

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DEVIDO AO RECALQUE DIFERENCIAL EM FUNDАÇÕES

PATHOLOGICAL MANIFESTATIONS DUE TO DIFFERENTIAL REPRESION IN FOUNDATIONS

CAPPELLARI, Vitor Marques¹

CAMARGO, Bruna de Souza²

JUNIOR, Adilson Corte Souza³

RODRIGUES, Lucas Albuquerque⁴

Recebido: jul. 2021; Aceito: nov. 2021

Resumo: Toda edificação é importante para a realização de atividades humanas, essas obras devem garantir, durabilidade, segurança e um bom desempenho, para isso é necessário a identificação e o acompanhamento dos problemas patológicos. Nos casos em que acontecem as patologias em fundações, pode acabar existindo uma falta de conhecimento dos projetos elaborados e/ou executados de forma inadequada, e também pode ocorrer a falta de investigações corretas do solo. Desta forma, o presente trabalho apresenta e analisa as principais patologias existentes, tendo como foco o recalque diferencial em fundações. Por meios de pesquisas realizadas, como complemento do trabalho teórico e com o objetivo de demonstrar quais patologias indicaram problemas de fundações, foi apresentada uma análise dos procedimentos realizados em um edifício no litoral do estado de São Paulo. Foi descrito os problemas presentes no edifício, a análise das constatações e as recuperações ou esforços empregados que foram necessários.

Palavras-chave: Patologia. Recalque diferencial. Fundações.

Abstract: Every building is important for carrying out human activities, these works must guarantee durability, safety and a good performance, for this it is necessary to identify and monitor pathological problems. In cases where pathologies occur in foundations, it is clear that there is a lack of knowledge of inadequately designed and/or executed projects, and there is also a lack of correct soil investigations. Thus, the present work presents and analyzes the main existing pathologies as well as their triggering mechanisms, focusing on the differential settlement in foundations. Through research carried out, as a complement to the theoretical work and in order to demonstrate which pathologies indicated foundation problems, an analysis of the procedures carried out in a building on the coast of the state of São Paulo will be presented. The problems present in the building will be described, the analysis of the findings and the necessary recoveries or efforts used.

Keywords: Pathology. Differential settlement. Foundations.

1 INTRODUÇÃO

¹ Estudante do curso Bacharelado em Engenharia Civil pela Faculdade de Direito de Alta Floresta (FADAF).

² Engenheira Civil pela Universidade Paulista (2016), Mestranda no Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade pela EACH-USP. Especialista em cidades e construções sustentáveis pela Universidade do Estado do Mato Grosso - UNEMAT, MBA em administração, contabilidade e finanças pela UniBf (2018).

³ Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Pelotas – UFPEL (2017), Especialista em MBA em Gestão de Projetos pela Universidade Anhanguera – UNIDERP (2018).

⁴ Engenheiro Civil pelo Centro Universitário de João Pessoa - UNIPÊ (2018); Especialista MBA em Engenharia de Edifícios até 4 Pavimentos pelo Centro Universitário da Grande Dourados - UNIGRAN (2019); Especialista em Engenharia de Estruturas - UNYLEYA (2020).

Com o aumento populacional nas últimas décadas, principalmente nos grandes centros urbanos, houve um crescimento de obras em diversos setores para suprir a demanda do país. Contudo não houve um investimento significativo para a qualificação da mão-de-obra, estudos preliminares do solo e em projetos para se iniciar uma obra.

Com a necessidade de concluir obras em curtos prazos, juntamente com a falta de mão-de-obra qualificada e a falta do devido estudo preliminar do solo, tem gerado um aumento significativo de patologia nas edificações (OLIVEIRA, 2012).

Essas manifestações patológicas segundo Milititsky, Consoli e Schnaid (2015), podem acabar surgindo em etapas diferentes da vida útil de uma construção.

Tendo em vista que uma das patologias mais significativas de fundações é o recalque diferencial, principal causador de trincas e rachaduras. O recalque ou assentamento é o termo utilizado em engenharia civil para caracterizar o fenômeno que ocorre quando uma edificação sofre um rebaixamento devido ao adensamento do solo sob sua fundação (MILITITSKY, 2008).

De acordo com Milititsky, Consoli e Schnaid (2015), se fizer a escolha errada do tipo de fundação para determinado projeto ou, também, errar na análise do solo, pode acabar causando manifestações patológicas na edificação dos mais variados níveis de complexidade, desde uma pequena fissura até um desaprumo da edificação, como é o caso do edifício Anêmona, na cidade de Ubatuba-SP.

O recalque é um fenômeno caracterizado pelo rebaixamento de uma edificação, ou parte dela, devido ao adensamento do solo sob sua fundação (REZENDE, 2019). Milititsky, Consoli e Schnaid (2015) mostram que o recalque diferencial é a manifestação patológica de maior complexidade corretiva e de elevado custo. Desta maneira, o presente trabalho tem como objetivo analisar as principais manifestações patológicas existentes bem como seus mecanismos deflagradores, com foco no recalque diferencial em fundações.

O presente trabalho utiliza-se do método dedutivo, utilizando da pesquisa bibliográfica, com o intuito de buscar informações úteis e seguras para a fundamentação do tema.

Também foi apresentado um estudo aprofundado sobre um edifício com patologias na fundação, para a melhor compreensão do tema.

2 REVISÃO DE LITERATURA

“Patologia pode ser entendida como a parte da engenharia que estuda os sintomas, os mecanismos, as causas e as origens das anomalias das construções civis, ou seja, é o estudo das partes que compõem o diagnóstico do problema” (HELENE, 1992).

2.1 PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

Algumas das causas mais frequentes para que ocorra um problema patológico são o uso incorreto de materiais juntamente com a mão de obra não qualificada somando com a deficiência de projeto e a falta de manutenção nas edificações, todos esses fatores ajudam para as manifestações patológicas, podendo aparecer em qualquer fase.

