

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

RENNAN SALES DA CONCEIÇÃO

**ESTUDOS DAS PATOLOGIAS EM CONCRETO ARMADO E ALVENARIA EM  
CONSTRUÇÕES RESIDENCIAIS DO SÍTIO TAMANCÃO NA CIDADE DE SÃO  
LUÍS – MA**

São Luís  
2017

RENNAN SALES DA CONCEIÇÃO

**ESTUDOS DAS PATOLOGIAS EM CONCRETO ARMADO E ALVENARIA EM  
CONSTRUÇÕES RESIDENCIAIS DO SÍTIO TAMANCÃO NA CIDADE DE SÃO  
LUÍS – MA**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual do Maranhão para o grau de Bacharel em Engenharia Civil.  
Orientador: Prof. Dr. Eduardo Aurélio Barros Aguiar

São Luís – MA

2017

Conceição, Rennan Sales da.

Estudo das patologias em concreto armado e alvenaria em construções residenciais do Sítio Tamancão na cidade de São Luís – MA / Rennan Sales da Conceição – São Luís, 2017.

66 p.

Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual do Maranhão, 2017.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Aurélio Barros Aguiar.

1. Patologia. 2. Concreto armado. 3. Alvenaria. 4. Diagnóstico.  
I. Título.

CDU 624.012.45(812.1)

## DEDICATÓRIA

Aos meus pais por acreditarem em mim e  
me oferecerem todo o suporte necessário  
para a realização desse sonho.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus primeiramente, por ter me guiado por esse caminho, feito eu superar todas as minhas dificuldades e ter colocado em meu caminho essa quantidade de pessoas boas que fazem parte da minha vida.

Aos meus pais Railton e Zila, por serem exemplos que trabalho duro e dedicação tem sim recompensa e por ter me dado todo amor, carinho, apoio e incentivo para trilhar essa jornada.

Aos meus irmãos Rayanne, Kelson e Railson, pelo companheirismo, confiança, amizade e ajuda que eles sempre me ofereceram durante toda a minha vida.

A minha namorada Elaine pelo apoio, amor, carinho e incentivo que ela tem me dado, por ter toda paciência e preocupação por mim e estar sempre ao meu lado.

A minha tia Zulenir, por ter ajudado na minha criação e oferecer todo suporte para eu seguir o meu caminho nos estudos.

Ao meu orientador, por ter me aconselhado e ajudado a realizar este trabalho.

Aos meus amigos que fiz no curso pela amizade e confiança, por estarem sempre presente durante toda essa caminhada, por todos os finais de semana de estudo e que se tornaram verdadeiros irmãos.

A esta Universidade, seu corpo docente, direção e administração, por me oferecerem a estrutura e os ensinamentos necessários para meu progresso na vida acadêmica ao longo da graduação.

## **RESUMO**

Os edifícios apresentam um prazo de vida útil estimado, porém esse tempo pode ser prolongado ou encurtado conforme a qualidade das etapas de projeto, execução e utilização dessa edificação. Este trabalho apresenta uma revisão bibliográfica sobre as principais patologias manifestadas em concreto armado e alvenaria em edificações, buscando determinar as suas origens e causas. Com base nas informações coletadas foi feito um estudo de caso sobre residências que tiveram um baixo controle de qualidade em suas etapas construtivas, localizadas no bairro Sítio Tamancão na cidade de São Luís –MA, e apresentaram manifestações patológicas decorrentes de recalque diferencial das fundações e desgastes devido a ação de agentes agressores em suas estruturas. O trabalho apresentando analisa e expõe a importância de um bom planejamento de obra e conhecimento sobre patologias da construção.

Palavras-chave: Patologia, concreto armado, alvenaria, diagnóstico.

## **ABSTRACT**

The buildings have an estimated useful life, but this time could be extended or shortened according to the quality of the stages of design, execution and use of this building. This work presents a literature review on the main pathologies manifested in reinforced concrete and masonry in buildings, seeking to determine their origins and causes. Based on the collected information, a case study was made on residences that had a low quality control in their construction stages, located in the Sítio Tamancão neighborhood in the city of São Luís -MA, and presented pathological manifestations resulting from differential repression of the foundations and wear due to the action of aggressive agents on their structures. The work presented analyzes and exposes the importance of good planning of work and knowledge about construction pathologies.

Key words: Pathology, reinforced concrete, masonry, diagnosis.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Fluxograma genérico para a diagnose de uma estrutura convencional de concreto armado. ....	18
<b>Figura 2</b> - Retração em laje de concreto. ....	22
<b>Figura 3</b> - Exemplo de fissura de assentamento plástico ou movimentação de fôrmas. ....	23
<b>Figura 4</b> - Fissuração típica de retração superficial. ....	24
<b>Figura 5</b> - Reação álcali-agregado em uma fundação. ....	24
<b>Figura 6</b> - Variação volumétrica do concreto, Av. Iguçu- PA. ....	25
<b>Figura 7</b> - Fissuras verticais em silos por efeito da tração tangencial. ....	26
<b>Figura 8</b> - Ensaio de flexão em viga de concreto armado. ....	27
<b>Figura 9</b> - Fissuras de uma viga mal dimensionada contra o cisalhamento. ....	28
<b>Figura 10</b> - ilustração de manifestação de fissuras em barra sob esforço de torção. ....	28
<b>Figura 11</b> - Carbonatação condicionada pela fissuração. ....	29
<b>Figura 12</b> - Representação do avanço da frente de carbonatação. ....	30
<b>Figura 13</b> - A expansão dos tijolos por absorção de umidade provoca o fissuramento vertical na alvenaria no canto do edifício. ....	37
<b>Figura 14</b> - Movimentação que ocorrem numa laje de cobertura, sob ação da elevação da temperatura. ....	38
<b>Figura 15</b> - Fissura paralela ao plano da laje no encontro entre laje de cobertura e alvenaria. ....	38
<b>Figura 16</b> - Fundações contínuas solicitadas por carregamentos desbalanceados: o trecho mais carregado apresenta maior recalque, originando-se trincas de cisalhamento no painel. ....	40
<b>Figura 17</b> - Recalque diferenciado por consolidações distintas do aterro carregado. ....	40
<b>Figura 18</b> - Recalque diferencial sofrido pelo Ed. Núncio Malzone em Santos. ....	41
<b>Figura 19</b> - Fundações assentadas sobre seções de corte e aterro, trincas de cisalhamento nas alvenarias. ....	41
<b>Figura 20</b> - Recalque diferenciado por falta de homogeneidade do solo. ....	41
<b>Figura 21</b> - Fissura de recalque vertical: as partes seccionadas da construção comportam-se individualmente como corpos rígidos. ....	42

<b>Figura 22</b> - Recalque diferenciado por rebaixamento do lençol freático. O terreno foi cortado à esquerda do edifício. ....	42
<b>Figura 23</b> - Recalque diferenciados entre pilares: surgem trincas inclinadas na direção do pilar que sofreu maior recalque. ....	43
<b>Figura 24</b> - Trinca provocada por recalque advindo da contração do solo, devida à retirada de água por vegetação próxima. ....	43
<b>Figura 25</b> - Fluxograma de atuação da pesquisa. ....	45
<b>Figura 26</b> - Planta de situação da região de estudo. ....	46
<b>Figura 27</b> –Mapeamento do Sítio Tamancão evidenciando as residências abordadas por esse estudo. ....	47
<b>Figura 28</b> - Residência 1. ....	47
<b>Figura 29</b> - Detalhe da fissura causada pela rotação do apoio da viga. ....	48
<b>Figura 30</b> -Movimentação da estrutura devido ao recalque dos pilares de apoio. ....	48
<b>Figura 31</b> - Fundação da residência 1 e em segundo plano vemos o solo de mangue da região. ....	49
<b>Figura 32</b> - Residência 2. ....	49
<b>Figura 33</b> - Vista interior da residência. ....	50
<b>Figura 34</b> - Movimento da parede devido ao recalque. ....	51
<b>Figura 35</b> - Detalhe da fissura na lateral direita da residência 2. ....	51
<b>Figura 36</b> - Movimentação sofrida na lateral direita da residência 2. ....	52
<b>Figura 37</b> - Detalhe da fissura na lateral esquerda da residência 2. ....	52
<b>Figura 38</b> - Movimentação sofrida na lateral esquerda da residência 2. ....	53
<b>Figura 39</b> - Detalhe de exposição da armadura do pilar. ....	54
<b>Figura 40</b> - Detalhe de armadura exposta da verga. ....	54
<b>Figura 41</b> - Residência 3. ....	55
<b>Figura 42</b> - Detalhe da armadura exposta do pilar da fachada. ....	55
<b>Figura 43</b> - Residência 5. ....	56
<b>Figura 44</b> - Detalhe da armadura exposta do pilar da residência 5. ....	56
<b>Figura 45</b> - Residência 4. ....	57
<b>Figura 46</b> - Movimento do muro causado pelo recalque. ....	57
<b>Figura 47</b> - Detalhe da fissura da residência 4. ....	58
<b>Figura 48</b> - Fundação exposta devido ao desmoronamento do solo. ....	58
<b>Figura 49</b> - Residência 6. ....	59

<b>Figura 50-</b> Fissuras no quarto causado pelo recalque e ausência de verga e contraverga. ....	59
<b>Figura 51</b> - Movimentação da alvenaria devido ao recalque do pilar.....	60
<b>Figura 52</b> - Fissura causada pelo recalque da parede da fachada.....	60
<b>Figura 53</b> - Fissura causada pelo recalque da parede da fachada 2.....	61
<b>Figura 54-</b> Movimento da parede devido ao recalque do pilar do fundo da residência a direita da imagem.....	61
<b>Figura 55</b> – Fissura decorrente do recalque do fundo a esquerda da imagem. ....	62
<b>Figura 56</b> – Movimentação da alvenaria.....	62
<b>Figura 57</b> - Fissura causada pela amarração inadequada da alvenaria com o pilar.	63

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>1.1 Justificativa</b> .....	<b>12</b>
<b>1.2 Objetivos da pesquisa</b> .....	<b>13</b>
1.2.1 Objetivo geral .....	13
1.2.2 Objetivos específicos.....	13
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>14</b>
<b>2.1 Definição de patologia</b> .....	<b>14</b>
<b>2.2 Estruturas de concreto armado</b> .....	<b>15</b>
2.2.1 Conceito .....	15
2.2.2 Inspeção da estrutura.....	15
2.2.3 Origem dos defeitos das estruturas.....	19
2.2.4 Principais patologias nas estruturas de concreto armado .....	21
2.2.5 Recuperação das Estruturas .....	30
<b>2.2 Alvenaria</b> .....	<b>34</b>
2.2.1 Conceito .....	34
2.2.2 Patologias da Alvenaria.....	34
<b>3. METODOLOGIA DA PESQUISA</b> .....	<b>44</b>
<b>3.1 Método de determinação do prognóstico da patologia</b> .....	<b>44</b>
3.1.1 Levantamento de subsídios.....	44
3.1.2 Diagnóstico da situação .....	44
3.1.3 Definição de conduta.....	45
3.1.4 Fluxograma de atuação.....	45
<b>4. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA: ESTUDO DE CASO</b> .....	<b>46</b>
<b>4.1 Residência 1</b> .....	<b>47</b>
<b>4.2 Residência 2</b> .....	<b>49</b>
<b>4.3 Residências 3 e 5</b> .....	<b>54</b>

<b>4.4 Residência 4 .....</b>	<b>56</b>
<b>4.5 Residência 6 .....</b>	<b>59</b>
<b>5. CONCLUSÃO .....</b>	<b>64</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>65</b>

## **1. INTRODUÇÃO**

A construção civil vive em ritmo acelerado de desenvolvimento. Devido a esse ritmo associado a uma demanda cada vez mais crescente por edificações, observou-se um elevado número de construções relativamente novas apresentando desempenho insatisfatório, em função de falhas involuntárias, imperícias, má utilização dos materiais empregados, erros de projetos, intempéries, sobrecargas entre outros.

Com base nesse ritmo acelerado, algumas construções acabam por não atender a suas funções, devido ao despreparo de profissionais, período de tempo inadequados para a construção, ausência de estudos e pesquisas sobre onde e como construir. Levando em conta o exposto deve-se buscar uma evolução constante na melhoria e qualidade das obras, prevenir defeitos futuros e um vasto conhecimento no desenvolvimento e causa dos problemas patológicos das edificações.

