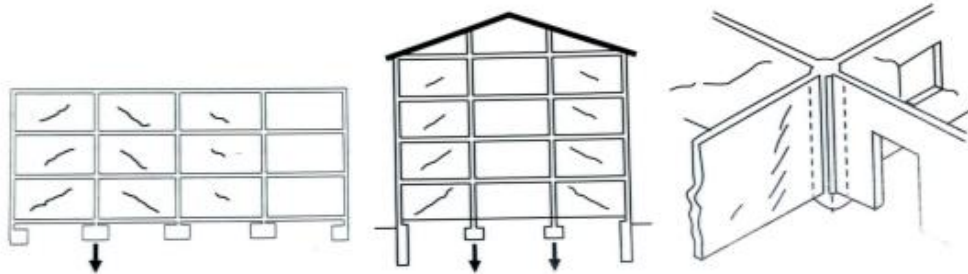


Figura 1 – Exemplo de recalque de fundações de pilares internos (Fonte: Milititsky; Consolini; Schnaid, 2018).

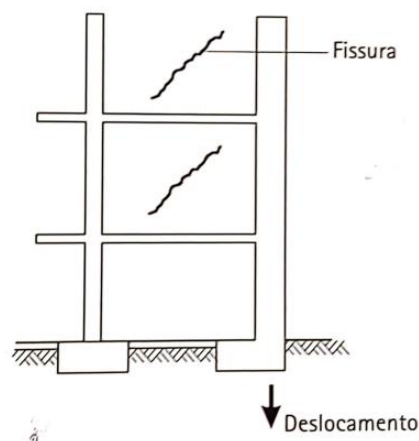


Figura 2 – Exemplo de recalque de fundação de pilar de canto (Fonte: Milititsky; Consolini; Schnaid, 2018).

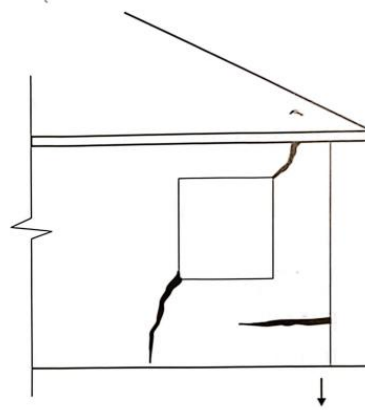


Figura 3 – Exemplo de recalque na extremidade (Fonte: Milititsky; Consolini; Schnaid, 2018).

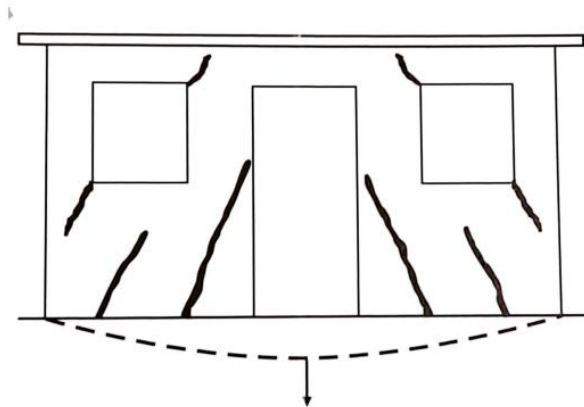


Figura 4 – Deformação côncava da parede portante (Fonte: Milititsky; Consolini; Schnaid, 2018).

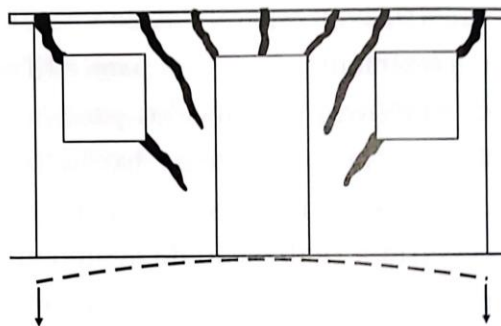


Figura 5 – Deformação convexa de parede portante (Fonte: Milititsky; Consolini; Schnaid, 2018).

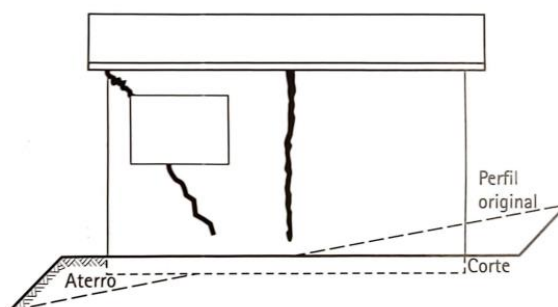


Figura 6 – Exemplo de fissuras em corte e parte em aterro (Fonte: Milititsky; Consolini; Schnaid, 2018).

