

UNICESUMAR - CENTRO UNIVERSITÁRIO DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS TECNOLÓGICAS E AGRÁRIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

FISSURAS CAUSADAS POR RECALQUES DIFERENCIAIS

AUDREY ANTÔNIO BARISÃO LEITE

MARINGÁ – PR
2018

Audrey Antônio Barisão Leite

FISSURAS CAUSADAS POR RECALQUES DIFERENCIAIS

Artigo apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNICESUMAR – Centro Universitário de Maringá como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, sob a orientação do Me. Claudio Souza Rodrigues.

MARINGÁ – PR

2018

FOLHA DE APROVAÇÃO
AUDREY ANTÔNIO BARISÃO LEITE

FISSURAS CAUSADAS POR RECALQUES DIFERENCIAIS

Artigo apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNICESUMAR – Centro Universitário de Maringá, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, sob a orientação do Me. Claudio Souza Rodrigues.

Aprovado em: ____ de _____ de _____.

BANCA EXAMINADORA

Me. Claudio Souza Rodrigues - Unicesumar

Dra. Thaise Moser Teixeira - Unicesumar

Me. André Dias Martins – UEM Universidade Estadual de Maringá

FISSURAS CAUSADAS POR RECALQUES DIFERENCIAIS

Audrey Antônio Barisão Leite

RESUMO

Os problemas provenientes do projeto, da execução ou da utilização de qualquer edificação são percebidos por vários tipos de manifestações que se tornam visíveis no decorrer do tempo. Essas manifestações são analisadas com o objetivo de identificar suas causas e origens, a fim de se encontrar uma melhor solução para o problema. Porém, este processo se torna mais difícil ao serem analisados elementos de fundações, por se encontrarem enterrados no solo. Este trabalho expõe alguns aspectos teóricos da interação solo-estrutura que influenciam os movimentos diferenciais das fundações, responsáveis por notáveis danos às construções. O objetivo é analisar o desenvolvimento das principais manifestações patológicas e tornar possível a sua identificação, que são provenientes dos recalques das fundações.

Palavras-chave: Patologia. Recalque de Fundações. Solo-estrutura.

FISSURES CAUSED BY DIFFERENTIAL RECESS

ABSTRACT

The problems concerning projects, execution and usage of any kind of edification are perceived by a number of manifestations seen through time. These manifestations are analysed in order to identify its causes and origins, so it would be able to find a best solution to this problem. However, when it is analysed foundation elements, this process are trickier, due to the foundations being buried in the ground. This paper presents some theoretical aspects of soil-structure interaction which influence the differential movements of foundations responsible for damage to buildings. The purpose is to analyze the development of pathological manifestations and make it possible to identify them, which come from the foundations' setbacks.

Keywords: Pathology. Recess of Foundations. Soil-structure.

1 INTRODUÇÃO

Este artigo apresenta uma revisão bibliográfica referente ao desenvolvimento de fissuras causadas por recalques diferenciais, manifestações comuns relacionadas à patologia das fundações.

A fundação de uma edificação é a parte da obra civil na qual as cargas provenientes da superestrutura são transferidas para a base, por meio do elemento estrutural. As obras assentam-se sobre o terreno e, inevitavelmente, requerem que o comportamento do solo seja devidamente considerado (PINTO, 2006).

Velloso e Lopes (2010) destacam que toda fundação sofre deslocamentos verticais (recalques), horizontais ou rotacionais, conforme a solicitação a que está submetida. Os valores relacionados a esses deslocamentos, quando ultrapassam determinados limites, podem expor danos e até o colapso da estrutura suportada, em razão do surgimento de esforços para os quais a fundação não foi dimensionada.

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), em sua NBR 6122/2010, o movimento vertical descendente de um elemento estrutural é denominado recalque. De acordo com Milititsky, Consoli e Schnaid (2008), o movimento que ocorre em toda fundação denomina-se recalque total. Rebello (2008) relata que, se o recalque for uniforme em todos os pontos de apoio das fundações, o efeito será apenas um afundamento no nível do terreno, provocando problemas de uso, mas não estruturais. E quando ocorrem em apenas um determinado local/ponto da construção é chamado de recalque diferencial.

As fissuras, trincas e rachaduras são manifestações patológicas das edificações observadas em alvenarias de vedação e em elementos complexos, tais como, pilares, lajes e vigas. Como regra geral, Thomaz (1989) afirma que as aberturas das fissuras provocadas por recalques são diretamente proporcionais à sua intensidade, assim como a dimensão da fissura e a extensão do problema.

Os mecanismos de formação das fissuras estão ligados a ações internas e/ou externas aos elementos e componentes de uma edificação. Diante dos fatos apresentados, se faz importante o conhecimento das características do maciço do subsolo, pois a interação solo-estrutura pode comprometer o desempenho útil, a estética e a segurança da edificação.

