

**UNIVERSIDADE REGIONAL DO NOROESTE  
DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL**

**DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA**

**Curso de Engenharia Civil**

**Lucas Fernando Krug**

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM EDIFICAÇÃO  
CONSTRUÍDA NA DÉCADA DE 1930 – UM ESTUDO DE  
CASO**

**Ijuí/RS**

**2006**

**Lucas Fernando Krug**

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM EDIFICAÇÃO  
CONSTRUÍDA NA DÉCADA DE 1930 – UM ESTUDO DE  
CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil apresentado como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro Civil.

**Ijuí  
2006**

# **FOLHA DE APROVAÇÃO**

**Trabalho de conclusão de curso defendido e aprovado em sua forma final pelo professor orientador e pelos membros da banca examinadora.**

---

**Prof. Luís Eduardo Azevedo Modler, M. Eng - Orientador**  
**UNIJUÍ/DeTec**

**Banca Examinadora**

---

**Prof. Luciano Pivoto Specht, Dr.**  
**UNIJUÍ/DeTec**

---

**Prof. Cristina Eliza Pozzobon, M. Eng.<sup>a</sup>**  
**UNIJUÍ/DeTec**

DEDICATÓRIA

*Aos meus pais e meu irmão.*

## **AGRADECIMENTOS**

Desejo expor os mais sinceros agradecimentos a todos que de alguma forma auxiliaram na realização deste trabalho. Seja através da orientação técnica, seja através do incentivo apoio, amizade e compreensão pelos momentos difíceis.

Mesmo correndo o risco de um indesculpável esquecimento, faço alguns agradecimentos em especial:

Aos meus pais Hélio e Rosana e ao meu irmão Gilmar, pelo apoio, incentivo e pela compreensão. Saibam que amo muito vocês.

Aos meus professores pela realização de mais uma etapa e pela formação carinhosamente dada ao longo desses anos.

A minha namorada Caroline pela compreensão e pelo carinho principalmente nas horas difíceis.

Aos amigos e colegas Márcio e Juarez que se fizeram ao longo desses anos como irmãos.

Aos funcionários Luiz, Salete, Cláudia e Jamile pelas longas conversas que proporcionaram ânimo e força para esta realização.

Por fim agradeço a DEUS por estar sempre ao meu lado.

## RESUMO

Ao analisarmos historicamente a evolução das construções percebe-se grandes diferenças, tanto em termos de materiais como de técnicas utilizadas. Percebe-se também que as estruturas como um todo tenderam a se tornar mais esbeltas a bem de absorver, com melhor desempenho, as movimentações oriundas de causas diversas como recalque de fundação, excesso de carga na utilização e demais situações. As edificações mais antigas possuem paredes mais espessas, que por sua vez não absorvem movimentações sem apresentar fissuras seguidas do colapso, devido à grande rigidez que apresentam. O objetivo deste trabalho é estudar e analisar patologias existentes em uma edificação escolar construída na década de 1930, apontando possíveis causas, mecanismos de degradação e, ainda, soluções que podem ser utilizadas para o prolongamento da vida útil do prédio. O trabalho inicia com a elaboração de estudos preliminares, como reconhecimento geral do local através de regraficação de projeto arquitetônico (planta baixa), e análise preliminar da edificação. A etapa seguinte baseia-se no levantamento de dados, utilizando fotografias das patologias, mapeamento destas na planta baixa, entrevistas com ocupantes da edificação e descrição dos problemas visualizados. Após esta etapa, os dados são organizados a partir dos registros fotográficos das manifestações patológicas, bem como da localização na planta baixa e descrição técnica dos fenômenos. De posse disso, realizou-se a identificação de possíveis causas das patologias e foram descritos os mecanismos de atuação destas. A partir destes dados foram elaboradas sugestões de exames complementares mais precisos, bem como a análise e apontamentos de consequências da falta de intervenção imediata e, por fim, soluções para as patologias.

Palavras-chaves: manifestações patológicas, diagnóstico, terapia.

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 – Rotina técnica para diagnóstico de uma patologia.....   | 14 |
| Figura 2 – Fluxograma explicativo da organização da pesquisa de Lersch (2003).....   | 15 |
| Figura 3 – Fluxograma de atuação para resolução de problemas patológicos .....   | 16 |
| Figura 4 – Fases do desempenho de uma edificação histórica.....  | 19 |
| Figura 5 – Lei de evolução dos custos conforme Sitter (1984) <i>apud</i> Helene (1992).....  | 19 |
| Figura 6 – Origem dos problemas patológicos com relação as etapas de produção e uso das obras civis segundo Grunau (1981) <i>apud</i> Helene (1992)..... | 22 |
| Figura 7 – Fluxograma do desenvolvimento da pesquisa.....  | 28 |
| Figura 8 – Planta de Situação .....  | 31 |
| Figura 9 – Planta Baixa 1º pavimento.....  | 32 |
| Figura 10 – Planta Baixa 2º pavimento.....   | 32 |
| Figura 11 – Vista frontal da edificação .....  | 33 |
| Figura 12 – Vista da parte de trás da edificação.....  | 33 |
| Figura 13 – Parede externa da ala sul.....   | 34 |
| Figura 14 – Parede externa da ala norte .....  | 35 |
| Figura 15 – Escada externa da ala norte.....   | 37 |
| Figura 16 – Esquema bulbo de tensões sobre os poços sumidouros .....   | 37 |
| Figura 17 – Ala norte externa frontal .....  | 38 |
| Figura 18 – Paredes da ala norte externa frontal .....   | 38 |
| Figura 19 – Escavação próxima a parede da ala norte .....  | 39 |
| Figura 20 – Ala norte externa.....   | 40 |
| Figura 21 – Alicerce da ala norte.....   | 41 |
| Figura 22 – Parede externa frontal .....   | 41 |
| Figura 23 – Paredes externas do lado leste.....  | 43 |
| Figura 24 – Paredes do 2º pavimento, externas da ala norte.....  | 44 |
| Figura 25 – Paredes externas da parte leste.....   | 45 |
| Figura 26 – Paredes da ala sul .....   | 46 |
| Figura 27 – Parede do corredor da ala sul .....  | 46 |
| Figura 28 – Piso em frente a cozinha na ala sul .....  | 47 |
| Figura 29 – Banheiro da ala sul.....   | 48 |
| Figura 30 – Laje da ala norte .....  | 49 |
| Figura 31 – Sala de aula da ala norte.....   | 50 |
| Figura 32 – Paredes da sala de aula da ala norte .....   | 50 |
| Figura 33 – Banheiro do 2º pavimento na ala norte.....   | 52 |
| Figura 34 – Sala de depósito .....   | 53 |
| Figura 35 – Corredor e banheiro na ala norte.....  | 54 |
| Figura 36 – Cargueira para cravação de estacas prensadas .....   | 56 |
| Figura 37 – Cravação de estacas com reação contra a estrutura existente .....  | 57 |
| Figura 38 – Seções de corte de estacas injetadas.....  | 58 |
| Figura 39 – Seção da fundação com material granular confinado. ....  | 59 |
| Figura 40 – Execução das estacas.....  | 60 |
| Figura 41 – Execução dos blocos .....  | 61 |
| Figura 42 – Execução das gravatas.....   | 61 |

## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>  | <b>8</b>  |
| 1.1 TEMA.....  | 8         |
| 1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA .....  | 8         |
| 1.3 FORMULAÇÃO DAS QUESTÕES DE ESTUDO .....  | 8         |
| 1.4 DEFINIÇÃO DOS OBJETIVOS.....   | 8         |
| 1.4.1 <i>Objetivo geral</i> .....  | 8         |
| 1.4.2 <i>Objetivos específicos</i> .....   | 8         |
| 1.5 JUSTIFICATIVA.....   | 9         |
| 1.6 SISTEMATIZAÇÃO DO ESTUDO.....  | 10        |
| <b>2 REVISÃO DA LITERATURA .....</b>   | <b>11</b> |
| 2.1 PATOLOGIAS.....  | 11        |
| 2.1.1 <i>Histórico dos estudos</i> .....   | 11        |
| 2.1.2 <i>Conceitos importantes</i> .....   | 12        |
| 2.1.3 <i>Métodos de diagnóstico</i> .....  | 14        |
| 2.1.4 <i>Classificação</i> .....   | 17        |
| 2.1.5 <i>Custo agregado de uma patologia</i> .....   | 18        |
| 2.2 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS E SUAS ORIGENS .....   | 20        |
| 2.2.1 <i>A etapa de projeto</i> .....  | 23        |
| 2.2.2 <i>A etapa de execução</i> .....   | 23        |
| 2.2.3 <i>Os materiais de construção</i> .....  | 24        |
| 2.2.4 <i>A etapa de utilização da edificação</i> .....                                     | 24        |
| 2.3 EDIFÍCIOS HISTÓRICOS E SEUS PRINCIPAIS FATORES DE DEGRADAÇÃO.....                      | 24        |
| <b>3 METODOLOGIA.....</b>  | <b>27</b> |
| 3.1 CLASSIFICAÇÃO.....   | 27        |
| 3.2 PLANO DE COLETA DE DADOS .....   | 27        |
| 3.3 MATERIAIS UTILIZADOS.....  | 27        |
| 3.4 ORGANIZAÇÃO GERAL DA PESQUISA.....   | 28        |
| 3.5 MATERIAIS DE ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DE DADOS.....                                     | 29        |
| <b>4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....</b>                                     | <b>30</b> |
| 4.1 DESCRIÇÃO DO LOCAL DO ESTUDO DE CASO .....   | 30        |
| 4.2 REGRAFIKAÇÃO DO PROJETO ARQUITETÔNICO.....   | 31        |
| 4.3 SITUAÇÃO GERAL DA EDIFICAÇÃO .....   | 32        |
| 4.4 DESCRIÇÃO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS ENCONTRADAS .....                              | 34        |
| 4.5 SOLUÇÕES PROPOSTAS.....  | 55        |
| 4.5.1 <i>Manifestações causadas pelo recalque e deformação da fundação</i> .....           | 55        |
| 4.5.2 <i>Manifestações patológicas no revestimento</i> .....                               | 62        |
| 4.5.3 <i>Manchas de umidade, mofo, bolor e eflorescências</i> .....                        | 63        |
| 4.5.4 <i>Descolamento do revestimento da moldura e apodrecimento de calhas pluviais</i> .. | 63        |
| <b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>   | <b>64</b> |
| 5.1 EXAMES COMPLEMENTARES E CONSEQUÊNCIAS PELA FALTA DE INTERVENÇÃO .....                  | 64        |
| 5.2 CONCLUSÕES.....  | 66        |
| 5.3 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....   | 67        |



|  |           |
|--|-----------|
| <b>REFERÊNCIAS .....</b>   | <b>68</b> |
| <b>ANEXO A – PROJETO REGRAFICADO.....</b>                            | <b>71</b> |
| <b>ANEXO B – PROJETO REGRAFICADO COM LOCALIZAÇÃO DAS FOTOS .....</b> | <b>74</b> |

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Tema

Patologias em edificações.

## 1.2 Delimitação do Tema

Estudo de caso de manifestações patológicas em edificação construída na década de 1930.

## 1.3 Formulação das questões de estudo

Quais fatores são responsáveis pelas possíveis causas do surgimento das manifestações patológicas observadas na edificação? Quais são as causas identificáveis do problema?

## 1.4 Definição dos objetivos

### 1.4.1 Objetivo geral

Realizar estudo sobre as manifestações patológicas existentes na escola Estadual Ruy Barbosa no centro da cidade de Ijuí/RS.

### 1.4.2 Objetivos específicos

- Fazer caracterização detalhada das manifestações patológicas existentes, bem como sua localização na edificação;
- Identificar possíveis causas do surgimento destas patologias;
- Identificar os mecanismos de ocorrência das patologias existentes;
- Indicar métodos de recuperação ou restauração da edificação como um todo.

## 1.5 Justificativa

Ao se analisar, historicamente, a evolução das construções percebe-se grandes diferenças tanto em termos de materiais como de técnicas utilizadas, além disso, percebe-se que as estruturas como um todo, tenderam a tornar-se mais flexíveis (OLIVEIRA 1997), possibilitando o surgimento de defeitos e patologias, sem causar a ruína da edificação.

Os fenômenos patológicos podem trazer consigo não somente defeitos estéticos e de satisfação do usuário, mas também funcionais, podendo causar a ruína parcial ou total de edificações.

Um defeito gera custos que variam de forma exponencial com o tempo, ou seja, quanto mais tarde for tratada, maior será o custo agregado, tanto para o usuário quanto para o construtor.

A falta de compilação de dados regionais ou de maior amplitude, que cataloguem os fenômenos patológicos ocorridos, informando a etapa em que ocorrem, os mecanismos responsáveis e também como recuperá-los, ou até mesmo evitá-los, durante o processo construtivo, torna o processo de prevenção das patologias mais difícil acarretando na repetição de erros que poderiam ser evitados.

Logo, a formação de um banco de dados sobre patologias, bem como a terapia necessária a cada tipo, poderia evitar seu aparecimento, ou ainda mostrar a melhor forma de recuperar determinada patologia.

Diante disso, torna-se atraente a realização de trabalhos na área, sobre uma abordagem de estudo de caso, compilando dados sobre patologias existentes, identificando possíveis causas, bem como a terapia ideal a ser empregada em cada caso, contribuindo para a formação de um banco de dados local sobre o assunto.

## **1.6 Sistematização do estudo**

O trabalho apresenta a seguinte estrutura:

No presente capítulo apresenta-se a introdução, delimita-se o tema, formula-se a questão de estudo, define-se objetivos geral e específicos e justifica-se a realização deste trabalho.

No capítulo 2 realiza-se a revisão da literatura sobre o tema abordando aspectos como, o histórico de estudos de patologias, conceitos e terminologia, comentários sobre maneiras distintas de diagnosticar patologias, classificação destas patologias, bem como razões de origem, o custo agregado de sua ocorrência e as fases importantes para evitá-las.

No capítulo 3, se explica a metodologia e a organização geral do trabalho.

O capítulo 4 apresenta os resultados obtidos e o capítulo 5 as considerações finais sobre o trabalho.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Patologias

#### 2.1.1 Histórico dos estudos

Conforme Oliveira (1997) com a evolução, ao longo do tempo, as edificações de alvenaria deixaram de ser pesadas e rígidas, e tornaram-se mais delgadas e executadas com processos de produção mais racionalizados e industrializados. Tal processo de evolução trouxe consigo falhas, gerando problemas que originam patologias influenciando nas exigências do usuário tanto em segurança quanto em habitabilidade e economia.

Thomaz (1990) complementa que, na busca de alvos ideais como materiais leves, resistentes, duráveis e de baixo custo, surgiram com maior frequência, problemas de falhas de construção.

Sarkis (1995) e Cavalheiro (1995) afirmam que os acidentes com as estruturas das construções acontecem, provavelmente, desde que as próprias construções existem, e que estes acidentes eram encarados de maneira distinta pela época e local de cada sociedade.

Segundo Cavalheiro (1995), o primeiro tratado sobre patologias foi o código de Hamurabi,- 1800 a. C. na Mesopotâmia, que possuía cinco regras para se evitar defeitos:

“1ª Se o colapso causar a morte do dono da casa, o construtor deverá morrer.

2ª Se morrer o filho do dono, o filho do construtor deverá morrer.

3ª Se um escravo do dono morrer, o construtor deverá dar um escravo de igual valor.

4ª Se a propriedade for destruída, o construtor deverá restaurá-la por sua própria conta.

5ª Se o construtor fizer a casa fora das especificações e uma parede ameaçar desmoronar o reforço será por conta do construtor.”

Conforme Oliveira (2001) *apud* Lercsh (2003), alguns manuscritos de Leonardo Da Vinci baseavam-se em interpretações e observações sobre diagnóstico do comportamento estático

de edifícios, causas, lesões dos muros e abóbadas, comprovando a existência de uma ciência de conservação.

Percebe-se que existem registros, embora remotos, de que a patologia há muito tempo recebe atenção. Mas, conforme Sarkis (1995), somente com o grande incremento da construção civil após a 2ª grande guerra houve evolução técnica, principalmente do concreto armado, o que propiciou o surgimento de tentativas de classificação de defeitos e designação desta nova ciência. Afirma, ainda, que os estudos sobre o tema tiveram fomento na década de 60, incentivado pelas companhias seguradoras na Europa Ocidental. Pois as seguradoras incentivavam a elaboração de *dossies* e sua divulgação relatando e analisando acidentes com o intuito de difundir conhecimentos que aprimorassem técnicas nas novas obras a fim de diminuir a incidência de acidentes e, conseqüentemente, indenizações.