As principais manifestações patológicas nas edificações são:

- Infiltrações;
- Corrosão de armaduras;
- Descolamento do revestimento externo.

- Aberturas em paredes e estruturas;
- Reação álcali-agregado;
- Desagregação do concreto;

De acordo com Iantas (2010), os principais agentes causadores são as cargas, a variação de umidade, as variações térmicas intrínsecas e extrínsecas, a ação de agentes biológicos, a incompatibilidade de materiais, os agentes atmosféricos, entre outros.

As patologias em fundações podem aparecer durante os estudos preliminares do solo, durante a elaboração do projeto, durante a execução da obra ou após a conclusão da obra, porém a causa mais frequente é a ausência ou incompleta investigação do solo.

2.2 FUNDAÇÕES

Segundo Milititsky, Consoli e Schnaid (2015), fundação é um elemento de transição entre a estrutura e o solo, seu comportamento está intimamente ligado ao que acontece com o solo quando submetido a carregamento através dos elementos estruturais das fundações.

Existem diversos tipos de fundações e elas estão divididas em dois grandes grupos: profundas e fundações superficiais.

2.2.1 Fundações Superficiais

Segundo a NBR 6122, Projeto e execução de fundações (ABNT, 2019) fundação superficial define-se por elemento de fundação em que a carga é transmitida ao terreno, predominantemente pelas pressões distribuídas sob a base da fundação, e em que a profundidade de assentamento em relação ao terreno adjacente é inferior a duas vezes a menor dimensão da fundação. Segundo Velloso & Lopes (2004), as mais usuais são:

Bloco – elemento de fundação em concreto. Dimensionado de maneira que as tensões de tração nele produzidas possam ser resistidas pelo concreto, sem necessidade de armadura;

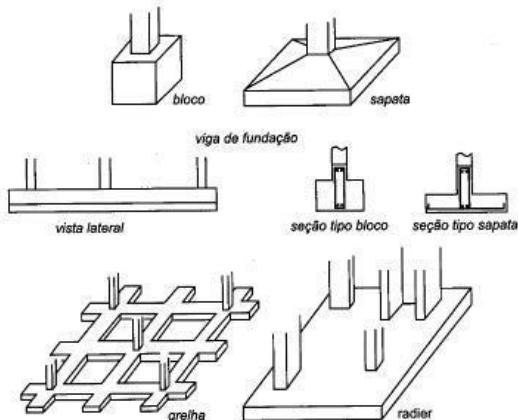
Sapata – elemento de fundação de concreto armado, de altura menor que o bloco, utilizando armadura para resistir aos esforços de tração;

Viga de fundação – elemento de fundação que recebe pilares alinhados, geralmente de concreto armado; pode ter seção transversal tipo bloco (sem armadura transversal), quando são frequentemente chamadas de baldrames, ou tipo sapata armadas;

Sapata associada – elemento de fundação que recebe parte dos pilares da obra, sendo que estes pilares não são alinhados;

Radier – piso em concreto com armadura de aço que recebe todos os pilares da obra. Na figura 1, temos as fundações citadas;

Figura 1 - Exemplos de fundações superficiais



Fonte: Veloloso e Lopes (2004).

2.2.2 Fundações Profundas

De acordo com a Norma Brasileira 6122, Projeto e execução de fundações (ABNT, 2019), fundação profunda define-se por elemento de fundação que transmite a carga ao terreno pela base (resistência de ponta), por sua superfície lateral (resistência de fuste) ou por uma combinação das duas, e que está assente em profundidade superior ao dobro de sua menor dimensão em planta, e no mínimo 3m, salvo justificativa. Segundo a NBR ABNT 6122 neste tipo de fundação incluem-se as estacas, os tubulões e os caixões.

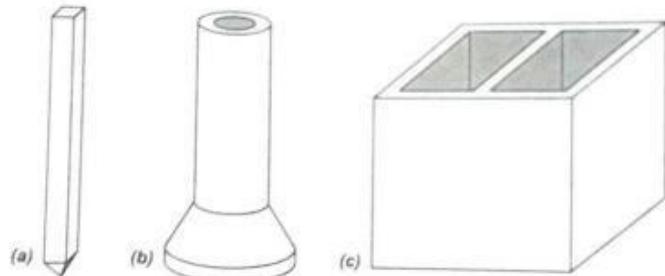
Estaca: Elemento de fundação profunda executado inteiramente por equipamentos ou ferramentas, sem que, em qualquer fase de sua execução, haja descida de operário. Os materiais empregados podem ser: madeira, aço, concreto pré-moldado, concreto moldado in situ ou mistos.

Tubulão: Elemento de fundação profunda de forma cilíndrica. Pode ser feito a céu aberto ou sob ar comprimido (pneumático) e ter ou não base alargada. Pode ser executado com ou sem revestimento, podendo este ser de aço ou de concreto. No caso de revestimento de aço (camisa metálica), este poderá ser perdido ou recuperado.

Caixão: Elemento de fundação profunda de forma prismática, concretado na superfície e instalado por escavação interna. Na sua instalação pode-se usar ou não ar comprimido e sua base pode ser alargada ou não.

Na Figura 2, temos as fundações citadas.

Figura 2 - Exemplos de fundações profundas.



Fonte: Veloloso e Lopes (2004).