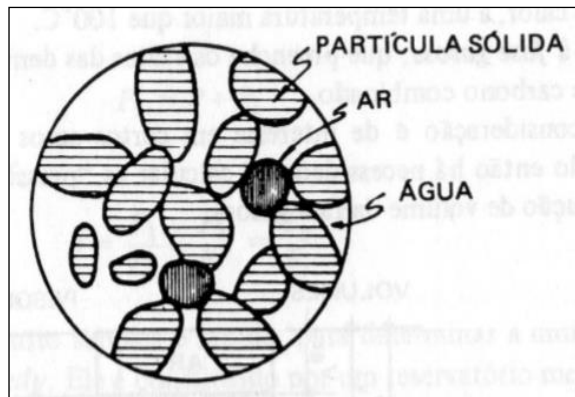
2 DESENVOLVIMENTO

2.1 DEFINIÇÕES DO SOLO

O objetivo da classificação dos solos, sob o ponto de vista da engenharia, é estimar o comportamento do solo ou orientar o programa de investigação necessário para permitir a adequada análise de um problema (HACHICH et al., 1998).

Segundo Caputo (2015), o solo é um material constituído por um conjunto de partículas sólidas, deixando entre si vazios que poderão estar parcial ou totalmente preenchidos pela água. No caso mais geral, consiste em um sistema formado por três fases – sólida, líquida e gasosa (Figura 1) – e seu comportamento depende da quantidade relativa de cada uma dessas fases, podendo as quantidades de água e ar variar e indicar propriedades distintas como umidade, índice de vazios, porosidade e grau de saturação.

Figura 1 - Índices físicos



Fonte: Caputo (2015).

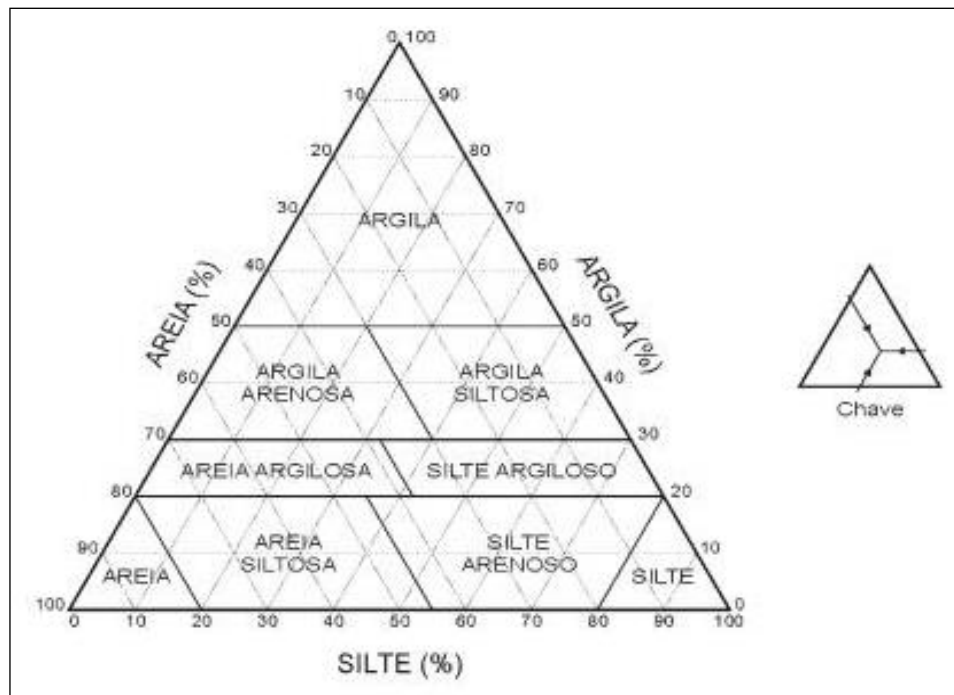
De acordo com Thomaz (1989), no caso de solos fofos ou moles, os recalques são basicamente oriundos da redução do volume, em que a água presente no bulbo de tensão percola para regiões com menor pressão.

2.2 TIPOS DE SOLOS

Conforme Pinto (2006), ao estudar o solo, é necessário que todos entendam sua designação, mediante um sistema de classificação, como mostra a Figura 2,

realizado em razão das porcentagens e de suas três frações granulométricas: areia, silte e argila.

Figura 2 - Diagrama triangular



Fonte: Caputo (2015).

Das (2011) explica que a textura dos solos refere-se à aparência de sua superfície e é influenciada pelo tamanho das partículas contidas no solo, as quais podem apresentar as seguintes características:

- Tamanho das partículas de areia: 2,0 a 0,05 mm de diâmetro
- Tamanho da partícula de silte: 0,05 a 0,002 mm de diâmetro
- Tamanho da partícula de argila: menor que 0,002 mm de diâmetro

2.3 FUNDAÇÕES

Fundação é um elemento de transição entre a estrutura e o solo, cujo comportamento está intimamente ligado ao que acontece com o solo quando submetido a carregamento por meio dos elementos estruturais das fundações. Uma fundação adequada é aquela que apresenta um fator de segurança conveniente à

ruptura e aos recalques compatíveis com o funcionamento do elemento suportado (MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID, 2008).

As fundações são divididas em dois grandes grupos: as fundações superficiais (rasas ou diretas) e as fundações profundas. A seguir, serão apresentados os tipos mais conhecidos no Brasil, segundo a NBR 6122 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010).