### **2.1.2 Conceitos importantes**

Este item tem como objetivo apresentar conceitos importantes utilizados ao longo do trabalho, necessários a abordagem do tema Patologia das Edificações. São eles:

Sintomatologia: Conforme Sarkis (1995) e Cavalheiro (1995), é o conjunto de manifestações que indicam a existência de algum defeito ou mal funcionamento da estrutura ou da edificação.

Exame preliminar: para Sarkis (1995), também chamado de exame ocular, são observações visuais da estrutura, fazendo-se um levantamento sistemático das anomalias.

Anamnese: conforme Cavalheiro (1995) é o levantamento de dados históricos da edificação como, cronograma de obra, diário, informações sobre o processo construtivo, alterações de projeto entre outros.

Exames Complementares: são exames realizados nos materiais da estrutura, podendo ser destrutivos ou não (SARKIS, 1995).

Diagnóstico: é a determinação das causas, mecanismos de formação e da gravidade do problema, baseando-se na observação dos sintomas ou estudos específicos (THOMAZ, 1990). Para Helene (1992), um diagnóstico adequado do problema deve indicar a etapa do processo de construção em que se originou o fenômeno.

Prognóstico: para Thomaz (1990), prognóstico são as avaliações, baseadas no diagnóstico, tendo em vista a duração, evolução ou término do problema.

Terapêutica: para Cavalheiro (1995), terapêutica é basicamente a recuperação das falhas detectadas, ou seja, um conjunto de medidas podendo ser reformas, recuperações ou reforços destinados à solução do problema.

Profilaxia: Conforme Sarkis (1995) é o conjunto de medidas para se evitar defeitos, nas diversas fases da execução, desde o projeto até a manutenção da edificação, e é representada pelos diversos tipos de controle de qualidade e de utilização.

Agente: Thomaz (1995) afirma que agente é o causador imediato do problema.

Ainda, o termo patologia tal como na medicina, conforme Peres (2001), divide-se claramente em duas ciências destinadas a prevenir e solucionar problemas em edificações:

- Patologia das Construções: que estuda origens, causas, mecanismos de ocorrência bem como manifestações e conseqüências quando uma edificação não demonstra mais o desempenho esperado.
- Terapia das Construções: são estudos que tratam da correção dos problemas detectados.

Para Helene (1992) patologia é a parte da engenharia destinada aos estudos de sintomas, causas e origens de defeitos nas construções.

Tendo em vista estes conceitos conclui-se que o termo patologia é erroneamente utilizado para designar um defeito; Pois sendo patologia uma área de estudo da engenharia, então é correto afirmar que um defeito deve ter como sinônimo manifestação patológica ou ainda fenômeno patológico e não patologia, sendo este o enfoque que será dado neste trabalho.

### 2.1.3 Métodos de diagnóstico

Segundo Lersch (2003), a ciência do restauro vai além de trabalhos preliminares de levantamentos métricos e de sua graficação. Faz-se importante o conhecimento de fatores que degradam as edificações e muitas vezes o levam à ruína. Faz-se importante, também, o conhecimento de mecanismos causadores dos danos, promovendo meios e métodos de prevenção e tomadas de decisão de possíveis intervenções. Lersch (2003) afirma ainda que, sem o conhecimento das causas, não há condições de se determinar critérios ou métodos de intervenção. Portanto é importante a elaboração de um cadastro de lesões ou fenômenos, e o mapeamento destas, contribuindo para a elaboração de um diagnóstico correto.

A mesma autora afirma que, pela deficiência de bibliografia e técnicos habilitados para a compreensão de aspectos sobre fenômenos de deterioração, torna-se ainda mais complexo o diagnóstico visto que os sintomas de uma fenômeno podem ser similares, mas podem ser atribuído a causas diferentes que atuam simultaneamente, ou até que uma determinada causa origine mais de um defeito.

Sarkis (1995) esboça através de um fluxograma (Figura 1) a rotina técnica a ser adotada frente a um caso de manifestação patológica:

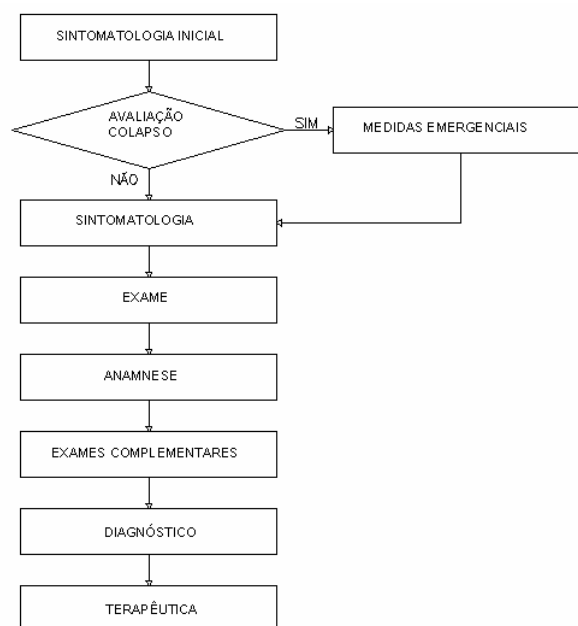


Figura 1 – Rotina técnica para diagnóstico de uma patologia  
Fonte: SARKIS (1995)



Percebe-se uma seqüência lógica de diagnóstico, pois inicia-se com a observação dos sintomas passando por uma avaliação do colapso da edificação, realização de exames detalhados juntamente com histórico da edificação e possíveis terapias para as patologias.

Outra metodologia parecida é usada por Luca (1997), que sintetiza um diagnóstico em cinco partes:

- Definição das características estruturais, como materiais e dimensões;
- Ensaio de controle, através de inspeção ocular sobre o estado de conservação;
- Cálculos de verificação analítica com uso de cargas úteis de serviço;
- Por fim uma análise das causas, eliminação das mesmas e reparação ou reforço da edificação.

A metodologia a ser utilizada neste trabalho possui fases muito semelhantes as citadas acima, pois é baseada no fluxograma que Lersch (2003) utilizou para explicar a organização de sua pesquisa de mestrado, conforme mostra a Figura 2.

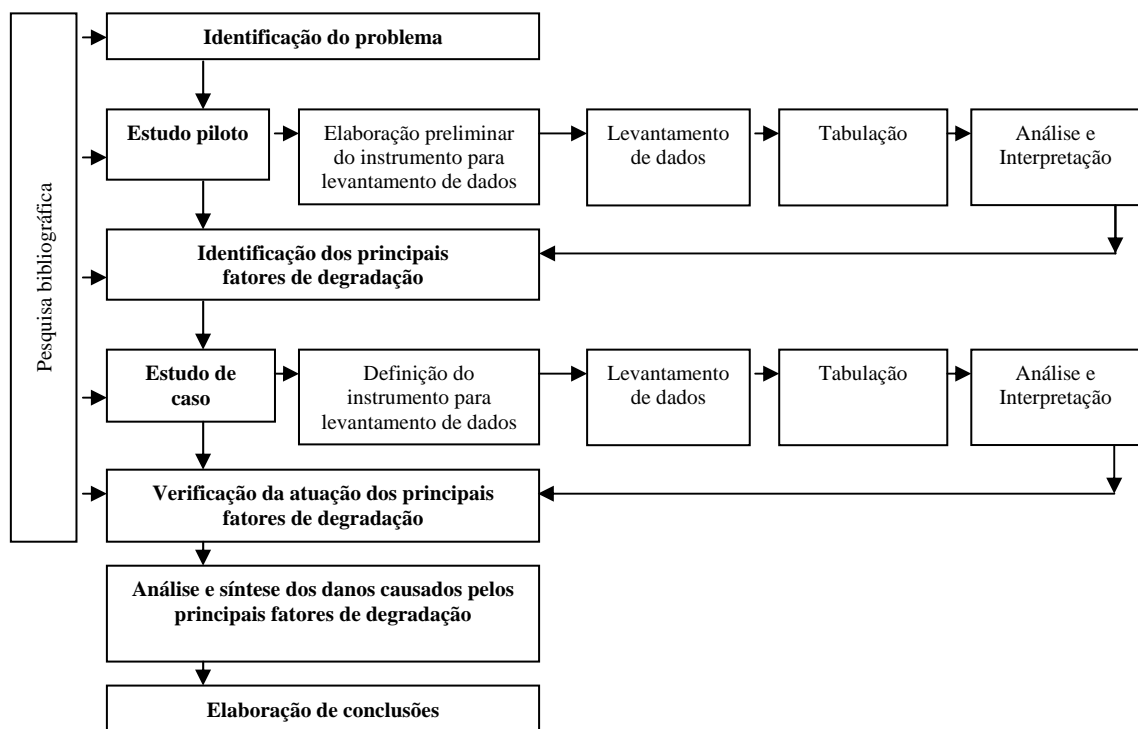


Figura 2 – Fluxograma explicativo da organização da pesquisa de Lersch (2003)  
Fonte: LERSCH (2003)

Lichtenstein (1986) recomenda a utilização de alguma metodologia estruturada com o objetivo de racionalizar o processo de entendimento dos problemas patológicos. Para isto propõe uma estrutura conforme a Figura 3.

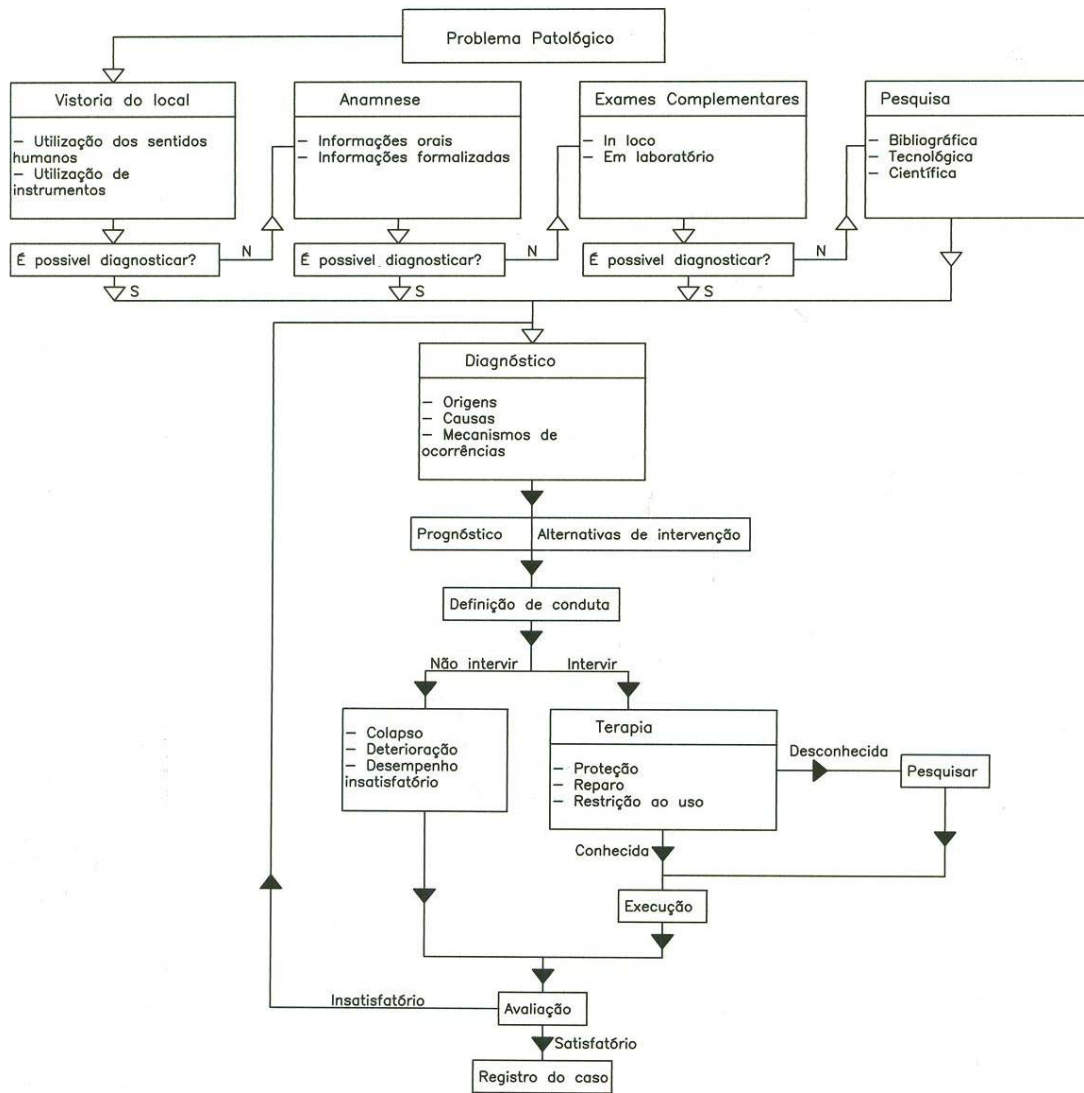


Figura 3 – Fluxograma de atuação para resolução de problemas patológicos  
Fonte: LICHTENSTEIN (1986)

Percebe-se que as maneiras de realizar diagnósticos de patologias tendem a convergir para uma direção comum, mesmo que traçada por diferentes autores.

A dificuldade maior, no entanto, encontra-se na maneira de catalogar e tabular resultados destes diagnósticos, Dal Molin (1988) *apud* Dal Molin (1997) comenta a necessidade de estabelecer uma sistemática de catalogação e divulgação de dados de manifestações

patológicas, no intuito de formar uma base de dados que auxilia a execução de diagnósticos mais precisos.

Thomaz (1989) ainda complementa:

A falta, entre nós, do registro e divulgação de dados sobre problemas patológicos retarda o desenvolvimento das técnicas de projetar e de construir, cerceando principalmente aos profissionais mais jovens a possibilidade de evitarem erros que já foram repetidos inúmeras vezes no passado.

Uma vez que se conheça os defeitos que uma construção pode vir a apresentar, bem como as suas causas, é menos provável que se cometam erros, tornando esse conhecimento tão importante quanto a responsabilidade do profissional na execução da obra (VERÇOSA, 1991).

Logo, os conhecimentos tecnológicos sobre patologias das construções desenvolvem-se a partir do conhecimento teórico dos fenômenos de deterioração e dos mecanismos de ocorrência, bem como a divulgação dos procedimentos utilizados no tratamento dos problemas apresentados pelas construções (CARMO, 2003).

Carmo (2003) reforça que, durante a análise dos problemas patológicos, além de descrever a etapa dos processos aos quais estão relacionados, deve-se identificar a atividade que deu origem ao problema, pois o conhecimento da causa é importante para que se possa indicar a terapêutica ideal, e eliminá-la, fazendo com que o problema não se manifeste novamente.

#### **2.1.4 Classificação**

Segundo Cavalheiro (1995), as patologias podem dividir-se em:

- Patologia das fundações;
- Patologia das estruturas;
- Patologia das alvenarias;
- Patologia das instalações;
- Patologia dos revestimentos;
- Outras.

Peres (2001) cita a classificação de Ioshimoto (1994), como uma classificação mais ampla, e mais utilizada:

- Umidade;
- Fissuras e trincas;
- Descolamento de revestimentos.

### **2.1.5 Custo agregado de uma patologia**

Conforme Qualharini (1997), os fenômenos patológicos trazem como consequência direta fatores econômicos e de satisfação do usuário, Pois irão gerar custos de retrabalho tanto para o construtor quanto ao proprietário, além de causar um efeito degenerativo da edificação gerando prejuízos comerciais e psicológicos ao proprietário.

Outra análise a ser feita diz respeito ao tempo ocioso da edificação quando da reforma, lembrado por Gerwick (1994) *apud* Figueiredo (1997), pois salienta que devem ser levados em consideração não apenas os custos diretos associados aos materiais e mão-de-obra utilizada, mas também os indiretos relativos a interrupção da operação da edificação ou possíveis prejuízos sociais e econômicos em caso de colapso da estrutura.

Salienta Lersch (2003) que, quando a estrutura começa a perder segurança ou funcionalidade devido à deterioração, é necessária a realização de reparos ou reforços que dependem da gravidade da degradação. A autora destaca ainda que, a partir de reparos sucessivos, procura-se manter as condições de segurança e estabilidade da edificação para seu uso. Mas, para cada manutenção realizada, ou pequenos reparos, existe uma relação entre o custo necessário e o tempo exigido para outra intervenção. Ou seja, se as intervenções fossem periódicas (preventivas), o custo seria relativamente baixo, e também garantiria um tempo maior de desempenho satisfatório da edificação. No entanto, o que se percebe é que pequenos reparos são feitos esporadicamente, diminuindo o desempenho da edificação até um nível insatisfatório, logo é necessária a realização de uma restauração ou reciclagem, conforme ilustra a Figura 4 elaborada por Lersch (2003).