Investigação do Subsolo

Segundo Milititsky (2018), a má investigação do subsolo é a causa mais frequente de problemas nas fundações, tanto profundas como raças, podendo gerar possivelmente uma patologia no futuro. Discutir a sua importância como uma etapa crucial para evitar problemas em fundações de obras é mais que comprovado. A investigação deve ser adequada, com um custo e abrangência proporcionais ao valor e complexidade do projeto. O processo inicia com um "estudo de escritório", onde dados hidrogeológicos e geotécnicos são coletados para identificar as condições do local.

No Brasil, a investigação preliminar é baseada em ensaios SPT, enquanto o programa complementar pode incluir ensaios adicionais. É essencial que o planejamento seja realizado por engenheiros experientes, pois a ausência ou a má condução da investigação pode levar a falhas graves, especialmente em obras pequenas e médias.

De acordo com Milititsky (2018), problemas típicos da falta de investigação incluem a adoção de soluções inadequadas e a execução de sondagens mal realizadas. Indicadores de problemas na execução incluem alta produtividade das equipes de sondagem sem a devida supervisão. Por fim, a investigação deve ser feita de forma rigorosa para que os dados reflitam as reais condições do subsolo, evitando complicações no comportamento das fundações projetadas.

Segundo Milititsky (2018), as possíveis causas de problemas nas fundações mais conhecidas são:

AUSÊNCIA DE INVESTIGAÇÃO DO SUBSOLO

Geralmente essa situação ocorre em obras de pequeno e médio porte, com baixo orçamento, ausência de investigação do subsolo é prática inaceitável. A norma vigente (ABNT NBR 6122/1996; ABNT NBR 8036/1983) visa nortear a investigação.

INVESTIGAÇÃO INSUFICIENTE

Como o título do item sugere, a forma que foi conduzida a investigação pode gerar dados imprecízes, como números insuficientes de sondagens ou ensaios para áreas extensas ou de subsolo variado.

INVESTIGAÇÃO COM FALHAS

Na realização de sondagem são relativamente comuns: os erro na localização do sítio da obra (execução feita em local diferente), localização incompleta, adoção de procedimentos indevidos ou ensaio não padronizado, uso de equipamento com defeito ou fora da especificação, falta de nivelamento dos furos em relação à referência bem identificada e permanente, má descrição do tipo de solo, entre outros.

INTERPRETAÇÃO INADEQUADA DOS DADOS DO PROGRAMA DE INVESTIGAÇÃO

Nesse caso, basicamente podem ser duas opções, o projetista realizar a interpretação errada dos dados da sondagem ou receber os dados errados.

CASOS ESPECIAIS

Exemplos dessas ocorrências são a influência de vegetação, presença de solos colapsíveis e expansivos, materiais cársticos, e a presença de matações ou regiões de mineração.

O efeito da vegetação pode ocorrer por interferência física das raízes ou modificação no teor de umidade do solo.

Resultados e Discussão

Para realização deste estudo de caso entrou em contato com os Engenheiros Civil Felipe Mantovani e Ismael Mantovani, donos da empresa Mantovani Geotecnia de Itatiba – SP, empresa especialista em soluções em reforços de fundações. Após feita uma visita ao seu escritório e conversado sobre o intuito do nosso trabalho, Felipe nos apresentou uma obra em que o muro de divisa entre o Parque Villa Lobos e o condomínio residencial Highlights Pinheiros, localizado em Alto de Pinheiros, São Paulo - SP, apresentou patologias. Por questões éticas ele não poderia fornecer um relatório completo do caso em questão, porém, nos autorizou a fazer uma visita na obra para acompanhar a recuperação da fundação e assim recolher dados suficientes para elaboração deste estudo de caso.