Na construção civil atribui-se patologia aos estudos dos danos ocorridos em edificações. Essas patologias podem se manifestar de diversas formas: trincas, fissuras, rachaduras, entre outras. Portanto pode-se dizer que Patologia das Estruturas é o campo da Engenharia das Construções que se ocupa do estudo das origens, formas de manifestações, consequências e mecanismos de ocorrência das falhas e dos sistemas de degradação das estruturas.

Com esse intuito este trabalho busca fazer uma análise e adotar soluções através de casos de defeitos estruturais em concreto armado e alvenaria de vedação encontrados em residências do bairro do Sítio Tamancão na cidade de São Luís – MA, buscando sempre uma melhor manutenção e vida útil das obras do local.

### **1.1 Justificativa**

O tema foi selecionado porque os estudos das causas das patologias na construção civil envolvem diversos fatores que causam as perdas de desempenho das edificações. Uma grande maioria das construções de hoje possuem uma idade significativa, e com isso apresentam desgaste devido à má utilização ou falta de manutenção.

A escolha por este tema se justifica pela deficiência de preparo de diversos profissionais da área de construção civil no planejamento e execução de manutenção das construções e na identificação de problemas patológicos encontrados nessa área.

Um engenheiro civil aperfeiçoa suas técnicas e conceitos com experiências vividas na profissão e saber lidar com esses problemas de casos patológicos é uma das maneiras mais corretas de se interferir sobre a estrutura.

Considera-se este trabalho importante devido à necessidade de se fazer um levantamento das patologias detectadas no bairro Sítio Tamancão na cidade de São Luís - MA, a qual a partir desta se poderá realizar um estudo para determinar as causas desses problemas e propor alternativas de intervenção.

## **1.2 Objetivos da pesquisa**

### **1.2.1 Objetivo geral**

Apresentar e analisar algumas definições de conceitos e casos de problemas patológicos encontrados em construções residenciais no bairro Sítio Tamancão na cidade de São Luís - MA, através de análise, inspeção visual, diagnóstico, prognóstico e tratamento oferecendo recomendações para evitá-las.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Pesquisar as principais incidências dos problemas patológicos;
- Propor procedimentos para a solução e prevenção, evitando que os mesmos se repitam;
- Abordar as recomendações para a manutenção das construções;
- Demonstrar um estudo de caso com base em construções residenciais do bairro Sítio Tamancão na cidade de São Luís –MA.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 Definição de patologia**

O edifício é criado para atender as mais vastas necessidades humanas e, com isso, ele deve ser planejado para atender tais necessidades. Porém nem sempre a edificação é bem planejada e dessa forma surgem falhas. Assim podemos dizer que Patologia da Construção é o estudo de origens, sintomas e a natureza de toda manifestação de defeito ou degradação do material que comprometem as funções de uma estrutura.

Para Lantás (2010) as patologias são modificações estruturais e ou funcionais causadas por doença no organismo, ou seja, tudo que provoca a degradação de suas propriedades físicas e ou estruturais ou do material, o qual esteja sendo solicitado. As edificações também podem manifestar patologias, comparáveis as doenças: trincas, rachaduras, fissuras, manchas, descolamentos, deformações, rupturas, corrosões, oxidações, entre outros, assim chamada de Patologia da Construção. Também pode ser entendida como o baixo ou o fim do desempenho da estrutura, em relação à estabilidade, estética, servibilidade e, principalmente, durabilidade da mesma com relação às condições que está submetida.

O estudo das patologias nas construções é muito complexo, pois podem ser originadas pelas mais diversas causas, como por exemplo: reações químicas, sobrecargas estruturais, materiais de baixa qualidade, recalque da fundação, natureza, falhas de projeto ou execução entre outros. Na maioria das vezes é observado o descuido com os reparos dessas construções, sendo detectado soluções superficiais ou apresentando reforços injustificados, pois há técnicas e equipamentos bastante evoluídos para identificar e relatar qualquer diagnóstico sobre a maioria dos problemas patológicos.

Para se obter êxito em um tratamento patológico é necessário que haja um diagnóstico completo da estrutura, devendo esclarecer seus sintomas, mecanismos, origens e causas.

## 2.2 Estruturas de concreto armado

### 2.2.1 Conceito

Concreto armado é uma estrutura de concreto composto por armações de barras de aço utilizadas para combater os esforços de tração que o concreto não consegue resistir. O concreto armado é utilizado em projetos de edificações, portos, pontes, rodovias, entre outros tipos de construções, tendo ainda a capacidade de resistir a ações da natureza, sobrecargas e vários tipos de carregamentos.

Ainda que o concreto aumente a sua resistência com o tempo e sendo considerado um material quase eterno, ele corre o risco de apresentar manifestações patológicas, podendo elas serem causadas pelo homem ou pelo meio ambiente, fazendo assim com que a sua capacidade resistente diminua, tornando-o ineficaz para a finalidade em que foi dimensionado.

### 2.2.2 Inspeção da estrutura

Quando se percebe uma manifestação patológica em estruturas de concreto armado, é importante efetuar uma vistória minuciosa observações visuais que devem ser extremamente planejadas para poder ser estabelecido a real situação em que se encontra a estrutura, avaliando as manifestações existentes, suas origens, dos mecanismos e dos danos subsequentes, de forma que possa avaliar sobre as técnicas mais eficazes a serem executadas.

É uma atividade técnica especializada que abrange a coleta de elementos, de projeto e de construção, o exame minucioso da construção, a elaboração de relatórios, a avaliação do estado da obra e as recomendações, que podem ser de nova vistória, de obras de manutenção, de recuperação, de reforço ou de reabilitação da estrutura (Helene, 2007 apud Tutikian e Pacheco, 2013, p.6).

Para Souza e Ripper (1998) é necessário adotar providências e limites a seguir quanto à avaliação da periculosidade de determinados mecanismos de deterioração. Para uma inspeção de estruturas convencionais são necessárias três etapas básicas: levantamento de dados, análise e diagnóstico.

### 2.2.2.1 Levantamento de dados

Para o levantamento de dados são necessários seis passos para que se obtenha informações suficientes para uma análise correta das condições da estrutura: análise do meio ambiente, levantamento visual e medições expeditas da estrutura, estimativa das prováveis consequências dos danos, levantamento detalhado dos sintomas patológicos e, por fim, instrumentação da estrutura e realização de ensaios especiais.

#### 2.2.2.1.1 Análise do meio ambiente

Para se estimar a vida útil de uma estrutura é levado em conta, além de suas propriedades mecânicas, as condições ambientais em que a estrutura estará inserida. Fatores como temperatura, umidade, vento, poluição e agressividade da água influenciam muito na degradação do concreto e todo planejamento de construção deve respeitar essas características naturais do meio. Um exemplo disso é o que acontece em cidades praianas que tem as suas construções atacadas por cloretos provenientes das maresias que atingem rapidamente a armaduras e põe em risco a integridade das armaduras.

#### 2.2.2.1.2 Levantamento visual e medições expeditas da estrutura

Deve ser feito uma vistoria in loco da estrutura, tomando nota de todas as anomalias observadas, fazer medições nos principais elementos da estrutura.

#### 2.2.2.1.3 Estimativa das prováveis consequências dos danos

Conforme observação do responsável pela vistoria sobre as características apresentada pela estrutura, é possível estimar as prováveis consequências dos danos da estrutura, como vão se comportar e se serão necessárias medidas emergenciais como escoramento total ou parcial da estrutura, alívio no carregamento da estrutura ou até a interdição do local.

#### 2.2.2.1.4 Levantamento detalhado dos sintomas patológicos

Segundo Souza e Ripper (1998), o levantamento detalhado dos sintomas patológicos deve conter documentação fotográfica, medidas de deformações,

avaliação da presença de cloretos ou de outros agentes agressores, de carbonatação, medidas de fissuras e de perda de seção em barras de aço, etc.

#### 2.2.2.1.5 Análise do projeto original e dos projetos de modificações

A análise de projetos irá determinar a possível origem das anomalias da construção, se houve deficiências na concepção ou dimensionamento da estrutura ou escassez de estudos sobre a área da edificação.

#### 2.2.2.1.6 Instrumentação da estrutura e realização de ensaios especiais

Para Souza e Ripper (1998) este passo deve apresentar as seguintes informações:

- Tipologia e intensidade dos sistemas de deterioração e dos agentes agressores;
- Medições: geometria, nível, prumo e excentricidades; mapeamento das fissuras; determinação de flechas residuais; evolução da abertura de fissuras e de deformações, etc.;
- Estudos e ensaios: verificação dimensional dos elementos (seção transversal do concreto; armaduras; cobrimento, etc.); investigação geotécnica; avaliação da resistência do concreto e das características do aço; etc.

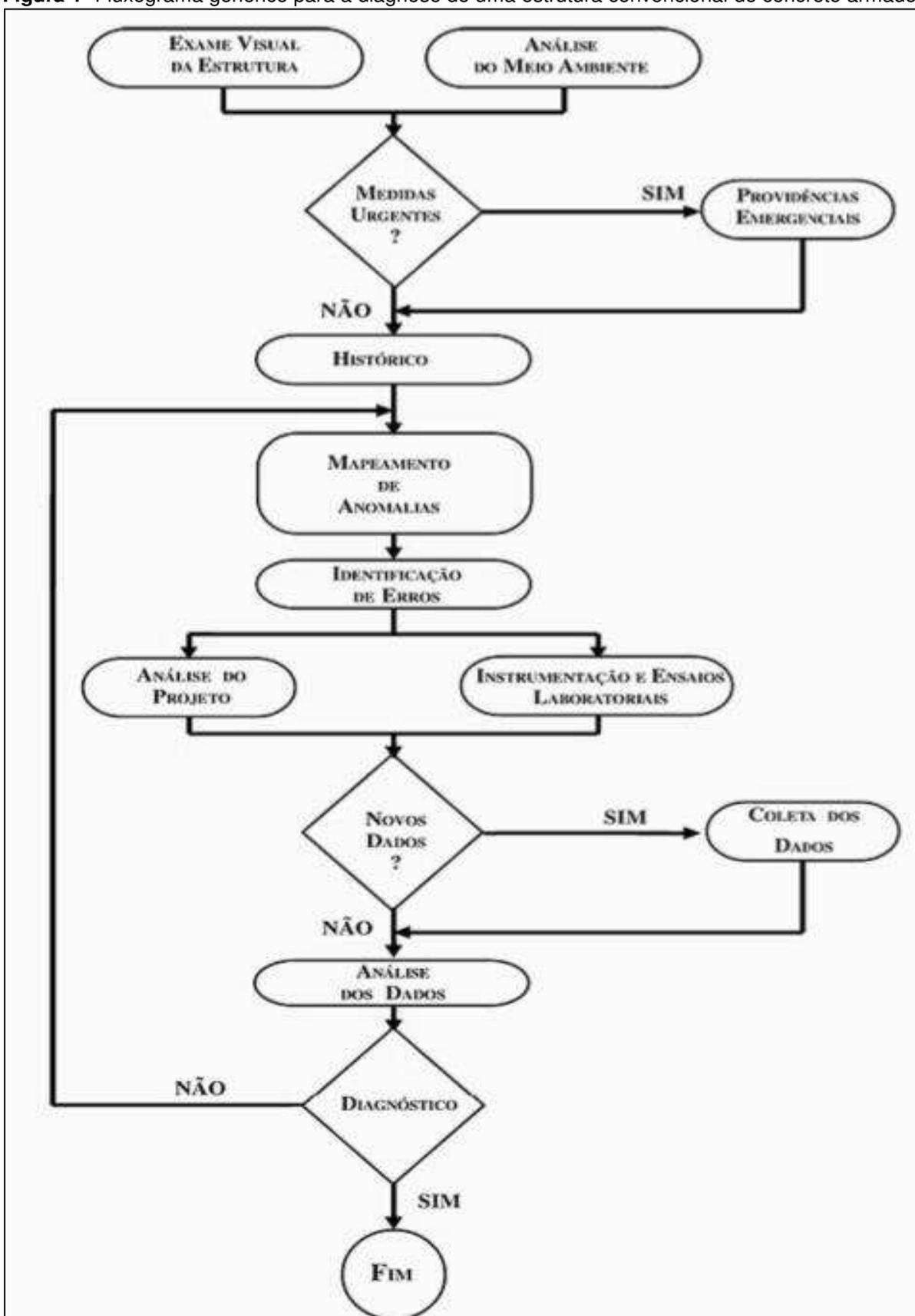
#### 2.2.2.2 Análise

Essa etapa conduzirá o analista a um entendimento maior da origem e como se desenvolveu os sintomas patológicos da estrutura. Esta análise esclarecerá se existe, ou não, outras anomalias mais graves na estrutura ou se houve mais de um fator gerador do sintoma patológico analisado.