2.3.1 Fundações superficiais (ou rasas ou diretas)

Conforme a NBR 6122/2010 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010), são elementos 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 aos terrenos adjacentes é inferior a duas vezes a menor dimensão da fundação. Incluem-se neste tipo de fundação: blocos, radier, sapatas, sapatas associadas, sapatas corridas e vigas de fundação.

As fundações superficiais são tipicamente projetadas com pequenas escavações no solo não sendo necessários grandes equipamentos para a execução.

Entre as fundações superficiais estão:

- **Bloco:** elemento de fundação superficial de concreto, dimensionado de modo que as tensões de tração nele produzidas possam ser resistidas pelo concreto, sem necessidade de armadura. Pode ter suas faces verticais, inclinadas ou escalonadas e apresentar normalmente em planta seção quadrada ou retangular.
- **Sapata:** elemento de fundação superficial de concreto armado, dimensionado de modo que as tensões de tração nele produzidas não sejam resistidas pelo concreto, mas sim pelo emprego da armadura. Pode possuir espessura constante ou variável, sendo sua base em planta normalmente quadrada, retangular ou trapezoidal.
- **Radier:** elemento de fundação superficial que abrange todos os pilares da obra ou carregamentos distribuídos (por exemplo: tanques, depósitos, silos, etc.).
- **Sapata associada:** sapata comum a vários pilares, cujos centros, em planta, não estejam situados em um mesmo alinhamento.

- **Sapata corrida:** sapata sujeita à ação de uma carga distribuída linearmente.
- **Viga de fundação:** elemento de fundação superficial comum a vários pilares, cujos centros, em planta, estejam situados no mesmo alinhamento.

2.3.2 Fundações profundas

Para as fundações profundas, a NBR 6122/2010 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010) estabelece que esses elementos de fundação – que transmitem a carga ao terreno ou pela base (resistência de ponta) ou por sua superfície lateral (resistência de fuste) ou por uma combinação das duas – devem estar com sua ponta ou base assente em profundidade superior ao dobro de sua menor dimensão em planta, e no mínimo 3,0m. Neste tipo de fundação incluem-se as estacas e os tubulões.

As fundações profundas são utilizadas geralmente em projetos grandes que precisam transmitir maiores cargas ao terreno e também quando as camadas superficiais do solo são pobres ou fracas. Entre as fundações profundas citam-se:

- **Estaca:** elemento de fundação profunda executado inteiramente por equipamentos ou ferramentas, sem que, em qualquer fase de sua execução, haja descida de pessoas. Os materiais empregados podem ser: madeira, aço, concreto pré-moldado, concreto moldado *in loco* ou pela combinação dos anteriores.
- **Tubulão:** elemento de fundação profunda, escavado no terreno em que, pelo menos na sua etapa final, há descida de pessoas, que se faz necessária para executar o alargamento de base ou pelo menos a limpeza do fundo da escavação, uma vez que neste tipo de fundação as cargas são transmitidas preponderantemente pela ponta.

2.4 PATOLOGIAS DAS FUNDAÇÕES

As patologias são decorrentes das incertezas e riscos inerentes à construção e à vida útil das fundações (MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID, 2008).

Ainda, de acordo com Milititsky, Consoli e Schnaid, (2008), na decorrência de patologias, devem-se caracterizar suas origens e possíveis mecanismos

deflagradores, que incluem a monitoração do aparecimento e a evolução de fissuras, trincas, desaprumo e desalinhamentos.

Segundo a definição de Thomaz (1989), a patologia das construções entende-se como a ciência que, por intermédio de um processo específico, estuda os defeitos dos materiais, dos elementos e dos componentes da edificação como um todo, diagnosticando as causas, a evolução, as formas de manutenção, a prevenção e a recuperação.

Milititsky, Consoli e Schnaid (2008) esclarecem que, entre os tipos de patologias existentes, destacam-se as patologias das fundações que, por sua vez, são as deformações ocasionadas pelo movimento da estrutura no solo. As fases em que a patologia das fundações pode ser originada são:

- Investigação do subsolo.
- Análise e projeto das fundações.
- Execução das fundações.
- Eventos pós-conclusão das fundações.
- Degradação dos materiais constituintes das fundações.

As manifestações patológicas podem acontecer de diferentes modos e em qualquer fase da obra. Para que a edificação possa ter um aumento de vida útil, faz necessária a sua manutenção periódica, para que posteriormente não ocorra um baixo desempenho da edificação, causando elevado custo para sua recuperação.