No caso apresentado, foi relatado por parte do condomínio que o muro de divisa estava apresentando alguns problemas de trincas, fissuras e desaprumo, após estudos geotécnicos realizados pela empresa Mantovani Geotecnia, identificou-se que a construção estava sobre um aterro mal compactado e solo com baixa resistência, além da presença de raízes de árvores próximas, também foi detectado que utilizou-se fundação direta, a somatória de todos esses problemas gerou um recalque diferencial ocasionando circunstâncias indesejadas. O recalque foi ao longo de 18 metros do muro, mas, os pontos mais críticos foram nos primeiros 8 metros que sofreu a influência de vegetação. As patologias visíveis foram as fissuras, trincas, rachaduras, deslocamento do prumo e das juntas de dilatação, podendo ser observado nas figuras 7 a 9 abaixo.



Figura 7 – Trincas, fissuras e desaprumos devido ao recalque diferencial (Fonte: Dos autores, 2024).



Figura 8 – Trincas, fissuras, desaprumos e distorção angular devido ao recalque diferencial (Fonte: Dos autores, 2024).



Figura 9 – Raiz de árvore alojada sob o baldrame (Fonte: Dos autores, 2024).

A partir do estudo do solo e situação geral do problema, os engenheiros chegaram em um acordo, em que a melhor solução neste caso seria utilizar a técnica das estacas mega com os segmentos de aço. Estacas mega tem como sua principal vantagem a recuperação dos problemas estruturais sem precisar demolir a área afetada. Realizando a estabilização da fundação de diversos tipos de edificações que sofreram com recalque, utilizada geralmente para reforçar as fundações já existentes.

As estacas mega basicamente são segmentos de aço ou concreto pré-moldado com um formato cilíndrico, cravadas no solo com auxílio de macacos hidráulicos posicionados sobre a estaca para reagir contra estruturas acima, geralmente o baldrame, manômetros são acoplados para medir a pressão que o segmento exerce contra o solo para realizar os levantamentos das forças e gerar gráficos. Mostrado na figura 10.



Figura 10 – Macaco hidráulico e manômetro (Fonte: Dos autores, 2024).

Através da pressão que é mostrada no manômetro conseguimos demonstrar a força que está gerando através do cálculo: $\text{Força} = \text{Pressão} \times \text{Área}$. A área vem atrás do cilindro do macaco hidráulico. Esse cálculo é de suma importância para saber quando parar de cravar as estacas. Após a força estimada ser atingida, precisa realizar o encabeçamento destas com o auxílio de

cunhas, apoiando no baldrame no lugar do macaco hidráulico. O cabeçote da estaca é feito de concreto armado pré-moldado com formato trapezoidal formando uma biela direcionando as cargas para o corpo da estaca e na parte superior são colocadas cunhas de concreto pré-moldado para apoio no baldrame, fazendo um graute para suas emendas, observado na figura 11.



Figura 11 – Cabeçote e cunhas das estacas (Fonte: Dos autores, 2024).

Foi determinado pelos engenheiros que por conta da distorção angular as estacas deveriam ser tubulares de aço com a parede de 10mm de espessura, 75cm de comprimento, 4,5'' de diâmetro em formato cilíndrico com rosca. Conforme mostrado na figura 12.



Figura 12 – Segmentos das estacas (Fonte: Dos autores, 2024).

As estacas foram cravadas a cada 2 metros de distância uma da outra, totalizando 8 estacas. Após realização das marcações onde deveriam ser cravadas, iniciou a escavação do solo na lateral e por baixo do baldrame, um buraco em média de 1,20m de profundidade, 70cm de largura, este serviu para posicionar o macaco hidráulico, as estacas e o operador, após o buraco feito iniciou a cravação dos segmentos.

Durante a visita realizada na obra pode-se acompanhar a execução de 4 estacas, das quais obteve-se acesso aos seus dados de cravamento indicados nas tabelas abaixo.



Tabela 2 – Informações de cada estaca realizada

Estaca 3	PRESSÃO (bar)			ÁREA = 179,08cm ²
Segmento N ^o	Início	Meio	Fim	FORÇA FINAL (KN)
1	25	25	15	26,862
2	15	15	15	26,862
3	15	20	20	35,816
4	20	20	50	89,54
5	50	40	45	80,586
6	45	60		107,448
COMPRIMENTO	4,5 m	FORÇA MÉDIA		61,19

Estaca 4	PRESSÃO (bar)			ÁREA = 179,08cm ²
Segmento N ^o	Início	Meio	Fim	FORÇA FINAL (KN)
1	25	20	20	35,816
2	20	25	25	44,77
3	25	25	20	35,816
4	20	20	50	89,54
5	50	60	70	125,356
6	70	85	85	152,218
COMPRIMENTO	4,5 m	FORÇA MÉDIA		80,586