2.3 PARÂMETROS PARA A ESCOLHA DO TIPO DE FUNDAÇÃO

Para Velloso e Lopes (2004), existem quatro variáveis que devem ser levadas em consideração antes de adotar uma determinada tipologia de fundação, que são:

Análise da topografia da área, que consiste em verificar a necessidade de cortes e aterros, levantamento de dados sobre taludes e encostas próximas e dados sobre erosões;

Características do maciço do solo, etapa que visa investigar o subsolo através do processo de sondagem, procurando identificar a variação das camadas de solo, bem como a resistência e a profundidade de cada uma delas. Além disso, nesta etapa ainda é verificada a existência de matacões e a posição do nível de água;

Dados da estrutura a ser construída, etapa em que são definidos o tipo e o uso da edificação que será construída, sistema estrutura a ser utilizado, bem como o sistema construtivo empregado e, ainda, estudo das cargas atuantes;

Dados sobre as construções vizinhas, nesta etapa procura-se conhecer a estrutura de edificações vizinhas, bem como a quantidade de pavimentos, a existência de subsolos, identificação de danos já existentes na construção e, também, procura prever quais seriam as possíveis consequências provocadas pelas escavações e vibrações da obra a ser construída.

Depois de verificar esses dados será possível escolher a tipologia de fundação que se encaixaria melhor ao terreno garantindo toda a integridade da nova obra e das obras vizinhas.

2.4 RECALQUE EM FUNDAÇÃO

Segundo Rebello (2008), denomina-se recalque a deformação que acontece no solo quando submetido a cargas da estrutura da edificação, provocando movimentação na fundação que, dependendo da intensidade, pode resultar em sérios danos à estrutura.

2.4.1 Tipos de recalques

Para Alonso (1991) “O recalque absoluto é definido pelo deslocamento vertical de um elemento de fundação. A diferença entre os recalques absolutos de dois quaisquer elementos da fundação é o recalque diferencial”.

Em relação à deformação sofrida pelo solo, Rebello (2008) são classificadas em três tipos:

Recalque elástico ou imediato: é aquele que ocorre imediatamente após a aplicação da carga no solo, sendo maiores em solos não coesivos;

Recalque por escoamento lateral: essa deformação trata-se da migração do solo da região mais solicitada para a menos solicitada, ou seja, do centro para as laterais, acontecendo predominantemente em solos não coesivos;

Recalque por adensamento: esse recalque ocorre devido à diminuição do volume aparente do solo devido ao fechamento dos vazios deixados pela água intersticial que foi expulsa pela pressão exercida pelas cargas advindas da estrutura

2.5 PATOLOGIAS RECORRENTES PELO RECALQUE DIFERENCIAL

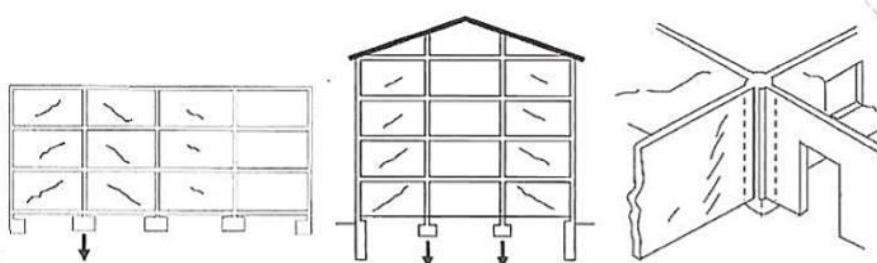
Será apresentado a seguir as principais patologias recorrentes pelo recalque diferencial em fundações.

2.5.1 Fissuras, trincas e rachaduras

A manifestação patológica mais comum na ocorrência do movimento das fundações em edificações é o surgimento de fissuras e trincas, geralmente com ângulos de 45 graus, partindo do lado mais rígido do solo para o lado que está sofrendo deformação. Toda vez que a resistência dos componentes da edificação ou conexão entre elementos for superada pelas tensões geradas por movimentação, ocorrem fissuras (MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID, 2008).

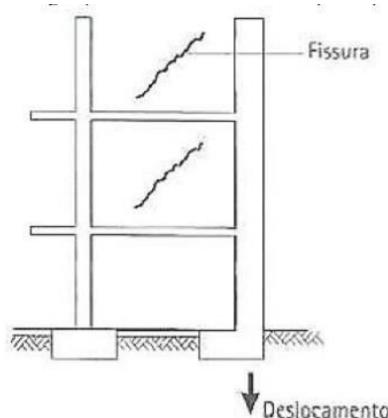
Dessa maneira, nas figuras 3 e 4 mostram essa manifestação patológica.

Figura 3 – Configuração das falhas devido ao recalque em pilares intermediários



Fonte: Milititsky, Consoli e Schnaid (2015).

Figura 4 – Configuração das falhas devido ao recalque em pilares de canto



Fonte: Milititsky, Consoli e Schnaid (2015).

A ABNT NBR, Temperaturas inicial e final de amolecimento de vermiculita expandida – Método de ensaio (9573:2012) diferencia fissuras, trincas e rachaduras com base na abertura apresentada por esta manifestação patológica, como pode ser visto na Tabela 1 abaixo.

Tabela 1 – Classificação de fissuras, trincas e rachaduras

Classificação	Abertura – e (mm)
Fissura	< 0,50
Trinca	0,50 ≤ e ≤ 1,00
Rachadura	1,00 ≤ e ≤ 1,50

Fonte: Adaptado de ABNT NBR (9573:2012).

2.5.2 Parâmetro para escolha da fundação

De acordo com Rebello (2008) o conhecimento das características físicas do solo é muito importante, não só para a escolha do tipo de fundação e seu dimensionamento, como também para a determinação dos “acidentes”, tais como a existência de água, de matacões e de vazios que possam influenciar o próprio processo construtivo.

Segundo Rezende (2019) é mais comum em obras de pequeno e médio porte a ausência de investigação, apesar de ser uma prática inaceitável em qualquer caso, visto que a falta de conhecimento sobre o real comportamento do solo pode gerar tensões de contato excessivas, recalques inadmissíveis e até redução da carga admissível nominal adotada para estaca devido a ocorrência de atrito negativo não previsto.