#### 2.2.2.3 Diagnóstico

O diagnóstico é feito após as duas primeiras etapas. Fatores técnico, econômico e de segurança são levados em conta, o que induz o analista a conclusões diversas, podendo a demolição ser a decisão mais viável, se considerado a extensão dos danos e do alto custo de reparos ou reforço.

Figura 1- Fluxograma genérico para a diagnose de uma estrutura convencional de concreto armado.



Fonte: Souza e Ripper (1998).

### 2.2.3 Origem dos defeitos das estruturas

Conforme Souza e Ripper (1998) em nível de qualidade, exige-se para a etapa de concepção, a garantia de plena satisfação do cliente, de facilidade de execução e de possibilidade de adequada manutenção; para a etapa de execução, será de garantir o fiel atendimento ao projeto, e para a etapa de utilização, é necessário conferir a garantia de satisfação do utilizador e a possibilidade de extensão da vida útil da obra.

Quando se tem a necessidade que um produto alcance um nível ideal de sucesso e que atenda as expectativas para o qual foi criado, é essencial que se tenha um planejamento de ações programadas e sistêmicas que tenham conformidade com as exigências do proprietário da construção e que satisfaçam o processo construtivo. Com isso, os problemas patológicos na construção civil podem ser originados dentro de três etapas fundamentais para que o produto final atinja o nível de qualidade desejado, são elas: concepção, execução e utilização.

#### 2.2.3.1 Patologias geradas na etapa de concepção

As falhas que podem ocorrer nessa etapa são variadas, podendo ser originadas durante o estudo preliminar, na execução do anteprojeto, ou durante a criação do projeto de execução.

[...]as falhas originadas de um estudo preliminar deficiente, ou de anteprojetos equivocados, são responsáveis, principalmente, pelo encarecimento do processo de construção, ou por transtornos relacionados à utilização da obra, enquanto as falhas geradas durante a realização do projeto final de engenharia geralmente são as responsáveis pela implantação de problemas patológicos sérios[...] (HELENE, 1992 apud Sena, 2015, p. 8)

De acordo com Souza e Ripper (1998), essa etapa é responsável por implantação de problemas patológicos sérios e podem ser os seguintes:

- Elementos de projeto inadequados (má definição das ações atuantes ou da combinação mais desfavorável das mesmas, escolha infeliz do modelo analítico, deficiência no cálculo da estrutura ou na avaliação da resistência do solo, etc.);
- Falta de compatibilização entre a estrutura e a arquitetura, bem como com os demais projetos civis;
- Especificação inadequada de materiais;
- Detalhamento insuficiente ou errado;

- Detalhes construtivos inexequíveis;
- Falta de padronização das representações (convenções);
- Erros de dimensionamento.

### 2.2.3.2 Patologias geradas na etapa da execução da estrutura

A etapa de execução da estrutura deve ser iniciada logo após terminada a etapa de concepção com todos os seus estudos e projetos necessários, porém esta sequência raramente acontece, levando a alterações e adaptações de projeto já durante a obra, sendo um dos grandes motivos de aparecimento de anomalias na construção.

Outro ponto determinante para o aparecimento de falhas na etapa de execução é o mau planejamento de canteiro de obras, visto que a Construção Civil é uma indústria de caráter nômade e vive em constante mudanças, conforme a fase de produção e de evolução da construção.

Porém a ocorrência de problemas patológicos decorrentes da etapa de execução, na maioria dos casos é decorrente da baixa qualificação profissional em muitos casos, aliado a qualidade inadequada de alguns materiais proporcionam esse tipo de ocorrência nessa etapa.

### 2.2.3.3 Patologias geradas na etapa de utilização da estrutura

Por fim, terminadas as etapas de concepção e execução, podendo estas terem qualidade necessária para um bom desempenho da estrutura, a edificação ainda pode sofrer danos causados pela má utilização ou falta de manutenção adequada para a estrutura. Este problema tem sua origem devido a manutenção inadequada, desconhecimento técnico, incompetência ou até mesmo problemas econômicos por parte do proprietário.

A falta de manutenção adequada a estrutura pode ser responsável por causar o surgimento de problemas bem maiores na estrutura, implicando em gastos bastante significativos, ou até mesmo, se for o caso mais viável, a demolição.

## 2.2.4 Principais patologias nas estruturas de concreto armado

Helene (1992) define patologia como a parte da Engenharia que estuda os sintomas, os mecanismos, as causas e as origens dos defeitos das construções civis, ou seja, é o estudo das partes que compõem o diagnóstico do problema.

De todas as patologias conhecidas do concreto armado as que mais se destacam e que são mais frequentes nas estruturas são: fissuração, corrosão das armaduras e carbonatação do concreto.

### 2.2.4.1 Fissuração

As fissuras no concreto são, de todas as patologias as que mais assustam as pessoas leigas, devido ao fato de causar a sensação de que a estrutura entrará em colapso a qualquer instante. Essa patologia é um fenômeno bastante antigo, sendo motivo de estudos e análises de tempos tão antigos quanto o próprio concreto armado, talvez por essa razão, a fissura seja um dos sintomas mais marcantes das doenças do concreto armado.

[...] a caracterização da fissuração como deficiência estrutural dependerá sempre da origem, intensidade e magnitude do quadro de fissuração existente, posto que o concreto, por ser material com baixa resistência à tração, fissurará por natureza, sempre que as tensões trativas, que podem ser instaladas pelos mais diversos motivos, superarem a sua resistência última à tração. (SOUZA e RIPPER, 1998, p.57)

Segundo Carmona (2013) o dano mais recorrente que se manifesta no concreto é a fissuração excessiva, seja por efeitos das modificações internas ao longo do tempo denominadas de efeitos reológicos ou por efeito de esforços aplicados às peças, o que é suportado pela quase totalidade dos trabalhos de danos.

#### 2.2.4.1.1 Fissuração do concreto plástico

Nesse caso são consideradas as fissuras que ocorrem no intervalo de lançamento do concreto e o começo do endurecimento, algo em torno de 10 min e 2 horas. Nesta fase a fissura pode se originar devido a retração ou devido ao assentamento plástico.

### a) Retração

Este problema é decorrente da perda excessivamente rápida da água do concreto por evapotranspiração, em seu estado fresco. Este processo é acelerado pela exposição de sua superfície às intempéries como vento, baixa umidade relativa do ar e aumento da temperatura ambiente. Para eliminar os efeitos superficiais deste processo, deve-se deixar a umidade do concreto acima das condições de saturação, durante o seu período de cura, para evitar a perda de água, necessária para a reação de hidratação do cimento, para a atmosfera.

As variações volumétricas são originadas de forma espontânea apenas em alguns dos componentes da estrutura interna do concreto. Assim sendo, criam-se tensões internas na estrutura, havendo interação entre os fenômenos de retração e os de deformação lenta e relaxamento.

Na figura 2 podemos verificar as fissuras ocasionadas por esse tipo de patologia.

**Figura 2** - Retração em laje de concreto.



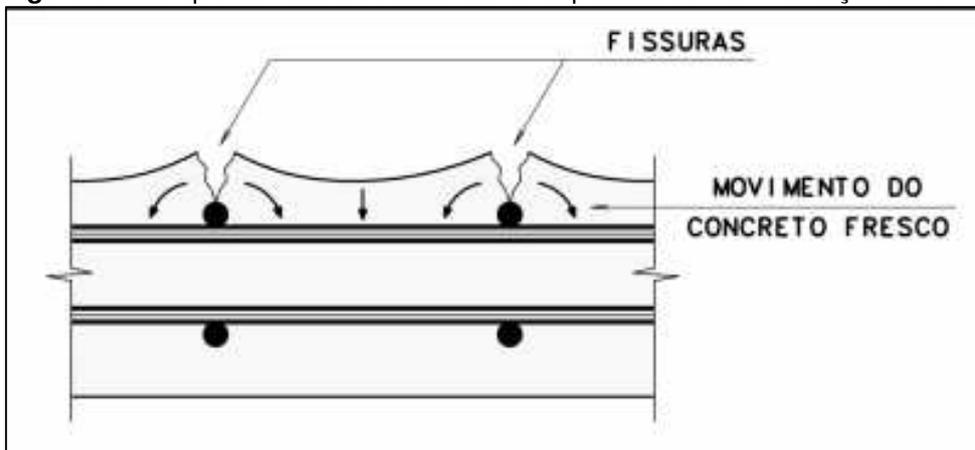
**Fonte:** Autor (2017)

### b) Assentamento plástico

É causado por equívocos decorrentes da movimentação das fôrmas devido a: mau adensamento do concreto no lançamento, retirada do mesmo na sequência errada, exsudação, escoramento mal executado entre outros. Estas movimentações causam uma alteração da geometria da peça de concreto e resulta na perda da capacidade resistente da peça.

[...]o diagnóstico desse caso geralmente acusa que este tipo de fissura ocorre em casos de concretagem simultâneas de pilares, vigas e lajes, com concreto de fluidez elevada e fôrmas não estanques. (HELENE, 1992 apud SENA, 2015, p.15)

**Figura 3-** Exemplo de fissura de assentamento plástico ou movimentação de fôrmas.



**Fonte:** Carmona (2013)

#### 2.2.4.1.2 Fissuração do concreto endurecido

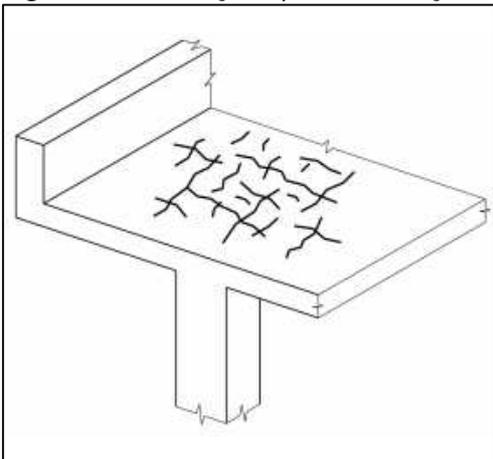
Estas fissuras são originadas após a fase plástica do processo de secagem do concreto, podendo ser decorrentes de movimentação térmica, assentamento diferencial dos apoios e à precoce retração do endurecimento.

Esses tipos de manifestação patológicas são causadas por mecanismos além dos estruturais, como: físicos, químicos e térmicos.

##### a) Fenômenos físicos

Estes fenômenos são responsáveis pela retração por secagem, já mencionado anteriormente, sendo um fenômeno causado pela saída da água da pasta do concreto que causa uma retração volumétrica e somente ocorrerá a fissura caso o elemento retraído estiver impedido de tal movimentação.

**Figura 4** - Fissuração típica de retração superficial.



**Fonte:** Carmona (2013)

#### b) Fenômenos químicos

Estes fenômenos são responsáveis por patologias decorrentes de reações não esperadas no concreto. Dentre esses fenômenos se destaca a reação expansiva álcali-agregado.

Essa reação ocorre na presença de álcalis do cimento e minerais presentes em agregados que causam reações expansivas pela formação de um gel expansivo que absorve água por osmose e se expande entre os poros do concreto, até que os espaços vazios terminem e leve a um aumento de tensão e podem levar a estrutura a ruína. Esse aumento nos esforços internos pode causar a fissuração, e a perda de resistência do concreto.

**Figura 5** - Reação álcali-agregado em uma fundação.



**Fonte:** Obra24horas Disponível em: <<http://www.obra24horas.com.br/materias/construcao/reacoes-expansivas-atingem-edificacoes-urbanas>> Acesso em: 29/10/2017

### c) Fenômenos Térmicos

O concreto assim como qualquer outro material está sujeito a variações de temperatura interna ou externa, em diferentes fases de sua vida. As fissuras são originadas devido à variação sazonal da temperatura e ao calor de hidratação.

A variação da temperatura ambiente não se transmite instantaneamente ao concreto, mas tem uma ação retardada sobre a variação da temperatura deste, sendo de amplitude tanto menor quanto mais afastado da superfície exposta ao ar estiver o ponto considerado. (Almeida, 2002 p.10)

No caso de calor de hidratação, há uma série de reações exotérmicas no concreto nas primeiras horas de lançamento que provocam alterações em sua temperatura. A velocidade e a quantidade desse calor estão relacionadas a composição do cimento, ao modo como decorrerá a cura do concreto e ao grau de difusibilidade térmica do agregado. Essa fissuração se manifestará devido à diferença de temperatura interna e externa da peça de concreto.