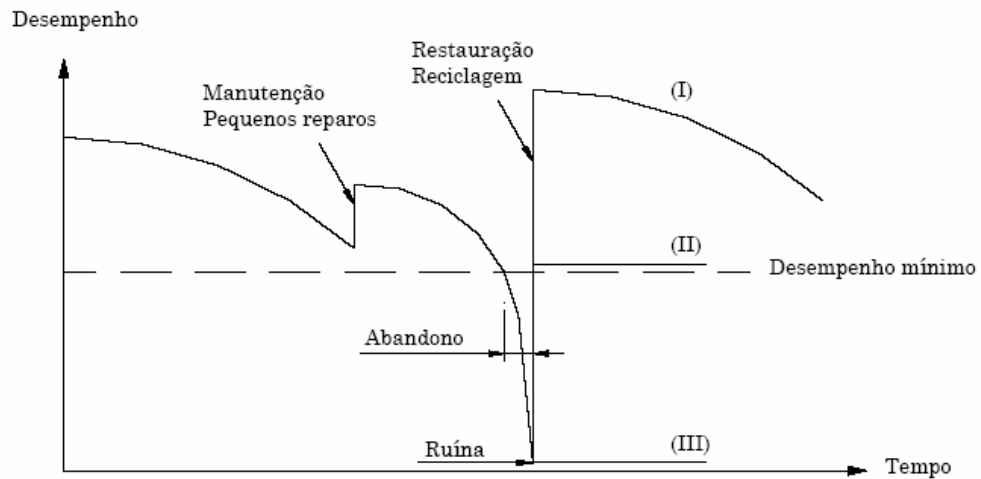


Figura 4 – Fases do desempenho de uma edificação histórica  
Fonte: LERSCH (2003)

Ainda, do ponto de vista econômico, Helene (1992) ressalta que as medidas que são tomadas visando à durabilidade, em nível de projeto, são muitas vezes mais convenientes, seguras e de menor custo do que as tomadas a posteriori. Destaca, ainda, que estes custos de intervenção crescem exponencialmente em função do tempo de intervenção. Essa informação também é conhecida por lei dos 5 ou regra de Sitter, conforme ilustra a Figura 5.

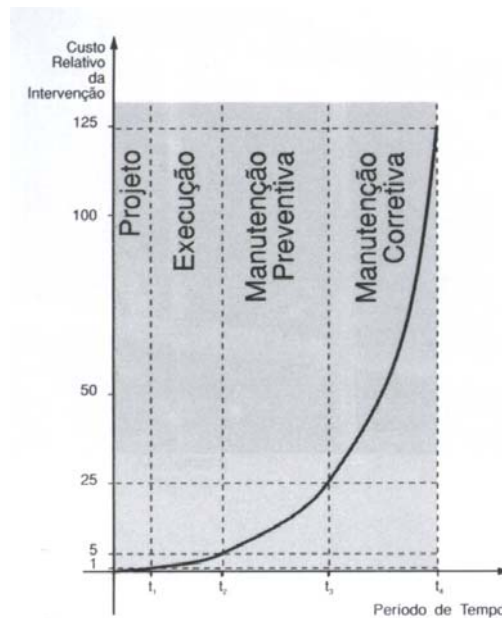


Figura 5 – Lei de evolução dos custos conforme Sitter (1984) *apud* Helene (1992)  
Fonte: HELENE (1992)

## 2.2 Manifestações patológicas e suas origens

Para Cavalheiro (1995), existem 4 razões básicas para o aparecimento de defeitos:

- Evolução tecnológica dos materiais, da teoria das estruturas e dos sistemas construtivos, que tornaram as estruturas mais flexíveis, visando melhor desempenho de absorção de movimentos, sem causar colapso, possibilitando o surgimento de patologias;
- Velocidade de construção, ou controle de qualidade inadequado ou inexistente;
- Formação deficiente de profissionais;
- Deficiência de normalização sobre o assunto e manutenção inadequada ou inexistente.

Peres (2001) sintetiza as mesmas colocações de Cavalheiro, afirmando que:

Na tentativa de racionalizar as construções, buscar o máximo de economia, e com maior conhecimento dos materiais, procura-se o limite que estes podem alcançar, aumentando as chances de ocorrência de manifestações patológicas.

Logo, as características construtivas modernas favorecem o aparecimento de fenômenos patológicos, pois, em função do conhecimento mais aperfeiçoado e profundo dos materiais e técnicas, seu emprego aproxima-se do limite de desempenho satisfatório. Uma vez que se sabe, com precisão, até que ponto se pode confiar em determinado material, pode-se reduzir o seu consumo, fazendo com que o mínimo erro possa causar patologias (VERÇOSA, 1991).

Segundo Carmo (2003), os problemas patológicos têm origem relacionada a algum erro ou falha cometida em pelo menos uma das fases do processo de construção, e sua ocorrência está associada a um conjunto de sintomas ou manifestações que são características, apresentadas durante a execução do uso da edificação, podendo se tornar evidentes já no início da construção ou após anos de conclusão da obra.

Conforme Verçosa (1991) as manifestações podem ser atribuídas as seguintes proporções:

- Projeto: 40%
- Execução: 28%
- Materiais: 18%
- Mau uso: 10%

- Mau planejamento: 4%

Pinto (1996) *apud* Peres (2001) classifica condições e causas dos problemas de maneira um pouco distinta:

- Erros de concepção: 32%
- Erros de cálculo - defeito ou ausência de estudos: 18%
- Deformação excessiva: 7%
- Efeitos das variações dimensionais : 23%
- Erros de execução: 16%
- Fenômenos químicos e ação do gelo: 4%

Para Helene (1992) o processo de construção e uso é dividido em cinco grandes partes:

- Planejamento;
- Projeto;
- Fabricação de materiais e componentes fora do canteiro;
- Execução propriamente dita;
- Uso (envolvendo operação e manutenção)

Conforme já citado por Helene (1992), um diagnóstico adequado indica a etapa de origem, pois para cada origem do problema patológico há uma terapia adequada, mesmo que o fenômeno e os sintomas sejam os mesmos. Ainda ressalta Helene (1992) que:

... a identificação da origem do problema permite também identificar, para fins judiciais, quem cometeu a falha. Assim se o problema teve origem na fase de projeto, o projetista falhou; quando a origem está na qualidade do material, o fabricante errou; se na etapa de execução, trata-se de falha de mão-de-obra e a fiscalização ou a construtora foram omissos; se na etapa de uso, a falha é da operação e manutenção.

Para complementar o mesmo autor cita um estudo desenvolvido por Grunau (1981), que pesquisou sobre a origem da incidência dos problemas patológicos em relação as etapas da produção, conforme ilustra a Figura 6.

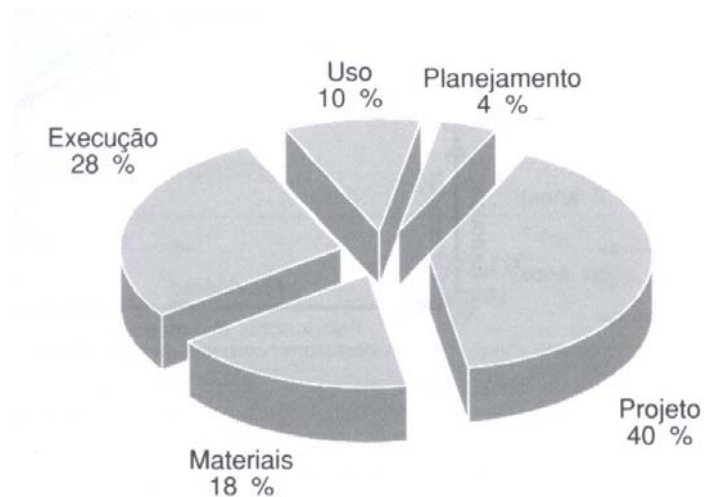


Figura 6 – Origem dos problemas patológicos com relação as etapas de produção e uso das obras civis segundo Grunau (1981) *apud* Helene (1992)

Fonte: HELENE (1992)

Lichtenstein (1986) *apud* Carmo (2003), em seus estudos, elaborou uma tabela relacionando a distribuição percentual das falhas de acordo com a origem em alguns países (Tabela 1).

Tabela 1 – Distribuição percentual das falhas constatadas de acordo com a origem

| Origem das falhas | Bélgica<br>(1974-75)<br>(1976-77) (%) | Grã-Bretanha<br>(1970-74)<br>(%) | Rep. Feder. Da<br>Alemanha<br>(1970-77) (%) | Dinamarca<br>(1972-77)<br>(%) | Romênia<br>(1971-77)<br>(%) |
|-------------------|---------------------------------------|----------------------------------|---|-------------------------------|-----------------------------|
| <b>Projeto</b>    | 49 - 46                               | 49                               | 37  | 36                            | 37                          |
| <b>Execução</b>   | 22 - 22                               | 29                               | 30  | 22                            | 19                          |
| <b>Materiais</b>  | 15 - 15                               | 11                               | 14  | 25                            | 22                          |
| <b>Utilização</b> | 9 - 8                                 | 10                               | 11  | 9                             | 11                          |
| <b>Diversos</b>   | 5 - 9                                 | 1                                | 8   | 8                             | 11                          |

Fonte: Lichtenstein (1986) *apud* Carmo (2003)



### **2.2.1 A etapa de projeto**

Segundo Souza (1998), várias são as falhas que podem ocorrer durante o projeto, podendo ser mesmo na fase de concepção da estrutura, no estudo preliminar, na execução do anteprojeto ou durante a elaboração do projeto de execução. O autor apresenta dois aspectos distintos quanto à esta fase:

1º: De maneira geral as dificuldades técnicas e o custo de solução de problemas originários de falhas de projeto são proporcionais à antiguidade da falha, ou seja, quanto mais tarde ocorre a falha, mais onerosa e complexa será a solução;

2º: Falhas de estudos preliminares ou de anteprojetos geram transtornos relacionados à utilização da obra e encarecem o processo de produção, enquanto que falhas de projeto de execução (ou projeto final) geram problemas patológicos sérios, oriundos de causas, como:

- Elementos de projeto inadequados;
- Falta de compatibilização entre a estrutura e a arquitetura e demais projetos;
- Especificação inadequada de materiais;
- Detalhamento insuficiente ou errado;
- Detalhes construtivos inexecutáveis;
- Falta de padrão de representações;
- Erros de dimensionamento.

### **2.2.2 A etapa de execução**

Souza coloca que a seqüência lógica ideal seria o início da execução somente após o término da etapa de concepção, e da conclusão de todos os estudos e projetos. Mas o que se verifica é que isso raramente ocorre. E mesmo quando o processo de planejamento e projeto é concluído antes do início da execução, durante esta ocorrem “mudanças” sob a alegação de serem necessárias simplificações construtivas que acabam gerando erros.

A ocorrência de problemas patológicos nesta etapa basicamente deve-se ao processo de produção, pois este reflete de maneira imediata as dificuldades socioeconômicas, provocando baixa na qualidade técnica de trabalhadores menos qualificados (serventes e meio oficiais) e até mesmo os com alguma qualificação profissional (SOUZA, 1998).

### **2.2.3 Os materiais de construção**

Os danos verificados nos materiais de construção são atribuídos a defeitos de origem ou à atuação de agentes de degradação. Defeitos de origem referem-se a falhas naturais (pedras com fissuras, madeiras com nós, etc...) e da escolha e uso dos mesmos na obra. A atuação de agentes está intimamente ligada à função que os componentes desempenham na edificação e as propriedades dos materiais (fungos e insetos em madeira, pedras com alterações por efeitos químicos e físicos, etc...) (LERSCH, 2003).

### **2.2.4 A etapa de utilização da edificação**

Conforme Souza (1998), por este aspecto, a edificação deve ser vista como um equipamento mecânico, ou seja, para se ter bom desempenho deve ter manutenção eficiente. Em muitos casos, o proprietário, maior interessado em que a estrutura tenha bom desempenho, passa a ser, por desleixo ou ignorância, o agente de desgaste agravando a deterioração em níveis mais elevados. Sendo assim, os problemas gerados nesta etapa são basicamente causados por utilização errônea ou por falta de manutenção adequada.

## **2.3 Edifícios históricos e seus principais fatores de degradação**

A grande maioria das edificações históricas se caracterizam por terem sido construídas utilizando-se técnicas rudimentares e materiais naturais de solo, rochas e peças vegetais, compactados ou rejuntados por outros materiais que funcionam como ligantes (GUSMÃO FILHO, 1998).

Para Gusmão Filho (1998), as construções históricas vêm passando por transformações, que modificam as condições de funcionalidade e segurança por várias razões:

- Tipo e intensidade de processos físicos, químicos e biológicos;
- As propriedades dos solos e rochas usados como materiais de construção;
- Condições ambientais;
- Ação do homem, através de intervenções na obra ou em sua vizinhança;
- Movimentos do terreno de fundação.

O mesmo autor afirma que o efeito do tempo no sistema solo-fundação é outra característica relevante na avaliação de desempenho de uma edificação, pois este efeito envolve alterações físicas e químicas nos materiais constituintes do sistema que são inerentes ao passar do tempo.

Conforme Peres (2001), prédios de interesse histórico fazem parte dos bens materiais que compõem o Patrimônio Ambiental Urbano e, por apresentarem manifestações patológicas junto com o inegável valor histórico e cultural que estas construções apresentam, todo o trabalho de restauração é de extrema valia, pois o desenvolvimento econômico e social de uma comunidade não dispensa a valorização de sua história.

Feilden (1982) citado por Lersch (2003) salienta que edifício histórico é aquele que nos faz conhecer sobre as pessoas e a cultura que o constitui e carrega consigo valores arquitetônicos, estéticos, históricos, de cunho documental, arqueológico, econômico, social, político, espiritual ou simbólico. Afirma, ainda, que o objetivo da conservação de edificações históricas deveria ser mantê-las como testemunho de um determinado método construtivo, como obra de engenharia e arquitetura mantendo um símbolo de identidade e continuidade cultural de sociedade.

Lersch (2003) também cita o Manual de Conservação Preventiva do INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL datado de 2001, afirmando que as práticas de conservação preventiva e de manutenção de um bem edificado não fazem parte da tradição brasileira, e que a regra é recorrer a restauração depois que o edifício chega a um nível avançado de degradação. A mesma autora acrescenta que alguns conceitos da área de conservação e restauração do patrimônio ainda não se incorporaram à cultura nacional, os quais consideram que é de importância fundamental **conhecer muito para intervir pouco e prevenir para não intervir.**

Para o entendimento do universo de fatores que promovem ou influenciam a degradação de edificações históricas, Lersch (2003) distingue estes em duas etapas:

**1. Características da edificação:** que determinam o maior ou menor grau de degradação, e são relacionadas à:

- Implantação: o que determina a disposição do edifício no terreno, podendo surgir problemas dados em função da orientação solar e condições geotopográficas.
- Materiais: que podem ser atribuídos a defeitos de origem ou à atuação de agentes de degradação.
- Componentes da edificação: sob a atuação de agentes ao longo do tempo alguns componentes acabam por perder a sua função.

**2. Principais agentes e mecanismos de degradação:**

- Agentes ambientais ou climáticos: tais como radiação solar, temperatura, água, vento e constituintes do ar.
- Agentes biológicos: como microorganismos, vegetação e insetos.
- Fenômenos incidentes da natureza: terremotos e inundações.
- Uso e ação do homem: são em função do uso abusivo ou exagerado do homem, a falta de conservação preventiva, execução de intervenções indevidas, desenvolvimento urbano e até vandalismo.

## **3 METODOLOGIA**

### **3.1 Classificação**

Este estudo tem como propósito pesquisar e descrever as manifestações patológicas existentes em uma edificação escolar construída na década de 1930, bem como elaborar um diagnóstico destas manifestações. Caracterizando-se, assim, como um estudo de caso.

A pesquisa a ser realizada é qualitativa, uma vez que os dados coletados em “campo” serão descritos tecnicamente conforme os mecanismos de ocorrência de cada manifestação patológica encontrada.

### **3.2 Plano de coleta de dados**

Os dados a serem obtidos na pesquisa serão coletados através de resgate de “projetos” (planta baixa) e regraficação destes, utilizando-se o software AutoCad 2002, enquanto que o levantamento das manifestações patológicas foi feito por meio de registro fotográfico, utilizando-se uma máquina fotográfica “Sony Cyber-shot DSC – P93A.”.

### **3.3 Materiais utilizados**

Os materiais e equipamentos utilizados:

- Prancheta, folhas A4 e demais materiais para anotação;
- Máquina fotográfica Sony Cyber-shot DSC – P93A.
- Microcomputador disponível no Laboratório de Informática do Curso de Engenharia Civil da UNIJUÍ;
- Bibliografia necessária para o desenvolvimento geral da pesquisa, citada neste trabalho.