2.5.3 Análise e projeto

É através das solicitações ou das cargas de projeto obtido após a investigação geotécnica, que a análise de um problema de fundação é realizada, essas cargas são obtidas por meio de ensaios de campo ou laboratório (FERNANDES, 2019).

De acordo com Milititsky *et al.* (2015) existem problemas que tem origem na etapa de análise e projeto em decorrência do comportamento do solo, como a admissão de projeto com perfil de solo que não representa a realidade, adotando-se uma solução onde se desconsidera as características da extensão das camadas, como também a admissão de projetos de fundações incongruentes com o comportamento do solo em casos especiais como fundações profundas ou diretas em solos colapsáveis sem os devidos cuidados necessários.

2.5.4 Ações Pós-Conclusão Das Fundações

De acordo com Carvalho (2010), este grupo refere-se ao aparecimento de manifestações patológicas após a conclusão da execução das fundações, ou seja, admitindo-se que as mesmas funcionem de maneira correta para a qual foram projetadas, mas devido a ações realizadas após sua conclusão as mesmas perdem seu funcionamento ideal.

Dentre os principais pontos levantados por Milititsky, Consoli e Schnaid (2015) pode-se citar: a alteração no carregamento da estrutura, quando há uma modificação da função para qual a estrutura foi inicialmente projetada; movimentos do solo oriundo de ações externas, problemas que são associados escavações vizinhas e rebaixamento do nível do lençol freático por exemplo; e, também, vibrações e choques devido equipamentos industriais que produzem vibrações excessivas, cravação de estacas e, também, o emprego de explosivos para desmonte de rocha.

2.5.5 Deterioração dos materiais

Segundo Schwirk (2005), para todo e qualquer projeto da área de engenharia que possui elementos em contato direto com o solo e água ou estão enterrados, faz necessário levar em consideração os efeitos causados aos materiais constituintes devido a ação dos elementos naturais anteriormente citados.

De acordo com Milititsky, Consoli e Schnaid (2015), as ações nocivas destes elementos devem ser previstas tanto na fase de investigação do subsolo quanto na fase e projeto, com a finalidade de garantir o melhor desempenho e a maior vida útil do material empregado.

2.5.6 Desaprumo da edificação

De acordo com Milititsky, Consoli e Schnaid (2015), o desaprumo da edificação tem como principal origem o recalque diferencial dos elementos de fundação. Essa manifestação patológica acaba afetando desde a estética até a distribuição de cargas do edifício, que por consequência acaba aumentando gradativamente o esforço nos elementos de fundação gerando um acréscimo de recalque que, atingindo valores exorbitantes, pode ocasionar o colapso total do edifício, tornando-o insegura a edificação.

Para quem olha a edificação, pode-se notar o desalinhamento do edifício, gerando um desconforto visual e habitacional. Na figura 5 pode observar um caso de desaprumo em Santos, São Paulo, Brasil.

Figura 5 – Prédio inclinado na Orla de Santos, São Paulo, Brasil



Fonte: <https://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/predios-tortos-de-santos-como-eles-estao-hoje/>.
Acesso em: 6 nov. 2021.

2.6 DANOS CAUSADOS POR RECALQUES DIFERENCIAIS

As manifestações patológicas podem apresentar na obra como diferentes formas de danos e são classificadas em três grupos;

Danos arquitetônicos: são os danos visíveis ao observador comum, que comprometem a estética da edificação, como trincas em paredes, recalques de pisos, rompimento de painéis etc. (TEIXEIRA; GODOY, 1998).

Danos funcionais: são os danos causados à utilização da edificação, tais como refluxo ou ruptura das tubulações, desgaste excessivo dos trilhos dos elevadores devido ao desaprumo, mau funcionamento de portas e janelas (GOTLIEB, 1998).

Danos estruturais: danos na estrutura, ou seja, pilares, vigas e lajes, sendo geralmente apresentados em formas de trincas, fissuras e rachaduras (GOTLIEB, 1998).

2.7 EDIFÍCIO ANÊMONA

O problema escolhido para ser tratado no presente trabalho é referente a ruptura de estacas no bloco B do condomínio residencial Anêmona, localizado na cidade litorânea de Ubatuba, São Paulo, Brasil.

A fundação escolhida foi do tipo cravada pré-moldada de concreto armado, com trinta centímetros de diâmetro, com uma profundidade média de vinte e cinco metros abaixo do nível inicial do terreno (SOUZA, 2003)

Foi elevado em dois metros o nível do terreno com o objetivo de posicionar o edifício a uma altura segura de possíveis transbordamentos de um córrego que flui próximo à divisa de fundo do condomínio (SOUZA, 2003).

2.7.1 Descrição do problema

Segundo Souza (2003), a edificação desabou parcialmente em dois metros até sua acomodação sobre a laje térrea e o solo, desalinando por completo em dois metros e meio.

Souza (2003) confirma que apesar da destruição completa do pavimento térreo, os demais pavimentos da estrutura ficaram íntegros, sem grandes fissuras ou avarias graves observadas após o desabamento.

Figura 6 – Edifício deslocado



Fonte: Maffei Engenharia apud Souza (2003)

Figura 7 – Edifício apoiado sobre asuperfície



Uma semana antes do acidente, um deslocamento de cerca de 30 cm ocorreu em todo o piso do estacionamento sob o edifício. Segundo Souza (2003), acreditava-se ser apenas uma compactação exagerada do aterro, sendo corrigido com o acréscimo de mais solo até atingir a cota de projeto novamente. Este problema também foi verificado no edifício ao lado, mas de forma menos perceptível, conforme a Figura 8.

Com a compressão do solo houve movimentação e compressão lateral em seu entorno, e percebeu-se um solo de constituição desfavorável à fundação existente.