**Figura 6** - Variação volumétrica do concreto, Av. Iguazu- PA.



**Fonte:** Tribuna-pr. Disponível em: <<http://www.tribunapr.com.br/noticias/parana/forte-calor-faz-concreto-dilatar-na-avenida-iguacu/>> Acesso em: 30/10/2017.

#### 2.2.4.1.3 Fissuração causadas por esforços em serviço

##### a) Tração

Tração é uma solicitação que tende a alongar a peça no sentido do eixo de ação da força aplicada. O concreto é um material muito resistente ao esforço de compressão, porém pouco resistente ao esforço de tração, por isso as fissuras, nesse caso ocorrem devido à insuficiência da armadura da peça de concreto ou quando esta está mal posicionada no projeto ou execução.

**Figura 7**-Fissuras verticais em silos por efeito da tração tangencial.



**Fonte:** Carmona (2013).

#### b) Compressão

Compressão é uma solicitação que tende a encurtar, a estrutura solicitada, no sentido da força aplicada. A resistência característica a compressão do concreto é uma das principais propriedades do concreto.

Para Helene (1992), essas manifestações patológicas ocorrem devido à má colocação ou insuficiência de estribos, carga superior à prevista, concreto de resistência inadequada ou mau adensamento do concreto.

Segundo Souza e Ripper (1998), também nos casos em que o esforço predominante é de compressão, seja em situação compressivas simples ou de flexão composta, poderá ser desenvolvido um quadro de fissuração de significativa importância, sempre que a resistência última do concreto for ultrapassada.

#### c) Flexão

A flexão é uma solicitação que tende a modificar o eixo geométrico de uma peça, deixando-a parcialmente comprimida e parcialmente tracionada. As fissuras, nesse caso, aparecem nas regiões tracionada e segundo Helene (1992), “fissuras de flexão ocorrem devido a armadura ou ancoragem insuficientes, sobrecargas não previstas ou armadura mal posicionada no projeto ou na execução”.

Quando o concreto atinge tensão normal igual à resistência à tração do concreto, aparece fissuras de flexão perpendicular à direção dessa tensão e o aço

passa a resistir à tensão de tração. Em vigas com pouca armadura longitudinal, a ruptura ocorre depois do aparecimento de fissuras ou mesmo apenas uma fissura de flexão.

**Figura 8** - Ensaio de flexão em viga de concreto armado.



**Fonte:** Guide Engenharia. Disponível em: <<https://guideengenharia.com.br/trincas-devido-flexao-de-vigas/>> Acesso em: 30/10/2017.

#### d) Cisalhamento

Cisalhamento é uma sollicitação que tende a deslocar paralelamente, em sentidos contrários, duas seções de uma peça. As fissuras de cisalhamento puro são perpendiculares às fibras tracionadas, podendo ter início na alma da viga e progredir até alcançarem as duas faces, inferior e superior, sendo que em uma delas estará sendo aplicada a carga.

Segundo Helene (1992), fissuras de cisalhamento são causadas por sobrecargas não previstas, por concreto de resistência inadequada ou estribos insuficientes ou mal posicionados no projeto ou na execução.

**Figura 9** - Fissuras de uma viga mal dimensionada contra o cisalhamento.



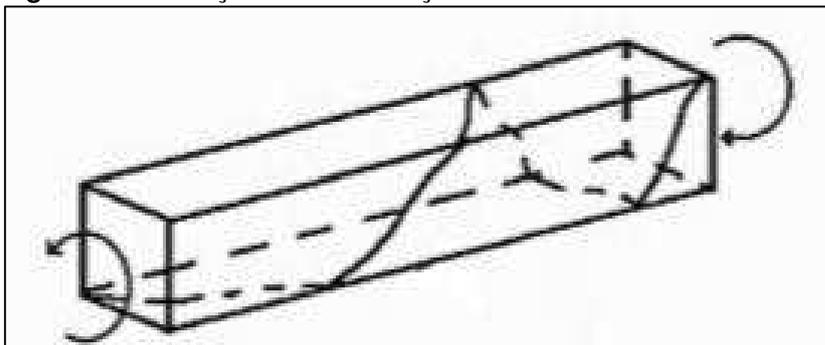
**Fonte:** Acesso em: <<https://www.youtube.com/watch?v=IHYjp0P5WGM>> Acesso em: 30/10/2017

#### e) Torção

Torção é uma solicitação que tende a girar, em sentidos contrários, duas seções de uma peça. Essa manifestação patológica aparece próximo ao apoio, onde há a maior tensão. Elas geralmente ocorrem num ângulo de 45 graus de forma simétrica, ou seja, em pares reversos, em faces opostas.

Helene (1992), diz que essa fissuração ocorre devido à desconsideração de torção compartilhada, além de sobrecargas não previstas, armadura insuficiente ou mal posicionada no projeto ou na execução.

**Figura 10** - ilustração de manifestação de fissuras em barra sob esforço de torção.



**Fonte:** Souza e Ripper (1998).

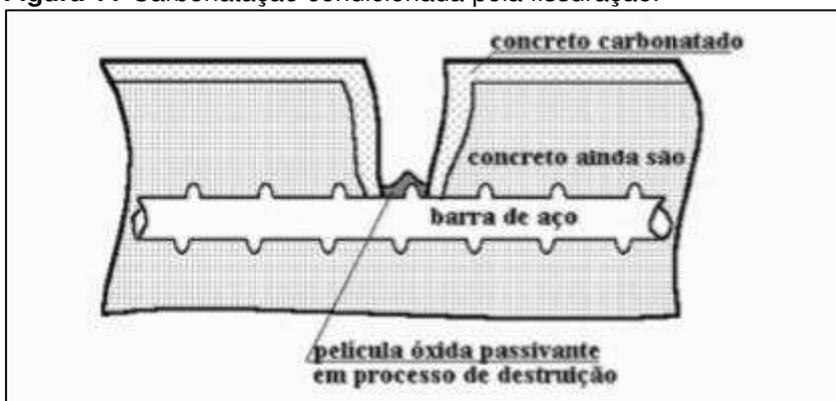
#### 2.2.4.2 Carbonatação do concreto

A carbonatação, resulta diretamente da ação dissolvente do anidrido carbônico ( $\text{CO}_2$ ), presente no ar atmosférico, sobre o cimento hidratado, com a

formação do carbonato de cálcio e a conseqüente redução do pH do concreto até valores inferiores a 9. Quanto maior for a concentração de  $\text{CO}_2$  presente, menor será o pH, ou, por outro lado, mais espessa será a camada de concreto carbonatada. (SOUZA e RIPPER,1998).

Souza e Ripper relata ainda que se a carbonatação ficasse restrita a uma espessura inferior à da camada de cobertura das armaduras, seria até benéfica para o concreto, pois aumentaria as suas resistências químicas e mecânicas. Porém o nível de fissuração do concreto aliado com a sua porosidade, a carbonatação pode atingir a armadura de aço e provocar a sua corrosão.

**Figura 11**-Carbonatação condicionada pela fissuração.



**Fonte:** Souza e Ripper (1998)

#### 2.2.4.3 Corrosão das armaduras

Corrosão é um termo que é empregado para se referir a destruição gradativa dos metais. Segundo Bauer (p. 821) a corrosão é causada pelo óxido de ferro, que se forma inicialmente, provocando um aumento no volume inicial do aço provocando fissuras no concreto por onde os agentes agressores penetram, provocando o maior aumento no óxido de ferro, aumentando a velocidade de oxidação e conseqüentemente a diminuição da resistência do concreto armado e diminuição da armadura de aço da peça estrutural.

No caso das barras de aço imersas no meio concreto, a deterioração é caracterizada pela destruição da película passivante existente ao redor de toda a superfície exterior das barras. Esta película é formada como resultado do impedimento da dissolução do ferro pela elevada alcalinidade da solução aquosa que existe no concreto. (Souza e Ripper,1998, p.65)

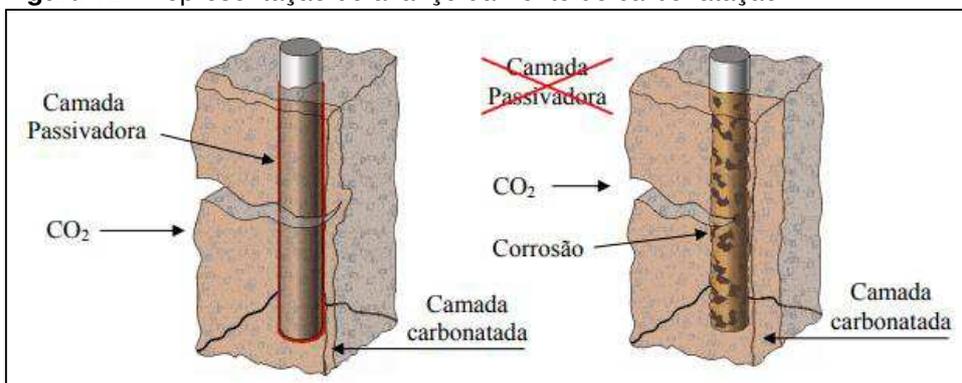
De acordo com Gambale et al. (1997) para evitar esse tipo de corrosão deve-se tomar cuidado com o uso de aditivos introduzidos no concreto que contenham

em sua fórmula o cloreto de cálcio, e cuidados especiais quando o concreto estiver sujeito a correntes elétricas.

A corrosão também pode ser causada pela ação abrasiva de agentes agressivos, como o ar e a água de locais com forte influência de atmosferas marinhas (até aproximadamente 5 km da costa marítima) que carregam partículas de cloreto que causam a aceleração da corrosão do aço do concreto armado. (GAMBALE et al., 1997)

Pequenos teores de cloreto podem ser responsáveis por grande intensidade de corrosão, pois eles não são incorporados aos produtos de corrosão, atuando na maioria dos casos como catalizadores das reações eletroquímicas. (Martins, 2005, p.14)

**Figura 12** - Representação do avanço da frente de carbonatação.



**Fonte:** Carmona (2005)

## 2.2.5 Recuperação das Estruturas

De acordo com Helene (1992), as medidas terapêuticas de correção dos problemas tanto podem incluir reparos localizados, quanto uma recuperação generalizada da estrutura ou reforços de fundações, pilares, vigas e lajes. É sempre recomendável que sejam tomadas medidas que protejam a estrutura, com implantação de um programa de manutenção periódica. Esse programa de manutenção deve levar em conta a importância da obra, a vida útil prevista, a agressividade das condições ambientais de exposição e a natureza dos materiais e medidas protetoras adotadas.

### 2.2.5.1 Serviços de reparo

De acordo com Souza e Ripper (1998), as recuperações ou reparos podem ser classificados em reparos de pequena monta e reparos de grande monta. Os reparos de pequena monta são os reparos ocasionais ou de manutenção rotineira,

que poderão ser executados, sem maiores problemas, por pessoal próprio de manutenção. São os seguintes os serviços que podem ser assim classificados:

- Reparos de partes danificadas dos pavimentos e de, incluindo a remoção do pavimento ou do revestimento danificado;
- Selagem de juntas de dilatação com elastômeros;
- Modificação da declividade em pisos, no caso em que poças d'água estejam sendo formadas;
- Reconstituição de pingadeiras e de pinturas protetoras contra a ação das águas;
- Pequenos trabalhos de reconstituição do cobrimento de armaduras que foram expostas por erosão do concreto ou por choque mecânico;
- Em pontes, os casos mais simples de nivelamento do aterro nos encontros, para que assim se elimine o choque das rodas dos veículos contra a estrutura, na entrada da ponte, e seu conseqüente efeito dinâmico;

Já os reparos de grande monta, são divididos em três grupos básicos que requerem trabalhos especializados de profissionais com qualificação, são eles:

- Revisão da impermeabilização;
- Renovação integral do pavimento;
- Execução de reparos estruturais.

## 2.2.5.2 Materiais utilizados na recuperação de estruturas

### 2.2.5.2.1 Aditivos

São produtos utilizados com a intenção de melhorar algumas propriedades dos concretos e argamassas, tanto no estado fresco quanto endurecido, a fim de se obter vantagens que normalmente não são obtidas nos traços normais.

Para Helene (1992), os aditivos normalmente são classificados segundo sua ação principal nos concretos e argamassas, sendo de maior interesse para reparos e reforços e proteção os aceleradores de pega e endurecimento, os retardadores, os redutores de água ou plastificantes e os expansores.