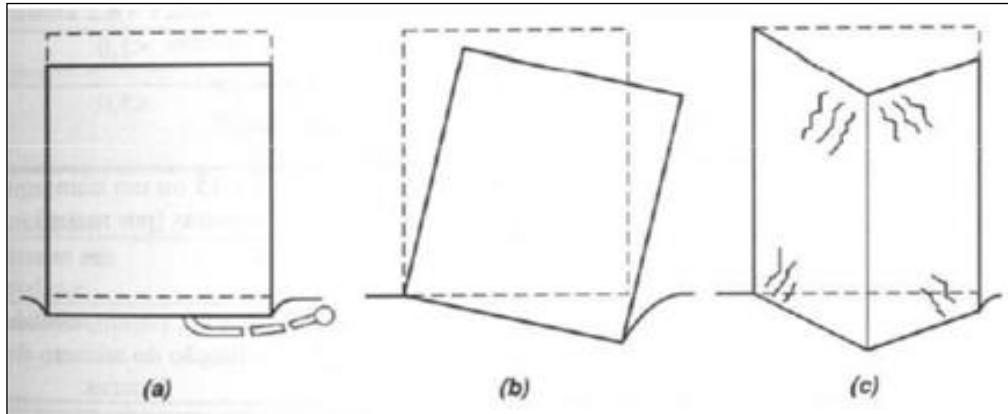
2.5 RECALQUES DE FUNDAÇÕES

De acordo com a NBR 6122/2010 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010), o fenômeno recalque se define pelo movimento vertical do elemento estrutural. Quando seu movimento for ascendente, denomina-se levantamento. Define também o recalque diferencial específico como a relação entre as diferenças dos recalques de dois apoios e a sua distância.

Recalque é a deformação do solo quando submetido a cargas, provocando movimentação na fundação (Figura 3) que, dependendo da intensidade, pode resultar em sérios danos à estrutura (REBELLO, 2008).

A realização do acompanhamento ou controle de recalques é necessária para identificar o comportamento das fundações (MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID, 2008).

Figura 3 - Principais modos de deformações: (a) Recalques uniformes, (b) Recalques desuniformes sem distorção e (c) Recalques desuniformes com distorção



Fonte: Velloso e Lopes (2010).

2.5.1 Principais tipos de recalques

É possível distinguir três tipos de recalques devidos a cargas estáticas: por deformação elástica, escoamento lateral e adensamento (CAPUTO, 2012):

- **Recalque Elástico:** ocorre imediatamente após a aplicação da carga e é maior em solos não coesivos, ou seja, em solos não argilosos (REBELLO, 2008).
- **Recalque por Escoamento Lateral:** esta deformação acontece com maior predominância em solos não coesivos. Trata-se da menos solicitada, ou seja, o deslocamento se dá do centro para a lateral (REBELLO, 2008).
- **Recalque por Adensamento:** ocorre pela diminuição no volume aparente do maciço de solo, causada pelo fechamento dos vazios deixados pela água expulsa em virtude da pressão da fundação aplicada ao solo. É considerado recalque lento, quando se trata de argilas (CAPUTO, 2012).

2.5.2 Recalque diferencial

O recalque diferencial é um fenômeno que acontece quando uma parte dos elementos que compõe a base se desprende e afunda na vertical, por causa do adensamento da fundação, e impõe distorções à estrutura que podem acarretar danos a edificação. O principal sintoma que a edificação apresenta quando existe um recalque diferencial é as fissuras, rachaduras ou trincas e 45° nas paredes. Além, é claro, do desaprumo da edificação (SUMENSSE; SANDERS, 2016).

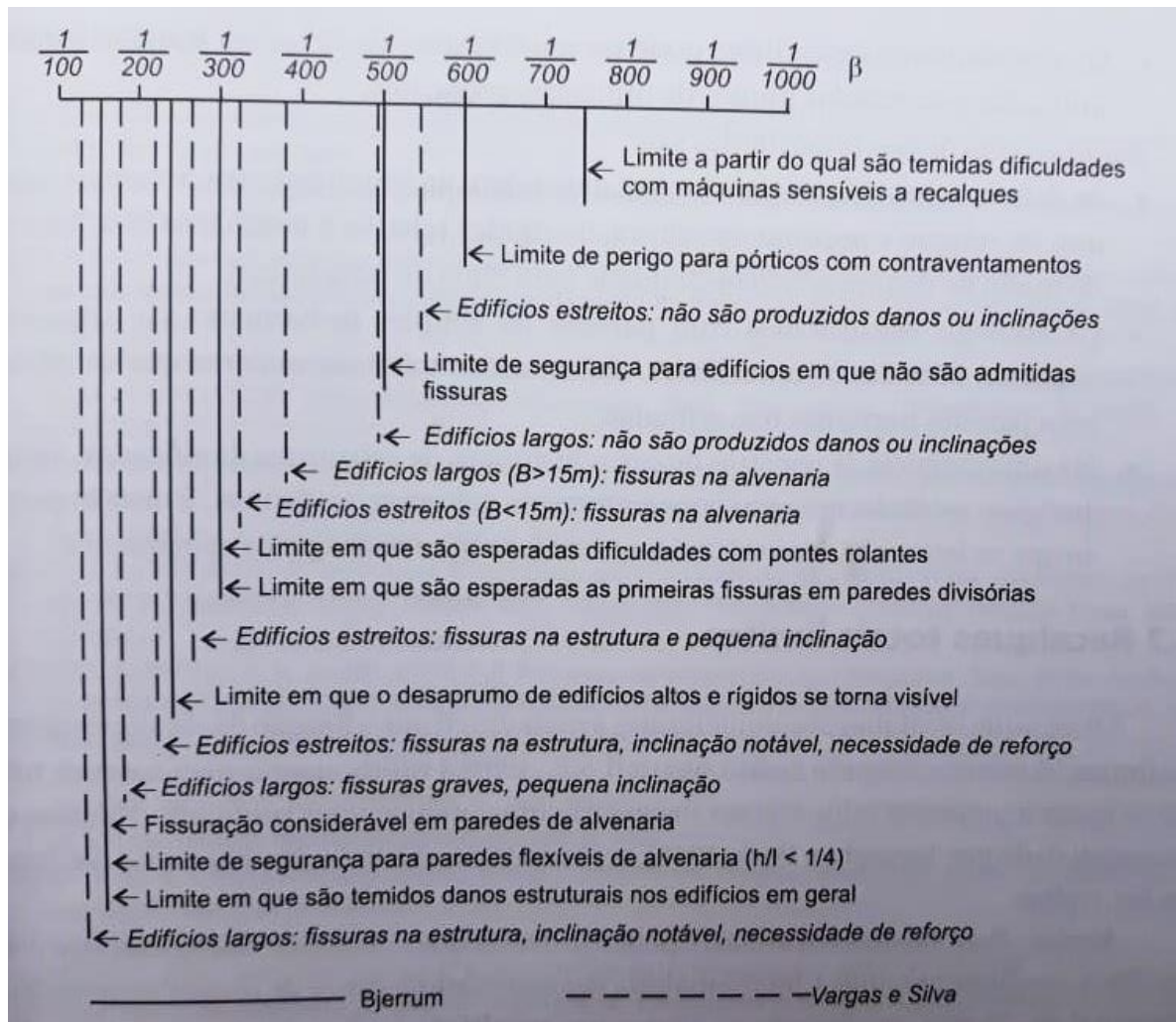
A fundação está vinculada ao comportamento que acontece com o solo, quando submetido à carga da estrutura. O recalque diferencial é o problema mais comum de fundações, responsável por lesões em prédios como as do tipo rachaduras, trincas e fissuras. E o mesmo pode ser afetado por inúmeros fatores, como aqueles decorrentes do conhecimento do solo, projetos, métodos construtivos, e pós-execução, na qual pode ocasionar sua possível degradação.