### 3.4 Organização geral da pesquisa

A organização da pesquisa pode ser explicada com o auxílio do fluxograma apresentado na Figura 7, que foi adaptado da dissertação de mestrado realizada na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, “Contribuição para a identificação dos principais fatores e mecanismos de degradação em edificações do patrimônio cultural de Porto Alegre”, de Inês Martina Lersch, no ano de 2003.

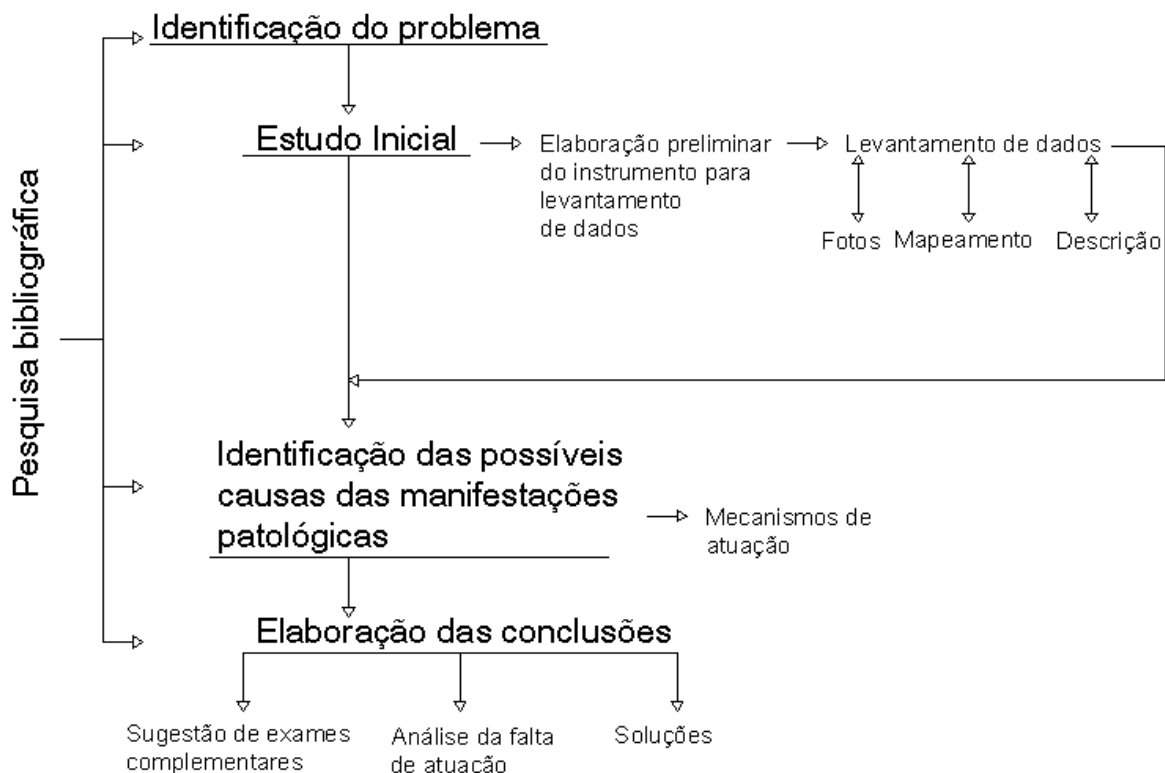


Figura 7 – Fluxograma do desenvolvimento da pesquisa

#### a) Identificação do problema

Em função da observação preliminar, para se ter idéia da amplitude do problema e, em função de leituras sobre o tema, foram desenvolvidos os seguintes questionamentos:

- Que fatores são responsáveis pelo surgimento de patologias na edificação citada? Seja em termos de materiais, técnicas ou maneira de utilização da edificação.
- Quais os mecanismos de ocorrência dessas patologias? Para se entender como estes fenômenos surgem e evoluem.
- Quais as soluções possíveis? Buscando-se, através do entendimento dos mecanismos de ocorrência, alternativas para solucionar os fenômenos encontrados.

#### b) Pesquisa bibliográfica

Assim como Lersch (2003) propôs, a pesquisa bibliográfica ocorre de forma paralela às atividades da pesquisa, pois é a etapa que alimenta o desenvolvimento da pesquisa.

#### c) Estudo inicial

É a fase de estudo realizada para a obtenção de resultados e onde realiza-se o levantamento de dados usando-se de fotografias mapeando-se estas e realizando demais descrições.

#### d) Identificação das possíveis causas das manifestações patológicas

É a etapa do estudo onde identifica-se os agentes causadores dos fenômenos patológicos, sejam eles remotos ou imediatos. Embora não exista a distinção em bibliografia entre tais termos, destaca-se a importância de realizar tal distinção. O agente remoto caracteriza-se como aquela causa de um fenômeno patológico que por sua vez irá gerar outro, enquanto que o agente imediato é aquele responsável diretamente pelo surgimento de um fenômeno patológico. Nesta etapa além da identificação dos agentes, também se realiza a descrição dos mecanismos de ocorrência de cada fenômeno.

#### e) Elaboração de conclusões

É a etapa final, onde sugere-se a execução de exames complementares com maior precisão, analisa-se a situação no caso de não intervenção e, por fim, define-se soluções possíveis para os problemas.

### **3.5 Materiais de análise e interpretação de dados**

Os materiais e dados a serem analisados e interpretados originam-se da fase de levantamento de dados, são organizados segundo fotografias dos locais com presença de fenômenos patológicos, com suas localizações na edificação e com uma descrição técnica dos sintomas apresentados, para posteriormente serem analisadas, identificando-se causas e possíveis soluções.

## 4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### 4.1 Descrição do local do estudo de caso

Em 19 de outubro de 1890, foi fundada a colônia Ijuhy, quatro anos após, em 1894, foi criada a primeira escola pública do futuro município de Ijuí. Fundada pelo professor Roberto Roeber, seu primeiro diretor e pioneiro da instituição ijuicense, que, por iniciativa própria dava aulas aos filhos das 22 famílias radicadas na colônia. A escolinha funcionava em uma modesta casa localizada na Praça da República.

Em 1916, a escola pública começa a funcionar denominada “Grupo Escolar da VILLA DE IJUHY”. Situava-se à Rua Benjamin Constant, onde atualmente funciona o prédio da Previdência Social e possuía cinco professores lecionando. Nessa época, o Grupo Escolar funcionava em dois prédios: um de alvenaria e outro de pinho, construídos especialmente para atender os alunos da então Colônia de Ijuhy e totalizavam uma área construída de 352,65 m<sup>2</sup> num terreno de 2.500 m<sup>2</sup>. Comportavam até 300 alunos, distribuídos em dois turnos. Cinco anos após sua denominação, o Grupo Escolar da Villa de Ijuhy passou a chamar-se “COLÉGIO ELEMENTAR DE IJUHY”.

Em outubro de 1929, foi lavrada a transcrição de transmissão de um lote urbano, com área de 10.000 m<sup>2</sup>, destinado ao uso do Colégio Elementar. No ano seguinte, em 1930, foi lançada a pedra fundamental do novo edifício, no referido lote, à Rua Benjamin Constant.

Três anos após o lançamento da pedra fundamental, foi concluído o prédio da escola. Possuía 13 salas de aula, cada uma com seu vestiário, onde, na época, eram colocadas sombrinhas, capas e guarda-chuvas, quatro salas para a administração, quatro banheiros, um salão nobre, uma área coberta para a prática de educação física e uma biblioteca. A partir disso, a escola tinha condições de abrigar 780 alunos distribuídos em dois turnos.

Em 1934, o Colégio Elementar de Ijuhy passou a se chamar “COLÉGIO ELEMENTAR VISCONDE DE MAUÁ”, que, em 1941 recebe nova denominação “GRUPO ESCOLAR RUY BARBOSA”.



Atualmente o Grupo Escolar chama-se Escola Estadual de Ensino Fundamental Ruy Barbosa. Possui laboratório de informática, de ciências, área para educação artística, refeitório, biblioteca e diversas outras salas para atividades variadas. Com um corpo docente constituído por aproximadamente 80 professores que se dividem em três turnos, lecionando para 752 alunos, constitui-se na mais importante escola pública de ensino fundamental de Ijuí.

Além de ter contribuído para o desenvolvimento da cidade, é um patrimônio cultural muito estimado por todos.

#### 4.2 Regraficação do Projeto Arquitetônico

As Figuras 8, 9 e 10 são resultados da regraficação do projeto arquitetônico (somente da planta baixa), elaborado com o auxílio do AutoCad 2002 utilizando-se a planta baixa existente sendo esta uma cópia heliográfica. Neste item são apresentadas as figuras sem escala definida, sendo que no anexo A encontram-se os mesmos em escala.

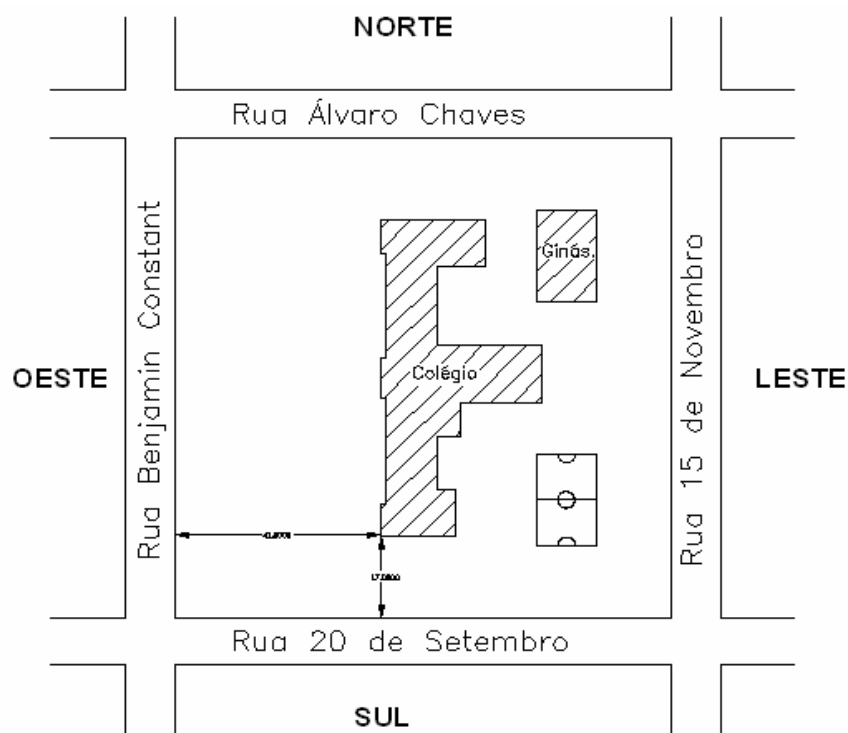


Figura 8 – Planta de Situação

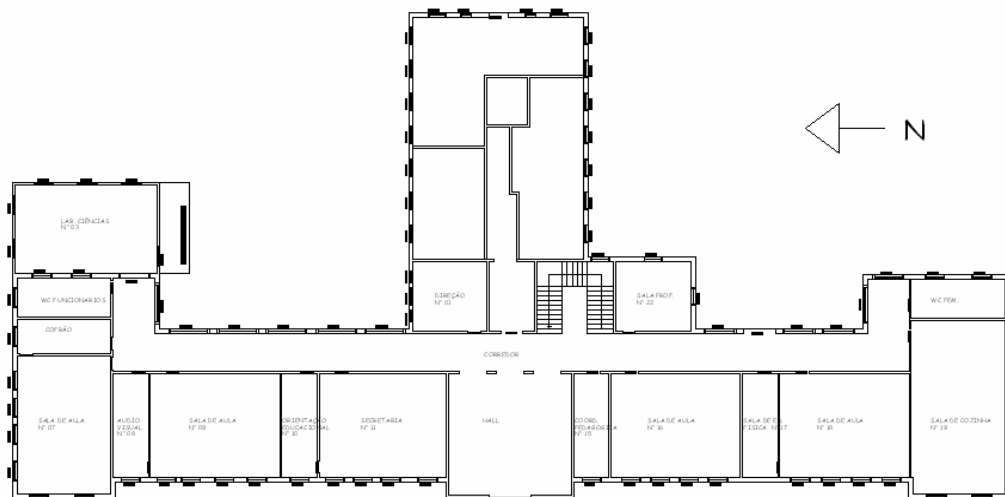


Figura 9 – Planta Baixa 1º pavimento

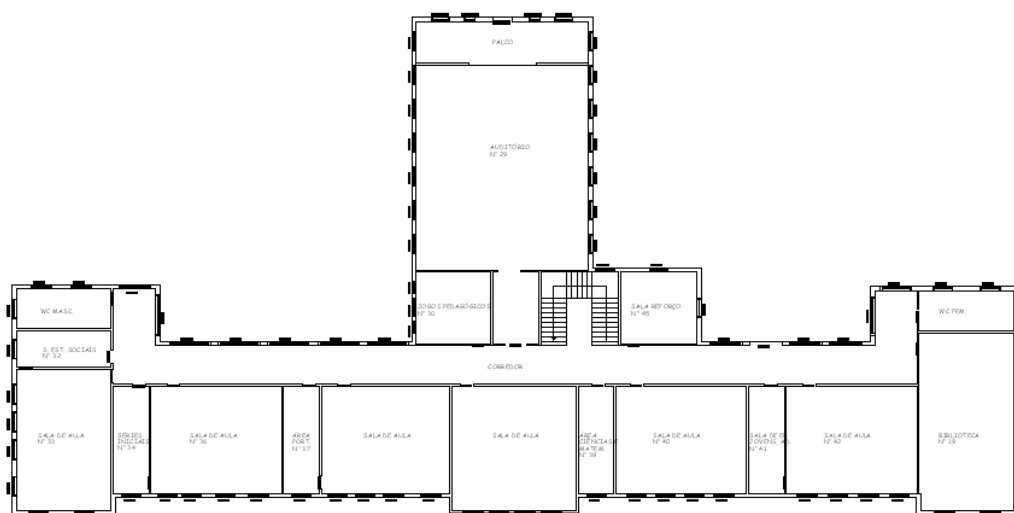


Figura 10 – Planta Baixa 2º pavimento

### 4.3 Situação geral da edificação

A edificação em estudo foi construída na década de 1930, com uso de blocos cerâmicos maciços exercendo função estrutural, possuindo dois pavimentos com sistemas de lajes em concreto armado. As aberturas foram confeccionadas em madeira com traços da arquitetura da época, caracterizadas por arcos abobadados, com altura superior à sua largura. Outras características da edificação, são o pé-direito com aproximadamente 5 metros e a inclinação do telhado bem acentuada que utiliza telhas cerâmicas.

Conforme relato de funcionários, a edificação sofreu aumento de área junto aos fundos do prédio pela construção de um anexo com salas de aula, para realização de aulas para séries iniciais há aproximadamente 15 anos.

Sabe-se, ainda, que a edificação sofreu uma reforma parcial há aproximadamente cinco anos, caracterizada pela troca de parte das telhas da cobertura, troca de pedaços de calhas e condutores pluviais, execução de forros novos com PVC em algumas salas de aula, pintura em todo contorno externo e algumas partes internas da edificação, bem como colocação de revestimentos cerâmicos novos nos banheiros.

Situada aproximadamente no centro do lote, localizado no centro da cidade de Ijuí, a edificação destina-se ao uso escolar. A Figura 11 mostra a edificação vista frontalmente e a Figura 12 traz uma visão pela parte dos fundos desta através de um prédio localizado nas proximidades.



Figura 11 – Vista frontal da edificação



Figura 12 – Vista da parte de trás da edificação

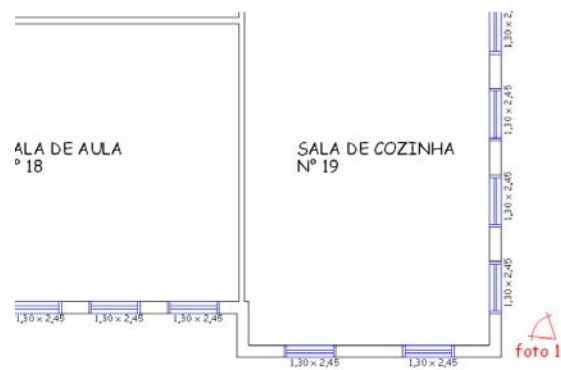
#### 4.4 Descrição das manifestações patológicas encontradas

A seguir, são apresentadas, com figuras, as manifestações patológicas encontradas, indicando sua localização na edificação, bem como a descrição desses fenômenos por observação visual, e a indicação de prováveis causas juntamente com a explicação do mecanismo de ocorrência de cada manifestação patológica. No Anexo B, encontra-se o projeto com escala definida mostrando a localização das figuras.