Estaca 5	PRESSÃO (bar)			ÁREA = 179,08cm ²
Segmento N ^o	Início	Meio	Fim	FORÇA FINAL (KN)
1	25	25	25	44,77
2	25	25	15	26,862
3	15	15	20	35,816
4	20	35	50	89,54
5	50	70	80	143,264
COMPRIMENTO	3,75 m	FORÇA MÉDIA		68,0504

Estaca 7	PRESSÃO (bar)			ÁREA = 179,08cm ²
Segmento N ^o	Início	Meio	Fim	FORÇA FINAL (KN)
1	20	20	15	26,862
2	15	20	20	35,816
3	20	20	20	35,816
4	20	25	25	44,770
5	25	30	30	53,724
6	30	50	60	107,448
7	60	70	75	134,310
COMPRIMENTO	5,25 m	FORÇA MÉDIA		62,678

Com os dados obtidos nas tabelas acima, pode-se observar que apesar da curta distância entre as estacas, existem diferentes resistências do solo no local. Fato este que é indicado pela diferença de profundidade em que cada uma atingiu e também pelas pressões exercidas em cada

segmento, apresentando discordância se analisados os segmentos separadamente. Isto sendo um forte indicativo da causa da estrutura ter sofrido recalque diferencial. Confirmando o que foi apontado pelo estudo geotécnico preliminar.

Conclusões

O estudo de caso apresentado nos mostrou que as patologias geradas se deram por uma somatória de fatores, sendo uma má investigação do subsolo, aterro mal compactado, escolha inadequada da fundação e influência de vegetações vizinhas. Tudo isso gerou um desconforto visual e riscos físicos aos frequentadores do local, caso não fosse intervindo e recuperado a tempo, sendo capaz de ter causado algum dano severo, como colapso total podendo ocasionar ferimento em pessoas que transitassem pelo local.

Além de todos estes problemas, toda a operação realizada para a recuperação da estrutura utilizando as mega estacas gerou um custo aproximado de R\$70.000,00 em que poderia ter sido evitado, caso tivesse sido adotado atitudes diferentes em sua concepção, como por exemplo, uma boa sondagem para investigação do subsolo, fundação adequada para estrutura, que por estar sobre um aterro deveria ter sido admitido uma fundação profunda como a de estacas, observado as vegetações vizinhas em que sabendo-se da sua localidade deveriam ter retirado as raízes ou até mesmo as árvores que rodeavam a edificação.

Neste caso por se tratar de um muro de divisa (uma construção relativamente simples) ainda teve este alto custo para sua recuperação, caso essas patologias ocorressem em uma construção grande e complexa seus custos seriam ainda mais altos, como também sua execução seria mais difícil. Assim deve-se ressaltar a importância de não se negligenciar as etapas de investigação do subsolo, de concepção de projeto e de execução afim de evitar todos estes transtornos físicos e econômicos.

Agradecimentos

Venho por meio deste trabalho de conclusão de curso agradecer a Universidade São Francisco (USF), que nos proporcionou a oportunidade de realizar o curso de engenharia civil, disponibilizando ótimos professores que compartilharam conosco seus conhecimentos e materiais necessários para conseguirmos chegar até aqui.

Ao orientador professor Mestre Ricardo Simões que nos norteou e nos proporcionou conhecimento para realização deste artigo.

Aos nossos pais, familiares e amigos que confiaram em nossa competência, e nos apoiaram para realização do curso de Engenharia Civil.

Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122: Projeto e execução de fundações**. Rio de Janeiro, RJ, 2019a. 120 p.

AZEREDO, Hélio Alves de. **O edifício até sua cobertura**. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 1997. 188p.

CINTRA, J. C. A; AOKI, N.; ALBIERO, J. H. **Fundações diretas: projeto geotécnico**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 139p.

MILITITSKY, Jarbas; CONSOLI, Nilo C; SCHNAID, Fernando. **Patologia das Fundações – 2ª Edição**. São Paulo: Oficina de Textos, 2018. 206p.



REBELLO, Yopanan Conrado Pereira, 1949 – **Fundações: guia prático de projeto, execução e dimensionamento / Yopanan C. P. Rebello.** – São Paulo: Ziguarte Editora, 2008. 240p

RIPPER, T. **Patologias, recuperação e reforços de estruturas de concreto**, PINI, São Paulo, 1998. 262p.