2.6 RECALQUES DIFERENCIAIS ADMISSÍVEIS

Os valores admissíveis são fixados pelos especialistas envolvidos com o projeto, a execução e o acompanhamento do desempenho da obra. São decorrentes da experiência local ao longo do tempo que permite concluir que, para o tipo de estrutura, carregamento e solo, tais valores de recalque podem ser considerados aceitáveis, ou seja, admissíveis (ALONSO, 1991).

Na Figura 4, a seguir, Velloso e Lopes (2010) apresentam os valores da distorção angular (β) e os danos associados sugeridos por Bjerrum (1963) e complementados por Vargas e Silva (1973).

Figura 4 - Distorção angular e danos associados



Fonte: Velloso e Lopes (2010).

2.7 FISSURAS

Segundo a NBR 6118/2014 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014), a fissuração em elementos estruturais de concreto armado é inevitável em virtude da grande variabilidade e da baixa resistência do concreto à tração, mesmo sob as ações de serviço (utilização), valores críticos de tensões de tração são atingidos. A norma referida prevê aberturas máximas de fissuras da ordem de 0,2 mm a 0,4 mm (Figura 5), não havendo importância significativa na corrosão das armaduras.

Figura 5 - Classificação das fissuras

| ANOMALIAS | ABERTURAS (mm) |
|------------------|-----------------------|
| Fissura | até 0,5 |
| Trinca | de 0,5 a 1,5 |
| Rachadura | de 1,5 a 5,0 |
| Fenda | de 5,0 a 10,0 |
| Brecha | Acima de 10,0 |

Fonte: Oliveira (2012).

As fissuras são classificadas de acordo com seu comportamento em ativas (vivas), que aumentam ao longo do tempo, ou inativas (mortas), quando a fissura se encontra estabilizada, não se desenvolve. Dessa forma, procede-se à avaliação da gravidade do problema. Em razão da complexidade e particularidade de cada caso, o tratamento e o acompanhamento da fissura deve ser realizado com a participação de um profissional especializado. A seguir, a Figura 6 traz uma classificação usual das aberturas nas edificações segundo suas dimensões.

Figura 6 - Relação entre abertura de fissuras e danos em edifícios

| Abertura da fissura (mm) | Intensidade dos danos | | | Efeito na estrutura e no uso do edifício |
|--------------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------|---|
| | Residencial | Comercial ou público | Industrial | |
| < 0,1 | Insignificante | Insignificante | Insignificante | Nenhum |
| 0,1 a 0,3 | Muito leve | Muito leve | Insignificante | Nenhum |
| 0,3 a 1 | Leve | Leve | Muito leve | Apenas estética; deterioração acelerada do aspecto externo. |
| 1 a 2 | Leve a moderada | Leve a moderada | Muito leve | |
| 2 a 5 | Moderada | Moderada | Leve | Utilização do edifício será afetada e, no limite superior, a estabilidade também pode estar em risco. |
| 5 a 15 | Moderada a severa | Moderada a severa | Moderada | |
| 15 a 25 | Severa a muito severa | Severa a muito severa | Moderada a severa | |
| > 25 | Muito severa a perigosa | Severa a perigosa | Severa a perigosa | Cresce o risco de a estrutura tornar-se perigosa |