##### A. Parede externa da ala sul



(a) foto 1



(b) localização

Figura 13 – Parede externa da ala sul

- *Descrição por observação visual:* Reboco com manchas de umidade, mofo e bolor.
- *Manifestações detectadas:* Manchas de umidade, mofo e bolor.
- *Causas prováveis:* As possíveis causas destas manifestações estão associadas a umidade ascendente do piso da calçada por falta de impermeabilização eficiente. Cita-se também que a manifestação patológica ocorre em função dos respingos de água pluvial devido ao beiral existente para proteção desta parede possuir um pé-direito com altura considerável, seguido de inexistência de limpeza adequada. Segundo Verçosa (1991), a umidade é a causa ou meio necessário para grande maioria das manifestações patológicas em construções. Este autor comprova dizendo que as umidades podem ter as seguintes origens:
  - Trazidas durante a construção;
  - Trazidas por capilaridade;

- Trazidas por chuva;
  - Resultantes de vazamentos em redes;
  - Condensação.
- *Mecanismo de ocorrência:* Conforme Verçosa (1991), bolor ou mofo é a manifestação de um tipo de microvegetais e fungos que surgem em função da presença de umidade. Como os fungos não têm clorofila suas raízes segregam enzimas que fazem decomposição e servem de alimento para o vegetal. Logo, essas enzimas funcionam como um ácido sobre o material que é atacado e queimado, deixando como resultado uma coloração escura quase preta.

### B. Parede externa da ala norte



(a) foto 2



(b) localização

Figura 14 – Parede externa da ala norte

- *Descrição por observação visual:* Presença de fissuras com grandes espessuras em ambas as paredes com sentidos horizontal e inclinado a aproximadamente 45°, com sinais de execução de selamento anterior.
- *Manifestações detectadas:* Fissuras
- *Causas prováveis:* Como detectou-se a presença de fissuras horizontais e com inclinação de 45°, uma possível causa é o deslocamento vertical desta parte da edificação, pois trata-se de uma ampliação da edificação executada há poucos anos, logo a incompatibilidade de materiais e técnicas utilizadas pode ter influenciado e causado recalque diferencial desta ampliação. Pode-se citar, também, como causa deste deslocamento o carregamento de finos do solo que propiciou a existência de vazios no mesmo gerado por vazamentos da rede de água e esgoto.
- *Mecanismo de ocorrência:* Devido a existência de vazios do solo, este, com a sobrecarga do alicerce da fundação acomodou-se a fim de eliminar estes vazios, logo

essa acomodação não ocorreu de forma igual ou simultânea ao longo das paredes e gerou diferentes tensões que não foram suportadas por estas, o que ocasionou o surgimento das fissuras. Outra hipótese que pode ser citada é que devido a presença de vazamentos da rede hidrossanitária, ocorreu a saturação do solo abaixo da fundação e alterou o estado de tensões efetivas modificando a capacidade de carga deste. Segundo Pinto (2000), *“a tensão efetiva é responsável pelo comportamento mecânico do solo, e só mediante uma análise através de tensões efetivas se consegue estudar cientificamente os fenômenos de resistência e deformação dos solos.”* Pinto afirma ainda que para solos saturados a tensão efetiva é expressa pela Equação 1:

$$\bar{\sigma} = \sigma - u \quad (\text{Equação 1 – Tensão efetiva})$$

onde  $\sigma$  é a tensão total (função da espessura da camada e o peso específico do solo), e  $u$  a poro-pressão (parcela de tensão exercida pela pressão da água).

Outro fenômeno que deve ser destacado, diz respeito aos períodos de seca, ou seja, em determinados locais, devido a períodos de seca, ocorre a migração de umidade de locais onde o solo não possui cobertura, para baixo das edificações, causando uma retração do solo, e conseqüentemente deformações da fundação da edificação.

Bressani (1994), em um estudo sobre manifestações patológicas em fundações no Estado do Rio Grande do Sul, concluiu que 77% dos casos ocorreram em fundações superficiais, enquanto que em apenas 9% a fundação afetada era do tipo profunda. O mesmo autor mostra a origem dos problemas em fundações superficiais, atribuídas a:

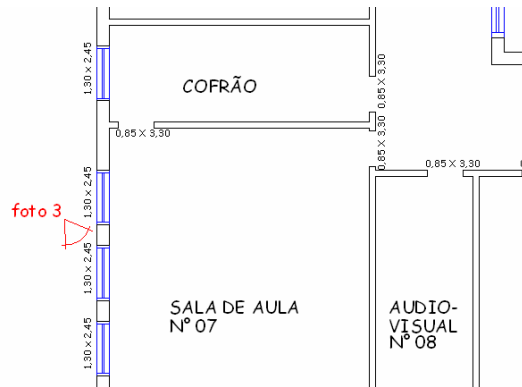
- Projeto: 56,8%
- Fatores externos: 28,5%
- Execução: 5,5%
- Materiais: 2,7%
- Uso: 6,5%

Cabe salientar que no caso em estudo os problemas patológicos não surgiram pela tipologia da fundação, mas sim por fatores externos que influenciaram no funcionamento desta (vazamentos que causaram o carreamento de finos).

### C. Escada externa da ala norte



(a) foto 3



(b) localização

Figura 15 – Escada externa da ala norte

- *Descrição por observação visual:* Descolamento da escada do corpo da edificação, e pequena deformação do formato da escada com sinais de recalque diferencial.
- *Manifestações detectadas:* Descolamento e deformação da escada da edificação.
- *Causas prováveis:* Recalque diferencial de ambos os elementos (escada e parede da edificação).
- *Mecanismo de ocorrência:* As causas podem ser associadas também as mencionadas no item 'parede externa ala norte'. A existência de vazios do solo causado pelo carreamento de finos gerado por vazamentos. Mas, neste caso, também cita-se outra possível causa; a inexistência de material para suportar o bulbo de tensões geradas pelas cargas da edificação tendo em vista a construção de poços sumidouros próximos a edificação (ambos os lados). Conforme visualiza-se na Figura 16. Logo com a retirada de material, a acomodação do solo deu-se de forma diferenciada, ocorrida ao longo dos anos e, associada ao carreamento de finos, gerou recalques diferenciais que causaram o descolamento da escada do corpo da edificação e a deformação no formato de seus degraus.

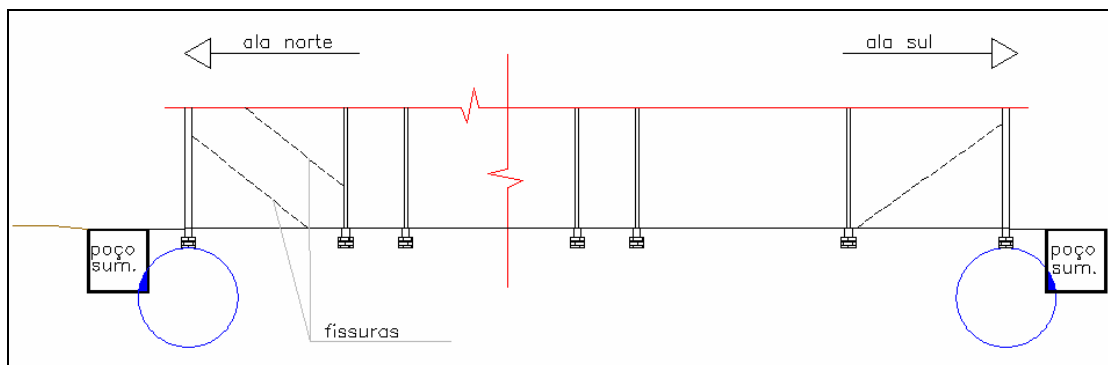
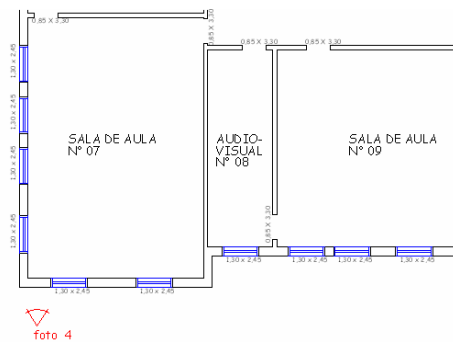


Figura 16 – Esquema bulbo de tensões sobre os poços sumidouros

#### D. Ala norte externa frontal; Paredes da ala norte externa frontal



(a) foto 4

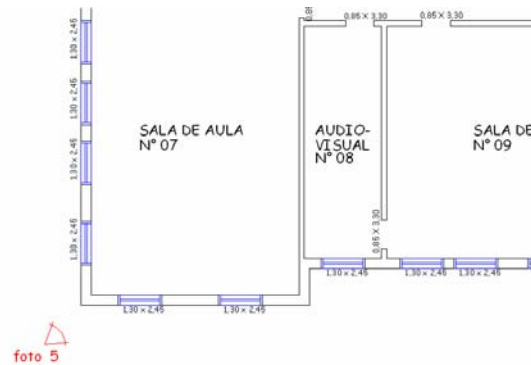


(b) localização

Figura 17 – Ala norte externa frontal



(a) foto 5



(b) localização

Figura 18 – Paredes da ala norte externa frontal

Estas figuras são tratadas juntas, pois dizem respeito às mesmas paredes, logo com o mesmo fenômeno.

- *Descrição por observação visual:* Fissuras com inclinação a aproximadamente 45° direcionada à parede externa ala norte e com espessuras variadas (Figura 17). Fissuras em ambas as paredes com espessuras variadas e com direções e inclinações simétricas, desprumo na parede da esquerda (Figura 18).
- *Manifestações detectadas:* Fissuras
- *Causas prováveis:* Esta manifestação pode ser considerada a de maior gravidade na edificação, devido ao grande número de fissuras e suas espessuras, encontradas nestas paredes e nas paredes próximas. Percebe-se que nesta ala (norte) a grande maioria das patologias encontradas estão relacionadas à presença de umidade (vazamentos da rede), gerando o carreamento do solo e, principalmente neste caso, danificando a fundação, pois realizou-se escavações junto a estas paredes (solicitado pelo Engenheiro do Estado Luis Saenger que vistoriava a Escola após um Laudo realizado pelo Engenheiro Professor da



UNIJUÍ Luís Eduardo Modler, a pedido do Poder Público, que já havia atestado a gravidade do problema e interditado parcialmente a ala norte em seu 2º pavimento), e comprovou-se a existência de grande quantidade de água e esgoto dos banheiros, conforme Figura 19, que propiciaram danos ao alicerce de fundação, pois este estava esfarelado e desagregando, visto que não foi utilizado material aglomerante algum. Logo, com estas condições, a fundação debilitou-se e começou a dar sinais de não suportar as tensões devidas às cargas existentes na edificação e vir a recalcar diferencialmente, gerando fissuras diversas e desaprumo da parede externa da ala norte.

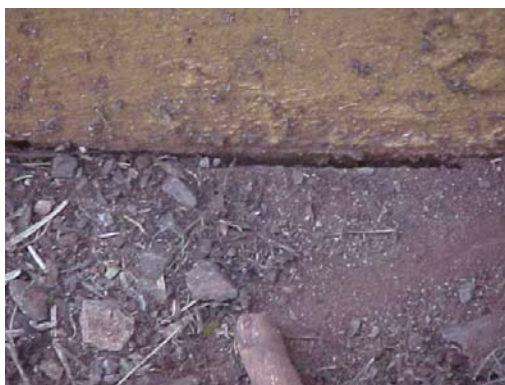


Figura 19 – Escavação próxima a parede da ala norte

- *Mecanismo de ocorrência:* Segundo citação das causas, o mecanismo de ocorrência fica claro. Pois devido á existência de vazios do solo gerado pelo carreamento dos finos, este tendeu a acomodar-se a fim de eliminar estes vazios gerando recalque diferencial nesta parte da edificação que não suportou e de certa forma veio a romper manifestando-se com desaprumo e fissuras diversas. Para Gotlieb (1998), quando o desempenho das fundações não for satisfatório aparecem manifestações decorrentes deste fato através de danos verificados nas próprias peças de fundação, seja pela deterioração dos materiais que as compõem (comprovado neste caso), seja com a conseqüente perda de resistência, e na obra como um todo, caracterizado pelos recalques e desaprumos. O mesmo autor afirma que em decorrência do insatisfatório funcionamento da fundação, manifestam-se danos de três tipos:
  - Danos arquitetônicos: comprometem a estética da edificação como trincas em paredes e acabamentos. Sendo que o reforço é optativo, pois não envolve riscos quanto a estabilidade da edificação.

- Danos funcionais: causados à utilização da edificação, como refluxo ou ruptura de rede de água e esgoto, águas pluviais e demais danos. Sendo que o reforço somente será necessário se vir a causar transtornos no uso da edificação.
- Danos estruturais: são danos causados à estrutura propriamente dita (pilares, vigas e lajes), logo a ausência de reforço implica em instabilidade da edificação.

### E. Ala norte externa



(a) foto 6



(b) localização

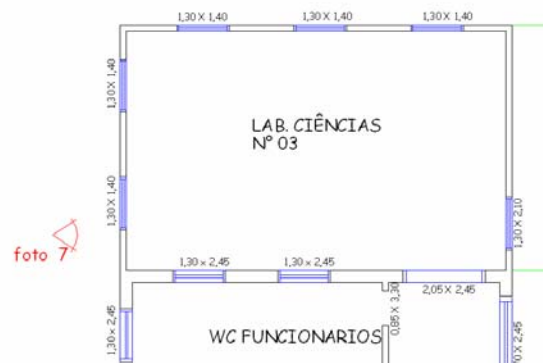
Figura 20 – Ala norte externa

- *Descrição por observação visual*: Afastamento do passeio do corpo da edificação sem apresentar deformações.
- *Manifestações detectadas*: Afastamento do passeio da edificação.
- *Causas prováveis*: Influência do carreamento de solo de camadas inferiores.
- *Mecanismo de ocorrência*: Como o carreamento de finos de camadas inferiores gerou vazios em seu interior, estas camadas se tornaram muito suscetíveis a variação de umidade, logo com tais variações (chuva e seca), este local sofria deformações, gerando este afastamento.

## F. Alicerce da ala norte



(a) foto 7



(b) localização

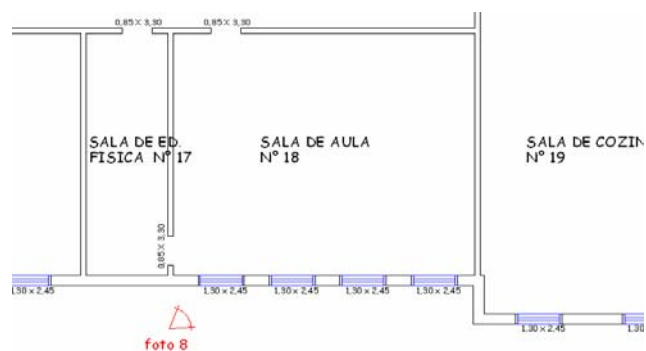
Figura 21 – Alicerce da ala norte.

- *Descrição por observação visual:* Fissura horizontal no alicerce de nivelamento.
- *Manifestações detectadas:* Fissura.
- *Causas prováveis:* Recalque diferencial da fundação.
- *Mecanismo de ocorrência:* O mecanismo é baseado na mesma explicação de fenômenos já citados, devido a problema de vazamentos que influenciaram na capacidade de suporte de carga do solo, gerou deformações que não foram suportadas pelas paredes e alicerce, gerando uma fissura horizontal entre o alicerce de nivelamento e a parede da edificação.

## G. Parede externa frontal



(a) foto 8



(b) localização

Figura 22 – Parede externa frontal

- *Descrição por observação visual:* Presença de descolamento do reboco e da tinta, manchas de umidade, fissuras em forma de mapas; pequenas vesículas e esfarelamento do revestimento em pontos isolados.
- *Manifestações detectadas:* Descolamento do reboco, fissuras, vesículas e esfarelamento.