Figura 8 – Recalque do piso



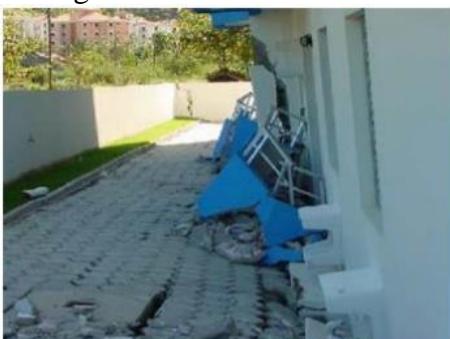
Fonte: Maffei Engenharia apud Souza (2003)

Figura 9 – Pilar-Parede caídos



Fonte: Maffei Engenharia apud Souza (2003)

Figura 10 – Solo deformado



Fonte: Maffei Engenharia apud Souza (2003)

Figura 11 – Muro danificado



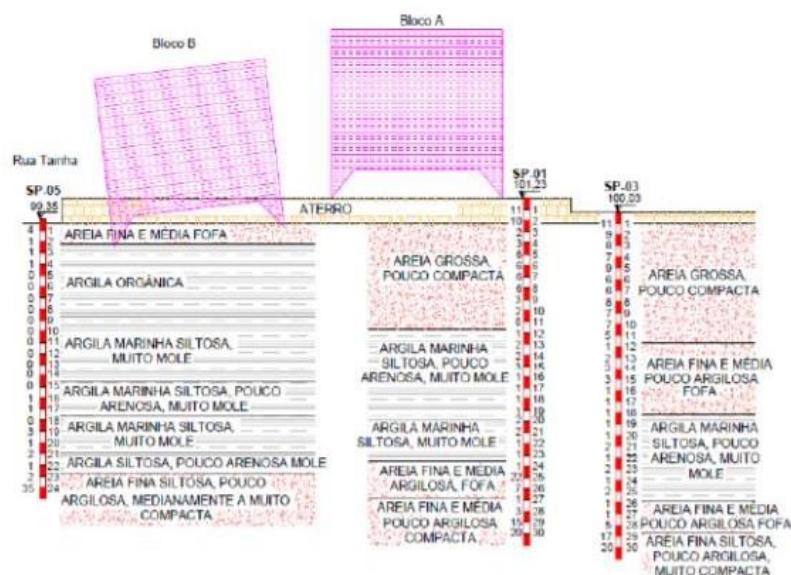
Fonte: Maffei Engenharia apud Souza (2003)

2.7.2 Solo do terreno

De acordo com Souza (2003), foram realizadas quatro sondagens por SPT para diagnosticar as causas do desabamento. Três sondagens na frente e uma localizada no fundo do condomínio.

Os resultados indicaram um perfil geológico bastante variado dentro do terreno, composto por uma camada de solo arenoso variando de 10 m na frente do lote a 2 m no fundo. Abaixo dessa cota, foi encontrada uma camada de argila marinha siltosa, muito mole e de cor escura, com características de solo orgânico. Aos 25 m de profundidade o solo caracteriza-se como areia fina siltosa, pouco argilosa, medianamente a muito compacta e impenetrável à percussão.

Figura 12 – Perfil geológico do terreno

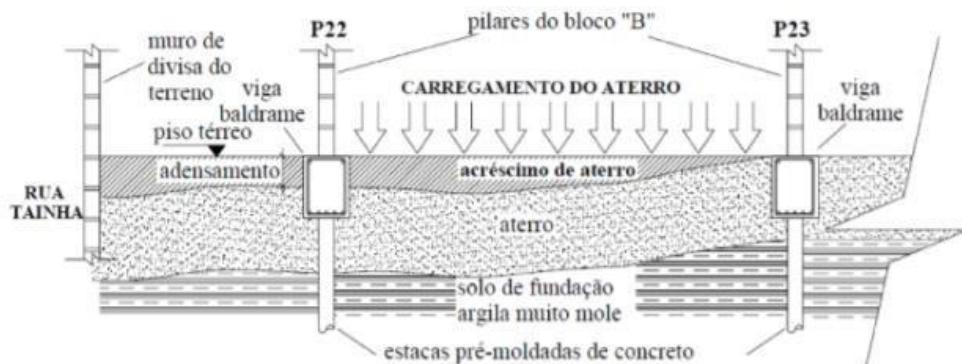


Fonte: Souza (2003)

2.7.3 Causa do desabamento

Foi possível constatar após as sondagens executadas, a presença de solos com pouca capacidade de suporte e extrema compressibilidade. A ocorrência do deslocamento de aproximadamente 30 cm no piso, conforme descrito por Souza (2003), causou transtornos na utilização do estacionamento, sendo novamente nivelado com acréscimo de mais aterro. O volume acrescentado contribuiu para o aumento do carregamento, acelerando o processo de adensamento que o solo já havia sofrendo.

Figura 13 – Perfil do solo

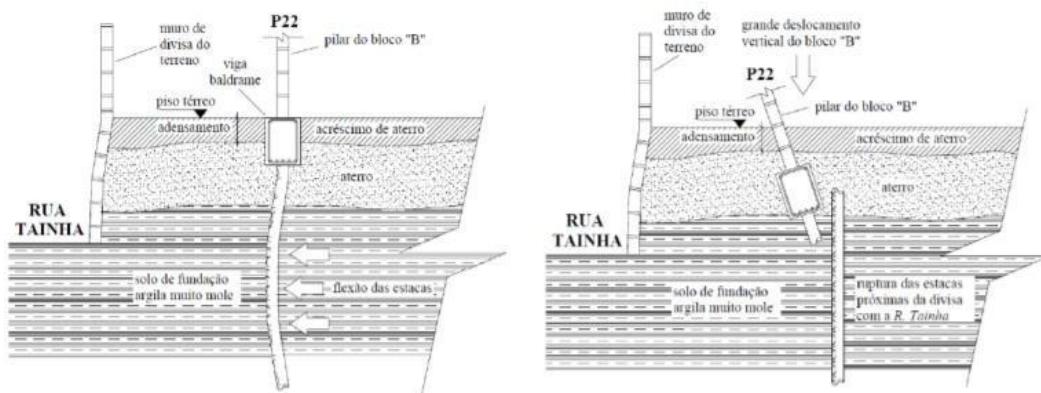


Fonte: Souza (2003)

A geologia do terreno demonstrou uma camada de argila marinha siltosa, um solo excessivamente mole e com alto índice de plasticidade que, quando submetido a tensões, acaba sofrendo adensamento gerando grandes tensões horizontais. Essas tensões atuam lateralmente nos fustes das estacas, causando o “Efeito Tschebotarioff”.