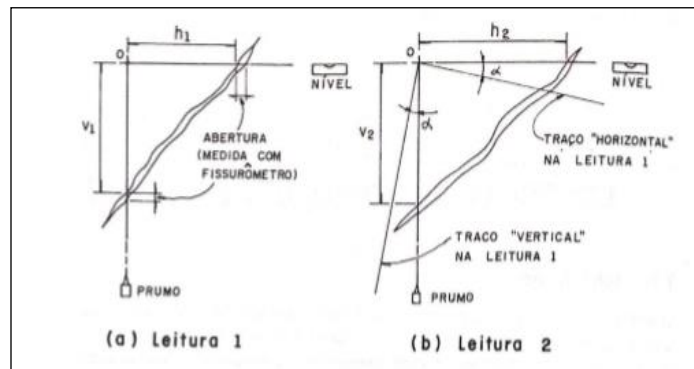
Fonte: (Thornburn e Hutchinson, 1985) citado por (VELLOSO e LOPES, 2011).

Fonte: Velloso e Lopes (2010).

O aparecimento de fissuras é sempre indício de que algo está acontecendo, embora elas nem sempre decorram de deslocamento da estrutura. De qualquer forma, é aconselhável acompanhar sua evolução, medindo periodicamente suas diagonais de um retângulo traçado de sorte a ser cortado pela fissura, por meio de um fissurômetro ou qualquer outro instrumento de medida de precisão (VELLOSO; LOPES, 2010).

De acordo com Alonso (1991), utilizando um lápis, traça-se um sistema de eixos ortogonais que ultrapassem a fissura nos dois sentidos (Figura 7). Anota-se a data, as distâncias horizontais e verticais da origem do eixo até a fissura e, em seguida, mede-se a abertura da fissura. O procedimento é repetido, porém, rotacionando o eixo, a fim de obter outros valores.

Figura 7 - Medição das fissuras



Fonte: Alonso (1991).

As fissuras podem ser consideradas como a manifestação patológica característica das estruturas de concreto, sendo mesmo o dano de ocorrência mais comum e aquele que, a par das deformações muito acentuadas, mais chama a atenção dos leigos, proprietários e usuários aí incluídos, para o fato de que algo de anormal está a acontecer (SOUZA; RIPPER, 1998).

2.7.1 Tipos de fissuras na edificação

Segundo Thomaz (1989), as patologias do tipo fissuras podem ter suas causas por movimentação térmica, movimentação higroscópica, por atuação de sobrecargas, por deformação excessiva de estruturas, por recalque de fundações, conforme seus mecanismos de formação relatados a seguir:

- **Fissuras causadas por movimentações térmicas:** com a variação da temperatura, os componentes de uma construção sofrem movimentação de dilatação ou contração, estes movimentos são restringidos pelos diversos vínculos que envolvem os elementos e componentes, desenvolvendo-se nos materiais; por este motivo, tensões poderão provocar o surgimento de fissuras.

- **Fissuras causadas por movimentação higroscópicas:** modificações higroscópicas induzem a mudanças dimensionais nos materiais porosos, em razão do aumento do teor de umidade, podendo levar a uma expansão do material, ao passo que a diminuição do teor acaba provocando uma contração. Na existência de vínculos que impeçam as movimentações, poderão ocorrer fissuras nos elementos e componentes do sistema construtivo, acarretando em determinadas manifestações.
- **Fissuras causadas pela atuação da sobrecarga:** o efeito das sobrecargas podem causar a fissuração de componentes estruturais, tais como pilares, vigas e paredes. As sobrecargas atuantes podem ter sido analisadas no projeto estrutural, caso em que a falha provém da execução da peça ou do próprio cálculo estrutural, podendo ainda ocorrer a solicitação da peça por uma sobrecarga superior à prevista.
- **Fissuras causadas por deformabilidade excessiva de estruturas de concreto armado:** com o peso próprio das demais cargas permanentes e acidentais e mesmo sob o efeito da retração e deformação lenta do concreto, as vigas e lajes deformam-se naturalmente. Todos os artefatos estruturais admitem flechas que podem não comprometer negativamente em nada a sua estabilidade, estética, e a resistência da construção, podem ser incompatíveis com a capacidade de deformação de paredes ou outros componentes que integram os edifícios.
- **Fissuras causadas por recalques de fundações:** como os solos são constituídos por partículas sólidas, entremeadas por água, ar e não raras vezes material orgânico, na aplicação de cargas extremas todos os solos em maior ou menor proporção, se deformam. Sendo assim, nos casos em que essas deformações sejam diferenciadas ao longo do plano das fundações de uma obra, tensões de grande intensidade serão introduzidas na estrutura da mesma, podendo gerar o aparecimento de trincas.

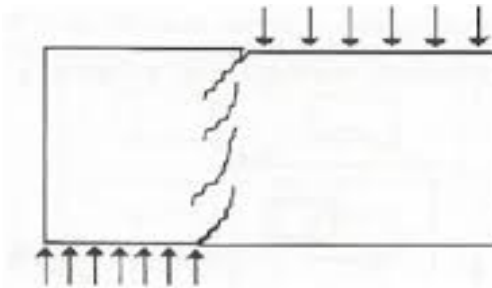
2.8 FISSURAS EM RECALQUE DIFERENCIAL

As fissuras provocadas por recalques diferenciais são inclinadas, apresentam aberturas geralmente maiores, deitando-se aos pontos em que ocorre o maior recalque. Outra característica provocada por recalque é a presença de esmagamentos

localizados em forma de escamas dando indícios das tensões de cisalhamentos que as provocaram, além disso, quando os recalques são acentuados, observa-se nitidamente uma variação na abertura da fissura (THOMAZ, 1989).