### 2.2.5.2.2 Argamassas

Argamassas poliméricas são argamassas à base de cimento Portland modificadas com polímeros, com agregados com graduação adequada ou

granulometria descontínua, no caso de alta resistência à abrasão. Seu uso é recomendado, por exemplo, para cobrir armaduras de aço a fim de evitar corrosões. (HELENE, 1992)

Argamassas base epóxi, ainda conforme Helene (1992), São argamassas que possuem excelente resistência a ácidos não oxidantes e álcalis e também boa resistência a alguns solventes orgânicos. Além disso essa argamassa apresenta ótimas propriedades físicas e mecânicas e boa aderência a vários tipos de superfície.

Argamassa farofa, segundo Souza e Ripper (1998) é uma mistura de cimento Portland com areia fina, na proporção de uma parte de cimento para 2,5 a 3 partes de areia em peso, com o fator água/cimento compreendido entre os valores 0,33 e 0,40. Esta argamassa é um material que é utilizado para preencher cavidades na estrutura. Por causa do baixo fator água/cimento, o fenômeno da retração é praticamente inexistente e sua resistência final também é bastante elevada.

#### 2.2.5.2.3 Concreto

Para Helene (1992), o concreto de cimento Portland é o material tradicionalmente usado em reparos e reforços. Na grande maioria das vezes requer um traço especialmente formulado que altere para melhores algumas de suas características naturais.

Este tipo de concreto pede exigências para elevado desempenho exigem acompanhamento técnico e orientação de pessoal especializado em tecnologia do concreto. Nos reparos em que é colocado o concreto novo em cavidades existentes do concreto antigo, a sua retração tende a criar fissuras na interface. Para evitar isto, utilizam-se aditivos expansores no concreto que compensa a retração do concreto fresco.

#### 2.2.5.2.4 Graute

O graute é um material fluido utilizado para restauração de falhas em elementos estruturais de concreto. Este material é utilizado para o preenchimento de espaços vazios de difícil acesso ou em estruturas que apresentam seções demasiadamente armadas. Geralmente é preparado por empresas especializadas e têm como principais atrativos a fácil aplicação, a elevada resistência mecânica e a ausência de retração.

Helene (1992) explica que “um graute de base cimento é constituído por cimento Portland comum (classe 32 ou 40), composto (classe 32 ou 40) ou de alta resistência inicial (CP V – ARI), agregados de granulometria adequada, aditivos expansores e aditivos superplastificantes”.

#### 2.2.5.2.5 Adesivos e primers

Os adesivos são materiais utilizados para colar materiais a elementos estruturais já existentes, e podem agir como protetor do substrato.

Segundo Helene (1992) adesivos e primers são materiais usados como pontes de aderência entre dois outros, sendo em geral um deles a superfície do concreto velho, também chamada de substrato. Promovem melhoria substancial de aderência entre diversos materiais tais como concreto velho/concreto novo, aço/concreto novo, concreto velho/argamassa base poliéster, etc.

Os tipos mais empregados são de base epóxi e os chamados látex. Os de base epóxi apresenta desempenho superior aos demais, porém têm a desvantagem de exigir o substrato seco, o que nem sempre é possível em obras.

#### 2.2.5.2.6 Pinturas de proteção

As pinturas para concreto são utilizadas para proteção e impermeabilização da superfície da estrutura contra agentes agressivos. Podem ser: Óleos, tintas orgânicas e Vernizes. Porém cada um tem a sua característica.

O óleo, como o próprio nome já diz, tem consistência oleosa e em geral escurecem a superfície do concreto, apresenta uma solução de neutralização ácida e não é recomendado em estruturas de concreto protendido e nem em caso de pequenos cobrimentos. Deve ser usado com cautela, pois impede aderência de novos revestimentos.

Segundo Helene (1992), tintas orgânicas são também chamadas de revestimentos anticorrosivos ou pinturas de superfície, devido à elevada proteção química que conferem à estrutura. Os pigmentos passam a ter um papel importante quando se deseja uma proteção anticorrosiva, quer seja por barreira, quer por inibição química.

Os vernizes também são destinados a impermeabilização e proteção da estrutura, porém, ao contrário do óleo, não altera substancialmente a sua aparência.

## 2.2 Alvenaria

### 2.2.1 Conceito

Alvenaria é um sistema construtivo constituído de pedras naturais, tijolos ou blocos de concreto unidos, ou não, com ligante que formam uma unidade que possui propriedades mecânicas capaz de constituir uma estrutura com resistência e estabilidade. As alvenarias podem ser estruturais ou tradicionais de vedação, esta primeira não será abordada no trabalho. Podem ser revestidas ou não.

Chamamos de alvenaria o conjunto de peças justapostas coladas em sua interface, por uma argamassa apropriada, formando um elemento vertical coeso. Esse conjunto coeso serve para vedar espaços, resistir a cargas oriundas da gravidade, promover segurança, resistir a impactos, à ação do fogo, isolar e proteger acusticamente os ambientes, contribuir para a manutenção do conforto térmico, além de impedir a entrada de vento e chuva no interior dos ambientes. (Tauil e Nesse, 2010, p.19)

A alvenaria tem como objetivo principal satisfazer as seguintes condições:

- Ser isolante térmico;
- Ser isolante acústico;
- Deve resistir a impactos;
- Não deve ser combustível;
- Ser resistente.

### 2.2.2 Patologias da Alvenaria

#### 2.2.2.1 Origem e formas de manifestação

As anomalias mais recorrentes em alvenaria geralmente são manifestadas através de fissuras resultadas da solicitação por tensões de tração e cisalhamento que são responsáveis pela maioria dos casos de patologia em alvenaria, sendo ela uma alvenaria estrutural ou não.

Em painéis de alvenaria as fissuras podem se apresentar nas direções horizontal, vertical, diagonal, ou uma combinação destas. Quando verticais ou diagonais, elas podem ser retas, atravessando unidades e juntas, ou podem ter aspecto escalonado, passando apenas pelas juntas. A forma da fissura é influenciada por vários fatores, incluindo a rigidez relativa das juntas com relação às unidades, a presença de aberturas ou outros pontos de fragilidade, as restrições da parede e a causa da fissura. (Valle, 2008, p.16)

Segundo Jâcome e Martins (2005) inúmeros fatores intervêm a resistência final de uma alvenaria a esforços axiais de compressão, tais como:

- Resistência mecânica dos componentes de alvenaria e da argamassa de assentamento;
- Módulo de deformação (longitudinal e transversal) dos componentes da alvenaria e da argamassa;
- Dimensões e rugosidade superficial dos componentes de alvenaria;
- Poder de aderência da argamassa;
- Dimensões da parede.

#### 2.2.2.1.1 Fissuras causadas pela atuação de sobrecargas

As fissuras originadas por sobrecargas são provenientes de uma solicitação externa excessiva de compressão, podendo se manifestar de dois modos: Vertical e horizontal.

Quando a alvenaria está submetida ao carregamento axial de compressão, incide na interface entre a alvenaria e a junta de argamassa um esforço de tração transversal, isso ocorre devido a argamassa apresentar deformações superiores às dos componentes de alvenaria e provoca uma deformação transversal na parede. Devido à aderência entre o componente e a argamassa, são induzidas tensões de tração horizontais nas faces dos componentes, gerando a fissuração vertical, paralela ao eixo do carregamento.

As fissuras horizontais por sobrecargas ocorrem pela ruptura por compressão dos componentes, da junta de argamassa em função de excessivo carregamento de compressão na parede ou por possíveis solicitações de flexo-compressão da estrutura de alvenaria. Nestes casos a ruptura é condicionada diretamente a qualidade do componente utilizado sendo função de sua resistência a solicitação de compressão.

#### 2.2.2.1.2 Fissuras causadas pela movimentação higroscópica

As mudanças higroscópicas causam mudanças no volume de materiais porosos que se relacionam com componentes da edificação. Quando o teor de umidade desse material é alterado, provoca uma alteração de dimensão desse que poderá causar expansão no aumento do teor, ou retração no caso da diminuição. Caso exista algum tipo de vinculação que impeça sua movimentação, a estrutura pode manifestar fissuras.

As movimentações higroscópicas podem ser classificadas de dois modos: irreversíveis e reversíveis. As movimentações irreversíveis são decorrentes da perda ou ganho de água logo após a fabricação do material até que se atinja a sua umidade higroscópica de equilíbrio, no caso de expansão, ocorre nos primeiros meses de criação. As movimentações reversíveis ocorrem devido as variações do teor de umidade do material.

A umidade pode entrar em contato com os materiais de construção através de diversas vias, como:

a) Umidade resultante da produção dos componentes

Na fabricação de componentes construtivos são utilizados a base de ligantes hidráulicos utiliza-se uma quantidade de água superior a necessária para que ocorram reações químicas de hidratação. A água em excesso permanece no interior do material em estado livre e, ao evaporar, provoca a contração do material.

b) Umidade proveniente da execução da obra

É normal a umidificação dos componentes de alvenaria durante o processo de assentamento da alvenaria que receberão argamassa de revestimento, a fim de impedir a saída brusca de água da argamassa. Porém esta prática pode elevar o teor de umidade higroscópica de equilíbrio do material, resultando em uma expansão do mesmo, no final a água em excesso irá evaporar e provocará a contração do material.

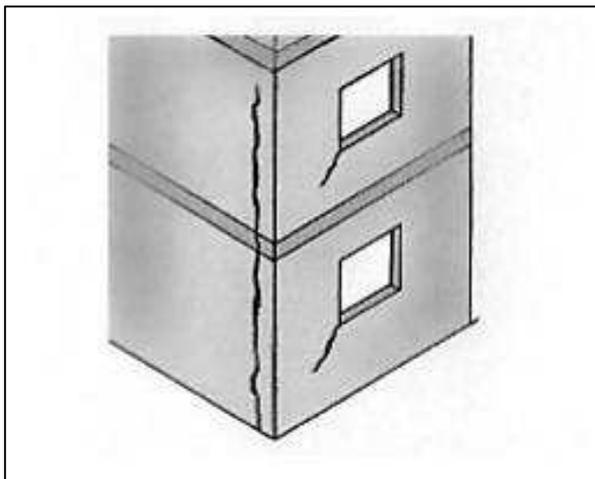
c) Umidade do ar ou proveniente de fenômenos meteorológicos

A umidade existente no ar pode ser absorvida pelos materiais de construção, sob forma de água líquida ou sob forma de vapor.

d) Umidade do solo

A água presente no solo poderá ascender por capilaridade à base da construção, desde que os diâmetros dos poros capilares e o nível do lençol d'água assim o permitem.

**Figura 13** - A expansão dos tijolos por absorção de umidade provoca o fissuramento vertical na alvenaria no canto do edifício.



**Fonte:** Pereira (2005).

#### 2.2.2.1.3 Fissuras causadas pela Movimentação Térmica da laje de cobertura

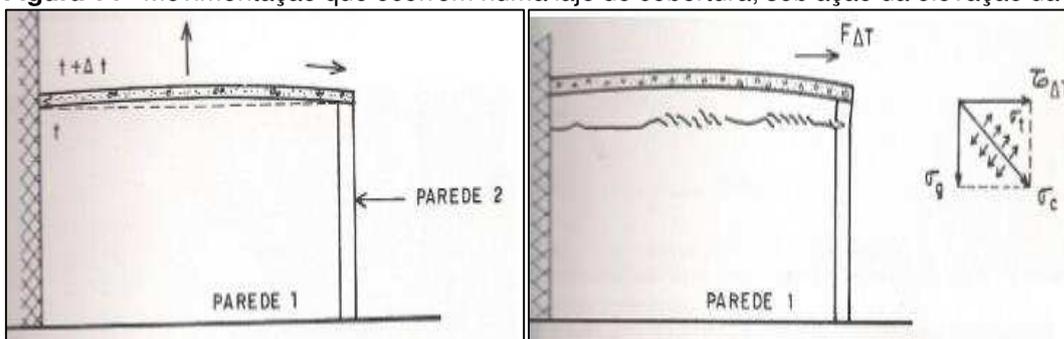
Normalmente, as coberturas planas estão mais expostas a alterações térmicas, devido a sua exposição ao calor natural, com isso ocorrem movimentos diferenciados entre elementos horizontais e verticais da edificação. A essa movimentação lateral da laje é denominada movimentação térmica.

Ao contrário das outras a movimentação nesse caso é horizontal é decorrente da deformação lateral da laje de concreto que sobrepõe a dilatação térmica da alvenaria que, por sua vez, resiste à essa expansão, porém fissura.

Segundo Valle apud Chand, “o coeficiente de dilatação térmica linear do concreto é aproximadamente duas vezes maior que o das alvenarias de uso corrente, considerando-se aí a influência das juntas de argamassa”.