Apesar dessas estacas pré-moldadas serem armadas, não foram dimensionadas para suportar os esforços laterais provenientes do carregamento sobre a camada de argila. Dessa forma, houve um rompimento das estacas próximas ao fundo do terreno, onde houve a incidência de maior adensamento.

Figura 14 – Estaca carregada no fuste



Fonte: Souza (2003).

2.7.4 Solução

Foi necessário a estabilização e o equilíbrio da estrutura desabada para que não continuasse se movimentando. Após análises foi decidido pela recuperação da estrutura conforme descrito nos itens seguintes.

2.7.5 Estabilização do edifício

Segundo Souza (2003), para estabilizar a estrutura e o movimento lateral do solo, houve a necessidade de compactar novamente o solo entorno da edificação, equilibrando a diferença de pressão.

Figura 15 – Acréscimo de solo junto à divisa do terreno



Fonte: Maffei Engenharia apud Souza (2003).

Foi necessário impedir a infiltração devido à água da chuva com o objetivo de reduzir o deslocamento do solo. Com argamassa especial própria para esses problemas foi realizada a impermeabilização. Foram dispostas algumas lonas para o desvio do curso da água para fora do local.

Figura 16 – Impermeabilização do piso com argamassa aditivada

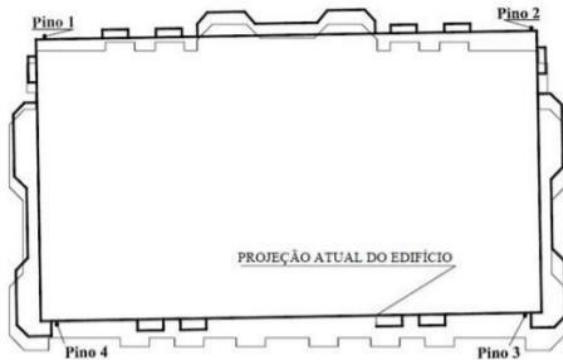


Fonte: Maffei Engenharia apud Souza (2003)

2.7.6 Instrumentação

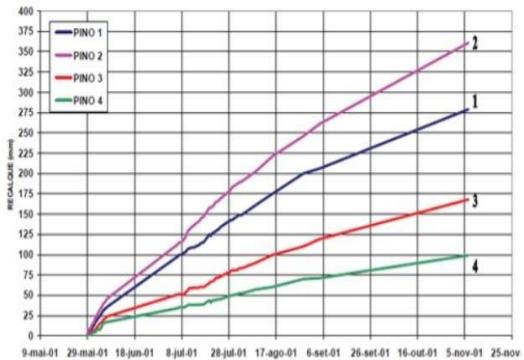
Com o objetivo de avaliar as condições atuais da obra, durante dez dias e duas vezes por dia foi analisada a movimentação estrutural com equipamento óptico de precisão (teodolito). Nos dias seguintes foram utilizadas mangueiras transparentes com água, dispostas nas quatro extremidades do prédio. Observando o nível da água dentro da mangueira e comparando com a posição na extremidade do edifício foi possível obter os valores do recalque com precisão de 0,5 cm (SOUZA, 2003).

Figura 17 – Localização dos pinos



Fonte: Maffei Engenharia apud Souza (2003)

Figura 18 – Controle de recalque



Para averiguar a inclinação da estrutura foram utilizados dois pêndulos, fixados no parapeito do último pavimento. De acordo com a Figura 19, foi possível constatar uma inclinação de aproximadamente 2,5 metros em um dos pêndulos (SOUZA, 2003).

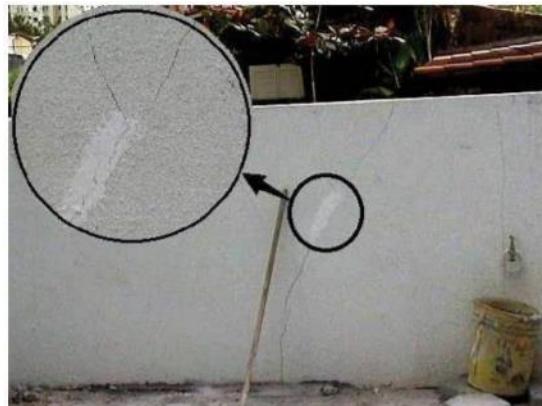
Figura 19 – Pêndulo para medida de inclinação



Fonte: Maffei Engenharia apud Souza (2003).

Verificando a formação e a progressão das fissuras foi possível observar as movimentações do edifício. De acordo com Souza (2003), para realizar esse controle, aplicou-se uma fina camada de massa corrida sobre parte da fissura, onde uma pequena abertura faria com que a massa corrida se rompesse, indicando que a fissura estaria ativa (Figura 20).

Figura 20 – Massa corrida sobre fissura no muro de divisa do terreno



Fonte: Maffei Engenharia apud Souza (2003).