Ainda, segundo Thomaz (1989), os recalques diferenciais podem provir de carregamentos desbalanceados, em que o trecho mais carregado apresenta maior recalque, como mostra a Figura 8.

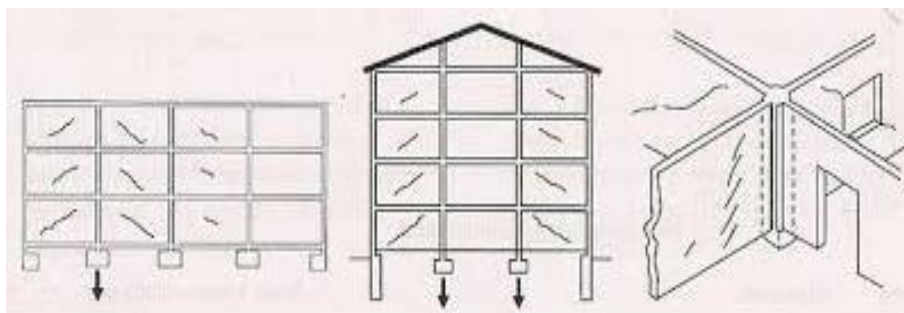
Figura 8 - Fundações contínuas solicitadas por carregamentos desbalanceados



Fonte: Thomaz (1989).

A manifestação reconhecível de ocorrência de movimento das fundações é o aparecimento de fissuras na estrutura, podendo apresentar padrões típicos de deslocamentos correspondentes, entre eles de pilares internos (Figura 9), pilares de canto, deformações convexas e côncavas (MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID, 2008).

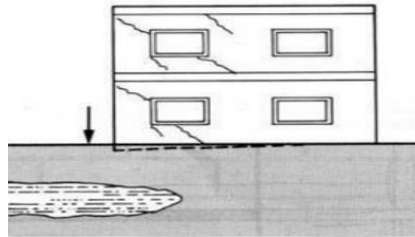
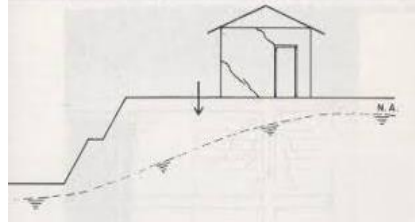

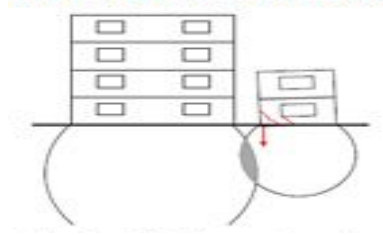
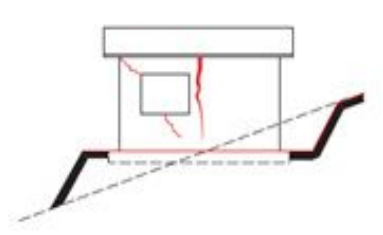
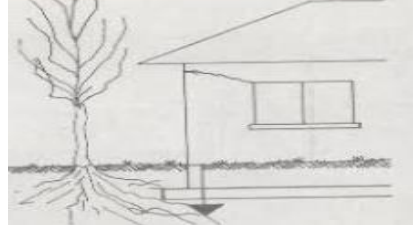
Figura 9 - Fissuras típicas causadas por pilares internos



Fonte: Milititsky, Consoli e Schnaid (2008).

Para edifícios uniformemente carregados, Thomaz (1989) aponta diversos fatores que podem conduzir aos recalques diferenciais e, conseqüentemente, à fissuração do edifício, entre eles os casos apontados no Quadro 1.

Quadro 1 - Casos de fissuração de edifício com recalques diferenciais

| | |
|---|--|
|  | <p>Recalque diferencial por falta de homogeneidade do solo.</p> |
|  | <p>Recalque diferencial, por rebaixamento do lençol freático.</p> |
|  | <p>Recalque diferencial por consolidação distinta do aterro carregado.</p> |
|  | <p>Pela maior interferência de carregamento no bulbo de tensão no menor edifício.</p> |
|  | <p>Fundações assentadas sobre seções de corte de aterro, trincas de cisalhamento nas alvenarias.</p> |
|  | <p>Trincas provocadas por recalque advindo da contração do solo, em razão da retirada de água por vegetação próxima.</p> |

Fonte: Thomaz (1989).