Outro motivo que causa esse tipo de patologia é o fato de ocorrer diferenças significativas de movimentação entre as superfícies superiores e inferiores da laje de cobertura, onde na primeira ocorre deformações mais significativas em relação a segunda.

**Figura 14** - Movimentação que ocorrem numa laje de cobertura, sob ação da elevação da temperatura.



Fonte: Pereira (2005)

**Figura 15**-Fissura paralela ao plano da laje no encontro entre laje de cobertura e alvenaria.



Fonte: techsys engenharia. Disponível em: <<http://techsysengenharia.blogspot.com.br/2014/03/prevencao-de-fissuras-em-alvenarias-de.html>> Acesso em: 28/10/2017.

A deformação horizontal da laje e o abaulamento provocado pelo gradiente de temperatura ao longo de sua espessura, causam tensões de cisalhamento e tração nas paredes da alvenaria da edificação, desenvolvendo fissuras horizontais na face interior da parede de alvenaria paralelamente ao plano superficial da laje.

#### 2.2.2.1.4 Fissuras provocadas pelos recalques diferenciados das fundações

O solo é formado por partículas sólidas, ar, água e materiais orgânicos, com isso sob efeito de carregamentos externos ele tende a se deformar, seja em proporções grandes ou pequenas. No caso dessas deformações serem significativamente grande ao longo das fundações de uma edificação, resultará em tensões não esperadas na estrutura, se manifestando em forma de fissuras na estrutura.

Segundo a NBR 6122 (1996) o recalque é definido pelo “movimento vertical descendente de um elemento estrutural. Quando o movimento for ascendente, denomina-se levantamento”. Define também que o recalque diferencial específico como sendo “a relação entre as diferenças dos recalques de dois apoios e a distância entre eles”.

Para o dimensionamento ideal de uma fundação a NBR 6122 diz que “é necessário conhecer as características de compressibilidade e resistência ao cisalhamento do solo [...], a pressão admissível pode ser determinada por meio de teoria desenvolvida na Mecânica dos Solos”. Além disso é necessário também o cálculo da capacidade de carga à ruptura do solo.

A NBR 6122 também relata que a implantação de fundações em solos constituídos por areias fofas, argilas moles, siltes fofos ou moles, aterros e outros materiais só pode ser feita após cuidadoso estudo com base em ensaios de laboratório e campo, compreendendo o cálculo de capacidade de carga (ruptura), e a análise da repercussão dos recalques sobre o comportamento da estrutura. Na maioria das vezes esses estudos e ensaios são desconsiderados o que resulta em fundações inapropriadas para as edificações, causando esse tipo de patologia.

Se o solo for uma argila dura ou uma areia compacta, os recalques decorrem essencialmente de deformações por mudança de forma, função da carga atuante e do módulo e deformação do solo. No caso de solos fofos e moles os recalques são basicamente provenientes da sua redução de volume, já que a água presente no bulbo de tensões das fundações tenderá a percolar para regiões sujeitas a pressões menores (THOMAZ, 1989 apud Calisto, Koswoski, 2015, p. 11)

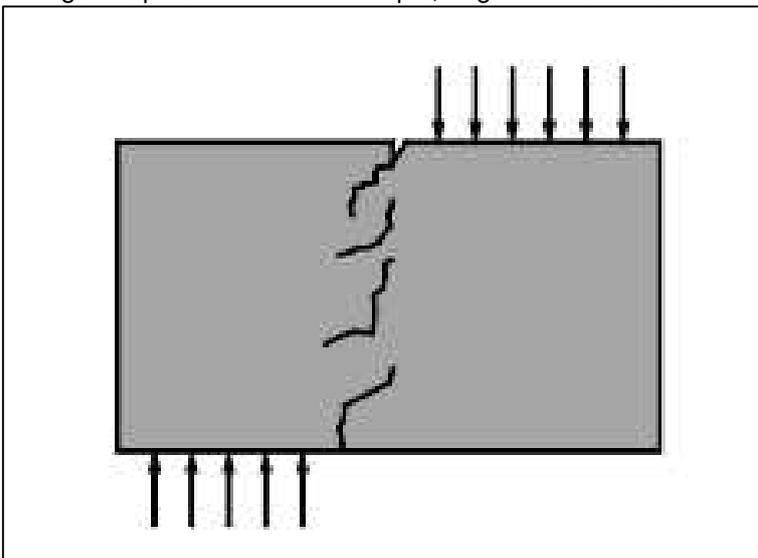
As fissuras provocadas por recalque diferencial da fundação são inclinadas, apresentando aberturas maiores que as provocadas por deformações estruturais, se inclinando em direção a fundação que sofreu o maior recalque.

De acordo com Pereira (2005) a capacidade de carga e a deformabilidade dos solos não são constantes, sendo função dos seguintes fatores mais importantes:

- Tipo e estado do solo (areia nos vários estados de compactação ou argilas nos vários estados de consistência);
- Disposição do lençol freático;
- Intensidade da carga, tipo de fundação (direta ou profunda) e cota de apoio da fundação;
- Dimensões e formato da sapata (sapatas quadradas, retangulares, circulares);
- Interferência de fundações vizinhas.

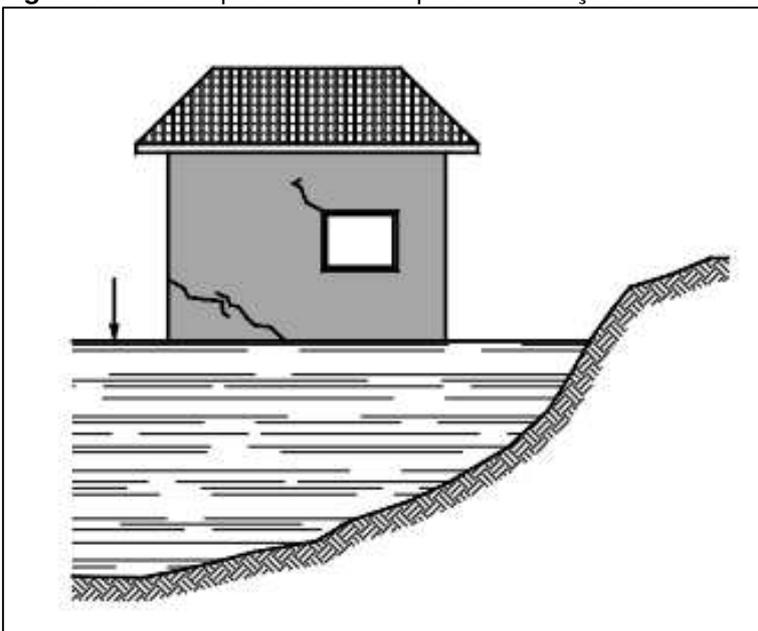
Nas figuras abaixo serão mostrados os recalques diferenciais de fundações de algumas estruturas e como as fissuras se manifestam na alvenaria.

**Figura 16** - Fundações contínuas solicitadas por carregamentos desbalanceados: o trecho mais carregado apresenta maior recalque, originando-se trincas de cisalhamento no painel.



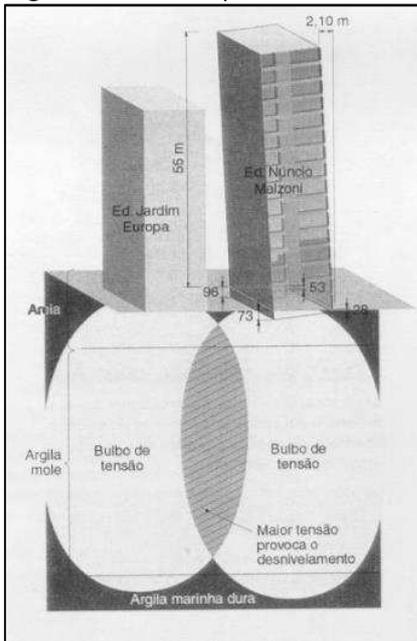
Fonte: Pereira (2008).

**Figura 17** - Recalque diferenciado por consolidações distintas do aterro carregado.



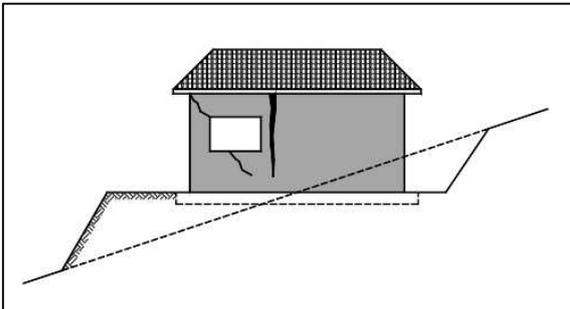
Fonte: Pereira (2008).

**Figura 18** - Recalque diferencial sofrido pelo Ed. Núncio Malzone em Santos.



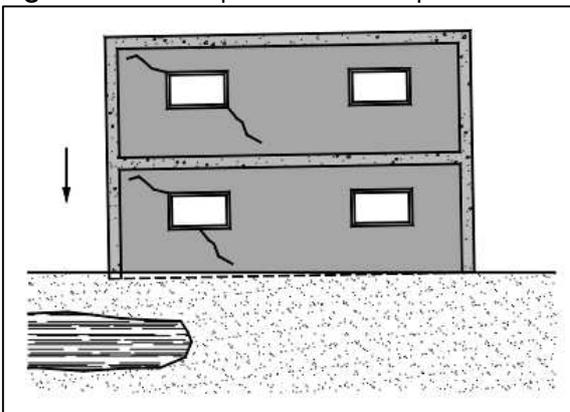
**Fonte:** Novo milênio disponível em: <<http://www.novomilenio.inf.br/santos/h0236f.htm>>. Acesso em: 02/11/2017.

**Figura 19** - Fundações assentadas sobre seções de corte e aterro, trincas de cisalhamento nas alvenarias.



**Fonte:** Pereira (2008).

**Figura 20** - Recalque diferenciado por falta de homogeneidade do solo.



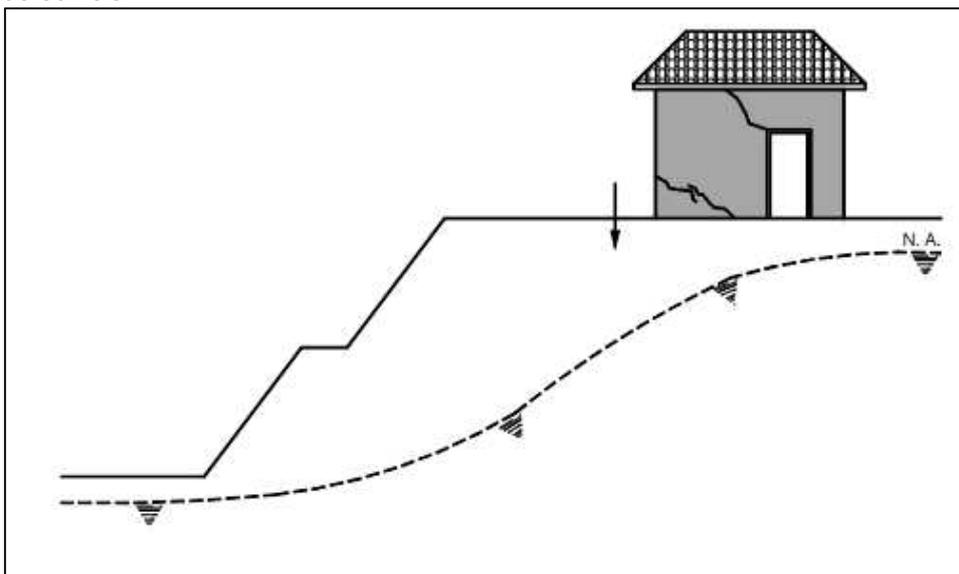
**Fonte:** Pereira (2008).

**Figura 21-** Fissura de recalque vertical: as partes seccionadas da construção comportam-se individualmente como corpos rígidos.