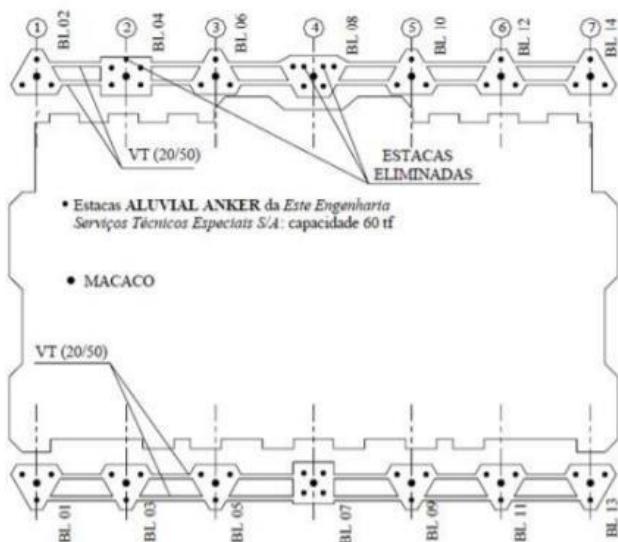
2.7.7 Projeto de recuperação

Depois do laudo técnico sobre as condições da edificação, foi decidido pela sua recuperação. O projeto elaborado previa reerguer o edifício com a utilização de macacos hidráulicos apoiados em fundações provisórias dispostas rente às faces externas do prédio, com o auxílio de uma estrutura metálica. Em seguida, após a elevação da estrutura, o projeto determina que fossem reconstruídas as fundações, bem como as vigas e pilares de concreto armado. A próxima etapa seria a retirada da estrutura metálica e o processo de recuperação estaria encerrado (SOUZA, 2003). Porém, apesar do projeto de recuperação levar em consideração o fator financeiro do projeto, apenas as fundações provisórias foram executadas.

As fundações provisórias foram executadas utilizando estacas raiz, evitando o uso de água na

escavação e, consequentemente, evitando a movimentação do solo. Durante o processo de perfuração das estacas foi constatado que aos 25 metros de profundidade o solo se encontrava impenetrável, apesar das sondagens realizadas previamente indicarem aprofundade de 35 metros para a camada impenetrável.

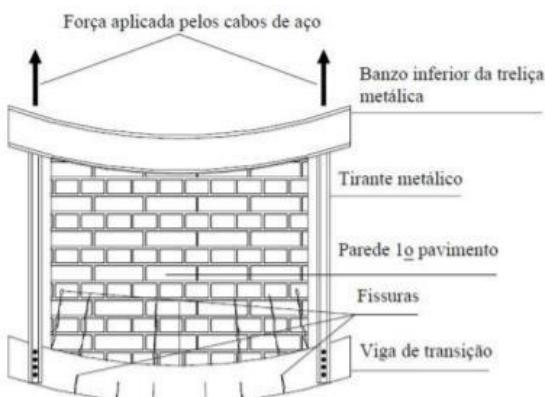
Figura 21 – Fundações provisórias



Fonte: Maffei Engenharia apud Souza (2003)

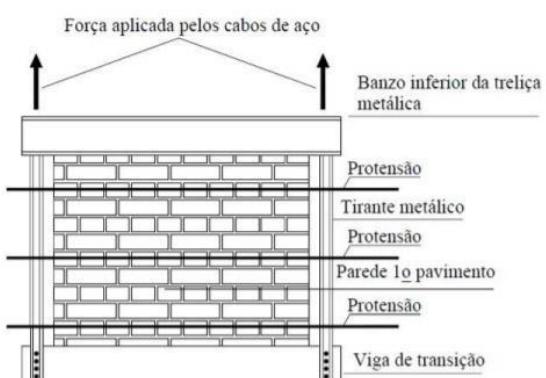
Com o objetivo de fortalecer a estrutura a ser erguida e evitar o surgimento de fissuras devido à flexão, foram instaladas protensões nas paredes do primeiro pavimento, onde a ação das forças seria maior.

Figura 22 – Flexão das paredes semprotensão



Fonte: Maffei Engenharia apud Souza (2003).

Figura 23 – Sistema de protensão nas paredes



Para auxiliar na elevação do edifício foram previstas sete treliças compostas por vigas metálicas e cabos de aço de alta resistência. As treliças seriam apoiadas nas suas extremidades por 14 macacos hidráulicos com capacidade para 200 tf cada, responsáveis pela elevação gradual da estrutura até a cota original. De acordo com Souza (2003), seriam necessários dois meses para realizar a tarefa de içar toda a estrutura.

Figura 24 –Treliça Auxiliar

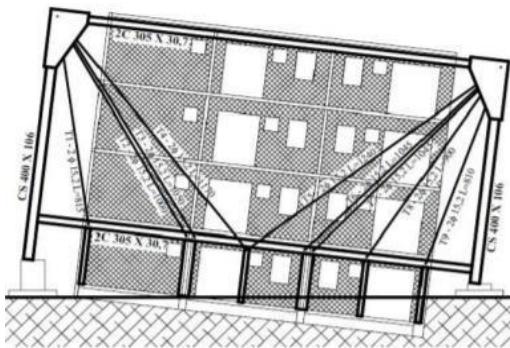


Figura 25 –Posicionamento da estrutura provisória

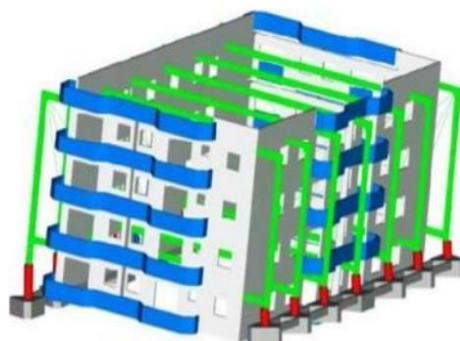
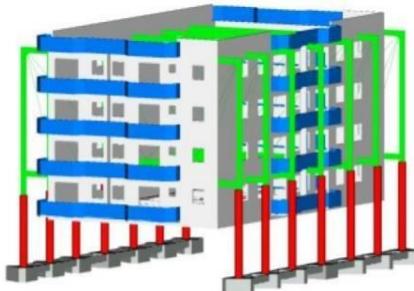


Figura 26 – Edifício erguido à sua cota inicial



Souza (2003).