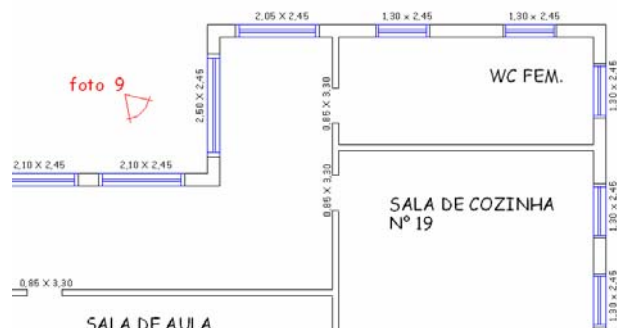
- *Causas prováveis:* As fissuras provavelmente possuem como causa as outras patologias. Para se entender melhor este processo veremos a seguir alguns conceitos conforme descreve Verçosa (1991).
  - Descolamentos; quando o reboco se solta da parede, e reconhece-se pelo som cavo ao se bater no reboco. Este fenômeno pode ter muitas causas, entre elas infiltração de umidade, presença de magnésio na cal, argamassas ricas ou pobre demais, falta de chapisco, reboco grosso demais e até tijolos sem porosidade. E a medida que o descolamento avança surgem fissuras e em fases mais adiantadas o reboco cai.
  - Eflorescências; é o aparecimento de formações salinas na superfície dos materiais, causando mau aspecto e em alguns casos descolamento do revestimento ou pintura, desagregação de paredes a queda de elementos construtivos. Este fenômeno é causado pela presença de sais de cálcio, de sódio, de potássio, de magnésio ou de ferro, substâncias integrantes de materiais de construção que ao serem atravessados pela água são dissolvidos, e vão até a superfície, logo a água evapora mas os sais permanecem formando manchas.
  - Criptoflorescências; são formações salinas (eflorescências) ocultas, ou seja crescimento de sais ou cristais no interior dos materiais, gerando desagregação ou descolamento dos elementos construtivos.
  - Esfarelamento; é uma forma especial de descolamento, mas o reboco não cai em placas, e sim desagregando em grãos ou em pó. O emprego de argamassas com pouco aglomerante é a causa mais freqüente deste problema, mas podendo ser ainda a carbonatação lenta da cal ou eventualmente pela gelividade.
  - Gelividade; é uma forma de corrosão particular que aparece comumente nas regiões frias (no Brasil por exemplo, na região Sul). Verçosa explica que a água que é absorvida pelo tijolo ou reboco é dividida distribuindo-se entre os poros e capilares, podendo então congelar facilmente em até 7°C. Logo a água que está mais superficialmente chega a ter força para remover a capa, esfarinhando um pouco está superfície. Este fenômeno é imperceptível mas com as repetições ao longo do tempo o processo se agrava.
- *Mecanismo de ocorrência:* Face as explicações segundo Verçosa, percebe-se que as superfícies analisadas possuem íntima ligação entre as patologias citadas. Pois é comum

no inverno baixas temperaturas em nossa região (aprox. 7°C), gerando um processo de gelividade e este causando esfarelamento em alguns pontos da superfície ao longo do tempo. Já quanto às fissuras e descolamentos pode-se dizer que possivelmente tenham sido originadas por criptoflorescências devido a presença de alguns sais e a umidade (provinda da má conservação da tinta e que estava exposto a água da chuva), após se tornarem eflorescências, gerando consequentemente fissuras e por fim o descolamento.

## H. Paredes externas do lado leste



(a) foto 9



(b) localização

Figura 23 – Paredes externas do lado leste

- *Descrição por observação visual:* Descolamento do reboco próximo a fissuras, descolamento da tinta em pontos isolados.
- *Manifestações detectadas:* Descolamentos e fissuras.
- *Causas prováveis:* Neste local o descolamento do reboco bem como as fissuras foram causadas pela movimentação da edificação gerada pelos recalques diferenciais, motivados pelo carreamento de finos e escavação de fossas sépticas próximas). Já o descolamento da pintura em pontos isolados é ocasionado por má aderência da pintura nova (originada da última reforma há aproximadamente 5 anos) sobre a já existente, causada principalmente por deficiência de preparo e limpeza da superfície antes da execução da pintura.
- *Mecanismo de ocorrência:* O fenômeno das fissuras que geraram o descolamento de placas é o mesmo já explicado anteriormente, ou seja, devido a problemas no solo de suporte da fundação, ocorreram recalques que deformaram a edificação gerando tensões que não foram suportadas por algumas paredes e revestimentos. Já no caso do descolamento da pintura, diz-se que provavelmente antes da execução, não ocorreu uma devida preparação da superfície, ou seja, pode ter ocorrido falha quanto ao lixamento e retirada de tinta antiga, ou contaminação de graxas, poeiras ou demais materiais que

impossibilitaram a aderência da tinta nova que pouco tempo após o serviço experimentou descolar.

### I. Paredes do 2º pavimento, externas da ala norte



(a) foto 10



(b) localização

Figura 24 – Paredes do 2º pavimento, externas da ala norte.

- *Descrição por observação visual:* Presença de descolamentos de revestimentos da moldura de detalhes arquitetônicos da edificação, com presença de manchas de umidade. Manchas de mofo e apodrecimento de calhas.
- *Manifestações detectadas:* Descolamentos de revestimentos (capa) da moldura, manchas de umidade, mofo e apodrecimento de calhas pluviais.
- *Causas prováveis:* O descolamento citado era parte da capa realizada na última reforma da edificação (aproximadamente cinco anos), com o objetivo de “envolver” a moldura original. Para tanto utilizou-se tela de metal, que foi fixada na moldura original, com o objetivo de evitar possível descolamento do revestimento pela sua espessura. Mas percebe-se que este descolamento ocorreu em partes, possivelmente devido à argamassa utilizada ser de má qualidade ou muito pobre, não resistindo a presença de umidade provinda do mau funcionamento das calhas de águas pluviais. A mesma causa citada para as pequenas manchas de mofo e apodrecimento das calhas.
- *Mecanismo de ocorrência:* Possivelmente o dimensionamento das calhas antigas se deu de forma errônea, bem como sua instalação, ou ainda a falta de limpeza destas, propiciaram um acúmulo de água em sua extensão, provocando o apodrecimento de partes dessa calha, possibilitando assim a fuga de água que aceleraram os processos de mofo e de descolamento do revestimento da capa realizada sobre a moldura.

## J. Paredes externas da parte leste



(a) foto 11



(b) foto 12

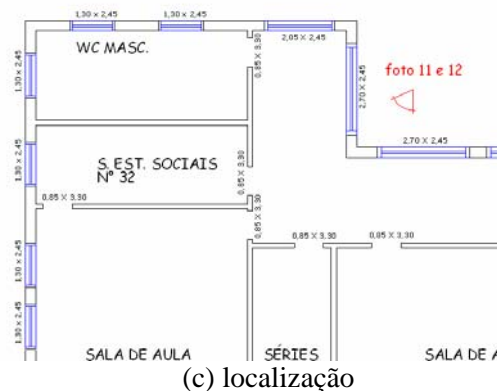


Figura 25 – Paredes externas da parte leste

- *Descrição por observação visual:* Presença de fissuras na moldura superior próximo ao condutor de águas pluviais, fissuras horizontais localizadas na parte superior das janelas, e fissura inclinada a aproximadamente 45° partindo da parte superior da janela.
- *Manifestações detectadas:* Fissuras.
- *Causas prováveis:* Percebe-se a grande intensidade de fissuras nas paredes, e na moldura, causadas por deformações ocorridas na edificação devido a recalques diferenciais.
- *Mecanismo de ocorrência:* O mecanismo é basicamente como já explicado em patologias anteriores. As paredes e a moldura sofreram fissuras porque não suportaram as deformações originadas pelo recalque da fundação em pontos extremos da edificação.

**K. Paredes da ala sul; Parede do corredor da ala sul**



(a) foto 13



(b) foto 14



(c) localização

Figura 26 – Paredes da ala sul



(a) foto 15



(b) foto 16



(c) localização

Figura 27 – Parede do corredor da ala sul





## M. Banheiro da ala sul



(a) foto 18



(b) localização

Figura 29 – Banheiro da ala sul

- *Descrição por observação visual:* Descolamento de tintas e esfarelamento de reboco em partes diversas da parede.
- *Manifestações detectadas:* Descolamento da tinta e esfarelamento do reboco.
- *Causas prováveis:* Em determinados pontos o descolamento da tinta deve-se em parte ao esfarelamento do reboco, pois este se desagrega em grãos, causando então a ruptura da camada da tinta vindo a soltar. Conforme Verçosa, já explicado anteriormente, o esfarelamento é uma forma especial de descolamento e que deve-se ao emprego de argamassa com pouco aglomerante.
- *Mecanismo de ocorrência:* Conforme Verçosa (itens acima) devido ao uso de argamassa com pouco aglomerante, o reboco sofre um desgaste, pois vai se desagregando em grãos ou em pó sem cair em placas ou em blocos.

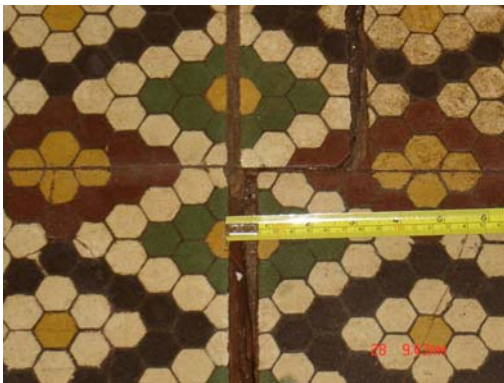
## N. Laje da ala norte



(a) foto 19



(b) localização



(c) foto 20



(d) localização

Figura 30 – Laje da ala norte

- *Descrição por observação visual:* Fissura de grande espessura verificada transversalmente à laje do corredor da ala norte, tanto no teto do 1º pavimento (a) quanto no piso do 2º pavimento (c), separando o bloco norte do corpo da edificação.
- *Manifestações detectadas:* Fissuras.
- *Causas prováveis:* Como a grande maioria das fissuras nos blocos extremos da edificação, esta também teve como causa a deformação da edificação gerada por recalques na fundação.
- *Mecanismo de ocorrência:* Esta fissura mostra claramente a tendência de divisão do bloco da ala norte do restante da edificação gerada por deformações experimentadas pelo recalque da fundação. Logo a laje não suportou e sofreu uma fissura exatamente no ponto de encontro do corredor com o bloco da ala norte, podendo ser visualizada tanto no teto do térreo quanto no piso do 2º pavimento.

### O. Sala de aula da ala norte



(a) foto 21

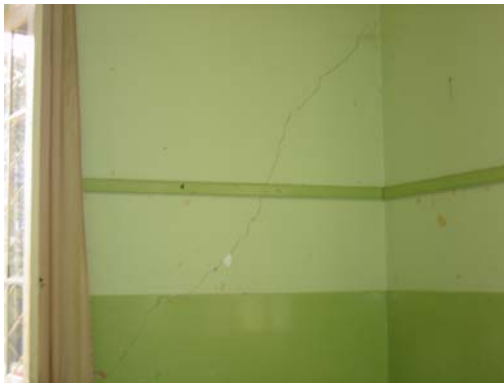


(b) foto 22



(c) localização

Figura 31 – Sala de aula da ala norte



(a) foto 23



(b) foto 24



(c) localização

Figura 32 – Paredes da sala de aula da ala norte

- *Descrição por observação visual:* Piso deslocado horizontalmente e verticalmente da parede (31 a). Fissura de média espessura situada na parte superior da porta interna entre salas (31 b). Desgaste da superfície da parede (32 a) e esfarelamento do reboco (32 b).
- *Manifestações detectadas:* Fissuras, descolamento da tinta, desgaste e esfarelamento do reboco, e deslocamento do piso em relação a parede.
- *Causas prováveis:* Tanto as fissuras quanto o deslocamento do piso em relação a parede são conseqüências da movimentação da edificação gerada por problemas na fundação como já visto, recalques diferenciais. Já as patologias de desgaste, esfarelamento e descolamento da tinta foram originadas da presença de umidade provinda da má estanqueidade das aberturas e de fluxo ascendente (do solo para as paredes), bem como de atrito de mesas escolares da própria sala.
- *Mecanismo de ocorrência:* Como já tem-se claro o fenômeno de movimentação da edificação gerado pelos problemas na fundação, se torna fácil a percepção de porque ocorre as fissuras nesta sala, bem como o deslocamento do piso. Ou seja, estas patologias estão diretamente associadas a deformação sofrida pela edificação atribuída a falta de capacidade de carga do solo que sustenta sua fundação. Já as patologias do reboco e da tinta são atribuídas a umidade que atinge a parede por fluxo ascendente gerada possivelmente pela falta de impermeabilização do piso e do alicerce de fundação, gerando o esfarelamento do reboco e o descolamento da tinta, que agravou-se com o atrito gerado pelo uso da sala através de classes escolares que se encontram próxima a esta parede.

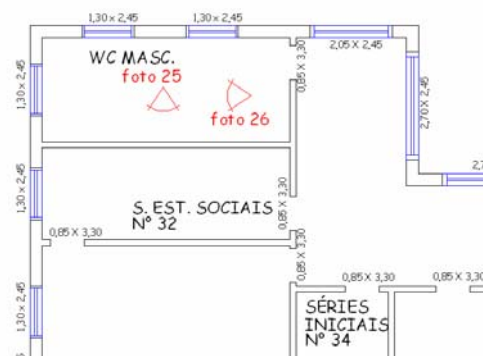
## P. Banheiro do 2º pavimento na ala norte



(a) foto 25



(b) foto 26



(c) localização

Figura 33 – Banheiro do 2º pavimento na ala norte

- *Descrição por observação visual:* Eflorescência de coloração ferrosa em altura mediana da parede, em grandes regiões (a). Presença de bolor, mofo, e eflorescências de coloração escura nas paredes e forro. Pontos isolados de descolamento de reboco e pequenas fissuras.
- *Manifestações detectadas:* Eflorescências, bolor, mofo e fissuras.
- *Causas prováveis:* As fissuras certamente originaram-se da movimentação da edificação. Mas as demais patologias possuem um agente incomum, a umidade, seja por meio de infiltração, ou por meio de vazamentos de tubulações.
- *Mecanismo de ocorrência:* O processo de aparecimento das fissuras é basicamente o mesmo dos casos já citados (deformação da edificação por recalques). Enquanto que as demais patologias a presença de umidade e pouca ventilação são os fatores responsáveis. Conforme explicado por Verçosa, a umidade acima de 75% e temperatura entre 10 e 35° C. propiciam a formação de mofo e bolor, e as eflorescências também são originadas pela presença de umidade, que dissolve os sais presentes no revestimento trazendo-os para a superfície, e logo que a água evapora estes sais ficam na superfície em forma de manchas normalmente escuras e em função dos sais presentes.

### Q. Sala de depósito (cofrão)



(a) foto 27



(b) foto 28



(c) foto 29



(d) foto 30



(e) localização



(f) localização

Figura 34 – Sala de depósito

- *Descrição por observação visual:* Fissuras partindo da parte superior da porta (a), descolamento da tinta e do reboco e demais irregularidades do mesmo (b). Manchas de mofo de coloração escura nas paredes e no forro (c), fissuras na parede e descolamento do revestimento das paredes e do forro (d).
- *Manifestações detectadas:* Fissuras e mofo.
- *Causas prováveis:* Recalque da fundação seguida de deformação da edificação; presença de umidade e pouca ventilação.
- *Mecanismo de ocorrência:* Como na maioria das fissuras presentes na edificação, estas, possuem causa e mesmo processo de ocorrência devido a deformação da edificação

gerada por problemas na fundação. No caso do mofo, a presença de umidade conjugado com a falta de circulação de ar propicia condições ideais ao aparecimento de manchas de mofo no interior desta sala.

## R. Corredor na ala norte; Banheiro dos funcionários na ala norte



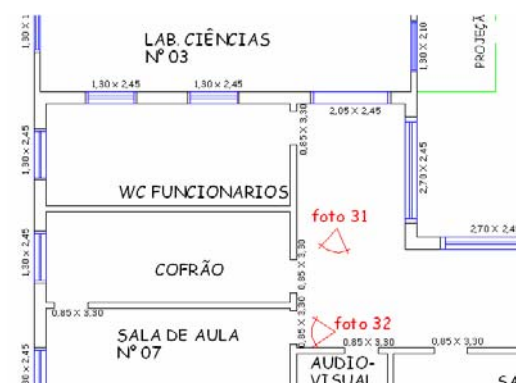
(a) foto 31



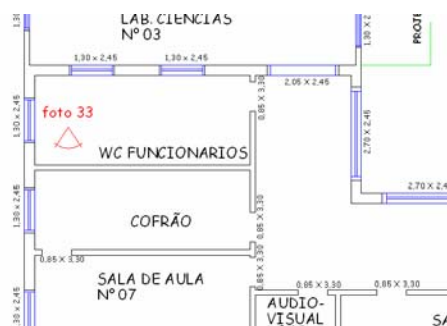
(b) foto 32



(c) foto 33



(d) localização



(e) localização

Figura 35 – Corredor e banheiro na ala norte

- *Descrição por observação visual:* Fissuras na parte superior das portas (a), deformação do marco da porta (b). Fissura com espessura média na parede e no rejunte do revestimento cerâmico, descolamento de placas cerâmicas (c).
- *Manifestações detectadas:* Fissuras.