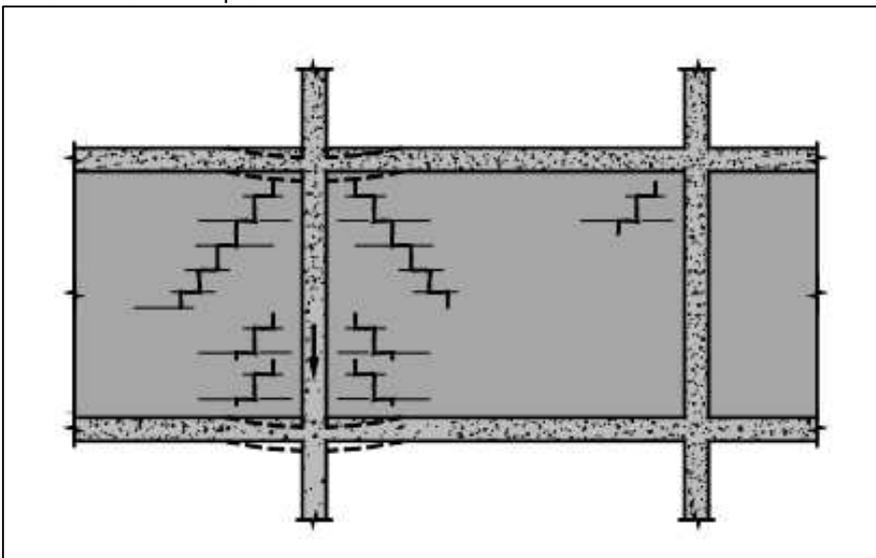
Fonte: Senna Valle (2008).

**Figura 22 -** Recalque diferenciado por rebaixamento do lençol freático. O terreno foi cortado à esquerda do edifício.



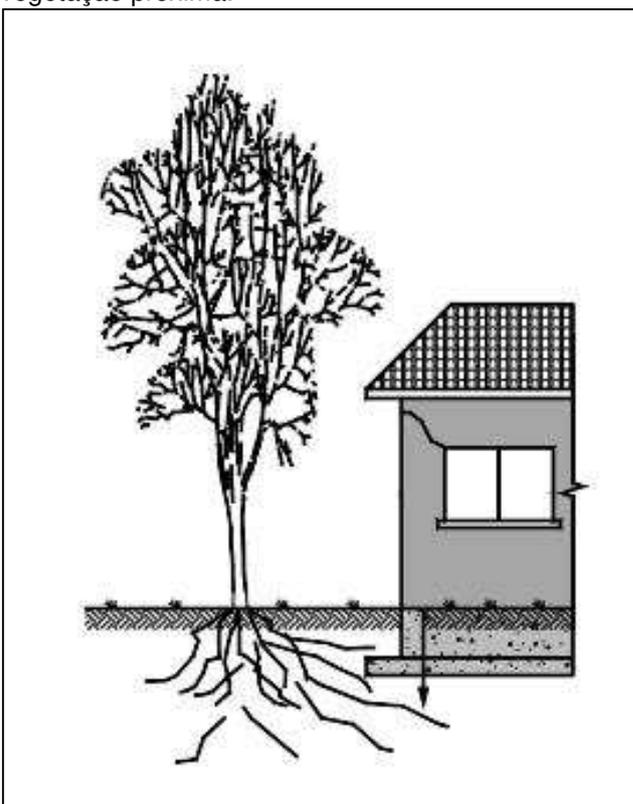
Fonte: Pereira (2008).

**Figura 23** - Recalque diferenciados entre pilares: surgem trincas inclinadas na direção do pilar que sofreu maior recalque.



Fonte: Pereira (2008).

**Figura 24** - Trinca provocada por recalque advindo da contração do solo, devida à retirada de água por vegetação próxima.



Fonte: Pereira (2008).

### **3. METODOLOGIA DA PESQUISA**

Este estudo teve como base uma pesquisa bibliográfica referente aos conceitos de patologias, procedimento para formulação do diagnóstico de falhas, recuperação e reforço das estruturas. O enfoque principal deste estudo é patologias decorrentes de edificações que tiveram baixo controle de qualidade nas suas etapas de construção.

Em seguida será exposto de forma simples e objetiva um estudo de caso sobre patologias estruturais de concreto armado e alvenaria de vedação em construções residenciais presentes no bairro do Sítio Tamancão com o intuito de demonstrar a situação das construções do local e alertar a importância de um bom planejamento de obra e conhecimento sobre patologia na construção.

#### **3.1 Método de determinação do prognóstico da patologia**

Este estudo seguiu o método de Lichtenstein (1985) para a elaboração e determinação de prognóstico para patologias da construção.

Segundo Lichtenstein (1985), os métodos genéricos de determinação do prognóstico da patologia são divididos em três partes: levantamento de subsídios, diagnóstico da situação e definição de conduta.

##### **3.1.1 Levantamento de subsídios**

Para a realização desta pesquisa, primeiramente foi feita uma visita de campo no bairro Sítio Tamancão, a fim de colher dados necessários e suficientes para o entendimento completo dos fenômenos da região e dos mecanismos das residências.

Além disso, durante a vistoria do local, foram feitas coletas de informações orais, através de entrevistas com a vizinhança do bairro, com a intenção de obter dados que evidencie a queda de desempenho e os motivos da manifestação dos defeitos.

##### **3.1.2 Diagnóstico da situação**

A partir do levantamento de subsídios foi feita uma pesquisa bibliográfica, a fim de entender e identificar as múltiplas relações de causa e efeito que possam ter

causado as manifestações patológicas no bairro. A partir dessas pesquisas foram elaboradas hipóteses de avaliação da situação comparados aos casos estudados.

### 3.1.3 Definição de conduta

Através do diagnóstico da situação, foram feitos prognósticos, a fim de se determinar as alternativas de possíveis soluções para o problema. Foi analisado também o estágio em que se encontra a patologia, o quadro de evolução natural dela e as circunstâncias em que ela se apresenta em relação ao terreno.

### 3.1.4 Fluxograma de atuação

**Figura 25** - Fluxograma de atuação da pesquisa.



Fonte: Autor (2017)



**Figura 27** –Mapeamento do Sítio Tamancão evidenciando as residências abordadas por esse estudo.



Fonte: Google (2017)

#### 4.1 Residência 1

O primeiro caso a se analisar é uma casa de dois pavimentos, localizada nas proximidades de um manguezal que teve seu espaço invadido por uma ampliação da construção do proprietário. Para a fundação da reforma, segundo o proprietário, foi utilizado uma fundação rasa com blocos de concreto (0,5x0,5x0,5 m). A construção apresentou uma fissura em seu alicerce, após a reforma da edificação.

**Figura 28** - Residência 1.



Fonte: Autor (2017)

**Figura 29-** Detalhe da fissura causada pela rotação do apoio da viga.



**Fonte:** Autor (2017)

Após a vistoria e análise do caso, foi determinado que ao fazer a extensão de sua casa, o proprietário não contava com o recalque sofrido pela fundação inadequada para esse tipo de solo e, com isso, chegou-se à conclusão de que a estrutura, por não haver um vínculo entre a fundação e a viga construída, sofreu uma rotação no apoio, causada pelo recalque da base dos pilares, como podemos visualizar na figura 30.

**Figura 30-** Movimentação da estrutura devido ao recalque dos pilares de apoio.



**Fonte:** Autor (2017)

Esta rotação foi responsável pelo movimento de tração das fibras inferiores do alicerce antigo, que por sua vez apresentou desempenho insatisfatório ao resistir a esse esforço, se manifestando em forma de fissuras.

**Figura 31-** Fundação da residência 1 e em segundo plano vemos o solo de mangue da região.



Fonte: Autor (2017)

## 4.2 Residência 2

O segundo caso mostra uma residência de 1 pavimento, que apresentou, em suas laterais, fissuras na direção vertical, causando uma divisão na habitação. Ela possui fundação direta do tipo radier. Além disso a casa apresentou armação exposta em vergas e pilares.

**Figura 32-** Residência 2.



Fonte: Autor (2017)

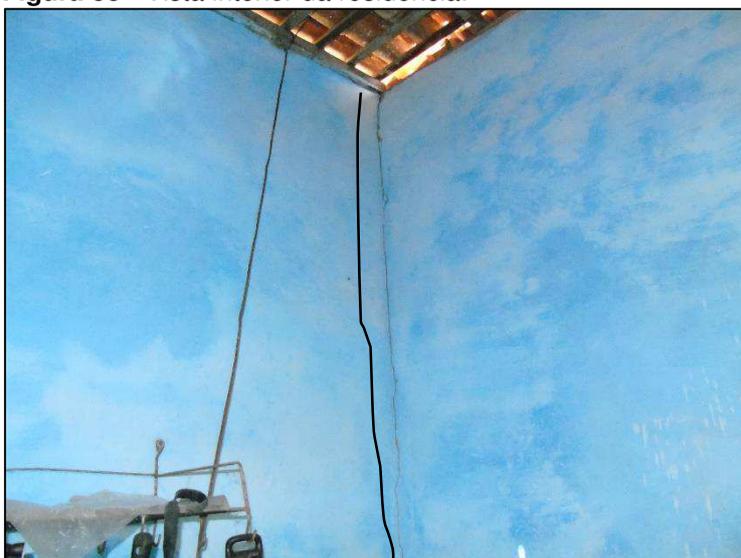
O proprietário realizou uma ampliação de sua casa, porém não realizou as técnicas ideais de construção de vínculo da fundação para que o recalque sofrido por ela não fosse diferenciado em relação à fundação antiga. Como podemos ver na figura 35 não existe uma continuidade na fundação, essencial para a distribuição ideal da carga da edificação no solo.

[...]recorre-se a esse tipo de fundação quando o terreno é de baixa resistência (fraco) e a espessura da camada do solo é relativamente profunda. Estando a camada resistente a uma profundidade que não permite a cravação de estacas, devido ao pequeno comprimento das mesmas, e por ser onerosa a remoção da camada fraca de solo, optamos pela construção do radier, que consiste em formar uma placa contínua em toda a área da construção com o objetivo de distribuir a carga em toda a superfície, a mais uniformemente possível, para tanto constrói-se em concreto armado com armadura cruzada na parte superior e na parte inferior. (AZEVEDO, 1997, p.34)

A ausência de cinta de amarração na habitação que também é um fator a ser observado, pois ela é um elemento estrutural que é usado em edificações onde não se prevê a construção de uma laje. Este componente tem o objetivo de manter unido os elementos construtivos da habitação, como alvenarias e elementos estruturais entre si, para que passem a trabalhar em conjunto proporcionando maior solidez.

Na figura a seguir, através de imagens do interior da residência, percebemos a fissura na divisão entre as paredes e logo em seguida é apresentado uma imagem com o direcionamento do movimento causado pelo recalque diferencial.

**Figura 33** - Vista interior da residência.



**Fonte:** Autor (2017)

**Figura 34** - Movimento da parede devido ao recalque.



Fonte: Autor (2017)

**Figura 35** - Detalhe da fissura na lateral direita da residência 2.



Fonte: Autor (2017)

**Figura 36** - Movimentação sofrida na lateral direita da residência 2.



**Fonte:** Autor (2017)

**Figura 37** - Detalhe da fissura na lateral esquerda da residência 2.



**Fonte:** Autor (2017)

**Figura 38** - Movimentação sofrida na lateral esquerda da residência 2.



**Fonte:** Autor (2017)

A residência apresentou ainda exposição da armadura de aço em vergas e pilares decorrido da deficiente proteção da armadura com cobrimento insuficiente, originada na etapa de execução da habitação.

Segundo Souza e Ripper (1998) “o cobrimento de concreto insuficiente, ou de má qualidade, facilita a implantação de processos de deterioração tal como a corrosão das armaduras, ao propiciar acesso mais direto dos agentes agressivos externos”.

Para Helene (1992) em caso de início de corrosão sem comprometimento do concreto e das barras de aço, deve-se recuperar o componente estrutural, conservando a seção original, através de argamassa base epóxi em todas as superfícies para aumentar o cobrimento e proteger o componente estrutural, atingindo o cobrimento mínimo, segundo a NBR 6118.

**Figura 39** - Detalhe de exposição da armadura do pilar.



Fonte: Autor (2017)

**Figura 40** - Detalhe de armadura exposta da verga.



Fonte: Autor (2017)

### 4.3 Residências 3 e 5

Estas residências possuem condições iguais, porém esses casos apresentam armações mais sensíveis a agentes agressivos e mais exposta a reações de corrosão da armadura em comparação com o pilar da residência 2. Os pilares de ambas as residências se encontram com estribos e armações longitudinais expostos.

Os pilares da fachada das residências 3 e 5 apresentaram segregação causada por lançamento e adensamento inadequado, associado a deterioração do concreto pelo ar, causando uma exposição maior do componente estrutural,

entretanto as armaduras ainda não apresentaram condições de corrosão que comprometa o concreto e das barras de aço, podendo assim ser utilizado o mesmo processo de recuperação do pilar analisado na residência 2 para ambos os casos.