Com o procedimento de recuperação descrito, não seria possível posicionar a estrutura em sua locação inicial. Portanto, após ter sido levantada, a estrutura permaneceria na projeção horizontal da posição em que se encontra.

Após o posicionamento do edifício em sua cota inicial, seriam construídas novas fundações, vigas e pilares do pavimento térreo.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa teve foco em analisar e compreender como acontecem os recalques diferenciais em fundações, bem como as manifestações patológicas que são geradas por este fenômeno, como, por exemplo, as fissuras, trincas e rachaduras.

Para que não ocorra um possível recalque em fundações, antes de se iniciar as obras, conclui-se que seja de grande importância a realização de investigações geotécnicas e análises do solo observando o disposto na normatização e, sempre procurar estar acompanhado por um profissional capacitado, o qual poderá analisar as condições do terreno identificando possíveis erros de sondagem. É recomendado que sejam feitas investigações complementares ou números de sondagens superior ao mínimo pela normal, buscando dessa forma diminuir os riscos de falso

resultado. Com o objetivo de evitar algumas interferências, é importante que se obtenha informações de edificações vizinhas.

Os esforços da estrutura devem atuar no solo com a intensidade e com a forma prevista, para que isso ocorra, o processo executivo deve ser realizado seguindo todas as determinações do projeto.

Após essa pesquisa pode-se concluir que ao identificar as patologias que sugerem os recalques de fundações é necessário que faça o controle das movimentações da edificação por um longo período para que se garanta a segurança da estrutura e para prever comportamento futuro.

É recomendado que o procedimento de recuperação das patologias seja feito somente depois de uma análise dos dados sobre o controle de movimentações e sobre a investigação geotécnica. São fatores de grande relevância para que se identifique corretamente a origem dos problemas apresentados, os quais orientam a decisão pelo tipo de reforço ou recuperação adequado.

No caso apresentado na pesquisa, foi executada as correções das manifestações patológicas causadas pelo recalque diferencial, exigiu um longo tempo para a elaboração da estratégia corretiva a se utilizar, bem como os custos elevados para corrigir os problemas apresentados.

Desta forma, pode-se reafirmar o pensamento Milititsky, Consoli e Schnaid (2015) que mostra o recalque diferencial como a manifestação patológica de maior complexidade corretiva e de elevado custo.

Sendo assim, é necessário que sejam feitos estudos geotécnicos, como sondagem do solo e de análise da tensão gerada pela fundação da edificação vizinha, pois através de equipamentos é possível obter com mais precisão os efeitos como a sobreposição de tensões e consequente recalque diferencial.

REFERÊNCIAS

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 9573**. Vermiculita expandida – temperatura inicial e final de amolecimento – método de ensaio. Rio de Janeiro, 2012.

CARVALHO, D. M. **Patologias das fundações**: fundações em depósitos de vertente na cidade de machico. 2010. Dissertação (Mestrado). Universidade de Madeira, Funchal, 2010.

FERNANDES, L. H. A. **Análise das incidências de manifestações patológicas oriundas do recalque de fundações**: estudo de caso na UFERSA - Angicos. Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Rio Grande do Norte, 2019. Disponível em: <http://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/4988>. Acesso em: 12 maio 2021.

GOTLIEB, M. Reforço de fundações. In: HACHICH, Waldemar. **Fundações**: teoria e prática. 2. ed. São Paulo: Pini, 1998.

HELENE, Paulo R. L.. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**. 2. ed. São Paulo: Pini, 1992.

MILITITSKUY, Jarbas; CONSOLI, Nilo Cesar; SCHNAID, Fernando. **Patologia das**

fundações. São Paulo: Pini, 2008.

MILITITSKY, J; CONSOLI, N. C; SHNAID F. **Patologia das fundações.** 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

OLIVEIRA, A. M. **Fissuras, trincas e rachaduras causadas por recalque diferencial de fundações.** 2012. 54f. Monografia (Especialização em Gestão de avaliações e perícias) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

REBELLO, Y. C. P. **Fundações:** guia prático de projeto, execução e dimensionamento. 4. ed. São Paulo: Zigurate, 2008.

REZENDE, V. L. M. **Avaliação patológica em recalques solo-fundação:** uma análise de ocorrências na cidade de Uberlândia. Trabalho para conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, p. 73. 2019.

SANTOS, A. **Prédios tortos de Santos:** como eles estão hoje?. 2015. Disponível em: <<https://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzena/predios-tortos-de-santos-como-eles-estao-hoje/#:~:text=Ao%20todo%2065%20pr%C3%A9dios%20ficaram,de%2050%20metros%20de%20profundidade.&text=Os%20pr%C3%A9dios%2C%20enfim%2C%20foram%20salvos>>. Acesso em: 06 nov. 2021.

SCHWIRCK, Iurguen Arai. **Patologia das fundações.** Joinville: Universidade do estado de Santa Catarina – UDESC, 2005.

SOUZA, E. G. **Colapso de edifício por ruptura das estacas:** estudo das causas e da recuperação. Tese de Mestrado. São Carlos: Universidade de São Paulo. 2003.

SOUZA, V. C; M. RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço em estruturas deconcreto.** 5 ed. São Paulo: Pini, 2009.

TEIXEIRA, A. H.; GODOY, N. S. de. **Análise, projeto e execução de fundações rasas - Fundações: teoria e prática.** 2. ed. São Paulo: Pini, 1998. 227-264 p.

THOMAZ, E. **Trincas em edifícios, causas, prevenção e recuperação.** 1. ed. São Paulo:PINI, 1989.

VELLOSO, D. A.; LOPES, F. R. **Fundações (Vol. I).** São Paulo: Oficina de Textos, 2004.