- *Causas prováveis*: Em ambos os quadros as fissuras possuem causas como a grande maioria das fissuras presentes na edificação (deformações geradas por recalques).
- *Mecanismo de ocorrência*: A falta de capacidade de carga do solo gerado pelo carregamento de finos, levou a edificação a deformar-se gerando fissuras em vários locais.

## **4.5 Soluções propostas**

A seguir são apresentadas soluções para as manifestações patológicas encontradas na edificação. Tendo em vista causas comuns, bem como os mecanismos de ocorrência das manifestações, as soluções foram agrupadas e elaboradas para resolver os seguintes problemas:

### **4.5.1 Manifestações causadas pelo recalque e deformação da fundação**

Este item trata das soluções das manifestações causadas pelo recalque e deformação da fundação tais como fissuras, desnível do piso em frente à cozinha, descolamento e deformação de uma escada externa e afastamento do passeio da edificação.

Como a grande maioria das manifestações foi causada pelo ineficiente desempenho da fundação (recalque e deformação), portanto esta recebe a denominação de agente imediato. Mas como citado nas prováveis causas e no mecanismo de ocorrência das manifestações, percebe-se que também possui prováveis agentes remotos, como vazamentos da rede de instalações hidrossanitárias e construção de poços sumidouros próximos a edificação. Logo solução inicia-se com a remoção destes agentes remotos. Ou seja, substituição das instalações hidrossanitárias para que não ocorram mais vazamentos que venham interferir na capacidade de carga do solo eliminando o processo de carregamento de finos deste. Somente após deve-se recuperar e tratar a fundação.

Existem várias maneiras de se tratar o fenômeno de recalque de uma edificação e por consequência eliminar o aparecimento de fissuras. Primeiramente deve-se eliminar os

vazamentos a fim de eliminar o carregamento de solo, e somente após isto reabilitar a fundação.

Gotlieb (1998) comenta que as soluções de reforços de fundações são muito variadas e dependem de condicionantes como o tipo de solo, urgência de execução, as fundações existentes, o nível de carregamento e o espaço físico disponível para execução. Mas cita algumas soluções muito interessantes, como:

- Reparo ou reforço dos materiais: onde os problemas estariam na deterioração dos materiais constituintes da fundação.
- Enrijecimento da estrutura: para casos onde se procura-se diminuir os recalques diferenciais, através de implantações de vigas de rigidez interligando as fundações, ou a introdução de peças estruturais gerando o travamento da estrutura.
- Aumento da área de apoio: baseado no aumento da seção em planta da sapata ou da base do tubulão, efetuada por meio de “enxerto” de material.
- Estacas prensadas: constitui-se na instalação de pequenos elementos superpostos de estacas (concreto armado vazado ou perfis metálicos), cravados com macaco hidráulico que reage contra uma cargueira, contra a própria estrutura ou a fundação já existente. A Figura 36 ilustra o sistema com cargueira e Figura 37 com reação contra estrutura existente.

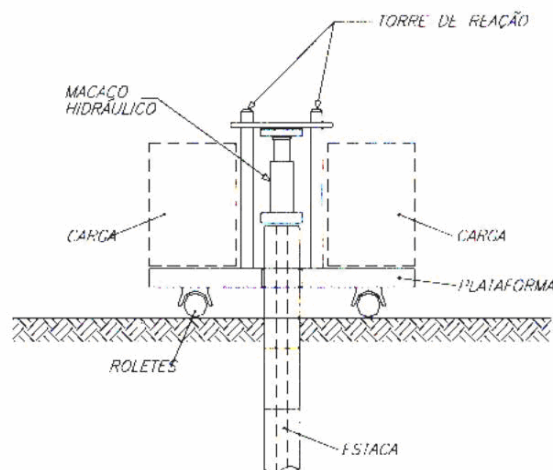


Figura 36 – Cargueira para cravação de estacas prensadas  
Fonte: Gotlieb (1998)

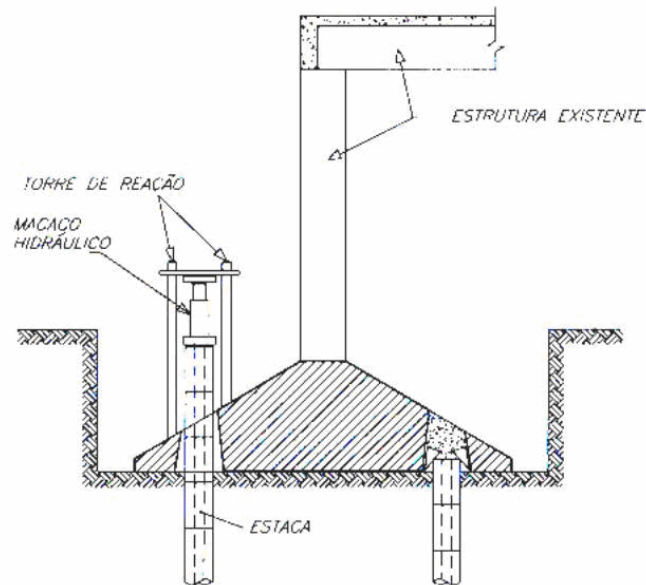


Figura 37 – Cravação de estacas com reação contra a estrutura existente  
 Fonte: Gotlieb (1998)

- Estacas injetadas: são denominadas estacas-raiz, microestacas e pressoancoragens, executadas por perfuração com circulação de água, e com equipamentos de pequenas dimensões possibilitando o acesso em locais com limitação de altura. Possuem a vantagem de não produzir vibrações durante sua implantação, mas a circulação de água pode vir a causar ainda mais instabilidade em fundações problemáticas. Estas estacas podem ser instaladas inclinadas ou verticalmente ao lado das peças a serem reforçadas. A figura 38 ilustra algumas seções de corte da solução.

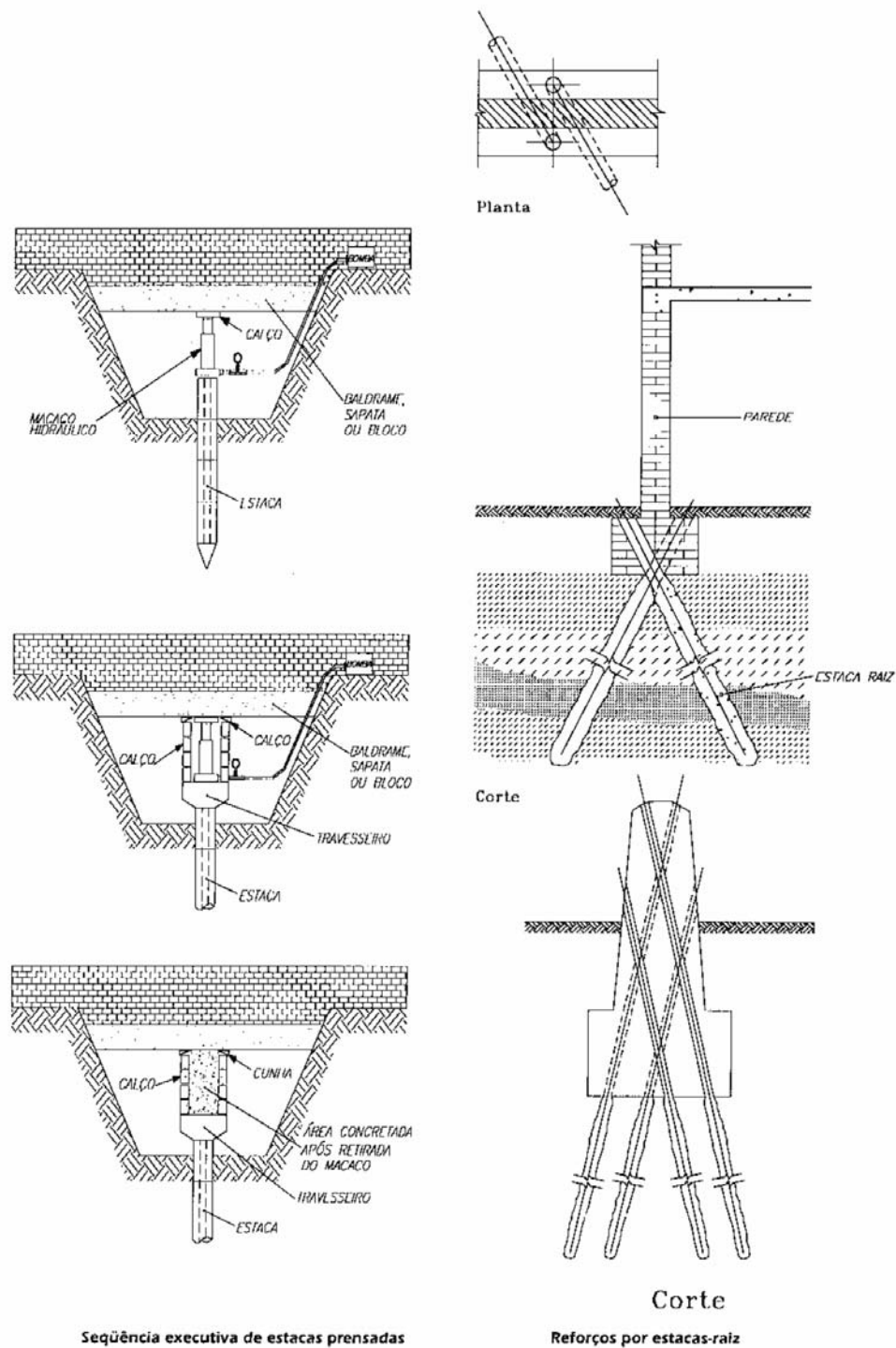


Figura 38 – Seções de corte de estacas injetadas  
 Fonte: Gotlieb (1998)

- Estacas convencionais: são casos em que haja altura suficiente para a instalação de equipamento de bate-estacas. As estacas podem ser de concreto convencional, protendido, metálicas (perfis soldados, laminados e trilhos) ou do tipo moldadas in-

loco como, Strauss por necessitar altura mínima de 5m para instalação do tripé utilizado do procedimento de execução.

- Sapatas, Tubulões e Estacas Adicionais; baseia-se na instalação de mais apoios por meio de acréscimo do número dos elementos de fundação.
- Melhoria das condições de solo; consistem em métodos que permitem melhorar as características de resistência e compressibilidade dos solos de apoio das fundações.

Face ao exposto das soluções propostas por Gotlieb (1998), pode-se analisar e adaptar de certa forma alguma solução para o caso em estudo.

Primeiramente deve-se evitar maiores vibrações que aumentem riscos e comprometam ainda mais a edificação, em segundo lugar deve-se também evitar a presença de circulação de água, pois como já comprovado existe vazamentos na rede que permitem a presença de grande quantidade de água.

Torna ainda mais difícil a solução o fato da fundação ter sido executada apenas com material granular (areia) confinado, ou seja, a fundação é baseada em “valetas” de aproximadamente 1,5m de profundidade preenchidas com areia compactada, que permaneceu confinada exercendo função de dissipar as tensões do alicerce de nivelamento das paredes, conforme Figura 39.

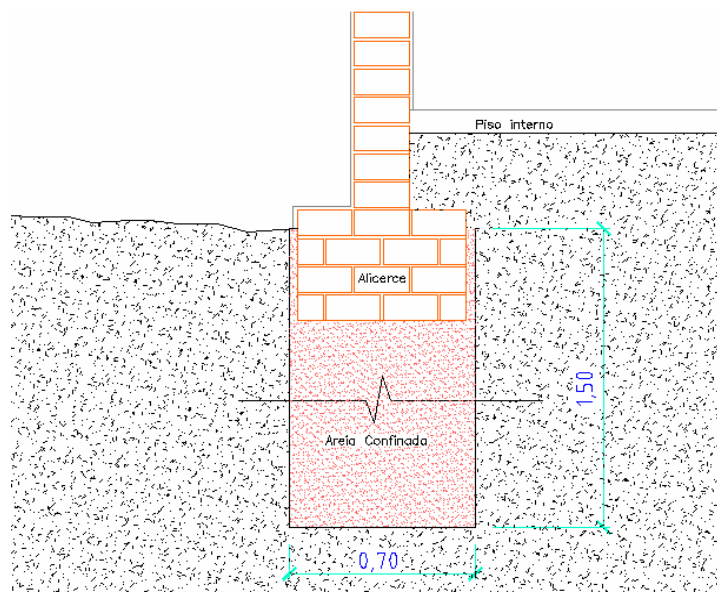


Figura 39 – Seção da fundação com material granular confinado.

Logo soluções como utilização de macacos hidráulicos com o objetivo de recolocar a edificação em sua posição original anterior as deformações, tornam-se inviáveis tecnicamente, pois não existe rigidez suficiente na fundação que possibilite operações deste gênero.

Uma solução que pode ser citada, embora mereça estudos técnicos e econômicos mais detalhados é a injeção de nata de cimento na camada de solo granular da fundação. Soluções como esta são citadas por Guimarães Filho (1984), em consolidação de minas de extração de minérios, túneis e barragens de gravidade. O mesmo autor afirma que a injeção em solos tem como princípio básico o aumento das pressões, através da redução de vazios, e que as pressões de injeção dependem do solo a ser consolidado, do tipo, uso e porte da obra e das profundidades a serem atingidas.

No caso em estudo esta solução é tecnicamente possível, pois tornaria a fundação em um bloco monolítico, reduzindo a suscetibilidade a umidade e o carreamento de finos, possibilitando que assim as deformações e deslocamentos da edificação parem de evoluir.

Outra solução que pode ser citada baseia-se em experiências profissionais do Engenheiro Luiz Saenger: consiste em execução de “gravatas” envoltórias ao alicerce de fundação, que são suportadas por blocos de coroamento e estacas. A seqüência de execução é a seguinte:

1. Execução das estacas com profundidades, diâmetros e distancias conforme estudos prévios e projeto. Figura 40.

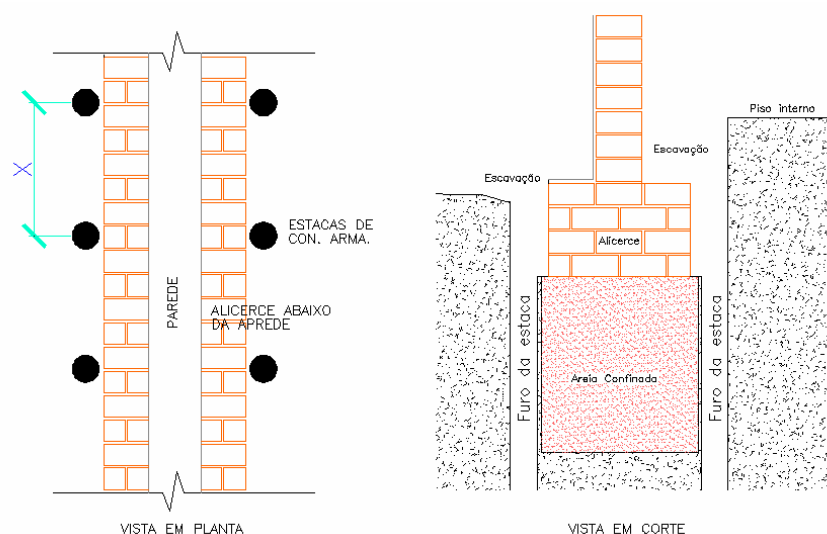


Figura 40 – Execução das estacas

2. Execução de blocos de coroamento das estacas sob o alicerce da fundação existente.

Figura 41.

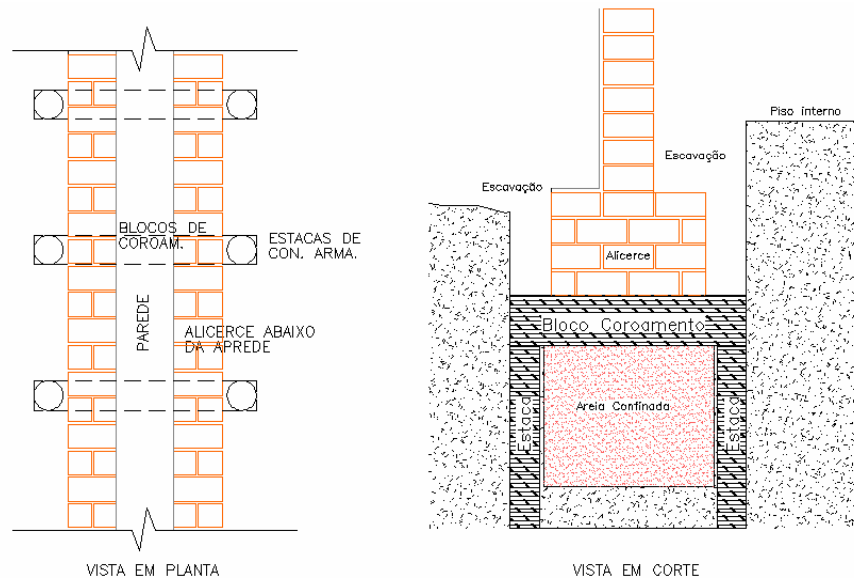


Figura 41 – Execução dos blocos

3. Execução das “gravatas” de concreto armado que envolverão o alicerce já devidamente apicoado com o objetivo de melhorar a aderência entre ambos materiais. Figura 42.