**Figura 41** - Residência 3.



Fonte: Autor (2017)

**Figura 42** - Detalhe da armadura exposta do pilar da fachada.



Fonte: Autor (2017)

A figura 43 mostra a residência 5 com um aparente desgaste no concreto armado do pilar e em seguida um detalhe mais amplo desta patologia do concreto armado na figura 44.

**Figura 43** - Residência 5.



Fonte: Autor (2017)

**Figura 44**- Detalhe da armadura exposta do pilar da residência 5.



Fonte: Autor (2017)

#### **4.4 Residência 4**

A residência 4 está localizada a margem de uma encosta sobre área de risco. A casa apresenta uma fissura no muro lateral na escala de 1 cm ocasionada pelo recalque da fundação apoiada sobre a encosta.

**Figura 45** - Residência 4.



Fonte: Autor (2017)

Segundo vizinhos, muitas reformas já foram feitas nesse muro, a fim de sanar este problema, porém, com a pluviosidade do local, o pilar ficou sem sustentação alguma ocasionando o recalque naquele trecho e, com isso, aumentando a espessura da fissura.

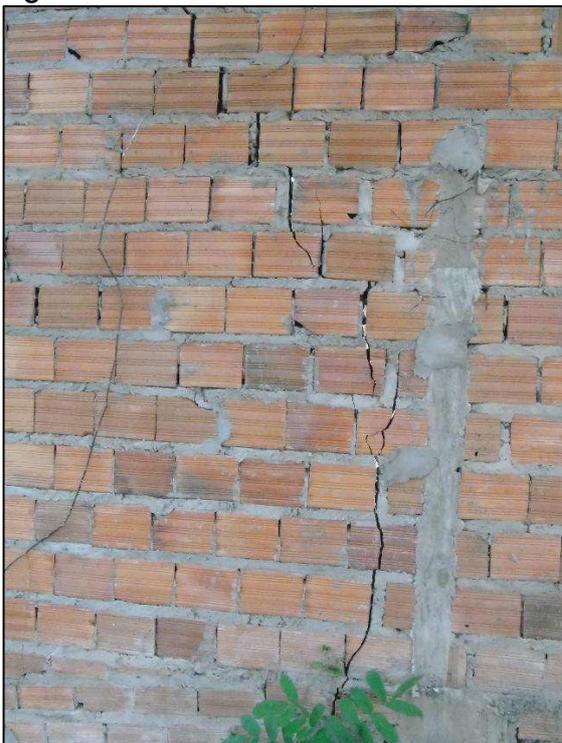
Na figura a seguir é mostrado a movimentação parcial do muro causado pelo recalque, tracionando a parte superior do muro que não possui cinta de amarração e, com isso, causou a patologia na alvenaria.

**Figura 46** - Movimento do muro causado pelo recalque.



Fonte: Autor (2017)

**Figura 47** - Detalhe da fissura da residência 4.



Fonte: Autor (2017)

Na figura abaixo podemos perceber a exposição da fundação do pilar, antes abaixo da cota do solo, junto com a percepção do risco da construção devido a inclinação da encosta sobre a qual está fundada a edificação.

**Figura 48** - Fundação exposta devido ao desmoronamento do solo.



Fonte: Autor (2017)

#### 4.5 Residência 6

Nesta casa foi verificado a manifestação de fissuras em 2 dos 3 compartimentos da habitação, apresentando fissuras na alvenaria sob e sobre a abertura do vão da janela do quarto, na parte superior da parede do quarto e da cozinha e na amarração da alvenaria com o pilar na cozinha apresentado na figura abaixo.

**Figura 49** - Residência 6.



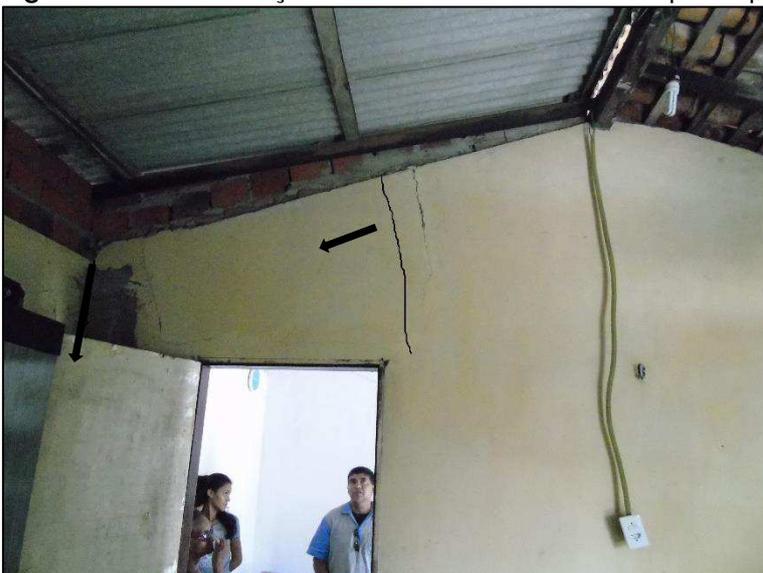
**Fonte:** Autor (2017)

**Figura 50**- Fissuras no quarto causado pelo recalque e ausência de verga e contraverga.



**Fonte:** Autor (2017)

**Figura 51** - Movimentação da alvenaria devido ao recalque do pilar e ausência de verga.



Fonte: Autor (2017)

Nas imagens a seguir podemos observar a manifestação de fissuras, no quarto, em direções diagonais apontando para o ponto em que não sofreu recalque, ou seja, evidenciando que houve recalque na parede frontal da habitação.

**Figura 52** - Fissura causada pelo recalque da parede da fachada.



Fonte: Autor (2017)

**Figura 53** - Fissura causada pelo recalque da parede da fachada 2.



Fonte: Autor (2017)

Nas figuras 54, 55 e 56 é observado a manifestação de fissuras diagonais na parte superior da parede da cozinha, indicando o recalque também na parede do fundo da residência.

**Figura 54**- Movimento da parede devido ao recalque do pilar do fundo da residência a direita da imagem.



Fonte: Autor (2017)

**Figura 55** – Fissura decorrente do recalque do fundo a esquerda da imagem.



Fonte: Autor (2017)

**Figura 56** – Movimentação da alvenaria.



Fonte: Autor (2017)

Na figura abaixo podemos perceber a separação entre alvenaria e pilar, decorrente do recalque apresentado pela parede do fundo da habitação. Como proposto para o caso da residência 2, esta fissura poderia ter sido evitada se houvesse o vínculo ideal entre a fundação antiga e a nova, evitando o recalque diferencial entre as fundações.

**Figura 57** - Fissura causada pela amarração inadequada da alvenaria com o pilar.



Fonte: Autor (2017)

## 5. CONCLUSÃO

A partir da fundamentação teórica, podemos concluir que as patologias em concreto armado podem ser ocasionadas por diversos fatores. O engenheiro deve sempre fazer a inspeção da estrutura, se baseando em informações conhecidas, para determinar origens e causas através de levantamento de dados e análise de ensaios, para se ter a compreensão dos fenômenos que caracterizaram a manifestação.

Com base nesse estudo é determinado a melhor maneira de se intervir na construção, devendo-se sempre levar em conta o custo/benefício desta, com a finalidade de se tomar a decisão mais viável e eficaz para a edificação.

Em relação as patologias de alvenaria foram dadas uma atenção aos mecanismos que levam a fissuração em alvenarias, sendo indicados fatores que influenciam na resistência final das paredes devendo-se prever tensões de tração e cisalhamento que são responsáveis pela maioria dos casos deste tipo de patologia.

Já a partir do estudo de caso foi percebido o que a ausência de um bom planejamento de obra, estudo e investigação do solo contribuem para a manifestação de patologias nas edificações, ressaltando a importância da determinação apropriada da fundação devida para se evitar as patologias, decorrentes do recalque diferencial, em alvenarias.

Para a área analisada por este trabalho é aconselhável a utilização de fundação profunda através de estaqueamentos amarrados por cinta. Porém as soluções terão melhores resultados, se for feito na região um laudo técnico de conhecimento e investigação do solo, determinando a sua natureza, obtendo amostras indeformadas do solo para ensaios de laboratório, determinar a cota do leito rochoso através de ensaios de penetração. Para assim ser determinado o tipo ideal de fundação para cada caso.

No presente trabalho foi apresentado uma contribuição com a melhoria das residências de pequeno porte, deixando-as mais seguras, funcionais e duráveis em regiões de solo mole, inapropriada para a construção. Porém foi analisado que além de patologias decorrente de recalque diferenciado, foi detectado que há casos, a residência 4, que a fundação apoiada sobre área de risco, compromete toda a edificação, sobre o risco de desabamento da estrutura.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- SANTOS, S. S. **Patologia das construções**. Curitiba, 2013. 14f. Artigo (Especialização em Auditoria, Avaliações e perícias de Engenharia)
- ARIVABENE, A. C. **Patologia em estruturas de concreto armado**: estudo de caso. Espírito Santo, 2015. 22 f. 2012. Artigo (Especialização em Gestão de avaliações e perícias) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13752: Perícias de engenharia na construção civil. Rio de Janeiro, 1996. 8 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto: procedimentos. Rio de Janeiro, 2003. 170 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6122: Projeto e Execução de Fundações. Rio de Janeiro, 1996. 33 p.
- BAUER, L. A. F. **Materiais de construção**: concreto, madeira, cerâmica, metais, plástico. 5 Ed. Rio de Janeiro: Ed. LTC, 1994. 538 p.
- BRAJA, M. D. **Fundamentos de engenharia geotécnica**. 6 Ed. São Paulo: Ed Thomson. 2010. 562 p.
- CACZAN, Luciana. **Recalque diferencial: entenda esse fenômeno** . Disponível em: <<https://engcivil.maquinadeaprovacao.com/posts/artigo/recalque-diferencial-entenda-este-fenomeno/43>>. Acesso em: 01 nov. 2017.
- CARMONA FILHO, A. **Fissuração nas Estruturas de Concreto: Boletim Técnico**. ALCONPAT INTERNACIONAL, 2013.16 p.
- CINTA DE AMARRAÇÃO: por que usar, como construir. Disponível em: <<http://www.fazfacil.com.br/reforma-construcao/cinta-amarracao-como-construir/>>. Acesso em: 18 nov. 2017.
- GAMBALE, E. A. et al. **Concreto**: massa, estrutural, projetado e compactado com rolo. São Paulo: Editora Pini, 1997.
- HELENE, P. R. L. **Corrosão em armaduras para concreto armado**. São Paulo: Editora Pini – Instituto de pesquisas Tecnológicas IPT, 1986. 47 p.
- HELENE, P. R. L. **Manual para Reparo, Reforço e Proteção de Estruturas de Concreto**. 2 ed. São Paulo: Ed. Pini, 1992. 213 p.
- IANTRAS, C. L. **Estudo de caso**: análise de patologias estruturais em edificação de gestão pública. Curitiba, 2010. 57 f. Monografia (Especialização em construção de Ogras Públicas) – Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2010.
- JÂCOME, C. C., MARTINS, J. G. **Reabilitação**: Identificação e tratamento de patologias em edifícios. 1 Ed. [ s.n.], 2005. 105p.

LICHTENSTEIN, N.B. **Patologia das construções**: procedimento para diagnóstico e recuperação de edificações. São Paulo, 1985. 191p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1985.

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.

**PROJETOS**: fissuras no último pavimento. [S.l.: s.n.], 2005. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/99/artigo285353-1.aspx>>. Acesso em: 28 out. 2017.

SMITH, W. F., HASHEMI, J. **Fundamentos de Engenharia e Ciência dos Materiais**. 5 Ed. São Paulo: Ed. AMGH, 2015. 676 p.

SENA, M. P. **Diagnóstico e recuperação de estruturas de concreto armado**. 2014. 88f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2014.

SOUZA, V. C., RIPPER, T. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto**. 1 ed. São Paulo: Ed. Pini, 1998. 255 p.

THOMAZ, E.C.S. **Fissuração**: Casos Reais. 283f (Apresentado em curso no Instituto de Engenharia de São Paulo), São Paulo, 1987.

TUTIKIAN, B., PACHECO, M. **Inspeção, Diagnóstico e Prognóstico na Construção Civil: Boletim Técnico**. AL ALCONPAT INTERNACIONAL, 2013.15 p.

VALLE, J. B. S. **Patologia das alvenarias**: Causa/ Diagnóstico/ Previsibilidade. 2008. 72f. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

VERGA E CONTRAVERGA melhores práticas. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/196/verga-e-contraverga-com-funcao-de-evitar-concentracao-de-294066-1.aspx>>. Acesso em: 18 nov. 2017.