Para Thomaz (1989), de um modo geral, as aberturas das fissuras provocadas por recalques serão diretamente proporcionais à sua intensidade. Além das fissurações anteriormente relatadas, os recalques diferenciais poderão provocar

fissuras com outras configurações relacionadas a geometria, tamanho e localizações de aberturas, grau de enrijecimento, eventuais presença de juntas e em razão de demais variáveis.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diante do que foi analisado, o solo é um corpo material que possui algumas características que precisam ser analisadas para melhor aproveitamento dentro da obra. O solo é constituído por um conjunto de partículas sólidas, deixando entre si vazios que poderão estar parcialmente ou totalmente preenchidos pela água (PINTO, 2006), podendo ocorrer a movimentação do solo, e conseqüentemente, a movimentação da edificação.

A fundação, por ser um elemento estrutural ligado diretamente ao solo, e em razão de cada tipo de solo possuir suas características, toda fundação sofrerá o efeito de movimentações relacionadas ao limite suportado pela carga. Essa carga resistente poderá resultar em comportamentos inadequados, ocasionando incertezas e riscos à construção e à vida útil das fundações, apresentando vários problemas patológicos decorrentes da transição que acontece em relação à estrutura x solo. Entre os problemas típicos encontrados, tem-se o recalque. De acordo com Rebello (2008), recalque pode ser definido em três tipos: recalque elástico, recalque por escoamento lateral e recalque por adensamento. O recalque é o problema mais encontrado nas fundações, podendo originar danos arquitetônicos, funcionais e estruturais, são típicos do surgimento de fissuras, trincas e rachaduras, especialmente quando surgem os recalques diferenciais.

Como os recalques diferenciais, segundo Alonso (1991), impõem distorções à estrutura, podendo acarretar fissuras, elas acabam se manifestando e evoluindo com o passar do tempo, aumentando suas dimensões e se caracterizando de diferentes formas típicas. De acordo com a NBR 6118/2014 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014), a fissuração em elementos estruturais de concreto armado é inevitável; o aparecimento de fissuras é indício de que algo está acontecendo, contudo, nem sempre está ligado à movimentação da estrutura.

Diante disso, Thomaz (1989) ressalta que as fissuras encontradas oriundas dos recalques diferenciais são inclinadas, deitando-se aos pontos onde ocorre o maior recalque, entretanto, são manifestações de que a estrutura está passando por algumas alterações, ou seja, está se modificando por causa de alguns fatores, podendo ser, entre eles, falta de homogeneidade do solo, rebaixamento do lençol freático, consolidação do aterro carregado, bulbo de tensões ou influência da vegetação. E, para melhor visualizar essa manifestação patológica, utiliza-se um fissurômetro, que possibilita analisar o desenvolvimento e o grau de risco que a edificação está sofrendo e, assim, identificar a origem dessas patologias, bem como corrigi-las para que não resulte em grandes complicações e até mesmo desabamento da obra.

4 CONCLUSÃO

Este trabalho buscou apresentar o desenvolvimento das fissuras em alvenarias decorrentes da movimentação estrutural de uma edificação, por meio dos recalques diferenciais. Cabe destacar que o surgimento de fissuras em alvenarias não é gerado por um único fator, mas é resultante da combinação de múltiplos fatores desfavoráveis. Além disso, verifica-se a importância de estudo das características dos maciços do solo, pois a interação solo-estrutura pode acometer o desempenho útil das edificações, a segurança estrutural, a estética e o bem-estar dos moradores.

Como as fissuras não constituem especificamente uma manifestação patológica em todos os seus casos, é muito importante que sejam realizados testes e ensaios no solo, para se verificar os tipos e características dos materiais para que seja executada uma fundação ideal, independente do porte da obra, a fim de que, futuramente, essas edificações não sofram determinados danos oriundos dos recalques. E, em razão do aparecimento dessas manifestações originadas das fissuras, é necessário acompanhar constantemente seu desenvolvimento, se caso forem se desenvolvendo, procurar profissional responsável para sanar o problema antes que sua edificação possa entrar em um quadro de risco alto, causando sua ruína.

REFERÊNCIAS

ALONSO, U. R. **Previsão e Controle das Fundações**. São Paulo: Edgar Blucher, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 6118**: Projetos de Estrutura de Concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

_____. **NBR 6122**: Projeto e Execução de Fundações. Rio de Janeiro, 2010.

CAPUTO, H. P. **Mecânica dos solos e suas aplicações**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. v. 2.

_____. **Mecânica dos solos e suas aplicações**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015. v. 1.

DAS, B. M. **Fundamentos de Engenharia Geotécnica**. 7. ed. São Paulo: Thomson Learning, 2011.

HACHICH, W. et al. **Fundações**: Teoria e Prática. São Paulo: PINI, 1998.

MILITITSKY, J.; CONSOLI, N. C.; SCHINAID, F. **Patologias das Fundações**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

OLIVEIRA, A. M. **Fissuras, Trincas e Rachaduras causadas por recalque diferencial de fundações**. 2012. 54 f. Monografia (Especialização em Gestão de Avaliações e Perícias) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

PINTO, C. S. **Curso Básico de Mecânica dos Solos**. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

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

SOUZA, V. C.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: PINI, 1998.

SUMENSSE, K. C. A; SANDERS, C. **Patologia de Fundações**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Técnico em Edificações) – Instituto Federal do Paraná, Foz do Iguaçu, 2016.

THOMAZ, E. **Trincas em Edifícios**: Causas, Prevenção e Recuperação. São Paulo: PINI, 1989.

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