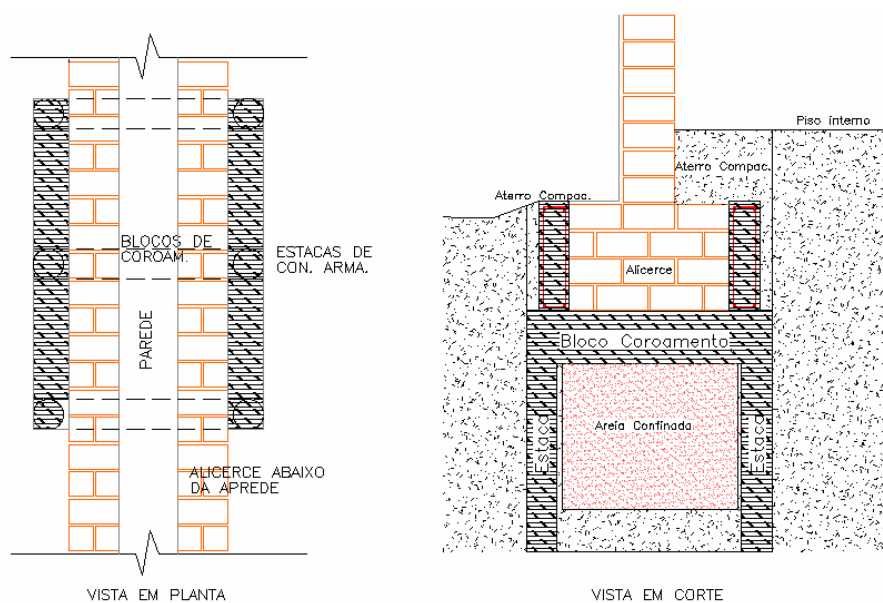


Figura 42 – Execução das gravatas

Percebe-se que tal solução deixaria de utilizar o material granular confinado como suporte de cargas, passando tal função as estacas. Mas o fator principal para o sucesso desta solução está na rigidez do sistema, ou seja, a perfeita aderência entre a gravata e a alvenaria. Pois se tal aderência garantir que o peso da parede seja suportado quase exclusivamente pelo sistema

de gravatas e blocos de estacas, as fundações antigas (material granular) deixariam de suportar as cargas da edificação, e conseqüentemente não se deformariam mais.

Com o problema de deformação e movimentação da fundação, resolvido, pode-se de maneira particular solucionar os seguintes fenômenos da edificação:

- Pequenas fissuras: selagem com nata de cimento ou execução de reboco novo.
- Descolamento e deformação da escada da edificação e afastamento do passeio e desnível do piso próximo a cozinha: retirar o solo de suporte e realizar um aterro devidamente compactado nas partes afetadas e executar a escada e o passeio novo, bem como o piso em frente a cozinha.
- Fissura da laje do bloco norte: a etapa de recuperação da laje possui muitas soluções, sendo que para escolher a mais apropriada seria necessária a realização de ensaios com esta laje, como por exemplo a prova de carga. Mas como solução cita-se a limpeza completa desta fissura seguida de avaliação do aço desta laje, caso ainda seja comprovada a eficiência deste, basta preencher esta fissura com uma pasta ou argamassa de cimento com o objetivo de impedir a entrada de umidade e sujeiras diversas que possam atacar a armadura. Mas caso seja comprovada a ineficiência desta laje, deve-se realizar reforços estruturais, cabendo então um estudo detalhado e direcionado a engenharia de recuperação estrutural, para verificar qual a melhor solução a ser empregada, desde a “escora” permanente com treliças metálicas apoiadas nas paredes, por exemplo, até a re-execução de parte desta laje.

#### **4.5.2 Manifestações patológicas no revestimento**

As soluções propostas neste item destinam-se as manifestações patológicas em revestimentos, como descolamento, fissuras, vesículas e esfarelamento do reboco, e descolamento da tinta.



Percebe-se que já tentou-se selar algumas trincas com massa acrílica, sem sucesso, pois as fissuras aumentaram de espessura. Então, assim como nos locais afetado com vesículas, esfarelamento, deve-se retirar o reboco e executar um novo com argamassa de boa qualidade.

Já nas manifestações de descolamento da tinta, deve-se retirá-la, através de raspagem ou lixamento e aplicar outra pintura também de boa qualidade, sobre a superfície devidamente limpa sem poeira ou graxa (e no caso de aplicação em reboco novo deve-se esperar o tempo de cura).

#### **4.5.3 Manchas de umidade, mofo, bolor e eflorescências**

Verçosa (1991) coloca que a melhor maneira de eliminar fungos é remover as condições de sua sobrevivência, umidade acima de 75% e temperatura entre 10 e 35°C. Portanto as salas e banheiros quando possível devem estar com as portas e janelas abertas a fim de proporcionar circulação de ar, arejando o ambiente e removendo as condições de sobrevivência destes agentes. Mas cita também como solução temporária, que se lave a superfície com uma solução fungicida com os seguintes componentes:

- 80g de fosfato trissódico
- 30g de detergente comum
- 90ml de hipoclorito de sódio
- 2.700ml de água.

#### **4.5.4 Descolamento do revestimento da moldura e apodrecimento de calhas pluviais**

Percebe-se na Figura 25, que parte da solução já foi executada, ou seja, a troca das calhas antigas por novas, evitando assim o aumento de manchas de mofo e de continuidade dos descolamentos do reboco da capa da moldura. Após a troca das calhas deve-se realizar a limpeza da superfície contaminada com mofo e verificar se há necessidade de pintura nova. No caso dos descolamentos, deve-se refazer as partes atingidas e verificar se existem outros locais onde o processo já tenha iniciado, caso seja, deve-se arrancar as partes e também refaze-lo utilizando argamassa de boa qualidade.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

### 5.1 Exames complementares e conseqüências pela falta de intervenção

Este item destina-se à elaboração de sugestões para a realização de exames complementares a fim de esclarecer ou confirmar alguns mecanismos de ocorrência procurando o agente ou causa imediata das patologias.

Os exames sugeridos são:

- Sondagem geotécnica: Conforme Schnaid (2000) o reconhecimento das condições do subsolo constitui pré-requisito para os projetos de fundações seguros e econômicos e que projetos geotécnicos de qualquer natureza são executados com base em ensaios de campo, pois permitem uma definição satisfatória da estratigrafia do subsolo bem como a estimativa de propriedades geomecânicas deste.
- Monitoramento de possíveis deslocamentos: realização de ensaios para verificar a estabilidade em relação a deslocamentos verticais e até horizontais, para que se verifique a evolução das deformações.
- Ensaio de compressão edométrica do solo: ensaio que pode verificar se o solo possui propriedade colapsível. Conforme Pinto (2000) solos colapsíveis são solos saturados que apresentam uma considerável e rápida compressão quando submetidos a um aumento de umidade sem que varie a tensão total a que estejam submetidos. Neste tipo de solo o colapso é devido à destruição de meniscos capilares que são responsáveis pela tensão de sucção, ou ainda devido ao amolecimento do cimento natural que mantinha as partículas do solo unidas. No ensaio de carregamento edométrico, segundo Pinto (2000), a diminuição da pressão de sucção ou amolecimento natural provocam microrupturas, que se

manifestam pelo recalque do solo em virtude do solo estar contido no anel de ensaio edométrico.

- Ensaio de carga: Após a reabilitação das fundações, pode se verificar a estabilidade das deformações dos elementos da edificação (lajes e paredes) com o ensaio de carga. O procedimento deste ensaio é basicamente carregar a laje “de prova” com reservatórios de água (piscinas plásticas), pois, sabendo-se suas dimensões e o peso específico da água, sabe-se a carga aplicada. Enquanto que abaixo desta laje são instalados dispositivos que medem a deformação da laje.

A falta de intervenções pode vir a causar os seguintes problemas:

- Aparecimento de maior número e aumento de tamanho de eflorescências; pois se não cessar vazamentos das instalações hidrossanitárias e infiltrações, as eflorescências podem evoluir tanto em tamanho e em numero quanto em gravidade podendo gerar outros fenômenos patológicos.
- Descolamento de revestimentos; tendo em vista que processos como eflorescências e demais fenômenos patológicos são evolutivos, a não remoção dos agentes causadores pode causar a queda de grandes pedaços dos revestimentos.
- Aumento de fissuras tanto em número quanto em espessuras, continuidade de recalques, aumento do desaprumo de paredes. São conseqüências que a falta de reabilitação da fundação pode gerar.
- Ainda, a falta de intervenção na fundação pode aumentar os problemas de estabilidade global da estrutura, ocasionando até colapsos parciais da edificação.

## 5.2 Conclusões

O objetivo principal deste trabalho de realizar um estudo sobre as patologias existentes no prédio da Escola Estadual Ruy Barbosa foi atendido plenamente. Através da caracterização das patologias, e identificação da localização destas na edificação, bem como as possíveis causas do surgimento relacionando com o mecanismo de ocorrência, foi possível indicar algumas soluções para recuperação destes fenômenos patológicos.

Diante do trabalho realizado, podem ser feitas as seguintes considerações:

- Vários foram os fatores responsáveis pela degradação da edificação. Destacando-se entre eles os agentes climáticos, agentes biológicos e a ação do homem;
- A interação entre os fatores envolvidos na degradação da edificação é realmente complexa. Pois uma mesma causa pode gerar fenômenos distintos, assim como um único fenômeno pode possuir mais do que uma causa.
- A complexidade do entendimento de patologias demanda uma metodologia de diagnóstico de certa forma conflitante, pois ao mesmo tempo deve ser ampla e precisa. Ampla para se identificar o maior número de causas ou agentes possíveis, desde o planejamento, projeto, construção e uso da edificação que propiciem o surgimento do fenômeno de degradação. E precisa, pois para se solucionar o problema deve-se eliminar a causa ou agente direto, tendo em vista que se a terapia adotada não for correta ou a causa citada não for responsável pela patologia, o fenômeno de degradação não será interrompido ou eliminado.
- A inexistência de um banco de dados local ou regional que trate de edificações com técnicas semelhantes dificulta a realização de um diagnóstico mais elaborado a fim de utilizar métodos de terapias eficientes e consagrados.
- Comprova-se a importância de se aplicar um método de diagnóstico conciso e preciso, para que se estude muito e interfira-se pouco, pois em edificações históricas,

principalmente, deve-se evitar ao máximo realizar intervenções que venham descaracterizar sua época e local de construção.

Espera-se a partir deste trabalho poder incentivar discussões que venham agregar maiores conhecimentos e realização de demais trabalhos sobre o tema de patologia das construções.

### **5.3 Sugestões para trabalhos futuros**

Para realização de trabalhos futuros relacionados ao tema sugere-se:

- Formalização de dados a respeito de técnicas e processos de recuperação e restauração de edifícios históricos;
- Estudos essencialmente teóricos correlacionando à falta de manutenção, surgimento de patologias e possíveis custos para sua recuperação até desempenho mínimo de utilização;
- Elaboração de um manual com o intuito de esclarecer procedimentos de manutenção preventiva a fim de evitar patologias na edificação durante a etapa de uso desta.
- Realização de medidas que avaliem a evolução de recalques.
- Estudo de acompanhamento da evolução das fissuras.

## REFERÊNCIAS

BRESSANI, Luiz Antônio, SILVA, Denise Antunes da. Patologia de fundações – Resultados de um estudo de casos ocorridos no Rio Grande do Sul. In: \_\_\_\_X COBRAMSEF. **Anais**. Foz do Iguaçu. ABMS, 1994. p. 255- 262.

CARMO, Paulo Obregon do. Patologia das Construções. In: \_\_\_\_**Programa de Atualização Profissional**. UFSM. Santa Maria: CREA-RS, 2003

CAVALHEIRO, Odilon Pâncaro. Notas de Aula, **Curso Básico Alvenaria Estrutural**. Centro de Tecnologia – UFSM, 1995.

COLLING, Ana Maria. RISTOW, Beate Anelise. **O ensino em Ijuí: do barracão à cidade universitária**. Ijuí. Ed. UNIJUÍ, 1994. 168p.

DAL MOLIN, Denise. ANDRADE, Jairo. Considerações quanto aos Trabalhos de Levantamento de Manifestações Patológicas e Formas de Recuperação em Estruturas de Concreto Armado. In: \_\_\_\_IV Congresso Iberoamericano de Patología das Construções. UFRGS. **Anais 1**. Porto Alegre- Brasil: UFRGS, 1997. p. 321-327.

FIGUEIREDO, Antônio D. de. NUNES, Nelson L. TANESI, Jussara. Aplicação do Concreto Reforçado com Fibras de Aço na recuperação de Estruturas e Pavimentos. In: \_\_\_\_IV Congresso Iberoamericano de Patología das Construções. USP. **Anais 2**. Porto Alegre- Brasil: UFRGS, 1997. p. 41-48

GOTLIEB, Mauri. GUSMÃO FILHO, Jaime de A. Reforço de Fundações. In: \_\_\_\_\_. **Fundações Teoria e Prática**. 2 ed. São Paulo: PINI, [1998]. Cap. 12, p 471 – 497.

GUIMARÃES FILHO, João Duarte. Consolidação de solos por injeções: discussão sobre uma prática bem sucedida mas que não está de acordo as teorias clássicas existentes. In: \_\_\_\_\_. **Solos e Rochas**. Vol. 7. São Paulo ABMS. 1984.

HELENE, Paulo R. L. **Manual para Reparo, reforço e Proteção de Estruturas de Concreto**. 2ª ed. – São Paulo: PINI, 1992. 213 p.

LERSCH, Inês Martina. **Contribuição para a Identificação dos Principais Fatores e Mecanismos de Degradação em Edificações do Patrimônio Cultural de Porto Alegre**. 180

p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – UFRGS, Porto Alegre, 2003.

LICHTENSTEIN, Norberto B. **Boletim técnico 06/86: Patologia das Construções**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1986.

LUCA, Enrique Luis de. Recuperación de Estructuras y Refuerzos. In:\_\_\_\_IV Congreso Iberoamericano de Patología das Construções. Universidade de Buenos Aires. **ANAIS 2**. Porto Alegre- Brasil: UFRGS, 1997. p. 55-61.

OLIVEIRA, Fabiana Lopes de. **Reabilitação de Alvenaria pela Aplicação de Revestimentos de Argamassa Armada**. 203 p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

PERES, Rosilena Martins. **Levantamento e Identificação de Manifestações Patológicas em Prédio Histórico – Um estudo de caso**. 142 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – UFRGS, Porto Alegre, 2001.

PINTO, Carlos de Souza. **Curso Básico de Mecânica dos Solos em 16 aulas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2000.

QUALHARINI, Eduardo Linhares. GAMBA, Tereza Cristina. Patogenia x Patologia – Uma análise de APO das Manifestações envolvendo Microrganismos na Edificação. .In:\_\_\_\_IV Congresso Iberoamericano de Patología das Construções. UFRJ. **ANAIS 1**. Porto Alegre-Brasil: UFRGS, 1997. p. 421-426.

SARKIS, Paulo Jorge. Notas de Aula, **Patologias das Estruturas de Concreto Armado**. Centro de tecnologia – UFSM, 1995.

SCHNAID, Fernando. **Ensaio de Campo e suas aplicações a Engenharia de Fundações**. São Paulo: Oficina de Textos, 2000.

SOUZA, Vicente Custódio de. RIPPER, Thomaz. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas**. São Paulo: PINI, 1998. 255p.

THOMAZ, Ercio. **Trincas em Edifícios: Causas, Prevenção e Recuperação**. São Paulo: PINI, 1989. 194 p.

THOMAZ, Ercio. PATOLOGIA. In: \_\_\_\_\_ **Manual Técnico de Alvenaria**. São Paulo: ABCI/Projeto, 1990. 280p.

VERÇOSA, Ênio José. **Patologia das Edificações**. Porto Alegre: Sagra, 1991. 173p.



## **ANEXO A – PROJETO REGRAFICADO**





## **ANEXO B – PROJETO REGRAFICADO COM LOCALIZAÇÃO DAS FOTOS**

